

Pengkayaan Kandungan Bahan Aktif Tanaman Biofarmaka Pegagan (*Centella asiatica* L.) dengan Aplikasi Mineral Zeolit, Pupuk Anorganik P dan Penggunaan Media Tanam Abu Volkan Merapi

Enrichment of Active Ingredient Content of Centella asiatica L. by Application of Mineral Zeolit, P Anorganic Fertilizer and Used of Soil Planting Media Developed from Merapi Vocanic Ash

Damasus Riyanto¹⁾, Bambang Hendro Sunarminto²⁾, Tohari²⁾ dan Sri Nuryani H.U²⁾

¹⁾ Staf Peneliti sumberdaya BPTP Yogyakarta

²⁾ Staf Pengajar Pasca Sarjana Fakultas Pertanian UGM

Abstract

The motto, which was list as “back to nature” is much socialized ranging from lifestyle, diet, up to terms of treatment. So that medicinal plants (medicinal) have begun demanding back by the community, because in addition to safety, the costs are relatively low compared with medical treatment made from synthetic. The results showed that the levels of active ingredients of Centella asiatica contains many constituent elements of P, K, C and N. The results of laboratory analysis of soil mineralogy stated that Merapi volcanic ash has a feldspar mineral content and high silica elements. This minerals are easily weathered into elements that are available and can be absorbed by plants. On the other hand although Merapi volcanic ash soil is potentially able to provide the alkali elements in sufficient quantities, but the availability of phosphate is limited, due to the strong bound in the sorption complex organo-clay minerals amorphous. Hence it need for studies and more assessments to improve nutrient availability in Merapi volcanic soil. This study is aims to identify the content of nutrients and minerals in the soil that developed from the volcanic ashes and determine the effect of zeolite mineral applications and growing media volcanic ash soil from 3 locations with different fertility levels and agroecosystem. The research activities is carried out in two stages: first, observe the characteristic chemical properties, physical and mineralogical soil which developed from volcanic ash from 3 toposequent area of Southern slope of Merapi (800 , 400 and 100 m asl) by survey and analysis of soil samples in laboratirium. Second, to know the effectiveness of influence of soil media which developed from volcanic ash and inorganic fertilizer P and ameliorant zeolite for P and alkaline nutrient (Ca, Mg, K) nutrient uptake. Phase 2 study was conducted in greenhouse agriculture faculty of UGM. The experimental design using a complete randomized block design (RCBD) with 3 replications. DMRT significance level of 5% was continued if there are significant differences between treatments. To determine the relationship between treatment and various parameters of growth and nutrient uptake were analyzed by the method of correlation-regression analysis. The results of study was showed that soil which developed from Merapi volcanic ash originating from Kaliurang (800 m asl) and Cangkringan (400 m asl) has good chemical and physical properties, as well as rich in potential P elements. The

mineral primer dominant in this area were piroksin and hornblende, which classified as easily wheatered mineral and can be supplied alkaline and P nutrient in the soil. The ingredient content of Centella asiatica (triterpenoids) can be increased more than 20% by application of zeolite minerals compare to the soil without zeolite application . With the improvement of farming systems and applications ameliorant zeolite and also compost on the Southern slopes of Merapi volcanic ash can increase the dry weight of Centella asiatica plant by 24.42%, alkaline mineral nutrient uptake and availability of phosphate increase up to 20.64% and the efficiency of inorganic fertilizer P application was 17.4%.

Keywords : *medicinal plants Centella asiatica, active ingredient, alkaline nutrient, phosphate nutrient*

