

DESAIN DAN IMPLEMENTASI SISTEM KONTROL SUDUT KEMIRINGAN PLAT DENGAN MENGGUNAKAN METODE PID

I Made Mareta Mahardiana¹⁾, Erwin Susanto²⁾, Agung Surya Wibowo³⁾

¹Fakultas Teknik Elektro, Universitas Telkom

email : mademahardiana@gmail.com

²Fakultas Teknik Elektro, Universitas Telkom

email : erwinelektro@telkomuniversity.ac.id

³Fakultas Teknik Elektro, Universitas Telkom

email : agungsw@telkomuniversity.ac.id

Abstract

The digital control is a control system with digital signal processing inside. We can find digital control parameters in many application such as digital control of speed, temperature, position, etc. In this paper, we propose a digital control of plate angle to provide an experimental instrument of control system learning. This project uses a microcontroller, absolute rotary encoder as an angle detector and DC fan to produce wind flowing for moving a plastic plate. The user interface of this project is LabVIEW. The microcontroller will process the error value from the subtraction of the set point value and the value of the feedback which is read by an angle sensor. PID method is deployed to minimize the error value and speed up the response system. Implementing this instrument enables it to control the angle of plastic plate and will reach the good performance of the system response such as rise time, steady state error, and overshoot system .

Keyword: control angle, PID, motor DC, microcontroller.

1. PENDAHULUAN

Perkembangan sistem kontrol saat ini sangat pesat dalam industri teknik elektro. Salah satu sistem kontrol yang sederhana ialah sistem kontrol dengan metode PID (*Proportional-Integral-Derivative*). Sistem kontrol digunakan untuk menghasilkan keluaran atau *output* sistem mendekati *set point*, dengan kata lain sistem kontrol digunakan untuk memperkecil nilai *error* yang dihasilkan oleh sistem.

Untuk memahami sistem kontrol dalam pembelajaran sangat diperlukan media hardware dengan tujuan meningkatkan pemahaman terhadap sistem kontrol. Namun media pembelajaran berupa alat atau *hardware* sistem kontrol saat ini masih kurang sehingga perlu adanya inovasi alat pembelajaran baru.

Di era saat ini komputerisasi sistem kontrol sangat populer untuk kepentingan keefektifan dan keefisienannya. Sehingga sangat diperlukan sistem kontrol yang dibantu dengan komputer untuk mempermudah *set point* kontrol dan menampilkan penyajian data hasil monitoring yang lebih bagus.

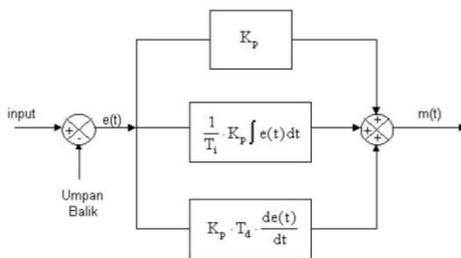
Dengan permasalahan demikian, maka peneliti membuat alat dengan sistem kontrol PID dengan parameter yang dikontrol adalah sudut kemiringan plat dengan menggunakan mikrokontroler, sensor *absolute rotary encoder* sebagai komponen *hardware* serta menggunakan aplikasi LabVIEW sebagai *software* yang berfungsi sebagai panel *set point* dan monitoring keluaran kontrol. Diharapkan rancangan alat yang dibuat ini dapat mengontrol besar sudut kemiringan plat

plastik sesuai dengan referensi dan memiliki *performance* sistem bagus dalam seperti *rise time*, *error steady state*, dan *overshoot*.

2. KAJIAN LITERATUR

2.1 Kontrol PID

Sistem kontrol PID (*Proportional-Integral-Derivative*) merupakan sistem kontrol untuk menentukan presisi suatu sistem instrumentasi dengan karakteristik adanya umpan balik pada sistem tersebut. Parameter kontrol PID terdiri atas kontrol *proportional*, *integral* dan *derivative*. Dinama penggunaannya bisa hanya digunakan kontrol P atau PI atau PID, tergantung respon yang kita inginkan terhadap suatu *plant*.



