



# UNIVERSITAS PGRI YOGYAKARTA

Jl. PGRI I Sonosewu No. 117 Yogyakarta - 55182 Telp. (0274) 376808, 373198, 373038 Fax. (0274) 376808

E-mail : [info@upy.ac.id](mailto:info@upy.ac.id)

## P E T I K A N

### KEPUTUSAN REKTOR UNIVERSITAS PGRI YOGYAKARTA

Nomor : 027-2/SK/REKTOR-UPY/III/2023

Tentang

### PENGANGKATAN DOSEN PENGAMPU MATA KULIAH SEMESTER GENAP TAHUN AKADEMIK 2022/2023 DI LINGKUNGAN UNIVERSITAS PGRI YOGYAKARTA

DENGAN RAHMAT TUHAN YANG MAHA ESA  
REKTOR UNIVERSITAS PGRI YOGYAKARTA

Menimbang : dst.  
Mengingat : dst.  
Memperhatikan: dst.

## M E M U T U S K A N

Menetapkan : PENGANGKATAN DOSEN PENGAMPU MATA KULIAH SEMESTER GENAP TAHUN AKADEMIK 2022/2023 DI LINGKUNGAN UNIVERSITAS PGRI YOGYAKARTA

- Pertama : Mengangkat Saudara yang namanya tersebut pada lajur 2 Lampiran keputusan ini sebagai Dosen Pengampu Mata Kuliah pada Semester Genap Tahun Akademik 2022/2023.
- Kedua : Menugaskan kepada para Dosen Pengampu Mata Kuliah dimaksud untuk melaksanakan pembelajaran matakuliah sebagaimana tercantum pada lajur 3 lampiran keputusan ini dengan sebaik-baiknya dan kepada yang bersangkutan diberikan honorarium sesuai dengan ketentuan yang berlaku di UNIVERSITAS PGRI YOGYAKARTA
- Ketiga : Keputusan ini berlaku sejak tanggal ditetapkan, dengan ketentuan bahwa segala sesuatunya akan ditinjau kembali apabila terdapat kekeliruan dalam penetapan ini.

PETIKAN Keputusan ini disampaikan kepada yang bersangkutan untuk dipergunakan sebagaimana mestinya.

Ditetapkan di : Y o g y a k a r t a

Pada tanggal : 01 Maret 2023

Rektor,

ttd

Dr. Ir. Paiman, M.P

NIS. 19650916 199503 1 003

Untuk Petikan yang sah  
Wakil Rektor Bidang Akademik dan Kelembagaan

Ahmad Riyadi, S.Si, M.Kom  
NIS. 19690214 199812 1 006

Tembusan disampaikan kepada :

1. Para Wakil Rektor
2. Para Dekan
3. Para Ketua Program Sarjana

Lampiran Keputusan Rektor Universitas PGRI Yogyakarta  
 Nomor : 027.2/SK/REKTOR-UPY/III/2023  
 Tanggal : 01 Maret 2023

| NO.           | NAMA PENGAJAR<br>& NIDN                        | MATA KULIAH                | KODE MK          | SKS    | SEMESTER/<br>KELAS | PROGRAM                                                   |
|---------------|------------------------------------------------|----------------------------|------------------|--------|--------------------|-----------------------------------------------------------|
| 1. s.d<br>229 |                                                |                            |                  |        |                    |                                                           |
| 230           | Andri Arif Kustiawan, M.Or. AIFO<br>0729078901 | Biokimia Gizi<br>Sepakbola | T61205<br>T16212 | 4<br>2 | III/ A1<br>III/ A1 | Program Sarjana Gizi<br>Program Sarjana Ilmu Keolahragaan |
| 231           |                                                |                            |                  |        |                    |                                                           |
| Dst.          |                                                |                            |                  |        |                    |                                                           |

Untuk Petikan yang sah:  
 Wakil Rektor Bidang Akademik dan Kelembagaan  
  
 Ahmad Riyadi, S.Si., M.Kom  
 NIS. 19690214 199812 1 006

Rektor

ttd

Dr. Ir. Paiman, M.P  
 NIS. 19650916 199503 1 003

# **RANCANGAN PEMBELAJARAN SEMESTER**

**MATA KULIAH :**

**BIOKIMIA GIZI**



Nama Dosen : Andri Arif Kustiawan, M.Or., AIFO

NIS : 198907292022061002

**PROGRAM STUDI GIZI  
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI  
UNIVERSITAS PGRI YOGYAKARTA  
2023**

## HALAMAN PENGESAHAN

1. RPS Mata Kuliah : Biokimia Gizi
2. Pelaksana/Penulis
- a. Nama Lengkap : Andri Arif Kustiawan, M.Or., AIFO
  - b. Jenis Kelamin : Laki-laki
  - c. Pangkat/Golongan : Asisten Ahli /III B
  - d. NIS : 198907292022061002
  - e. Program Studi/Fakultas : Ilmu Keolahragaan/Sains dan Teknologi
  - f. E-mail/WA : andriarifikustiawan@upy.ac.id/082325472835

Mengetahui,  
Kaprodi Gizi



Brevi Istu Prambudi, S.Gz., M.Gizi  
19900420 201907 1 009

Yogyakarta, 1 Maret 2023  
Pelaksana,



Andri Arif Kustiawan, M.Or., AIFO  
NIS. 198907292022061002

Menyetujui,  
Kepala Lembaga Pengembangan Pendidikan

Selly Rahmawati, M.Pd  
NIS. 19870723 201302 2 002

|                                                                                   |                                                                                            |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |                    |                                                                                                                      |     |                                                                                                                           |                       |
|-----------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------|
|  |                                                                                            | <b>UNIVERSITAS PGRI YOGYAKARTA</b><br><b>FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI</b><br><b>PROGRAM SARJANA GIZI</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |                    |                                                                                                                      |     |                                                                                                                           | <b>Kode Dokumen</b>   |
| <b>RENCANA PEMBELAJARAN SEMESTER</b>                                              |                                                                                            |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |                    |                                                                                                                      |     |                                                                                                                           |                       |
| <b>MATA KULIAH</b>                                                                |                                                                                            | <b>KODE</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           | <b>Rumpun MK</b>   | <b>BOBOT (sks)</b>                                                                                                   |     | <b>SEMESTER</b>                                                                                                           | <b>Tgl Penyusunan</b> |
| <b>Biokimia Gizi</b>                                                              |                                                                                            | T61205                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                | Mata kuliah khusus | T=3                                                                                                                  | P=1 | 2                                                                                                                         | 1/3/2023              |
| <b>OTORISASI / PENGESAHAN</b>                                                     |                                                                                            | <b>Dosen Pengembang RPS</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |                    | <b>Koordinator RMK</b>                                                                                               |     | <b>Ka PRODI</b>                                                                                                           |                       |
|                                                                                   |                                                                                            | <br>Andri Arif Kustiawan, M.Or., AIFO                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |                    | <br>Laeli Nur Hasanah, S.Gz, M.Si |     | <br>Brevi Istu Prambudi, S.Gz., M.Gizi |                       |
| <b>Capaian Pembelajaran (CP)</b>                                                  | <b>CPL-PRODI</b>                                                                           |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |                    |                                                                                                                      |     |                                                                                                                           |                       |
|                                                                                   | S10                                                                                        | Lulusan yang berkualitas yang terdidik, terlatih, berdaya saing dan berkarakter                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |                    |                                                                                                                      |     |                                                                                                                           |                       |
|                                                                                   | P1                                                                                         | mampu berfikir luas (meta-kognitif) dengan landasan ilmiah                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |                    |                                                                                                                      |     |                                                                                                                           |                       |
|                                                                                   | P2                                                                                         | Mampu menjelaskan teori dasar, iptek gizi serta ilmu terkait (ilmu pangan, biomedik, humaniora, dan manajemen) secara terstruktur                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |                    |                                                                                                                      |     |                                                                                                                           |                       |
|                                                                                   | P3                                                                                         | Menguasai teori dasar ilmu gizi, pangan, biomedik, patofisiologi, humaniora, penelitian, kesehatan masyarakat dan pengetahuan tentang pelayanan dan kewenangan ahli gizi dalam sistem kesehatan nasional dan sistem ketahanan pangan dan gizi nasional, serta menguasai konsep teoritis dietetik secara mendalam untuk dapat memformulasikan pemecahan masalah gizi perorangan, kelompok dan masyarakat melalui penilaian status gizi |                    |                                                                                                                      |     |                                                                                                                           |                       |
|                                                                                   | P4                                                                                         | Menguasai prinsip-prinsip ilmu gizi dan penyakit terkait gizi masyarakat, surveilans gizi, pangan, komunikasi, kegiatan program gizi, pemasaran produk program gizi, sosial dan antropologi, dan humaniora untuk dapat melaksanakan pelayanan gizi tidak kompleks sesuai proses asuhan gizi terstandar                                                                                                                                |                    |                                                                                                                      |     |                                                                                                                           |                       |
|                                                                                   | KK3                                                                                        | Mampu melakukan pengkajian gizi, diagnosis gizi, dan intervensi gizi meliputi perencanaan, preskripsi diet, implementasi, konseling, dan edukasi serta fortifikasi dan suplementasi zat gizi mikro, dan pemantauan dan evaluasi gizi, merujuk kasus gizi, dan dokumentasi pelayanan gizi.                                                                                                                                             |                    |                                                                                                                      |     |                                                                                                                           |                       |
|                                                                                   | KK4                                                                                        | Mampu merancang dan menjalankan penelitian dengan metodologi yang benar khusus nya terkait dengan pengembangan bidang gizi                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |                    |                                                                                                                      |     |                                                                                                                           |                       |
| CPMK                                                                              | Mampu menjelaskan aspek biokimia dalam tubuh yang berkaitan dengan proses metabolisme gizi |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |                    |                                                                                                                      |     |                                                                                                                           |                       |

|                                 |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
|---------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Diskripsi<br/>Singkat MK</b> | Mata kuliah ini membahas teori -teori yang menyangkut karakteristik kimia zat-zat gizi dalam tubuh manusia yang meliputi teori dasar tentang struktur, jenis, fungsi, peran dan reaksi-reaksi molekul zat-zat gizi karbohidrat, protein, lipid, asam nukleat, vitamin, dan mineral dalam organ, jaringan, dan sel-sel tubuh manusia. |
|---------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|

|                                                   |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
|---------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Bahan Kajian<br/>(Materi<br/>pembelajaran)</b> | <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Pengertian, tujuan dan ruang lingkup biokimia</li> <li>2. Struktur dan komposisi kimia organisme manusia</li> <li>3. Karbohidrat</li> <li>4. Lemak</li> <li>5. Protein</li> <li>6. Vitamin</li> <li>7. Mineral</li> </ol>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
| <b>Pustaka</b>                                    | <div><b>Utama:</b></div> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. James L. Groff and Sareen S. Gropper. 1999. Advanced Nutrition and Human Metabolism. Third Edition. USA..</li> <li>2. Bender, D. A. 1993. An Introduction to Nutrition and Metabolism. UCL Press. London.</li> <li>3. Brody, T. 1999. Nutritional Biochemistry. Secend Edition. Academic Press. Sandiego-California-USA.</li> <li>4. Linder, M.C. 1991. Nutritional Biochemistry and Metabolism With Clinical Applications. Second Edition.</li> <li>5. Lehninger. 1982. Principles of Biochemistry. Rand McNally and Company. USA.</li> <li>6. Husaini dan Piliang, W.G. 1992. Biokimia dan Fisiologi Gizi. PAU-IPB.</li> <li>7. Stipanuk, M.H. 2000. Biochemical and Physiological Aspects of Human Nutrition. Saunders Company.USA.</li> </ol> <div><b>Pendukung:</b></div> |
| <b>Dosen Pengampu</b>                             | Andri Arif Kustiawan, M.Or., AIFO                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
| <b>Matakuliah<br/>syarat</b>                      |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |



| Mg Ke- | Sub-CPMK (sbg kemampuan akhir yg diharapkan)                 | Indikator Penilaian                                                                                                                                        | Kriteria & Bentuk Penilaian                                                                                                 | Bentuk Pembelajaran, Metode Pembelajaran, Penugasan, [Media & Sumber Belajar] [Estimasi Waktu]                                                                                                                                     | Materi Pembelajaran [Pustaka]                 | Bobot Penilaian (%) |
|--------|--------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------|---------------------|
| (1)    | (2)                                                          | (3)                                                                                                                                                        | (4)                                                                                                                         | (5)                                                                                                                                                                                                                                | (6)                                           | (7)                 |
| 1      | Memahami pengertian, tujuan, dan ruang lingkup biokimia gizi | 1. Ketepatan menjelaskan pengertian biokimia gizi<br>2. Ketepatan menjelaskan tujuan biokimia gizi<br>3. Ketepatan menjelaskan ruang lingkup biokimia gizi | <b>Kriteria:</b><br>• Rubrik skala grading<br><br><b>Bentuk non-test:</b><br>• Presentasi                                   | • Kuliah: Diskusi, [(TM: 1x(3x50"))]<br><br>• Praktikum [(1x(1x170"0)]<br><br>• Tugas 1: Menyusun ringkasan dlm bentuk makalah tentang pengertian pengetahuan, ilmu dan filsafat berserta contoh nya.<br><br>[BT+BM:(1+1)x(3x60")] | Pengertian, tujuan dan ruang lingkup biokimia | 5                   |
| 2.     | Memahami struktur dan komposisi organisme manusia            | 1. ketepatan menjelaskan struktur dan fungsi organel sel<br>2. Ketepatan menjelaskan komposisi kimia tubuh<br>3. ketepatan menjelaskan organ pencernaan    | <b>Kriteria:</b><br>• Portofolio <i>showcase</i><br><b>Bentuk non-test:</b><br>• Rangkuman dalam bentuk <i>mind mapping</i> | • Kuliah: Diskusi, [(TM: 1x(3x50"))]<br><br>• Praktikum [(1x(1x170"0)]<br><br>• Tugas 2: Menyusun rangkuman dalam bentuk <i>mind mapping</i> tentang sel                                                                           | Struktur dan Fungsi Sel                       | 5                   |



| Mg Ke- | Sub-CPMK (sbg kemampuan akhir yg diharapkan)                                                                                                               | Indikator Penilaian                                                                                                                                                                                                                                  | Kriteria & Bentuk Penilaian                                                                                                                                                                                 | Bentuk Pembelajaran, Metode Pembelajaran, Penugasan, [Media & Sumber Belajar] [Estimasi Waktu]                                                                                                                                                       | Materi Pembelajaran [Pustaka] | Bobot Penilaian (%) |
|--------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------|---------------------|
|        |                                                                                                                                                            |                                                                                                                                                                                                                                                      |                                                                                                                                                                                                             | [BT+BM:(1+1)x(3x60'')]                                                                                                                                                                                                                               |                               |                     |
| 3      | Memahami struktur dan fungsi air, pencernaan dan penyerapan air, pengantar metabolisme air                                                                 | 1. Ketepatan menjelaskan fungsi air, pencernaan dan penyerapan air, pengantar metabolisme air                                                                                                                                                        | <b>Kriteria:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>Portofolio showcase</li> </ul> <b>Bentuk non-test:</b><br>Rangkuman dalam bentuk <i>mind mapping</i>                                                | <ul style="list-style-type: none"> <li>Kuliah: Diskusi, [(TM: 1x(3x50''))]</li> <li>Praktikum [(1x(1x170''))]</li> <li>Tugas 11: Menyusun rangkuman dalam bentuk <i>mind mapping</i> tentang biokimia air</li> <li>[BT+BM:(1+1)x(2x60'')]</li> </ul> | air                           | 10                  |
| 4,5    | Memahami struktur dan fungsi protein, klasifikasi protein, sifat fisik dan kimia protein, pencernaan dan penyerapan protein, pengantar metabolisme protein | 1. Ketepatan menjelaskan struktur asam amino<br>2. Ketepatan menjelaskan struktur, fungsi protein dan sifat fisik kimia protein<br>3. Ketepatan membedakan klasifikasi protein<br>4. Ketepatan menjelaskan proses pencernaan dan penyerapan protein, | <b>Kriteria:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>Portofolio showcase</li> </ul> <b>Bentuk non-test:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>Rangkuman dalam bentuk <i>mind mapping</i></li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>Kuliah: Diskusi, [(TM: 1x(3x50''))]</li> <li>Praktikum [(1x(1x170''))]</li> <li>Tugas 11: Menyusun rangkuman dalam bentuk <i>mind</i></li> </ul>                                                              | Protein                       | 15                  |

| Mg Ke- | Sub-CPMK (sbg kemampuan akhir yg diharapkan)                                                                                                                                     | Indikator Penilaian                                                                                                                                                                              | Kriteria & Bentuk Penilaian                                                                                              | Bentuk Pembelajaran, Metode Pembelajaran, Penugasan, [Media & Sumber Belajar] [Estimasi Waktu]                                                                                                                                                              | Materi Pembelajaran [Pustaka] | Bobot Penilaian (%) |
|--------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------|---------------------|
|        |                                                                                                                                                                                  | pengantar metabolisme protein                                                                                                                                                                    |                                                                                                                          | mapping tentang biokimia protein<br>[BT+BM:(1+1)x(3x60'')]                                                                                                                                                                                                  |                               |                     |
| 6,7    | Memahami pengertian dan fungsi karbohidrat, klasifikasi karbohidrat, sifat fisik dan kimia karbohidrat, pencernaan dan penyerapan karbohidrat, pengantar metabolisme karbohidrat | 5. Ketepatan menjelaskan pengertian dan fungsi karbohidrat, klasifikasi karbohidrat, sifat fisik dan kimia karbohidrat, pencernaan dan penyerapan karbohidrat, pengantar metabolisme karbohidrat | <b>Kriteria:</b><br>• Portofolio <i>showcas</i><br><b>Bentuk non-test:</b><br>Rangkuman dalam bentuk <i>mind mapping</i> | <ul style="list-style-type: none"> <li>Kuliah: Diskusi, [(TM: 1x(3x50''))]</li> <li>Praktikum [(1x(1x170''))]</li> <li>Tugas 9: Menyusun rangkuman dalam bentuk <i>mind mapping</i> tentang biokimia karbohidrat</li> <li>[BT+BM:(1+1)x(3x60'')]</li> </ul> | Karbohidrat                   | 15                  |
| 8      | <b>TS / Evaluasi Tengah</b>                                                                                                                                                      | <b>Semester: Melakukan validasi hasil penilaian, evaluasi dan perbaikan proses pembelajaran berikutnya</b>                                                                                       |                                                                                                                          |                                                                                                                                                                                                                                                             |                               |                     |
| 9,10   | Memahami pengertian dan fungsi lipid, klasifikasi lipid, sifat fisik dan kimia lipid, pencernaan dan penyerapan lipid, pengantar metabolisme lipid                               | ketepatan menjelaskan pengertian dan fungsi lipid, klasifikasi lipid, sifat fisik dan kimia lipid, pencernaan dan penyerapan lipid, pengantar metabolisme lipid                                  | <b>Kriteria:</b><br>• Portofolio <i>showcas</i><br><b>Bentuk non-test:</b><br>Rangkuman dalam bentuk <i>mind mapping</i> | <ul style="list-style-type: none"> <li>Kuliah: Diskusi, [(TM: 1x(2x50''))]</li> <li>Praktikum [(1x(1x170''))]</li> <li>Tugas 10: Menyusun rangkuman</li> </ul>                                                                                              | lipid                         | 15                  |

| Mg Ke- | Sub-CPMK (sbg kemampuan akhir yg diharapkan)                                                                                                            | Indikator Penilaian                                                                                                                                                     | Kriteria & Bentuk Penilaian                                                                                               | Bentuk Pembelajaran, Metode Pembelajaran, Penugasan, [Media & Sumber Belajar] [Estimasi Waktu]                                                                                                                                                        | Materi Pembelajaran [Pustaka] | Bobot Penilaian (%) |
|--------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------|---------------------|
|        |                                                                                                                                                         |                                                                                                                                                                         |                                                                                                                           | dalam bentuk <i>mind mapping</i> tentang lemak<br><br>• [BT+BM:(1+1)x(3x60'')]                                                                                                                                                                        |                               |                     |
| 11, 12 | Memahami pengertian dan fungsi vitamin, klasifikasi vitamin, pencernaan dan penyerapan vitamin, pengantar metabolisme vitamin larut air dan larut lemak | 1. Ketepatan menjelaskan pengertian dan fungsi vitamin, klasifikasi vitamin, pencernaan dan penyerapan vitamin, pengantar metabolisme vitamin larut air dan larut lemak | <b>Kriteria:</b><br>• Portofolio <i>showcase</i><br><b>Bentuk non-test:</b><br>Rangkuman dalam bentuk <i>mind mapping</i> | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Kuliah: Diskusi, [(TM: 1x(3x50''))]</li> <li>• Praktikum [(1x(1x170''))]</li> <li>• Tugas 11: Menyusun rangkuman dalam bentuk <i>mind mapping</i> tentang karbohidrat</li> </ul><br>• [BT+BM:(1+1)x(2x60'')] | Vitamin                       | 10                  |
| 13-14  | Memahami pengertian dan fungsi mineral, klasifikasi mineral, pencernaan dan penyerapan mineral, pengantar metabolisme mineral                           | 1. Ketepatan menjelaskan pengertian dan fungsi mineral, klasifikasi mineral, pencernaan dan penyerapan mineral, pengantar                                               | <b>Kriteria:</b><br>• Portofolio <i>showcas</i><br><b>Bentuk non-test:</b><br>Rangkuman dalam bentuk <i>mind mapping</i>  | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Kuliah: Diskusi, [(TM: 1x(3x50''))]</li> <li>• Praktikum [(1x(1x170''))]</li> </ul>                                                                                                                          | Mineral                       | 10                  |

| Mg Ke- | Sub-CPMK (sbg kemampuan akhir yg diharapkan)                                                     | Indikator Penilaian                                                                                                                                                                       | Kriteria & Bentuk Penilaian                                                                                               | Bentuk Pembelajaran, Metode Pembelajaran, Penugasan, [Media & Sumber Belajar] [Estimasi Waktu]                                                                                                                                                                        | Materi Pembelajaran [Pustaka]    | Bobot Penilaian (%) |
|--------|--------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------|---------------------|
|        |                                                                                                  | metabolisme mineral                                                                                                                                                                       |                                                                                                                           | <ul style="list-style-type: none"> <li>Tugas 11: Menyusun rangkuman dalam bentuk <i>mind mapping</i> tentang karbohidrat</li> </ul> [BT+BM:(1+1)x(3x60'')]                                                                                                            |                                  |                     |
| 15     | Memahami bioenergetika sel dan siklus ATP                                                        | 1. Ketepatan menjelaskan pengertian bioenergetika sel<br>2. Ketepatan menjelaskan transformasi dan penggunaan energi oleh sel hidup<br>3. Ketepatan menjelaskan siklus ATP dan fungsi ATP | <b>Kriteria:</b><br>• Portofolio <i>showcase</i><br><b>Bentuk non-test:</b><br>Rangkuman dalam bentuk <i>mind mapping</i> | <ul style="list-style-type: none"> <li>Kuliah: Diskusi, [(TM: 1x(3x50''))]</li> <li>Praktikum [(1x(1x170''))]</li> <li>Tugas 3: Menyusun rangkuman dalam bentuk <i>mind mapping</i> tentang biogenetika sel dan siklus ATP</li> <li>[BT+BM:(1+1)x(3x60'')]</li> </ul> | Bioenergetika sel dan siklus ATP | 15                  |
| 16     | <b>UAS/ Evaluasi Akhir Semester: melakukan validasi penilaian akhir dan menentukan kelulusan</b> |                                                                                                                                                                                           |                                                                                                                           |                                                                                                                                                                                                                                                                       |                                  |                     |

|                                                                                                                                    |                                   |                                                                                           |   |          |   |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------|---|----------|---|
|                                                                                                                                    |                                   | UNIVERSITAS PGRI YOGYAKARTA<br>FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI<br>PROGRAM STUDI GIZI<br>2023 |   |          |   |
| RENCANA TUGAS MAHASISWA                                                                                                            |                                   |                                                                                           |   |          |   |
| MATA KULIAH                                                                                                                        | Biokimia Gizi                     |                                                                                           |   |          |   |
| KODE                                                                                                                               | T61205                            | sks                                                                                       | 4 | SEMESTER | 2 |
| DOSEN PENGAMPU                                                                                                                     | Andri Arif Kustiawan, M.Or., AIFO |                                                                                           |   |          |   |
| BENTUK TUGAS                                                                                                                       |                                   | WAKTU Pengerjaan Tugas                                                                    |   |          |   |
| Tugas mingguan                                                                                                                     |                                   | 1 minggu                                                                                  |   |          |   |
| JUDUL TUGAS                                                                                                                        |                                   |                                                                                           |   |          |   |
| Tugas 1. Struktur dan fungsi sel manusia                                                                                           |                                   |                                                                                           |   |          |   |
| SUB CAPAIAN PEMBELAJARAN MATA KULIAH                                                                                               |                                   |                                                                                           |   |          |   |
| Mahasiswa mampu menjelaskan struktur dan komposisi organisme manusia                                                               |                                   |                                                                                           |   |          |   |
| DISKRIPSI TUGAS                                                                                                                    |                                   |                                                                                           |   |          |   |
| Mahasiswa membuat mind mapping yang mencakup struktur dan komposisi kimia organisme manusia serta sistem pencernaan manusia        |                                   |                                                                                           |   |          |   |
| METODE Pengerjaan Tugas                                                                                                            |                                   |                                                                                           |   |          |   |
| a. Tulis nama dan NIM pada lembar tugas                                                                                            |                                   |                                                                                           |   |          |   |
| b. Tugas dikerjakan pada MS Word dalam bentuk makalah dengan jumlah halaman Minimal 3 halaman.                                     |                                   |                                                                                           |   |          |   |
| c. Tugas diketik dan dibuat semenarik mungkin dan Dibuat Power Poin (Canva)                                                        |                                   |                                                                                           |   |          |   |
| d. Cantumkan referensi ilmiah dari sumber yang terpercaya (buku/jurnal ilmiah) & Tuliskan daftar pustaka yang digunakan (mendelay) |                                   |                                                                                           |   |          |   |
| e. Membuat Modul pembelajaran sesuai dengan judul Tugas (Panduan terlampir)                                                        |                                   |                                                                                           |   |          |   |
| BENTUK DAN FORMAT LUARAN                                                                                                           |                                   |                                                                                           |   |          |   |
| a. Obyek Garapan: Rangkuman dalam bentuk mind mapping                                                                              |                                   |                                                                                           |   |          |   |
| b. Bentuk Luaran: lembar kerja mind mapping                                                                                        |                                   |                                                                                           |   |          |   |
| 1. Laporan mind mapping                                                                                                            |                                   |                                                                                           |   |          |   |
| INDIKATOR, KRETERIA DAN BOBOT PENILAIAN                                                                                            |                                   |                                                                                           |   |          |   |
| a. Ketepatan merangkum dengan topik, sistematika dan format yang telah ditetapkan                                                  |                                   |                                                                                           |   |          |   |
| b. Kejelasan dan ketajaman merangkum                                                                                               |                                   |                                                                                           |   |          |   |
| c. Konsistensi dan kerapian dalam sajian tulisan                                                                                   |                                   |                                                                                           |   |          |   |
| d. Sumber referensi terpercaya                                                                                                     |                                   |                                                                                           |   |          |   |

**JADWAL PELAKSANAAN**

|                           |                      |
|---------------------------|----------------------|
| Pemberian tugas mahasiswa | <b>7-Maret-2023</b>  |
| Pengumpulan tugas         | <b>14-Maret-2023</b> |
|                           |                      |

| <b>LAIN-LAIN</b>                        |                                                                                                              |                                                                                    |                                                                                     |                                                     |                                                                     |             |
|-----------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------|-------------|
| <b>DIMENSI</b><br>(deskripsi Perilaku)  | <b>Sangat Baik/Bagus</b><br>( >80 )                                                                          | <b>Baik</b><br>( 60-80 )                                                           | <b>Cukup (Batas)</b><br>( 41-60 )                                                   | <b>Kurang Baik</b><br>( 21-40 )                     | <b>Tidak Baik</b><br>( < 21)                                        | <b>SKOR</b> |
| Topik, sistematis dan kesesuaian format | Sesuai topik, Sangat runtut dan integratif membuat pembaca paham, memberi data pendukung, menggugah semangat | Cukup runtut, memberi data pendukung hanya sesekali membaca catatan, membuat paham | Lebih banyak membaca catatan, tapi informasinya benar, tidak memberi data pendukung | Kurang sesuai dengan topic dan kurang sesuai format | Tidak sesuai dengan topic, tidak sistematis dan tidak sesuai format | 30%         |
| Kejelasan dan ketajaman                 | Konsep yang dijelaskan lengkap aspeknya dan integratif                                                       | Konsep yang dijelaskan lengkap aspeknya                                            | Sebagian besar aspek dijelaskan hanya kurang 2 aspek                                | Hanya menjelaskan sebagian kecil aspek              | Tidak ada konsep                                                    | 30%         |
| Kebenaran Penjelasan                    | Diungkapkan dengan benar, aspek penting tidak terlewatkan, disertai contoh                                   | Diungkapkan dengan benar tetapi hanya deskriptif                                   | Sebagian besar diungkap dengan benar                                                | Sebagian besar aspek tidak diungkap dengan benar    | Semua aspek yang diungkap salah                                     | 20%         |
| Sumber referensi                        | Sumber referensi Sangat terpercaya                                                                           | Sumber referensi Terpercaya                                                        | Sumber referensi Cukup terpercaya                                                   | Sumber referensi Kurang terpercaya                  | Tanpa sumber                                                        | 20%         |

**DAFTAR RUJUKAN**

1. James L. Groff and Sareen S. Gropper. 1999. Advanced Nutrition and Human Metabolism. Third Edition. USA..
2. Bender, D. A. 1993. An Introduction to Nutrition and Metabolism. UCL Press. London.
3. Brody, T. 1999. Nutritional Biochemistry. Second Edition. Academic Press. Sandiego-California-USA.
4. Linder, M.C. 1991. Nutritional Biochemistry and Metabolism With Clinical Applications. Second Edition.
5. Lehninger. 1982. Principles of Biochemistry. Rand McNally and Company. USA.
6. Husaini dan Piliang, W.G. 1992. Biokimia dan Fisiologi Gizi. PAU-IPB.
7. Stipanuk, M.H. 2000. Biochemical and Physiological Aspects of Human Nutrition. Saunders Company.USA.

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |                                   |                                                                                           |   |          |   |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------|---|----------|---|
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |                                   | UNIVERSITAS PGRI YOGYAKARTA<br>FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI<br>PROGRAM STUDI GIZI<br>2023 |   |          |   |
| RENCANA TUGAS MAHASISWA                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |                                   |                                                                                           |   |          |   |
| MATA KULIAH                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   | Biokimia Gizi                     |                                                                                           |   |          |   |
| KODE                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          | T61205                            | sks                                                                                       | 4 | SEMESTER | 2 |
| DOSEN PENGAMPU                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                | Andri Arif Kustiawan, M.Or., AIFO |                                                                                           |   |          |   |
| BENTUK TUGAS                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |                                   | WAKTU Pengerjaan Tugas                                                                    |   |          |   |
| Tugas mingguan                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |                                   | 1 minggu                                                                                  |   |          |   |
| JUDUL TUGAS                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |                                   |                                                                                           |   |          |   |
| Tugas 2. Biokimia air                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |                                   |                                                                                           |   |          |   |
| SUB CAPAIAN PEMBELAJARAN MATA KULIAH                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |                                   |                                                                                           |   |          |   |
| Mahasiswa mampu menjelaskan struktur dan fungsi air, pencernaan dan penyerapan air, pengantar metabolisme air                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |                                   |                                                                                           |   |          |   |
| DISKRIPSI TUGAS                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |                                   |                                                                                           |   |          |   |
| Mahasiswa membuat mind mapping yang mencakup struktur dan fungsi air, pencernaan dan penyerapan air, pengantar metabolisme air                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |                                   |                                                                                           |   |          |   |
| METODE Pengerjaan Tugas                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |                                   |                                                                                           |   |          |   |
| a. Tulis nama dan NIM pada lembar tugas<br>b. Tugas dikerjakan pada MS Word dalam bentuk makalah dengan jumlah halaman Minimal 3 halaman.<br>c. Tugas diketik dan dibuat semenarik mungkin dan Dibuat Power Poin (Canva)<br>d. Cantumkan referensi ilmiah dari sumber yang terpercaya (buku/jurnal ilmiah) & Tuliskan daftar pustaka yang digunakan (mendelay)<br>e. Membuat Modul pembelajaran sesuai dengan judul Tugas (Panduan terlampir) |                                   |                                                                                           |   |          |   |
| BENTUK DAN FORMAT LUARAN                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |                                   |                                                                                           |   |          |   |
| a. Obyek Garapan: Rangkuman dalam bentuk mind mapping<br>b. Bentuk Luaran: lembar kerja mind mapping                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |                                   |                                                                                           |   |          |   |
| 2. Laporan mind mapping                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |                                   |                                                                                           |   |          |   |
| INDIKATOR, KRETERIA DAN BOBOT PENILAIAN                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |                                   |                                                                                           |   |          |   |
| a. Ketepatan merangkum dengan topik, sistematika dan format yang telah ditetapkan<br>b. Kejelasan dan ketajaman merangkum<br>c. Konsistensi dan kerapian dalam sajian tulisan.<br>d. Sumber referensi terpercaya                                                                                                                                                                                                                              |                                   |                                                                                           |   |          |   |



| JADWAL PELAKSANAAN        |               |
|---------------------------|---------------|
| Pemberian tugas mahasiswa | 14-Maret-2023 |
| Pengumpulan tugas         | 21-Maret-2023 |
|                           |               |

#### LAIN-LAIN

| DIMENSI<br>(deskripsi Perilaku)         | Sangat Baik/Bagus<br>( >80 )                                                                                  | Baik<br>( 60-80 )                                                                  | Cukup (Batas)<br>( 41-60 )                                                          | Kurang Baik<br>( 21-40 )                            | Tidak Baik<br>( < 21)                                               | SKOR |
|-----------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------|------|
| Topik, sistematis dan kesesuaian format | Sesuai topik, Sangat runtut dan intergratif membuat pembaca paham, memberi data pendukung, menggugah semangat | Cukup runtut, memberi data pendukung hanya sesekali membaca catatan, membuat paham | Lebih banyak membaca catatan, tapi informasinya benar, tidak memberi data pendukung | Kurang sesuai dengan topic dan kurang sesuai format | Tidak sesuai dengan topic, tidak sistematis dan tidak sesuai format | 30%  |
| Kejelasan dan ketajaman                 | Konsep yang dijelaskan lengkap aspeknya dan integratif                                                        | Konsep yang dijelaskan lengkap aspeknya                                            | Sebagian besar aspek dijelaskan hanya kurang 2 aspek                                | Hanya menjelaskan sebagian kecil aspek              | Tidak ada konsep                                                    | 30%  |
| Kebenaran Penjelasan                    | Diungkapkan dengan benar, aspek penting tidak terlewatkan, disertai contoh                                    | Diungkapkan dengan benar tetapi hanya deskriptif                                   | Sebagian besar diungkap dengan benar                                                | Sebagian besar aspek tidak diungkap dengan benar    | Semua aspek yang diungkap salah                                     | 20%  |
| Sumber referensi                        | Sumber referensi Sangat terpercaya                                                                            | Sumber referensi Terpercaya                                                        | Sumber referensi Cukup terpercaya                                                   | Sumber referensi Kurang terpercaya                  | Tanpa sumber                                                        | 20%  |

#### DAFTAR RUJUKAN

1. James L. Groff and Sareen S. Gropper. 1999. Advanced Nutrition and Human Metabolism. Third Edition. USA..
2. Bender, D. A. 1993. An Introduction to Nutrition and Metabolism. UCL Press. London.
3. Brody, T. 1999. Nutritional Biochemistry. Second Edition. Academic Press. Sandiego-California-USA.
4. Linder, M.C. 1991. Nutritional Biochemistry and Metabolism With Clinical Applications. Second Edition.
5. Lehninger. 1982. Principles of Biochemistry. Rand McNally and Company. USA.
6. Husaini dan Piliang, W.G. 1992. Biokimia dan Fisiologi Gizi. PAU-IPB.
7. Stipanuk, M.H. 2000. Biochemical and Physiological Aspects of Human Nutrition. Saunders Company.USA.

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |                                   |                                                                                           |   |          |   |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------|---|----------|---|
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |                                   | UNIVERSITAS PGRI YOGYAKARTA<br>FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI<br>PROGRAM STUDI GIZI<br>2023 |   |          |   |
| RENCANA TUGAS MAHASISWA                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |                                   |                                                                                           |   |          |   |
| MATA KULIAH                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   | Biokimia Gizi                     |                                                                                           |   |          |   |
| KODE                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          | T61205                            | sks                                                                                       | 4 | SEMESTER | 2 |
| DOSEN PENGAMPU                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                | Andri Arif Kustiawan, M.Or., AIFO |                                                                                           |   |          |   |
| BENTUK TUGAS                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |                                   | WAKTU Pengerjaan Tugas                                                                    |   |          |   |
| Tugas mingguan                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |                                   | 1 minggu                                                                                  |   |          |   |
| JUDUL TUGAS                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |                                   |                                                                                           |   |          |   |
| Tugas 3. Biokimia protein                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |                                   |                                                                                           |   |          |   |
| SUB CAPAIAN PEMBELAJARAN MATA KULIAH                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |                                   |                                                                                           |   |          |   |
| Mahasiswa mampu menjelaskan struktur dan fungsi protein, klasifikasi protein, sifat fisik dan kimia protein, pencernaan dan penyerapan protein, pengantar metabolisme protein                                                                                                                                                                                                                                                                 |                                   |                                                                                           |   |          |   |
| DISKRIPSI TUGAS                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |                                   |                                                                                           |   |          |   |
| Mahasiswa membuat mind mapping yang berisi struktur dan fungsi protein, klasifikasi protein, sifat fisik dan kimia protein, pencernaan dan penyerapan protein, pengantar metabolisme protein                                                                                                                                                                                                                                                  |                                   |                                                                                           |   |          |   |
| METODE Pengerjaan Tugas                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |                                   |                                                                                           |   |          |   |
| a. Tulis nama dan NIM pada lembar tugas<br>b. Tugas dikerjakan pada MS Word dalam bentuk makalah dengan jumlah halaman Minimal 3 halaman.<br>c. Tugas diketik dan dibuat semenarik mungkin dan Dibuat Power Poin (Canva)<br>d. Cantumkan referensi ilmiah dari sumber yang terpercaya (buku/jurnal ilmiah) & Tuliskan daftar pustaka yang digunakan (mendelay)<br>e. Membuat Modul pembelajaran sesuai dengan judul Tugas (Panduan terlampir) |                                   |                                                                                           |   |          |   |
| BENTUK DAN FORMAT LUARAN                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |                                   |                                                                                           |   |          |   |
| a. Obyek Garapan: Rangkuman dalam bentuk mind mapping<br>b. Bentuk Luaran: lembar kerja mind mapping                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |                                   |                                                                                           |   |          |   |
| Laporan mind mapping                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |                                   |                                                                                           |   |          |   |
| INDIKATOR, KRETERIA DAN BOBOT PENILAIAN                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |                                   |                                                                                           |   |          |   |
| a. Ketepatan merangkum dengan topik, sistematika dan format yang telah ditetapkan<br>b. Kejelasan dan ketajaman merangkum<br>c. Konsistensi dan kerapian dalam sajian tulisan.<br>d. Sumber referensi terpercaya                                                                                                                                                                                                                              |                                   |                                                                                           |   |          |   |

| JADWAL PELAKSANAAN        |               |
|---------------------------|---------------|
| Pemberian tugas mahasiswa | 21-Maret-2023 |
| Pengumpulan tugas         | 28-Maret-2023 |
|                           |               |

#### LAIN-LAIN

| DIMENSI<br>(deskripsi Perilaku)         | Sangat Baik/Bagus<br>( >80 )                                                                                  | Baik<br>( 60-80 )                                                                  | Cukup (Batas)<br>( 41-60 )                                                          | Kurang Baik<br>( 21-40 )                            | Tidak Baik<br>( < 21)                                               | SKOR |
|-----------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------|------|
| Topik, sistematik dan kesesuaian format | Sesuai topik, Sangat runtut dan intergratif membuat pembaca paham, memberi data pendukung, menggugah semangat | Cukup runtut, memberi data pendukung hanya sesekali membaca catatan, membuat paham | Lebih banyak membaca catatan, tapi informasinya benar, tidak memberi data pendukung | Kurang sesuai dengan topic dan kurang sesuai format | Tidak sesuai dengan topic, tidak sistematik dan tidak sesuai format | 30%  |
| Kejelasan dan ketajaman                 | Konsep yang dijelaskan lengkap aspeknya dan integratif                                                        | Konsep yang dijelaskan lengkap aspeknya                                            | Sebagian besar aspek dijelaskan hanya kurang 2 aspek                                | Hanya menjelaskan sebagian kecil aspek              | Tidak ada konsep                                                    | 30%  |
| Kebenaran Penjelasan                    | Diungkapkan dengan benar, aspek penting tidak terlewatkan, disertai contoh                                    | Diungkapkan dengan benar tetapi hanya deskriptif                                   | Sebagian besar diungkap dengan benar                                                | Sebagian besar aspek tidak diungkap dengan benar    | Semua aspek yang diungkap salah                                     | 20%  |
| Sumber referensi                        | Sumber referensi Sangat terpercaya                                                                            | Sumber referensi Terpercaya                                                        | Sumber referensi Cukup terpercaya                                                   | Sumber referensi Kurang terpercaya                  | Tanpa sumber                                                        | 20%  |

#### DAFTAR RUJUKAN

1. James L. Groff and Sareen S. Gropper. 1999. Advanced Nutrition and Human Metabolism. Third Edition. USA..
2. Bender, D. A. 1993. An Introduction to Nutrition and Metabolism. UCL Press. London.
3. Brody, T. 1999. Nutritional Biochemistry. Secend Edition. Academic Press. Sandiego-California-USA.
4. Linder, M.C. 1991. Nutritional Biochemistry and Metabolism With Clinical Applications. Second Edition.
5. Lehninger. 1982. Principles of Biochemistry. Rand McNally and Company. USA.
6. Husaini dan Piliang, W.G. 1992. Biokimia dan Fisiologi Gizi. PAU-IPB.
7. Stipanuk, M.H. 2000. Biochemical and Physiological Aspects of Human Nutrition. Saunders Company.USA.

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |                                   |                        |   |                                                                                           |   |  |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------|------------------------|---|-------------------------------------------------------------------------------------------|---|--|
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |                                   |                        |   | UNIVERSITAS PGRI YOGYAKARTA<br>FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI<br>PROGRAM STUDI GIZI<br>2023 |   |  |
| RENCANA TUGAS MAHASISWA                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |                                   |                        |   |                                                                                           |   |  |
| MATA KULIAH                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   | Biokimia Gizi                     |                        |   |                                                                                           |   |  |
| KODE                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          | T61205                            | sks                    | 4 | SEMESTER                                                                                  | 2 |  |
| DOSEN PENGAMPU                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                | Andri Arif Kustiawan, M.Or., AIFO |                        |   |                                                                                           |   |  |
| BENTUK TUGAS                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |                                   | WAKTU Pengerjaan Tugas |   |                                                                                           |   |  |
| Tugas mingguan                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |                                   | 1 minggu               |   |                                                                                           |   |  |
| JUDUL TUGAS                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |                                   |                        |   |                                                                                           |   |  |
| Tugas 4. Biokimia karbohidrat                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |                                   |                        |   |                                                                                           |   |  |
| SUB CAPAIAN PEMBELAJARAN MATA KULIAH                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |                                   |                        |   |                                                                                           |   |  |
| Mahasiswa mampu menjelaskan pengertian dan fungsi karbohidrat, klasifikasi karbohidrat, sifat fisik dan kimia karbohidrat, pencernaan dan penyerapan karbohidrat, pengantar metabolisme karbohidrat                                                                                                                                                                                                                                           |                                   |                        |   |                                                                                           |   |  |
| DISKRIPSI TUGAS                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |                                   |                        |   |                                                                                           |   |  |
| Mahasiswa membuat mind mapping yang berisi pengertian dan fungsi karbohidrat, klasifikasi karbohidrat, sifat fisik dan kimia karbohidrat, pencernaan dan penyerapan karbohidrat, pengantar metabolisme karbohidrat                                                                                                                                                                                                                            |                                   |                        |   |                                                                                           |   |  |
| METODE Pengerjaan Tugas                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |                                   |                        |   |                                                                                           |   |  |
| a. Tulis nama dan NIM pada lembar tugas<br>b. Tugas dikerjakan pada MS Word dalam bentuk makalah dengan jumlah halaman Minimal 3 halaman.<br>c. Tugas diketik dan dibuat semenarik mungkin dan Dibuat Power Poin (Canva)<br>d. Cantumkan referensi ilmiah dari sumber yang terpercaya (buku/jurnal ilmiah) & Tuliskan daftar pustaka yang digunakan (mendelay)<br>e. Membuat Modul pembelajaran sesuai dengan judul Tugas (Panduan terlampir) |                                   |                        |   |                                                                                           |   |  |
| BENTUK DAN FORMAT LUARAN                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |                                   |                        |   |                                                                                           |   |  |
| c. Obyek Garapan: Rangkuman dalam bentuk mind mapping<br>d. Bentuk Luaran: lembar kerja mind mapping                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |                                   |                        |   |                                                                                           |   |  |
| e. Laporan mind mapping                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |                                   |                        |   |                                                                                           |   |  |
| INDIKATOR, KRETERIA DAN BOBOT PENILAIAN                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |                                   |                        |   |                                                                                           |   |  |
| a. Ketepatan merangkum dengan topik, sistematika dan format yang telah ditetapkan<br>b. Kejelasan dan ketajaman merangkum<br>c. Konsistensi dan kerapian dalam sajian tulisan.<br>d. Sumber referensi terpercaya                                                                                                                                                                                                                              |                                   |                        |   |                                                                                           |   |  |

| JADWAL PELAKSANAAN        |               |
|---------------------------|---------------|
| Pemberian tugas mahasiswa | 28-Maret-2023 |
| Pengumpulan tugas         | 4-April-2023  |
|                           |               |

#### LAIN-LAIN

| DIMENSI<br>(deskripsi Perilaku)         | Sangat Baik/Bagus<br>( >80 )                                                                                  | Baik<br>( 60-80 )                                                                  | Cukup (Batas)<br>( 41-60 )                                                          | Kurang Baik<br>( 21-40 )                            | Tidak Baik<br>( < 21)                                               | SKOR |
|-----------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------|------|
| Topik, sistematis dan kesesuaian format | Sesuai topik, Sangat runtut dan intergratif membuat pembaca paham, memberi data pendukung, menggugah semangat | Cukup runtut, memberi data pendukung hanya sesekali membaca catatan, membuat paham | Lebih banyak membaca catatan, tapi informasinya benar, tidak memberi data pendukung | Kurang sesuai dengan topic dan kurang sesuai format | Tidak sesuai dengan topic, tidak sistematis dan tidak sesuai format | 30%  |
| Kejelasan dan ketajaman                 | Konsep yang dijelaskan lengkap aspeknya dan integratif                                                        | Konsep yang dijelaskan lengkap aspeknya                                            | Sebagian besar aspek dijelaskan hanya kurang 2 aspek                                | Hanya menjelaskan sebagian kecil aspek              | Tidak ada konsep                                                    | 30%  |
| Kebenaran Penjelasan                    | Diungkapkan dengan benar, aspek penting tidak terlewatkan, disertai contoh                                    | Diungkapkan dengan benar tetapi hanya deskriptif                                   | Sebagian besar diungkap dengan benar                                                | Sebagian besar aspek tidak diungkap dengan benar    | Semua aspek yang diungkap salah                                     | 20%  |
| Sumber referensi                        | Sumber referensi Sangat terpercaya                                                                            | Sumber referensi Terpercaya                                                        | Sumber referensi Cukup terpercaya                                                   | Sumber referensi Kurang terpercaya                  | Tanpa sumber                                                        | 20%  |

#### DAFTAR RUJUKAN

1. James L. Groff and Sareen S. Gropper. 1999. Advanced Nutrition and Human Metabolism. Third Edition. USA..
2. Bender, D. A. 1993. An Introduction to Nutrition and Metabolism. UCL Press. London.
3. Brody, T. 1999. Nutritional Biochemistry. Second Edition. Academic Press. Sandiego-California-USA.
4. Linder, M.C. 1991. Nutritional Biochemistry and Metabolism With Clinical Applications. Second Edition.
5. Lehninger. 1982. Principles of Biochemistry. Rand McNally and Company. USA.
6. Husaini dan Piliang, W.G. 1992. Biokimia dan Fisiologi Gizi. PAU-IPB.
7. Stipanuk, M.H. 2000. Biochemical and Physiological Aspects of Human Nutrition. Saunders Company.USA.