Intisari

Semboyan kembali ke alam sudah banyak disosialisasikan mulai dari perilaku hidup, pola makan, hingga sampai ke hal pengobatan. Sehingga tanaman obat (biofarmaka) telah mulai banyak diminati kembali oleh masyarakat, karena selain aman, biaya yang harus dikeluarkan relatif murah dibandingkan dengan pengobatan medis berbahan baku sintetis. Hasil penelitian menunjukkan bahwa kadar bahan aktif tanaman biofarmaka pegagan banyak mengandung unsur penyusun P, K, C dan N. Selanjutnya hasil analisa lab mineralogi menyatakan bahwa tanah abu volkan G. Merapi mempunyai kandungan mineral feldspar dan unsur silika yang tinggi. Mineral tersebut mudah lapuk menjadi unsur-unsur yang tersedia dan dapat diserap oleh tanaman. Di sisi lain walaupun tanah abu volkan G. Merapi secara potensial mampu menyediakan unsur-unsur alkali dalam jumlah cukup, namun ketersediaan unsur fosfat adalah terbatas, karena terikat kuat dalam kompleks jerapan organo-mineral lempung amorf. Oleh karena itu perlu adanya kajian untuk meningkatkan ketersediaannya. Penelitian ini bertujuan mengidentifikasi kandungan unsur hara dan mineral pada tanah yang berkembang dari abu volkan dan mengetahui pengaruh aplikasi mineral zeolit dan media tanam abu volkan dari 3 lokasi dengan tingkat kesuburan berbeda. Kegiatan penelitian dilakukan dalam 2 tahapan : pertama, mengamati karakteristik sifat kimia, fisika dan mineralogi tanah abu volkan di 3 toposequen (800 , 400 dan 100 m dpl) lereng selatan Merapi dengan metode survei dan analisis sampel tanah di laboratirium. Kedua, menguji tingkat keefektifan dari pengaruh media tanah yang berkembang dari abu volkan serta dosis pupuk anorganik P dan amelioran zeolit terhadap serapan unsur hara P dan alkali tanah (Ca, Mg, K). Penelitian tahap 2 dilakukan di rumah kaca fakultas pertanian UGM. Rancangan percobaan menggunakan rancangan acak kelompok lengkap (RAKL) dengan 3 kali ulangan. Uji DMRT taraf nyata 5% dilakukan apabila terdapat perbedaan yang nyata antar perlakuan. Untuk menentukan hubungan antara perlakuan dan dan berbagai parameter pertumbuhan serta serapan hara dianalisis dengan metode analisa korelasi-regresi Hasil penelitian menunjukkan bahwa tanah abu volkan yang berasal dari lokasi Kaliurang (800 m dpl) dan Cangkringan (400 m dpl) memiliki sifat-sifat kimia tanah yang cukup baik, serta kaya akan kandungan unsur P potensial, mineral alkali K paling banyak terkandung pada lokasi dengan ketinggian 100 m dpl. Kadar bahan ajtif triterpenoid/asiatikosida dapat ditingkatkan lebih dari 20% dengan pemberian mineral zeolit dan media tanam pada tanah yang mengandung mineral belum terlalu lanjut

perkembangannya (ketinggian 800 m dpl). Dengan perbaikan sistem budidaya serta aplikasi bahan amelioran yang sesuai (mineral zeolit dan pupuk kompos) pada tanah abu vulkan lereng Merapi mampu meningkatkan berat kering (simplisia) tanaman pegagan sebesar 24,42%, serapan hara mineral alkali maupun ketersediaan unsur fosfat sebesar 20,64% serta efisiensi pemberian pupuk anorganik P sebesar 17,4%.

Kata kunci: pegagan, bahan aktif, mineral alkali, fosfat tanah

Pendahuluan

Berubahnya pola hidup masyarakat dari natural menuju kemajuan membawa dampak pada terciptanya berbagai pencemaran lingkungan yang memunculkan banyak penyakit degeneratif, yaitu penyakit yang ditimbulkan adanya akumulasi radikal bebas dalam tubuh akibat tidak terkontrolnya konsumsi makanan yang memiliki bahan oksidatif serta bahan aktif dari polutan. Saat ini semboyan kembali ke alam sudah banyak disosialisasikan mulai dari perilaku hidup, pola makan, hingga sampai ke hal pengobatan. Sehingga tanaman obat (biofarmaka) telah mulai banyak diminati kembali oleh masyarakat, karena selain aman, biaya yang harus dikeluarkan juga relatif murah dibandingkan dengan pengobatan medis berbahan baku sintetis. Penelitian yang berkaitan dengan kandungan serta efek tanaman obat pun telah banyak dilakukan, namun sangat jarang yang mendalami tentang peningkatan bahan aktifnya terutama dengan penggunaan media tanam yang berasal dari sumber-sumber daya mineral setempat, seperti halnya abu vulkan dari letusan gunung berapi merupakan media yang kaya akan mineral-mineral terlapukkan dan unsur-unsur hara yang berguna untuk perkembangan tanaman biofarmaka dan pemanfaatan sumber-sumber mineral alam, seperti halnya batuan zeolit ternyata mampu meningkatkan kapasitas daya simpan kadar air tanah, penyerapan hara alkali dan pengurangan pemberian pupuk anorganik, yang secara tidak langsung dapat meningkatkan efisiensi aplikasinya.

Pemilihan komoditas tanaman biofarmaka pegagan (*Centella asiaticoida*) didasarkan pada kemampuannya dalam beradaptasi pada berbagai agroekosistem, baik di dataran rendah hingga dataran tinggi (150 m sampai 1500 m dpl) serta merupakan tumbuhan liar yang mudah dijumpai di tempat terbuka seperti kebun, tepi sungai, tanah kosong yang agak lembab atau sekitar lahan sawah. Tanaman herba ini dikenal dengan sebutan Centella Herba memiliki kandungan asiaticoside, saponin, madecassoside,