Gambar 2.1. Blok diagram kontrol PID

<http://elektroindonesia.com/elektro/tutor12.html>

Masukan sistem (*set point*) adalah $r(t)$, dengan nilai keluaran atau *output* dilambangkan dengan $m(t)$, sedangkan $e(t)$ merupakan nilai *error* yang dihasilkan sistem dengan besarnya dapat dihitung dari $r(t) - m(t)$. Nilai *error* inilah yang nantinya akan diproses oleh kontrol PID agar menghasilkan *output* sesuai keinginan.

Tabel 2.1 Kinerja kontrol PID

Respon close loop	Rise time	Overshoot	Error steady state
Proporsional	Berkurang	Meningkat	Berkurang
Integral	Berkurang	Maningkat	Hampir nol
Derivatif	Barubah sedikit	Berkurang	Berubah sedikit

Pada aksi kontrol *proportional*, keluaran sistem kontrol akan berbanding lurus dengan masukan dan *error*, dan menghasilkan

tanggapan yang cepat. Akan tetapi *overshoot* meningkat sehingga sistem cukup bermasalah terutama saat awal beroperasi. Untuk kontrol *integral*, keluaran sistem berubah dengan cepat sesuai perubahan *error*, sehingga *error steady state* mendekati nol. Sedangkan aksi kontrol *derivative* bekerja sesuai dengan laju perubahan *error*. Oleh karena itu, kontrol ini berfungsi mereduksi laju perubahan *error* sehingga menjaga kestabilan sistem.

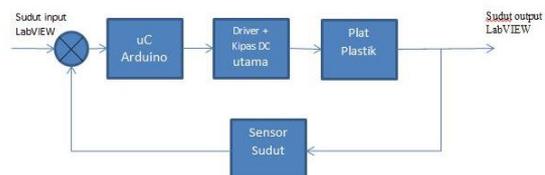
Dalam perancangan sistem kontrol PID yang perlu dilakukan adalah mengatur parameter K_p , K_i dan K_d supaya tanggapan keluaran sistem sesuai yang diinginkan. Langkah-langkah yang biasa dilakukan untuk mendesain kontrol PID sehingga mendapatkan respon yang diinginkan, sebagai berikut:

- Mengamati respon sistem *open loop* untuk menentukan parameter kinerja yang akan diperbaiki.
- Menambahkan kontrol *proportional* untuk memperbaiki *rise time*
- Menambahkan kontrol *derivative* untuk mengurangi *overshoot*
- Menambahkan kontrol *integral* untuk mengurangi *error steady state*.

3. METODE PENELITIAN

3.1 Perancangan Hardware

Pada tahap ini dilakukan proses penggabungan setiap komponen yang digunakan sehingga membentuk sistem *hardware* dengan diagram blok sistem sebagai berikut.



Gambar 3.1. Diagram blok sistem



Gambar 3.2 Realisasi dari diagram blok sistem

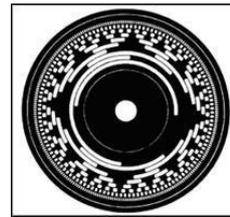
A. Mikrokontroler

Mikrokontroler digunakan sebagai pusat dari sistem kontrol. Sensor yang terhubung dengan *plant* dan aktuator akan terhubung langsung dengan mikrokontroler. Pada penelitian ini digunakan mikrokontroler Atmega328P yang langsung terpasang pada *board* mikrokontroler Arduino Uno.

Mikrokontroler Arduino Uno memiliki tegangan operasi 5 V, dengan jumlah pin *digital I/O* sebanyak 14 pin yang di dalamnya termasuk 6 pin PWM yang digunakan untuk mengatur kecepatan motor, pin analog *inputnya* sejumlah 6 pin serta dengan *clock speed* sebesar 16MHz.

B. Sensor *Absolute rotary encoder*

Absolute rotary encoder menggunakan piringan dan sinyal optik yang diatur sedemikian sehingga dapat menghasilkan kode digital untuk menyatakan sejumlah posisi tertentu dari poros yang dihubungkan padanya. Piringan yang digunakan untuk *absolute rotary encoder* tersusun dari segmen-segmen cincin konsentris yang dimulai dari bagian tengah piringan ke arah tepi luar piringan yang jumlah segmennya selalu dua kali jumlah segmen cincin sebelumnya. Sebagai contoh apabila absolut encoder memiliki 16 cincin konsentris maka cincin terluarnya akan memiliki 32767 segmen.