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |                                   |                                                                                           |   |          |   |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------|---|----------|---|
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |                                   | UNIVERSITAS PGRI YOGYAKARTA<br>FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI<br>PROGRAM STUDI GIZI<br>2023 |   |          |   |
| RENCANA TUGAS MAHASISWA                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |                                   |                                                                                           |   |          |   |
| MATA KULIAH                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   | Biokimia Gizi                     |                                                                                           |   |          |   |
| KODE                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          | T61205                            | sks                                                                                       | 4 | SEMESTER | 2 |
| DOSEN PENGAMPU                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                | Andri Arif Kustiawan, M.Or., AIFO |                                                                                           |   |          |   |
| BENTUK TUGAS                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |                                   | WAKTU Pengerjaan Tugas                                                                    |   |          |   |
| Tugas mingguan                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |                                   | 1 minggu                                                                                  |   |          |   |
| JUDUL TUGAS                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |                                   |                                                                                           |   |          |   |
| Tugas 5. Biokimia lemak                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |                                   |                                                                                           |   |          |   |
| SUB CAPAIAN PEMBELAJARAN MATA KULIAH                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |                                   |                                                                                           |   |          |   |
| Mahasiswa mampu menjelaskan pengertian dan fungsi lipid, klasifikasi lipid, sifat fisik dan kimia lipid, pencernaan dan penyerapan lipid, pengantar metabolisme lipid                                                                                                                                                                                                                                                                         |                                   |                                                                                           |   |          |   |
| DISKRIPSI TUGAS                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |                                   |                                                                                           |   |          |   |
| Mahasiswa membuat mind mapping yang berisi pengertian dan fungsi lipid, klasifikasi lipid, sifat fisik dan kimia lipid, pencernaan dan penyerapan lipid, pengantar metabolisme lipid                                                                                                                                                                                                                                                          |                                   |                                                                                           |   |          |   |
| METODE Pengerjaan Tugas                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |                                   |                                                                                           |   |          |   |
| a. Tulis nama dan NIM pada lembar tugas<br>b. Tugas dikerjakan pada MS Word dalam bentuk makalah dengan jumlah halaman Minimal 3 halaman.<br>c. Tugas diketik dan dibuat semenarik mungkin dan Dibuat Power Poin (Canva)<br>d. Cantumkan referensi ilmiah dari sumber yang terpercaya (buku/jurnal ilmiah) & Tuliskan daftar pustaka yang digunakan (mendelay)<br>e. Membuat Modul pembelajaran sesuai dengan judul Tugas (Panduan terlampir) |                                   |                                                                                           |   |          |   |
| BENTUK DAN FORMAT LUARAN                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |                                   |                                                                                           |   |          |   |
| a. Obyek Garapan: Rangkuman dalam bentuk mind mapping<br>b. Bentuk Luaran: lembar kerja mind mapping                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |                                   |                                                                                           |   |          |   |
| Laporan mind mapping                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |                                   |                                                                                           |   |          |   |
| INDIKATOR, KRETERIA DAN BOBOT PENILAIAN                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |                                   |                                                                                           |   |          |   |
| a. Ketepatan merangkum dengan topik, sistematika dan format yang telah ditetapkan<br>b. Kejelasan dan ketajaman merangkum<br>c. Konsistensi dan kerapian dalam sajian tulisan.<br>d. Sumber referensi terpercaya                                                                                                                                                                                                                              |                                   |                                                                                           |   |          |   |

| JADWAL PELAKSANAAN        |               |
|---------------------------|---------------|
| Pemberian tugas mahasiswa | 4-April-2023  |
| Pengumpulan tugas         | 11-April-2023 |
|                           |               |

#### LAIN-LAIN

| DIMENSI<br>(deskripsi Perilaku)         | Sangat Baik/Bagus<br>( >80 )                                                                                  | Baik<br>( 60-80 )                                                                  | Cukup (Batas)<br>( 41-60 )                                                          | Kurang Baik<br>( 21-40 )                            | Tidak Baik<br>( < 21)                                               | SKOR |
|-----------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------|------|
| Topik, sistematis dan kesesuaian format | Sesuai topik, Sangat runtut dan intergratif membuat pembaca paham, memberi data pendukung, menggugah semangat | Cukup runtut, memberi data pendukung hanya sesekali membaca catatan, membuat paham | Lebih banyak membaca catatan, tapi informasinya benar, tidak memberi data pendukung | Kurang sesuai dengan topic dan kurang sesuai format | Tidak sesuai dengan topic, tidak sistematis dan tidak sesuai format | 30%  |
| Kejelasan dan ketajaman                 | Konsep yang dijelaskan lengkap aspeknya dan integratif                                                        | Konsep yang dijelaskan lengkap aspeknya                                            | Sebagian besar aspek dijelaskan hanya kurang 2 aspek                                | Hanya menjelaskan sebagian kecil aspek              | Tidak ada konsep                                                    | 30%  |
| Kebenaran Penjelasan                    | Diungkapkan dengan benar, aspek penting tidak terlewatkan, disertai contoh                                    | Diungkapkan dengan benar tetapi hanya deskriptif                                   | Sebagian besar diungkap dengan benar                                                | Sebagian besar aspek tidak diungkap dengan benar    | Semua aspek yang diungkap salah                                     | 20%  |
| Sumber referensi                        | Sumber referensi Sangat terpercaya                                                                            | Sumber referensi Terpercaya                                                        | Sumber referensi Cukup terpercaya                                                   | Sumber referensi Kurang terpercaya                  | Tanpa sumber                                                        | 20%  |

#### DAFTAR RUJUKAN

1. James L. Groff and Sareen S. Gropper. 1999. Advanced Nutrition and Human Metabolism. Third Edition. USA..
2. Bender, D. A. 1993. An Introduction to Nutrition and Metabolism. UCL Press. London.
3. Brody, T. 1999. Nutritional Biochemistry. Second Edition. Academic Press. Sandiego-California-USA.
4. Linder, M.C. 1991. Nutritional Biochemistry and Metabolism With Clinical Applications. Second Edition.
5. Lehninger. 1982. Principles of Biochemistry. Rand McNally and Company. USA.
6. Husaini dan Piliang, W.G. 1992. Biokimia dan Fisiologi Gizi. PAU-IPB.
7. Stipanuk, M.H. 2000. Biochemical and Physiological Aspects of Human Nutrition. Saunders Company.USA.

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |                                   |                        |                                                                                           |          |   |  |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------|------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------|----------|---|--|
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |                                   |                        | UNIVERSITAS PGRI YOGYAKARTA<br>FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI<br>PROGRAM STUDI GIZI<br>2021 |          |   |  |
| RENCANA TUGAS MAHASISWA                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |                                   |                        |                                                                                           |          |   |  |
| MATA KULIAH                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   | Biokimia Gizi                     |                        |                                                                                           |          |   |  |
| KODE                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          | T61205                            | sks                    | 4                                                                                         | SEMESTER | 2 |  |
| DOSEN PENGAMPU                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                | Andri Arif Kustiawan, M.Or., AIFO |                        |                                                                                           |          |   |  |
| BENTUK TUGAS                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |                                   | WAKTU Pengerjaan Tugas |                                                                                           |          |   |  |
| Tugas mingguan                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |                                   | 1 minggu               |                                                                                           |          |   |  |
| JUDUL TUGAS                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |                                   |                        |                                                                                           |          |   |  |
| Tugas 6. Biokimia vitamin larut air                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |                                   |                        |                                                                                           |          |   |  |
| SUB CAPAIAN PEMBELAJARAN MATA KULIAH                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |                                   |                        |                                                                                           |          |   |  |
| Mahasiswa mampu menjelaskan pengertian dan fungsi vitamin larut air, jenis vitamin larut air, pencernaan dan penyerapan vitamin larut air, pengantar metabolisme vitamin larut air                                                                                                                                                                                                                                                            |                                   |                        |                                                                                           |          |   |  |
| DISKRIPSI TUGAS                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |                                   |                        |                                                                                           |          |   |  |
| Mahasiswa membuat mind mapping yang berisi pengertian dan fungsi vitamin larut air, jenis vitamin larut air, pencernaan dan penyerapan vitamin larut air, pengantar metabolisme vitamin larut air                                                                                                                                                                                                                                             |                                   |                        |                                                                                           |          |   |  |
| METODE Pengerjaan Tugas                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |                                   |                        |                                                                                           |          |   |  |
| a. Tulis nama dan NIM pada lembar tugas<br>b. Tugas dikerjakan pada MS Word dalam bentuk makalah dengan jumlah halaman Minimal 3 halaman.<br>c. Tugas diketik dan dibuat semenarik mungkin dan Dibuat Power Poin (Canva)<br>d. Cantumkan referensi ilmiah dari sumber yang terpercaya (buku/jurnal ilmiah) & Tuliskan daftar pustaka yang digunakan (mendelay)<br>e. Membuat Modul pembelajaran sesuai dengan judul Tugas (Panduan terlampir) |                                   |                        |                                                                                           |          |   |  |
| BENTUK DAN FORMAT LUARAN                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |                                   |                        |                                                                                           |          |   |  |
| a. Obyek Garapan: Rangkuman dalam bentuk mind mapping<br>b. Bentuk Luaran: lembar kerja mind mapping                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |                                   |                        |                                                                                           |          |   |  |
| Laporan mind mapping                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |                                   |                        |                                                                                           |          |   |  |
| INDIKATOR, KRETERIA DAN BOBOT PENILAIAN                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |                                   |                        |                                                                                           |          |   |  |
| a. Ketepatan merangkum dengan topik, sistematika dan format yang telah ditetapkan<br>b. Kejelasan dan ketajaman merangkum<br>c. Konsistensi dan kerapian dalam sajian tulisan.<br>d. Sumber referensi terpercaya                                                                                                                                                                                                                              |                                   |                        |                                                                                           |          |   |  |



| JADWAL PELAKSANAAN        |               |
|---------------------------|---------------|
| Pemberian tugas mahasiswa | 11-April-2023 |
| Pengumpulan tugas         | 18-April-2023 |
|                           |               |

#### LAIN-LAIN

| DIMENSI<br>(deskripsi Perilaku)         | Sangat Baik/Bagus<br>( >80 )                                                                                  | Baik<br>( 60-80 )                                                                  | Cukup (Batas)<br>( 41-60 )                                                          | Kurang Baik<br>( 21-40 )                            | Tidak Baik<br>( < 21)                                               | SKOR |
|-----------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------|------|
| Topik, sistematik dan kesesuaian format | Sesuai topik, Sangat runtut dan intergratif membuat pembaca paham, memberi data pendukung, menggugah semangat | Cukup runtut, memberi data pendukung hanya sesekali membaca catatan, membuat paham | Lebih banyak membaca catatan, tapi informasinya benar, tidak memberi data pendukung | Kurang sesuai dengan topic dan kurang sesuai format | Tidak sesuai dengan topic, tidak sistematik dan tidak sesuai format | 30%  |
| Kejelasan dan ketajaman                 | Konsep yang dijelaskan lengkap aspeknya dan integratif                                                        | Konsep yang dijelaskan lengkap aspeknya                                            | Sebagian besar aspek dijelaskan hanya kurang 2 aspek                                | Hanya menjelaskan sebagian kecil aspek              | Tidak ada konsep                                                    | 30%  |
| Kebenaran Penjelasan                    | Diungkapkan dengan benar, aspek penting tidak terlewatkan, disertai contoh                                    | Diungkapkan dengan benar tetapi hanya deskriptif                                   | Sebagian besar diungkap dengan benar                                                | Sebagian besar aspek tidak diungkap dengan benar    | Semua aspek yang diungkap salah                                     | 20%  |
| Sumber referensi                        | Sumber referensi Sangat terpercaya                                                                            | Sumber referensi Terpercaya                                                        | Sumber referensi Cukup terpercaya                                                   | Sumber referensi Kurang terpercaya                  | Tanpa sumber                                                        | 20%  |

#### DAFTAR RUJUKAN

1. James L. Groff and Sareen S. Gropper. 1999. Advanced Nutrition and Human Metabolism. Third Edition. USA..
2. Bender, D. A. 1993. An Introduction to Nutrition and Metabolism. UCL Press. London.
3. Brody, T. 1999. Nutritional Biochemistry. Secend Edition. Academic Press. Sandiego-California-USA.
4. Linder, M.C. 1991. Nutritional Biochemistry and Metabolism With Clinical Applications. Second Edition.
5. Lehninger. 1982. Principles of Biochemistry. Rand McNally and Company. USA.
6. Husaini dan Piliang, W.G. 1992. Biokimia dan Fisiologi Gizi. PAU-IPB.
7. Stipanuk, M.H. 2000. Biochemical and Physiological Aspects of Human Nutrition. Saunders Company.USA.

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |                                   |                                                                                           |   |          |   |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------|---|----------|---|
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |                                   | UNIVERSITAS PGRI YOGYAKARTA<br>FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI<br>PROGRAM STUDI GIZI<br>2023 |   |          |   |
| RENCANA TUGAS MAHASISWA                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |                                   |                                                                                           |   |          |   |
| MATA KULIAH                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   | Biokimia Gizi                     |                                                                                           |   |          |   |
| KODE                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          | T61205                            | sks                                                                                       | 4 | SEMESTER | 2 |
| DOSEN PENGAMPU                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                | Andri Arif Kustiawan, M.Or., AIFO |                                                                                           |   |          |   |
| BENTUK TUGAS                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |                                   | WAKTU Pengerjaan Tugas                                                                    |   |          |   |
| Tugas mingguan                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |                                   | 1 minggu                                                                                  |   |          |   |
| JUDUL TUGAS                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |                                   |                                                                                           |   |          |   |
| Tugas 7. Biokimia vitamin larut lemak                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |                                   |                                                                                           |   |          |   |
| SUB CAPAIAN PEMBELAJARAN MATA KULIAH                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |                                   |                                                                                           |   |          |   |
| Mahasiswa mampu menjelaskan pengertian dan fungsi vitamin larut lemak, jenis vitamin larut lemak, pencernaan dan penyerapan vitamin larut lemak, pengantar metabolisme vitamin larut lemak                                                                                                                                                                                                                                                    |                                   |                                                                                           |   |          |   |
| DISKRIPSI TUGAS                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |                                   |                                                                                           |   |          |   |
| Mahasiswa membuat mind mapping yang berisi pengertian dan fungsi vitamin larut lemak, jenis vitamin larut lemak, pencernaan dan penyerapan vitamin larut lemak, pengantar metabolisme vitamin larut lemak                                                                                                                                                                                                                                     |                                   |                                                                                           |   |          |   |
| METODE Pengerjaan Tugas                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |                                   |                                                                                           |   |          |   |
| a. Tulis nama dan NIM pada lembar tugas<br>b. Tugas dikerjakan pada MS Word dalam bentuk makalah dengan jumlah halaman Minimal 3 halaman.<br>c. Tugas diketik dan dibuat semenarik mungkin dan Dibuat Power Poin (Canva)<br>d. Cantumkan referensi ilmiah dari sumber yang terpercaya (buku/jurnal ilmiah) & Tuliskan daftar pustaka yang digunakan (mendelay)<br>e. Membuat Modul pembelajaran sesuai dengan judul Tugas (Panduan terlampir) |                                   |                                                                                           |   |          |   |
| BENTUK DAN FORMAT LUARAN                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |                                   |                                                                                           |   |          |   |
| a. Obyek Garapan: Rangkuman dalam bentuk mind mapping<br>b. Bentuk Luaran: lembar kerja mind mapping                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |                                   |                                                                                           |   |          |   |
| Laporan mind mapping                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |                                   |                                                                                           |   |          |   |
| INDIKATOR, KRETERIA DAN BOBOT PENILAIAN                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |                                   |                                                                                           |   |          |   |
| a. Ketepatan merangkum dengan topik, sistematika dan format yang telah ditetapkan<br>b. Kejelasan dan ketajaman merangkum<br>c. Konsistensi dan kerapian dalam sajian tulisan.<br>d. Sumber referensi terpercaya                                                                                                                                                                                                                              |                                   |                                                                                           |   |          |   |

| JADWAL PELAKSANAAN        |               |
|---------------------------|---------------|
| Pemberian tugas mahasiswa | 18-April-2023 |
| Pengumpulan tugas         | 2-Mei-2023    |
|                           |               |

#### LAIN-LAIN

| DIMENSI<br>(deskripsi Perilaku)         | Sangat Baik/Bagus<br>( >80 )                                                                                  | Baik<br>( 60-80 )                                                                  | Cukup (Batas)<br>( 41-60 )                                                          | Kurang Baik<br>( 21-40 )                            | Tidak Baik<br>( < 21)                                               | SKOR |
|-----------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------|------|
| Topik, sistematis dan kesesuaian format | Sesuai topik, Sangat runtut dan intergratif membuat pembaca paham, memberi data pendukung, menggugah semangat | Cukup runtut, memberi data pendukung hanya sesekali membaca catatan, membuat paham | Lebih banyak membaca catatan, tapi informasinya benar, tidak memberi data pendukung | Kurang sesuai dengan topic dan kurang sesuai format | Tidak sesuai dengan topic, tidak sistematis dan tidak sesuai format | 30%  |
| Kejelasan dan ketajaman                 | Konsep yang dijelaskan lengkap aspeknya dan integratif                                                        | Konsep yang dijelaskan lengkap aspeknya                                            | Sebagian besar aspek dijelaskan hanya kurang 2 aspek                                | Hanya menjelaskan sebagian kecil aspek              | Tidak ada konsep                                                    | 30%  |
| Kebenaran Penjelasan                    | Diungkapkan dengan benar, aspek penting tidak terlewatkan, disertai contoh                                    | Diungkapkan dengan benar tetapi hanya deskriptif                                   | Sebagian besar diungkap dengan benar                                                | Sebagian besar aspek tidak diungkap dengan benar    | Semua aspek yang diungkap salah                                     | 20%  |
| Sumber referensi                        | Sumber referensi Sangat terpercaya                                                                            | Sumber referensi Terpercaya                                                        | Sumber referensi Cukup terpercaya                                                   | Sumber referensi Kurang terpercaya                  | Tanpa sumber                                                        | 20%  |

#### DAFTAR RUJUKAN

1. James L. Groff and Sareen S. Gropper. 1999. Advanced Nutrition and Human Metabolism. Third Edition. USA..
2. Bender, D. A. 1993. An Introduction to Nutrition and Metabolism. UCL Press. London.
3. Brody, T. 1999. Nutritional Biochemistry. Second Edition. Academic Press. Sandiego-California-USA.
4. Linder, M.C. 1991. Nutritional Biochemistry and Metabolism With Clinical Applications. Second Edition.
5. Lehninger. 1982. Principles of Biochemistry. Rand McNally and Company. USA.
6. Husaini dan Piliang, W.G. 1992. Biokimia dan Fisiologi Gizi. PAU-IPB.
7. Stipanuk, M.H. 2000. Biochemical and Physiological Aspects of Human Nutrition. Saunders Company.USA.

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |                                   |                        |   |                                                                                           |   |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------|------------------------|---|-------------------------------------------------------------------------------------------|---|
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |                                   |                        |   | UNIVERSITAS PGRI YOGYAKARTA<br>FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI<br>PROGRAM STUDI GIZI<br>2023 |   |
| RENCANA TUGAS MAHASISWA                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |                                   |                        |   |                                                                                           |   |
| MATA KULIAH                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   | Biokimia Gizi                     |                        |   |                                                                                           |   |
| KODE                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          | T61205                            | sks                    | 4 | SEMESTER                                                                                  | 2 |
| DOSEN PENGAMPU                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                | Andri Arif Kustiawan, M.Or., AIFO |                        |   |                                                                                           |   |
| BENTUK TUGAS                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |                                   | WAKTU Pengerjaan Tugas |   |                                                                                           |   |
| Tugas mingguan                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |                                   | 1 minggu               |   |                                                                                           |   |
| JUDUL TUGAS                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |                                   |                        |   |                                                                                           |   |
| Tugas 8. Biokimia mineral makro                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |                                   |                        |   |                                                                                           |   |
| SUB CAPAIAN PEMBELAJARAN MATA KULIAH                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |                                   |                        |   |                                                                                           |   |
| Mahasiswa mampu menjelaskan pengertian dan fungsi mineral makro, klasifikasi mineral makro, pencernaan dan penyerapan mineral makro, pengantar metabolisme mineral makro                                                                                                                                                                                                                                                                      |                                   |                        |   |                                                                                           |   |
| DISKRIPSI TUGAS                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |                                   |                        |   |                                                                                           |   |
| Mahasiswa membuat mind mapping yang berisi pengertian dan fungsi mineral makro, klasifikasi mineral makro, pencernaan dan penyerapan mineral makro, pengantar metabolisme mineral makro                                                                                                                                                                                                                                                       |                                   |                        |   |                                                                                           |   |
| METODE Pengerjaan Tugas                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |                                   |                        |   |                                                                                           |   |
| a. Tulis nama dan NIM pada lembar tugas<br>b. Tugas dikerjakan pada MS Word dalam bentuk makalah dengan jumlah halaman Minimal 3 halaman.<br>c. Tugas diketik dan dibuat semenarik mungkin dan Dibuat Power Poin (Canva)<br>d. Cantumkan referensi ilmiah dari sumber yang terpercaya (buku/jurnal ilmiah) & Tuliskan daftar pustaka yang digunakan (mendelay)<br>e. Membuat Modul pembelajaran sesuai dengan judul Tugas (Panduan terlampir) |                                   |                        |   |                                                                                           |   |
| BENTUK DAN FORMAT LUARAN                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |                                   |                        |   |                                                                                           |   |
| a. Obyek Garapan: Rangkuman dalam bentuk mind mapping<br>b. Bentuk Luaran: lembar kerja mind mapping                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |                                   |                        |   |                                                                                           |   |
| Laporan mind mapping                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |                                   |                        |   |                                                                                           |   |
| INDIKATOR, KRETERIA DAN BOBOT PENILAIAN                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |                                   |                        |   |                                                                                           |   |
| a. Ketepatan merangkum dengan topik, sistematika dan format yang telah ditetapkan<br>b. Kejelasan dan ketajaman merangkum<br>c. Konsistensi dan kerapian dalam sajian tulisan.<br>d. Sumber referensi terpercaya                                                                                                                                                                                                                              |                                   |                        |   |                                                                                           |   |

| JADWAL PELAKSANAAN        |            |
|---------------------------|------------|
| Pemberian tugas mahasiswa | 2-Mei-2023 |
| Pengumpulan tugas         | 9-Mei-2023 |
|                           |            |

#### LAIN-LAIN

| DIMENSI<br>(deskripsi Perilaku)         | Sangat Baik/Bagus<br>( >80 )                                                                                  | Baik<br>( 60-80 )                                                                  | Cukup (Batas)<br>( 41-60 )                                                          | Kurang Baik<br>( 21-40 )                            | Tidak Baik<br>( < 21)                                               | SKOR |
|-----------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------|------|
| Topik, sistematis dan kesesuaian format | Sesuai topik, Sangat runtut dan intergratif membuat pembaca paham, memberi data pendukung, menggugah semangat | Cukup runtut, memberi data pendukung hanya sesekali membaca catatan, membuat paham | Lebih banyak membaca catatan, tapi informasinya benar, tidak memberi data pendukung | Kurang sesuai dengan topic dan kurang sesuai format | Tidak sesuai dengan topic, tidak sistematis dan tidak sesuai format | 30%  |
| Kejelasan dan ketajaman                 | Konsep yang dijelaskan lengkap aspeknya dan integratif                                                        | Konsep yang dijelaskan lengkap aspeknya                                            | Sebagian besar aspek dijelaskan hanya kurang 2 aspek                                | Hanya menjelaskan sebagian kecil aspek              | Tidak ada konsep                                                    | 30%  |
| Kebenaran Penjelasan                    | Diungkapkan dengan benar, aspek penting tidak terlewatkan, disertai contoh                                    | Diungkapkan dengan benar tetapi hanya deskriptif                                   | Sebagian besar diungkap dengan benar                                                | Sebagian besar aspek tidak diungkap dengan benar    | Semua aspek yang diungkap salah                                     | 20%  |
| Sumber referensi                        | Sumber referensi Sangat terpercaya                                                                            | Sumber referensi Terpercaya                                                        | Sumber referensi Cukup terpercaya                                                   | Sumber referensi Kurang terpercaya                  | Tanpa sumber                                                        | 20%  |

#### DAFTAR RUJUKAN

1. James L. Groff and Sareen S. Gropper. 1999. Advanced Nutrition and Human Metabolism. Third Edition. USA..
2. Bender, D. A. 1993. An Introduction to Nutrition and Metabolism. UCL Press. London.
3. Brody, T. 1999. Nutritional Biochemistry. Second Edition. Academic Press. Sandiego-California-USA.
4. Linder, M.C. 1991. Nutritional Biochemistry and Metabolism With Clinical Applications. Second Edition.
5. Lehninger. 1982. Principles of Biochemistry. Rand McNally and Company. USA.
6. Husaini dan Piliang, W.G. 1992. Biokimia dan Fisiologi Gizi. PAU-IPB.
7. Stipanuk, M.H. 2000. Biochemical and Physiological Aspects of Human Nutrition. Saunders Company.USA.

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |                                   |                        |   |                                                                                           |   |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------|------------------------|---|-------------------------------------------------------------------------------------------|---|
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |                                   |                        |   | UNIVERSITAS PGRI YOGYAKARTA<br>FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI<br>PROGRAM STUDI GIZI<br>2023 |   |
| RENCANA TUGAS MAHASISWA                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |                                   |                        |   |                                                                                           |   |
| MATA KULIAH                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   | Biokimia Gizi                     |                        |   |                                                                                           |   |
| KODE                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          | T61205                            | sks                    | 4 | SEMESTER                                                                                  | 2 |
| DOSEN PENGAMPU                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                | Andri Arif Kustiawan, M.Or., AIFO |                        |   |                                                                                           |   |
| BENTUK TUGAS                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |                                   | WAKTU Pengerjaan Tugas |   |                                                                                           |   |
| Tugas mingguan                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |                                   | 1 minggu               |   |                                                                                           |   |
| JUDUL TUGAS                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |                                   |                        |   |                                                                                           |   |
| Tugas 9. Biokimia mineral mikro                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |                                   |                        |   |                                                                                           |   |
| SUB CAPAIAN PEMBELAJARAN MATA KULIAH                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |                                   |                        |   |                                                                                           |   |
| Mahasiswa mampu menjelaskan pengertian dan fungsi mineral mikro, klasifikasi mineral mikro, pencernaan dan penyerapan mineral mikro, pengantar metabolisme mineral mikro                                                                                                                                                                                                                                                                      |                                   |                        |   |                                                                                           |   |
| DISKRIPSI TUGAS                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |                                   |                        |   |                                                                                           |   |
| Mahasiswa membuat mind mapping yang berisi pengertian dan fungsi mineral mikro, klasifikasi mineral mikro, pencernaan dan penyerapan mineral mikro, pengantar metabolisme mineral mikro                                                                                                                                                                                                                                                       |                                   |                        |   |                                                                                           |   |
| METODE Pengerjaan Tugas                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |                                   |                        |   |                                                                                           |   |
| a. Tulis nama dan NIM pada lembar tugas<br>b. Tugas dikerjakan pada MS Word dalam bentuk makalah dengan jumlah halaman Minimal 3 halaman.<br>c. Tugas diketik dan dibuat semenarik mungkin dan Dibuat Power Poin (Canva)<br>d. Cantumkan referensi ilmiah dari sumber yang terpercaya (buku/jurnal ilmiah) & Tuliskan daftar pustaka yang digunakan (mendelay)<br>e. Membuat Modul pembelajaran sesuai dengan judul Tugas (Panduan terlampir) |                                   |                        |   |                                                                                           |   |
| BENTUK DAN FORMAT LUARAN                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |                                   |                        |   |                                                                                           |   |
| a. Obyek Garapan: Rangkuman dalam bentuk mind mapping<br>b. Bentuk Luaran: lembar kerja mind mapping                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |                                   |                        |   |                                                                                           |   |
| Laporan mind mapping                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |                                   |                        |   |                                                                                           |   |
| INDIKATOR, KRETERIA DAN BOBOT PENILAIAN                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |                                   |                        |   |                                                                                           |   |
| a. Ketepatan merangkum dengan topik, sistematika dan format yang telah ditetapkan<br>b. Kejelasan dan ketajaman merangkum<br>c. Konsistensi dan kerapian dalam sajian tulisan.<br>d. Sumber referensi terpercaya                                                                                                                                                                                                                              |                                   |                        |   |                                                                                           |   |

| JADWAL PELAKSANAAN        |             |
|---------------------------|-------------|
| Pemberian tugas mahasiswa | 9-Mei-2023  |
| Pengumpulan tugas         | 16-Mei-2023 |
|                           |             |

#### LAIN-LAIN

| DIMENSI<br>(deskripsi Perilaku)         | Sangat Baik/Bagus<br>( >80 )                                                                                  | Baik<br>( 60-80 )                                                                  | Cukup (Batas)<br>( 41-60 )                                                          | Kurang Baik<br>( 21-40 )                            | Tidak Baik<br>( < 21)                                               | SKOR |
|-----------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------|------|
| Topik, sistematis dan kesesuaian format | Sesuai topik, Sangat runtut dan intergratif membuat pembaca paham, memberi data pendukung, menggugah semangat | Cukup runtut, memberi data pendukung hanya sesekali membaca catatan, membuat paham | Lebih banyak membaca catatan, tapi informasinya benar, tidak memberi data pendukung | Kurang sesuai dengan topic dan kurang sesuai format | Tidak sesuai dengan topic, tidak sistematis dan tidak sesuai format | 30%  |
| Kejelasan dan ketajaman                 | Konsep yang dijelaskan lengkap aspeknya dan integratif                                                        | Konsep yang dijelaskan lengkap aspeknya                                            | Sebagian besar aspek dijelaskan hanya kurang 2 aspek                                | Hanya menjelaskan sebagian kecil aspek              | Tidak ada konsep                                                    | 30%  |
| Kebenaran Penjelasan                    | Diungkapkan dengan benar, aspek penting tidak terlewatkan, disertai contoh                                    | Diungkapkan dengan benar tetapi hanya deskriptif                                   | Sebagian besar diungkap dengan benar                                                | Sebagian besar aspek tidak diungkap dengan benar    | Semua aspek yang diungkap salah                                     | 20%  |
| Sumber referensi                        | Sumber referensi Sangat terpercaya                                                                            | Sumber referensi Terpercaya                                                        | Sumber referensi Cukup terpercaya                                                   | Sumber referensi Kurang terpercaya                  | Tanpa sumber                                                        | 20%  |

#### DAFTAR RUJUKAN

1. James L. Groff and Sareen S. Gropper. 1999. Advanced Nutrition and Human Metabolism. Third Edition. USA..
2. Bender, D. A. 1993. An Introduction to Nutrition and Metabolism. UCL Press. London.
3. Brody, T. 1999. Nutritional Biochemistry. Second Edition. Academic Press. Sandiego-California-USA.
4. Linder, M.C. 1991. Nutritional Biochemistry and Metabolism With Clinical Applications. Second Edition.
5. Lehninger. 1982. Principles of Biochemistry. Rand McNally and Company. USA.
6. Husaini dan Piliang, W.G. 1992. Biokimia dan Fisiologi Gizi. PAU-IPB.
7. Stipanuk, M.H. 2000. Biochemical and Physiological Aspects of Human Nutrition. Saunders Company.USA.

|                                                                                                                                    |                                   |                        |                                                                                           |          |   |  |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------|------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------|----------|---|--|
|                                                                                                                                    |                                   |                        | UNIVERSITAS PGRI YOGYAKARTA<br>FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI<br>PROGRAM STUDI GIZI<br>2023 |          |   |  |
| RENCANA TUGAS MAHASISWA                                                                                                            |                                   |                        |                                                                                           |          |   |  |
| MATA KULIAH                                                                                                                        | Biokimia Gizi                     |                        |                                                                                           |          |   |  |
| KODE                                                                                                                               | T61205                            | sks                    | 4                                                                                         | SEMESTER | 2 |  |
| DOSEN PENGAMPU                                                                                                                     | Andri Arif Kustiawan, M.Or., AIFO |                        |                                                                                           |          |   |  |
| BENTUK TUGAS                                                                                                                       |                                   | WAKTU Pengerjaan Tugas |                                                                                           |          |   |  |
| Tugas mingguan                                                                                                                     |                                   | 1 minggu               |                                                                                           |          |   |  |
| JUDUL TUGAS                                                                                                                        |                                   |                        |                                                                                           |          |   |  |
| Tugas 10. Biogenetika ATP                                                                                                          |                                   |                        |                                                                                           |          |   |  |
| SUB CAPAIAN PEMBELAJARAN MATA KULIAH                                                                                               |                                   |                        |                                                                                           |          |   |  |
| Mahasiswa mampu menjelaskan biogenetika sel dan siklus ATP                                                                         |                                   |                        |                                                                                           |          |   |  |
| DISKRIPSI TUGAS                                                                                                                    |                                   |                        |                                                                                           |          |   |  |
| Mahasiswa membuat mind mapping yang berisi biogenetika sel dan siklus ATP                                                          |                                   |                        |                                                                                           |          |   |  |
| METODE Pengerjaan Tugas                                                                                                            |                                   |                        |                                                                                           |          |   |  |
| a. Tulis nama dan NIM pada lembar tugas                                                                                            |                                   |                        |                                                                                           |          |   |  |
| b. Tugas dikerjakan pada MS Word dalam bentuk makalah dengan jumlah halaman Minimal 3 halaman.                                     |                                   |                        |                                                                                           |          |   |  |
| c. Tugas diketik dan dibuat semenarik mungkin dan Dibuat Power Poin (Canva)                                                        |                                   |                        |                                                                                           |          |   |  |
| d. Cantumkan referensi ilmiah dari sumber yang terpercaya (buku/jurnal ilmiah) & Tuliskan daftar pustaka yang digunakan (mendelay) |                                   |                        |                                                                                           |          |   |  |
| e. Membuat Modul pembelajaran sesuai dengan judul Tugas (Panduan terlampir)                                                        |                                   |                        |                                                                                           |          |   |  |
| BENTUK DAN FORMAT LUARAN                                                                                                           |                                   |                        |                                                                                           |          |   |  |
| a. Obyek Garapan: Rangkuman dalam bentuk mind mapping                                                                              |                                   |                        |                                                                                           |          |   |  |
| b. Bentuk Luaran: lembar kerja mind mapping                                                                                        |                                   |                        |                                                                                           |          |   |  |
| Laporan mind mapping                                                                                                               |                                   |                        |                                                                                           |          |   |  |
| INDIKATOR, KRETERIA DAN BOBOT PENILAIAN                                                                                            |                                   |                        |                                                                                           |          |   |  |
| a. Ketepatan merangkum dengan topik, sistematika dan format yang telah ditetapkan                                                  |                                   |                        |                                                                                           |          |   |  |
| b. Kejelasan dan ketajaman merangkum                                                                                               |                                   |                        |                                                                                           |          |   |  |
| c. Konsistensi dan kerapian dalam sajian tulisan.                                                                                  |                                   |                        |                                                                                           |          |   |  |
| d. Sumber referensi terpercaya                                                                                                     |                                   |                        |                                                                                           |          |   |  |
| JADWAL PELAKSANAAN                                                                                                                 |                                   |                        |                                                                                           |          |   |  |



|                           |                    |
|---------------------------|--------------------|
| Pemberian tugas mahasiswa | <b>16 Mei 2023</b> |
| Pengumpulan tugas         | <b>23 Mei 2023</b> |
|                           |                    |

#### LAIN-LAIN

| DIMENSI<br>(deskripsi Perilaku)         | Sangat Baik/Bagus<br>( >80 )                                                                                  | Baik<br>( 60-80 )                                                                  | Cukup (Batas)<br>( 41-60 )                                                          | Kurang Baik<br>( 21-40 )                            | Tidak Baik<br>( < 21)                                               | SKOR |
|-----------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------|------|
| Topik, sistematik dan kesesuaian format | Sesuai topik, Sangat runtut dan intergratif membuat pembaca paham, memberi data pendukung, menggugah semangat | Cukup runtut, memberi data pendukung hanya sesekali membaca catatan, membuat paham | Lebih banyak membaca catatan, tapi informasinya benar, tidak memberi data pendukung | Kurang sesuai dengan topic dan kurang sesuai format | Tidak sesuai dengan topic, tidak sistematis dan tidak sesuai format | 30%  |
| Kejelasan dan ketajaman                 | Konsep yang dijelaskan lengkap aspeknya dan integratif                                                        | Konsep yang dijelaskan lengkap aspeknya                                            | Sebagian besar aspek dijelaskan hanya kurang 2 aspek                                | Hanya menjelaskan sebagian kecil aspek              | Tidak ada konsep                                                    | 30%  |
| Kebenaran Penjelasan                    | Diungkapkan dengan benar, aspek penting tidak terlewatkan, disertai contoh                                    | Diungkapkan dengan benar tetapi hanya deskriptif                                   | Sebagian besar diungkap dengan benar                                                | Sebagian besar aspek tidak diungkap dengan benar    | Semua aspek yang diungkap salah                                     | 20%  |
| Sumber referensi                        | Sumber referensi Sangat terpercaya                                                                            | Sumber referensi Terpercaya                                                        | Sumber referensi Cukup terpercaya                                                   | Sumber referensi Kurang terpercaya                  | Tanpa sumber                                                        | 20%  |

#### DAFTAR RUJUKAN

1. James L. Groff and Sareen S. Gropper. 1999. Advanced Nutrition and Human Metabolism. Third Edition. USA..
2. Bender, D. A. 1993. An Introduction to Nutrition and Metabolism. UCL Press. London.
3. Brody, T. 1999. Nutritional Biochemistry. Secend Edition. Academic Press. Sandiego-California-USA.
4. Linder, M.C. 1991. Nutritional Biochemistry and Metabolism With Clinical Applications. Second Edition.
5. Lehninger. 1982. Principles of Biochemistry. Rand McNally and Company. USA.
6. Husaini dan Piliang, W.G. 1992. Biokimia dan Fisiologi Gizi. PAU-IPB.
7. Stipanuk, M.H. 2000. Biochemical and Physiological Aspects of Human Nutrition. Saunders Company.USA.



**PROGRAM SARJANA GIZI  
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI  
UNIVERSITAS PGRI YOGYAKARTA**

**KONTRAK PERKULIAHAN**

Nama Dosen : Andri Arif Kustiawan, M.Or., AIFO  
Mata kuliah : Biokimia Gizi (4 sks)  
Program Studi : Gizi  
Kelas/Angkatan : 22. A1 / (2022/2023)  
Semester : II  
Tahun Akademik : 2022 / 2023

**CAPAIAN PEMBELAJARAN/ *LEARNING OUTCOME*:**

- CPMK
  - o Mampu menjelaskan aspek biokimia dalam tubuh yang berkaitan dengan proses metabolisme gizi
- CPMK
  - o Lulusan yang berkualitas yang terdidik, terlatih, berdaya saing dan berkarakter
  - o mampu berfikir luas (meta-kognitif) dengan landasan ilmiah
  - o Mampu menjelaskan teori dasar, iptek gizi serta ilmu terkait (ilmu pangan, biomedik, humaniora, dan manajemen) secara terstruktur
  - o Menguasai teori dasar ilmu gizi, pangan, biomedik, patofisiologi, humaniora, penelitian, kesehatan masyarakat dan pengetahuan
  - o tentang pelayanan dan kewenangan ahli gizi dalam sistem kesehatan nasional dan sistem ketahanan pangan dan gizi nasional, serta menguasai konsep teoritis dietetik secara mendalam untuk dapat memformulasikan pemecahan masalah gizi perorangan, kelompok dan masyarakat melalui penilaian status gizi
  - o Menguasai prinsip-prinsip ilmu gizi dan penyakit terkait gizi masyarakat, surveilans gizi, pangan, komunikasi, kegiatan program gizi, pemasaran produk program gizi, sosial dan antropologi, dan humaniora untuk dapat melaksanakan pelayanan gizi tidak kompleks sesuai proses asuhan gizi terstandar
  - o Mampu melakukan pengkajian gizi, diagnosis gizi, dan intervensi gizi meliputi perencanaan, preskripsi diet, implementasi, konseling, dan edukasi serta fortifikasi dan suplementasi zat gizi mikro, dan pemantauan dan evaluasi gizi, merujuk kasus gizi, dan dokumentasi pelayanan gizi.
  - o Mampu merancang dan menjalankan penelitian dengan metodologi yang benar khusus nya terkait dengan pengembangan bidang gizi

## **SOFTSKILL**

Setelah mengikuti pembelajaran yang tuntas, mahasiswa diharapkan memiliki karakter jujur, teliti, bertanggung jawab, mandiri, berpikir logis dan terstruktur serta berperilaku solutif terhadap suatu permasalahan.

## **BAHAN KAJIAN**

1. Pengertian, tujuan dan ruang lingkup biokimia
2. Struktur dan komposisi organisme
3. Air
4. Karbohidrat
5. Lemak
6. Protein
7. Vitamin
8. Mineral
9. Biogenetika sel dan siklus ATP

## **KETENTUAN/KESEPAKATAN**

1. Kehadiran mahasiswa dalam perkuliahan tatap muka minimal 75% dari total tatap.
  - Mahasiswa yang tidak memenuhi minimal absensi wajib mengumpulkan tugas tambahan
  - Mahasiswa yang tidak memenuhi minimal absensi tidak diperkenankan mengikuti UAS
2. Toleransi keterlambatan perkuliahan maksimal 15 menit
  - Mahasiswa terlambat 15 menit tidak diperkenankan ikut kuliah (kecuali ada alasan yang diterima dosen)
  - Dosen terlambat 15 lebih dari 15 menit kuliah ditiadakan (kecuali ada pemberitahuan kepada mahasiswa dan diganti hari lain.
3. Dalam perkuliahan dan konsultasi dengan dosen, mahasiswa wajib sopan dan menghargai.
4. Mahasiswa wajib mengikuti UTS dan UAS
5. Tidak mengaktifkan *hand phone/smart phone* selama perkuliahan
6. Tidak melakukan kegiatan makan selama perkuliahan.

## **PENILAIAN HASIL BELAJAR**

| No           | Uraian    | Bobot (%)   |
|--------------|-----------|-------------|
| 1            | UTS       | 30          |
| 2            | UAS       | 30          |
| 3            | Tugas     | 10          |
| 3            | Praktikum | 20          |
| 4            | Presensi  | 10          |
| <b>Total</b> |           | <b>100%</b> |

Yogyakarta, 1 Maret 2023

Kaprodi Gizi



(Brevi Istu Prambudi, S.Gz.,  
M.Gizi)

Dosen Pengampu



(Andri Arif Kustiawan,  
M.Or., AIFO)

PJ Kelas



(Tina Aryani)



PRESENSI DOSEN MENGAJAR

TA. 2022/2023 Sem. GENAP

Program Studi : GIZI  
Mata Kuliah : BIOKIMIA GIZI [T61205]  
SKS : 4 SKS  
Dosen : ANDRI ARIF KUSTIAWAN [0729078901]

Kelas : 22A.1  
Hari :  
Pukul : 00:00 s.d. 00:00  
Ruang :

| Urut | Tanggal | Pokok Bahasan               | Sub-Pokok Bahasan                                                                                  | Jml Mhs | Paraf |
|------|---------|-----------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------|---------|-------|
|      | 19/3/23 | Ruang lingkup biokimia gizi | - Pengertian biokimia gizi<br>- tujuan pembelajaran biokimia gizi<br>- ruang lingkup biokimia gizi | 25      | h     |
|      | 21/3/23 | organisme manusia           | - Struktur organ manusia<br>- Komposisi kimia tubuh<br>- organ pencernaan                          | 25      | h     |
|      | 28/3/23 | AIR                         | - Fungsi air<br>- pencernaan penyerapan air<br>- metabolisme air                                   | 25      | h     |
|      | 4/4/23  | PROTEIN                     | - Fungsi dan Struktur protein<br>- klasifikasi protein<br>- metabolisme protein                    | 25      | h     |
|      | 11/4/23 | protein                     | - Struktur asam amino<br>- sifat fisik kimia protein<br>- pencernaan penyerapan protein            | 25      | h     |
|      | 18/4/23 | karbohidrat                 | - Pengertian karbohidrat<br>- Fungsi karbohidrat<br>- sifat fisik karbohidrat                      | 25      | h     |
|      | 9/5/23  | karbohidrat                 | - Sifat kimia karbohidrat<br>- pencernaan dan penyerapan karbohidrat                               | 25      | h     |
|      | 16/5/23 | UTS                         |                                                                                                    | 25      | h     |
|      | 23/5/23 | Lipid                       | - pengertian lipid<br>- fungsi lipid                                                               | 25      | h     |
|      | 30/5/23 | Lipid                       | - Sifat Fisik dan kimia lipid<br>- metabolisme lipid                                               | 25      | h     |
|      | 6/6/23  | Vitamin                     | - Pengertian Vitamin<br>- fungsi vitamin                                                           | 25      | h     |
|      | 13/6/23 | Vitamin                     | - klasifikasi vitamin<br>- Vitamin larut air<br>- Vitamin larut lemak                              | 25      | h     |
|      | 20/6/23 | Mineral                     | - pengertian mineral<br>- fungsi mineral                                                           | 25      | h     |
|      | 27/6/23 | Mineral                     | - klasifikasi mineral<br>- mineral Makro<br>- mineral Mikro                                        | 25      | h     |
|      | 4/7/23  | UAS                         |                                                                                                    | 25      | h     |





### DAFTAR HADIR KULIAH

Program Studi : GIZI  
Tahun Akademik : 2022/2023  
Semester : GENAP  
Dosen : ANDRI ARIF KUSTIAWAN [0729078901]

Kode Matakuliah : T61205  
Matakuliah : BIOKIMIA GIZI  
Bobot : 4 SKS  
Kelas : 22A.1

Semester :  
Hari :  
Pukul : 00:00 s.d. 00:00  
Ruang :

| No | NP Mahasiswa | Nama Mahasiswa           | B/U/P | 1  | 2  | 3  | 4  | 5  | 6  | 7  | 8  | 9  | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | Jumlah<br>Hadir | %<br>Hadir |
|----|--------------|--------------------------|-------|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|-----------------|------------|
| 1  | 22166100002  | NOVITA FITRI ANGGRAENI   |       | Hi | Hi | Hi | Hi | Hi | Hi | Hi | Hi | Hi | Hi | Hi | Hi | Hi | Hi | Hi | 15              | 100%       |
| 2  | 22166100003  | FRANSIANA BERNA BEI      |       | G  | G  | G  | G  | G  | G  | G  | G  | G  | G  | G  | G  | G  | G  | G  | 15              | 100%       |
| 3  | 22166100004  | MAKDA LENA IMELDA DEOSA  |       | Hi | Hi | Hi | Hi | Hi | Hi | Hi | Hi | Hi | Hi | Hi | Hi | Hi | Hi | Hi | 15              | 100%       |
| 4  | 22166100005  | AULYA HASANAH DALIMUNTHE |       | Hi | Hi | Hi | Hi | Hi | Hi | Hi | Hi | Hi | Hi | Hi | Hi | Hi | Hi | Hi | 15              | 100%       |
| 5  | 22166100006  | SELI INDAH SARI          |       | Hi | Hi | Hi | Hi | Hi | Hi | Hi | Hi | Hi | Hi | Hi | Hi | Hi | Hi | Hi | 15              | 100%       |
| 6  | 22166100008  | WIDIYA AMANDA PUTRI      |       | Hi | Hi | Hi | Hi | Hi | Hi | Hi | Hi | Hi | Hi | Hi | Hi | Hi | Hi | Hi | 15              | 100%       |
| 7  | 22166100009  | LATIFA HALIMAH           |       | Hi | Hi | Hi | Hi | Hi | Hi | Hi | Hi | Hi | Hi | Hi | Hi | Hi | Hi | Hi | 15              | 100%       |
| 8  | 22166100010  | SYARIFATUL MUAWINATI     |       | Hi | Hi | Hi | Hi | Hi | Hi | Hi | Hi | Hi | Hi | Hi | Hi | Hi | Hi | Hi | 15              | 100%       |
| 9  | 22166100011  | CALLISTA ZADA RAHMA EDA  |       | Hi | Hi | Hi | Hi | Hi | Hi | Hi | Hi | Hi | Hi | Hi | Hi | Hi | Hi | Hi | 15              | 100%       |
| 10 | 22166100012  | HAFINDA PUTRI UTAMI      |       | Hi | Hi | Hi | Hi | Hi | Hi | Hi | Hi | Hi | Hi | Hi | Hi | Hi | Hi | Hi | 15              | 100%       |
| 11 | 22166100013  | YUNITA PERMATASARI       |       | Hi | Hi | Hi | Hi | Hi | Hi | Hi | Hi | Hi | Hi | Hi | Hi | Hi | Hi | Hi | 15              | 100%       |
| 12 | 22166100014  | SALMA AZ ZAHRA           |       | Hi | Hi | Hi | Hi | Hi | Hi | Hi | Hi | Hi | Hi | Hi | Hi | Hi | Hi | Hi | 15              | 100%       |
| 13 | 22166100015  | AMELIA MUTIARA ADINDA    |       | Hi | Hi | Hi | Hi | Hi | Hi | Hi | Hi | Hi | Hi | Hi | Hi | Hi | Hi | Hi | 15              | 100%       |
| 14 | 22166100016  | SAFIRA KHAIRUNNISA       |       | Hi | Hi | Hi | Hi | Hi | Hi | Hi | Hi | Hi | Hi | Hi | Hi | Hi | Hi | Hi | 15              | 100%       |
| 15 | 22166100017  | TINA ARYANI              |       | Hi | Hi | Hi | Hi | Hi | Hi | Hi | Hi | Hi | Hi | Hi | Hi | Hi | Hi | Hi | 15              | 100%       |
| 16 | 22166100019  | SHAFIRA NIRMALA PUTRI    |       | Hi | Hi | Hi | Hi | Hi | Hi | Hi | Hi | Hi | Hi | Hi | Hi | Hi | Hi | Hi | 15              | 100%       |
| 17 | 22166100020  | MUTIARA MAHARANI         |       | Hi | Hi | Hi | Hi | Hi | Hi | Hi | Hi | Hi | Hi | Hi | Hi | Hi | Hi | Hi | 15              | 100%       |
| 18 | 22166100022  | IIM TASLAWHIJ BAASITHAH  |       | Hi | Hi | Hi | Hi | Hi | Hi | Hi | Hi | Hi | Hi | Hi | Hi | Hi | Hi | Hi | 15              | 100%       |
| 19 | 22166100024  | REVINA ELLY NURTYAS      |       | Hi | Hi | Hi | Hi | Hi | Hi | Hi | Hi | Hi | Hi | Hi | Hi | Hi | Hi | Hi | 15              | 100%       |
| 20 | 22166100026  | DESI PERMATASARI         |       | Hi | Hi | Hi | Hi | Hi | Hi | Hi | Hi | Hi | Hi | Hi | Hi | Hi | Hi | Hi | 15              | 100%       |

Lembar 1 : Untuk Dosen

Lembar 2 : Untuk Arsip Program Studi





### DAFTAR HADIR KULIAH

Program Studi : GIZI  
Tahun Akademik : 2022/2023  
Semester : GENAP  
Dosen : ANDRI ARIF KUSTIAWAN [0729078901]

Kode Matakuliah : T61205  
Matakuliah : BIOKIMIA GIZI  
Bobot : 4 SKS  
Kelas : 22A.1

Semester :  
Hari :  
Pukul : 00:00 s.d. 00:00  
Ruang :

| No | NP Mahasiswa | Nama Mahasiswa        | B/U/P | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | Jumlah<br>Hadir | %<br>Hadir |
|----|--------------|-----------------------|-------|---|---|---|---|---|---|---|---|---|----|----|----|----|----|----|-----------------|------------|
| 21 | 22166100027  | AJENG WULANDARI       |       | h | h | h | h | h | h | h | h | h | h  | h  | h  | h  | h  | h  | 15              | 100%       |
| 22 | 22166100029  | AGUM WIRAYUDHA KUSUMA |       | h | h | h | h | h | h | h | h | h | h  | h  | h  | h  | h  | h  | 15              | 100%       |
| 23 | 22166100031  | AVI DWININGRUM        |       | h | h | h | h | h | h | h | h | h | h  | h  | h  | h  | h  | h  | 15              | 100%       |
| 24 | 18           | Vicky                 |       | h | h | h | h | h | h | h | h | h | h  | h  | h  | h  | h  | h  | 15              | 100%       |
| 25 | 28           | Dini Aprilia          |       | h | h | h | h | h | h | h | h | h | h  | h  | h  | h  | h  | h  | 15              | 100%       |



Universitas PGRI Yogyakarta

## SISTEM INFORMASI AKADEMIK

Jl. PGRI I Sonosewu No. 117 Yogyakarta Telp. 0274-376808, 373198 Fax. 0274-376808

[Home](#) [Mahasiswa](#) [Kurikulum](#) [KRS](#) [PMB](#) [Data Akademis](#) [Jadwal](#)

### USER DETAIL

Jum'at, 11-Agustus-2023 10:25:02

Selamat Datang Bimo Alexander, M.Or [ikor], [Sub Bagian Akademik](#) [Log Out](#)

### NILAI AKHIR

#### ISIAN HASIL STUDI MAHASISWA

| NO | NIM         | MAHASISWA                   | NILAI |
|----|-------------|-----------------------------|-------|
| 1  | 22111600001 | ADITTYA PUJI PAMUNGKAS      | A     |
| 2  | 22111600002 | AFIF DESTA SHALAHUDIN       | A     |
| 3  | 22111600003 | AJENG NUR KHOIRUNNISA       | A     |
| 4  | 22111600004 | ANDREANUS MAU               | A     |
| 5  | 22111600006 | BENEDICTUS PIO PRASETYAJATI | A     |
| 6  | 22111600007 | CAKRA YUDHA WIRATAMA        | A     |
| 7  | 22111600008 | DIAN AHMAD ARJUNANTO        | A     |
| 8  | 22111600009 | DIKI SAPUTRO                | A     |
| 9  | 22111600010 | DIMAS AKBAR TAMA            | A     |
| 10 | 22111600011 | DIMAS ROHUDIN               | C+    |
| 11 | 22111600012 | DIMAS YOGA PRATAMA          | B+    |
| 12 | 22111600013 | FAUZAN TRI ANGGITO          | A     |
| 13 | 22111600014 | FITRO HYUGA HUSNUDIN OVA    | B+    |
| 14 | 22111600016 | GALIH DICKY APRIAN          | A     |
| 15 | 22111600017 | HUSAIN AHMAD BAIHAQI        | A     |
| 16 | 22111600018 | INDAH RUMEKTI               | A     |
| 17 | 22111600019 | KHUSNUL QOTIMAH             | A     |
| 18 | 22111600020 | M.SOPAN NUR ADIL            | B+    |
| 19 | 22111600021 | MIRNA LARASATI              | A     |
| 20 | 22111600022 | MUHAMMAD HAIDAR IRFANI      | A     |
| 21 | 22111600023 | MUHAMMAD LUQMAN RIZQIYANTO  | A     |
| 22 | 22111600024 | MUHAMMAD RAFI RIANDHITA     | A     |
| 23 | 22111600027 | NUR 'AINI AZKA              | A     |
| 24 | 22111600028 | NURIL HUDA                  | A     |
| 25 | 22111600029 | RAFID ABIYU TRIDITA         | B+    |
| 26 | 22111600030 | RISANG MUHAMMAD NAUFAL      | A     |
| 27 | 22111600031 | RIVO LAHUA PRASETA          | A     |
| 28 | 22111600032 | SANDI SEPTIAN ALFAREZA      | B+    |
| 29 | 22111600035 | QOYS SYUJA MUDZAKY          | B+    |
| 30 | 22111600037 | DEDE NOVIAN                 | A     |
| 31 | 22111600038 | GUNTUR SULISTYO ARIWIBOWO   | A     |
| 32 | 22111600039 | MUHAMMAD TAUFIK             | A     |
| 33 | 22111600040 | FAISAL RAHMAD               | A     |
| 34 | 22111600041 | MUHAMAD IRFAN               | A     |
| 35 | 22111600042 | KRISNA NUR WARDANA          | A     |
| 36 | 22111600043 | DAMIANUS GOO                | A     |
| 37 | 22111600044 | RIDHO ADITYA PRATAMA        | B     |
| 38 | 22111600045 | PAMUNGKAS NUR HIDAYAT       | B+    |
| 39 | 22111600046 | NASYA AMARA DEWI            | B+    |
| 40 | 22111600047 | BAGAS TRYEDI                | A     |

[Batal](#) [Simpan](#)



## MODUL BIOKIMIA GIZI

# B

Biokimia gizi merupakan ilmu pengetahuan yang bersinggungan dengan ilmu biologi kimia dan gizi. Biokimia gizi mempelajari mengenai proses kehidupan dari unit pembangun paling kecil yaitu sel. Selain sel ada unit lain pembangun tubuh diantaranya air, protein, lemak, karbohidrat, vitamin dan mineral. Unit pembangun inti yang di perlukan dengan jumlah besar dalam tubuh yaitu air, protein, lemak, dan karbohidrat. Selain unit inti ada juga unit pembangun yang menyokong unit pembangun inti yaitu vitamin dan mineral. Biokimia gizi tidak hanya mempelajari mengenai zat gizi saja, akan tetapi mempelajari mengenai sel, ATP dan biogenetika.