brahmoside, madasiatic acid, meso-inositol, centelloside, carotenoids, tanin serta garam mineral seperti kalium, natrium, magnesium, kalsium dan besi. Menurut Anand *et al.* (2012), masing-masing kadar bahan aktif mempunyai manfaat yang berbeda-beda. Asiatoksida berfungsi memperbaiki sel-sel kulit, stimulasi pertumbuhan kuku, rambut, dan jaringan ikat. Glikosida saponin dengan pemakaian dosis tinggi mampu menghasilkan efek pereda nyeri. Saponin bermanfaat untuk mempengaruhi kolagen, misalnya dalam menghambat produksi jaringan bekas luka yang berlebihan (menghambat terjadinya keloid), dapat mencegah varises dan salah urat, meningkatkan daya ingat, mental dan stamina tubuh serta menurunkan gejala stres dan depresi. Triterpenoid mempunyai peranan dalam penyembuhan luka di kulit. Min *et al.* (2004), juga menyatakan bahwa pegagan banyak mengandung berbagai senyawa berkhasnya obat seperti asiatikosida (triterpenoids), karotenoids, dan garam-garam mineral bermanfaat. Triterpenoids yaitu antioksidan sebagai penangkap radikal bebas yang dapat mematikan sel-sel otak dan merevitalisasi pembuluh darah.

Hasil penelitian di bidang farmasi menunjukkan bahwa kadar bahan aktif dalam tanaman pegagan banyak mengandung unsur penyusun fosfat, karbon dan kalium. Unsur-unsur tersebut secara potensial dapat digali dari sumber mineral yang berasal dari tanah abu vulkan, namun ketersediaannya terutama unsur Fosfat sangat sedikit karena terikat kuat dalam kompleks jerapan organo-mineral lempung amorf (allofan dan imogolit). Menurut Afany dan Partoyo (2001), kandungan potensial mineral-mineral alam dari tanah abu vulkanik Merapi adalah sangat besar dan relatif lengkap jenisnya. Adanya aktivitas vulkanis dari G. Merapi tersebut memegang peranan penting dalam pendistribusian beberapa jenis mineral. Menurut Djaenuddin, *et al.* (2004), tanah abu vulkan G. Merapi di provinsi DIY dan Jawa Tengah mengandung mineral-mineral felspars dan piroksin yang merupakan mineral primer mudah lapuk dan berpotensi tinggi sebagai cadangan sumber hara dalam tanah. Hasil penelitian Resman, *et al.* (2006), menunjukkan bahwa pada tanah abu vulkan (Inceptisol) lereng Selatan gunung Merapi menunjukkan bahwa kadar C-organik, KTK tanah, retensi Phosphat semakin menurun dengan meningkatnya lapisan jeluk tanah.

Pada prinsipnya abu vulkan di gunung Merapi terdiri atas bahan endapan yang berbeda-beda stratanya berdasarkan tingkatan waktu pengendapan maupun jenis bahan

sedimen hasil erupsi, yaitu endapan vulkanik tua dan endapan vulkanik muda, dengan dicirikan tanahnya belum mengalami perkembangan. Adanya berbagai jenis mineral tersebut maka tanah yang berkembang dari abu vulkan gunung Merapi sangat potensial untuk media tanam dan sumber mineral pada tanaman biofarmaka. Namun kendala utamanya adalah unsur fosfat terikat sangat kuat dalam kompleks jerapan mineral lempung alloan dan gugus fungsi bahan organik, sehingga menjadikan unsur P tersebut kurang tersedia bagi akar tanaman. Hal ini dapat diatasi dengan penerapan sistem budidaya yang tepat antara lain, aplikasi bakteri pelarut fosfat dengan keefektifan tinggi, pemberian batuan silika alam atau zeolit yang telah diaktivasi, penambahan bahan organik dengan dosis cukup, pemilihan waktu tanam yang tepat serta penggunaan bibit tanaman biofarmaka unggul. Hal ini sesuai dengan penelitian dari Crowley dan Rengel (2000), yaitu asam organik dapat meningkatkan ketersediaan P melalui mekanisme pelarutan senyawa P sukar larut (Al-P dan Fe-P) dengan penurunan pH atau desorpsi P dari jerapan dengan pertukaran anion. Selanjutnya Sopandie (2006), juga menyatakan bahwa anion asam organik dapat membentuk kompleks dengan Al atau Fe sehingga dapat melepaskan ion fosfat atau mencegah ion fosfat bereaksi dengan ion Al atau Fe, sehingga pada akhirnya dapat meningkatkan serapan P pada tanah-tanah yang berkembang dari abu vulkan dengan aplikasi bahan organik dalam jumlah cukup (minimal 5 ton/ha) dan ditambah dengan bahan amelioran zeolit.

Tujuan dari penelitian ini adalah: (a) Mengidentifikasi kandungan mineral primer mineral sekunder, sifat-sifat kimia pada tanah yang berkembang dari bahan vulkan gunung Merapi untuk pengkayaan bahan aktif tanaman biofarmaka pegagan, (b) Mengetahui kuantitas serapan hara alkali (K, Ca, Mg) serta unsur P pada tanaman biofarmaka pegagan dengan aplikasi bahan organik, mineral zeolit dan penggunaan media tanam yang berasal dari tanah abu vulkan dengan ketinggian berbeda (3 toposequent) terhadap peningkatan bahan aktifnya.