Gambar 3.3 Contoh susunan pola 16 cincin konsentris pada absolut encoder.

[\[http://hades.mech.northwestern.edu/index.php/Rotary_Encoder\]](http://hades.mech.northwestern.edu/index.php/Rotary_Encoder)

Untuk menghasilkan sistem biner pada susunan cincin maka diperlukan pasangan LED dan photo-transistor sebanyak jumlah cincin yang ada pada absolut encoder tersebut.

C. Motor DC

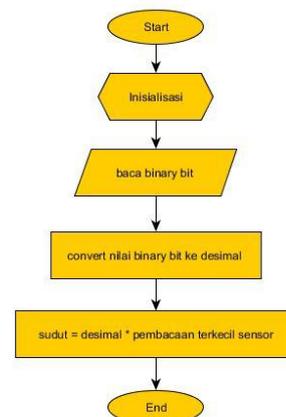
Motor yang digunakan dalam penelitian kali ini merupakan motor DC magnet permanen seperti pada Gambar 3.4. Untuk melakukan perubahan kecepatan dari motor ini adalah dengan diaturnya tegangan yang masuk ke dalam motor.



Gambar 3.4 Motor DC magnet permanen

3.2 Pembuatan Program Kontrol

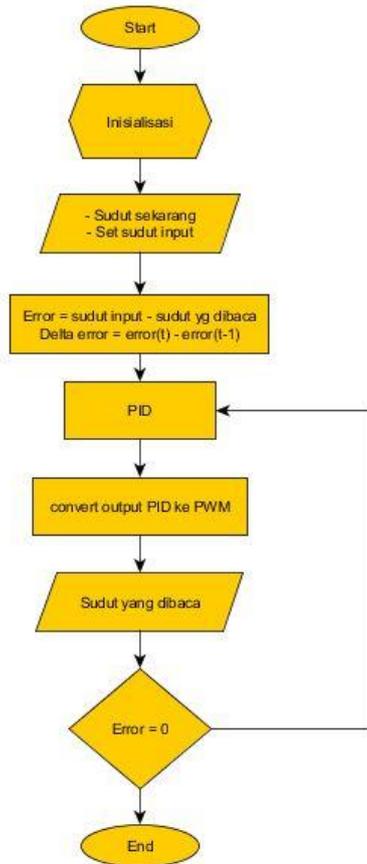
A. *Flowchart* program pembacaan sensor



Gambar 3.5 *Flowchart* program pembacaan sudut oleh sensor

Untuk mengaplikasikan sensor *absolute rotary encoder* sebagai sensor pembaca sudut, harus dilakukan dalam beberapa tahap yaitu, pembacaan seluruh biner bit, kemudian mengubahnya dalam bentuk nilai desimal, dan yang terakhir mengalikan nilai desimal dengan nilai pembacaan terkecil dari sensor. Nilai pembacaan terkecil sensor didapatkan dari 360 derajat dibagi dengan nilai resolusi sensor.

B. *Flowchart* program sistem keseluruhan.



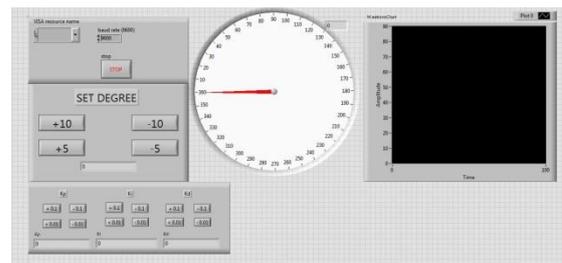
Gambar 3.6 *Flowchart* program sistem keseluruhan

3.3 Perancangan *Software*

Perancangan *software* ini dimaksudkan untuk membuat GUI (*Graphical User Interface*) yang dibuat melalui LabVIEW. Tahap perancangan GUI pada LabVIEW terdapat dua bagian jendela yaitu jendela *front panel* sebagai tempat menampilkannya panel kontrol dan monitoring dan jendela *block diagram* digunakan untuk

pemrograman komunikasi antar elemen pada jendela *front panel*.