Tubuh manusia mengandung 60% air dan cairan, sedangkan 40% lainnya berisi Karbohidrat, Protein, Lemak, Mineal, dan Vitamin. Karbohidrat merupakan sumber energi utama bagi manusia. Kemudian ada Protein. Protein merupakan suatu makro molekul yang dibangun oeh unit-unit asam amino melalui ikatan peptida. Protein berfungsi membentuk kerangka struktural sel dan jaringan termasuk tulang, otot, kulit, rambut, dan kuku. Unit pembangun inti selanjutnya adalah Lemak. Lemak adalah zat organik hidrofobik yang bersifat sukar larut dalam air. Lemak dipecah untuk energi atau disimpan di dalam tubuh manusia untuk cadangan energi.

Unit pembangun yang menyokong unit pembangun inti yaitu vitamin dan mineral. Vitamin adalah sekelompok senyawa organik berbobot molekul rendah yang memiliki fungsi vital dalam metabolisme setiap organisme, yang tidak dapat dihasilkan oleh tubuh. Vitamin dibedakan menjadi 2 jenis yaitu vitamin larut air dan vitamin larut lemak. Vitamin larut air terdiri dari Vitamin B kompleks dan Vitamin C. Sedangkan Vitamin larut lemak terdiri dari Vitamin A, Vitamin D, Vitamin E, dan Vitamin K. Unit penyokong selanjutnya adalah Mineral. Mineral merupakan bagian dari tubuh dan memainkan peran penting dalam menjaga fungsi tubuh secara keseluruhan, serta pada tingkat sel jaringan, organ, dan tubuh secara keseluruhan. Mineral juga dibedakan menjadi 2 jenis yaitu Mineral Makro dan Mineral Mikro. Mineral makro terdiri dari Natrium, Kalsium, Kalium, Fosfor, dan Magnesium. Lalu Mineral mikro terdiri dari Besi, Seng, Yodium, Selenium, dan Tembaga.

Di dalam tubuh manusia terdapat proses Bioenergetika Sel dan ATP. Bioenergetika adalah bagian dari biokimia yang berhubungan dengan transformasi dan penggunaan energi oleh sel hidup. Seluruh reaksi kimia dalam kehidupan hanya dapat berlangsung jika didukung energi yang cukup. Sumber energi kimia dalam kehidupan tersebut adalah senyawa organik berenergi tinggi yang dikenal dengan ATP (Adenosin Trifosfat). ATP adalah sumber energi langsung bagi semua kegiatan metabolisme di dalam sel.



# MODUL BIOKIMIA GIZI

Teori karakteristik kimia zat gizi dalam tubuh manusia dan integral dari ilmu kesehatan tubuh



Oleh :

Andri Arif Kustiawan, M.Or., AIFO





PROGRAM STUDI GIZI  
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI  
UNIVERSITAS PGRI YOGYAKARTA  
2023

# MODUL BIOKIMIA GIZI

Teori karakteristik kimia zat gizi dalam tubuh  
manusia dan integral dari ilmu kesehatan tubuh



Disusun Oleh :  
AVI DWININGRUM  
DESI PERMATASARI  
NOVITA FITRI ANGGRAENI

## **KATA PENGANTAR**

Puji syukur kami panjatkan kepada Allah SWT, Yang Maha Pemurah, Maha Pengampun, sholawat dan salam semoga terus tercurah kepada Nabi kita Nabi Muhammad SAW yang luar biasa. Tiada kata yang harus diungkapkan selain ucapan terima kasih yang sebesar-besarnya atas selesainya penyusunan modul pembelajaran Biokimia Gizi ini, walaupun tentunya masih banyak kelemahan dan kekurangan dalam modul pembelajaran ini.

Modul Pembelajaran ini dibuat dengan maksud agar dapat digunakan sebagai bahan referensi dan mempermudah mahasiswa dalam mengikuti mata kuliah Biokimia Gizi di Universitas PGRI Yogyakarta. Ini, pada gilirannya, dapat membantu kuliah berjalan lebih lancar. Penulis memahami bahwa materi yang digambarkan dalam modul ini masih jauh dari kata sempurna. Penulis selalu mengharapkan kritik yang membangun untuk penyempurnaan modul pembelajaran ini di masa yang akan datang. Modul pembelajaran Biokimia Gizi ini diyakini akan bermanfaat bagi mahasiswa Universitas PGRI Yogyakarta khususnya dan bagi mahasiswa perguruan tinggi lainnya secara keseluruhan.

Yogyakarta, 24 Juni 2023

Penulis

# DAFTAR ISI

|                                                    |           |
|----------------------------------------------------|-----------|
| <b>KATA PENGANTAR.....</b>                         | <b>0</b>  |
| <b>DAFTAR ISI .....</b>                            | <b>2</b>  |
| <b>DAFTAR GAMBAR.....</b>                          | <b>5</b>  |
| <b>DAFTAR TABEL .....</b>                          | <b>7</b>  |
| <b>ABSTRAK.....</b>                                | <b>8</b>  |
| <b>PETA KONSEP.....</b>                            | <b>9</b>  |
| <b>PENDAHULUAN .....</b>                           | <b>10</b> |
| <b>BAB I .....</b>                                 | <b>11</b> |
| <b>STRUKTUR SEL dan FUNGSINYA .....</b>            | <b>11</b> |
| A. Sejarah .....                                   | 11        |
| B. Pengertian Sel .....                            | 11        |
| C. Bahan Dasar Sel.....                            | 12        |
| D. Struktur Sel .....                              | 13        |
| E. Fungsi Sel .....                                | 16        |
| <b>BAB II.....</b>                                 | <b>18</b> |
| <b>AIR.....</b>                                    | <b>18</b> |
| A. Struktur Air .....                              | 18        |
| B. Struktur Fisik Air .....                        | 18        |
| D. Fakta Kandungan Air di Tubuh.....               | 22        |
| E. Fungsi Air Bagi tubuh.....                      | 24        |
| F. Kandungan air makanan .....                     | 24        |
| G. Jenis air dalam makanan .....                   | 25        |
| <b>BAB III .....</b>                               | <b>28</b> |
| <b>PROTEIN.....</b>                                | <b>28</b> |
| A. Pengertian Protein.....                         | 28        |
| B. Struktur Protein.....                           | 28        |
| C. PEMBAGIAN PROTEIN MENURUT DAYA LARUT .....      | 31        |
| D. FUNGSI PROTEIN .....                            | 32        |
| E. KLASIFIKASI PROTEIN BERDASARKAN FUNGSINYA ..... | 33        |
| F. BENTUK PROTEIN.....                             | 35        |
| G. SIFAT FISIK DAN KIMIA PROTEIN .....             | 36        |
| H. PENCERNAAN DAN PENYERAPAN PROTEIN.....          | 37        |
| I. PENGANTAR METABOLISME PROTEIN .....             | 39        |

|                                                                |           |
|----------------------------------------------------------------|-----------|
| <b>BAB IV .....</b>                                            | <b>41</b> |
| <b>KARBOHIDRAT .....</b>                                       | <b>41</b> |
| A. Pengertian Karbohidrat .....                                | 41        |
| B. Jenis-jenis Karbohidrat .....                               | 41        |
| C. Metabolisme Karbohidrat.....                                | 42        |
| D. Fungsi Karbohidrat .....                                    | 43        |
| E. Sumber Karbohidrat .....                                    | 44        |
| F. Penyakit-penyakit yang Berhubungan dengan Karbohidrat ..... | 45        |
| G. Defisiensi Karbohidrat .....                                | 49        |
| <b>BAB V .....</b>                                             | <b>50</b> |
| <b>LEMAK .....</b>                                             | <b>50</b> |
| A. Pengertian dan fungsi lipid.....                            | 50        |
| B. Klasifikasi lipid .....                                     | 50        |
| C. Sifat fisik dan kimia lipid .....                           | 52        |
| <b>BAB VI .....</b>                                            | <b>56</b> |
| <b>VITAMIN LARUT AIR .....</b>                                 | <b>56</b> |
| A. Pengertian Vitamin Larut Air.....                           | 56        |
| B. Fungsi Vitamin Larut Air .....                              | 56        |
| C. Jenis-jenis Vitamin Larut Air .....                         | 57        |
| D. Proses Pemnyerapan dan Pencernaan.....                      | 60        |
| E. Proses pengantar metabolisme vitamin larut air .....        | 60        |
| <b>BAB VII .....</b>                                           | <b>63</b> |
| <b>VITAMIN LARUT LEMAK .....</b>                               | <b>63</b> |
| A. DEFINISI VITAMIN DAN VITAMIN LARUT LEMAK .....              | 63        |
| B. JENIS DAN FUNGSI VITAMIN LARUT LEMAK .....                  | 63        |
| C. PENCERNAAN DAN PENYERAPAN VITAMIN LARUT LEMAK .....         | 69        |
| D. PENGANTAR METABOLISME VITAMIN LARUT LEMAK.....              | 70        |
| <b>BAB VIII .....</b>                                          | <b>72</b> |
| <b>MINERAL MAKRO .....</b>                                     | <b>72</b> |
| A. Pengertian Mineral.....                                     | 72        |
| B. Pengertian Mineral Makro .....                              | 73        |
| C. Klasifikasi Mineral Makro .....                             | 73        |
| D.Fungsi Mineral Makro .....                                   | 75        |
| E. Sumber Mineral Makro dan AKG .....                          | 77        |
| F. Dampak Kelebihan dan Kekurangan Mineral Makro.....          | 80        |
| G. Absorpsi dan Metabolisme.....                               | 81        |

|                                                       |            |
|-------------------------------------------------------|------------|
| <b>BAB IX .....</b>                                   | <b>84</b>  |
| <b>MINERAL MIKRO.....</b>                             | <b>84</b>  |
| A. Pengertian Mineral.....                            | 84         |
| B. Pengertian Mineral Mikro .....                     | 85         |
| C. Klasifikasi dan Fungsi Mineral Mikro.....          | 85         |
| D. Absorpsi dan Metabolisme.....                      | 95         |
| E. Dampak Kelebihan dan Kekurangan Mineral Mikro..... | 98         |
| <b>BAB X.....</b>                                     | <b>102</b> |
| <b>BIOENERGETIKA SEL dan ATP .....</b>                | <b>102</b> |
| A. Pengertian Bioenergetika.....                      | 102        |
| B. STUDI TERMODINAMIKA .....                          | 103        |
| C. Hukum Termodinamika .....                          | 111        |
| D. ATP.....                                           | 115        |
| <b>DAFTAR PUSTAKA.....</b>                            | <b>120</b> |

## DAFTAR GAMBAR

|                                                                        |     |
|------------------------------------------------------------------------|-----|
| Gambar 1. Level Organisme .....                                        | 11  |
| Gambar 2. Sel Manusia.....                                             | 12  |
| Gambar 3. Membran Sel.....                                             | 13  |
| Gambar 4. Nukleus .....                                                | 13  |
| Gambar 5. Struktur Air .....                                           | 18  |
| Gambar 6. Struktur Protein .....                                       | 29  |
| Gambar 7. Pencernaan Protein.....                                      | 37  |
| Gambar 8. Penyerapan Protein.....                                      | 38  |
| Gambar 9. Metabolisme Protein .....                                    | 39  |
| Gambar 10. keadaan anak-anak yang terkena KKP .....                    | 45  |
| Gambar 11. Keadaan Penderita Penyakit Kegemukan .....                  | 46  |
| Gambar 12. Contoh Keadaan Pasien Penderita Diabetes Mellitus .....     | 47  |
| Gambar 13. Contoh Gejala Awal Penderita Lactose Intolerance .....      | 48  |
| Gambar 14. Contoh Penderit Karies Dentis.....                          | 48  |
| Gambar 15. Sistem Glikolisis .....                                     | 55  |
| Gambar 16. Struktur Vitamin.....                                       | 57  |
| Gambar 17. Struktur thiamin dan Struktur thiamin pirofospat .....      | 58  |
| Gambar 18. Struktur Riboflavin.....                                    | 58  |
| Gambar 19. Struktur Niasin .....                                       | 58  |
| Gambar 20. Struktur piridoksin, piridoksamin, piridoksal, dan PLP..... | 58  |
| Gambar 21. Struktur Biotin.....                                        | 59  |
| Gambar 22. Struktur Asam Folat .....                                   | 59  |
| Gambar 23. Struktur Kobalamin .....                                    | 59  |
| Gambar 24. vitamin larut lemak.....                                    | 63  |
| Gambar 25. Sumber Natrium .....                                        | 77  |
| Gambar 26. Sumber Kalsium.....                                         | 77  |
| Gambar 27. Sumber klor.....                                            | 78  |
| Gambar 28. Sumber Kalium .....                                         | 78  |
| Gambar 29. Sumber Fosfor.....                                          | 78  |
| Gambar 30. Sumber Magnesium.....                                       | 79  |
| Gambar 31. Sumber Sulfur .....                                         | 79  |
| Gambar 32. Sumber Besi dalam Makanan .....                             | 86  |
| Gambar 33. Sumber Seng dalam Makanan .....                             | 88  |
| Gambar 34. Sumber Yodium dalam Makanan .....                           | 89  |
| Gambar 35. Sumber Selenium dalam Makanan .....                         | 90  |
| Gambar 36. Sumber Tembaga dalam Makanan .....                          | 91  |
| Gambar 37. Sumber Kobalt dalam Makanan .....                           | 93  |
| Gambar 38. Sumber Krom dalam Makanan.....                              | 94  |
| Gambar 39. Sumber Fluor.....                                           | 95  |
| Gambar 40. Sumber Molibdenum dalam Makanan.....                        | 95  |
| Gambar 41. Siklus Termodinamika.....                                   | 104 |
| Gambar 42. Siklus Carnot.....                                          | 107 |
| Gambar 43. Mesin Carnot.....                                           | 108 |
| Gambar 44. Isoterm .....                                               | 109 |
| Gambar 45. Proses Isotermal .....                                      | 110 |



|                                      |     |
|--------------------------------------|-----|
| Gambar 46. Proses Adiabatik.....     | 110 |
| Gambar 47. Proses Isokhorik.....     | 111 |
| Gambar 48. Proses Isobarik .....     | 111 |
| Gambar 49. Hukum Termodinamika ..... | 112 |
| Gambar 50. Adenosina Trifosfat.....  | 115 |
| Gambar 51. Rumus Kimia ATP.....      | 115 |

## DAFTAR TABEL

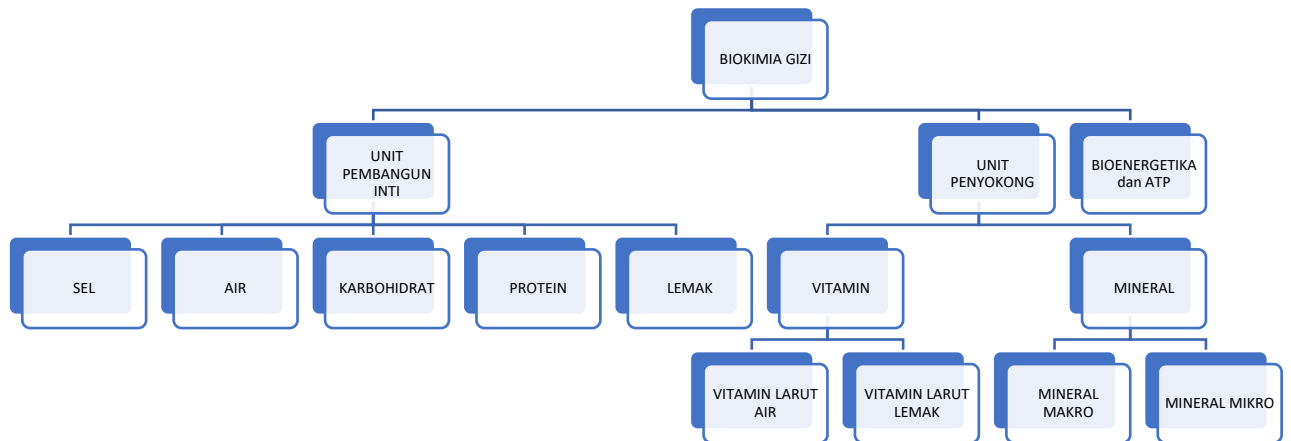
|                                                                                 |     |
|---------------------------------------------------------------------------------|-----|
| Tabel 1. Kebutuhan Air.....                                                     | 23  |
| Tabel 2. Keseimbangan Air .....                                                 | 24  |
| Tabel 3. Klasifikasi Protein berdasarkan fungsi .....                           | 34  |
| Tabel 4. Nilai Karbohidrat (KH) yang terdapat dalam berbagai bahan makanan..... | 44  |
| Tabel 5. Fungsi Lipid .....                                                     | 51  |
| Tabel 6. Mekanisme Penyerapan .....                                             | 60  |
| Tabel 7. Angka Kecukupan Gizi Mineral Makro .....                               | 79  |
| Tabel 8. Reaksi Eksergonik dan Endogonik .....                                  | 103 |

## **ABSTRAK**

Biokimia gizi mempelajari mengenai ilmu yang berkaitan dengan teori-teori yang bersinggungan dengan karakteristik kimia zat gizi dalam tubuh manusia. Biokimia gizi juga merupakan integral dalam ilmu kesehatan tubuh. Tubuh manusia memerlukan zat gizi dalam jumlah banyak dan sedikit tergantung sistem metabolisme masing-masing individu. Contoh zat gizi yang di butuhkan dalam jumlah banyak yaitu air, karbohidrat, protein, dan lemak. Sedangkan contoh zat gizi yang di butuhkan dalam jumlah sedikit atau <100gr yaitu vitamin dan mineral. Biokimia gizi tidak hanya mempelajari mengenai zat gizi saja, akan tetapi mempelajari mengenai sel, ATP dan biogenetika. Pada modul ini akan membahas mengenai biokimia gizi lebih lanjut.

kata kunci: Biokimia, Gizi, Sel, ATP, Bioenergetika

# PETA KONSEP



## PENDAHULUAN

Biokimia gizi merupakan ilmu pengetahuan yang bersinggungan dengan ilmu biologi, kimia dan gizi. Biokimia gizi mempelajari mengenai proses kehidupan dari unit pembangun paling kecil yaitu sel. Biokimia berasal dari bahasa Yunani yaitu *bios* yang berarti kehidupan dan *chemis* yang berarti kimia. Biokimia dikemukakan oleh Karl Neuberg (1903) beliau merupakan ahli kimia Jerman pada sekitar pertengahan abad XVIII. Perkembangan biokimia dilanjutkan oleh penemuan dua bersaudara yaitu Eduard dan Hans Buchner yang didasarkan dari hasil percobaan yang membuktikan bahwa sel ragi yang telah mati masih mampu untuk menyebabkan terjadinya proses fermentasi gula menjadi alkohol.

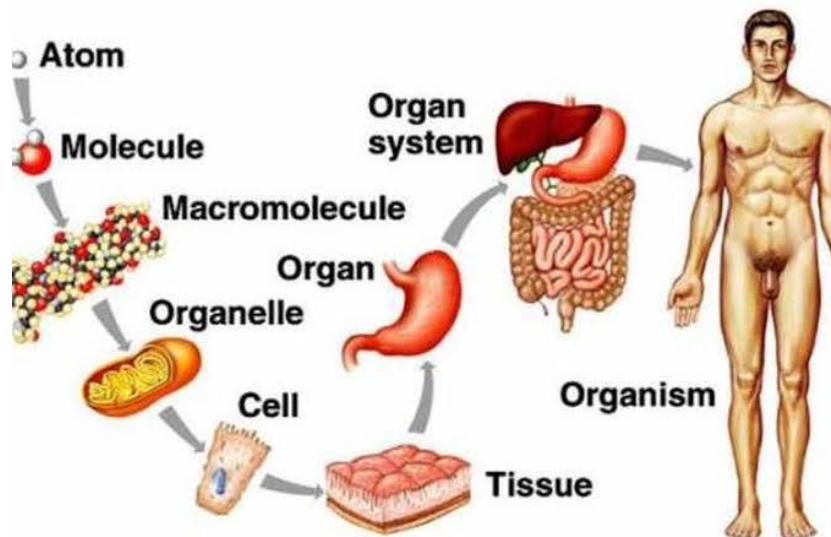
Modul ini membahas mengenai biokimia gizi yang dimulai dari sel hingga bioenergetika dan sel ATP. Selain sel ada unit lain pembangun tubuh diantaranya air, protein, lemak, karbohidrat, vitamin dan mineral. Unit pembangun inti, yang diperlukan dengan jumlah besar dalam tubuh yaitu air, protein, lemak, dan karbohidrat. Selain unit inti ada juga unit pembangun yang menyokong unit pembangun inti yaitu vitamin dan mineral yang akan dibahas lebih lanjut pada modul yang telah kami susun.

## BAB I

# STRUKTUR SEL dan FUNGSINYA

### A. Sejarah

Sel pertama kali dikemukakan oleh Robert Hooke (1665), pada saat mengamati sayatan gabus menggunakan mikroskop. Ia melihat adanya ruangan kecil yang disebut cella yang berarti kamar kecil (Ernawati, 2021). Sel sendiri berasal dari kata Latin cella.



**Gambar 1. Level Organisme**

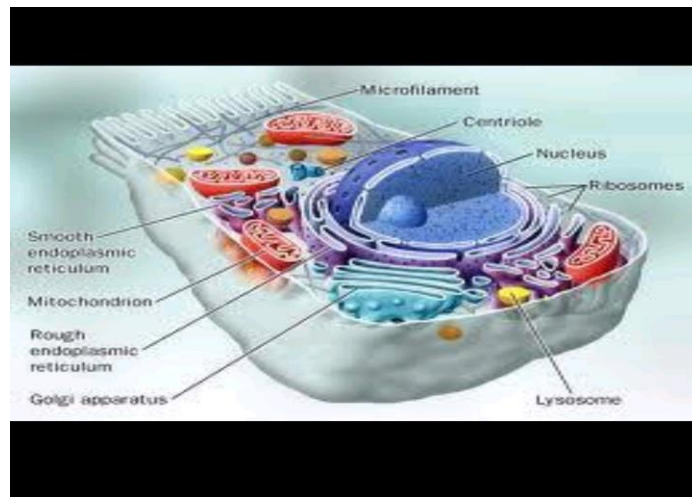
(Sumber: Agus Pribadi & Priska D.K, Modul Anatomi)

### B. Pengertian Sel

Sel adalah unit struktural terkecil dari organisme hidup. Sel dikelilingi oleh membran, atau membran sel, yang mengandung cairan (protoplasma), atau matriks, dan struktur subseluler, organel sel, yang juga dikelilingi oleh membran. Protoplasma terdiri dari plasma sel (sitoplasma) dan inti sel (nukleus), di mana plasma nuklir atau nukleoplasma ditemukan.

Secara struktural, sel adalah unit terkecil dari makhluk hidup yang dapat melangsungkan kehidupan, yaitu unit terkecil dari makhluk hidup. Secara fungsional, sel melakukan fungsi kehidupan (mengatur kehidupan saat sub sel berfungsi), kemudian membentuk organisme. Sel bereproduksi dengan pembelahan (mitosis). Selain itu, sel juga mengandung materi genetik yang menentukan sifat-sifat makhluk hidup sehingga sifat-sifat makhluk hidup tersebut dapat diwariskan kepada keturunannya. Setiap sel pada tahap tertentu dalam hidupnya mengandung DNA sebagai materi hereditas yang mengontrol fungsi sel. Selain itu, semua sel memiliki struktur yang disebut ribosom yang berfungsi dalam produksi protein yang digunakan sebagai katalis untuk berbagai reaksi kimia di dalam sel.





**Gambar 2. Sel Manusia**

(Sumber: Endang Purwaningsih, Biologi Sel, 2022)

### **C. Bahan Dasar Sel**

Sel terdiri dari kumpulan bahan yang berbeda dan disebut protoplasma. Protoplasma terdiri dari lima komponen dasar yaitu air, elektrolit, protein, lipid dan karbohidrat atau hidrat arang.

Air merupakan lingkungan utama atau dasar sel, konsentrasi air dalam sel sekitar 70-85%. Inti dari air adalah cairan yang memungkinkan difusi zat terlarut dan tidak larut (mengalir ke berbagai bagian sel di mana bahan diangkut dari satu bagian ke bagian lain).

Kemudian zat dasar selanjutnya adalah elektrolit. Elektrolit larut dalam air dalam sel dan menyediakan bahan kimia anorganik untuk reaksi seluler. Elektrolit memfasilitasi transmisi impuls elektrokimia pada saraf dan serat otot. Sebagian besar elektrolit utama tubuh adalah kalium, magnesium, fosfat, sulfat, bikarbonat, dan sejumlah kecil natrium, klorida, dan kalsium.

Protein juga berlimpah dalam sel. Dalam kondisi normal, ada 10-20 protein per massa sel. Protein ini dapat dibagi menjadi dua jenis yaitu protein struktural dan protein globular yang sebagian besar adalah enzim. Sel yang berbeda memiliki beberapa protein khusus. Secara umum, nukleoprotein dalam nukleus dan sitoplasma adalah yang paling penting. Nukleoprotein mengandung asam deoksiribonukleat (DNA), yang merupakan gen. Gen-gen ini mengontrol semua fungsi sel, seperti transfer karakteristik yang diwariskan atau diwariskan dari satu sel ke sel lainnya.

Lipid adalah kelompok bahan yang mudah larut dalam lemak cair. Di sebagian besar sel, lipid terpenting biasanya adalah fosfolipid dan kolesterol, yang merupakan 2% dari total massa sel. Ini adalah bahan dasar dalam beberapa membran yang berbeda, seperti membran sel, membran inti, dan membran yang melapisi organel intraseluler seperti retikulum endoplasma dan mitokondria.

Yang terakhir adalah karbohidrat yang memainkan peran kecil dalam fungsi struktural sel, kecuali sebagai bagian dari molekul glikoprotein. Namun, karbohidrat

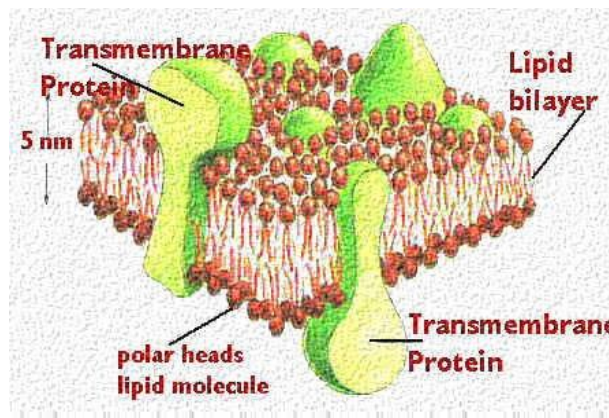
berperan penting dalam nutrisi sel yaitu dalam memenuhi kebutuhan energi sel, karena mengandung glukosa yang tidak larut, yaitu polimer glukosa.

## D. Struktur Sel

### 1. Membran Sel

Membran sel terdiri dari lapisan ganda fosfolipid dan berbagai protein. Selaput sel yang membatasi sel disebut membran plasma dan bertindak sebagai penghalang selektif, memungkinkan aliran oksigen, nutrisi, dan limbah yang cukup untuk melayani seluruh volume sel. Membran sel juga berperan dalam sintesis ATP, pensinyalan sel, dan adhesi sel.

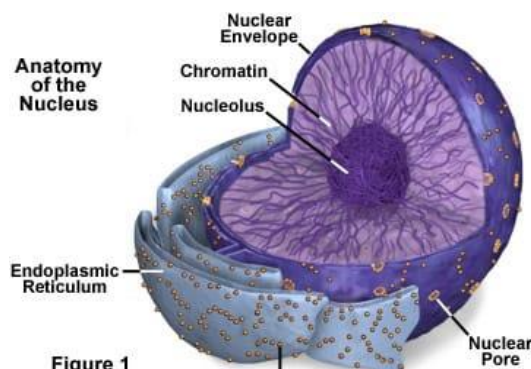
Membran sel adalah lapisan yang sangat tipis yang terdiri dari molekul lipid dan protein. Membran sel bersifat dinamis dan sebagian besar molekulnya dapat bergerak di sepanjang bidang membran. Molekul lipid dari membran tersusun dalam dua lapisan setebal kira-kira 5 nm, yang membentuk penghalang bagi sebagian besar molekul hidrofilik. Molekul protein yang melintasi lapisan ganda lipid berpartisipasi dalam hampir semua fungsi membran lainnya.



**Gambar 3. Membran Sel**

(Sumber: Albert et. al., Biology of the Cell, 1994)

### 2. Nukleus



**Gambar 4. Nukleus**

(Sumber: John Marshall, Cell Biology & Microscopy Structure and Function of Cell & Viruses)

Nukleus mengandung sebagian besar gen yang mengontrol sel eukariotik (gen lain terletak di mitokondria dan kloroplas). Dengan diameter rata-rata 5 nm, organel ini biasanya merupakan

organel paling menonjol pada sel eukariotik. Sebagian besar sel memiliki nukleus tunggal, tetapi beberapa memiliki banyak nukleus, seperti sel otot rangka, dan beberapa tidak memiliki nukleus, seperti sel darah merah dewasa, yang kehilangan nukleusnya saat berkembang.

Selubung nukleus mengelilingi nukleus dan memisahkan isinya (disebut nukleoplasma) dari sitoplasma. Amplop ini terdiri dari dua membran, masing-masing merupakan bilayer lipid dan protein terkait. Amplop luar dan dalam dari amplop nuklir dipisahkan oleh jarak sekitar 20-40 nm. Selubung nukleus memiliki beberapa pori berdiameter sekitar 100 nm, dan di tepi setiap pori, dua membran selubung nukleus melebur.

### 3. Ribosom

Ribosom adalah tempat sel membuat protein. Sel dengan tingkat sintesis protein yang tinggi memiliki banyak ribosom, misalnya sel hati manusia memiliki beberapa juta ribosom. Ribosom terdiri dari berbagai jenis protein dan beberapa molekul RNA. Ribosom eukariotik lebih besar dari ribosom prokariotik, tetapi struktur dan fungsinya sangat mirip. Keduanya terdiri dari satu subunit besar dan satu subunit kecil, yang bergabung membentuk ribosom lengkap dengan massa beberapa juta dalton. Pada eukariota, ribosom dapat ditemukan bebas di sitosol atau menempel di bagian luar retikulum endoplasma. Sebagian besar protein yang diproduksi oleh ribosom bebas berfungsi dalam sitosol, sedangkan ribosom terikat biasanya membuat protein yang dirancang untuk melekat pada membran, dikemas dalam organel tertentu seperti lisosom, atau dikirim keluar sel. Ribosom bebas dan terikat memiliki struktur yang identik dan dapat bertukar lokasi. Sel dapat mengatur jumlah relatif ribosom individu dengan mengubah metabolismenya.

### 4. Sistem Endomembran

Membran sel eukariotik yang berbeda adalah bagian dari sistem endomembran. Selaput ini dihubungkan oleh koneksi fisik secara langsung atau dengan transfer antar bagian membran dalam bentuk vesikel kecil (vesikel). Sistem endomembran meliputi membran inti, retikulum endoplasma, aparatus Golgi, lisosom, berbagai jenis vakuola, dan membran plasma. Sistem ini memiliki banyak fungsi, termasuk sintesis dan modifikasi protein, pengangkutannya ke membran sel dan organel atau dinding ekstraseluler, sintesis lipid, dan netralisasi banyak racun.

### 5. Retikulum Endoplasma

Retikulum endoplasma adalah perpanjangan dari selubung inti yang terdiri dari jaringan saluran membran yang saling berhubungan dan vesikel (retikulum = 'jaringan kecil'). Retikulum endoplasma memiliki dua bentuk yaitu retikulum endoplasma kasar dan retikulum endoplasma halus. Disebut retikulum endoplasma kasar karena ditutupi dengan banyak ribosom. Ribosom yang mulai mensintesis protein untuk tujuan tertentu, seperti organel atau membran tertentu, melekat pada retikulum endoplasma kasar. Protein yang

terbentuk didorong ke bagian dalam retikulum endoplasma, yang disebut lumen. Di dalam lumen, protein ini dilipat dan dimodifikasi, misalnya dengan menambahkan karbohidrat untuk membentuk glikoprotein.

#### 6. Badan Golgi

Aparatus Golgi (dinamai menurut penemunya Camillo Golgi) terdiri dari tumpukan kantung membran pipih yang disebut cisternae. Biasanya terdapat tiga hingga delapan cisternae, tetapi beberapa organisme memiliki badan Golgi dengan lusinan cisternae. Jumlah dan ukuran badan Golgi tergantung pada jenis sel dan aktivitas metabolismenya. Sel yang secara aktif mensekresikan protein dapat memiliki ratusan badan Golgi. Organel ini biasanya terletak di antara retikulum endoplasma dan membran plasma.

Sisi aparatus Golgi yang paling dekat dengan nukleus disebut sisi cis, sedangkan sisi yang jauh dari nukleus disebut sisi trans. Begitu mencapai sisi cis, protein diangkut ke dalam rongga reservoir. Di dalam rongga, protein-protein ini dimodifikasi, misalnya dengan menambahkan karbohidrat, diberi label dengan penanda kimiawi dan kemudian diperintahkan untuk dikirim ke tujuannya masing-masing. Aparatus Golgi mengatur pergerakan berbagai jenis protein; beberapa disekresikan di luar sel, beberapa melekat pada membran plasma sebagai protein transmembran, dan beberapa ditempatkan di lisosom. Protein yang disekresikan oleh sel diangkut ke membran plasma dalam vesikel sekretorik, yang melepaskan isinya saat menyatu dengan membran plasma selama eksositosis. Proses sebaliknya, endositosis, dapat terjadi ketika membran plasma didorong ke dalam sel untuk membentuk vesikel endositosis yang diangkut ke aparatus Golgi atau tempat lain, seperti lisosom.

#### 7. Lisosom

Lisosom pada sel hewan adalah vesikel yang mengandung lebih dari 30 enzim hidrolitik berbeda untuk memecah berbagai molekul kompleks. Sel menggunakan kembali subunit molekuler yang dibelah oleh lisosom. Lisosom dapat memiliki ukuran dan bentuk yang berbeda tergantung pada substansi yang terdegradasi. Organel ini terbentuk sebagai vesikel yang dilepaskan dari aparatus Golgi. Lisosom memecah molekul makanan yang memasuki sel melalui endositosis. Ketika vesikel endositosis menyatu dengan lisosom. Dalam proses yang disebut autophagy, lisosom mencerna organel yang tidak berfungsi dengan baik. Lisosom juga berperan dalam fagositosis, proses di mana jenis sel tertentu menelan bakteri atau fragmen sel lainnya untuk didegradasi. Contoh sel yang melakukan fagositosis adalah jenis sel darah putih yang disebut fagosit, yang berperan penting dalam sistem kekebalan tubuh.

#### 8. Vakuola

Kebanyakan fungsi lisosom sel hewan dilakukan oleh vakuola pada sel tumbuhan. Membran vakuola, yang termasuk bagian dari sistem endomembran disebut tonoplas. Vakuola berasal dari kata bahasa Latin 'vacuolum' yang memiliki arti 'kosong' dan dinamakan demikian karena organel ini tidak memiliki struktur internal. Umumnya vakuola lebih besar daripada vesikel dan terkadang terbentuk dari gabungan banyak vesikel. Sel tumbuhan muda berukuran kecil dan mengandung banyak vakuola kecil kemudian bergabung membentuk suatu vakuola sentral seiring dengan penambahan air ke dalamnya.

Ukuran sel tumbuhan diperbesar dengan cara menambahkan air ke dalam vakuola sentral tersebut. Vakuola sentral juga mengandung cadangan makanan, garam-garam, pigmen, dan limbah metabolisme.

Zat yang beracun bagi herbivora dapat juga disimpan dalam vakuola sebagai mekanisme pertahanan. Vakuola juga berperan penting dalam mempertahankan tekanan turgor tumbuhan. Vakuola memiliki banyak fungsi lain dan dapat ditemukan pada sel hewan dan protista uniseluler. Kebanyakan protozoa mempunyai vakuola makanan yang bergabung dengan lisosom supaya makanan di dalamnya dapat dicerna. Beberapa jenis protozoa juga memiliki vakuola kontraktil, yang mengeluarkan kelebihan air dari sel.

#### 9. Mitokondria

Sebagian besar sel eukariota mengandung banyak mitokondria, yang menduduki sampai 25 persen volume sitoplasma. Organel ini merupakan organel yang besar, secara umum hanya lebih kecil dari nukleus, vakuola, dan kloroplas. Nama mitokondria berasal dari penampakkannya yang seperti benang (bahasa Yunani mitos, 'benang') di bawah mikroskop cahaya.

Organel ini mempunyai dua macam membran, yaitu membran luar dan membran dalam, yang dipisahkan oleh ruang antarmembran. Luas permukaan membran dalam lebih besar dibandingkan membran luar karena memiliki lipatan-lipatan, atau krista yang menyembul ke dalam matriks, atau ruang dalam mitokondria. Mitokondria merupakan tempat berlangsungnya respirasi seluler, yaitu suatu proses kimiawi yang memberikan energi pada sel. Karbohidrat dan lemak adalah contoh molekul makanan berenergi tinggi yang dipecah menjadi air dan karbon dioksida oleh reaksi-reaksi di dalam mitokondria, dengan pelepasan energi. Kebanyakan energi yang dilepas dalam proses itu ditangkap oleh molekul yang disebut ATP. Mitokondria-lah yang menghasilkan sebagian besar ATP sel. Energi kimiawi ATP nantinya dapat berguna untuk menjalankan berbagai reaksi kimia dalam sel. Sebagian besar tahap pemecahan molekul makanan dan pembuatan ATP tersebut dilakukan oleh enzim-enzim yang ada di dalam krista dan matriks mitokondria.

### E. Fungsi Sel

#### 1. Metabolisme

Keseluruhan reaksi kimia yang membuat makhluk hidup mampu melakukan aktivitasnya disebut metabolisme, dan sebagian besar reaksi kimia tersebut terjadi di dalam sel. Metabolisme yang terjadi di dalam sel bisa berupa reaksi katabolik, yaitu perombakan senyawa kimia untuk menghasilkan energi atau untuk dijadikan bahan pembentukan senyawa lain, dan reaksi anabolik, yaitu reaksi penyusunan komponen sel. Salah satu proses katabolik yang merombak/memecah molekul makanan untuk menghasilkan energi di dalam sel yaitu respirasi seluler, yang sebagian besar berlangsung di dalam mitokondria eukariota atau sitosol prokariota dan menghasilkan ATP. Sedangkan, contoh proses anabolik yaitu sintesis protein yang berlangsung pada ribosom dan memerlukan ATP.

#### 2. Komunikasi sel

Kemampuan sel untuk berkomunikasi, yaitu menerima dan mengirimkan sinyal kepada sel lain, menentukan interaksi antarorganisme

uniseluler dan mengatur fungsi serta perkembangan tubuh organisme multiseluler. Contohnya, bakteri berkomunikasi satu sama lain dalam proses quorum sensing (pengindraan kuorum) untuk menentukan apakah jumlah mereka sudah cukup sebelum membentuk biofilm, sementara itu sel-sel dalam embrio hewan berkomunikasi untuk koordinasi proses diferensiasi menjadi berbagai jenis sel. Komunikasi sel terdiri dari proses transfer sinyal antarsel dalam bentuk molekul (misalnya hormon) atau aktivitas listrik, serta transduksi sinyal di dalam sel target ke molekul yang menghasilkan respons sel.

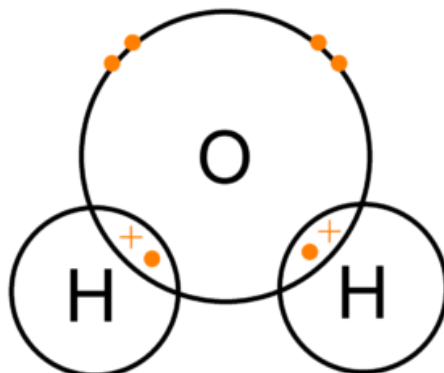
Mekanisme transfer sinyal bisa terjadi dengan kontak antarsel (contohnya melalui sambungan pengomunikasi), penyebaran molekul sinyal ke sel yang berdekatan, penyebaran molekul sinyal ke sel yang jauh melewati saluran (contohnya pembuluh darah), atau perambatan sinyal listrik ke sel yang jauh (contohnya pada jaringan otot polos). Kemudian, molekul sinyal menembus membran secara langsung melalui kanal protein, atau melekat pada reseptor berupa protein transmembran pada permukaan sel target serta memicu transduksi sinyal di dalam sel. Transduksi sinyal ini dapat melibatkan sejumlah zat yang disebut pembawa pesan kedua (second messenger) yang konsentrasinya meningkat setelah pelekatan molekul sinyal pada reseptor yang kemudian akan meregulasi aktivitas protein lain di dalam sel. Selain itu, transduksi sinyal juga dapat dilakukan oleh sejumlah jenis protein yang pada akhirnya dapat memengaruhi metabolisme, fungsi, atau perkembangan sel.

Sehingga pada intinya sel mempunyai beberapa fungsi, antara lain mengangkut nutrisi, oksigen dan hormon. Sel juga membantu menjalankan proses metabolisme sekaligus mengeluarkan sisa hasil metabolisme, melaksanakan pertahanan tubuh serta membentuk dan membangun jaringan.

## BAB II

## AIR

### A. Struktur Air



**Gambar 5. Struktur Air**

Setiap atom hidrogen berikatan secara kovalen dengan atom oksigen. Jadi kedua atom hidrogen berbagi sepasang elektron dengan atom oksigen. Oksigen adalah unsur yang lebih elektronegatif dibandingkan dengan air. Ini menghasilkan distribusi kerapatan elektron yang tidak merata. Ini memberi molekul air struktur bengkok sudut. Ikatan HOH memiliki sedikit sudut sekitar  $104,5^\circ$ . Jadi dapat dikatakan bahwa molekul air bersifat polar. Ia memiliki sedikit polaritas negatif di dekat atom oksigen dan sedikit muatan positif di dekat kedua atom hidrogen.

### B. Struktur Fisik Air

Air memiliki beberapa kegunaan yang sangat penting di dunia kita. Ini adalah cairan universal dan akan digunakan dalam 99% fungsi kehidupan. Kemampuan unik air untuk menjadi sangat serbaguna dan ada di mana-mana ini disebabkan oleh beberapa sifatnya yang sangat mengesankan. Sifat-sifat air ini sering diabaikan, tetapi merupakan alasan utama mengapa air menjadi senyawa yang sangat berharga.

Rumus Kimia : Rumus kimia air yang kita semua ketahui adalah  $H_2O$ . Molekul air memiliki ikatan kovalen antara atom Hidrogen dan Oksigen. Dua atom hidrogen membentuk ikatan dengan satu atom oksigen.

Penampilan : Air adalah cairan tidak berwarna, tidak berbau dan tidak berasa dalam keadaan aslinya.

- Titik Didih : Seperti yang kita ketahui, air memiliki titik didih  $100^\circ C$ . Namun titik didih air yang relatif tinggi ini bertentangan dengan tren dalam tabel periodik. Dibandingkan dengan Hidrogen Telluride dan Hidrogen Sulfida yang keduanya memiliki titik didih rendah, hidrogen (hidrida berikutnya) memiliki titik didih yang sangat tinggi. energi untuk istirahat dan mulai mendidih.

- Titik Beku : Konsep yang sama juga berlaku untuk titik beku air. Titik beku air adalah  $0^\circ C$ . Fakta bahwa air sangat lambat membeku (atau bahkan mendidih) sangat penting bagi ekosistem dan kelangsungan hidup kita.



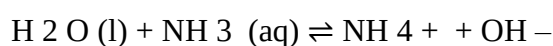
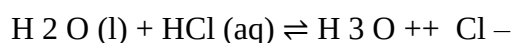
- **Kepadatan** : Salah satu sifat unik air adalah bahwa dalam keadaan terjual, ia padat lensa. Kepadatan air hingga 4°C meningkat pada pendinginan. Namun setelah titik tersebut air menjadi kurang padat. Inilah sebabnya mengapa es mengapung di air,

- **Viskositas** : Air memiliki viskositas yang tinggi karena interaksi antar molekul yang sangat kuat

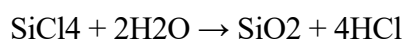
- **Kelarutan** : Air adalah pelarut yang sangat baik..Karena polaritas molekul air, ia dapat melarutkan hampir semua zat.