Metode Penelitian

Penelitian pengkayaan bahan aktif tanaman biofarmaka pegagan ini dilakukan dalam 2 tahapan, yaitu studi pertama, menggunakan metode survei dan pengamatan profil tanah di 3 toposequent lereng Selatan G. Merapi, pada ketinggian 800 m dpl, 400

m dpl dan 100 m dpl. Pada tahap ini dilakukan identifikasi dan karakteristik tanah abu vulkan per kedalaman profil tanah, selanjutnya sampel tanah dan mineral dianalisa sifat-sifat kimianya dan dilanjutkan identifikasi mineral primer dan sekundair di laboratorium mineralogi Fakultas Geologi UGM. Untuk menguji tingkat keefektifan pengaruh media tanam yang berasal dari tanah abu vulkan dari 3 lokasi berbeda serta pengaruh penambahan dosis pupuk Phosphat maupun amelioran batuan zeolit terhadap serapan unsur hara N, P dan K dilakukan penelitian tahap kedua, yang dilakukan di rumah kaca Faperta UGM Yogyakarta.

Percobaan menggunakan rancangan acak kelompok lengkap (RAKL) dengan ulangan 3 kali. Perlakuan yang diterapkan meliputi tiga faktor, dimana sebagai faktor pertama: lokasi asal tanah abu vulkan G. Merapi, yaitu: L_1 = Ngipiksari, 800 m dpl, L_2 = Wukirsari, 400 m dpl, L_3 = Kalitirto, 100 m dpl. Faktor kedua: dosis pemupukan anorganik fosfat (SP-36), yaitu: P_1 = 0 kg SP-36/ha, P_2 = 75 kg SP-36/ha, P_3 = 150 kg SP-36/ha, P_4 = 225 kg SP-36/ha. Sebagai faktor ketiga: aplikasi zeolit, dengan 3 taraf, yaitu Z_0 = tanpa zeolit (0 ton zeolit/ha), Z_1 = aplikasi zeolit 3 ton zeolit/ha dan Z_2 aplikasi zeolit 6 ton zeolit/ha. Selanjutnya semua perlakuan diberi pupuk KCl dengan dosis 150 kg/ha. Dosis pupuk organik yang diberikan sebanyak 4 ton/ha, penyiraman dilakukan secara merata setiap 2 hari sekali atau dalam kondisi kapasitas lapang. Pengamatan meliputi semua komponen pertumbuhan tanaman (jumlah daun, jumlah stolon, panjang akar, berat basah dan berat kering panen, kadar air tanaman), serapan hara P dan unsur alkali K, analisa sifat kimia tanah sebelum dan setelah panen dari media tanam dalam pot percobaan, analisa kadar bahan aktif asiatikosida dari tanaman pegagan. Simplisia yang dipersiapkan untuk analisa kandungan bahan aktif, diambil dari bahan kering daun dan sebagian batang. Analisa sampel tanah dilakukan di laboratorium kimia tanah Fakultas Pertanian UGM, sedang analisa bahan aktif tanaman pegagan di Laboratorium fitokimia Balai Penelitian Tanaman Rempah dan Obat (Balitro), Cimanggu-Bogor. Pengolahan data dan analisis ragam (Anova) menggunakan Program SAS dan pengujian lebih lanjut untuk pembeda antar perlakuan dengan DMRT pada jenjang nyata 5%. Untuk menentukan hubungan antara perlakuan dan semua komponen pertumbuhan, komponen hasil (bobot basah dan bobot kering tanaman) serapan hara P dan K terhadap bahan aktifnya dianalisis dengan uji korelasi.

Hasil dan Pembahasan

Identifikasi dan karakterisasi sifat kimia tanah dan jenis mineral media tanam

Hasil analisis sifat-sifat kimia tanah khususnya tekstur tanah (Tabel 1) pada 3 toposequent lereng Merapi Selatan yaitu Ngipiksari (ketinggian 800 m dpl), Wukirsari, Cangkringan (400 m dpl) dan Kalitirto (100 m dpl) menunjukkan bahwa tekstur tanah untuk lokasi Ngipiksari didominasi oleh partikel pasir (berkisar 84,90-87,74%), sedang kadar lempung (*clay*) hanya (berkisar 2,06-4,96%) atau berdasarkan harkat dari standard BBSDL (2006), kandungan pasirnya termasuk tinggi, dengan klas tekstur tergolong geluh pasir geluhan (*sandy loam*).