Untuk komunikasi serial antara perangkat mikrokontroler Arduino dengan LabVIEW harus digunakan fungsi VISA (*Virtual Instrument Software Architecture*). Fungsi VISA yang digunakan pada perancangan ini adalah VISA Configure Serial Port, VISA Write, VISA Read, VISA Close dan VISA Byte at Serial Port.



Gambar 3.7 Hasil perancangan tampilan *front panel* LabVIEW

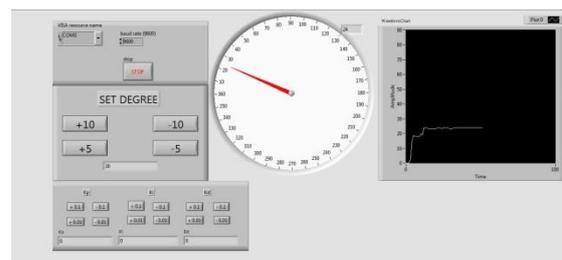
3.4 Pengujian Alat

Teknik pengujian alat dilakukan dengan mengoperasikan alat dengan beberapa skema. Skema pertama sistem yang diuji ialah *open loop system*, skema kedua dengan menggunakan kontrol *proportional* saja, skema ketiga menggunakan kontrol *proportional* dan *integral*, dan skema yang terakhir yaitu dengan menggunakan kontrol *proportional, integral* dan *derivative*.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

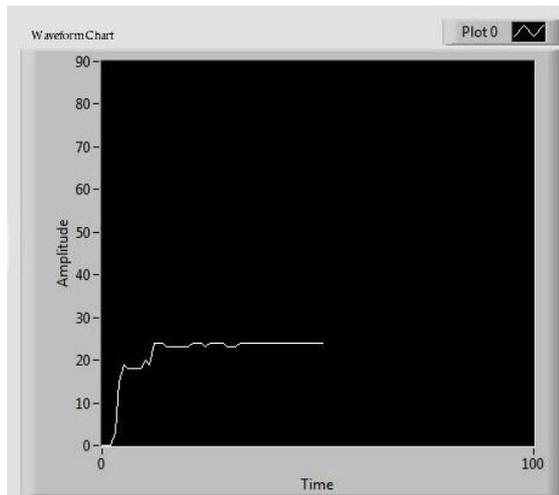
Semua pengujian dilakukan dengan *set point* atau set sudut sebesar 30 derajat.

4.1 Pengujian *Open Loop System*



Gambar 4.1 Hasil monitoring pengujian *open loop system*

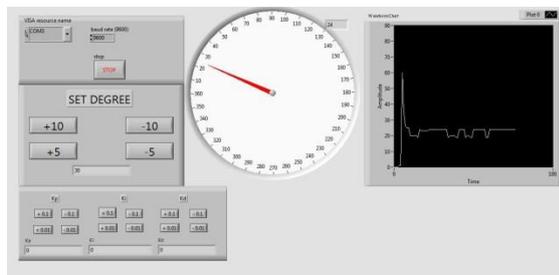
Pada pengujian pertama ini hanya menggunakan *open loop system*, dimana nilai *set point* langsung diproses menjadi *output* tanpa adanya penambahan nilai K_p, K_i dan K_d .



Gambar 4.2 Grafik respon transien pengujian *open loop system*

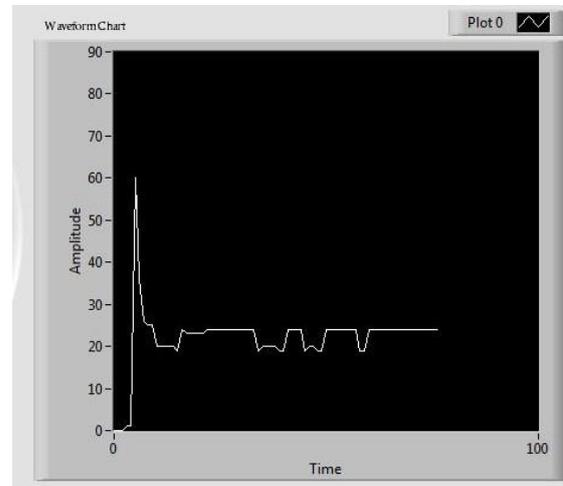
Pada tahap ini dihasilkan *output* sudut sebesar 24 derajat, masih jauh dari *set point* 30 derajat. Hal ini diakibatkan karena tidak digunakannya kontrol PID, sehingga nilai *error* dari sistem masih lumayan besar. Karena tidak digunakannya kontrol PID dalam pengujian pertama ini, maka tidak ada proses mengolah nilai *error* sehingga nilai *error* itu sekecil mungkin.