### C. Sifat Kimia Air

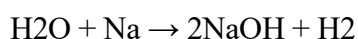
a. **Sifat Amfoter** : Salah satu kualitas unik Air adalah sifat amfoternya. Zat amfoter adalah zat yang dapat bertindak sebagai asam atau basa. Sementara Air tidak bersifat asam atau basa, ia bertindak sebagai keduanya. Ini karena kemampuannya untuk menyumbangkan dan menerima proton. Untuk asam yang lebih kuat dari air, ia bertindak sebagai basa. Dan itu bertindak seperti asam ke basa yang lebih kuat dari dirinya sendiri. Dua reaksi berikut ini menunjukkan sifat amfoter ini.



b. **Reaksi Hidrolisis** : Air memiliki konstanta dielektrik yang sangat tinggi. Ini menghasilkan kecenderungan menghidrasi yang kuat. Air memiliki reaksi yang kuat dengan ion garam dan menciptakan cangkang yang menghidrasi di sekitarnya.



c. **Reaksi Redoks** : Air adalah sumber yang bagus untuk memperoleh dihidrogen karena dapat direduksi dengan mereaksikannya dengan logam yang sangat elektropositif seperti Natrium.



d. **Kelarutan (solvasi)**

Air adalah pelarut kuat yang melarutkan banyak jenis bahan kimia. Zat yang bercampur dan larut dengan baik dalam air (seperti garam) disebut zat "hidrofilik" (suka air), dan zat yang tidak mudah bercampur dengan air (seperti lemak dan minyak) disebut zat hidrofobik. - zat "hidrofobik" (takut air). Kelarutan suatu zat dalam air ditentukan oleh apakah zat tersebut dapat menyamai kekuatan gaya tarik menarik listrik antar molekul air

(gaya dipol-dipol antar molekul). Jika zat tidak dapat menandingi gaya tarik menarik molekul air, molekul zat tidak larut dan mengendap di dalam air. sifat larut Kelarutan umumnya mengacu pada kelarutan suatu senyawa dalam media yang berbeda dan bervariasi antara dua ekstrem, yaitu pelarut polar seperti air dan pelarut non-polar seperti lemak. Sifat hidrofilik atau lipofobik mengacu pada kelarutan dalam air, sedangkan sifat hidrofobik atau lipofilik mengacu pada kelarutan lemak. Gugus yang dapat meningkatkan kelarutan molekul dalam lemak disebut gugus lipofilik (hidrofobik atau non polar). Kelarutan biasanya terkait dengan aktivitas biologis senyawa dalam deret homolog. Kelarutan tergantung pada berbagai kondisi seperti suhu, tekanan, konsentrasi zat lain dalam larutan dan komposisi pelarut. Solusi jenuh Ini adalah larutan di mana zat terlarut berada dalam kesetimbangan dengan fase padat.

Jenuh adalah larutan di mana maksimum zat terlarut (molekul atau ion) berada pada suhu tertentu. Larutan jenuh dari elektrolit yang tidak larut ditunjukkan oleh nilai  $K_{sp}$ . Pada suhu tertentu, contoh lain kesetimbangan dinamis adalah larutan jenuh yang dicampur dengan zat terlarut yang tidak larut. Solusinya hampir jenuh atau tidak jenuh Ini adalah larutan yang mengandung lebih sedikit zat terlarut daripada yang diperlukan untuk saturasi penuh pada suhu tertentu. larutan lewat jenuh Ini adalah larutan yang mengandung zat terlarut lebih banyak dari yang seharusnya pada suhu tertentu, ada juga zat terlarut yang tidak larut dalam  $CO_2$ .

#### e. Kohesi dan Adhesi

Air menempel (kohesi) karena air bersifat polar. Air memiliki muatan parsial negatif ( $\sigma^-$ ) di dekat atom oksigen karena (hampir) pasangan elektron yang tidak digunakan bersama dan muatan parsial positif ( $\sigma^+$ ) di dekat atom hidrogen. Dalam air, hal ini terjadi karena atom oksigen lebih elektronegatif daripada atom hidrogen, yang berarti atom oksigen memiliki lebih banyak "daya tarik" ke elektron bersama dalam molekul, yang menarik elektron lebih dekat ke atom oksigen (juga berarti menarik elektron). elektron) dan membuat area di sekitar atom oksigen lebih bermuatan negatif daripada area di sekitar dua atom hidrogen. Masih memiliki sifat perekat yang tinggi karena polaritasnya. Memahami kepatuhan dan konsistensi

Adhesi adalah gaya tarik-menarik antara partikel yang berbeda. Gaya ini menyebabkan dua zat saling menempel saat dicampur. Misalnya mencampur air dengan teh atau kopi, menempelkan air pada dinding pipa kapiler, mengolesi tinta pada kertas.

Pada saat yang sama, kohesi adalah gaya tarik-menarik antara partikel serupa. Gaya ini dipengaruhi oleh kerapatan dan jarak partikel materi. Anda harus tahu bahwa padatan memiliki gaya kohesif yang lebih besar daripada cairan dan gas. Kohesi berarti bahwa ketika dua zat dicampur, mereka tidak saling menempel. Misalnya air dan minyak tidak bercampur, merkuri tidak menempel pada dinding pipa kapiler, dan air tidak menempel pada daun talas. Efek pencampuran dua zat yang berbeda

Setidaknya ada 3 kondisi yang bisa terjadi jika kita mencampurkan dua jenis zat, yaitu: Jika gaya kohesi antara partikel zat yang berbeda lebih besar dari gaya adhesi, maka kedua zat tidak akan bercampur. Misalnya minyak kelapa dicampur air. Jika gaya adhesi antara partikel zat yang berbeda sama dengan gaya kohesi, maka kedua zat tersebut akan bercampur secara seimbang. Misalnya air yang dicampur dengan alkohol.

Jika gaya adhesi antara partikel zat yang berbeda lebih besar dari gaya kohesi, maka kedua zat tersebut akan saling menempel. Contohnya adalah air yang menempel pada kaca.

Beberapa peristiwa menarik dalam fisika terjadi akibat kohesi dan adhesi. Beberapa acara tersebut adalah:

- Meniskusnya cembung dan kartilago artikularnya cekung
- Meniskus adalah perkembangan cekung atau cembung pada permukaan cairan. Meniskus dibagi menjadi dua bagian berdasarkan bentuk permukaan cairan, yaitu.  
H. meniskusnya cembung dan cekung.
- Meniskus cembung terjadi ketika kohesi lebih besar daripada adhesi. Sementara itu, meniskus cekung terjadi ketika adhesi lebih besar dari pada kohesi. Kapiler Ini adalah naik turunnya cairan di kapiler. Contoh peristiwa kapiler adalah naiknya minyak tanah di jantung tungku, naiknya air dari akar daun ke daun tumbuhan melalui pembuluh xylem, dan lain-lain.

Sebaliknya, bejana yang terhubung tanpa tabung kapiler dapat diisi dengan cairan yang serupa dan dalam keadaan diam, sehingga luas permukaan cairan di setiap bejana sama. Situasi ini juga disebut sebagai "prinsip kapal gabungan".

Kecenderungan zat cair untuk memuai sehingga terdapat semacam film atau lapisan pada permukaan zat cair yang memanjang untuk memungkinkannya menahan benda. Ini disebabkan oleh gaya tarik-menarik yang ada di antara partikel-partikel cairan. Contohnya adalah serangga air yang dapat berjalan di permukaan air, sehingga tetesan air di permukaan daun talas berbentuk bulat. Selain itu, tetesan embun yang

menempel di rerumputan berupa bola dan silet yang mengapung di permukaan air juga merupakan contoh tegangan permukaan.

Adanya koherensi dan afiliasi menciptakan kondisi dan peristiwa yang menarik dalam kehidupan sehari-hari. Keduanya memiliki karakteristik yang berbeda, sehingga akan menghasilkan efek yang berbeda saat digunakan.

f. Tegangan permukaan

Tegangan permukaan air tinggi karena kohesi yang kuat antara molekul air. Hal ini dapat diamati ketika sejumlah kecil air ditempatkan pada permukaan yang tidak basah atau tidak larut; air terkumpul dalam tetesan. Pada permukaan kaca yang sangat bersih atau halus, air dapat membentuk lapisan tipis karena daya tarik molekul (gaya adhesi) antara kaca dan molekul air lebih kuat daripada gaya kohesi antar molekul air.

#### **D. Fakta Kandungan Air di Tubuh**

Air adalah salah satu zat dasar tubuh manusia. Tubuh manusia terdiri dari sekitar 70% air dan sangat penting untuk kelangsungan hidup. Konsumsi air putih yang tidak mencukupi setiap hari, tidak terkecuali mengganggu tubuh.

Berikut ini adalah beberapa fakta air yang terkandung dalam tubuh manusia :

1. Kadar air tubuh pria lebih tinggi daripada wanita dan berkurang seiring bertambahnya usia.
2. Kebanyakan orang dewasa mengeluarkan sekitar 2,5-3 liter air per hari. Konsumsi air meningkat dalam cuaca panas dan selama latihan panjang.
3. Orang tua mengeluarkan sekitar 2 liter air dari tubuhnya setiap hari.
4. Penumpang udara kehilangan 1,5 liter air selama tiga jam pertama penerbangan. Kehilangan ini harus diganti dengan air tawar.
5. Makanan biasanya mengandung sekitar 1 liter air dan sisanya harus diperoleh dengan minum.

Secara umum, wanita dewasa dianjurkan minum rata-rata delapan gelas 200 ml per hari, total 1,6 liter. Sementara itu, pria dianjurkan minum sekitar 10.200 ml gelas atau total 2 liter per hari. Selain itu, kita harus memperhatikan kondisi dan aktivitas tertentu yang menyebabkan tubuh membutuhkan air lebih banyak dari biasanya, antara lain: Olahraga atau aktivitas fisik, Mengalami demam, diare atau muntah dan Cuaca yang sangat panas. Hamil dan menyusui. Ibu

hamil dianjurkan minum air putih sekitar 2,3 liter per hari, sedangkan ibu menyusui dianjurkan minum air putih sekitar 3,1 liter per hari.

The Institute of Medicine (IOM) telah membuat kebutuhan air berdasarkan kebutuhan energi per hari (kcal/hari) seperti yang disajikan dalam tabel 1.

Tabel 1. Kebutuhan air berdasarkan rekomendasi kebutuhan energi per hari

| Jenis kelamin | Usia  | Estimasi Kebutuhan energi (Kcal/hari) | Asupan rata-rata untuk cairan* (ml/hari) | Rasio AI:EER (ml/hari : Kcal/hari) |
|---------------|-------|---------------------------------------|------------------------------------------|------------------------------------|
| Anak-anak     | 2-3   | 1.000-1.400                           | 1.300                                    | 0.93                               |
|               | 4-8   | 1.400-1.600                           | 1.700                                    | 1.06                               |
|               | 9-13  | 1.600-2.000                           | 2.100                                    | 1.05                               |
|               | 14-18 | 2.000                                 | 2.300                                    | 1.15                               |
|               | 19-30 | 2.000-2.200                           | 2.700                                    | 1.23                               |
|               | 31-50 | 2.000                                 | 2.700                                    | 1.35                               |
|               | 50+   | 1.800                                 | 2.700                                    | 1.5                                |
| Laki-laki     | 4-8   | 1.400-1.600                           | 1.700                                    | 1.06                               |
|               | 9-13  | 1.800-2.000                           | 2.400                                    | 1.20                               |
|               | 14-18 | 2.400-2.800                           | 3.300                                    | 1.18                               |
|               | 19-30 | 2.600-2.800                           | 3.700                                    | 1.32                               |
|               | 31-50 | 2.400-2.600                           | 3.700                                    | 1.42                               |
|               | 50+   | 2.200-2.400                           | 3.700                                    | 1.54                               |

\*asupan rata-rata (AI = Average Intake) untuk cairan berasal dari referensi konsumsi diet untuk air, kalium, natrium, klorida dan sulfat

**Tabel 1. Kebutuhan Air**

Penghapusan air dari tubuh diatur oleh ginjal dan otak. Hipotalamus mengatur kadar garam darah dan merangsang kelenjar hipofisis untuk melepaskan hormon antidiuretik (ADH). ADH dilepaskan saat konsentrasi garam tubuh terlalu tinggi atau saat volume darah atau tekanan darah terlalu rendah. ADH merangsang ginjal untuk menahan atau mengambil air dan mengedarkannya ke seluruh tubuh. Semakin banyak air yang dibutuhkan tubuh, semakin sedikit yang dikeluarkan. Tubuh harus mengeluarkan setidaknya 500 ml air per hari melalui urin, yang merupakan jumlah minimum yang diperlukan untuk membuang limbah hari itu dari metabolisme tubuh. Konsumsi air yang melebihi batas tersebut disesuaikan dengan suplai air. Rata-rata kehilangan air sekitar 2,5 liter per hari. Kehilangan air secara tidak sadar juga terjadi selama sakit. Demam, flu, napas cepat meningkatkan kehilangan cairan tubuh. Pada kondisi tersebut, dokter menganjurkan untuk memperbanyak air putih, terutama saat Anda sedang sakit.

Keseimbangan cairan tubuh sangat penting. Tubuh berusaha menjaga cairan dalam tubuh pada tingkat yang tetap/konstan sepanjang waktu. Ketidakseimbangan terjadi selama periode dehidrasi (kehilangan air berlebih) dan keracunan air (kelebihan air). Keseimbangan air rata-rata berupa masukan dan pengeluaran (ekskresi) dapat dilihat pada tabel 2.

Tabel 2. Keseimbangan air

| Pemasukan air |             | Pengeluaran air  |             |
|---------------|-------------|------------------|-------------|
| Sumber        | Jumlah (ml) | Sumber           | Jumlah (ml) |
| Makanan       | 700-1.000   | Ginjal (urine)   | 500-1.400   |
| Minuman       | 550-1.500   | Kulit (keringat) | 450-900     |
| Metabolisme   | 200-300     | Paru-paru        | 350         |
|               |             | Feces            | 150         |
|               | 1.450-2.800 |                  | 1.450-2.800 |

Sumber : Insel, P., Turner, R.E., and Ross, D. Nutrition, Update 2002.

Tabel 2. Keseimbangan Air

### E. Fungsi air bagi tubuh

1. Mendukung kesehatan dan keutuhan setiap sel dalam tubuh.
2. Pertahankan level cairan aliran darah untuk memperlancar aliran melalui pembuluh darah.
3. Membantu membuang sisa metabolisme dari tubuh, kelebihan elektrolit seperti sodium, potasium dan urea sisa dari pengolahan protein diet.
4. Pengaturan suhu tubuh dengan berkeringat.
5. Jaga agar selaput lendir tetap lembab, mis. B. di paru-paru dan mulut.
6. Melumasi dan melindungi persendian.
7. Kurangi risiko sistitis dengan menjaga kandung kemih bebas dari bakteri.
8. Membantu pencernaan dan mencegah sembelit.
9. Berperan sebagai pelembab dan memperbaiki tekstur dan penampilan kulit.
- 10 Membawa berbagai nutrisi dan oksigen ke sel darah.
11. Bekerja sebagai shock absorber pada organ mata janin, tulang belakang dan kantung ketuban selama proses kehamilan.

### F. Kandungan air makanan

Makanan biasanya mengandung air, meski terlihat keras dan kering. Tubuh dapat menyerap hingga sepertiga air dari makanan. Proses pencernaannya sendiri juga menghasilkan air sebagai produk buangan dan dapat menyediakan sekitar 10 persen kebutuhan air tubuh. Persyaratan yang tersisa harus dipenuhi oleh cairan.

Kandungan air makanan dapat bervariasi sesuai dengan hidangannya. Secara umum, makanan dengan lebih banyak air cenderung lebih rendah kalori dan lebih mengenyangkan. Berikut adalah contoh kandungan air dalam makanan tertentu:

1. Buah-buahan dan sayur-sayuran:

Tergantung pada varietasnya, buah dan sayuran biasanya mengandung lebih dari 80% air. Semakin segar buah atau sayuran, semakin banyak kandungan airnya.

2. Daging dan unggas:

Daging dan unggas umumnya mengandung lebih sedikit air daripada buah dan sayuran. Namun, daging yang dimasak dengan cara direbus atau dikukus biasanya lebih banyak mengandung air daripada digoreng.

3. Makanan yang diproses.

Makanan olahan seperti kue, keripik, dan roti cenderung memiliki kandungan air yang lebih rendah daripada buah dan sayuran segar. Kandungan air dari makanan olahan juga tergantung pada cara pembuatannya. Secara umum, penting untuk mengonsumsi makanan yang mengandung cukup air untuk menjaga kesehatan tubuh. Konsumsi air yang cukup juga sangat penting untuk menjaga keseimbangan cairan dalam tubuh.

## **G. Jenis air dalam makanan**

Tidak ada air dalam makanan karena air tidak dianggap sebagai bagian dari makanan itu sendiri. Namun, makanan seringkali mengandung jumlah air yang berbeda tergantung pada jenis makanannya. Misalnya buah dan sayuran memiliki kandungan air yang tinggi, sedangkan roti dan daging memiliki kandungan air yang lebih rendah. Mengonsumsi makanan yang mengandung cukup air penting untuk menjaga kesehatan tubuh dan keseimbangan cairan.

Meskipun air bukan merupakan sumber nutrisi seperti makanan lain, namun sangat penting untuk kelangsungan proses biokimia dalam organisme hidup. Air dalam makanan tidak hanya berfungsi sebagai bahan baku, tetapi juga sebagai pelarut beberapa komponen. Air dalam makanan dapat mengambil banyak bentuk, termasuk:

- Air gratis

Air ini terkandung dalam ruang antar sel dan antar butir serta pori-pori yang terdapat pada bahan makanan.

- Air yang terikat lemah



Air yang berikatan lemah adalah air yang molekul-molekulnya disatukan secara lemah oleh ikatan hidrogen. Hal ini menyebabkan air mudah menguap dan mendidih pada suhu yang relatif rendah dibandingkan dengan air yang terikat erat oleh ikatan hidrogen.

Air yang terikat lemah biasanya memiliki sifat yang berbeda dengan air yang terikat kuat. Misalnya, air yang terikat lemah dapat lebih mudah membeku dan menjadi lebih cair atau cair.

Selain itu, air yang terikat lemah juga dapat membentuk ikatan hidrogen dengan senyawa lain seperti etanol atau metanol. Hal ini memungkinkan air untuk melarutkan senyawa polar lainnya seperti garam, gula dan asam amino.

Namun, ingatlah bahwa air yang terikat lemah tidak sama dengan air yang terkontaminasi atau terkontaminasi. Air dengan ikatan lemah adalah air minum yang aman untuk penggunaan sehari-hari.

- Air terikat kuat

Air memiliki sifat yang disebut ikatan hidrogen, yang menyebabkan molekul air terikat erat satu sama lain. Ikatan hidrogen ini diciptakan oleh muatan positif pada atom hidrogen dari molekul air yang menarik muatan negatif pada atom oksigen dari molekul air lainnya. Ikatan ini sangat kuat dan membutuhkan banyak energi untuk memutuskannya.

Berkat ikatan hidrogen ini, air memiliki sifat seperti lengket dan kohesi, yang memungkinkannya menempel pada permukaan yang berbeda dan membentuk tetesan air. Properti ini sangat penting dalam banyak proses fisik dan biologis, seperti transportasi air pada tumbuhan.

dan fitur permukaan laut. Selain itu, ikatan hidrogen juga memberikan sifat stabil air pada suhu dan tekanan yang berbeda. Hal ini menjadikan air sebagai pelarut yang sangat baik dan memungkinkannya membentuk ikatan hidrogen dengan senyawa lain, seperti gula dan garam, yang memengaruhi sifat senyawa tersebut.

Air ini membentuk hidrat. Ikatannya bersifat ionik, sehingga relatif sulit untuk dihilangkan atau diuapkan. Air ini tidak membeku bahkan pada 0°F. Air dalam bentuk bebasnya dapat membantu dalam pembusukan bahan pangan, misalnya melalui proses mikrobiologis, kimiawi, enzimatik, bahkan melalui aksi serangga perusak. Banyaknya air bebas dalam bahan pangan yang dapat digunakan oleh mikroorganisme dinyatakan sebagai

aktivitas air ( $A_w$  = aktivitas air). Kebutuhan air untuk pertumbuhan dan reproduksi mikroorganisme disebut sebagai  $A_w$ . Seperti pH, mikroba memiliki nilai  $A_w$  minimum, maksimum, dan optimal untuk pertumbuhan dan reproduksi.

Air terikat kini terbagi menjadi empat jenis menurut derajat pengikatan airnya, yaitu:

- Tipe I adalah molekul air yang terhubung ke molekul lain melalui ikatan hidrogen berenergi tinggi. Jenis air ini tidak membeku selama pembekuan, tetapi sebagian air dapat dihilangkan dengan pengeringan normal. Jenis air ini terikat erat dan sering disebut sebagai air terikat dalam arti harfiah.
- Tipe II, di mana molekul air membentuk ikatan hidrogen dengan molekul air lainnya, ditemukan dalam mikrokapiler dan agak berbeda dengan air minum. Air ini lebih sulit untuk dihilangkan, dan penghilangan air Tipe II menghasilkan penurunan  $A_w$  (aktivitas air). Bila air Tipe II benar-benar dihilangkan, kadar air bahan-bahannya antara 3 dan 7 n. Stabilitas optimal dari bahan makanan tercapai, kecuali untuk produk yang dapat teroksidasi karena adanya zat tak jenuh. lemak
- Tipe III adalah air yang secara fisik terikat pada jaringan bahan matriks seperti membran, kapiler, serat, dll. Air tipe III sering disebut sebagai air bebas. Air jenis ini mudah menguap dan dapat digunakan untuk pertumbuhan mikroba dan sebagai media reaksi kimia. Ketika jenis air ini benar-benar menguap, kadar air bahan bervariasi antara 12-25° dan  $A_w$  (aktivitas air) sekitar 0,8%, tergantung jenis bahan dan suhu.
- Tipe IV adalah air yang tidak terhubung dengan jaringan kain, atau air murni yang memiliki sifat air biasa dan aktivitas penuh.

## **BAB III**

### **PROTEIN**

#### **A. Pengertian Protein**

Protein adalah suatu polipeptida yang mempunyai bobot molekul yang sangat bervariasi, dari 5.000 hingga lebih dari satu juta. Disamping berat molekul yang berbeda – beda, protein mempunyai sifat yang berbeda-beda pula. Ada protein yang mudah larut dalam air, tetapi ada yang tidak larut dalam air, contohnya rambut dan kuku serta putih telur. Rambut dan kuku adalah protein yang tidak larut dalam air dan tidak mudah bereaksi, sedangkan protein yang dalam bagian putih telur mudah larut dalam air dan mudah bereaksi **(Anna, P 1994)**.

Fungsi biologis protein seperti disebutkan di atas, molekul protein memiliki keragaman yang sangat tinggi, untuk protein seperti itu, mereka dapat diklasifikasikan menurut sifat-sifatnya, salah satunya adalah dengan mengklasifikasikan menurut fungsi biologisnya, yaitu:

- 1) Katalis enzimatik; hampir semua reaksi kimia dalam sel hidup dikatalisis oleh makromolekul spesifik yang disebut enzim.
- 2) Transpor dan penyimpanan; berbagai molekul kecil dan ion ditransport oleh protein spesifik mis. Transport oksigen dalam eritrosit oleh hemoglobin, besi dalam plasma darah terikat pada transferin dan disimpan di hati dalam bentuk kompleks feritin
- 3) Koordinasi gerak; kontraksi otot berlangsung akibat pergeseran dua jenis filamen protein dan pergerakan kromosom pada mitosis dan gerak sperma oleh flagela.
- 4) Penunjang mekanis; ketegangan kulit dan tulang disebabkan oleh adanya kolagen sejenis protein fibrosa.
- 5) Proteksi imun; antibodi merupakan protein yang dapat mengenal benda asing seperti virus, bakteri dll.
- 6) Membangkitkan dan menghantar impuls syaraf; respon sel syaraf terhadap rangsang spesifik diperantarai oleh protein reseptor.
- 7) Pengaturan pertumbuhan dan diferensiasi; pengaturan urutan ekspresi informasi genetik penting untuk pertumbuhan serta diferensiasi sel.

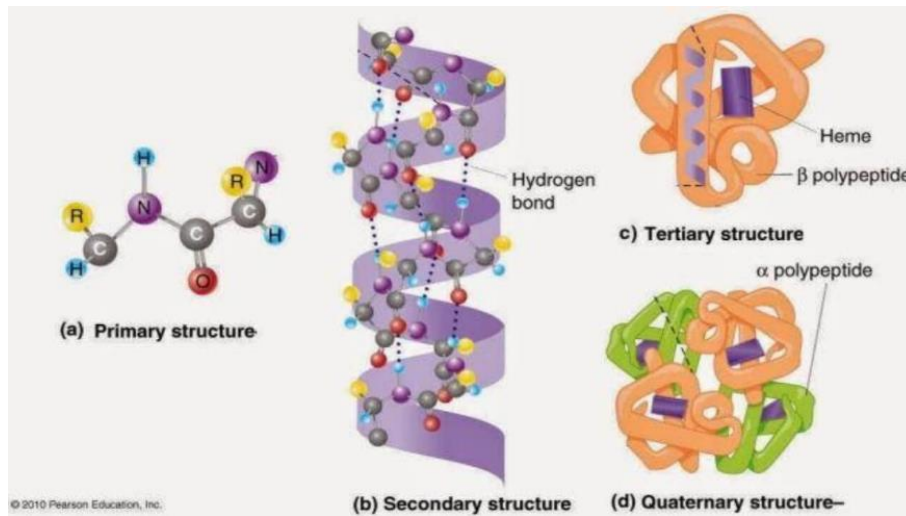
#### **B. Struktur Protein**

Struktur protein bervariasi dalam hal ukuran, dari puluhan hingga ribuan residu. Protein diklasifikasikan berdasarkan ukuran fisik mereka sebagai nanopartikel (1-100

nm). Sebuah protein dapat mengalami perubahan struktural reversibel dalam menjalankan fungsi biologisnya. Struktur alternatif protein yang sama disebut sebagai konformasi.

Komposisi rata-rata unsur kimia yang terdapat dalam protein ialah sebagai berikut:

- Karbon 50%
- Hidrogen 7%
- Oksigen 23%
- Nitrogen 16%



**Gambar 6. Struktur Protein**

## **STRUKTUR PROTEIN (PRIMER, SEKUNDER, TERSIER DAN KWATENER)**

### **1. Struktur Primer**

Merupakan struktur linear dari residu asam amino sepanjang rantai polipeptida, yang melibatkan pembentukan ikatan kovalen berupa ikatan peptida dan ikatan disulfida dari intra atau antar rantai polipeptida.

### **2. Struktur Sekunder**

Merupakan struktur tiga dimensi dari rantai peptida dimana terjadi pelipatandari bagian-bagian rantai polipeptida membentuk struktur tertentu yang beraturan seperti  $\alpha$ -helik, yang melibatkan pembentukan ikatan kovalen antar asam amino dan ikatan disulfida dari sistein juga terdapat ikatan-ikatan hidrogen dari gugus polar pada residu asam amino.

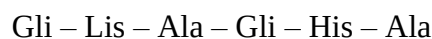
### 3. Struktur Tersier

Merupakan tiga dimensi dari molekul protein secara keseluruhan. Dalam pembentukan struktur tersier disamping pelipatan membentuk struktur tersier disamping pelipatan membentuk struktur  $\alpha$  heliks maupun lembar  $\beta$ , juga terjadi interaksi-interaksi non kovalen lain seperti Van der Waals dan interaksi gugus non polar yang mendorong terjadinya pelipatan yang tepat dari rantai peptide.

### 4. Struktur Kwaterner

Merupakan molekul yang kompleks tidak hanya terdiri dari satu rantai polipeptida, tetapi mengandung beberapa rantai polipeptida. Jadi pada struktur ini, rantai polipeptida yang satu dengan lainnya dapat berinteraksi pula satu sama lain baik berupa interaksi polar, non polar maupun interaksi Van der Waals.

Susunan asam amino yang menyusun suatu rantai protein menentukan struktur primer protein tersebut. Untuk menentukan struktur ini diperlukan metode kimia, tetapi untuk menentukan susunan yang lebih lanjut lagi diperlukan teknik fisika, misalnya X-ray crystallography. Jika macam asam amino telah diketahui begitu juga jumlah dan susunannya, maka bentuk struktur protein dapat diketahui dengan tepat. Biasanya dapat dilukiskan sebagai berikut :



Jika ada bagian yang belum diyakini betul susunannya dapat ditulis dengan memberi tanda kurung pada bagian yang belum diyakini :



Jadi untuk mendapatkan susunan yang tepat asam amino yang membangun molekul suatu protein harus ditentukan dengan cara:

- a. Penentuan kualitatif dan kuantitatif berbagai asam aminonya
- b. Penentuan susunan asam amino

### Reaksi-Reaksi khas protein :

Ada beberapa reaksi identifikasi protein yang biasa digunakan dalam analisis. Contohnya adalah reaksi Xantoprotein, uji biuret, reaksi Hopkins-cole, reaksi Millon, reaksi Nitroprusida, reaksi Sakaguchi dan lain sebagainya.

### **C. PEMBAGIAN PROTEIN MENURUT DAYA LARUT**

Menurut daya larut protein dapat dibedakan menjadi dua yaitu Protein Tunggal dan Protein Majemuk.

#### **Protein Tunggal :**

1. Albumin.

Albumin larut dalam air dan mengendap dalam garam berkonsentrasi tinggi melalui proses yang disebut penggaraman atau salting out. Contohnya : albumin telur dan albumin serum.

2. Globulin

Globulin tidak larut dalam air, tidak larut dalam garam encer, juga tidak larut dalam garam pekat dengan kejenuhan 30-50 %. Pada temperatur rendah, pengendapan globulin dan albumin dapat dilakukan dengan hati-hati ( mengaduk sesedikit mungkin) memakai metode salting out. Dengan cara ini protein murni bahkan dapat dikristalkan. Contoh : globulin serum dan globulin telur.

3. Glutelin

Protein tidak larut dalam larutan netral, tetapi larut dalam asam dan basa encer. Contoh : protein gandum ( glutenin) dan protein padi ( orizenin).

4. Gliadin ( prolamin)

Gliadin larut dalam 70 – 80 % etanol, tak larut dalam air dan etanol 100%. Contoh : protein gandum (gliadin) dan protein jagung (zein).

5. Histon

Sangat basa dibandingkan dengan protein lain dan cenderung berikatan dengan nukleat di dalam sel. Contoh: Histon timus, disebut juga nukleohiston sebab bergandengan dengan histon. Protein globin bersenyawa dengan heme (senyawa asam) membentuk hemoglobin.

6. Protamin

Dibanding dengan protein lain, protamin relatif mempunyai bobot molekul rendah. Protamin larut dalam air dan bersifat basa. Biasanya didapatkan bergandengan dengan asam nukleat. Di dalam sperma ikan, disebut nukleoprotamin. Contoh: salmin.

#### **Protein Majemuk**

Protein majemuk ialah protein yang mengandung senyawa bukan protein, senyawa ini disebut gugus prostetik. Protein ini banyak terdapat di dalam contohnya:

a. Nukleoprotein

Berlainan dengan nukleohiston, hubungan asam nukleat dengan protein pada nukleoprotein ialah dengan cara ikatan valensi sekunder, bukan antara asam dan basa. Nukleoprotein larut dalam larutan garam isotonik dan didapatkan pada jasad renik.

b. Glikoprotein

Gugus penggandeng adalah karbohidrat. Contohnya : Mucin (pada air liur), oskomukoid (pada tulang), dan tendomukoid (pada tendon).

c. Fosfoprotein

Adalah senyawa protein yang mengandung fosfor. Contoh : kasein (pada susu) dan vitelin ( pada kuning telur).

d. Kromoprotein

Termasuk golongan ini ialah protein berpigmen yang disebabkan oleh gugus prostetiknya, diantaranya hemoglobin (mengandung protoporfirin besi), seruplasmin (mengandung Cu), hemosianin (mengandung Cu), asam askorbat oksidase (mengandung Cu) dan feritin (mengandung Fe).

e. Protein-Koenzim

Contohnya dehidrogenase yakni enzim pengoksidase yang mengandung gugus prostetik NAD<sup>+</sup>, NADP<sup>+</sup>, FMN, dan FAD

f. Lipoprotein

Sebagai gugus prostetik disini adalah asam lemak , lesitin atau sefaline. Lipoprotein tidak sama dengan proteolipid. Karena lebih sedikit mengandung lipida.

g. Metaloprotein

Protein yang mengandung unsur-unsur anorganik seperti Fe, Co, Mn, Zn, Cu, Mg, dsb. Logam-logam lain penting bagi protein-protein tertentu dan banyak enzim tergolong dalam metaloprotein ini.

## **D. FUNGSI PROTEIN**

Protein memiliki berbagai fungsi biokimia penting dalam tubuh manusia, di antaranya:

### **1. Struktur seluler dan jaringan**

Protein membentuk kerangka struktural sel dan jaringan, termasuk tulang, otot, kulit, rambut, dan kuku. Sumber protein untuk membangun struktur seluler dan jaringan adalah makanan yang mengandung protein seperti daging, ikan, telur, susu, kacang-kacangan, dan biji-bijian.



## 2. **Enzim**

Protein juga berperan sebagai katalisator biokimia dalam tubuh manusia. Enzim adalah protein yang mempercepat reaksi kimia dalam tubuh. Enzim dibutuhkan untuk proses metabolisme, pencernaan, dan pembentukan energi. Sumber protein untuk pembentukan enzim adalah makanan yang mengandung protein seperti daging, ikan, telur, susu, kacang-kacangan, dan biji-bijian.

## 3. **Antibodi**

Protein juga membentuk sistem kekebalan tubuh dengan membentuk antibodi. Antibodi adalah protein yang melindungi tubuh dari serangan penyakit dan infeksi. Sumber protein untuk pembentukan antibodi adalah makanan yang mengandung protein seperti daging, ikan, telur, susu, kacang-kacangan, dan biji-bijian.

## 4. **Transportasi dan Penyimpanan**

Protein juga berfungsi dalam transportasi dan penyimpanan zat-zat penting dalam tubuh, seperti oksigen, hormon, dan nutrisi. Contohnya, hemoglobin adalah protein yang membawa oksigen dari paru-paru ke sel-sel tubuh. Sumber protein untuk transportasi dan penyimpanan adalah makanan yang mengandung protein seperti daging, ikan, telur, susu, kacang-kacangan, dan biji-bijian.

## 5. **Regulasi Gen**

Protein juga berperan dalam regulasi gen dan ekspresi genetik. Protein seperti faktor transkripsi mengatur aktivitas gen dalam sel. Sumber protein untuk regulasi gen adalah makanan yang mengandung protein seperti daging, ikan, telur, susu, kacang-kacangan, dan biji-bijian.

6. Sumber protein dapat ditemukan pada makanan hewani seperti daging, ikan, telur, susu, dan produk olahan susu. Sementara itu, makanan nabati yang mengandung protein adalah kacang-kacangan seperti kacang hijau, kacang merah, kacang kedelai, dan biji-bijian seperti quinoa dan chia seeds.

## **E. KLASIFIKASI PROTEIN BERDASARKAN FUNGSINYA**

Protein dapat dipilahkan menurut fungsi biologisnya misalnya sebagai protein struktural, katalitik, ataupun protein transport. Dalam hal ini protein di bedakan atas protein sederhana dan protein majemuk.

Hidrolisis protein sederhana akan menghasilkan asam amino-alfa, sedangkan dari protein majemuk selain asam amino juga diperoleh senyawa bukan protein yang disebut gugus prostetik. Selanjutnya protein sederhana terbagi lagi menjadi kelompok-

kelompok berdasarkan kelarutan dalam berbagai kelarutan, sedangkan protein majemuk terbagi menjadi kelompok-kelompok berdasarkan jenis gugus prostetiknya. Klasifikasi protein lainnya berdasarkan fungsi hayati adalah keratin dan kolagen digolongkan protein strukturnya: miosin dan aktin pada otot daging termasuk kelompok protein kontraktil.

| <b>Fungsi</b>       | <b>Protein (contoh – contoh)</b>                                                                |
|---------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Peranan Katalisator | Enzim – enzim                                                                                   |
| Kontraksi           | Aktin Miosin                                                                                    |
| Pengaturan gen      | Histon, protein represor, enzim                                                                 |
| Peranan hormonal    | Insulin, dan hormon protein lainnya                                                             |
| Proteksi            | Fibrin imunoglobulin, interferon                                                                |
| Peranan regulasi    | Kalmodulin, Ca <sup>2+</sup> binding protein                                                    |
| Peranan Struktural  | Kolagen, elastin, keratin                                                                       |
| Transport           | Albumin (bilirubin, asam lemak, dll)<br>Hemoglobin (oksigen), lipoprotein,<br>transferin (besi) |

**(Tabel 3. Klasifikasi Protein berdasarkan fungsi)**

**Protein Sederhana terdiri dari:**

**1. Albumin**

Yaitu protein yang larut dalam air dan larutan garam encer; Terdapat dalam putih telur, darah, susu, dan sayur-sayuran.

**2. Globulin**

Adalah protein yang tidak larut dalam air, tetapi larut dalam larutan encer garam encer. Banyak dapat di dalam tubuh sebagai zat antibodi dan fibrinogen.

**3. Histon**

Yaitu protein basa karena banyak mengandung asam amino bermuatan positif, seperti lisin dan/arginin. Karena bersifat basa, histon cenderung berikatan dengan senyawa asam di dalam sel yaitu asam nukleat. Histon larut dalam air dan tidak larut dalam larutan encer amonium hidroksida.

**4. Globin**

Pada mulanya protein ini dimasukkan dalam kelompok histon karena kelarutan yang sama. Tetapi selanjutnya diketahui adanya perbedaan baik pada titik isolistriksnya, padasusunan asam aminonya, maunya pada toksisitasnya. Histon kaya akan

arginin/lisin dan sedikit mengganggu tritofan. Tetapi globin justru mengandung arginin dan tritofan dalam jumlah sama, banyak mengandung histidin, tetapi tidak mengandung isoleusin. Contoh globin dan hemaglobin.

#### 5. **Glutelin**

Ialah protein yang netral, tetapi dapat larut dalam asam dan basa encer. Contohnya ialah glutelin pada gadum.

#### 6. **Prolamin**

Merupakan protein sederhana yang banyak terdapat pada tanaman sayur. Nama prolamin pertama kali di usulkan oleh Osborne karena hidrolisisnya menghasilkan banyak prolin dan amonia. Prolamin hanya larut dalam alkohol 70 -80 % tidak larut dalam air maupun alkohol absolut/ pelarut netral lainnya. Contohnya Zein pada jagung dan gliadin pada gandum.

#### 7. **Skleroprotein atau albuminoid**

Adalah protein yang mempunyai fungsi sebagai struktur kerangka dan pelindung pada manusia dan hewan. Antara lain ialah:

- Kolagen yaitu protein penunjang utama pada tulang, persendian, dan tendon. Protein ini tak dapat dicerna oleh enzim pepsin, dan tripsin daripada pepsin. Bila dididihkan dalam air/ basa/asam encer kolagen akan larut menjadi gelatin yang mudah dicerna oleh enzim-enzim tersebut.
- Elastin terdapat pada jaringan elastik seperti tendon dan pembuluh darah Protein ini lebih mudah dicerna oleh enzim tripsin daripada pepsin.
- Keratin tidak larut baik dalam air, asam/ basa encer, maupun pelarut organik lainnya. Tetapi dalam kulit, rambut, dan kuku.

#### 8. **Protamin**

Merupakan polipeptida yang relatif lebih sederhana. Protein ini basa sifatnya dan tidak mengalami kougulasi oleh pemanasan. Protamin ini larut dalam air dan banyak ditemui di dalam sperma ikan, misalnya: salmin pada ikan salmon, dan klupein pada ikan herring.

### **F. BENTUK PROTEIN**

Meskipun struktur utama protein adalah rantai linier, hampir semua protein di alam ditemukan terlipat menjadi bentuk yang lebih padat, yang dapat berbentuk ellipsoid atau bulat, membentuk molekul globular. Ada dua jenis protein di alam, protein globular dan protein berserat.

Fibrin terkait erat dengan unsur-unsur yang menyusun sel dan terkait dengan sifat unik sel. Artinya protein terdiri dari rantai panjang peptida berupa serat yang tersusun secara longitudinal dan dihubungkan secara lateral oleh banyak ikatan silang. Tidak mudah larut, amorf dan dapat memanjang dan berkontraksi. Contohnya adalah keratin, miosin, kolagen. Fibrin dapat dibagi menjadi heliks alfa paralel dan antiparalel, heliks rangkap tiga, dan lembaran beta.

Protein yang mengandung  $\alpha$ -heliks termasuk  $\alpha$ -keratin, protein rambut berbentuk bintang yang kaku seperti wol. Serat wol terdiri dari sejumlah besar rantai polipeptida yang dihubungkan oleh ikatan hidrogen dan dihubungkan silang oleh ikatan disulfida. Ketika  $\alpha$ -keratin dipanaskan dan ditarik, bentuk konformasinya berubah menjadi  $\beta$ -keratin. Dalam hal ini, ikatan hidrogen mengalami perubahan pemanjangan, membentuk lembaran  $\beta$ -lipit. Sedangkan sutera merupakan protein dengan struktur  $\beta$ -sheet antiparalel. Ikatan yang membuatnya stabil adalah ikatan hidrogen, tidak ada ikatan disulfida karena tidak ada residu sistein pada sutera.

Kolagen adalah protein yang terdapat pada tulang rawan, tulang, dan kulit, termasuk protein dengan struktur triple helix. Kolagen ini terdiri dari serat panjang dan tipis yang dihubungkan oleh ikatan paralel, tidak larut dalam air dan sangat kuat. Komposisi asam aminonya sangat istimewa, terdiri dari 25% glisin dan 25% prolin dan hidroksiprolin. Karena banyaknya prolin dan glisin, tidak ada  $\alpha$ -helix yang terbentuk. Setiap serat memanjang terdiri dari 3 rantai polipeptida yang terorganisasi dengan baik, yang kemudian digulung menjadi superhelix, yang diikat erat oleh ikatan hidrogen. Protein globular terdiri dari polipeptida yang dihubungkan satu sama lain dengan ikatan silang atau agregasi.

Bentuk gabungan ini saling berhubungan oleh ikatan non-kovalen yang lebih lemah dengan struktur 3 dimensi. Termasuk protein globular adalah protein yang aktif secara biologis, termasuk enzim. Rantai polipeptida melipat untuk membentuk protein globular, yang bagian luarnya biasanya terdiri dari gugus R polar, dengan sebagian besar gugus R hidrofobik berasal dari dalam. Rantai polipeptida dapat berupa alfa-heliks atau beta-heliks. Protein globular lebih kompak karena rantai peptida yang terlipat relatif larut. Kelompok ini termasuk enzim dan antigen. Keduanya termasuk protein yang aktif secara biologis.

## **G. SIFAT FISIK DAN KIMIA PROTEIN**

### **1. Protein globular**

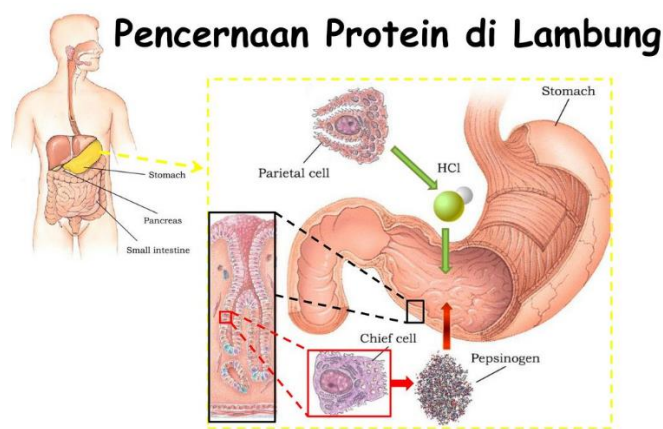
Terdiri dari polipeptida yang bergabung satu sama lain (berlipat rapat) membentuk bulat padat. Misalnya enzim, albumin, globulin, protamin.

Protein ini larut dalam air, asam, basa, dan etanol

## 2. Protein serabut (fibrous protein)

Terdiri dari peptida berantai panjang dan berupa serat-serat yang tersusun memanjang, dan memberikan peran struktural atau pelindung. Misalnya fibroin pada sutera dan keratin pada rambut dan bulu domba. Protein ini tidak larut dalam air, asam, basa, maupun etanol

## H. PENCERNAAN DAN PENYERAPAN PROTEIN



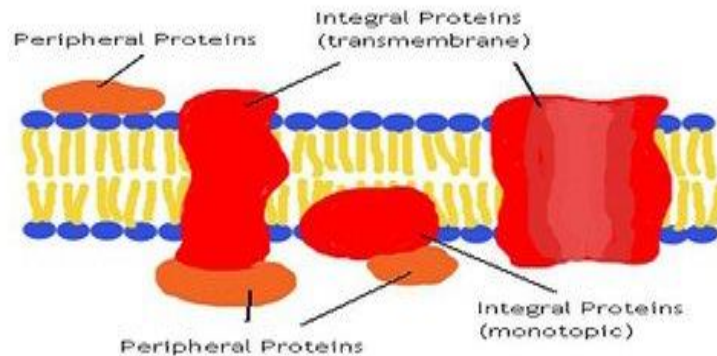
**Gambar 7. Pencernaan Protein**

### **Pencernaan Protein**

Protein dicerna atau dihidrolisis di dalam tubuh, untuk membedakan asam amino agar dapat diserap dan didistribusikan oleh darah keseluruh organ dan jaringan tubuh. Asam amino merupakan produk akhir dari perombakan protein. Proses perubahan protein menjadi asam amino berlangsung didalam saluran pencernaan, terutama usus halus, akan dihasilkan 20 jenis asam amino yang berbeda (**Afrianto dan Liviawaty, 2007**)

Di dalam mulut, protein makanan belum mengalami proses pencernaan. Hanya di lambung, enzim pepsin dan HCl bekerja sama untuk memecah protein makanan menjadi metabolit perantara di tingkat polipeptida, yaitu pepton, aloumosa, dan proteolisat. Di duodenum, protein makanan yang dicerna sebagian dicerna lebih lanjut oleh enzim turunan dari getah pankreas dan sambungan usus kecil. Pankreas menghasilkan enzim proteolitik trypsin dan trypsin kimia, sedangkan sekresi dari dinding usus yang awalnya diperkirakan hanya terdiri dari satu enzim yang disebut erepsine, ternyata erepsine adalah campuran oligopeptidase, enzim yang memecah

ikatan enzim oligopeptida. Melalui erepsine, oligopeptida selanjutnya diuraikan menjadi asam amino, dan empedu tidak mengandung enzim yang memecah protein



**Gambar 8. Penyerapan Protein**

### **Absorpsi/Penyerapan Protein**

Di usus kecil, protein makanan dicerna sepenuhnya menjadi asam amino, yang kemudian diserap melalui sel epitel dinding usus. Semua asam amino larut dalam air, sehingga dapat berdifusi secara pasif melalui membran sel. Fakta telah membuktikan bahwa kecepatan dan kemudahan asam amino untuk menembus membran sel melebihi hasil difusi pasif, dan berbagai asam amino tidak sama, ada yang lebih

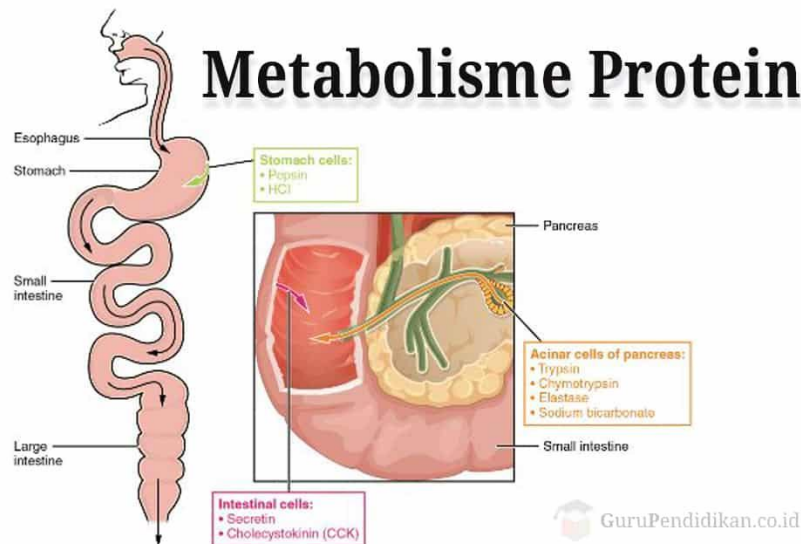
mudah dan lebih cepat, dan ada pula yang diserap lebih lambat, asam amino ini pun bisa diserap di bawah gradien konsentrasi (konsentrasi. gradien), yang tidak mungkin dalam difusi pasif. Asam amino diserap dengan baik in vivo dan in vitro.

Pada umumnya protein dicerna dan diserap secara sempurna, sehingga di dalam tinja praktis tak tersisa protein makanan. Memang di dalam tinja ada protein, tetapi bukan berasal dari makanan, melainkan dari cairan pencernaan, dari sel-sel epitel usus yang terlepas dan sebagian besar dari mikroflora usus yang terbawa ke dalam tinja tersebut.

Pada gangguan pencernaan dan penyerapan, protein makanan dapat terbawa ke dalam colon dan dipecah oleh mikroflora usus. Dekarboksilasi asam amino menghasilkan berbagai ikatan amino yang toksik. Zat-zat toksik ini dapat diserap oleh tubuh dan memberikan keluhan-keluhan, seperti demam dan gatal-gatal. Ada pula polipeptida atau molekul-molekul protein dengan berat molekul rendah yang dapat menembus lapisan epitel usus dan masuk diserap ke dalam cairan tubuh dan aliran darah. Polipeptida dan protein asing (bukan asli dibuat di dalam metabolisme tubuh itu sendiri) yang masuk ke dalam milieu interieur, bersifat antigenik, merangsang alat pertahanan tubuh untuk menggerakkan upaya-upaya perlawanan, diantaranya dengan

membuat badan-badan anti (antibodies). Antibody bereaksi melawan antigen, dan reaksi demikian disebut reaksi allergik,

Atas dasar inilah terdapat orang-orang yang allergis terhadap beberapa jenis makanan sumber protein, terutama jenis lkan laut, kerang dan udang. Ada pula kasus allergik terhadap air susu. Setelah asam-asam amino diserap ke dalam jaringan dinding usus, terus dialirkan ke dalam kapiler darah dan melalui vena protae ke dalam hati.



**Gambar 9. Metabolisme Protein**

## **I. PENGANTAR METABOLISME PROTEIN**

Protein dalam sel hidup terus menerus diperbaharui melalui proses pertukaran protein, yaitu suatu proses berkesinambungan yang terdiri atas penguraian protein yang sudah ada menjadi asam amino bebas dan resintesis selanjutnya dari asam-asam amino bebas menjadi protein.