Tabel 1. Hasil Analisis Tekstur Tanah Berdasarkan Kedalaman Profil Berasal dari 3 Lokasi Toposequent Lereng Selatan Merapi

Kode Kedalaman (0-25 cm)	Lempun g (%)	Debu (%)	Pasir (%)	Kelas Tekstur
N ₁	2,51	11,29	86,20	Pasir Geluhan
N ₂	2,37	11,22	86,41	Pasir Geluhan
N ₃	4,94	14,86	80,19	Pasir Geluhan
N ₄	2,06	10,20	87,74	Pasir Geluhan
N ₅	2,27	12,83	84,90	Pasiran
A ₁	12,10	28,97	58,94	Geluh Pasiran
A ₂	11,46	30,62	57,92	Geluh Pasiran
A ₃	7,87	24,69	67,44	Geluh Pasiran
A ₄	10,48	28,28	61,24	Geluh Pasiran
K ₁	9,70	25,38	64,92	Geluh Pasiran
K ₂	9,63	25,46	64,91	Geluh Pasiran
K ₃	7,28	17,13	75,60	Geluh Pasiran
K ₄	5,25	26,27	68,47	Geluh Pasiran
K ₅	9,93	30,04	60,03	Geluh Pasiran

Keterangan: N = lokasi Ngipiksari, C = lokasi Wukirsari, Cangkringan K = lokasi Kalitirto

Sedang tanah abu vulkan yang berasal dari untuk lokasi Wukirsari mempunyai kandungan pasir berkisar 58,94-67,44% dan kandungan lempung adalah 7,87-12,10% (klas tekstur Geluh Pasiran). Untuk lokasi Kalitirto memiliki kandungan pasir lebih rendah yaitu berkisar antara 60,03-75,90% dengan kadar lempungnya berkisar 5,25-9,93%. Nilai Berat Jenis (BJ) pada ketiga lokasi menunjukkan nilai berkisar antara

2,33-2,66 g/cm³ (memiliki harkat sedang - rendah), hal ini disebabkan lokasi tempat penelitian dilaksanakan memiliki kadar C-organik bervariasi, dimana di Wukirsari kadar bahan organiknya adalah 3,96% (tinggi), sedang di lokasi Kalitirto hanya 1,6% (rendah).

Untuk kadar N total tanah (metode Kjeldahl) di Tabel 2 pada ketiga lokasi menunjukkan kisaran 0,07-0,25% (rendah-sedang). Nilai P total tanah (metode analisa ekstrak HCl 25%) menunjukkan bahwa di lokasi Cangkringan nilainya mencapai 185,84 mg/100 g tanah atau dalam penggolongan harkat berdasarkan BBSDL (2006) termasuk tinggi, sedang lokasi Ngipiksari mencapai 262,93 mg/100 gr tanah (tergolong sangat tinggi). Untuk kandungan unsur K tanah lokasi Kalitirto dan Wukirsari, Cangkringan adalah sekitar 20,42-28,61 mg/100 g tanah (tinggi) dan terendah di lokasi Ngipiksari yaitu berkisar 11,30 mg/100 g tanah (rendah). Kadar basa-basa alkali terutama Ca, Mg, dan K di lokasi Kalitirto secara umum menunjukkan nilai yang lebih tinggi dibandingkan 2 lokasi lainnya, yaitu pada unsur Mg berkisar 3,03 me/100 g tanah sedang media tanah dari desa Ngipiksari, Hargobinangun dan Wukirsari, Cangkringan hanya sekitar 0,47 – 1,79 me/100 g tanah (tergolong rendah).

Tabel 2. Hasil Analisis Beberapa Sifat Kimia dan Unsur Mineral Alkali Tanah pada 3 Toposequent Lereng Selatan Merapi

No	Kode/ Lap	Kedala man	pH		C- Organik (%)	Kation-Katton Ca Mg (me/100g)		N tot (%)	K ₂ O (me/100g)	P-tersedia (Bray I) (mg/kg)	P-Total (mg/kg)	BJ g / cm ³
			H ₂ O	KCl								
1	K1	0-23	5,88	5,43	3,16	2,76	0,47	0,25	11,03	14,06	262,93	1,12
2	K2	23-43	6,05	5,57	2,74	2,43	0,23	0,18	14,18	18,96	219,14	1,07
3	K3	43-58	6,24	5,85	2,45	2,31	0,43	0,15	9,82	12,27	203,46	1,03
6	C1	0-23	6,12	5,10	2,52	8,06	1,79	0,19	28,61	26,42	185,84	0,90
7	C2	23-58	6,30	5,12	2,17	9,25	2,98	0,17	21,47	28,73	177,23	0,87
8	C3	58-106	6,31	5,24	2,04	8,94	2,45	0,16	19,36	22,79	164,98	0,92
10	B1	0-14	6,34	4,88	1,15	11,48	3,03	0,49	20,42	35,85	82,06	1,29
11	B2	14-32	6,81	5,43	0,92	9,85	2,97	0,35	23,74	33,48	72,17	1,32
12	B3	32-55	6,86	5,64	0,42	10,32	2,18	0,23	22,57	30,76	66,42	1,09