4.2 Pengujian Kontrol *Proportional*



Gambar 4.3 Hasil monitoring pengujian sistem dengan kontrol P

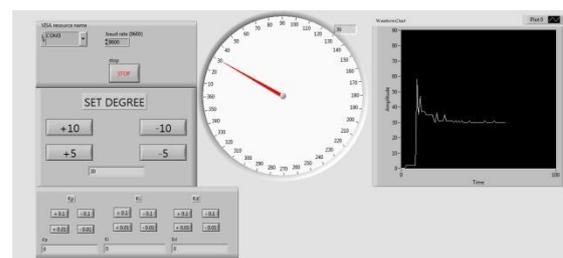
Pada pengujian kedua ini hanya menggunakan kontrol *proportional* saja, dengan nilai K_p maksimal yang dapat diberikan sebesar 2,6.



Gambar 4.4 Grafik respon transien pengujian sistem dengan kontrol P

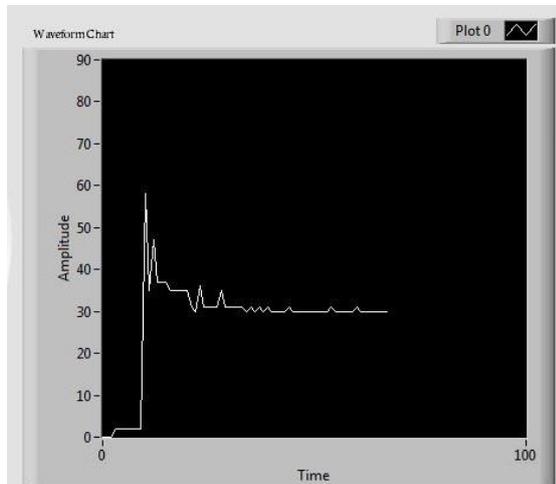
Hasil dari pengujian kedua ini didapatkan sudut *output* sebesar 24 derajat, dengan grafik respon sistem yang menunjukkan bahwa nilai *rise time* lebih kecil daripada sistem *open loop*, hal ini dikarenakan karakteristik inti dari kontrol *proportional* yaitu sebagai gain atau penguat saja tanpa memberikan efek dinamik terhadap kinerja kontroler, sehingga mampu memperkecil nilai *rise time* artinya mampu mencapai titik *set point* dengan waktu yang lebih singkat. Namun terjadi *overshoot* yang besar, hal ini sesuai dengan karakteristik kontrol *proportional* juga. Sedangkan nilai *error steady state* masih besar, tampak hasil grafik menunjukkan adanya osilasi, hal ini dikarenakan penambahan nilai K_p yang besar sehingga sistem tidak stabil.

4.3 Pengujian Kontrol *Proportional-Integral*



Gambar 4.5 Hasil monitoring pengujian sistem dengan kontrol PI

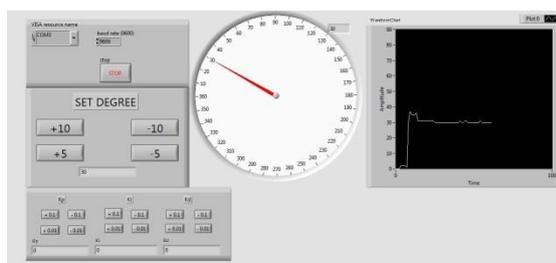
Pada pengujian ini digunakan kontroler Kp sebesar 2,6 dan besar nilai Ki yaitu 0.5.