Untuk mempertahankan kesehatan, manusia memerlukan 30- 60 g protein setiap hari atau ekivalen dalam bentuk asam amino bebas. Asam-asam amino yang berlebih tidak akan disimpan, tetapi diuraikan dengan cepat. Di dalam sel, protein akan diuraikan menjadi asam-asam amino oleh protease dan peptidase. Dampak dari ikatan peptida internal protein dapat diputus oleh protease intrasel sehingga dapat terbentuk senyawa peptida (**Murray,K., 2002**)

Selanjutnya, oleh peptidase, peptida tersebut akan diuraikan menjadi asam-asam amino bebas. Endopeptidase akan memutus ikatan peptida internal sehingga terbentuk peptida-peptida yang lebih pendek, selanjutnya ammopeptidase dan karboksipeptidase akan membebaskan asam-asam amino masing-masing dalam gugus terminal -N dan -C

pada peptida-peptida tersebut. Penguraian protein seperti yang disebutkan di atas adalah untuk proteinekstrasel dan intrasel yang mana penguraiannya tidak memerlukan ATP. Untuk protein yang berusia pendek dan yang abnormal penguraiannya terjadi pada sitosol dan memerlukan ATP atau ubikuitin. Asam amino yang terbentuk dari katabolisme protein ini akan dimetabolisasi menjadi ammonia dan kerangka karbon. Selanjutnya kerangka karbon akan ikut dalam siklus asam sitrat (TCA) dan glukoneogenesis. Sedangkan ammonia akan mengalami sintesis membentuk urea atau membentuk asam amino baru (**Bourke,S.L.,et.al. 2003**)



## BAB IV

### KARBOHIDRAT

#### A. Pengertian Karbohidrat

Karbohidrat menjadi sumber energi utama yang dicerna oleh tubuh manusia, Glukosa merupakan sumber energi utama dalam tubuh. Glikogen merupakan bentuk penyimpanan glukosa dan glikogen yang disimpan di dalam otot rangka dan hati. Jika asupan glukosa yang digunakan oleh tubuh melebihi yang diperlukan maka akan diubah menjadi lemak. Klasifikasikan karbohidrat dapat menjadi empat jenis ; monosakarida, disakarida, oligosakarida, dan polisakarida. Monosakarida tidak dapat dihidrolisis lebih lanjut menjadi bentuk yang lebih sederhana. Disakarida memberikan dua monosakarida pada hidolisis. Polisakarida dapat berupa homopolisakarida dan heteropolisakarida.

Karbohidrat merupakan sumber energi metabolik yaitu ATP. Zat nutrisi karbohidrat di konsumsi oleh manusia dan hewan yang berasal dari tumbuhan. Energi yang terkandung dalam karbohidrat pada dasarnya berasal dari energi matahari. Glukosa ini kemudian disimpan dalam bagian - bagian tumbuhan seperti buah atau umbi dalam bentuk amilum. Karbohidrat di dalam tubuh yang berasal dari makanan mengalami metabolisme.

#### B. Jenis-jenis Karbohidrat

##### 1. Karbohidrat Sederhana

Karbohidrat sederhana terdiri atas:

##### a. Monosakarida.

Monosakarida terbagi menjadi 3 jenis yang mempunyai arti gizi yaitu glukosa, fruktosa dan galaktosa. *Glukosa*, dinamakan juga sebagai gula anggur, yang terdapat luas di alam dalam jumlah sedikit contohnya sayur, buah, sirup jagung, sari pohon dan dengan fruktosa dalam madu. Glukosa memiliki peranan penting dalam ilmu gizi. Glukosa adalah hasil akhir pencernaan pati, sukrosa, maltosa dan laktosa pada hewan dan manusia. Di Dalam proses metabolisme, glukosa merupakan bentuk karbohidrat di dalam tubuh dan di dalam sel yang merupakan sumber energi. *Fruktosa*, sebagai gula buah yang merupakan gula paling manis. Gula ini terutama terdapat dalam madu bersama glukosa dalam buah, nektar bunga dan juga di dalam sayur. *Galaktosa*, terdapat di dalam tubuh sebagai hasil pencernaan laktosa.

b. Disakarida.

Disakarida terbagi menjadi tiga jenis yang memiliki arti gizi yaitu sukrosa, maltosa dan laktosa. *Sukrosa*, dinamakan juga gula tebu atau gula bit. Sukrosa banyak terdapat di dalam buah, sayuran dan madu. Bila dihidrolisis atau dicernakan, sukrosa pecah menjadi satu unit glukosa dan fruktosa. *Maltosa* (gula malt) tidak terdapat banyak di alam bebas. Maltosa terbentuk pada setiap pemecahan pati. Bila dicernakan atau dihidrolisis, maltosa pecah menjadi dua unit glukosa. *Laktosa* (gula susu) hanya terdapat dalam susu dan terdiri atas satu unit glukosa dan satu unit galaktosa.

c. Oligosakarida.

Oligosakarida terdiri atas dua hingga sepuluh polimer monosakarida. Disakarida termasuk dalam oligosakarida, tetapi peranannya dalam ilmu gizi sangat penting maka akan dibahas secara terpisah.

2. Karohidrat kompleks terdiri atas:

a. Polisakarida.

Jenis polisakarida yaitu pati, dekstrin, glikogen dan polisakarida nonpati. *Pati*, adalah karbohidrat utama yang berasal dari tumbuh-tumbuhan. Beras, jagung dan gandum mengandung 70-80 % pati, kacang kedelai, kacang merah dan kacang hijau mengandung 30-60% pati, sedangkan ubi, talas, kentang dan singkong mengandung 20-30% pati.

b. Polisakarida nonpati/ Serat. Serat memiliki peranan dalam mencegah berbagai penyakit.

### C. Metabolisme Karbohidrat

Pencernaan karbohidrat akan dimulai dari mulut, berasal dari makanan yang dikunyah kemudian akan bercampur dengan air liur yang mengandung enzim amilase. Enzim amilase akan menghidrolisis pati atau amilum menjadi bentuk karbohidrat yang lebih sederhana yaitu dekstrin. pH ludah yang bersifat netral akan membuat enzim amilase bekerja lebih baik. Makanan yang dikunyah dalam mulut hanya bersifat sementara, sehingga pemecahan amilum oleh amilase hanya sedikit. Gumpalan makanan yang bercampur dengan enzim amilase air liur akan ditelan dan diproses ke dalam lambung, dan akan dicerna oleh asam klorida dan enzim pencernaan protein, sehingga pencernaan karbohidrat di dalam lambung akan terhenti. Di usus halus, enzim amilase yang dikeluarkan oleh pankreas, mencerna amilum menjadi dekstrin dan maltosa. Penyelesaian pencernaan karbohidrat akan dilakukan oleh enzim-enzim disakarida yang

kemudian dikeluarkan oleh sel-sel mukosa usus halus berupa maltase, sukrase dan laktase. Hidrolisis disakarida terjadi di mikrovili dan monosakarida yang dihasilkan adalah maltase memecah maltosa menjadi 2 mol glukosa, sukrase memecah sakarosa menjadi 1 mol glukosa dan satu mol fruktosa, laktase memecah laktosa menjadi 1 mol glukosa dan 1 mol galaktosa. Glukosa, fruktosa dan galaktosa akan di serap oleh dinding usus, masuk ke cairan limpa, kemudian ke pembuluh darah kapiler dan akan dialirkan melalui vena portae ke hati. setelah selesai makan sekitar 1-2 jam, tidak semua pati akan langsung dicerna dan masuk ke dalam usus besar. Hanya sebagian karbohidrat yang akan dipecah oleh mikroba yang terdapat di usus besar, melalui proses fermentasi dan kemudian akan menghasilkan energi untuk keperluan mikroba. Fermentasi yang meningkat di usus besar akan menghasilkan gas karbondioksida yang dikeluarkan sebagai flatus (kentut). Sisa karbohidrat yang masih ada, akan dibuang menjadi tinja.

#### **D. Fungsi Karbohidrat**

Fungsi karbohidrat di dalam tubuh yaitu :

- a. Karbohidrat Sebagai Sumber energi dalam tubuh yang akan menghasilkan 4 kkalori. sebagian karbohidrat dalam tubuh berada dalam sirkulasi darah berbentuk sebagai glukosa yang akan digunakan untuk energi, namun tidak semuanya akan di gunakan melainkan akan disimpan sebagai glikogen dalam hati dan otot, dan ada yang diubah menjadi lemak untuk kemudian disimpan sebagai cadangan energi dalam jaringan lemak.
- b. Karbohidrat sebagai pemberi rasa manis pada makanan terkhususnya pada monosakarida dan disakarida. Fruktosa dapat disebut sebagai gula paling manis karena gula biasa tidak memiliki rasa manis yang sama.
- c. Karbohidrat sebagai penghemat protein yang akan digunakan sebagai sumber energi, namun jika kebutuhan karbohidrat tidak terpenuhi, zat pembangun akan terkalahkan sebagai fungsi protein.
- d. Karbohidrat sebagai pengatur metabolisme lemak yang akan mencegah terjadinya oksidasi lemak yang tidak sempurna.
- e. Karbohidrat membantu pengeluaran feses dengan cara mengatur peristaltik usus dan memberi bentuk pada feses. Selulosa dan serat makanan akan mengatur peristaltik usus, sedangkan hemiselulosa dan pektin mampu menyerap banyak air dalam usus besar sehingga memberi bentuk pada sisa makanan yang akan dikeluarkan.

## E. Sumber Karbohidrat

Padi-padian atau sereal, umbi-umbian, kacang-kacang kering dan gula sebagai sumber karbohidrat yang dapat dibuat menjadi berbagai macam bahan makanan seperti bihun, mie, roti, tepung, selai, sirup dan lainnya. beras, jagung, ubi, singkong, talas dan sagu merupakan sumber karbohidrat yang banyak dimakan sebagai makanan pokok di Indonesia.

**Tabel 4. Nilai Karbohidrat (KH) yang terdapat dalam berbagai bahan makanan (gram/100 gram)**

| BAHAN MAKANAN              | NILAI KH |
|----------------------------|----------|
| Beras Giling,mentah        | 77,1 g   |
| Beras jagung kuning        | 82,7 g   |
| Beras ketan hitam          | 74,5 g   |
| Tepung beras merah, mentah | 80,0 g   |
| Biskuit                    | 75,1 g   |
| Gandum                     | 23,5 g   |
| Gembili                    | 31,3 g   |
| Kentang                    | 13,5 g   |
| Sagu aren                  | 85,6 g   |
| Talas bogor                | 25,0 g   |
| Kacang kedelai             | 24,9 g   |
| Kacang hijau               | 56,8 g   |
| Kacang mete                | 28,7 g   |
| Kacang mentega,kering      | 64,6 g   |
| Kacang merah               | 66,9 g   |
| Bayam                      | 2,9 g    |
| Buah bit                   | 9,6 g    |
| Buncis                     | 7,2 g    |
| Daun lamtoro               | 14,4 g   |
| Daun kelor                 | 14,3 g   |

**Sumber : DATA KOMPOSISI PANGAN INDONESIA**

|                         |        |
|-------------------------|--------|
| Alpukat                 | 7,7 g  |
| Anggur                  | 6,8 g  |
| Buah naga merah         | 9,1 g  |
| Belimbing               | 8,8 g  |
| Duku                    | 16,1 g |
| Anak sapi daging, gemuk | 0,0 g  |
| Bebek alabio            | 3,7 g  |
| Burung                  | 32,1 g |
| Domba, ginjal, segar    | 1,0 g  |
| Kuda                    | 0,9 g  |
| Ayam goreng kalasan     | 1,3 g  |
| Telur ayam kampung      | 1,2 g  |
| Telur burung puyuh      | 1,6 g  |
| Keju                    | 13,1 g |

**F. Penyakit-penyakit yang Berhubungan dengan Karbohidrat**

**1. Penyakit Kurang Kalori dan Protein (KKP)**



**Gambar 10. keadaan anak-anak yang terkena KKP**

Penyakit kurang kalori dan protein biasanya menyerang pada anak-anak yang sedang tumbuh pesat, terutama yang berumur kisaran 2 - 4 tahun. Penyakit ini tidak hanya menyerang anak-anak namun dapat juga menyerang orang dewasa dengan gejala klinis honger oedema (busung lapar), dapat disebut juga sebagai penyakit kurang makan atau penyakit kelaparan. Gambaran penyakit ini pada orang dewasa ditandai dengan orang yang sangat kurus, dan sering menunjukkan adanya oedema(pembengkakan) terutama daerah kaki.

## 2. Penyakit Kegemukan

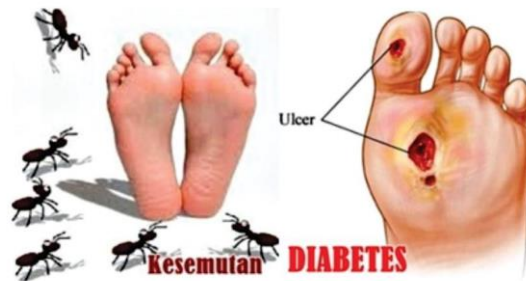


**Gambar 11. Keadaan Penderita Penyakit Kegemukan**

Kegemukan adalah asupan energi yang jauh melampaui keluaran energi dalam jangka waktu tertentu sehingga terjadi ketidakseimbangan energi. Secara keseluruhan kegemukan dapat disebabkan oleh terlalu banyak makan dan Karena berkurangnya aktivitas fisik yang menjadi faktor pendorong membuat kemandirian akibat kemajuan teknologi, mulai dari dalam rumah hingga ke sekolah/kampus atau tempat beraktivitas lainnya.

Para peneliti telah banyak membuktikan bahwa prevalensi kegemukan dan nilai indeks massa tubuh (IMT) dapat dikurangi dengan menggiatkan olahraga (French SA et al, 1994). Jaringan lemak subkutan di daerah dinding perut bagian depan mudah terlihat menebal pada seseorang yang menderita obesitas. Seorang baru dikatakan obesitas, bila berat badannya pada laki-laki melebihi 15% dan pada wanita melebihi 20% dari berat badan yang ideal menurut umurnya. Orang yang menderita obesitas, organ-organ tubuhnya akan dipaksa harus bekerja lebih berat, karena harus membawa kelebihan berat badan yang tidak memberikan manfaat kepada mereka secara langsung. Oleh karena itu para penderita obesitas mudah merasa lebih cepat gerah (merasa panas) dan lebih cepat mengeluarkan keringat yang bertujuan menghilangkan kelebihan panas di dalam badan tersebut. Penderita obesitas mempunyai kecenderungan untuk lebih mudah membuat kekeliruan dalam bekerja dan cenderung lebih mudah mendapat kecelakaan (Sediaoetama, 2008).

### 3. Diabetes Mellitus (Penyakit Gula)



**Gambar 12. Contoh Keadaan Pasien Penderita Diabetes Mellitus**

Diabetes mellitus adalah penyakit metabolik yang disebabkan karena adanya interaksi berbagai faktor genetik, imunologik, lingkungan dan gaya hidup. Pada umumnya para ilmuwan dan para peneliti menyetujui bahwa dasar dari penyakit diabetes mellitus ini adalah defisiensi hormon insulin. Hormon yang dihasilkan oleh sel-sel beta di dalam pulau Langerhans di dalam kelenjar pankreas ini mengatur metabolisme glukosa (Sediaoetama, 2008). Insulin bekerja untuk mengubah glukosa menjadi glikogen di dalam sel-sel hati maupun otot, ini dapat terjadi bila kadar glukosa di dalam darah meninggi. Sebaliknya bila glukosa yang terdapat dalam darah menurun, glikogen hati akan dimobilisasikan untuk menaikkan kembali konsentrasi glukosa di dalam aliran darah. Insulin juga akan merangsang glukoneogenesis, untuk mengubah beberapa metabolit menjadi glukosa terkhususnya metabolit hasil pemecahan lemak dan protein. Dalam defisiensi insulin, glukosa tidak dapat masuk ke dalam sel, sehingga membuat konsentrasinya akan meninggi di luar sel, termasuk di dalam cairan darah, namun timbunan glukosa tersebut tidak dapat dimanfaatkan untuk menghasilkan energi yang digunakan untuk keperluan sel-sel yang membutuhkannya. Glukosa yang menumpuk dalam aliran darah kemudian akan dibuang melalui ginjal ke dalam urine, sehingga terjadi glukosuria. Glukosa yang tidak dapat dipergunakan untuk menghasilkan energi, akan membuat lemak dan protein lebih banyak dipecah untuk menghasilkan energi yang dibutuhkan, sehingga terjadi peningkatan glukoneogenesis. Peningkatan pemecahan asam lemak akan menghasilkan asam-asam keton atau benda-benda keton, yang membuat penurunan pH cairan darah, sehingga terjadi asidosis. Penyebab ini karena tertimbunnya benda-benda keton sehingga disebut ketosis ((Sediaoetama, 2008).

### 4. Lactose Intolerance



**Gambar 13. Contoh Gejala Awal Penderita Lactose Intolerance**

Penyakit lactose intolerance adalah gangguan metabolik yang berhubungan dengan disakarida laktosa. Laktosa yang terdapat dalam saluran gastrointestinal akan dipecah oleh enzim laktase kemudian menjadi glukosa dan galaktosa. Akibat laktosa yang tidak dapat dicerna dan kadar laktosa yang dihasilkan cukup tinggi di dalam saluran pencernaan akan bekerja sebagai laxans, kemudian menyebabkan diare. Gejala awal yang akan terjadi pada penderita lactose intolerance ini akan menyebabkan diare bila mendapat air susu atau produk susu, baik air susus ibu (ASI) ataupun air susu sapi maupun hewan yang menghasilkan susu lainnya. Terapi dan pencegahan penyakit ini dengan memberikan air susu rendah laktosa atau mengganti susu dengan susu kedelai yang tidak mengandung laktosa

#### 5. Karies dentis



**Gambar 14. Contoh Penderit Karies Dentis**

Hubungan yang terjadi antara konsumsi karbohidrat dengan karies dentis berkaitan dengan pembentukan plaque pada permukaan gigi. Plaque akan terbentuk dari sisa-sisa makanan yang melekat pada sela-sela gigi. Plaque akhirnya ditumbuhi bakteri yang dapat mengubah pH rongga mulut akan menurun sampai dengan pH 4,5. Pada keadaan ini maka struktur email gigi akan terlarut (email tidak larut pada pH 5,41). Mengonsumsi gula murni seperti permen, coklat, karamel yang terlalu sering, dapat menyebabkan keasaman pada rongga mulut menjadi permanen, sehingga membuat semakin banyak email yang akan terlarut. Kerusakan email yang parah ini, disebut dengan karies dentis. Dari berbagai penelelitian



sukrosa (gula bit dan gula tebu) yang telah dilakukan sukrosa mempunyai efek kariogenik lebih tinggi dibandingkan dengan fruktosa, glukosa dan maltosa. Sedangkan karbohidrat kompleks seperti amilum dan dekstrin, tidak ada efek kariogeniknya sama sekali.

### **G. Defisiensi Karbohidrat**

Setiap harinya manusia memerlukan jumlah karbohidrat tertentu walaupun tidak membutuhkan dalam jumlah yang khusus, kekurangan karbohidrat yang banyak akan menimbulkan masalah, untuk mencegah terjadinya ketosis diperlukan sekitar 2 gram karbohidrat per kg berat badan sehari. Secara keseluruhan tubuh harus dapat mempertahankan keseimbangan tertentu dalam utilisasi karbohidrat, lemak dan protein sebagai sumber energi karena jika asupan karbohidrat tidak terpenuhi, maka cadangan lemak dalam jaringan adiposa akan dimobilisasi sedemikian cepatnya, akan mengakibatkan tubuh tidak dapat mengoksidasi karbohidrat seluruhnya menjadi CO<sub>2</sub> (Karbon dioksida) dan H<sub>2</sub>O (Air). Sebagian dari hasil pemecahan lemak akan diubah menjadi substansi yang disebut dengan keton bodies. Walaupun tubuh dapat menggunakan keton bodies sebagai penghasil energi dan akan diekskresikan melalui urine, produksi dalam jumlah besar akan menyebabkan terjadinya penumpukan keton bodies di dalam darah maka terjadilah ketosis. Hal ini akan sangat berbahaya pada penderita Diabetes Mellitus yang tidak terkontrol.

## **BAB V**

### **LEMAK**

#### **A. Pengertian dan fungsi lipid**

Lipid merupakan nama sesuatu kalangan senyawa organik yang meliputi beberapa senyawa yang ada di alam yang seluruhnya bisa larut dalam pelarut- pelarut organik namun sukar larut ataupun tidak larut dalam air. Sesuatu lemak didefinisikan selaku senyawa organik yang ada dalam alam dan tidak larut dalam air, namun larut dalam pelarut organik nonpolar semacam sesuatu hidrokarbon ataupun dictil eter Lipid merupakan ester asam lemak. Umumnya zat tersebut tidak larut dalam air hendak namun larut dalam pelarut lemak. Pelarut lemak adaah eter, chloroform, benzena, carbontetrachlorida, xylene, alkohol panas, serta aseton panas.

Guna universal lemak dalam badan kita merupakan:

1. Selaku cadangan tenaga Selaku penghasil energi
2. Selaku pelindung lipida disekitar ginjal
3. Selaku perlengkapan transport dalam darah
4. Selaku penyusun membran

#### **B. Klasifikasi lipid**

Lemak yang ada dalam badan bisa diklasifikasikan bagi struktur kimianya ke dalam 5 tim, semacam pada tabel di dasar. Asam lemak, kelas awal, berperan selaku sumber tenaga utama untuk badan. Tidak hanya itu, asam lemak merupakan blok pembangun dario asamlemak ini kompleks- kompleks lipid disintetis.

Prostaglandin, yang dibentuk dari asam lemak tidak jenuh ganda tertentu, merupakan substansi pengatur intrasel yang mengganti tanggapan- tanggapan sel terhadap rangsangan luar. Sebab prostaglandin berfungsi dalam kerja hormon. Kelas lipid kedua terdiri dari ester- ester gliseril.

Ester- ester Ini tercantum pula asilgliserol, yang tidak hanya ialah senyawa antara ataupun pengangkut metabolik serta wujud penyimpanan asam lemak, serta fosfoglisericid yang ialah komponen utama lipid dari membran sel. Sphingolipid, kelas ketiga, pula ialah komponen membran.

Mereka berasal dari alkohol lemak shingosin. Sterol mencakup kelas ke 4 lipid. Derivat sterol, termasuk kolesterol, asam empedu, hormon steroid, serta vit D sangat berarti dari segi kesehatan. Aspek- aspek metabolisme ester kolesterol yang berkaitan dengan bagian bagian asam lemaknya.

Terpen, kelas terakhir lipid, mencakup dollikol serta vit A, D, E, K yang larut dalam lemak. Derivat- derivat isoprene ini ada dalam jumlah kecil, namun mempunyai guna metabolik yang sangat berarti serta terpisah.

Tabel 5. Fungsi Lipid

| NO | Lipid                                                                                                      | Fungsi                                                                                                                                                             |
|----|------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1  | Asam Lemak Prostaglandin                                                                                   | Bahan bakar metabolik, blok pembangunan untuk lipid lain modulator intrasel                                                                                        |
| 2  | Ester gliseril<br>Asil gliserol<br>Fosfoglisiril                                                           | Penyimpanan asam lemak, senyawa metabolik struktur membran                                                                                                         |
| 3  | Stingolipids<br>fingomielin<br>Glikosfingolipid                                                            | Struktur membran Membran antigen, permukaan                                                                                                                        |
| 4  | Derivat sterol<br>Kolesterol Ester<br>Kolesterol<br><br>Asam empedu<br><br>Hormon steroid<br><br>Vitamin D | Membran dan struktur lipoprotein<br>Penyimpanan dan angkutan<br><br>Pencemaan lipid dan absorpsi<br><br>Pengaturan metabolik<br><br>Metabolisme kalsium dan fosfor |

|   |               |                                |
|---|---------------|--------------------------------|
| 5 | TerpenDolikel | Sintesis glikoprotein          |
|   | Vitamin A     | Penglihatan, integritas epitel |
|   | Vitamin E     | Anti oksidan lipid             |
|   | Vitamin K     | Penyendalan Darah              |

### C. Sifat fisik dan kimia lipid

a. Bisa hadapi respon saponifikasi ataupun saponifikasi Lemak serta minyak dihidrolisis bersama. Hidrolisis merupakan penguraian garam oleh air. Respon hidrolisis ini bermanfaat buat penentu angka penyalinan. Bilangan penyabunan merupakan banyaknya mg KOH yang dibutuhkan buat menyabunkan 1 gr lemak. Tingkatan angka penyabunan ini sangat ketergantungan pada massa molar lemak.

b. Sanggup melaksanakan respon hidrogenasi. Respon hidrogenasi merupakan respon antara molekul hidrogen ( $H_2$ ) dengan faktor ataupun senyawa lain, umumnya mengaitkan katalis semacam nikel, paladium, serta platina. Respon hidrogenasi umumnya digunakan buat menciptakan senyawa baru yang bernilai komersial besar. Contoh produk yang diperoleh dari respon hidrogenasi merupakan minyak atsiri, mentega ataupun margarin.

### D. Pencernaan dan penyerapan lipid

Manusia mengkonsumsi 3 jenis biokimiawi santapan yang kaya tenaga: karbohidrat, protein serta lemak. Molekul- molekul besar tersebut tidak dapat menembus membran plasma utuh buat diserap dari lumen saluran pencernaan ke dalam darah atau limfe. Proses pencernaan, terutama pencernaan lemak menguraikan molekul- molekul lemak yang besar menjadi molekul nutrient yang lebih kecil yang dapat diserap.

#### 1). Masuknya Lemak Makanan ke Dalam Tubuh

Lemak yang terdapat dalam santapan ialah lemak netral, yang diketahui selaku trigliserida. Molekul trigliserida ini tersusun atas inti gliserol serta rantai samping 3 asam lemak. Awal mulanya, beberapa kecil trigliserida di cerna oleh enzim lipase menjadi asam lemak serta 1, 2- diasilgliserol di rongga mulut, enzim tersebut disekresikan oleh kelenjar Ebner pada permukaan dorsal lidah dan ditelan bersama dengan saliva. Enzim tersebut menjadi sangat aktif

pada kondisi asam, ialah kala memasuki antrum lambung. Tidak hanya itu, lambung juga mensekresikan lipase untuk mengolah trigliserid jadi asam lemak dangliserol. Pencernaan dengan enzim dari rongga mulut serta lambung ini tidak dominan, cuma 10% dari segala pencernaan yang akan terjalin serta kurang mempengaruhi terhadap pencernaan lemak itu sendiri. Pencernaan lemak sangat banyak serta utama terjalin di usus halus. Tidak hanya itu, lipase yang sangat efisien mengolah lemak dihasilkan oleh pankreas.

## 2). Emulsifikasi Lemak dan Pencernaannya

Oleh Lipase Pankreas Emulsifikasi lemak dimulai dari pencampuran santapan dengan enzim- enzim pencernaan di dalam lambung. Setelah masuk ke dalam duodenum, pankreas mulai mensekresikan garam empedu serta fosfolipid protein. Keduanya memecahkan gumpalan lemak sebagai ukuran yang sangat kecil, sehingga nantinya enzim lipase yang larut air bisa mencerna gumpalan lemak tersebut.

Garam empedu membantu pencernaan lemak melalui dampak deterjen( emulsifikasi lemak), yaitu mengubah globulus- globulus lemak yang berdimensi besar sebagai emulsi lemak yang terdiri dari banyak butir lemak yang terbenam dalam cairan kimus. Molekul garam empedu memiliki bagian larut lemak( steroid yang berasal dari kolesterol) ditambah bagian larut air yang bermuatan negatif. Bagian larut lemak hendak larut dalam butiran lemak, sehingga bagian bagian larut air yang bermuatan negatif hendak menonjol di permukaan butiran lemak. Gerakan peristaltik usus hendak memecah butiran lemak jadi butiran yang lebih kecil lagi. Butiran kecil ini hendak menyatu lagi apabila tidak ada garam empedu di permukaannya yang membentuk" selaput" bermuatan negatif larut air di permukaan tiap butir kecil tersebut. Sebab muatan yang sama hendak tolak- menolak, hingga gugus bermuatan negatif di permukaan butiran lemak hendak menimbulkan butiran lemak tersebut silih menolak satu sama lain. Dengan begitu, hendak tercipta emulsi lemak yang tingkatan luas permukaan lemak. Sehingga dengan meningkatnya luas permukaan tersebut, lipase pankreas bisa dengan gampang mengolah butiran lemak. Dengan terdapatnya emulsifikasi lemak ini, lemak jadi gampang di cerna oleh lipase pankreas, lumayan dalam 1 menit. Apabila tidak terdapat. garam empedu, hingga pencernaan lemak hendak berjalan sangat lelet.

## 3). Penyerapan Lemak

Garam empedu disekresikan oleh hepar mengarah usus 2 belas jari, kala konsentrasi garam empedu dalam usus besar, hingga lemak serta garam empedu berhubungan secara otomatis buat membentuk misel. Misel tercipta sebab tiap molekul garam empedu tersusun dari

suatu inti sterol yang sangat larut lemak, serta satu gugus polar yang sangat larut air. Misel ini ialah agregat silindris yang terdiri dari zat hidrofobik ataupun khawatir air( kolesterol, asam lemak, serta monogliserida) pada intinya serta selaput hidrofilik di bagian luar. Sebab selubung bagian luar misel tersebut larut dalam air, produk pencernaan lemak yang tidak larut air, bisa dibawa ataupun dilarutkan oleh zat larut lemak di inti misel. Sehingga misel ini jadi transportasi lemak mengarah brush border epitel enterosit. Asam lemak, monogliserida, serta kolesterol kesimpulannya berdifusi keluar dari misel serta mempertahankan seluruhnya agak senantiasa bersinggungan dengan brush border sel mukosa. Sehabis asam lemak leluasa serta 2-monogliserida tersebut hingga di dalam sel epitel, misel hendak senantiasa terletak di kimus buat mengangkat monogliserida serta asam lemak lebih banyak lagi sampai nanti garam empedu tersebut hendak diserap ulang di ileum halte oleh mekanisme transport aktif spesial buat di kembalikan ke hati serta di daur ulang sebab jumlahnya yang terbatas.

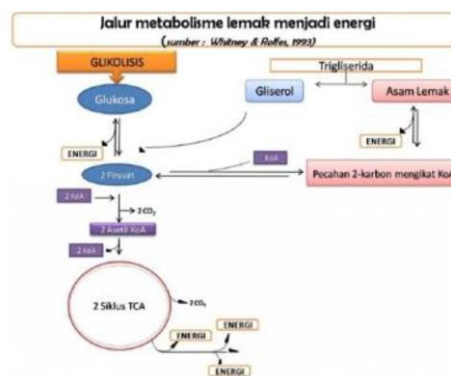
Beberapa kecil asam lemak rantai pendek serta asam lemak rantai lagi yang atom karbonnya kurang dari 10- 12 semacam asam lemak dari lemak susu, diabsorpsi langsung masuk ke dalam aliran darah portal tanpa di konversi( esterifikasi) terlebih dulu jadi trigliserida serta diabsorpsi lewat sistem limfatik. Asam lemak dengan atom karbon lebih dari 10- 12 hadapi esterifikasi kembali jadi trigliserida. Trigliserida- trigliserida ini bergabung membentuk butir- butir serta dibungkus oleh satu susunan lipoprotein( disintesis oleh retikulum endoplasma sel epitel) sehingga butir lemak tersebut bisa larut air. Butir lemak inilah yang diketahui selaku kilomikron. Kilomikron ini dikeluarkan lewat proses eksositosis dari sel epitel ke dalam peredaran limfatik. Pemicu perbandingan antara 13 absorpsi asam lemak rantai pendek serta panjang ini merupakan kalau asam lemak rantai pendek lebih larut air sehingga mayoritas tidak dikonversi jadi trigliserida oleh retikulum endoplasma serta langsung hadapi difusi dari sel epitel usus ke dalam darah kapiler vili usus.

## **E. Pengantar dan metabolisme lipid**

Triglycerida bisa disintesis dari asam lemak. Asam- asam lemak diaktifkan jadi asil koA oleh enzim asil koA sintetase dengan mengenakan ATP serta koA. 2 molekul asil koA bergabung dengan gliserol 3 fosfat buat membentuk 1, 2 diasilgliserol fosfat( fosfatidat) yang terjalin lewat 2 tingkatan ialah lisofosfatidat yang dikatalisis oleh gliserol 3 fosfat asiltransferase serta setelah itu oleh 1 asil gliserol 3 fosfat asiltransferase. Fosfatidat dikonversi oleh fosfatidat fosfahidrolase jadi 1, 2 diasil gliserol.

Dalam mukosa usus jalur monoasil gliserol terdapat dimana monoasil gliserol dikonversi jadi 1, 2 diasilgliserol. Setelah itu asil koA berikut diesterifikasi dengan diasil gliserol membentuk triasil gliserol yang dikatalisis oleh diasil gliserol asil transferase.

Apabila karbohidrat yang merambah badan melebihi yang dipakai selaku tenaga ataupun ditaruh dalam wujud glikogen, hingga kelebihan karbohidrat tersebut diganti jadi triglycedia serta ditaruh dalam jaringan adiposa. Mayoritas sintesis triglycedia terjalin dihati serta beberapa kecil didalam jaringan adiposa. Mula- mula karbohidrat dikonversi jadi asetil koA yang terjalin sepanjang pemecahan glukosa pada sistem glikolisis. Setelah itu asetil koA diganti jadi asam lemak malonil koA serta NADPH selaku perantara utama dalam proses polimerisasi.



**Gambar 15. Sistem Glikolisis**

## **BAB VI**

### **VITAMIN LARUT AIR**

#### **A. Pengertian Vitamin Larut Air**

Sebagian besar vitamin larut air merupakan komponen system yang banyak terlibat dalam membantu metabolisme energi. Vitamin larut air biasanya tidak disimpan dalam tubuh dan dikeluarkan melalui urine dalam jumlah kecil. Oleh sebab itu vitamin larut air perlu dikonsumsi setiap hari untuk mencegah kekurangan yang dapat terjadi mengganggu fungsi tubuh normal.

Vitamin larut air dikelompokkan menjadi vitamin C dan vitamin B kompleks. Vitamin B kompleks terdiri dari delapan faktor yang saling berkaitan fungsinya didalam tubuh dan terdapat didalam bahan makanan yang sama. Fungsinya terkait dalam proses metabolisme sel hidup, baik pada tumbuh-tumbuhan maupun hewan sebagai koenzim dan kofaktor.

#### **B. Fungsi Vitamin Larut Air**

##### **1). Vitamin C**

Vitamin c terdapat banyak fungsi di dalam tubuh sebagai koenzim dan kofaktor. Asam askrobat adalah bahan yang kuat kemampuan reduksinya dan bertindak sebagai antioksidan dalam reaksi-reaksi hidroksilasi. Berikut fungsi vitamin C :

- a. Sintesis Kolagen
- b. Sintesis Karnitin, Noradrenalin, Serotonin
- c. Absorpsi dan metabolisme zat
- d. Absorpsi kalsium
- e. Mencegah infeksi
- f. Mencegah kanker dan penyakit jantung

##### **2). Thiamin B1**

Dalam bentuk pirofosfat (TPP) atau difosfat (TDP), Thiamin berfungsi sebagai koenzim berbagai reaksi metabolisme energi. Thiamin dibutuhkan untuk dekarboksilasi oksidatif piruvat menjadi asetil KoA dan memungkinkan masuknya substrat yang dioksidasi kedalam siklus krebs untuk pembentukan energi. Walaupun Thiamin dibutuhkan dalam metabolisme lemak, protein dan asam nukleat, peranan utama adalah dalam metabolisme karbohidrat.



### 3). Riboflavin B2

Riboflamin mengikat asam fosfat dan menjadi bagian dari dua jenis koenzim FMN dan FAD. Kedua jenis berperan dalam reaksi oksidasi dalam sel sebagai pembawa hidrogen dalam system tranfor electron dalam mitokondria. FMN digunakan sebagai mengubah piridoksin (vitamin B6) menjadi koenzim fungsional, sedangkan FAD berperan dalam perubahan triptofan menjadi niasin.

### 4). Piridoksin B6

Piridoksi berperan sebagai bentuk fosforilasi PLP dan PMP sebagai koenzim terutama dalam transaminasi, dekarboksilasi, dan reaksi lain yang berkaitan dalam metabolisme protein.

### 5). Biotin B8

Berrfungsi sebagai koenzin pada reaksi-reaksi yang menyangkut penambahan atau pengeluaran karbon dioksida atau dari senyawa aktif.

### 6). Folasin B9

Fungsi utama koenzim folat (THFA) adalah memindahkan atom karbon tunggal dalam bentuk gugus formil, hidroksimetil atau metil dalam reaksi penting metabolisme dan beberapa asam amino dalam sistesis asam nukleat.

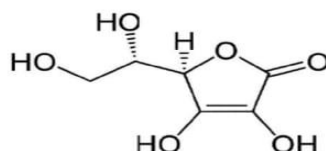
### 7). Kobalamin B12

Vitamin B12 diperlukan untuk mengubah kolat menjadi bentuk aktif, dan dalam fungsi normal metabolisme semua sel, terutama sel-sel saluran cerna, sum-sum tulang dan jaringan syaraf. Vitamin B12 merupakan kofaktor 2 jenis enzim yang terdapat pada manusia, yaitu metionin sintese dan metilmationil-KoA mutase.

## C. Jenis-jenis Vitamin Larut Air

### 1). Vitamin C

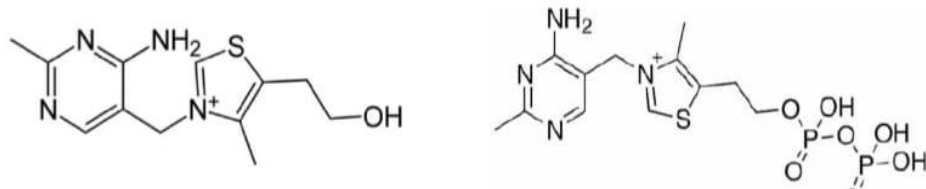
Vitamin C yang merupakan kristal putih mudah larut dalam air. Dalam keadaan kering, Vitamin C cukup stabil dalam keadaan larut, vitamin C dapat mudah rusak karena bersentuhan dengan udara (oksidasi) terutama bila terkena panas. Oksidasi di percepat dengan kehadiran tembaga dan besi. Vitamin C tidak akan stabil dalam larutan alkali, tetapi juga cukup stabil dalam larutan asam.



**Gambar 16. Struktur Vitamin**

## 2). Thiamin B1

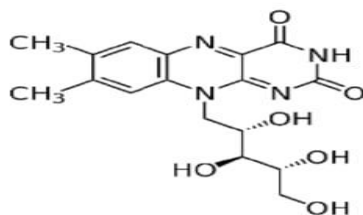
Thiamin dalam bentuk koenzim thiamin pirofosfat (TPP) atau trifosfat (TTP) memegang peranan esensial dalam transformasi energi, konduksi membran dan saraf serta dalam sintesis pentosa dan bentuk koenzim tereduksi dari niasin. Istilah tiamin menyatakan bahwa zat ini mengandung sulfur (tio) dan nitrogen (amina).



Gambar 17. Struktur thiamin dan Struktur thiamin pirofosfat

## 3). Riboflavin B2

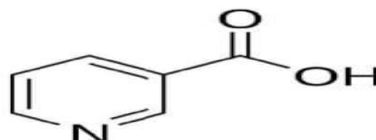
Riboflavin adalah kristal kuning. Riboflavin merupakan larut air, tahan panas, oksidasi dan asam, tetapi tidak tahan lama alkali dan cahaya terutama sinar UV.



Gambar 18. Struktur Riboflavin

## 4). Niasin B3

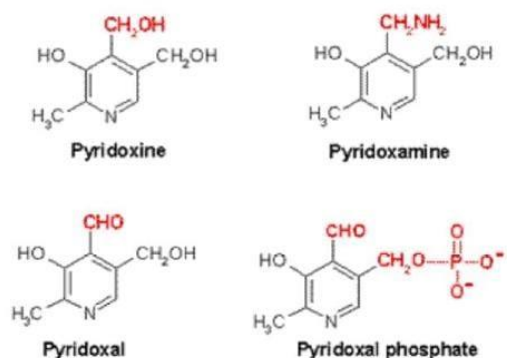
Niasin adalah istilah genetik untuk asam nikotinat dan turunan alami nikotinamida (niasin amida).



Gambar 19. Struktur Niasin

## 5). Piridoksin B6

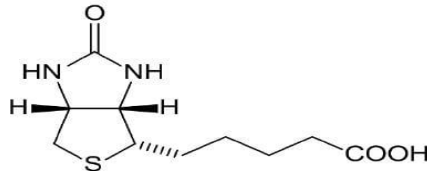
Piridoksin hidroklorida, adalah bentuk sinetik yang dapat digunakan sebagai obat. Vitamin B6 berperan sebagai koenzim yang berupa piridoksal fosfat (PLP) dan piridoksamin fosfat (PMP) dalam berbagai reaksi transaminase.



Gambar 20. Struktur piridoksin, piridoksamin, piridoksal, dan PLP

## 6). Biotin B8

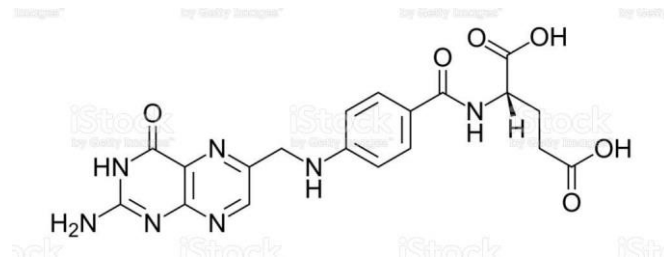
Biotin adalah suatu monokarboksilat terdiri atas cincin imidasol yang dapat bersatu dengan cincin tetrahidrotiofen. Bagian imidasol sangat penting sebagai tempat avidin, protein utama putih telur.



**Gambar 21. Struktur Biotin**

## 7). Folasin B9

Folasin dan folat adalah nama generik sekelompok ikatan yang secara kimiawi dan gizi sama dengan asam folat. Ikatan-ikatan ini berperan dalam koenzim sebagai transportasi pecahan-pecahan karbon-tunggal dalam metabolisme asam amino dan sintesis asam nukleat.



**Gambar 22. Struktur Asam Folat**

## 8). Kobalamin B12

Vitamin B12 adalah merupakan kristal merah yang dapat larut dalam air. Warna merah karena kehadiran kobalt. Vitamin B12 perlahan rusak karena asam encer, alkali, cahaya, dan bahan-bahan pengoksidasi, dan pereduksi. Pada pemasakan, kurang lebih 70% vitamin B12 dapat di pertahankan.



**Gambar 23. Struktur Kobalamin**

## D. Proses Pemnyerapan dan Pencernaan

### 1). Proses penyerapan vitamin larut air

Vitamin yang terdapat larut dalam air, yaitu vitamin B kompleks dan C, tidak di simpan, melainkan akan di dikeluarkan oleh sistem pembuangan tubuh. Akibat, karena selalu dibutuhkan asupan vitamin setiap hari.

Vitamin larut air langsung diserap melalui saluran darah dan ditransportasikan ke hati. Proses dan mekanisme penyerapan vitamin dalam usus halus dapat diperhatikan pada Tabel berikut ini :

| Jenis Vitamin | Mekanisme Penyerapan                                                                                                            |
|---------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Vitamin C     | Difusi pasif (lambat) atau menggunakan Na (cepat)                                                                               |
| Thiamin       | Difusi pasif (apabila jumlahnya dalam lumen usus sedikit) dengan bantuan $\text{Na}^+$ (bila jumlahnya dalam lumen usus banyak) |
| Riboflavin    | Difusi pasif                                                                                                                    |
| Niasin        | Difusi pasif (menggunakan $\text{Na}^+$ )                                                                                       |
| Piridoksin    | Difusi pasif                                                                                                                    |
| Asam Folat    | Menggunakan $\text{Na}^+$                                                                                                       |
| Vitamin B12   | Menggunakan bantuan faktor intrinsic (IF) dari lambung                                                                          |

**Tabel 6. Mekanisme Penyerapan**

### 2). Proses pencernaan vitamin larut air

Vitamin yang terdapat pada larut lemak atau minyak, jika berlebihan tidak dikeluarkan oleh tubuh, melainkan akan disimpan. Sebaliknya, vitamin yang larut dalam air yaitu vitamin B kompleks dan C tidak disimpan, melainkan akan dikeluarkan oleh sistem pembuangan tubuh. Akibatnya akan selalu dibutuhkan asupan vitamin tersebut setiap hari. Vitamin yang alami bisa didapatkan dari produk sayur, buah dan produk hewani. Seringkali makanan yang dapat terkandung dalam makanan atau minuman tidak dapat dalam keadaan bebas, melainkan terikat, baik secara fisik maupun kimia. Proses pencernaan makanan, baik didalam lambung maupun usus halus dapat membantu melepaskan vitamin dari makanan agar bisa diserap oleh usus. Vitamin diserap oleh usus dengan proses dan mekanisme yang berbeda. Vitamin larut air langsung diserap melalui saluran darah dan ditransportasikan ke hati.

## E. Proses pengantar metabolisme vitamin larut air

### 1). Vitamin C

Vitamin C mudah diabsorpsi secara aktif dan mungkin pula secara difusi pada bagian atas usus halus lalu masuk pada peredaran darah melalui vena porta. Rata-rata absorpsi adalah 90%

untuk konsumsi dinatara 20 dan 120 Mg sehari. Konsumsi tinggi sampai 12 gram (sebagai pil) hanya diabsorsi sebanyak 16%. Vitamin C kemudian dibawa kesemua jaringan. Konsentrasi tertinggi adalah di dalam jaringan adrenal, pituitari, dan retina.

Tanda-tanda definisi vitamin C adalah perubahan kulit, kerapuhan kapiler darah, diperlunakan gusi, gigi tanggal, dan fraktur tulang. Banyak gejala dapat disebabkan oleh kurangnya sintesis kolagen.

Tubuh dapat menyimpan hingga 1200 Mg Vitamin C bila konsumsi mencapai 100 Mg sehari. Jumlah ini dapat mencegah terjadinya skorbut selama 3 bulan. Tanda-tanda skorbut akan terjadi bila persediaan tinggal 300 Mg. konsumsi melebihi taraf kejenuhan berbagai jaringan dikeluarkan melalui urin dalam bentuk asam oksalat. Walaupun tubuh dapat mengandung sedikit vitamin C, Sebagian tetap dikeluarkan. Makanan yang tinggi dalam seng atau pektin dapat mengurangi absorsi sedangkan zat-zat dalam ekstra jeruk dapat meningkatkan absorsi.

## **2). Thiamin B1**

Tubuh manusia mengandung 20 samapai 70 Mg tiamin, 80% dalam bentuk TPP. Separuh dari tiamin terdapat didalam otot, selebihnyah di dalam hati, jantung, ginjal, dan otak. Tiamin berada dalam sirkulasi darah dalam jumlah kecil dan bentuk bebas. Ekskresi dilakukan melalui urin dalam bentuk utuh dan sebagian kecil dalam bentuk metabolit, terutama tiamin difosfat dan disulfit. Eksresi tiamin melalui urin menurun dengan cepat pada kekurangan tiamin. Tiamin dapat disintesis oleh mikroorganisme dalam saluran cerna manusia dan hewan, tetapi yang dapat dimanfaatkan oleh tubuh adalah kecil.

## **3). Riboflavin B2**

Riboflavin dibebaskan dari ikatan-ikatan protein sebagai FAD dan FMN didalam lembung bersuasanan asam. Riboflavin dan FMN dalam aliran darah sebagian besar terikat pada albumin dan Sebagian kecil pada imonoglobulin G. riboflavin dan metabolitnya terutama disimpan dalam hati, jantung dan ginjal. Simpanana riboflavin terutama dalam bentuk FAD yang memiliki 70-90% vitamin tersebut. Kosentrasinyah lima kali FMN dan lima puluh kali riboflavin. Sebanyak 200µg riboflavin dan metabolitnyah dikeluarkan melalui urine tiap hari. Jumlahnya berkandungan pada konsumsi dan kebutuhan jaringan.

## **4). Niasin B3**

Didalam usus halus niasim dihidrolisis dan diabsorsi sebagai asam nikotinat, Nokotinamida dan Nikotinamida mononukleotida kelebihan niasin dibuang melalui urin.

## **5). Piridoksin B6**

Vitamin B6 penting dalam metabolisme asam amino & glikogen, juga dalam kerja hormon steroid. Terdapat enam senyawa yang memiliki aktivitas vitamin B6 piridoksin,

piridoksal, piridoksamin, dan turunan 5-fosfatnya. Koenzim aktif adalah piridoksal 5-fosfat. Sekitar 80% Vitamin B6 total dalam tubuh adalah piridoksal fosfat di otot, Sebagian besar berkaitan dengan glikogen fosforilase. Bentuk ini tidak dapat digunakan pada keadaan defisien tetapi dibebaskan jika terjadi kelaparan. Vitamin B6 memiliki beberapa peran dalam metabolisme piridoksal fosfat adalah suatu koenzim bagi banyak enzim yang terlibat dalam metabolisme asam amino, khususnya transaminase dan dekarboksilasi. Vitamin ini juga merupakan kofaktor glikogen fosforilase, dan gugus fosfat penting untuk katalis selain itu, B6 penting bagi kerja hormon steroid.

#### **6). Biotin B8**

Biotin diabsorpsi secara aktif dalam duodenum dan ileum bagian atas, serta disimpan atau digunakan setelah diubah menjadi biotin didalam hati, otot, dan ginjal. Biotin tersebar luas di banyak makanan sebagai biotin, yang dibebaskan pada proteolisis. Putih telur mengandung avidin, suatu protein yang mengikat biotin dan menyebabkan biotin tidak dapat diserap. Biotin dalam usus besar dapat disintesis oleh bakteri, sehingga ekskresi biotin melalui feses dapat mencapai 3 sampai 6 kali lebih besar dari pada konsumsi melalui makanan.