Keterangan : K = lokasi Kaliurang ; C = lokasi Cangkringan B = lokasi Kalitirto, Berbah

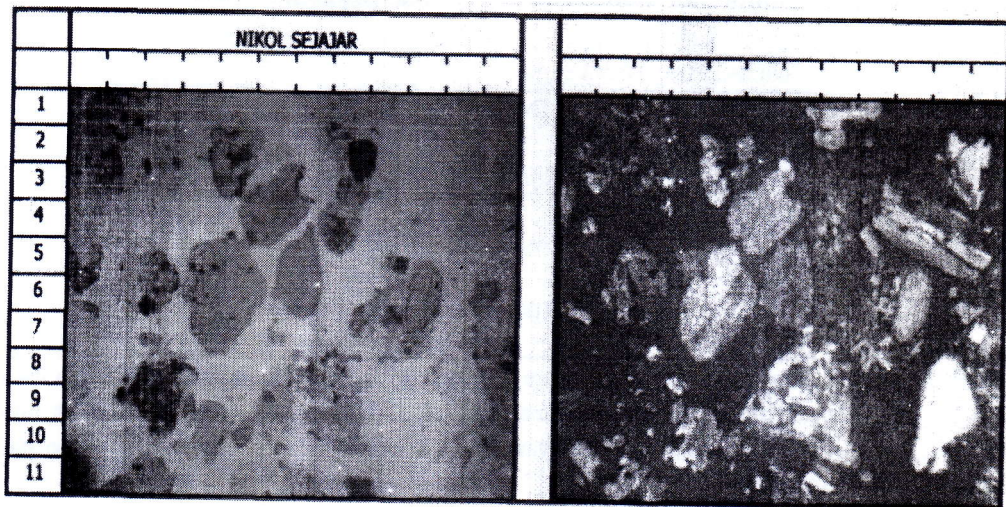
Selanjutnya berdasarkan analisa fraksi pasir dan lempung di laboratorium geologi UGM (Tabel 3) ditunjukkan bahwa tanah abu volkan di lokasi Ngipiksari, Kaliurang

(800 m dpl) didominasi oleh mineral primer piroksen dan amfibol yang kaya akan unsur alkali (Ca, Mg, K, Na). Namun karena masih terikat kuat dalam kompleks jerapan mineral-organo tanah vulkan maka unsur-unsur tersebut belum terurai dan tersedia bagi tanaman sehingga dari hasil analisa lab tanah mempunyai kandungan unsur-unsur alkali tanah paling sedikit dibandingkan 2 lokasi yang lain. Sedang tanah dari lokasi Cangkringan (400 m dpl) mempunyai kandungan mineral primer dominan hampir sama dengan lokasi Ngipiksari yaitu mineral piroksen dan amfibol yang kaya akan unsur alkali, namun jumlah kandungannya lebih banyak atau kadarnya yang lebih tinggi (Tabel 3).

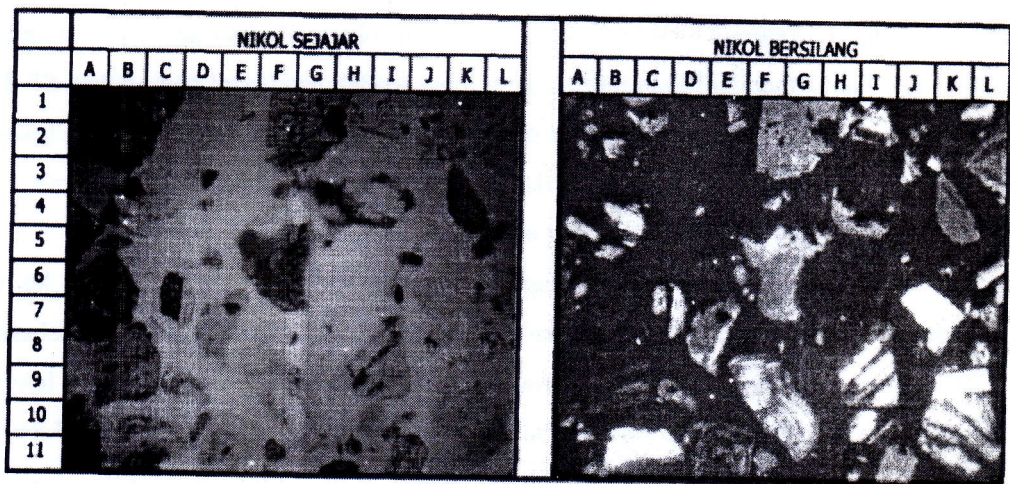
Tabel 3. Kandungan Mineral Primer pada 3 Lokasi Toposequent Lereng Selatan Merapi