Gambar 4.6 Grafik respon transien pengujian sistem dengan kontrol PI

Hasil sudut output yang dihasilkan pada pengujian ini sebesar 30 derajat, namun masih memiliki nilai overshoot. Dari grafik diatas didapatkan bahwa nilai *rise time* yang kecil namun lebih besar sedikit daripada hanya menggunakan kontroler Kp saja hal ini dikarenakan intuk merealisasikan kontrol *integral* dibutuhkan selang waktu tertentu sehingga sedikit memperlambat respon. Nilai *overshoot* pada pegujian ini masih sama besar dengan sebelumnya, dikarenakan kontrol *integral* hanya berfokus pada mengurangi *error steady state*.

4.4 Pengujian Kontrol *Proportional-Integral-Derivative*

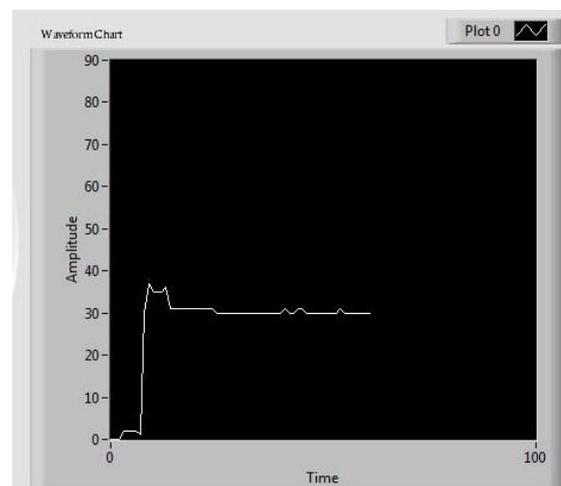


dengan karakteristik dari sistem kontrol PID dan mampu menghasilkan *output* sesuai

Gambar 4.7 Hasil monitoring pengujian sistem dengan kontrol PID

Pada pengujian ini digunakan kontroler Kp sebesar 2,6 dan besar nilai Ki yaitu 0.5 serta nilai Kd sebesar 0,3.

Hasil sudut output yang dihasilkan pada pengujian ini sebesar 30 derajat namun pada pengujian ini nilai *overshoot* tidak sebesar pengujian sebelumnya, hal ini dikarenakan ditambahkannya kontroler *derivative* yang dimana fungsinya untuk menstabilkan sistem dan mengurangi nilai *overshoot* yang diasilkan akibat adanya kontroler *proportional* dan *integral*.



Gambar 4.8 Grafik respon transien pengujian sistem dengan kontrol PID

5. KESIMPULAN

Alat kontrol sudut ini mampu merepresentasikan hasil kontrol sesuai

dengan referensinya. Dimana pada saat menggunakan kontrol *proportional* saja hasil yang didapatkan nilai *rise time* berkurang dan terjadi *overshoot*. Ketika menggunakan kontrol *proportional* dan *integral* saja menghasilkan grafik respon dimana nilai *rise time* kecil dan nilai *error steady state* nya hampir mendekati 0, dan ketika menggunakan kontrol *proportional-integral-derivative* hasil grafik yang didapatkan ialah nilai *rise time* kecil, nilai *error steady state* mendekati 0 dan nilai *overshoot* jauh lebih kecil daripada sebelumnya. Sehingga alat ini memiliki performansi yang bagus sesuai dengan tujuan dibuatnya alat ini.

6. REFERENSI

- [1] Erwin Susanto. *Paper: Kontrol Proporsional Integral Derivatif (PID) untuk Motor DC Menggunakan Personal Computer*
- [2] Ogata, Katsuhiko. 1995. *Discrete-Time Control System*. USA : Prentice-Hall International, International Edition, 2nd
- [3] G. Alciatore, David and B. Hstand, Michael. 2012. *Introduction to Mechatronics and Measurement Systems*. New York : McGraw-Hill.
- [4] Saurabh Dubey and Dr. S.K. Srivastava, "A *PID Controlled Real Time Analysis of DC Motor*," International Journal of Computer Science Issues, Vol. 1, Issue 8, Oktober 2013.
- [5] -----, *Arduino Uno Data Sheet*, <https://www.arduino.cc/>
- [6] Artanto, Dian. 2012. *Interaksi Arduino dan LabVIEW*. Jakarta: PT Elex Media Komputindo.
- [7] W.Larsen, Ronald. 2011. *LabVIEW for Engineers*. New Jersey: Prentice Hall.