#### **7). Asam folat B9**

Folat dalam makanan terdapat Sebagian poliglutamat yang terlebih dahulu harus dihidrolisis menjadi bentuk monoglutamat di dalam mukosa usus halus, sebelum ditransportasi secara aktif kedalam sel usus halus. Defisiensi B12 yang menyebabkan defisiensi fungsional asam folat, mempengaruhi sel yang cepat membelah karena sel ini sangat membutuhkan timidin untuk membentuk Dna, secara klinis mempengaruhi sumsum tulang, menyebabkan anemia megaloblastic.

#### **8). Kobalamin B12**

Dalam keadaan normal sebanyak kurang lebih 70% vitamin B12 yang dikonsumsi dapat diabsorpsi. Angka ini menurun hingga 10% pada konsumsi melebihi lima kali Angka Kecukupan Gizi (AKG).

Proses absorpsi, dimulai dari penampilan B12 dalam vena porta memakan waktu 8-12 jam. Vitamin B12 yang terikat pada *TC-2* kemudian dibawa ke jaringan-jaringan tubuh oleh reseptor-reseptor khusus. Vitamin B12 yang terdapat pada empedu dan sekresi saluran cerna lain disalurkan Kembali melalui sirkulasi entero hepatic. Dengan demikian, simpanan vitamin B12 dapat bertahan hingga 10 tahun. Kekurangan konsumsi vitamin B12 baru menunjukkan tanda-tanda setelah 10 tahun. Bila absorpsi vitamin B12 dalam saluran cerna terganggu karena kekurangan faktor intrinsic, akibatnya baru terlihat setelah 4 hingga 10 tahun.

## BAB VII

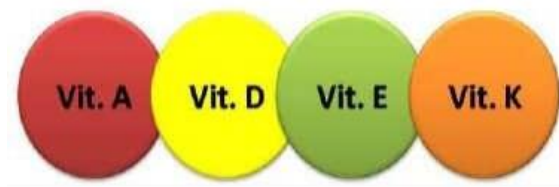
### VITAMIN LARUT LEMAK

#### A. DEFINISI VITAMIN DAN VITAMIN LARUT LEMAK

##### a. Defenisi Vitamin

Vitamin adalah sekelompok senyawa organik berbobot molekul kecil yang memiliki fungsi vital dalam metabolisme organisme. Sebagai salah satu komponen gizi, vitamin diperlukan memperlancar proses metabolisme tubuh, dan tidak berfungsi menghasilkan energi. Vitamin terlibat dalam proses enzimatik. Tubuh memerlukan vitamin dalam jumlah sedikit, tetapi jika kebutuhan yang sedikit itu diabaikan, akan mengakibatkan terganggunya metabolisme di dalam tubuh kita karena fungsinya tidak dapat digantikan oleh senyawa lain. Kondisi kekurangan vitamin disebut avitaminosis.

##### b. Vitamin Larut Lemak



**Gambar 24. vitamin larut lemak**

Vitamin larut lemak adalah vitamin yang dapat larut dalam lemak dan pelarut lemak. Vitamin ini dapat ditampung di dalam tubuh dalam jaringan lemak bila konsumsinya berlebih. Berbeda dengan vitamin larut air yang bila berlebih maka dibuang melalui urin. Karena sifatnya larut air. Vitamin larut lemak terdiri dari 4 jenis, yaitu vitamin A, D, E, dan K. Masing-masing jenis vitamin tersebut memiliki peranan faali tertentu di dalam tubuh. Sebagian besar vitamin larut lemak diabsorpsi bersama lipida lain. Absorpsi membutuhkan cairan empedu dan pankreas. Vitamin larut lemak diangkut ke hati melalui sistem limfe sebagai bagian dari lipoprotein, disimpan di berbagai jaringan tubuh dan biasanya tidak dikeluarkan melalui urin. (Almatsier, 2009)

#### B. JENIS DAN FUNGSI VITAMIN LARUT LEMAK

##### a. VITAMIN A (retinol)

Vitamin A ditemukan pada tahun 1913 oleh Mc. Collum dan Davis. Vitamin A adalah vitamin antioksidan yang larut dalam minyak dan penting bagi penglihatan dan pertumbuhan tulang, secara luas vitamin A merupakan nama generic yang menyatakan semua retinoid dan precursor /provitamin A / karotenid yang mempunyai aktivitas biologis sebagai retinol. Retinol diserap dalam bentuk precursor.

### 1) Susunan Kimia

Vitamin A adalah Kristal alcohol yang dalam bentuk aslinya berwarna putih dan larut dalam lemak atau pelarut lemak. Dalam makanan vitamin A biasanya terdapat dalam bentuk ester retenil, yaitu terikat pada asam lemak rantai panjang. Rumus kimia dari Vitamin A adalah  $C_{20}H_{30}O$  dan mempunyai berat molekul 286.456 g/mol.

### 2) Jenis

Menurut jenisnya vitamin A dikenal menjadi 4 bentuk, yaitu :

1. Retinol Vitamin A (Vitamin A Alkohol)
2. Retinyl ester vitamin A (Vitamin A ester)
3. Retinaldehid vitamin A (Vitamin A aldehyd)
4. Retionic acid (Vitamin Acid/asam)

### 3) Sumber Makanan

Sayur-sayuran dan buah-buahan merupakan pembawa vitamin A terbanyak. Sebagian besar makanan yang mengandung vitamin A adalah yang berwarna cerah (meskipun tidak semua makanan yang cerah mengandung vitamin A). Sayuran yang kaya akan vitamin A adalah wortel, ubi, labu kuning, bayam dan melon. Susu, keju mentega dan telur juga mengandung vitamin A.

### 4) Fungsi Bagi Tubuh

Vitamin A berperan dalam proses-proses didalam tubuh, yaitu :

1. Membantu proses penglihatan dengan menghasilkan rodopsin
2. Membantu metabolisme protein
3. Membantu pembentukan kembali sel-sel tubuh
4. Untuk Kekebalan Tubuh

### 5) Kebutuhan Vitamin A

Sulit untuk menentukan jumlah kebutuhan vitamin A. Vitamin A ini diproduksi dari dalam dua senyawa yang berbeda yang diubah didalam tubuh menjadi vitamin A. Dalam sumber makanan hewani, tersedia dalam bentuk retinol, dalam sumber makanan nabati berada dalam bentuk beta-karoten, yang kurang efisien dibanding retinol untuk produksi ekivalen, RE. Jumlah vitamin A yang direkomendasikan adalah 1000 mikro-gram RE perhari untuk pria dan 800 mikro-gram untuk wanita.

### 6) Dampak Apabila Kekurangan atau kelebihan

Akibat kekurangan (defisiensi) Vitamin A



1. Terhadap mata

- Rabun senja
- Selaput conjunctiva mengering
- Bitot spot pada conjunctiva
- Mata kering

2. Terhadap Kulit

- Kulit mengering
- Kulit kasar

3. Terhadap darah : kadar vitamin A berkurang

4. Pertumbuhan terganggu

Akibat kelebihan (ekses) Vitami A bisa menyebabkan keracunan dengan tanda tanda sebagai beriku :

1. Cepat lelah
2. Rambut rontok
3. Kulit kasar
4. Mual dan muntah
5. Pusing

#### **b. VITAMIN D (colecalfiferol)**

Vitamin ini pertama kali ditemukan pada tahun 1924 oleh Steenbook dan hess, yang menyatakan bahwa makanan yang terkena sinar ultraviolet mempunyai daya anti rakitis. Dan selanjutnya pada tahun 1930 ditemukanlah vitamin D dalam bentuk kristal. Vitamin D dapat dibentuk dalam tubuh dengan bantuan sinar matahari. Bila tubuh mendapatkan cukup sinar matahari, maka konsumsi vitamin D melalui makanan dapat berkurang, karena kebutuhan vitamin D dalam tubuh dapat disintesis oleh tubuh.

##### **1). Susunan Kimia**

Vitamin D adalah nama generik dari dua molekul, yaitu ergokalsiderol (Vitamin D<sub>2</sub>) dan Kolekalsiferol (Vitamin D<sub>3</sub>). Prekursor vitamin D hadir dalam fraksi sterol dalam jaringan hewan (di bawah kulit) dan tumbuh-tumbuhan berturut-turut dalam bentuk dehidrokolesterol dan ergosterol. Keduanya membutuhkan radiasi sinar ultraviolet untuk mengubahnya ke dalam bentuk provitamin D<sub>2</sub>. (ergokalsiderol) dan D<sub>3</sub> (Kolekalsiferol). Adapun rumus kimia dari vitamin D ini adalah C<sub>22</sub>H<sub>44</sub>O.

## 2). Sumber Makanan

Sumber-sumber makanan dari vitamin D adalah telur, hati dan ikan, seperti halnya susu dan margarine yang diperkaya dengan vitamin D.

## 3). Fungsi Bagi Tubuh

Fungsi vitamin D bagi tubuh adalah untuk :

1. Membantu absorpsi Ca dan P dari usus halus.
2. Membantu transpor Ca dalam sel.
3. Pembentukan tulang dan gigi dalam bersama-sama Ca dan P.
4. Menjaga keseimbangan Ca dan P.

## 4). Kebutuhan Vitamin D

Vitamin D mempunyai suatu karakteristik yang membedakannya dari vitamin yang lain yaitu dapat diproduksi oleh sinar matahari, Hal ini berarti bahwa vitamin D dapat diperoleh dengan penerpaan tetap sinar matahari secara teratur, dan tidak perlu tambahan konsumsi vitamin D. RDA untuk vitamin D adalah 5 mikro- gram perhari. Meskipun jumlah vitamin D yang terbentuk meningkat sepanjang kulit terkena sinar matahari, tetapi sinar matahari sendiri tidak dapat menyebabkan vitamin D sampai pada tingkat keracunan.

## 5). Dampak Akibat Kekurangan dan Kelebihan

Akibat Kekurangan (defisiensi) Vitamin D

1. Penyakit rakitis pada anak-anak
2. Osteomalacia pada orang dewasa
3. Hypoplasia dan kerusakan gigi geligi
4. Rakhitis dan osteomalacia di daerah tropik
5. Tetani karena :
6. Serum Ca rendah sehingga kejang-kejang
7. Gangguan parathyroid

Akibat kelebihan (ekses) Vitamin D hanya dialami

oleh anak-anak dengan gejala sebagai berikut :

1. Muntah-muntah
2. Sering kencing dan mencret
3. Neuralgia (nyeri syaraf urat)
4. Sakit kepala dan pusing-pusing
5. Rasa sakit pada gigi dan gusi

## 6. Rasa sakit pada otot dan tulang

### c. Vitamin E (tokoferol)

Vitamin ini ditemukan oleh Evans dan Bishop pada tahun 1928. Asal kata Vitamin E atau tocopherol adalah bahasa Grick :

1. Tokos yang artinya kelahiran
2. Pherin yang artinya mengandung atau membawa
3. Menggunakan akhiran ol karena vitamin ini membawa suatu senyawa sterol, jadi vitamin E atau tokopherol adalah vitamin yang penting artinya bagi proses reproduksi atau kelangsungan keturunan. Vitamin ini sering disebut juga dengan anti sterilitas

#### 1) Susunan Kimia

Vitamin E tidak berbau dan tidak berwarna, sedangkan vitamin E sintetik yang dijual secara komersial biasanya berwarna kuning muda hingga kecoklatan. Vitamin E larut dalam lemak dan dalam sebagian besar pelarut organik, tetapi tidak larut dalam air. Adapun rumus kimia dari vitamin E ( tokoferol = anti sterilitas ) adalah  $C_{29}H_{50}O_2$ .

#### 2). Sumber Makanan

Vitamin E banyak tersedia dalam sayuran dan minyak biji-bijian, yang dapat ditemukan dalam bentuk margarine, salad dressing, dan shortening. Minyak kacang dan minyak kulit gandum mempunyai konsentrasi vitamin E yang tertinggi. Tingkat selanjutnya adalah minyak jagung dan minyak biji bunga matahari. Satu sendok makan dari sumber tersebut mengandung lebih dari RDA vitamin E. Sebaliknya, lemak hewani seperti butter dan susu hampir tidak mengandung vitamin E. Hal ini karena vitamin E mudah rusak oleh pemanasan, maka akan lebih baik memperolehnya dari makanan segar.

#### 3). Fungsi bagi tubuh

Fungsi Vitamin E bagi tubuh manusia antara lain :

1. Dapat mencegah oksidasi vitamin A dan karoten dalam usus halus
2. Berpengaruh pada proses reproduksi atau kesanggupan untuk memperoleh keturunan
3. Dapat membantu menutupnya luka, karena mempengaruhi pembentukan prothrombin di dalam hati
4. Merupakan obat mujarab bagi gangguan menstruasi

5. Mencegah keguguran
6. Meningkatkan reproduksi air susu
4. Kebutuhan Vitamin E

RDA untuk vitamin E adalah 10 mg perhari untuk pria dan 8 mg perhari untuk wanita.

#### 5. Dampak Apabila Kekurangan dan Kelebihan

Akibat kekurangan (defisiensi) Vitamin E

1. Kekurangan yang ekstrem dapat menyebabkan jangka hidup butir darah merah menjadi lebih pendek, yaitu hanya 110 hari dibandingkan 123 hari pada kondisi normal.
2. Dapat mengakibatkan kegagalan mempunyai anak
3. Pada wanita hamil akan menyebabkan bayi lahir prematur dan berat badan bayi yang lahir relatif rendah.

Akibat kelebihan(ekses) Vitamin E tidak ditunjukkan oleh semua manusia, tetapi ada individu yang menunjukkan gejala keracunan yang ditandai dengan rasa mual.

#### **d. Vitamin K (fitomenadion)**

Vitamin ini ditemukan oleh De.Dam dari keponham pada tahun 1935.Vitamin ini ditentukan sebagai coagulation vitamin ,karena itni penting artinya mencegah pendarahaan yang berakibat fatal.

##### 1). Susunan Kimia

Vitamin K adalah vitamin yang cukup tahan terhadap panas ,termasuk cara memasak menggunakan air. Vitamin K tidak tahan terhadap alkali dan cahaya .adapun rumus kimia dari vitamin K adalah  $C_{32}H_{46}O_2$ .

##### 2). Sumber Makanan

Sistem pencernaan dari manusia mengandung bakteri yang dapat mensintesis vitaminK ,yang sebagian diserap dan disimpan didalam hati. Tubuh perlu memdapatkan tambahan vitamin K dari makanan.

##### 3). Fungsi Bagi Tubuh

Fungsi Vitamin K bagi tubuh adalah :

- a). Membantu pembentukan prothrombin dan zat pembeku darah lainnya.
- b). Sebagai kofaktor dalam pembentukan carboxy glutamic aciddari glutamic acid.

#### 4). Kebutuhan Vitamin K

Kebanyakan sumber vitamin K didalam tubuh adalah hasil sintesis oleh bakteri di dalam sistem pencernaan. Sumber vitamin K dalam makanan adalah hati, sayur-sayuran perwarna hijau yang berdaun banyak, sayuran sejenis kobis (kol) dan susu.

#### 5). Dampak Apabila Kekurangan dan Kelebihan

Akibat kekurangan (defisiensi) vitamin K adalah tidak dapat dibentuknya prothrombin oleh hati, sehingga darah sulit membeku jika mengalami luka. Tetapi kekurangan ini tidak lazim terjadi, karena vitamin k terdapat secara luas dalam makanan Pada orang dewasa, kekurangan ini dapat disebabkan

- a). Gangguan penyerapan karena adanya penyumbatan pada saluran empedu.
- b). Gangguan sintesa dalam usus disebabkan oleh diare. Sedangkan pada bayi dapat disebabkan oleh Persediaan vitamin K pada waktu dilahirkan relatif rendah, Kekurangan bakteri flora dalam usus, dan Rendahnya kadar vitamin k dalam colestum (susu awal)

Kelebihan (ekses) Vitamin K diberikan dalam entuk berlebihan berupa vitamin K sintetis menadion. Gejala vitamin k adalah hemolisis sel darah merah, sakit jantung (jaundice) dan kerusakan pada otak

### **C. PENCERNAAN DAN PENYERAPAN VITAMIN LARUT LEMAK**

#### **1. Pencernaan dan Penyerapan Vitamin A**

Dalam makanan alami (nabati maupun hewani) vitamin berbentuk ester, tetapi dalam saluran pencernaan terjadi hidrolisis ester vitamin A sehingga membentuk retinol bebas dimana dapat diabsorpsi oleh dinding usus halus dengan proses penyerapan aktif melalui epitel dinding saluran usus halus masuk ke dalam darah. Provitamin A diserap sambil diubah menjadi retinol (vitamin A) di dalam sel epitel usus. Untuk menghidrolisis ester vitamin A diperlukan enzim hidrolase untuk perubahan karoten menjadi vitamin A diperlukan enzim 5,5 '-dioksi hidrolase. Enzim ini terdapat terutama di dalam sel epitel mukosa usus dan sel hati. Untuk penyerapan karoten diperlukan adanya empedu. Setelah diabsorpsi vitamin A dijadikan ester kembali dan ditranspor oleh kilomikron melalui duktus toracicus, masuk ke dalam sel-sel parenkim hati. Sebagian Vitamin A disimpan di sel hati, dan sebagian lagi dihidrolisa menjadi retinol dan dikonjugasikan dengan PRBP (plasma Retinol Binding Protei) dan dikeluarkan lagi dari sel hati ke dalam aliran darah. Di dalam plasma diikat lagi oleh prealbumin dan sebagai kompleks retinol-pRBP-PA vitamin A ini ditranspor dari tempat penimbunan di hati ke sel-sel target yang memerlukan vitamin A di seluruh jaringan tubuh.

## **2. Pencernaan dan penyerapan Vitamin D**

Untuk penyerapan vitamin D diperlukan adanya garam empedu. Mengenai transportasi, metabolisme dan ekskresi vitamin D belum banyak diketahui, sehingga masih memerlukan banyak penelitian lebih lanjut.

## **3. Pencernaan dan penyerapan Vitamin E**

Ester vitamin E yang terdapat di dalam makanan dihidrolisis oleh enzim lipase dari sekresi pankreas vitamin E yang disebabkan diserap bersama lipoid dan asam lemak hasil pencernaan. Vitamin E mempergunakan misel yang dibentuk oleh asam lemak dan garam empedu sebagai carrier dalam proses penyerapan, bersama dengan vitamin A, Vitamin D, dan Vitamin K setelah diserap, transpor lebih lanjut dalam kilomikron melalui jalur duktus toracicus, pada mamalia. Pada spesies burung setelah diserap vitamin E oleh patokimron ke jalur vena porta. Ekskresi vitamin E ditemukan dalam feses maupun urine.

## **4. Pencernaan dan Penyerapan Vitamin K**

Penyerapan vitamin K memerlukan garam empedu dan lemak di dalam hidangan. Garam empedu dan lemak makanan yang dicerna membentuk misel yang berfungsi sebagai transpor carrier bagi vitamin K. Mekanisme penyerapan vitamin K terjadi secara aktif dibagian proksimal usus halus. Penyerapan ini memerlukan energi transpor vitamin K dari usus halus terjadi bersama dengan transpor lemak yang baru diserap, yaitu melalui duktus toracicus. Setelah diserap, phyloquinon terutama terdapat didalam hati dan retensi di sini berlangsung cukup lama.

# **D. PENGANTAR METABOLISME VITAMIN LARUT LEMAK**

## **1. Metabolisme Vitamin A**

Vitamin A yang di dalam makanan sebagian besar terdapat dalam bentuk ester retinil, bersama karotenoid bercampur dengan lipida lain di dalam lambung. Di dalam sel-sel mukosa usus halus, ester retinil dihidrolisis oleh enzim-enzim pankreas esterase menjadi retinol yang lebih efisien diabsorpsi daripada ester retinil. Sebagian dari karotenoid, terutama beta-karoten di dalam sitoplasma sel mukosa usus halus dipecah menjadi retinol. Retinol di dalam mukosa usus halus bereaksi dengan asam lemak dan membentuk ester dan dengan bantuan cairan empedu menyeberangi sel-sel vili dinding usus halus untuk kemudian diangkut oleh kilomikron melalui sistem limfe ke dalam aliran darah menuju hati. Dengan konsumsi lemak yang cukup, sekitar 80-90% ester retinil dan hanya 40-60% karotenoid yang diabsorpsi. Hati berperan sebagai tempat menyimpan vitamin A utama di dalam tubuh. Bila tubuh memerlukan, vitamin A dimobilisasi dari hati dalam bentuk retinol yang diangkut oleh Retinol Binding-

Protein (RBP) yang disintesis di dalam hati. Pengambilan retinol oleh berbagai sel tubuh bergantung pada reseptor pada permukaan membran yang spesifik untuk RBP. Retinol kemudian diangkut melalui membran sel untuk kemudian diikatkan pada Cellular Retinol Binding-Protein (CRBP) dan RBP kemudian dilepaskan (Almatsier, 2009).

## **2. Metabolisme Vitamin D**

Vitamin D<sub>3</sub> (kolekalsiferol) dibentuk di dalam kulit oleh sinar ultraviolet dari 7-dehidrokolesterol. Sinar matahari juga dapat mengubah provitamin D<sub>3</sub> menjadi bahan yang tidak aktif. Banyaknya provitamin D dan bahan tidak aktif yang dibentuk bergantung pada intensitas radiasi ultraviolet. Faktor lain yang berpengaruh terhadap pembentukan provitamin D<sub>3</sub> adalah pigmentasi, penggunaan alas penahan matahari (sunscreen) dan lama waktu penyingkapan terhadap matahari (Sediaoetama, 1985).

## **3. Metabolisme Vitamin E**

Ester vitamin E yang terdapat di dalam bahan makanan, dihidrolisa oleh enzim lipase dari sekresi pankreas dan vitamin E yang dibebaskan diserap bersama lipoid dan asam lemak hasil pencernaan. Vitamin E menggunakan misel yang dibentuk oleh asam lemak dan garam empedu sebagai carrier dalam proses penyerapan, bersama dengan vitamin A, D dan K. Vitamin E disimpan di dalam hati dan jaringan lemak (Sediaoetama, 1985).

## **4. Metabolisme Vitamin K**

Vitamin K tidak dapat disintesa oleh tubuh, tetapi suplai Vitamin K bagi tubuh berasal dari bahan makanan dan dari sintesa oleh mikroflora usus yang menghasilkan Menaquinone. Pada pengobatan dengan antibiotik terutama bila untuk jangka panjang, mikroflora usus dapat terbunuh dalam jumlah besar dengan akibat suplai vitamin K untuk tubuh menjadi kurang dan dapat terjadi defisiensi vitamin K (Sediaoetama, 1985).

## **BAB VIII**

### **MINERAL MAKRO**

#### **A. Pengertian Mineral**

Mineral sangat penting untuk mengontrol komposisi cairan tubuh dan diperlukan untuk fungsi normal beberapa enzim. 65% adalah air dalam berat badan. Sebagian besar komponen anorganik tubuh manusia adalah natrium, kalium, kalsium, magnesium, besi, fosfor, klorida, dan belerang. Ion dan mineral tulang adalah dua contoh unsur-unsur ini, seperti juga cairan tubuh. Mineral ini adalah bagian penting dari diet. Elemen jejak adalah komponen makanan penting tambahan yang hadir dalam jumlah yang sangat kecil. Tembaga, molibdenum, kobalt, mangan, seng, kromium, selenium, yodium, dan fluor hanyalah beberapa contoh.

Mineral adalah bagian dari tubuh dan memainkan peran penting dalam menjaga fungsi tubuh secara keseluruhan, serta pada tingkat sel jaringan, organ, dan tubuh secara keseluruhan. Berapa banyak mineral kapan saja dapat berubah karena beberapa faktor :

##### **1. Ketersediaan biologis mineral**

Hal ini ditentukan oleh ketersediaan biologisnya, yaitu jumlah nutrisi yang dapat diserap tubuh. Beberapa nutrisi mungkin tidak dilepaskan dengan mudah atau benar saat makanan dicerna.

##### **2. Interaksi mineral dengan mineral**

Mineral yang memiliki berat sub-atomik dan jumlah muatan (valensi) yang sama bersaing satu sama lain untuk dicerna, misalnya magnesium, kalsium, besi, dan tembaga yang memiliki valensi +2. Mengonsumsi terlalu banyak kalsium akan mencegah penyerapan zat besi. Saat mengonsumsi suplemen mineral, kita perlu berhati-hati.

##### **3. Interaksi vitamin dengan mineral**

Mengonsumsi vitamin C dan zat besi sekaligus meningkatkan penyerapan zat besi. Kolesterol vitamin D meningkatkan konsumsi kalsium. Mineral diperlukan bagi banyak vitamin untuk menjalankan fungsi metabolismenya.

##### **4. Interaksi serat dan mineral**

Bahan dalam makanan yang tidak mengandung mineral memiliki dampak yang signifikan terhadap ketersediaan mineral secara biologis. Asam oksalat dalam bayam dan asam fitat dalam serat kacang-kacangan dan sereal keduanya meningkatkan mineral tertentu, mencegah penyerapan kalsium, zat besi, seng, dan magnesium dari makanan berserat tinggi (lebih dari 35 gram per hari).



## **B. Pengertian Mineral Makro**

Tubuh membutuhkan makro-mineral dalam jumlah lebih besar dari 100 miligram per hari. Mineral adalah komponen tubuh yang penting untuk menjaga fungsi sel, jaringan, organ, dan tubuh secara keseluruhan. Mineral juga berperan pada berbagai tahap metabolisme, terutama sebagai kofaktor untuk aktivitas enzim. Aktivitas enzim hanya dapat dikontrol dengan mempertahankan rasio ion mineral tertentu dalam cairan tubuh.

Mineral yang dibutuhkan manusia dicirikan menjadi dua golongan, yaitu mineral makro dan mineral mikro. Mineral makro ialah ukuran mineral yang umumnya tinggi ( $>0,05\%$  dari berat badan) dalam jaringan tubuh atau diharapkan oleh tubuh dalam jumlah  $>100$  mg setiap hari. Mineral mikro disinggung sebagai berikut komponen (komponen minor) yang terdapat  $<0,05\%$  dari berat badan atau dibutuhkan oleh tubuh dalam takaran 100 mg per hari. Di dalam tubuh, mineral (makromineral) melakukan banyak fungsi biologis, termasuk kontrol tekanan osmotik, pengaturan cairan, dan keseimbangan elektrolit, semuanya dipertahankan di sini. Kontrol kontraksi otot, fungsi saraf, dan tonus pembuluh darah. Kontrol pH di dalam sel. Mineralisasi tulang dan gigi Pembekuan darah. aktivasi banyak enzim (fungsi kofaktor). Kita akan berbicara tentang mineral makro di bagian berikut. yang meliputi antara lain mineral makro: Fosfor (P) dan natrium (Na). Kalium (K), magnesium (Mg), dan klorida (Cl). Natrium (S). Ca (Kalsium).

## **C. Klasifikasi Mineral Makro**

### **1). Natrium (Na)**

Kation yang paling umum dalam cairan ekstraseluler adalah natrium. Kerangka tubuh terdiri dari 35-40% natrium. Di dalam tubuh, natrium dilacak di dalam sel (intraskuler) dan sebagian besar dalam cairan di luar sel (ekstraseluler). Selain hal-hal lain, cairan gastrointestinal, seperti cairan empedu dan pankreas, mengandung banyak natrium. Garam meja atau NaCl adalah sumber natrium yang paling umum. Dalam makanan sehari-hari, garam dapur berfungsi sebagai bumbu dan pengawet. Namun, baru pada tahun 1937 menjadi jelas bahwa itu adalah nutrisi yang diperlukan.

### **2). Kalsium (Ca)**

Kalsium merupakan mineral yang paling banyak terdapat di dalam tubuh, yaitu 1,5-2% dari berat badan orang dewasa atau kurang lebih 1 kg. Sebagian besar jumlah tersebut dapat ditemukan dalam bentuk hidroksiapatit pada jaringan keras seperti gigi dan tulang. Kalsium memainkan peran penting dalam mengatur fungsi sel baik dalam cairan ekstraseluler dan

intraseluler, seperti transmisi saraf, kontraksi otot, pembekuan darah, dan menjaga permeabilitas membran sel. Faktor pertumbuhan dan hormon dikendalikan oleh kalsium.

### 3). Klor (Cl)

Klorin adalah anion utama cairan ekstraseluler. Konvergensi klorin yang paling penting diamati dalam cairan serebrospinal (otak dan garis tulang belakang), lambung dan pankreas.

### 4). Kalium (K)

Seperti natrium, kalium adalah ion dengan muatan positif dalam sel. Cairan intraseluler memiliki rasio natrium-ke-kalium 1:10. sedangkan di cairan ekstraseluler 28:1. Tubuh menyimpan hingga 95% potasiumnya dalam cairan intraseluler.

### 5). Fosfor (P)

Fosfor, yang menyumbang 1% dari berat badan, merupakan mineral paling banyak kedua di dalam tubuh. Garam kalsium fosfat, yang merupakan komponen tidak larut dari kristal hidroksiapatit yang ditemukan di gigi dan tulang, menyusun sekitar 85% fosfor tubuh. Tulang diperkuat dan dikakukan oleh hidroksiapatit.

Kalsium dan fosfor hidup berdampingan di dalam tulang dengan perbandingan 1:2. Semua sel tubuh mengandung fosfor yang tersisa, setengahnya ditemukan di otot dan cairan ekstraseluler. Fosfor sangat penting untuk asam nukleat DNA dan RNA yang tersedia di inti setiap sel dan sitoplasma setiap sel hidup. Faktor adalah komponen struktural dinding sel dan merupakan fosfolipid. Fosfor, sebagai fosfat organik, terlibat dalam banyak reaksi yang melibatkan penyimpanan atau pelepasan energi dalam bentuk adenosin trifosfat (ATP).

### 6). Magnesium (Mg)

Setelah natrium, magnesium merupakan kation yang paling melimpah dalam cairan intraseluler. Magnesium di alam sangat penting untuk klorofil daun. Magnesium melayani tujuan yang sama pada tumbuhan seperti halnya besi pada manusia mengikat hemoglobin ke darah untuk respirasi. Berbagai tulang dan gigi mengandung magnesium, 26% otot, dan sisanya jaringan lunak dan cairan tubuh mengandung magnesium.

### 7). Sulfur (S)

Asam amino metionin dan sistein, serta vitamin tiamin dan biotin, adalah salah satu nutrisi penting yang mengandung sulfur. Rantai samping partikel cystin yang mengandung sulfur terhubung satu sama lain untuk membentuk bentang disulfida yang berperan dalam menyeimbangkan partikel protein. Tulang rawan, kulit, rambut, dan kuku, yang semuanya mengandung banyak jaringan ikat kaku, mengandung sulfur.

## **D.Fungsi Mineral Makro**

### **1. Natrium (Na)**

- a. Mengatur keseimbangan cairan kompartemen ekstraseluler.
- b. Mengontrol tekanan osmotik, yang mencegah cairan memasuki sel dan meninggalkan darah.
- c. Menjaga keseimbangan asam-basa tubuh.
- d. Berperan dalam transmisi saraf dan penyempitan otot.
- e. Berfungsi sebagai pompa natrium dan terlibat dalam penyerapan glukosa serta transportasi nutrisi lain melintasi membran, terutama melalui dinding usus.

### **2. Kalsium (Ca)**

- a. Peran kalsium dalam tulang adalah sebagai komponen penting dari struktur tulang.
- b. Kalsium berperan dalam pembentukan gigi.
- c. Mengatur pada proses pengentalan darah. Saat terjadi luka, partikel kalsium dalam darah merangsang pelepasan tromboplastin fosfolipid dari trombosit darah yang rusak. Protrombin, komponen darah normal, diubah menjadi trombin oleh tromboplastin ini. Setelah itu, trombin membantu transformasi fibrinogen menjadi fibrin, yang merupakan bekuan darah.
- d. Katalis untuk reaksi biologis
- e. Kalsium adalah katalis untuk sejumlah reaksi biologis, termasuk penyerapan vitamin B12, aktivitas enzim pemecah lemak, lipase pankreas, dan ekskresi insulin oleh pankreas untuk pembentukan dan pemecahan asetilkolin, yaitu zat yang diperlukan untuk memindahkan (mentransmisikan) stimulus dari satu serabut saraf ke serabut saraf lainnya.
- f. Interaksi protein, khususnya aktin dan miosin, dalam relaksasi dan kontraksi otot.
- g. Meningkatkan transpor membran sel, penstabil membran, dan transmisi ion melalui membran organel sel. berperan dalam saraf, tekanan darah, dan fungsi kekebalan tubuh

### **3. Klor (Cl)**

- a. Berperan dalam menjaga keseimbangan cairan dan elektrolit dalam cairan ekstraseluler.

- b. Mengatur susasana asam pada lambung sebagai bagian dari HCl yang digunakan pada enzim-enzim pencernaan.
  - c. Bersama dengan elemen lain yang membuat asam, membantu menjaga keseimbangan asam dan basa. Klorin membantu mengangkut karbon dioksida ke paru-paru dan keluar dari tubuh dengan mudah meninggalkan sel darah merah dan memasuki plasma.
  - d. Menjaga keseimbangan cairan tubuh dengan mengatur sistem renin-angiotensin-aldosteron.
4. Kalium (K)
- a. Berkontribusi pada pemeliharaan keseimbangan cairan dan elektrolit serta keseimbangan asam-basa dengan natrium. Kalium terlibat dalam transmisi saraf dan kontraksi otot, bersama dengan kalsium.
  - b. Dalam banyak proses biologis, kalium bertindak sebagai katalis dalam sel. khususnya pencernaan energi dan penyatuan glikogen dan protein.
  - c. Berperan dalam perkembangan sel.
5. Fosfor (P)
- a. Berperan pada penyusunan gigi dan tulang oleh fosfor yang disimpan dalam matriks tulang.
  - b. Dengan mengaktifkan berbagai enzim dan vitamin B, mengatur transfer energi dalam metabolisme karbohidrat, protein, dan lemak melalui proses fosforilasi fosfor.
  - c. Berperan pada penyerapan dan transportasi zat gizi
6. Magnesium (Mg)
- a. Sistem enzim tubuh sangat bergantung pada magnesium. Magnesium bertindak sebagai pendorong dalam reaksi organik termasuk pencernaan energi, pati, lipid, protein dan asam nukleat, serta dalam kombinasi, penurunan dan menyeimbangkan bahan gen DNA di semua sel jaringan halus.
  - b. Dalam cairan ekstraseluler, magnesium berperan dalam transmisi saraf, kontraksi otot dan pembekuan darah. Peran magnesium berlawanan dengan peran kalsium. Kalsium merangsang kontraksi otot, sedangkan magnesium mengendurkan otot. Magnesium mencegah pembekuan darah, sedangkan

c. Magnesium mencegah kerusakan gigi

Sulfur berasal dari makanan yang mengandung asam amino yang dibutuhkan untuk membuat zat-zat penting. Berperan dalam respon oksidasi-reduksi, bagian dari tiamin, biotin dan insulin kimia dan membantu detoksifikasi. Selain itu, sulfur membantu melarutkan limbah metabolisme sehingga dapat dikeluarkan melalui urin dalam bentuk teroksidasi dan terkait dengan mukopolisakarida.

### 1). Natrium (Na)



Natrium dapat ditemukan pada garam dapur, monosodium glutamat (MSG), kecap serta makanan yang diawetkan dengan garam dapur. Sayuran dan buah yang belum diolah, mengandung sedikit natrium. Bahan makanan lain yang mengandung natrium yaitu susu, daging, telur, ikan, kentang, mentega serta makanan dari hasil laut.

## A top-down view of a variety of calcium-rich foods arranged on a light-colored wooden surface. In the center is a small black chalkboard with the word "Calcium" written in white chalk. Surrounding the chalkboard are several bowls and containers: a bowl of mixed beans (red, white, and black), a bowl of white cottage cheese, a bowl of almonds, a bowl of white quail eggs, a bowl of fresh basil leaves, a whole orange, a container of white milk, a container of white cream, a block of butter, and several slices of Swiss cheese. There are also some whole almonds and a small piece of bread scattered around.

77

Kalsium paling banyak terdapat pada susu dan hasil olahannya. Sumber kalsium yang lain seperti sereal, kacang-kacangan beserta hasil olahannya (tahu dan tempe), serta sayuran hijau.

3). Klor (Cl)



**Gambar 27. Sumber klor**

Klor terdapat bersamaan dengan natrium pada garam dapur. Sumber dari klorida yaitu daging, susu, dan telur.

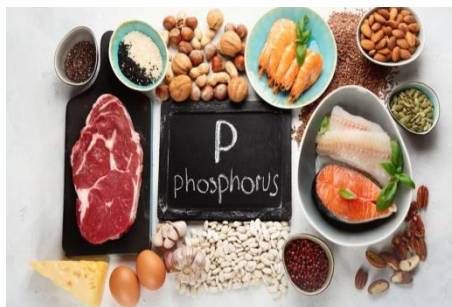
4). Kalium (K)



**Gambar 28. Sumber Kalium**

Kalium terdapat pada makanan hewani serta nabati. Bahan makanan yang mengandung kalium adalah pisang, alpukat, ubi jalar, kentang, tomat, bayam dan ikan salmon.

5). Fosfor (P)



**Gambar 29. Sumber Fosfor**

Fosfor terdapat pada makanan yang kaya protein, seperti daging, ayam, ikan, telur, susu, kacang-kacangan serta sereal.

#### 6). Magnesium (Mg)



**Gambar 30. Sumber Magnesium**

Sayuran hijau, sereal tumbuk, biji-bijian, dan kacang-kacangan merupakan sumber bahan makanan utama yang mengandung banyak magnesium. Sumber lainnya yaitu daging, susu serta cokelat.

#### 7). Sulfur (S)



**Gambar 31. Sumber Sulfur**

Bahan makanan yang mengandung sulfur yaitu kacang-kacangan, bawang putih, bawang bombay, dan kubis-kubisan.

#### 8). Tabel Kecukupan Mineral Makro

Berikut tabel AKG 2019 (Angka Kecukupan Gizi) mineral makro yang dianjurkan dan sumber makanannya.

| MINERAL   | SUMBER MAKANAN                                                               | AKG (Untuk Dewasa)  |
|-----------|------------------------------------------------------------------------------|---------------------|
| Natrium   | Garam, roti, makanan olahan                                                  | 1500 mg/hari        |
| Klorida   | Garam                                                                        | 1900 – 2250 mg/hari |
| Fosfor    | Salmon, yoghurt, susu tanpa lemak, ayam                                      | 700 mg/hari         |
| Kalsium   | Produk susu dan turunannya, sayuran berdaun hijau, brokoli                   | 1000 – 1200 mg/hari |
| Kalium    | Pisang, mangga, kentang, kacang-kacangan, bayam, kailan, paprika, air kelapa | 4700 mg/hari        |
| Magnesium | Bayam, almond, chia seeds, kacang-kacangan lainnya                           | 320 – 360 mg/hari   |

**Tabel 7. Angka Kecukupan Gizi Mineral Makro**

## **F. Dampak Kelebihan dan Kekurangan Mineral Makro**

### **1). Natrium (Na)**

Akibat dari kekurangan natrium dapat menyebabkan kejang, kehilangan nafsu makan, muntah, diare, keringat berlebihan, serta kehilangan cairan tubuh . Dampak kelebihan natrium bisa menimbulkan keracunan yg pada keadaan akut menyebabkan edema (membengkaknya bagian tubuh karena terdapat penumpukan cairan) serta hipertensi.

### **2). Kalsium (Ca)**

Pada masa pertumbuhan bila kekurangan kalsium bisa mengakibatkan gangguan pertumbuhan dan pada orang dewasa menyebabkan osteoporosis. Dampak kekurangan kalsium diantaranya tulang kurang bertenaga, mudah bengkok dan rapuh seta pembekuan darah yang lambat. Ketidakseimbangan konsumsi kalsium dapat menyebabkan osteomalasia atau riketsia. Kejang juga dapat terjadi karena kadar kalsium dalam darah yang sangat rendah.

Dampak dari konsumsi kalsium yang berlebih bisa mengakibatkan sulit buang air besar dan menghambat penyerapan mineral seperti zat besi, seng dan tembaga. Kelebihan kalsium dalam jangka panjang akan menaikkan risiko terkena hypercalcemia, pembentukan batu ginjal serta gangguan fungsi ginjal.

### **3). Klor (Cl)**

Kekurangan klor mengakibatkan muntah-muntah, diare kronis, keringat berlebihan dan menyebabkan caries pada gigi. Apabila klorida tidak ditambahkan dalam pembuatan susu formula bayi, maka akan terjadi kekurangan klor yang dapat membawa kematian. Dampak jika kelebihan klor juga bisa membuat muntah-muntah.

### **4). Kalium (K)**

Kekurangan kalium pada sistem pencernaan terjadi melalui muntah, diare berkepanjangan, penggunaan obat pencahar dan obat diuretik. Lemah, lesu, kehilangan nafsu makan, kelumpuhan, delirium, dan sembelit adalah gejala kekurangan kalium. Jantung akan berdetak lebih cepat dan kemampuan untuk memompa darah akan berkurang.

Hiperkalemia akut yang disebabkan oleh terlalu banyak kalium dapat menyebabkan gagal jantung. Jika ginjal tidak berfungsi dengan baik, kelebihan kalium juga dapat terjadi.



#### 5). Fosfor (P)

Kekurangan fosfor dapat terjadi akibat penggunaan obat antasida untuk menetralkan asam lambung, yang dapat mengikat fosfor dan tidak dapat untuk diserap. Kelelahan, kurang nafsu makan, dan kerusakan tulang merupakan indikasi kekurangan fosfor. Kelebihan fosfor terkait makanan jarang terjadi dalam banyak kasus. Ion fosfat akan mengikat kalsium jika kadar fosfor darah terlalu tinggi, yang dapat menyebabkan kejang.

#### 6). Magnesium (Mg)

Kekurangan magnesium dapat terjadi ketika ada kekurangan protein dan energi, serta sejumlah kondisi yang menimbulkan masalah penyerapan, gangguan fungsi ginjal dan endokrin. Kekurangan magnesium juga dapat disebabkan oleh penyakit yang menyebabkan muntah, diare, dan penggunaan diuretik (obat yang meningkatkan produksi urin). Kekurangan magnesium akan mengakibatkan kehilangan nafsu makan, perkembangan terhambat, kecemasan, kejang, masalah sistem saraf pusat, halusinasi, koma, dan gagal jantung. Kelebihan magnesium biasanya terjadi akibat penyakit gagal ginjal

#### 7). Sulfur (S)

Kekurangan sulfur dapat terjadi karena kekurangan protein. Konsumsi asam amino yang berlebihan bisa terjadi kelebihan sulfur dan menyebabkan gangguan pertumbuhan. Oleh karena itu, AKG orang dewasa dicukupi oleh asam amino esensial yang mengandung sulfur.

### **G. Absorpsi dan Metabolisme**

#### 1). Natrium (Na)

Na dalam feses relatif sedikit karena mudah untuk diabsorpsi. Sepertiga dari total kandungan natrium tubuh ditemukan dalam komponen anorganik skeleton. Namun, sebagian besar Na ditemukan dalam cairan ekstraseluler tubuh. Steroid adrenokortikal mempengaruhi metabolisme Na. Dan akan terjadi penurunan reabsorpsi Na dan hilangnya Na untuk buffer asam pada penyakit ginjal kronis.

#### 2). Kalsium (Ca)

Garam Ca, khususnya garam fosfat dan karbonat dapat larut dalam asam tetapi tidak larut dalam basa. Akibatnya, variabel yang meningkatkan keasaman usus juga akan meningkatkan penyerapan Ca, begitu pula sebaliknya. Garam Ca dari asam organik lemah akan diubah menjadi klorida terlarut dalam kondisi keasaman lambung normal, dan jika tetap berada di lambung dalam waktu lama, maka fosfat dapat membentuk larutan. Penyerapan Ca dapat ditingkatkan dengan adanya asam organik karena Ca klorida atau asam fosfat dapat diserap di

duodenum sebelum dinetralisasi cairan lambung. Penyerapan kalsium di ileum distal dipercepat oleh vitamin D. Penyerapan Kalsium dapat mencapai 15% pada makanan yang tinggi protein, sedangkan pada makanan rendah protein, kalsium yang dapat diserap hanya 5% saja.

### 3). Klor (Cl)

Kadar natrium dan klor dalam urin sama-sama rendah pada diet rendah natrium. Gangguan metabolisme klor disertai juga dengan masalah metabolisme natrium. Defisiensi klor terjadi ketika natrium banyak terekskresi, seperti yang terjadi ketika diare, keringat berlebih, penyakit endokrin lainnya. Kekurangan klor terlihat pada kasus kehilangan cairan lambung, seperti muntah, penyumbatan pilorus atau duodenum. Hipokloremia alkalis disebabkan karena klor rendah dalam darah dan kompensasi naiknya bikarbonat.

### 4). Kalium (K)

Kalium sangat penting untuk pertumbuhan karena diperlukan untuk produksi sel. Kalium akan meninggalkan sel otot dan memasuki cairan ekstraseluler selama kontraksi otot; bagian yang keluar kemudian kembali ke jaringan otot. Dalam situasi normal, kalium yang hilang selama kontraksi sama dengan kalium yang didapat. Kalium diperlukan untuk aktivitas saraf dan ritme jantung. Ion ini terdapat di serabut saraf dan ketika neuron diaktifkan, kalium akan berdifusi ke dalam cairan di sekitarnya. Metabolisme kalium dan karbohidrat saling berhubungan.

### 5). Fosfor (P)

Fosfor dalam bentuk fosfat terdapat pada komponen biologis. Kekurangan fosfat tidak akan terjadi apabila mengonsumsi makanan yang mengandung kalori dan protein yang cukup. Fosfat organik diekskresi melalui feses dan urin, tergantung pada faktor absorpsinya. Sumber utama fosfat anorganik urin adalah plasma darah, namun juga dapat berasal dari aktivitas fosforilase ginjal, yang menghidrolisis asam fosfat. Parathormon dapat mencegah resorpsi di tubulus. Ketika hormon ini diberikan, ekskresinya akan ditingkatkan.

### 6). Magnesium (Mg)

Metabolisme magnesium serupa dengan metabolisme kalsium dan fosfor. Absorpsi pada magnesium terjadi karena banyak faktor. Magnesium cenderung dapat diabsorpsi jika banyak mengonsumsi makanan tinggi lemak, fosfat, kalsium, dan alkali. Absorpsi magnesium banyak terjadi di usus halus dan sedikit terjadi pada usus besar.

#### 7). Sulfur (S)

Sulfur diabsorbsi sebagai sulfat anorganik dari bagian dari asam amino. Sulfur juga bagian dari enzim glutathione serta berbagai koenzim dari vitamin. Sulfur diekskresi melalui urin sebagai ion bebas. Sulfur juga merupakan salah satu elektrolit intraseluler yang terdapat dalam plasma berkonsentrasi rendah.

## **BAB IX**

### **MINERAL MIKRO**

#### **A. Pengertian Mineral**

Nickel (1995, dalam Hibbard, 2002) mendefinisikan mineral sebagai suatu unsur atau senyawa kimia yang biasanya berbentuk kristal dan merupakan hasil dari proses-proses geologi. Pemakaian kata ‘biasanya’ memberikan fleksibilitas dalam definisi serta mengizinkan klasifikasi beberapa substansi amorf atau paraamorf sebagai mineral. Berdasarkan fungsinya dalam aktivitas kehidupan, mineral terbagi menjadi dua golongan, yaitu mineral esensial dan non esensial (Suzuki et al. 1992). Berdasarkan kebutuhan mineral digolongkan menjadi 2 kelompok utama yaitu mineral makro dan mineral mikro.

Mineral makro ialah mineral yang menyusun hampir 1% dari total berat badan manusia dan diperlukan dalam jumlah lebih dari 1000 mg/hari, sedangkan mineral mikro ialah mineral yang menyusun hampir 1% dari total berat badan manusia dan diperlukan dalam jumlah lebih dari 1000 mg/hari. Mineral yang termasuk ke dalam kategori mineral makro utama antara lain kalsium (Ca), fosfor (P), magnesium (Mg), sulfur (S), kalium (K), klorida (Cl), dan natrium (Na). Sedangkan mineral mikro terdiri dari kromium (Cr), tembaga (Cu), fluoride (F), yodium (I), besi (Fe), mangan (Mn), selenium (Se) dan seng (Zn).

Mineral yaitu zat gizi yg penting yang terdapat dalam sayur dan buah seperti magnesium, fosfor, kalium, seng bisa berperan menjadi antioksidan dan penangkal senyawa jahat pada tubuh (Kemenkes RI, 2018). Mineral bisa dihasilkan dengan mengonsumsi makanan sehari-hari seperti telur, ikan, daging, tempe, tahu, sayur, buah dan produk susu (Festi, 2018).

Fungsi mineral :

- a. Pada metabolisme tubuh, mineral mengkatalisasi reaksi yang berkaitan dengan pemecahan karbohidrat, lemak, dan protein serta pembentukan lemak dan protein tubuh.
- b. Berperan pada pertumbuhan dan pemeliharaan tulang, gigi, dan memperkuat jaringan tubuh lainnya.
- c. Mempertahankan koloidal dari banyak sekali senyawa dalam tubuh.
- d. Memelihara keseimbangan asam dan basa pada tubuh.
- e. Sebagai aktivator sistem enzim tertentu dan sebagai komponen suatu enzim dan memiliki sifat yg spesifik terhadap kepekaan otot serta saraf.
- f. Berfungsi untuk proses pertumbuhan, reproduksi, dan memelihara kesehatan.

## **B. Pengertian Mineral Mikro**

Mineral mikro adalah mineral yang diperlukan kurang dari 100mg/hari. Mineral mikro berada dalam jumlah sangat kecil didalam tubuh, tetapi memiliki peranan esensial bagi kehidupan, kesehatan, dan reproduksi. Yang termasuk pada mineral mikro antara lain : Besi (Fe), Seng (Zn), Iodium (I), Tembaga (Cu), Mangan (Mn), Krom (Kr), Kobalt (Co), Selenium(Se), Molibden (Mo), Fluor (F). Kandungan mineral mikro bahan makanan sangat bergantung dengan konsentrasi mineral mikro tanah yang berasal bahan makanan tersebut .