Kode Lokasi	Kedalaman (cm)	Jenis Mineral Primer	Kandungan Mineral Primer (%)	Kadar Unsur yang Dominan pada Mineral
N	0-25	Piroksen	35	Ca, Mg, Fe
		Hornblende	20	Ca, Mg, Fe dan Na
A	0-25	Piroksen	30	Ca, Mg, Fe
		Amfibol	22	Ca, Mg, Fe dan Na
K	0-25	Plagioklast	29	Ca, K dan Na
		Hornblende	7	Ca, Mg, Fe dan Na

Untuk kedua lokasi di Ngipiksari dan Cangkringan memiliki jenis mineral lempung sekundair sama yaitu jenis haloisit dan sebagian kecil mineral alofan yang ditandai dengan kadar bahan organik yang cukup tinggi, serta nilai pH tanah agak masam (pH H₂O sekitar 5,8-6,1). Untuk lokasi Kalitirto, Berbah (100 m dpl) memiliki mineral primer dominan yaitu plagioplast yang kaya akan unsur-unsur Ca dan Mg sedangkan mineral sekundairnya didominasi haloisit yang menghasilkan tanah dengan tingkat kesuburan sedang namun pada umumnya memiliki bahan organik rendah (< 1%) karena sudah berkembang lebih lanjut. Gambaran hasil analisis sayatan tipis untuk partikel lepas berukuran 0,05-1,8 mm untuk penentuan jenis mineral sekunder di lokasi Wukirsari, Cangkringan–Sleman digambarkan pada Gambar 1 dan 2 berikut.



Gambar 1. Sayatan tipis komposisi material lepas tanah abu vulkan yang berukuran 0.05-1.8 mm pada analisa jenis mineral sekundair lokasi Wukirsari, Cangkringan –Sleman.



Gambar 2. Sayatan tipis komposisi material lepas tanah abu vulkan yang berukuran 0.05-1.8 mm pada analisa jenis mineral sekundair lokasi Kalitirto, Berbah -Sleman.

Pengamatan pertumbuhan tanaman biofarmaka pegagan

Tabel 4. Jumlah Daun Umur 16 Minggu

Lokasi / Perlakuan	Dosis Pupuk SP-36 (kg/ha)			
	0	75	150	225
Berbah (100 m dpl)	78,85 f	79,14 f	84,53 ef	83,42 ef
Cangkringan (400 m dpl)	79,53 f	78,11 f	95,23 d	89,55 de
Ngipiksari (800 m dpl)	113,20 b	104,11 c	120,88 a	110,44 bc

Keterangan: Terdapat interaksi (+) antara aplikasi dosis pupuk anorganik SP-36 dan lokasi dengan tingkat kesuburan tanah berbeda. Angka-angka yang diikuti oleh huruf yang sama tidak berbeda nyata berdasarkan Uji Jarak Berganda Duncan pada jenjang nyata 5%

Hasil analisis rata-rata jumlah daun umur 16 minggu (saat panen) pada Tabel 4 menunjukkan bahwa penggunaan media tanam abu vulkan dari Ngipiksari dengan ketinggian 800 m dpl yang dikombinasi dengan aplikasi pupuk SP-36 pada dosis 150 kg/ha mampu menghasilkan jumlah daun tertinggi pada umur 16 minggu (pertumbuhan maksimum vegetatif). Sedangkan di lokasi Berbah dengan ketinggian 100 m dpl hanya menghasilkan jumlah daun lebih rendah pada taraf pemupukan SP-36 yang sama, Hal ini disebabkan secara umum tingkat kesuburan tanahnya pada lokasi Ngipiksari lebih tinggi dibandingkan dengan lokasi Berbah yang memiliki mineral primer dan sekunder sudah berkembang lebih lanjut.

Pengaruh peningkatan dosis pupuk anorganik P dari 0 kg/ha ke 150 kg/ha terhadap parameter jumlah daun di lokasi Berbah menunjukkan peningkatan sebesar 7,20% dan berbeda nyata terhadap perlakuan tanpa pemupukan, sedang untuk lokasi Cangkringan dan Ngipiksari masing-masing mengalami kenaikan 15,96 dan 7,84%. Hal ini juga sesuai dengan hasil penelitian Dahono, *et al.*, (2011), yang menunjukkan bahwa peningkatan jumlah dosis pupuk majemuk NPK dari 0,25 terhadap dosis rekomendasi ke 0,75 dari dosis rekomendasi mampu meningkatkan jumlah daun sebesar 32,91%.