Meskipun diperlukan dalam jumlah sekitar 4% dari total berat badan manusia, mineral merupakan salah satu zat gizi yang penting dalam proses metabolisme tubuh. Bila asupan mineral mikro kurang dari kebutuhan sehari yang dianjurkan maka akan berdampak pada fungsi metabolik tubuh yang menurun sebagai akibatnya keadaan tubuh tidak optimal dan sebaliknya bila asupan mineral mikro berlebih maka akibat yang akan terjadi yaitu gejala keracunan (Pattola dkk. 2020). Pemenuhan gizi yang tepat dan seimbang haruslah diterapkan untuk menjaga kesehatan tubuh sehingga tubuh tidak mudah sakit. Mineral mikro diperlukan untuk menunjang kesehatan serta mempertahankan kekebalan tubuh terutama zat besi dan zinc yang memberikan peranan penting untuk mempertahankan sistem imun tubuh agar tetap optimal (Kemenkes RI, 2020).

## **C. Klasifikasi dan Fungsi Mineral Mikro**

### **1). Besi (Fe)**

Besi merupakan mineral mikro yang paling banyak terdapat di dalam tubuh manusia dewasa serta hewan yaitu sebanyak 3-5 gr didalam tubuh atau 40-50 mg/kg berat badan (BB) laki-laki dewasa dan 35-50 mg/kg BB perempuan dewasa. Pada bayi baru lahir level besi lebih tinggi, yaitu 70 mg/kg BB. Di mana 70% (~1,3–2,6 g) zat besi ditemukan pada hemoglobin, hingga kurang lebih sekitar 10% (~0,2–0,4 g) ditemukan menjadi mioglobin, kurang lebih 1% hingga 5% (sampai 0,1-0,2 g) ditemukan sebagai bagian dari enzim, dan sisa besi di tubuh (sekitar 20% atau 0,4-0,8 g) ditemukan berada dalam darah atau pada penyimpanan.

Sebagian besar besi terikat oleh protein dan hanya sebagian kecil saja yang berbentuk ion. Protein yang mengikat besi dibedakan menjadi protein heme diet dan non heme. Pada protein heme, besi terikat kuat pada gugus prostetik heme. Contohnya yaitu hemoglobin, myoglobin, sitokrom dan lain-lain. Sedangkan pada protein non heme, besi terikat pada atom S dari sisa sistein. Contohnya seperti transferrin, ferritin, hemosiderin, dan lain-lain.

#### **a. Sumber**

Sumber besi adalah makanan hewani, seperti daging, ayam serta ikan. Sumber baik lainnya yaitu telur, sereal tumbuk, kacang-kacangan, sayuran hijau dan beberapa jenis buah.

#### b. Fungsi

Besi berperan dalam proses respirasi sel, yaitu sebagai kofaktor bagi enzim– enzim yang terlibat di dalam reaksi oksidasi reduksi. Metabolisme energi di dalam tiap sel besi bekerja sama dengan rantai protein-pengangkut-elektron, yang berperan pada langkah-langkah akhir metabolisme energi.

#### c. AKG

Kebutuhan zat gizi besi yang direkomendasikan untuk laki-laki dewasa, kebutuhan, dan Recommended Dietary Allowance (RDA) untuk zat besi yaitu 6 mg / hari dan 8 mg / hari. Untuk wanita pascamenopause, kebutuhan dan AKG zat besi yaitu 5 mg / hari dan 8 mg / hari. Perempuan mengalami menstruasi, dimana mengeluarkan darah menstruasi setiap bulan, sehingga perempuan pra menopause.

Membutuhkan 8,1 mg zat besi /hari; asupan yang dianjurkan adalah 18 mg /hari. Selama kehamilan, meskipun tak terjadi menstruasi, zat besi dibutuhkan bagi janin, memperbesar volume darah, jaringan serta penyimpanan sedemikian rupa RDA untuk zat besi yaitu 27 mg /hari dan RDA zat besi yaitu 9 mg / hari selama menyusui.



**Gambar 32. Sumber Besi dalam Makanan**

#### 2). Seng (Zn)

Tubuh manusia mengandung sekitar 1,5 hingga 3,0 g seng. Seng ditemukan di seluruh organ, jaringan, serta cairan tubuh. Zinc memiliki beberapa peran lainnya. Misalnya, tingkat metabolisme basal dapat dipengaruhi oleh zinc; penurunan hormon tiroid dan tingkat metabolisme basal telah diamati pada individu yang mendapatkan pola makan yang dibatasi zinc. Zinc juga penting untuk selera, ini adalah komponen dari gustin, protein yang terlibat dalam ketajaman rasa.

a). Sumber

Sumber utama Zeng ialah daging, unggas, telur, ikan, susu, keju, hati, lembaga gandum, ragi, selada, serta kacang-kacangan. Sumber paling baik ialah sumber protein hewani, terutama daging, hati, kerang, biji-bijian (lengkap), serelia, leguminosa serta telur. Sereal dan kacang-kacangan merupakan sumber yang terbaik tetapi memiliki ketersediaan biologik yang rendah.

b). Fungsi

Zinc memegang peranan esensial dalam berbagai fungsi tubuh yaitu sebagai bagian dari enzim atau sebagai kofaktor pada kegiatan lebih dari 300 enzim. Zinc berperan dalam berbagai aspek metabolisme seperti reaksi yang berkaitan dengan sintesis dan degradasi karbohidrat, protein, lipida, dan asam nukleat. Zinc juga berperan dalam pemeliharaan keseimbangan asam basa. Fungsi lain dari Zinc yaitu sebagai bagian integral enzim DNA polimerase dan RNA polimerase yang diperlukan dalam sintesis DNA dan RNA, dan berperan dalam kekebalan yaitu, pada sel T dan pembentukan antibodi oleh sel B.

c). AKG

Rekomendasi kebutuhan seng didasarkan pada asupan yang dibutuhkan untuk menjaga keseimbangan serta perkiraan penyerapan zinc dan kerugian tubuh. Total kehilangan seng bagi pria dan wanita dewasa setiap hari diperkirakan mencapai 3,84 mg dan 3,3 mg. Kehilangan seng bagi pria terdiri dari 0,63 mg urin seng, 0,54 mg integumental, dan 0,1 mg sperma zinc, serta 2,57 mg endogen usus seng. Untuk wanita, kehilangan urin seng adalah 0,44 mg, kehilangan integumental dan keringat seng adalah 0,46 mg, kehilangan menstruasi seng 0,1 mg, serta kehilangan usus zinc dari endogen adalah 2,3 mg. Untuk menjelaskan penyerapan, kebutuhan harian zinc untuk pria dan wanita dewasa masing-masing ditetapkan pada 9,4 mg dan 6,8 mg, dan RDA masing-masing ditetapkan pada 11 mg dan 8 mg. RDA untuk seng selama kehamilan adalah 11 mg / hari untuk menutupi kebutuhan yang telah diperhitungkan akan pertumbuhan janin dan plasenta. Rekomendasi seng untuk wanita menyusui ialah 12 mg / hari.



**Gambar 33. Sumber Seng dalam Makanan**

### **3). Yodium (I)**

Yodium, bukan merupakan logam, biasanya ditemukan dan berfungsi dibentuk ioniknya, iodida. Tubuh manusia mengandung 15 hingga 20 mg iodida, sebagian besar (70-80%) ditemukan pada kelenjar tiroid. Iodida ditemukan dalam makanan laut; tetapi, perbedaannya besar dalam kandungan iodida terdapat diantara ikan laut dan air tawar.

Ikan laut yang dapat dimakan mengandung sekitar 30 hingga 300  $\mu\text{g}$  iodida / 100 g, berbeda dengan hanya 2 hingga 4  $\mu\text{g}$  iodida / 100 g pada ikan air tawar. Makanan kaya protein lainnya juga memasok iodida. Susu dan yogurt, contohnya, menyediakan kurang lebih sekitar 55 sampai 85  $\mu\text{g}$  iodida / cangkir, serta satu ons keju cheddar, sekitar 12  $\mu\text{g}$ . Telur menyediakan kurang lebih sekitar 28  $\mu\text{g}$  iodida.

#### **a). Sumber**

Sumber iodium di antaranya yaitu garam beryodium, sayur-sayuran, ikan laut, dan rumput laut.

#### **b). Fungsi**

Iodin merupakan komponen esensial tiroksin dan kelenjar tiroid. Tiroksin berperan dalam meningkatkan laju oksidasi dalam sel sehingga menaikkan Basal Metabolic Rate (BMR). Tiroksin juga berperan menghambat proses fosforilasi oksidatif sehingga pembentukan Adenosin Trifosfat (ATP) berkurang dan lebih banyak menghasilkan panas. Tiroksin juga mempengaruhi sintesis protein (Mills 1987; Darmono 1995). Iodin secara perlahan-lahan diserap dari dinding saluran pencernaan ke dalam darah. Penyerapan tersebut terutama terjadi dalam usus halus, meskipun dapat berlangsung pula dalam lambung. Dalam usus, iodin bebas atau iodat mengalami reduksi menjadi iodida sebelum diserap tubuh. Dalam aliran darah, iodida menyebar ke dalam cairan ekstraseluler seperti halnya klorida. Iodida yang masuk ke dalam kelenjar tiroid dengan cepat dioksidasi serta diubah menjadi iodin organik melalui penggabungan dengan tiroksin. Proses tersebut juga terjadi secara terbatas dalam ovum (Graham 1991; Puls 1994; Lee et al., 1999).

#### **c). AKG**



Persyaratan harian orang dewasa ditetapkan studi awal berkisar dari 100 hingga 200  $\mu\text{g}$ . Minimal jumlah (kebutuhan) iodida untuk mencegah gondok diperkirakan sebesar 50 sampai 75  $\mu\text{g}$  / hari atau  $\sim 1 \mu\text{g}$  / kg berat badan, dan tidak berubah secara signifikan selama bertahun-tahun. RDA untuk yodium ialah 150  $\mu\text{g}$  / hari untuk orang dewasa. Meskipun rekomendasi berlaku sama untuk kedua jenis kelamin, kebutuhan iodida berlaku lebih tinggi selama kehamilan dan menyusui: 220  $\mu\text{g}$  dan 290  $\mu\text{g}$ .



**Gambar 34. Sumber Yodium dalam Makanan**

#### **4). Selenium (Se)**

Selenium ialah mineral mikro yang merupakan bagian esensial enzim glutathion peroksidase. Selenium bekerjasama dengan vitamin E pada perannya sebagai antioksidan. Selenium berperan dalam sistem enzim yang mencegah terjadinya radikal bebas dengan menurunkan konsentrasi peroksida pada sel, sedangkan vitamin E menghalangi bekerjanya radikal bebas setelah terbentuk. Dengan demikian konsumsi selenium dalam jumlah yang cukup mengyang cukup menghemat penggunaan vitamin E. Selenium dan vitamin E melindungi membran dari kerusakan oksidatif, membantu reaksi oksigen serta hidrogen di akhir rantai metabolisme, memindahkan ion melalui membran sel serta membantu sintesis immunoglobulin dandan ubikinon.

##### **1. Sumber**

Sumber selenium ialah makanan hasil laut, daging, hati, serelia, sayuran, kacang Brasil, unggas, biji-bijian, kacang-kacangan, roti, ikan, daging, dan telur tergantung pada kandungan selenium tanah.

##### **2. Fungsi**

- a. Melindungi membran sel dari kerusakan oksidatif
- b. Membantu reaksi oksigen dan hidrogen pada akhir rantai metabolisme.
- c. Mencegah timbulnya penyakit kanker karena radikal bebas dan penyakit degeneratif
- d. Selenium bekerja sama dengan vitamin E dalam perannya sebagai antioksidan.
- e. Mencegah terjadinya radikal bebas

f. Konsumsi selenium juga dapat menghemat pengeluaran vitamin E.

### 3. AKG

Angka kebutuhan selenium untuk anak-anak 10-20 mg/hari, bagi orang dewasa adalah 30 mg/hari, untuk ibu hamil 35 mg/hari, dan untuk ibu menyusui sebanyak 40 mg/hari.



**Gambar 35. Sumber Selenium dalam Makanan**

### 5). Tembaga (Cu)

Tembaga adalah unsur esensial yang bila kekurangan dapat menghambat pertumbuhan dan pembentukan hemoglobin. Tembaga sangat dibutuhkan dalam proses metabolisme, pembentukan hemoglobin, dan proses fisiologis dalam tubuh (Richards 1989; Ahmed et al., 2002). Tembaga dalam tubuh sebanyak 50-120 mg. Sekitar 40% ada di dalam otot, 15% di dalam hati, 10% di dalam otak, 6% di dalam darah dan selebihnya di dalam tulang, ginjal, dan jaringan tubuh lainnya. Di dalam plasma, 60% dari tembaga terikat di seruloplasmanin, 30% di transkuprein dan selebihnya di albumin dan asam amino.

#### a). Sumber

Sumber utama tembaga ialah tiram, kerang, hati, ginjal, kacang-kacangan, unggas, biji-bijian, serelia, dan coklat. Air juga mengandung tembaga dan jumlahnya bergantung pada jenis pipa yang digunakan sebagai sumber air. Dalam saluran cerna, tembaga bisa diabsorpsi kembali dari tubuh tergantung kebutuhan tubuh.

#### b). Fungsi

Tembaga berperan dalam mencegah anemia dengan cara membantu absorpsi besi, merangsang sintesis hemoglobin, melepas simpanan besi berasal dari feritin dalam hati serta sebagai bagian dari enzim seruloplasmin; berperan pada oksidasi besi bentuk fero menjadi feri; berperan pada perubahan asam amino tirosin sebagai melanin, yaitu pigmen dan kulit; berperan dalam pengikatan silang kolagen yang dibutuhkan untuk menjaga kekuatannya; kompleks tembaga menggunakan klorofil Sodium Copper Chlorophyllin berfungsi sebagai pencegah kanker.

#### c). AKG

Amerika Serikat menetapkan jumlah tembaga yang aman untuk dikonsumsi yaitu sebanyak 1,5-3,0 mg/hari.



**Gambar 36. Sumber Tembaga dalam Makanan**

#### **6). Mangan (Mn)**

Mangan merupakan unsur kimia dalam tabel periodik yang memiliki lambang Mn serta nomor atom 25. Mangan ialah logam keras dan getas berwarna abu-abu merah muda. Logam ini sulit mencair, tapi mudah teroksidasi. Mangan murni bersifat amat reaktif serta pada bentuk serbuk akan terbakar menggunakan oksigen, serta larut pada asam encer. Mangan ialah salah satu logam yang paling melimpah di tanah yang terutama berbentuk senyawa oksida dan hidroksida. Mangan terjadi terutama menjadi pyrolusite ( $\text{MnO}_2$ ), dan dalam jumlah lebih rendah sebagai rhodochrosite ( $\text{MnCO}_3$ ).

##### **a). Sumber**

Sumber makanan mangan antara lain serelia utuh, kacang-kacangan, buah-buahan, teh, kopi, sayur hijau, rempah-rempah, ikan, serta biji labu.

##### **b). Fungsi**

Fungsi mangan dalam tubuh yaitu berperan sebagai katalisator dari beberapa reaksi metabolik yang penting pada protein, karbohidrat, dan lemak, dan sebagai kofaktor enzim arginase. Pada metabolisme protein, Mn mengaktifkan interkonversi asam amino menggunakan enzim spesifik seperti arginase, prolinase, dipeptidase. Pada metabolisme karbohidrat, Mn berperan aktif dalam beberapa reaksi konversi pada oksidasi glukosa dan sintesis oligosakarida. Pada metabolisme lemak, Mn berperan sebagai kofaktor dalam sintesis asam lemak rantai panjang serta kolesterol. Metabolisme energi & sintesis lemak mangan berperan sebagai kofaktor berbagai enzim yang membantu bermacam metabolisme. Enzim-enzim lain berkaitan dengan mangan juga berperan dalam sintesis uterus, pembentukan jaringan ikat dan tulang serta pencegahan peroksidasi lipidal oleh radikal bebas akibat kekurangan mangan.

*c). AKG*

Asupan mangan yang disarankan adalah 2,3 mg untuk pria dewasa dan 1,8 mg untuk dewasa wanita setiap hari. Dengan kehamilan dan menyusui, rekomendasi meningkat menjadi 2 mg dan 2,6 mg masing-masing.

**7). Kobalt (Co)**

Kobalt (Co) adalah unsur mineral esensial untuk pertumbuhan hewan, dan merupakan bagian dari molekul vitamin B12. Konversi Co dari dalam tanah menjadi vitamin B12 pada makanan hingga dicerna hewan non ruminansia kadang-kadang disebut sebagai siklus kobalt. Ternak ruminansia (sapi, domba, dan kambing) memakan hijauan pakan, di mana tumbuhan menyerap kobalt dari dalam tanah dan bakteri-bakteri yang ada di dalam lambung (rumen) menggunakan kobalt dalam penyusunan vitamin B12. Hewan menyerap vitamin B12 dan mendistribusikannya ke semua jaringan tubuh (Davis dan Mertz 1987; Mills 1987; Darmono 1995). Seluruh bangsa hewan membutuhkan vitamin sehingga secara tidak langsung memerlukan kobalt. Ternak babi dan unggas tidak memiliki mikroflora dalam saluran pencernaan untuk mengubah kobalt dalam ransum sehingga harus mendapat vitamin B12 yang cukup dalam ransum (Lee et al., 1999).

*a). Sumber*

Sebagian besar kobalt dalam tubuh terikat dalam vitamin B12, oleh karena itu harus mendapat kobalamin dari makanan hewani seperti hati, ginjal, serta daging. Makanan nabati mengandung sedikit kobalt, tergantung pada kandungan tanah kawasan tumbuhnya. Pada sayuran terdapat pada sayuran berdaun hijau.

*b). Fungsi*

Fungsi Kobalt ialah vitamin B12 (kobalamin). Vitamin ini diperlukan untuk mematangkan sel darah merah dan menormalkan fungsi semua sel. Kobalt mungkin juga berperan dalam fungsi berbagai enzim.

*c). AKG*

Angka kebutuhan kobalt untuk orang dewasa yaitu 2 mg vitamin B12.

| Hewani                                                                                      | Sayuran                                                                                       | Buah                                                                                          | Kacang-Kacangan                                                                                      | Makanan Olahan                                                                                     |
|---------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <br>Telur  | <br>Bayam    | <br>Aprikot  | <br>Kacang Tanah   | <br>Roti Gandum |
| <br>Daging | <br>Brokoli  | <br>Buah Bit | <br>Kacang Hijau   | <br>Kismis      |
| <br>Ikan   | <br>Kangkung | <br>Jeruk    | <br>Kacang Kedelai | <br>Sereal      |

**Gambar 37. Sumber Kobalt dalam Makanan**

## 8). Kromium (Cr)

Krom adalah mineral esensial yang berperan dalam metabolisme karbohidrat dan lipid. Seperti halnya besi, krom berada dalam berbagai bentuk dengan jumlah muatan berbeda. Krom paling mudah di absorpsi dan paling efektif jika berada pada  $\text{Cr}^{3+}$ . Absorpsi krom naik, bila konsumsi rendah dan turun bila konsumsi tinggi.

### 1. Sumber

Sumber kromium terbaik adalah makanan nabati. Kandungan kromium dalam tumbuhan bergantung pada jenis tumbuhan, kandungan krom tanah dan musim. Sayuran mengandung 30 sampai 50 ppm, biji-bijian dan sereal utuh 30 sampai 70 ppm dan buah 20 ppm. Hasil laut dan daging juga sumber kromium yang baik.

### 2.Fungsi

- Menjaga keseimbangan kadar gula darah serta meningkatkan efisiensi kerja insulin.
- Kromium sering disebut sebagai “Glucose Tolerance Factor” (faktor pengendali kadar gula darah) dibutuhkan pada proses pengolahan glukosa menjadi energi.
- Membantu menurunkan berat badan dengan cara membakar lemak menjadi energi.
- Menurunkan kolesterol serta trigliserid sehingga dapat menjaga kesehatan jantung.
- Menaikkan massa otot sehingga dapat membentuk otot yang ideal.
- Membantu sintesa kolesterol, lemak dan protein serta meningkatkan jaringan otot.

## 2. AKG

Nilai harian untuk kromium ialah 120  $\mu\text{g}$ . Kecukupan gizi mineral krom untuk pria dewasa dan wanita sampai usia 50 tahun ialah 35  $\mu\text{g}$  dan 25  $\mu\text{g}$ , secara spektakuler; nilai ini turun menjadi 30  $\mu\text{g}$  dan 20  $\mu\text{g}$  untuk pria dan wanita di atas 50 tahun. Apabila sedang hamil dan menyusui direkomendasikan, asupan 30  $\mu\text{g}$  dan 45  $\mu\text{g}$  kromium.



**Gambar 38. Sumber Krom dalam Makanan**

## 9). Fluor (F)

Fluor adalah komponen normal dari jaringan terklarifikasi (yang mengalami proses pengapuran). Fluor adalah mineral yang secara alamiah terdapat di semua sumber air termasuk laut. Fluor tidak pernah ditemukan dalam bentuk bebas di alam.

### a). Sumber

Sumber fluor di antaranya ialah air, makanan laut, tanaman, ikan dan makanan hasil ternak.

## 4. Fungsi

Fluor penting dalam pertumbuhan dan pembentukan struktur gigi agar mempunyai daya tahan terhadap penyakit. Fluor terbukti bisa melindungi lubang gigi saat dikonsumsi dalam jumlah menengah (dibawah 4 mg/l). Fluor bertanggung jawab terhadap kerusakan gigi. Tingkat fluor di atas 2 mg/l dapat merusak pertumbuhan gigi orang dewasa sebelum menjadi gigi tetap. Fluor juga berfungsi untuk mencegah karies gigi.

### c). AKG

Konsumsi fluorida dari bahan makanan sehari-hari diperkirakan 0,2 - 0,3 mg. Makanan laut mengandung 5-15 ppm fluorida dan teh mengandung 75-100 ppm. Makanan bisa menyerap fluorida jika dimasak pada air yang sudah mengalami fluoridasi.



**Gambar 39. Sumber Fluor**

#### **10). Molibdenum (Mo)**

Molibdenum adalah bagian dari dua macam enzim yaitu selen oksidase dan sulfat oksidase. Di dalam tubuh, molibden terkonsentrasi di dalam hati, ginjal, kelenjar adrenal, dan sel darah merah.

##### **a). Sumber**

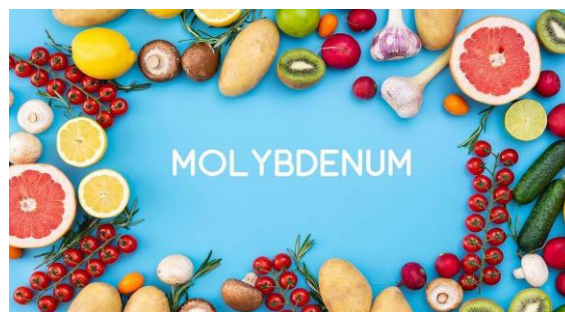
Sumber utamanya ialah susu, hati, sereal utuh, serta kacang-kacangan.

##### **b). Fungsi**

Molibden berperan sebagai kofaktor banyak sekali enzim, antara lain xantin oksidase, sulfat oksidase, dan aldehid oksidase yang mengkatalis reaksi-reaksi oksidasi-reduksi seperti oksidasi aldehid purin dan pirimidin serta xantin dan sulfat.

##### **c). AKG**

Komposisi yang dianggap aman ialah sebanyak 75-250 µg sehari untuk orang dewasa dan 15-20 µg sehari untuk anak-anak.



**Gambar 40. Sumber Molibdenum dalam Makanan**

### **D. Absorpsi dan Metabolisme**

#### **1). Besi (Fe)**

Pada absorpsi besi dari makanan ke sel-sel usus saja, namun juga absorpsi besi dari siklus darah ke sel-sel lain. Absorpsi besi dari makanan terutama terjadi di usus halus. Proses absorpsi besi oleh sel usus terdapat tiga tahap, yaitu perjalanan melalui membran apikal/mukosal (membran yang menghadap ke lumen usus), melalui sitosol dan membran basolateral / serosal

(membran yang menghadap pembuluh darah). Fe yang dibebaskan dari proses degradasi Hb dan porfirin bisa secara cepat terlihat transferin dan dalam feritin serum di plasma. Transferin mengangkut Fe kembali ke sumsum tulang untuk mensintesis Hb kembali atau di mana saja diperlukan. Feritin serum secara cepat diambil oleh hati dan mungkin oleh sel –sel lain. Besi feritin intraseluler juga dimobilisasi untuk diangkut ke sumsum tulang untuk mobilisasi Fe yang terdapat pada pusat inti feritin harus direduksi deklinasi serta dipindahkan ke dalam plasma, di mana dioksidasi kembali menjadi  $Fe^{3+}$  untuk diangkut di transferin.

## **2). Seng (Zn)**

Seng diangkut oleh albumin dan transferin masuk ke dalam peredaran darah dan dibawa ke hati. Kelebihan seng disimpan di dalam hati dalam bentuk metallothionein. Lainnya dibawa ke pankreas serta jaringan tubuh lain. Di dalam pankreas seng digunakan untuk membuat enzim pencernaan, yang pada waktu makan dikeluarkan ke dalam saluran cerna. Dengan demikian saluran cerna menerima seng dari dua sumber, yaitu dari kanan dan dari cairan pencernaan yang berasal dari pankreas. Peredaran seng di dalam tubuh dari pankreas ke saluran cerna dan kembali ke pankreas dinamakan sirkulasi enteropancreatic. Absorpsi seng diatur oleh metalotionein yang disintesis di dalam sel dinding saluran cerna. Jika konsumsi seng tinggi, di dalam sel dinding saluran cerna sebagian diubah menjadi metallothionein sebagai simpanan, sebagai akibatnya absorpsi berkurang.

## **3). Yodium (I)**

Dalam saluran pencernaan iodium dalam bahan makanan dikonversikan menjadi iodida yang mudah diserap serta ikut bergabung dengan pool-iodida intra / ekstraseluler. Iodium tadi kemudian memasuki kelenjar tiroid untuk disimpan. Setelah mengalami peroksidasi akan melekat dengan residu tirosin dari tiroglobulin.

Struktur cincin hidrofénil dari residu tirosin merupakan iodinate orto pada gugus hidroksil dan berbentuk hormon dari 66 kelenjar tiroid yang dapat dibebaskan ( $T_3$  dan  $T_4$ ) (Linder, 1992). Iodium adalah suatu bagian integral dari hormon triiodothyronine tiroid ( $T_3$ ) dan Thyroxine ( $T_4$ ). Hormon tiroid kebanyakan menggunakan bila tidak seluruh efeknya melalui pengendalian sintesis protein. Efek-efek tersebut merupakan efek kalorigenik, kardiovaskular, metabolisme dan efek inhibitor pada pengeluaran thyrotropin oleh pituitary (Sauberlich, 1999).

## **4). Selenium (Se)**

Selenium berada pada makanan dalam bentuk selenomethionin dan selenosistein. Absorpsi selenium terjadi pada bagian atas usus halus secara aktif, selenium diangkut oleh albumin dan



alfa-2 globulin. Absorpsi lebih efisien, jika tubuh dalam keadaan kekurangan selenium. Konsumsi tinggi mengakibatkan peningkatan ekskresi melalui urin.

### **5). Tembaga (Cu)**

Dalam plasma darah, awalnya tembaga diikat pada albumin serta suatu protein baru dan dibawa ke hati di mana akan mendapat proses:

- a. Diinkorporasikan ke dalam seruloplasmin serta protein/enzim hati yang spesifik
- b. Hilang melalui empedu, seruloplasmin disekresi ke dalam plasma disamping kemungkinan fungsi enzimatisnya, juga mengangkut tembaga ke dalam sel seluruh tubuh
- c. Sebagian kecil Cu diangkut melalui transkuprein serta albumin; rendahnya berat molekul dari pool-cu dalam plasma mungkin bukan sumber Cu seluler yang nyata.

Absorpsi tembaga sedikit terjadi di dalam lambung serta sebagian besar pada bagian atas usus halus secara pasif dan aktif. Absorpsi tembaga terjadi di usus halus, setelah proses pencernaan makanan dalam lambung dan duodenum.

Beberapa absorpsi tembaga kemungkinan juga terjadi di lambung, meskipun datanya masih pertentangan. Efisiensi absorpsinya tinggi, antara 55-75% dan tidak menjadi turun karena proses penuaan. Data dari percobaan hewan dan manusia dengan asupan normal mengindikasikan adanya adaptasi absorpsi relatif terhadap kebutuhan. Tembaga akan diabsorpsi di persentase yang lebih tinggi pada asupan yang lebih rendah dan sebaliknya, dengan metallothionein pada sel-sel intestinal terlibat dalam regulasi tersebut. Mekanisme transpor aktif terjadi saat dikit tembaga di tingkat yang rendah, sedangkan saat asupan dikit yang tinggi, difusi secara pasif lebih berperan.

### **6). Mangan (Mn)**

Mangan diangkut oleh protein transmanganin dalam plasma, setelah diabsorpsi mangan masuk dalam empedu dan dikeluarkan melalui feses.

### **7). Kobalt (Co)**

Absorpsi terjadi di bagian atas usus halus mengikuti mekanisme absorpsi besi. Absorpsi meningkat jika konsumsi besi rendah. Sebesar 85% ekskresi kobalt dilakukan melalui urin, selebihnya feses serta keringat.

### **8). Kromium (Cr)**

Krom dalam bentuk  $\text{Cr}^{3+}$  diabsorpsi sebesar 10% hingga 25%. Bentuk lain krom hanya diabsorpsi sebesar 1%. Mekanisme absorpsi belum diketahui dengan pasti. Absorpsi dibantu oleh asam-asam amino yang mencegah krom mengendap dalam media alkali usus halus. Jumlah yang diabsorpsi tetap hingga konsumsi sebanyak 49 ug, setelah itu ekskresi melalui urin semakin tinggi. Ekskresi melalui urin meningkat oleh konsumsi gula sederhana yang tinggi, kegiatan fisik berat atau trauma fisik.

### **9). Flour (F)**

Dalam proses metabolisme energi tubuh, fluor dari makanan atau minuman diserap oleh lambung dan sebagian lagi oleh usus kecil. Dari 90% F diserap, setengahnya dikeluarkan lagi serta setengah bagian lainnya digunakan sebagai bagian integral tulang dan gigi. Dengan tidak dipengaruhi oleh jumlah yang dikonsumsi, kadar fluor dalam darah selalu konstan. Hal ini berkat kemampuan ginjal untuk mengaturnya.

## **E. Dampak Kelebihan dan Kekurangan Mineral Mikro**

### **1. Besi (Fe)**

#### **b. Kelebihan**

Kelebihan besi jarang terjadi karena makanan, namun bisa disebabkan oleh suplemen besi, contoh gejalanya yakni adanya rasa nek, muntah diare, denyut jantung semakin tinggi, sakit kepala, mengigau serta pingsan.

#### **c. Kekurangan**

Menurunnya kemampuan kerja, kekurangan energi biasanya dapat menyebabkan pucat, rasa lemah, letih pusing, kurang nafsu makan, menurunnya kebugaran kekebalan, gangguan penyembuhan luka, serta kemampuan mengatur suhu tubuh menurun.

### **2. Seng (Zn)**

#### **a. Kelebihan :**

- 1) Kelebihan Zn sampai 2 hingga 3 kali menurunkan absorpsi tembaga.
- 2) Kelebihan hingga 10 kali dapat berpengaruh dalam metabolisme kolesterol, mengubah nilai lipoprotein dan tampaknya dapat meningkatkan kecepatan timbulnya aterosklerosis.
- 3) Kelebihan hingga sebesar 2 gram atau lebih bisa menyebabkan muntah, diare, demam, kelelahan, kurang darah atau anemia, serta gangguan reproduksi.

b. Kekurangan :

- 1) Dampak kekurangan seng pertumbuhan badan menjadi tidak sempurna (kerdil).
- 2) Gangguan serta keterlambatan pertumbuhan kematangan seksual. contohnya; pencernaan terganggu, gangguan fungsi pankreas, gangguan pembentukan kilomikron serta kerusakan bagian atas saluran cerna.
- 3) Kekurangan Zn menghambat pusat sistem saraf dan fungsi otak.
- 4) Kekurangan Zn menghambat metabolisme dalam hal kekurangan vitamin A, gangguan kelenjar tiroid, gangguan nafsu makan serta memperlambat penyembuhan luka.

**3. Yodium (I)**

- a. Kelebihan : Pembesaran kelenjar tiroid yang menutupi jalan pernafasan.
- b. Kekurangan : Gondok, kretinisme, pembesaran kelenjar tiroid, kendala mental serta pertumbuhan pada anak; gemuk pada orang dewasa.

**4. Selenium (Se)**

a. Kelebihan

Dosis tinggi selenium (= 1 mg sehari) menyebabkan muntah muntah, diare, rambut dan kuku rontok, serta luka-luka pada kulit dan sistem saraf. Kecenderungan menggunakan suplemen selenium untuk mencegah kanker harus dilakukan secara hati-hati, jangan sampai dosis berlebihan.

b. Kekurangan

Kekurangan selenium di manusia karena makanan yang dikonsumsi belum banyak diketahui. Di tahun 1979 para pakar asal Cina melaporkan korelasi antara status selenium tubuh dengan penyakit keshan, dimana terjadi kardiomiopati atau degenerasi otot jantung yang terutama terlihat di anak-anak dan wanita dewasa (keshan merupakan sebuah provinsi di Cina). Penyakit keshan-Beck di anak remaja mengakibatkan rasa kaku, pembengkakan serta rasa sakit di sendi jari-jari yang diikuti osteoarthritis secara umum, yang terutama dirasakan di siku, lutut serta pergelangan kaki. Pasien yang menerima makanan parenteral total yang pada biasanya tidak mengandung selenium memberikan aktivitas glutathione peroksidase rendah serta kadar selenium pada plasma dan sel darah merah yang rendah. Beberapa pasien menjadi lemah, sakit di otot-otot dan terjadi kardiomiopati pasien kanker memiliki tingkat selenium plasma yang rendah. Kekurangan selenium dan vitamin E juga dihubungkan dengan penyakit jantung.

## **5. Tembaga (Cu)**

### **a. Kelebihan :**

- 1) Mengakibatkan nekrosis hati atau sirosis hati.
- 2) Konsumsi sebanyak 10-15 mg tembaga sehari bisa menimbulkan muntah muntah dan diare. Banyak sekali tahap perdarahan intravaskuler bisa terjadi, begitupun nekrosis sel-sel hati serta ginjal.
- 3) Konsumsi takaran tinggi dapat mengakibatkan kematian.

### **b. Kekurangan**

Kekurangan tembaga bisa menghambat pertumbuhan dan metabolisme, disamping itu terjadi demineralisasi tulang-tulang. Bayi gagal tumbuh kembang edema dengan serum albumin rendah. Gangguan fungsi kekebalan.

## **6. Mangan (Mn)**

### **a.Kelebihan.**

Keracunan karena kelebihan mangan bisa terjadi Jika lingkungan terkontaminasi oleh mangan. Pekerja tambang yang mengisap mangan yg terdapat di debu tambang untuk jangka waktu lama , menunjukkan gejala-gejala kelainan otak disertai penampilan dan tingkah laku abnormal, yg menyerupai penyakit parkinson.

### **b.Kekurangan**

Kekurangan mangan pernah terlihat di manusia. Kebutuhan mangan kecil, sedangkan mangan banyak terdapat dalam kuliner nabati. Kekurangan mangan menyebabkan steril pada hewan jantan dan betina. Keturunan dari induk yang menderita kekurangan mangan, menunjukkan kelainan kerangka serta gangguan kerangka otot. Penggunaan suplementasi besi dan kalsium perlu diperhatikan sebab kedua zat gizi ini menghambat absorpsi mangan. Kekurangan mangan seringkali terjadi bersamaan dengan kekurangan besi. makanan tinggi protein bisa melindungi tubuh dari kekurangan mangan.

## **7. Kobalt (Co)**

### **a.Kelebihan**

Belum diketahui sebab belum terdapat penelitian yang menunjukkan tentang seseorang yang mengidap penyakit dampak kelebihan kobalt. Percaya saja bahwa sesuatu yang berlebihan.

### **b.Kekurangan**

Terjadi Jika kekurangan vitamin B12. karena faktor intrinsik, sindrom gangguan absorpsi serta gastrektomi.

## **8. Kromium (Cr)**

### **a.Kelebihan**

Kelebihan krom yang disebabkan karena makanan belum pernah ditemukan. Pekerja yang terkena limbah industri serta cat yang mengandung krom tinggi dikaitkan dengan peristiwa penyakit hati dan kanker paru-paru.

Kromat merupakan bentuk krom dengan valensi 6, tubuh tak dapat mengoksidasi krom makanan dengan valensi 3 yang tidak toksik menjadi bentuk valensi 6 yang toksik. Jadi, krom pada makanan tidak berkaitan dengan kanker paru-paru.

### **b.Kekurangan**

Kekurangan krom sebab makanan jarang terjadi, oleh sebab itu AKG untuk krom belum ditentukan.

## **9. Flour (F)**

### **a.Kelebihan**

Kelebihan fluor dapat mengakibatkan keracunan. Hal ini baru terjadi pada takaran sangat tinggi atau sesudah bertahun-tahun menggunakan suplemen fluor sebanyak 20-80 mg sehari. Gejalanya ialah fluorosis (perubahan warna gigi menjadi kekuningan), mulas, diare, sakit di daerah dada, gatal, dan muntah.

### **b. Kekurangan**

Kekurangan fluor terjadi di daerah dimana air minum kurang mengandung fluor. Akibatnya ialah kerusakan gigi serta keropos tulang pada orang tua.

## **10. Molibdenum (Mo)**

### **a.Kelebihan**

Konsumsi berlebihan dihubungkan dengan sindrom seperti penyakit gout, disertai nilai molibden, asam urat serta oksidase xantin dalam darah.

### **b.Kekurangan**

Dampak kekurangan molibiden karna makanan belum pernah terlihat. Kekurangan molibden pernah terlihat di pasien yang menerima makanan parenteral total. Gejalanya ialah mudah tersinggung, pikiran kacau, peningkatan laju pernafasan dan denyut jantung yang dapat mengakibatkan berakhir dengan pingsan.

## **BAB X**

### **BIOENERGETIKA SEL dan ATP**

#### **A. Pengertian Bioenergetika**

Bioenergetika adalah bagian dari biokimia yang berhubungan dengan transformasi dan penggunaan energi oleh sel hidup. Seluruh reaksi kimia dalam kehidupan hanya dapat berlangsung jika didukung energi yang cukup. Sumber energi kimia dalam kehidupan tersebut adalah senyawa organik berenergi tinggi yang dikenal dengan ATP (Adenosin Trifosfat). ATP adalah sumber energi langsung bagi semua kegiatan metabolisme di dalam sel. Energi yang terikat di dalam ATP tersebut berasal dari energi yang dibebaskan dalam pemecahan senyawa organik dalam sel yaitu dalam proses respirasi. Sedangkan energi yang terikat dalam senyawa organik bahan respirasi tersebut hakekatnya merupakan energi kimia yang dibentuk dalam proses fotosintesis. Pada proses fotosintesis ini energinya berasal dari energi cahaya matahari. Jadi, energi cahaya matahari merupakan sumber energi primer bagi semua kehidupan di bumi ini. Untuk dapat sampai dan digunakan oleh sel-sel tersebut, akan mengalami 3 tahap transformasi, yaitu :

##### **1. Transformasi energi oleh klorofil**

Energi radiasi sinar matahari ditangkap oleh klorofil tumbuhan hijau. Melalui proses fotosintesis, energi ini digunakan untuk mengikat CO<sub>2</sub> dan H<sub>2</sub>O menjadi karbohidrat. Jadi dalam proses ini terjadi transformasi dari energi cahaya yang berupa energi kinetik menjadi energi kimia yang merupakan energi potensial. Energi kimia ini disimpan dalam bentuk ikatan-ikatan kimia senyawa organik hasil fotosintesis, yaitu karbohidrat dan senyawa-senyawa organik lainnya.

##### **2. Transformasi energi oleh Mitokondria**

Energi kimia yang tersimpan dalam karbohidrat dan senyawa organik lainnya akan dipecah melalui proses respirasi di dalam sel organisme. Dari proses respirasi ini akan dibebaskan sejumlah energi, yang selanjutnya akan digunakan untuk membentuk senyawa dengan ikatan fosfat yang mengandung energi tinggi yang disebut Adenosin Tri Phosfat (ATP). Pengangkutan energi kimia lainnya di dalam sel adalah melalui proses pengangkutan elektron oleh koenzim khusus pembawa elektron, yaitu 5 Nikotinamida Adenin Dinukleotida (NAD) dan Nikotinamida Adenin Dinukleotida Phosfat (NADP).

##### **3. Transformasi energi oleh sel**

Energi yang terdapat di dalam ikatan fosfat (ATP) akan keluar saat akan digunakan oleh sel untuk berbagai aktivitas kehidupan. Jika sel melakukan kegiatan, maka energi kimiawi dari ikatan fosfat akan terlepas dan berubah menjadi energi bentuk lain seperti energi mekanik untuk kerja kontraksi otot, energi listrik untuk meneruskan impuls saraf, energi sintesis untuk membangun senyawa pertumbuhan, serta sisanya akan mengalir ke sekeliling sel dan hilang sebagai energi panas.

Dalam system biologi, panas yang dihasilkan oleh proses oksidasi tidak dapat dipakai sebagai sumber energy. Proses pembakaran dalam system biologi berlangsung tanpa nyala atau pada suhu yang rendah. Energy bebas yang terkandung dalam molekul organik diubah dan disimpan dalam bentuk energy kimia, yaitu dalam struktur kovalen dari gugus fosfat dalam molekul adenosine trifosfat (ATP) yang terbentuk dengan perantaraan enzim dari adenosine difosfat (ADP) dan senyawa fosfat anorganik (Pi). Reaksi yang menghasilkan energi bebas disebut reaksi eksergonik. Sebaliknya dalam proses anabolisme diperlukan energi bebas yang diperoleh dari ATP. Reaksi yang memerlukan energi bebas disebut reaksi endergonik. Beberapa contoh reaksi eksergonik dan endergonik tercantum pada Tabel 8.

Tabel 8. Contoh reaksi eksergonik dan endergonik dalam sistem biologi

| Ekserogonik                                                                                                                                             | Endergonik                                                                                                                                                                                   |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Oksidasi bahan bakar (karbohidrat, protein, lemak)</li> <li>2. Fotosintesis</li> <li>3. Fermentasi</li> </ol> | <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Gerakan mekanik</li> <li>2. Biosintesis</li> <li>3. Transpor aktif</li> <li>4. Pemindahan informasi</li> <li>5. Penghantar impuls saraf</li> </ol> |

Tabel 8. Reaksi Eksergonik dan Endogonik

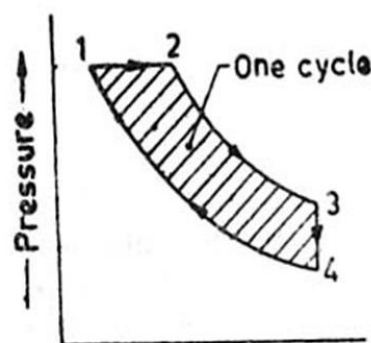
## B. STUDI TERMODINAMIKA

Termodinamika berasal dari dua kata yaitu thermal (yang berkenaan dengan panas) dan dinamika (yang berkenaan dengan pergerakan). Termodinamika adalah kajian mengenai hubungan, panas, kerja, dan energy dan secara khusus perubahan panas menjadi kerja. Hukum termodinamika pertama dan kedua dirumuskan pada abad ke-19 oleh para ilmuwan mengenai peningkatan efisiensi mesin uap. Bagaimanapun hukum ini merupakan dasar seperti hukum fisika lainnya. Mereka membatasi efisiensi amuba atau ikan paus seperti mereka membatasi efisiensi mobil atau tenaga nuklir tumbuhan.

Beberapa Siklus dalam termodinamika Dengan menganggap sejumlah tertentu gas terkandung dalam sebuah silinder yang disusun dengan piston dan thermometer. Dengan menggerakkan piston dan memanaskan atau mendinginkan silinder, tekanan  $P$ , volume  $V$ , dan suhu  $T$  dapat diubah. Keadaan termodinamika gas ditentukan dengan memberikan nilai dari variable-variable termodinamika  $P, V$  dan  $T$ . Jika variable-variable dihubungkan oleh persamaan

$$PV=nRT$$

Dimana  $n$  adalah jumlah mol gas dan  $R=8,314 \text{ J/K}$  adalah tetapan gas. Persamaan ini menunjukkan bahwa jika dua variable diketahui, variable ketiga dapat ditentukan. Hal ini berarti hanya dua variable yang diperlukan untuk menentukan keadaan. Bahkan jika gas tidak ideal, hanya dua variable yang diperlukan, karena terdapat persamaan keadaan yang berhubungan dengan variable-variable ini. Siklus termodinamika terdiri dari urutan operasi/proses termodinamika, yang berlangsung dengan urutan tertentu, dan kondisi awal diulangi pada akhir proses. Jika operasi atau proses dilukiskan pada diagram  $p-v$ , akan membentuk lintasan tertutup. Karena daerah dibawah setiap kurva merupakan kerja yang dilakukan, sehingga kerja netto dalam satu siklus diberikan oleh daerah yang ditutupi oleh lintasan, seperti ditunjukkan oleh gambar 1.



**Gambar 41. Siklus Termodinamika**

Pengetahuan mengenai siklus termodinamika adalah penting di dalam sistem pembangkit tenaga (seperti mesin bensin, diesel, turbin gas, dll). Mesin-mesin ini menggunakan campuran bahan bakar dan udara untuk operasinya. Karena massa bahan bakar yang digunakan sangat kecil bila dibandingkan dengan massa udara, sehingga campuran



diasumsikan mengikuti sifat-sifat gas sempurna. Klasifikasi Siklus Termodinamika. Siklus termodinamika, secara umum, bisa diklasifikasikan kedalam dua tipe: Siklus reversibel dan Siklus irreversibel.

#### d. Siklus Reversibel

Sebuah proses, dimana perubahan dalam arah sebaliknya, akan membalik proses seutuhnya, dikenal dengan proses reversibel. Sebagai contoh, jika selama proses termodinamika dari keadaan 1 ke 2, kerja yang dilakukan oleh gas adalah  $W_{1-2}$ , dan kalor yang diserap adalah  $Q_{1-2}$ . Sekarang jika kerja dilakukan pada gas sebesar  $W_{1-2}$  dan mengeluarkan kalor sebesar  $Q_{1-2}$ , kita akan membawa sistem kembali dari keadaan 2 ke 1, proses disebut reversibel. Pada proses reversibel, seharusnya tidak ada kerugian panas karena gesekan, radiasi atau konduksi, dsb. Siklus akan reversibel jika semua proses yang membentuk siklus adalah reversibel. Maka pada siklus reversibel, kondisi awal dicapai kembali pada akhir siklus.

#### e. Siklus Ireversibel

Sebagaimana telah disebut di atas bahwa jika perubahan dalam arah sebaliknya, akan membalik proses seutuhnya disebut sebagai proses reversibel. Tetapi jika perubahan tidak membalik proses, maka disebut proses ireversibel. Pada proses ireversibel, terjadi kerugian panas karena gesekan, radiasi atau konduksi. Dalam keadaan di lapangan, sebagai besar proses adalah ireversibel. Penyebab utama ireversibel adalah : (1) gesekan mekanik dan fluida, (2) ekspansi tak tertahan, (3) perpindahan panas dengan perbedaan temperatur tertentu. Lebih jauh, gesekan akan merubah kerja mekanik menjadi panas. Panas ini tidak bisa dirubah kembali dalam jumlah yang sama ke dalam kerja mekanik. Sehingga jika ada gesekan di dalam proses maka proses adalah ireversibel. Sebuah siklus adalah ireversibel jika ada proses ireversibel pada proses-proses pada siklus tersebut. Maka pada siklus ireversibel, kondisi awal tidak didapati pada akhir siklus.

#### f. Reversibilitas Proses Termodinamika

##### 1. Isothermal dan Adiabatik

Perlu dicatat bahwa proses atau siklus penuh adalah hal yang ideal. Dalam keadaan sebenarnya, operasi isothermal atau adiabatik lengkap tidak dicapai. Namun demikian keadaan ini bisa diperkirakan. Alasan dari hal tersebut adalah tidak mungkin mentransfer kalor pada temperatur konstan pada operasi isothermal. Lebih jauh, adalah tidak mungkin membuat silinder non-konduksi pada proses adiabatik. Pada keadaan sebenarnya, proses isothermal bisa

dicapai jika proses begitu lambat sehingga kalor yang diserap atau dilepaskan pada laju dimana temperatur tetap konstan. Dengan cara yang sama, proses adiabatik bisa dicapai jika proses terjadi dengan sangat cepat sehingga tidak ada waktu bagi kalor untuk masuk atau meninggalkan gas. Dengan pandangan tersebut, proses isothermal dan adiabatik dianggap sebagai proses reversibel.

## 2. Volume konstan, tekanan konstan dan pvn konstan

Kita tahu bahwa temperatur benda panas, yang memberikan panas, tetap konstan selama proses, temperatur zat kerja akan bervariasi ketika proses berlangsung. Dalam pandangan ini, ketiga operasi di atas adalah ireversibel. Tetapi hal ini bisa dibuat mendekati reversibilitas dengan memanipulasi temperatur benda panas bervariasi sehingga pada setiap tingkatan temperatur zat kerja tetap konstan. Dalam hal ini, proses volume konstan, tekanan konstan dan pvn konstan dianggap sebagai proses reversibel.

### Efisiensi Siklus

Didefinisikan sebagai rasio kerja yang dilakukan terhadap kalor yang disuplai selama siklus. Secara matematik, efisiensi siklus: diberikan yangkalor dilakukan yang kerja

$$\eta = \frac{\text{Kerja yang dilakukan}}{\text{kalor yang diberikan}}$$

Karena kerja yang dilakukan selama satu siklus adalah sama dengan kalor yang diberikan dikurangi dengan kalor yang dilepaskan, efisiensi siklus bisa juga dinyatakan:

$$\eta = \frac{\text{Kerja yang diberikan} - \text{kalor yang dilepaskan}}{\text{Kalor yang diberikan}}$$

### Kalor yang diberikan

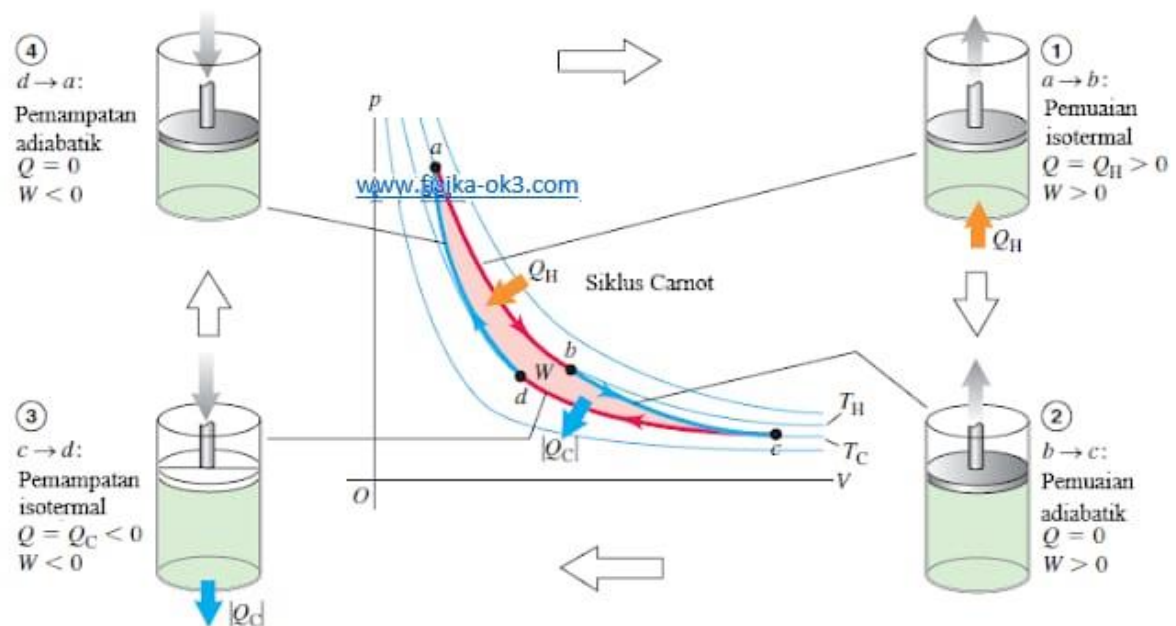
#### g. Siklus Carnot

Siklus di buat oleh carnot, yang merupakan ilmuwan pertama yang menganalisis permasalahan efisiensi mesin kalor. Pada mesin carnot, zat kerja melakukan operasi siklus yang terdiri dari dua operasi termal dan dua operasi adiabatik. Diagram P-V dan TS dari siklus ditunjukkan pada gambar di bawah ini.

Mesin yang dibayangkan oleh Carnot mempunyai udara (yang dianggap mempunyai sifat seperti gas sempurna) sebagai zat kerja yang berada di dalam silinder dimana terdapat piston A yang bergerak tanpa gesekan. Dinding silinder dan piston adalah non-konduktor, tetapi dasar silinder B adalah konduktor dan ditutup oleh penutup terisolasi IC. Mesin diasumsikan

bekerja diantara dua sumber dengan kapasitas yang tak terbatas, satu pada temperatur tinggi dan yang lainnya pada temperatur rendah.

Teorema Carnot adalah pernyataan formal dari fakta bahwa: Tidak mungkin ada mesin yang beroperasi diantara dua reservoir panas yang lebih efisien daripada sebuah mesin Carnot yang beroperasi pada dua reservoir yang sama. Artinya, efisiensi maksimum yang dimungkinkan untuk sebuah mesin yang menggunakan temperatur tertentu diberikan oleh efisiensi mesin Carnot.



**Gambar 42. Siklus Carnot**

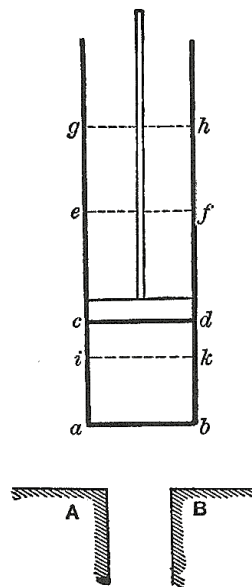
Mesin Carnot adalah mesin kalor hipotetis yang beroperasi dalam suatu siklus reversibel yang disebut siklus Carnot. Model dasar mesin ini dirancang oleh Nicolas Léonard Sadi Carnot, seorang insinyur militer Perancis pada tahun 1824. Model mesin Carnot kemudian dikembangkan secara grafis oleh Émile Clapeyron 1834, dan diuraikan secara matematis oleh Rudolf Clausius pada 1850an dan 1860an. Dari pengembangan Clausius dan Clapeyron inilah konsep dari entropi mulai muncul.

Setiap sistem termodinamika berada dalam keadaan tertentu. Sebuah siklus termodinamika terjadi ketika suatu sistem mengalami rangkaian keadaan-keadaan yang berbeda, dan akhirnya kembali ke keadaan semula. Dalam proses melalui siklus ini, sistem tersebut dapat melakukan usaha terhadap lingkungannya, sehingga disebut mesin kalor.

Sebuah mesin kalor bekerja dengan cara memindahkan energi dari daerah yang lebih panas ke daerah yang lebih dingin, dan dalam prosesnya, mengubah sebagian energi menjadi

usaha mekanis. Sistem yang bekerja sebaliknya, dimana gaya eksternal yang dikerjakan pada suatu mesin kalor dapat menyebabkan proses yang memindahkan energi panas dari daerah yang lebih dingin ke energi panas disebut mesin refrigerator.

Pada diagram di bawah ini, yang diperoleh dari tulisan Sadi Carnot berjudul Pemikiran tentang Daya Penggerak dari Api (*Réflexions sur la Puissance Motrice du Feu*), diilustrasikan ada dua benda A dan B, yang temperaturnya dijaga selalu tetap, dimana A memiliki temperatur lebih tinggi daripada B. Kita dapat memberikan atau melepaskan kalor pada atau dari kedua benda ini tanpa mengubah suhunya, dan bertindak sebagai dua reservoir kalor. Carnot menyebut benda A "tungku" dan benda B "kulkas".[1] Carnot lalu menjelaskan bagaimana kita bisa memperoleh daya penggerak (usaha), dengan cara memindahkan sejumlah tertentu kalor dari reservoir A ke B.

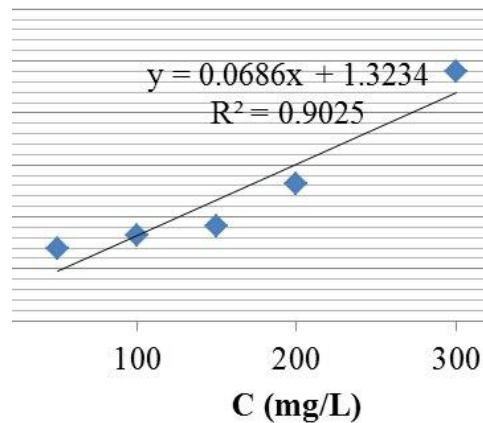


**Gambar 43. Mesin Carnot**

Implikasi lain dari teorema Carnot adalah mesin reversibel yang beroperasi antara dua reservoir panas yang sama memiliki efisiensi yang sama pula. Efisiensi maksimum yang dinyatakan pada persamaan diatas dapat diperoleh jika dan hanya jika tidak ada entropi yang diciptakan dalam siklus tersebut. Jika ada, maka karena entropi adalah fungsi keadaan, untuk membuang kelebihan entropi agar dapat kembali ke keadaan semula akan melibatkan pembuangan kalor ke lingkungannya, yang merupakan proses irreversibel dan akan menyebabkan turunnya efisiensi. Jadi persamaan diatas hanya memberikan efisiensi dari sebuah mesin kalor reversibel.

#### h. Pengertian Isoterm

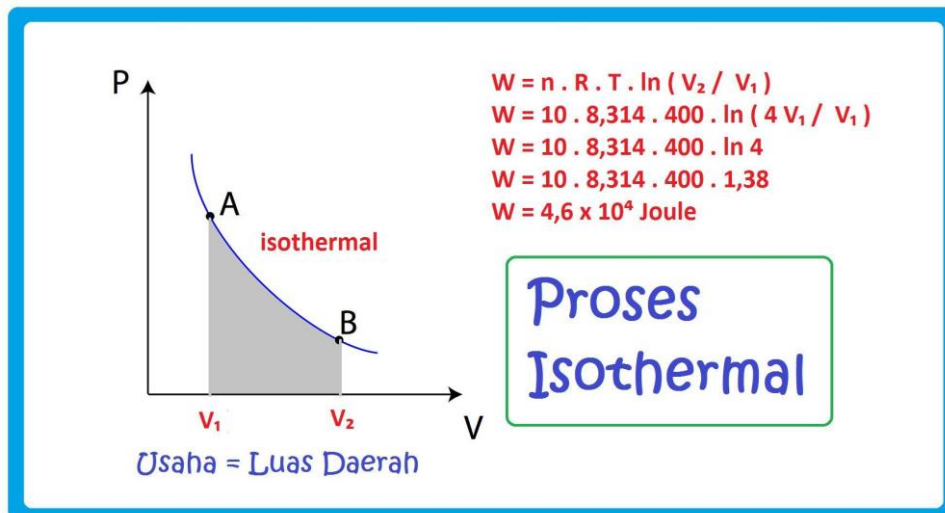
Semua keadaan dengan suhu yang sama terletak pada kurva disebut isotherm. Pada gambar menunjukkan beberapa Isoterm untuk suhu yang berbeda: suhu dari isotherm tertentu lebih tinggi dari suhu semua isotherm yang terletak dibawahnya dan lebih rendah dari suhu semua isotherm yang terletak diatasnya. Pada suhu yang tinggi isotherm merupakan kurva yang halus yang ditunjukkan oleh persamaan 11.1, tetapi pada temperature rendah bentuk isotherm lebih kompleks karena gas tidak lagi ideal.



**Gambar 44. Isoterm**

i. Pengertian Isotermal

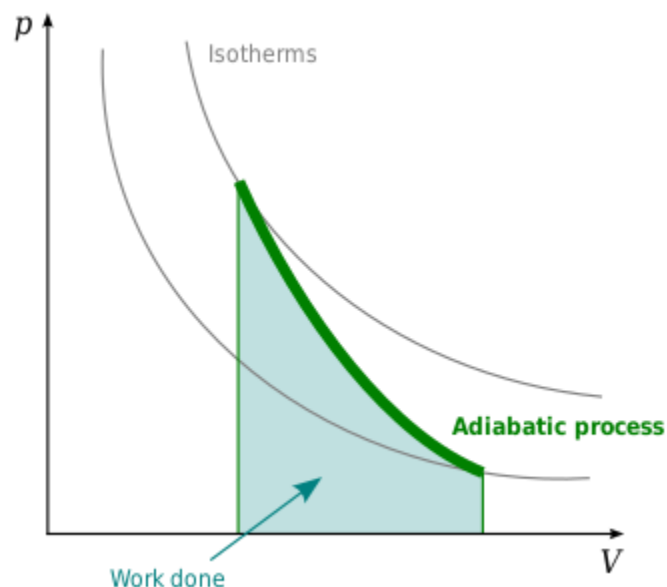
Pada perubahan isothermal suhu dipertahankan agar konstan(tetap). Hal ini dilakukan dengan menempatkan silinder yang dihubungkandengan sumber air pada suhu yang diinginkan pada gambar. Silinder mempunyai dinding yang tipis yang terbuat dari bahan yang dapat menghantarkan panas,misalnya tembaga, sehingga panas dengan mudah mengalir secara bolak-balik antara sumber air dan gas. Sumber air cukup besar dengan suhu yang tidak dapat dipengaruhi oleh jumlah perubahan panas dan gas. Selama ekspansi isothermal, panas mengalir ke gas untuk menjaga suhu agar konstan (ingat, suhu gas menurun jika panas terhalangi untuk mengalir ke gas selama ekspansi terjadi). Sistem yang mengikuti keadaan isotherm terjadi dari keadaan awal A ke keadaan Akhir B' pada gambar.



**Gambar 45. Proses Isothermal**

j. Pengertian Adiabatik

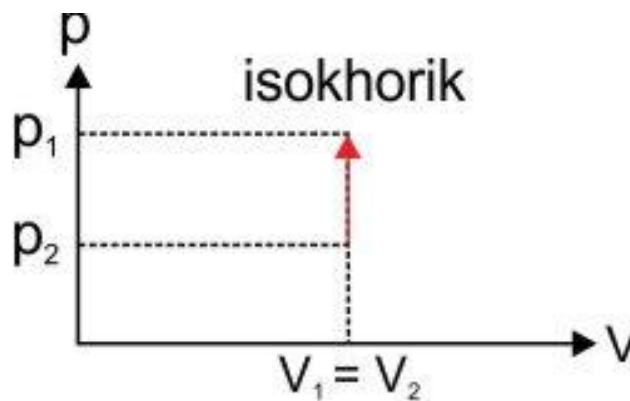
Pada perubahan adiabatic tidak ada panas yang dapat masuk atau keluar dari system. Hal ini karena dikelilingi oleh silinder dengan bahan-bahan penyekat seperti asbes atau streafoam pada gambar. Jika gas ideal di kembangkan secara adiabatic.



**Gambar 46. Proses Adiabatik**

k. Pengertian Isokhorik

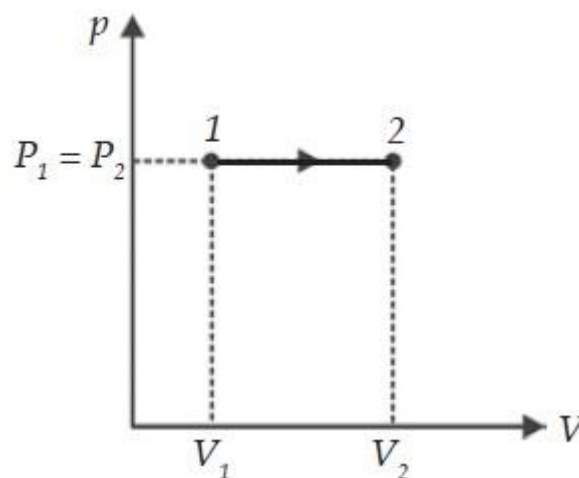
Pada perubahan isokhorik volume system dipertahankan agar konstan. Hal ini dilakukan dengan mengapit piston pada posisi tertentu. Keadaan gas diubah dengan memanaskan gas. Ketika piston dipasang, tidak ada kerja yang dilakukan oleh system selama terjadi perubahan. Sistem mengikuti garis AA' pada gambar



**Gambar 47. Proses Isokhorik**

#### 1. Pengertian Isobarik

Pada perubahan isobarik, tekanan sistem diertahankan pada tekanan tertentu. Hal ini dilakukan dengan menggunakan tekanan konstan eksternal ke piston pada gambar keadaan gas diubah dengan memanskan gas, sistem tersebut mengikuti garis AB'' pada gambar.



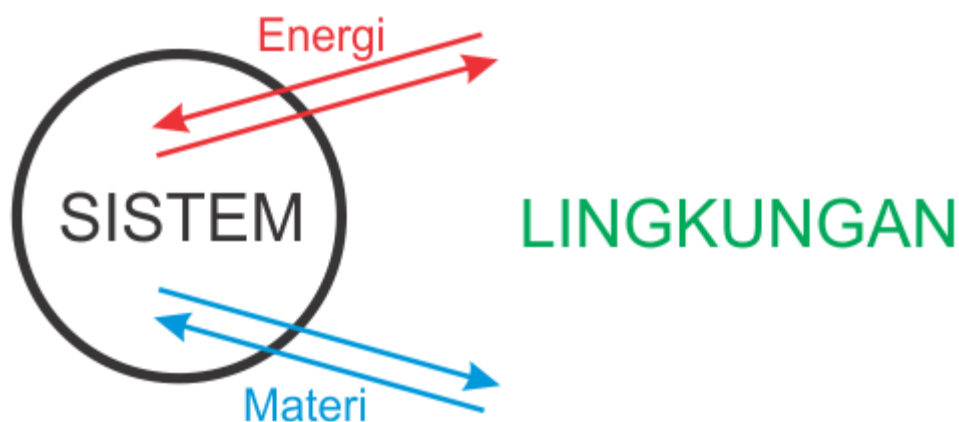
**Gambar 48. Proses Isobarik**

### C. Hukum Termodinamika

#### 1. Hukum Pertama Termodinamika

Hukum ini terkait dengan kekekalan energi. Hukum ini menyatakan perubahan energi dalam dari suatu sistem termodinamika tertutup sama dengan total dari jumlah energi kalor yang disuplai ke dalam sistem dan kerja yang dilakukan terhadap sistem. Hukum pertama termodinamika adalah konservasi energi. Secara singkat, hukum tersebut menyatakan bahwa

energi tidak dapat diciptakan dan tidak dapat dimusnahkan tetapi hanya dapat berubah dari bentuk yang satu ke bentuk yang lainnya. Untuk tujuan termodinamik, perlu lebih spesifik dan menguraikan hukum tersebut secara lebih kuantitatif. Termodinamika memperhitungkan hubungan antara system S, misalnya gas dalam silinder pada gambar dan lingkungan  $\epsilon$  di sekelilingnya. Lingkungan adalah segala sesuatu yang ada di luar system yang dapat mempengaruhi system, dimana pada banyak kasus termasuk pada sekeliling system. Sistem dan lingkungan merupakan semesta U.



**Gambar 49. Hukum Termodinamika**

Energi sistem ( $E_s$ ) adalah jumlah energi kinetik molekul-molekul system ( energi termal) dan energi potensial atom-atom dalam molekul (energi kimia). Energi  $E_s$  bergantung pada keadaan system, berubah ketika keadaan berubah. Misalnya, perubahan isobaric pada gambar, sumber panas meningkatkan energi termal system. Jika sumber panas adalah bagian dari lingkungan, energi  $E_\epsilon$  lingkungan juga berubah. Hukum pertama termodinamika mengatakan bahwa energi  $E_u$  semesta.

$$E_u = E_s + E_\epsilon$$

Tidak berubah. Ini berarti, jika  $E_s$  dan  $E_\epsilon$  adalah energi sistem dan lingkungan ketika sistem berada pada satu keadaan dan  $E'_s$  dan  $E'_\epsilon$  adalah energi ketika sistem berada pada keadaan lain, maka

$$E'_s + E'_\epsilon = E_s + E_\epsilon \text{ atau } (E'_s - E_s) + (E'_\epsilon - E_\epsilon)$$



Seperti sebelumnya, delta digunakan sebagai awalan yang berarti “perbedaan dalam” atau perubahan dari“. Secara spesifik  $\Delta E_S$  adalah energi dari keadaan akhir sistem dikurangi energi dari keadaan awal,

$$\Delta E_S = E'_S - E_S$$

Dan  $\Delta E_S$  adalah energi akhir lingkungan dikurangi energi awal

$$\Delta E_\varepsilon = E'_\varepsilon - E_\varepsilon$$

Hubungan simbol-simbol persamaan 11.2 dapat dituliskan

$$\Delta E_S + \Delta E_\varepsilon = 0 \text{ atau}$$

$$\Delta E_S = - \Delta E_\varepsilon \text{ hukum pertama 11.3}$$

Ini adalah ungkapan matematika yang sesuai untuk hukum pertama termodinamika. Persamaan tersebut digunakan untuk menghitung perubahan energi sistem jika perubahan energi lingkungan diketahui, dan sebaliknya.

## 2. Hukum kedua Termodinamika

Hukum kedua termodinamika terkait dengan entropi. Hukum ini menyatakan bahwa total entropi dari suatu sistem termodinamika terisolasi cenderung untuk meningkat seiring dengan meningkatnya waktu, mendekati nilai maksimumnya.

Sebuah benda dengan massa  $m$  dilepaskan dari ketinggian  $h$  secara spontan jatuh ke tanah, kemudian diam. Pada situasi ini energi semesta adalah jumlah energi termal benda, energi termal tanah dan energi mekanik benda. Sebelum dilepaskan, benda mempunyai energi mekanik yang sama dengan energi potensialnya  $U = mgh$ , dan setelah benda tersebut diam di tanah, energi mekaniknya nol. Pada proses ini, dengan demikian energi mekanik semesta berkurang dari  $mgh$  menjadi nol. Jika energi total semesta tidak berubah (hukum pertama termodinamika), energi termal semesta dapat meningkat dengan  $mgh$ . Peningkatan energi termal menunjukkan peningkatan yang kecil pada temperatur benda dan tanah.

Sebagaimana diketahui dari pengalaman sehari-hari bahwa suatu benda yang awalnya diam di tanah tidak akan pernah secara spontan meloncat ke udara. Hal tersebut tidak mungkin terjadi karena melanggar hukum pertama. Jika sebuah benda meloncat ke udara, akan terjadi peningkatan energi mekanik semesta. Hal ini tidak akan melanggar hukum pertama,

bagaimanapun jika terdapat hubungan penurunan energi termal semesta. Hukum pertama tidak menjelaskan mengapa benda tidak pernah meloncat ke udara secara spontan.

Proses benda meloncat ke udara secara spontan adalah kebalikan dari proses benda jatuh ke tanah secara spontan. Satu proses terjadi dengan mudah. Sedangkan proses kebalikannya tidak akan pernah terjadi sama sekali. Banyak proses irreversibel yang lain yang dapat terjadi hanya dalam satu arah. Sebagai contoh, ketika benda yang dingin dan benda panas bersentuhan, kalor selalu mengalir dari benda panas ke benda yang dingin, dan tidak pernah dari benda dingin ke benda yang panas. Akibatnya suhu benda yang panas menurun, sedangkan suhu benda yang dingin meningkat. Jika proses kebalikan yang terjadi, benda yang dingin akan menjadi lebih dingin sedangkan benda yang panas akan lebih panas. Contoh lain, tinta diteteskan kedalam segelas air, menyebar hingga tinta tersebut dalam air. proses kebalikannya, dimana campuran air dan tinta secara spontan memisah menjadi air murni dan tinta murni, tidak akan pernah terjadi

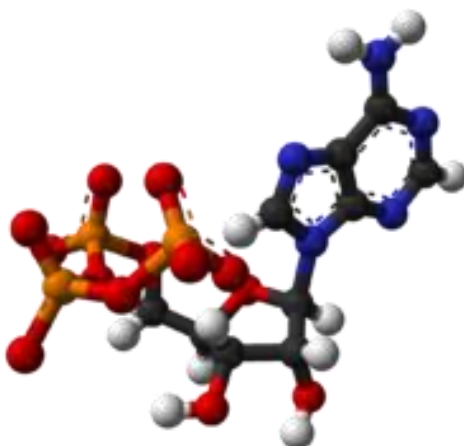
Formulasi Kelvin-Planck atau hukum termodinamika kedua menyebutkan bahwa adalah tidak mungkin untuk membuat sebuah mesin kalor yang bekerja dalam suatu siklus yang semata-mata mengubah energi panas yang diperoleh dari suatu reservoir pada suhu tertentu seluruhnya menjadi usaha mekanik. Hukum kedua termodinamika mengatakan bahwa aliran kalor memiliki arah; dengan kata lain, tidak semua proses di alam semesta adalah reversible (dapat dibalikkan arahnya). Sebagai contoh jika seekor beruang kutub tertidur di atas salju, maka salju dibawah tubuh nya akan mencair karena kalor dari tubuh beruang tersebut. Akan tetapi beruang tersebut tidak dapat mengambil kalor dari salju tersebut untuk menghangatkan tubuhnya. Dengan demikian, aliran energi kalor memiliki arah, yaitu dari panas ke dingin. Satu aplikasi penting dari hukum kedua adalah studi tentang mesin kalor.

### 3. Hukum ketiga Termodinamika

Hukum ketiga termodinamika terkait dengan temperatur nol absolut. Hukum ini menyatakan bahwa pada saat suatu sistem mencapai temperatur nol absolut, semua proses akan berhenti dan entropi sistem akan mendekati nilai minimum. Hukum ini juga menyatakan bahwa entropi benda berstruktur kristal sempurna pada temperatur nol absolut bernilai nol.

## D. ATP

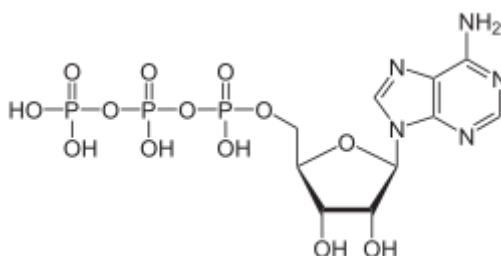
### 1). Pengertian ATP



Gambar 50. Adenosina Trifosfat

Adenosina trifosfat (ATP) adalah suatu nukleotida yang dalam biokimia dikenal sebagai "satuan molekular" pertukaran energi intraselular; artinya, ATP dapat digunakan untuk menyimpan dan mentranspor energi kimia dalam sel. ATP juga berperan penting dalam sintesis asam nukleat. Molekul ATP juga digunakan untuk menyimpan energi yang dihasilkan tumbuhan dalam respirasi seluler. ATP yang berada di luar sitoplasma atau di luar sel dapat berfungsi sebagai agen signaling yang memengaruhi pertumbuhan dan respon terhadap perubahan lingkungan.

### 2). Komposisi Kimia ATP



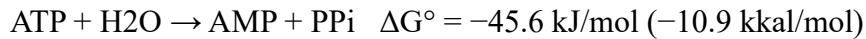
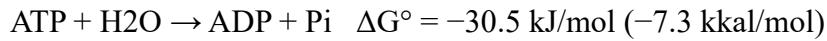
gambar 51. Rumus Kimia ATP

Garam ATP dapat diisolasi dan berbentuk padatan tak berwarna.

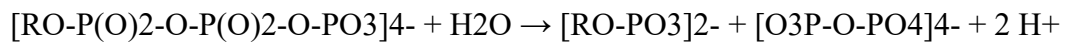
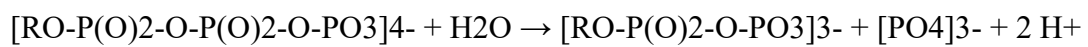
ATP terdiri dari adenosina dan tiga gugus fosfat. Rumus empirisnya adalah  $C_{10}H_{16}N_5O_{13}P_3$ , dan rumus kimianya adalah  $C_{10}H_8N_4O_2NH_2(OH)_2(PO_3H)_3H$ , dengan

berat molekul 507.184 u. Gugus fosforil pada AMP disebut gugus alfa, beta, and gamma fosfat.

Hidrolisis ATP menjadi ADP dan fosfat anorganik melepaskan entalpi 30.5 kJ/mol, dengan perubahan energi bebas sebesar 3.4 kJ/mol. Energi dilepaskan oleh fosfat (Pi) atau pirofosfat (PPi) dari unit dari ATP pada keadaan standar 1 M adalah:



Persamaan diatas dapat ditulis dalam bentuk yang lebih eksplisit, yaitu (R = adenosil):



### 3). Sintesis ATP

#### Model molekul ATP

ATP dapat dihasilkan melalui berbagai proses seluler, namun seringkali dijumpai di mitokondria melalui proses fosforilasi oksidatif dengan bantuan enzim pengkatalisis ATP sintetase. Pada tumbuhan, proses ini lebih sering dijumpai di dalam kloroplas melalui proses fotosintesis. Bahan bakar utama sintesis ATP adalah glukosa dan asam lemak. Mula-mula, glukosa dipecah menjadi asam piruvat di dalam sitosol dalam reaksi glikolisis. Dari satu molekul glukosa akan dihasilkan dua molekul ATP. Tahap akhir dari sintesis ATP terjadi dalam mitokondria dan menghasilkan total 36 ATP.

### 4). ATP Dalam Tubuh Manusia

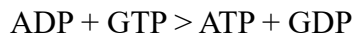
Jumlah total ATP dalam tubuh manusia berkisar pada 0,1 mol. Energi yang digunakan oleh sel manusia untuk melakukan hidrolisis dapat berjumlah 200 hingga 300 mol ATP per hari. Artinya, setiap molekul ATP didaur ulang sebanyak 2000 hingga 3000 kali setiap hari. ATP tidak dapat disimpan, karenanya sintesis harus segera diikuti dengan penggunaan. ATP dapat disimpan sebagai ATP-PC

### 5). Trifosfat Lain

Sel juga memiliki trifosfat nukleosida mengandung energi tinggi yang lain, seperti GTP. Energi dapat dengan mudah ditransfer antar trifosfat-trifosfat ini dengan ATP melalui reaksi yang dikatalisis oleh nukleosida difosfokinase: Energi dilepaskan ketika terjadi hidrolisis

terhadap ikatan-ikatan fosfat berenergi tinggi. Energi ini dapat digunakan oleh berbagai macam enzim, protein motor, dan protein transpor untuk melangsungkan kehidupan sel. Selain energi, hidrolisis akan melepaskan fosfat anorganik dan ADP yang dapat dipecah lagi menjadi satu ion fosfat dan AMP. ATP juga dapat langsung dipecah menjadi adenosina monofosfat dan pirofosfat.

#### 6). Reaksi ADP dengan GTP



Belakangan ini banyak dibicarakan kemungkinan menggunakan ATP sebagai sumber energi untuk nanoteknologi dan implan sehingga peralatan seperti alat pacu jantung buatan tidak lagi memerlukan baterai.

#### 7). Peran Biokimia dan Fisiologi

Peran ATP yang paling banyak dikenali orang adalah sebagai pembawa energi, dalam bentuk yang tertukar sebagai ATP dan ADP. Fungsi ini berlangsung di berbagai kompartemen sel, tetapi kebanyakan terjadi pada sitosol (ruang di dalam sitoplasma yang berisi cairan kental). Sebagai pembawa energi, ATP juga banyak dijumpai pada mitokondria.

ATP dan nukleosida trifosfat lainnya dapat berada di luar sel, menempati matriks ekstraselular. Di sini mereka berperan sebagai agen signaling yang merespon perubahan lingkungan atau gangguan dari organisme lain untuk kemudian ditangkap oleh reseptor pada membran sel. Mekanisme ini belum banyak dipelajari dan diketahui terjadi pada hewan dan, ternyata, juga pada tumbuhan.

#### 8). ATP Merangkai Proses Eksergonik dan Endergonik

Proses dimana berlangsungnya reaksi-reaksi yang melepaskan energi bebas (eksergonik) selalu dirangkaikan dengan proses yang reaksi-reaksinya memerlukan energi bebas (endergonik). Reaksi eksergonik adalah reaksi dalam proses katabolisme yaitu reaksi-reaksi pemecahan atau oksidasi molekul bahan bakar sedangkan reaksi sintesa yang membangun berbagai substansi terdapat dalam proses anabolisme.

Untuk merangkai kedua proses eksergonik dan endergonik harus ada senyawa antara dengan potensial energi tinggi yang dibentuk dalam reaksi eksergonik dan menyatukan senyawa yang baru dibentuk tersebut kedalam reaksi endergonik, sehingga energi bebasnya dialihkan antara dua proses tersebut. Senyawa antara yang dibentuk tidak perlu mempunyai hubungan struktural dengan reaktan-reaktan yang bereaksi. Dalam sel hidup, reaksi oksidasi

yang melepas energi bebas selalu disertai dengan peristiwa fosforilasi yang membentuk senyawa dengan potensial energi lebih tinggi. Senyawa pembawa atau senyawa antara energi tinggi yang utama adalah ATP.

ATP adalah nukleotida yang terdiri dari adenin, ribosa dan trifosfat. Bentuk aktif ATP adalah kompleksnya bersama dengan  $Mg^{2+}$  atau  $Mn^{2+}$ . Sebagai pengemban energi, ATP kaya energi karena unit trifosfatnya mengandung dua ikatan fosfoanhidrida. Sejumlah besar energi bebas dilepaskan ketika ATP dihidrolisis menjadi adenosin difosfat (ADP) dan ortofosfat ( $P_i$ ) atau ketika ATP dihidrolisis menjadi adenosin monofosfat (AMP) dan pirofosfat ( $P_{pi}$ ). ATP memungkinkan perangkaian reaksi yang secara termodinamik tidak menguntungkan menjadi reaksi yang menguntungkan. Reaksi pertama dalam lintasan glikolisis yaitu fosforilasi glukosa menjadi glukosa 6 fosfat adalah reaksi yang endergonik ( $\Delta G^\circ = + 13,8 \text{ kJ/mol}$ ), agar reaksi dapat berlangsung harus terangkai dengan reaksi lain yang lebih eksergonik yaitu hidrolisa gugus terminal fosfat ATP ( $\Delta G^\circ = - 30,5 \text{ kJ/mol}$ ) sehingga rangkaian reaksi yang dikatalisa oleh heksokinase tersebut berlangsung dengan mudah dan sangat eksergonik ( $\Delta G^\circ = - 16,7 \text{ kJ/mol}$ ).

Konversi antar ATP, AMP dan ADP adalah mungkin. Enzym adenilat kinase (miokinase) mengkatalisis reaksi :  $ATP + AMP \rightleftharpoons ADP + ADP$ . Reaksi ini mempunyai fungsi antara lain memungkinkan fosfat energi tinggi dalam ADP untuk digunakan dalam sintesa ATP, memungkinkan AMP yang terbentuk dari beberapa reaksi aktivasi yang melibatkan ATP difasforilasi ulang menjadi ADP dan memungkinkan peningkatan konsentrasi AMP (ketika ATP terpakai habis) sebagai sinyal metabolik untuk menaikkan kecepatan reaksi-reaksi katabolik (menghasilkan ATP). Beberapa reaksi biosintesis dijalankan oleh nukleotida trifosfat yang analog dengan ATP, yaitu guanosin trifosfat (GTP), uridin trifosfat (UTP) dan sitidin trifosfat (CTP).

Bentuk difosfat nukleotida-nukleotida ini disebut dengan GDP, UDP dan CPD dan bentuk-bentuk monofosfatnya dengan GMP, UMP dan CMP. Transfer gugus fosforil terminal dari satu kelain nukleotida dapat terjadi dengan bantuan enzym nukleosida difosfat kinase seperti reaksi-reaksi  $ATP + GDP \rightleftharpoons ADP + GTP$  dan  $ATP + GMP \rightleftharpoons ADP + GDP$ . Berbagai senyawa dalam sistem biologi mempunyai potensi fosforil yang tinggi. Ternyata, beberapa diantaranya, seperti fosfoenolpiruvat, karbamoil fosfat, 1, 3 bifosfoglisarat, asetil fosfat dan kreatin fosfat mempunyai potensial pemindahan fosfat yang lebih tinggi dari ATP, hal ini berarti senyawa-senyawa tersebut dapat memindahkan gugus fosforilnya ke ADP untuk membentuk ATP. Potensial transfer fosforil senyawa-senyawa terfosforilasi yang penting secara biologis

seperti glukosa 1 fosfat, fruktosa 6 fosfat, glukosa 6 fosfat dan gliserol 3 fosfat lebih rendah dari ATP. Posisi ATP yang berada ditengah-tengah dari molekul-molekul terfosforilasi tersebut memungkinkan ATP berfungsi secara efisien sebagai pengemban gugus fosforil.

ATP sering disebut senyawa fosfat berenergi tinggi dan ikatan fosfoanhidridanya disebut sebagai ikatan berenergi tinggi. Senyawa-senyawa tinggi energi adalah senyawa yang banyak melepaskan energi bebas ketika mengalami hidrolisis. Istilah ikatan berenergi tinggi sering disimbolkan dengan  $\sim P$  dan menunjukkan senyawa yang punya potensial transfer fosforil tinggi. Ada tiga sumber utama  $\sim P$  yang mengambil bagian dalam penangkapan energi yaitu peristiwa fosforilasi oksidatif, sumber  $\sim P$  yang paling besar pada organisme aerobik, sumber energi bebas untuk menggerakkan proses ini berasal dari reaksi-reaksi oksidasi rantai pernapasan. Sumber kedua adalah glikolisis, membentuk total dua  $\sim P$  yang terjadi pada reaksi pemecahan glukosa menjadi laktat. Sumber ketiga adalah siklus asam sitrat, dimana satu  $\sim P$  dihasilkan langsung pada konversi suksinil ko-A menjadi suksinat.

Senyawa biologi penting lainnya yang digolongkan sebagai senyawa energi tinggi adalah yang mengandung ikatan tiol ester, mencakup koenzym A, protein pembawa asil, senyawa ester asam amino, S-adenosilmetionin, uridin difosfat glukosa dan 5.fosforibosil.1.pirofosfat. ATP sering disebut senyawa fosfat berenergi tinggi dan ikatan fosfoanhidridanya disebut sebagai ikatan berenergi tinggi. Senyawa-senyawa tinggi energi adalah senyawa yang banyak melepaskan energi bebas ketika mengalami hidrolisis. Istilah ikatan berenergi tinggi sering disimbolkan dengan  $\sim P$  dan menunjukkan senyawa yang punya potensial transfer fosforil tinggi. Ada tiga sumber utama  $\sim P$  yang mengambil bagian dalam penangkapan energi yaitu peristiwa fosforilasi oksidatif, sumber  $\sim P$  yang paling besar pada organisme aerobik, sumber energi bebas untuk menggerakkan proses ini berasal dari reaksi-reaksi oksidasi rantai pernapasan. Sumber kedua adalah glikolisis, membentuk total dua  $\sim P$  yang terjadi pada reaksi pemecahan glukosa menjadi laktat. Sumber ketiga adalah siklus asam sitrat, dimana satu  $\sim P$  dihasilkan langsung pada konversi suksinil ko-Amenjadi suksinat.

Senyawa biologi penting lainnya yang digolongkan sebagai senyawa energi tinggi adalah yang mengandung ikatan tiol ester, mencakup koenzym A, protein pembawa asil, senyawa ester asam amino, S-adenosilmetionin, uridin difosfat glukosa dan 5.fosforibosil.1.pirofosfat.

## DAFTAR PUSTAKA

- A Rohandi, N Widyani. 2010. “Dampak Penurunan Kadar Air Terhadap Respon Fisiologis dan Biokimia”. Jurnal Penelitian Hutan Taman.
- A, Afandi F., H, Wijaya C., N, Faridah D., & dan E, Suyatma N. (PANGAN, VOL 28 No. 2 Agustus 2019 ). Program Studi Ilmu Pangan, Sekolah Pascasarjana IPB. Hubungan antara Kandungan Karbohidrat dan Indeks Glikemik pada Pangan Tinggi Karbohidrat, 145-160.
- A.A. Putra Wibawa. 2016. *Makalah Mineral Makro dan Air*
- Adnan. 2008. Biologi Sel.
- Afrianto dan Liviawaty. (2005). Pakan Ikan dan Perkembangannya. Yogyakarta: Kanisius.
- Almatsier, S. 2001. *Prinsip Dasar Ilmu Gizi*. Jakarta : PT Gramedia Pustaka Utama
- Almatsier, Sunita.2009. *Prinsip Dasar Ilmu Gizi*, Jakarta; Pt. Gramedia Pustaka Utama (09 Mei 2012)
- Almatsier, sunita.Prinsip Dasar Ilmu Gizi . PT Gramedia. Pustaka utama. Jakarta : 2004
- Almatsier,S. 2010. Prinsip Dasar Ilmu Gizi. Jakarta: Gramedia Pustaka Utama.
- Anonim. 2017. “Mengenal Air dalam Pangan”. dalam diskepang riau, 4 agustus.
- Apriani, S., & Baliwati, Y. F. (2011). Faktor-faktor yang berpengaruh terhadap konsumsi pangan sumber karbohidrat di perdesaan dan perkotaan. Jurnal gizi dan pangan, 6(3), 200-207.
- Ari, Yuniastuti. 2014. *Nutrisi Mikromineral Kesehatan*. Surabaya : Unnes Press.
- Arifin. Z. 2008. *Beberapa unsur mineral esensial mikro dalam sistem biologi dan metode analisisnya*. Balai Besar Viteriner. Jurnal Litbang Pertanian 27.
- Arikunto, Suharsimi. (2013). *Prosedur Penelitian Suatu Pendekatan Praktik*. Jakarta: Rineka Cipta. Muhammadiyah Prof.Dr.Hamka.
- Arpi Nanda Putra, dkk. 2017. *Sistem Deteksi Kondisi Supply dan Kebutuhan Mineral Pada Tubuh*. Pekanbaru.
- Aryulina , Diah dkk , Biologi SMA Kelas XI . Esis. Jakarta ,2004
- Asman NS dkk. 2017. Penentuan Kualiti Air daripada Sistem Penuaian Air Hujan di Kolej Ungku Omar UKM Bangi. Sains malays UKM edu.
- Atikah Rahayu, Fahrini Yulidasari, Muhammad Irwan Setiawan. 2020. Dasar Dasar Gizi.



Yogyakarta : CV Mine.

Azhar, Minda. (2016). Biomolekul Sel. Padang: UNG Press.

Bandung Tommy Irianto. 2nd .1994 : 61 – 72

Berg, Jeremy M.; Tymoczko, John L.; Stryer, Lubert (2007). Biochemistry (edisi ke-6th).

New York, NY: W. H. Freeman. hlm. 413. ISBN 0-7167-8724-5.

Bintang, Maria. 2010. Biokimia Teknik Penelitian. Erlangga, Jakarta

Bourke, S.L., 2003. Polymer derived From The amino Acid Tyrosine poly Carbonate

polyacrylates and Copolymer with ethylene glycol., advanced drug Review 55(4) 447-466

Budavari, Susan, ed. (2001), The Merck Index: An Encyclopedia of Chemicals, Drugs, and

Biologicals (edisi ke-13th), Merck, ISBN 0911910131

Campbell, Neil A. et. al. (2008). Biologi Edisi Delapan Jilid 1. Jakarta: Erlangga.

Champe P C PhD, Harvey R A PhD. Lippincott's Illustrated Reviews: Biochemistry 2nd .1994

: 61 – 72

Carson, Sistem Pembelajaran Anatomi dan Psikologi (4E).

Champe P C PhD, Harvey R A PhD. Lippincott's Illustrated Reviews: Biochemistry Glikolisis

dan Respirasi Sel. <http://bima.ipb.ac.id>. Dikunjungi tgl 13 Januari 2009. Harper. Edisi 25.

Penerbit buku kedokteran EGC

Darwis, Rafi. 2013. "Adhesi dan Kohesi: Pengertian, Contoh dan Dampaknya". dalam harian haluan. Sabtu, 13 Agustus.

Dwi Kartika Sari. 2020. *Mineral Makro dan Mikro*. Malang.

Ernawati. 2021. "*Biologi Manusia untuk Mahasiswa Kesehatan*". Malang: Wijaya Kusuma Press.

Fitri, A. S., & Fitriana, Y. A. (volume 17 no , April 2020). SAINTEKS . Analisis Senyawa

Kimia pada Karbohidrat , 45-52.

Gajewski, E.; Steckler, D.; Goldberg, R. (1986). "Thermodynamics of the hydrolysis of adenosine 5'-triphosphate to adenosine 5'-diphosphate" (PDF). J. Biol. Chem. 261 (27):

12733–12737. PMID 3528161. Diarsipkan dari versi asli (PDF) tanggal 2007-09-27.

Diakses tanggal 2017-10-31.

Gita Natalia Ransun, dkk. 2021. *Gambaran Kecukupan Mineral Mikro pada Mahasiswa Semester 2 Fakultas Kesehatan Masyarakat Universitas Sam Ratulangi Manado Selama Masa Pandemi Covid-19*. Manado.

Gunarsih Cucu, M.j. Mejaya, dan Siti Dewi Indrasari. 2011. *Kandungan Mineral Beberapa*

- Galur Harapan Padi Sawah*. Jurnal Penelitian Pertanian Tanaman Pangan. Volume 30, no 2. Halaman 107-113.
- Hanum, galuh Ratmana. *Biokimia Dasar*. Sidoarjo : Umsida Press. 2018
- Harlinda Syofyan. *Struktur Sel dan Fungsinya*. Universitas Esa Unggul.
- I Made Subagiarta. *Biokimia Sel Struktur Fungsi dan Regulasi*. Universitas Udayana.
- Irdalisa. *Biokimia Biologi Sel dan Molekuler*. 2021. Universitas Muhammadiyah Prof. Dr. Hamka.
- Ischak, N. I., Salimi, Y. K., & Botutihe, D. N. (2017). *Biokimia Dasar 1*. UNG Press: (Vol 1)
- Knowles, J. R. (1980). "Enzyme-catalyzed phosphoryl transfer reactions". *Annu. Rev. Biochem.* 49: 877–919. doi:10.1146/annurev.bi.49.070180.004305. PMID 6250450.
- Lasampa, Krisma Meylin, Dkk. 2019. *Perbandingan Kadar Mineral Makro dan Mikro pada berbagai Jenis Ubi*. Jurnal Kovalen. Volume 5, nomor 1. Halaman 8-57.
- Lehninger A, Nelson D, Cox M M. *Principles of Biochemistry* 2nd 1993 : 364 - 394
- Lehninger, A. L. 1990. *Dasar-dasar Biokimia* jilid 2. Penerbit Erlangga, jakarta
- Lomboan, Friska yulistifa, Dkk. 2020. *Gambaran kecukupan Mineral Makro pada mahasiswa semester VI Fakultas Kesehatan Masyarakat Universitas Sam Ratulangi selama masa pandemi Covid-19*. Jurnal Kesmas. Volume 9, no 6: halaman 59-67.
- Melva Diana, F. (2010). *FUNGSI DAN METABOLISME PROTEIN DALAM TUBUH MANUSIA*. Program Studi Ilmu Kesehatan Masyarakat Fakultas Kedokteran Universitas Andalas: Vol. 4, No. 1
- Mulono, Apriyanto. 2011. *Buku Ajar kimia Pangan 3*. Yogyakarta: Nuta Media
- Munawaroh, S., Seruni, R., Nurjayadi, M., & Kurniadewi, F. (2019). Pengembangan e-module biokimia pada materi metabolisme karbohidrat untuk mahasiswa program studi kimia. *Jurnal Tadris Kimiya*, 4(1), 69-77.
- Murray R K, et al. *Harper's Biochemistry* 25th ed. Appleton & Lange. America 2000 : 123 – 148
- Murray, R. K., Daryl K. Graner, Peter A. Mayes and Victor W. Rodwell. 2000. *Biokimia*
- Murray. K. (2002). *Harper Biochemistry*, twenty fth edition. Mc Graw Hill Companie; New York.

- N Yuniarti dan D syamsuwida. 2008. "Pengaruh Penurunan Kadar Air Terhadap Perubahan Fisiologis dan Kandungan Biokimia Benih Eboni (*Diospyros Celebica* Bakh).
- Netty Ino Ischak, Yuszda K.Salimi, Deasy N.Botutihe. 2017. "*Biokimia Dasar*". Gorontalo: UNG Press.
- Nurhamida Sari Siregar (2014) 'Karbohidrat', Jurnal Ilmu Keolahragaan, 13(2), pp. 38–44.
- Nurhamida Sari Siregar, 2014) Nurhamida Sari Siregar (2014) 'Karbohidrat', Jurnal Ilmu Keolahragaan, 13(2), pp. 38–44
- Poedjiadi, Anna. (1994). Dasar Dasar Biokimia. Indonesia University
- Putra, Apri Nanda, dan Mardainis. 2017. *Sistem Deteksi kondisi supply dan kebutuhan Mineral pada tubuh*. Jurnal Satin. Volume 3, nomor 2. Halaman 46-55.
- Rahayu, SA. 2017. "Uji Cemarkan Air Minum Masyarakat Sekitar Margahayu Raya Bandung dengan Identifikasi Bakteri *Escherichia Coli*". Journal Unpad.
- Retno Sri Iswari, dkk. 2022. *Biokimia Gizi*. Jakarta Selatan : PT Galiono Digdaya Kawthar.
- Risma Romaulina Simarmata, dkk. 2017. *Aktivitas Jus Buah Terong Belanda terhadap Kadar Hemoglobin dan Jumlah Eritrosit Tikus Anemia*. Semarang.
- Rosana, D. (2019). Modul 2 Struktur dan Fungsi Protein. Universitas Negeri Yogyakarta
- Roux SJ dan Steinbrunner I. 2007. Extracellular ATP: an unexpected role as a signaler in plants. Trends in Plant Science 12:522-528. doi:10.1016/j.plants.2007.09.003
- Rudiana Agustini. 2019. *Mineral Fungsi dan Metabolismenya*. Surabaya : Karunia Surabaya.
- S Harjanto, R Raharjo. 2019. *Peran Laminar Air Flow Cabinet dalam Uji Mikroorganisme Bagi Mahasiswa Tugas Akhir di Laboratorium Biokimia*. enjournal 2 undip.
- Siregar NS (2014) 'Karbohidrat', Jurnal Ilmu Keolahragaan, 13(2), pp. 38–44.
- Siregar NS (2014) 'Karbohidrat', Jurnal Ilmu Keolahragaan, 13(2), pp. 38–44.
- Srimariana, Endang, Dkk. 2015. *Potensi Kerang Manis di peisir pantai negeri Laha, Teluk Ambon Sebagai sumber mineral*. Jurnal Pros sem Nas Masy Biodiv Indon. Volume 1, nomor 4. Halaman 833-847.
- Stryer L.1995. Biochemistry 4th : 184 – 187 ; 443 – 451 ; 488 – 498 ; 529 - 553
- Suhardjo., & Clara M.Kusharto. (2010) .Prinsip-prinsip Ilmu Gizi. Yogyakarta : Penerbit Kanisius
- Sunita,A. 2004. Dasar-Dasar Biokimia . UI Press , Jakarta .
- Triana, V . (2006). Macam-macamvitamin dan fungsinya dalam tubuh manusia, Jurnal Kesehatan Masyarakat Andalas ,1(1) ,40-47.

- Triana, V. (2006). *Macam-macam vitamin dan fungsinya Dalam tubuh manusia.*, Jurnal Kesehatan Masyarakat Andalas, 1(1), 40-47.
- Wahjuni, S. (2013). *Metabolisme Biokimia*. UDAYANA UNIVERSITY PRESS.
- Wahjuni, S. (2014). *Dasar Dasar Biokimia*. Denspasar: Udayana University Press.
- Wahjuni, S. (2014). *DASAR-DASAR BIOKIMIA*. UDAYANA UNIVERSITY PRESS.
- Wahjuni, Sri. *Dasar – Dasar Biokimia*. Bali : Udayana Universiti Press
- Wahyudiati D. 2017. *Biokimia*. Respository stikesbcm.
- Wibawa, A. A. Putra Putu. (2017). *Bahan Ajar Mata Kuliah Biokimia: Karbohidrat*. Universitas Udayana
- Widowati L, YA Nugroho. 2012. “Efek Pemberian Air Embun Terhadap Gambaran Hematologi dan Biokimia Darah”. dalam *Pharmaceutical*.
- Wijayati, P. D., & Suryana, A. (2019). *Permintaan pangan sumber karbohidrat di Indonesia*.