Hasil analisis rata-rata bobot basah tanaman saat panen ditunjukkan pada Tabel 5. Berat basah tertinggi dicapai dengan aplikasi pupuk SP-36 pada dosis 225 kg/ha namun tidak beda nyata dengan dosis 75 kg/ha di media tanah yang

berasal dari lokasi Cangkringan, sedang untuk media tanah dari Ngipiksari pemberian optimum untuk meningkatkan bobot basah dapat dilakukan dengan aplikasi pupuk SP-36 sebanyak 150 kg/ha. Ghulamahdi, *et al.*, (2007) menyatakan di dataran tinggi, peningkatan pemberian pupuk P dapat meningkatkan nilai warna daun, bobot tangkai daun, sulur daun, bobot panen, dan kandungan asiatikosida. Bobot panen tertinggi diperoleh pada perlakuan 72 kg P₂O₅/ha, sedangkan kandungan asiatikosida tertinggi diperoleh pada perlakuan 36 kg P₂O₅/ha.

Tabel 5. Berat Segar Trubus Umur 16 Minggu (g)

Lokasi / Perlakuan	Dosis Pupuk SP-36 (kg/ha)			
	0	75	150	225
Berbah (100 m dpl)	85,32 f	90,67 f	99,47 ef	117,52 d
Cangkringan (400 m dpl)	135,64 c	170,68 a	165,07 b	174,16 a
Ngipiksari (800 m dpl)	110,96 de	113,64 d	168,66 ab	103,15 e

Keterangan : Angka-angka yang diikuti oleh huruf yang sama tidak berbeda nyata berdasarkan Uji Jarak Berganda Duncan pada jenjang nyata 5%

Pengamatan serapan hara, berat kering tanaman serta analisa kandungan bahan aktifnya

Perlakuan kombinasi dosis pupuk SP-36 dan media tanam dari tanah abu vulkan lereng Merapi pada berbagai ketinggian tempat memberikan pengaruh positif terhadap peningkatan serapan hara P dan K sedang serapan unsur N tidak berpengaruh nyata. Serapan hara P tertinggi dicapai oleh media tanah dari lokasi Cangkringan, sedangkan dari lokasi Ngipiksari dan Berbah memiliki serapan P lebih rendah dalam dosis SP-36 yang sama (Tabel 6). Hal ini disebabkan di lokasi Ngipiksari kandungan P potensial sangat tinggi, namun P yang tersedia dalam tanah sangat rendah, sedang di lokasi Berbah kadar P tersedia tergolong rendah, sehingga unsur P yang diserap jika tanpa tambahan unsur dari pupuk anorganik SP-36 menjadi lebih kecil juga. Hasil penelitian Dahono (2011), menunjukkan bahwa peningkatan dosis pupuk NPK dari 0,25 dari dosis standard rekomendasi ke 1,0 dosis standard rekomendasi mampu meningkatkan serapan hara P dan K (g/m²) masing-masing sebesar 45,77 dan 28,68 %. Tingginya serapan hara kedua unsur tersebut diduga karena

penambahan pupuk kandang sebesar 30 ton/ha mampu memperbaiki sifat kimia, fisika dan biologi tanah dan menyumbangkan unsur hara N, P dan K.

Tabel 6. Serapan Hara P (%) oleh Tanaman

Lokasi/ perlakuan	Dosis Pupuk SP-36 (kg/ha)			
	0	75	150	225
Berbah (100 m dpl)	3,12 e	3,33 d	3,62 b	3,47 c
Cangkringan (400 m dpl)	3,06 e	3,41 cd	3,94 a	3,58 b
Ngipiksari (800 m dpl)	3,03 e	3,69 b	3,65 b	3,53 b

Keterangan: Angka-angka yang diikuti oleh huruf yang sama tidak berbeda nyata berdasarkan Uji Jarak Berganda Duncan pada jenjang nyata 5%

Hasil analisis rata-rata terhadap serapan unsur K oleh tanaman pegagan menunjukkan bahwa media tanah abu volkan yang berasal dari lokasi Berbah menunjukkan serapan K tertinggi dibandingkan lokasi lainnya, namun besaran nilainya tidak berbeda nyata dalam taraf pemupukan SP-36 yang sama, yaitu dosis 150 kg/ha. Hal ini disebabkan kandungan K di lokasi Berbah sebelum aplikasi pupuk SP-36 dan bahan organik mempunyai kandungan unsur K yang cukup tinggi dibanding lokasi Ngipiksari, Kaliurang dan Cangkringan (Tabel 7).

Tabel 7. Serapan Hara K oleh Tanaman

Lokasi / Perlakuan	Dosis Pupuk SP-36 (kg/ha)			
	0	75	150	225
Berbah (100 m dpl)	3,48 e	3,86 b	4,14 a	4,02 ab
Cangkringan (400 m dpl)	3,39 e	3,41 cd	3,48 ab	3,69 bc
Ngipiksari (800 m dpl)	3,63 d	3,69 b	3,95 ab	3,64 c

Perlakuan kombinasi dosis pupuk anorganik SP-36 dan media tanah abu volkan dari berbagai ketinggian tempat mempengaruhi bobot kering tanaman pegagan (saat panen umur 16 minggu). Perlakuan aplikasi SP-36 sebanyak 150 kg/ha memberikan hasil tertinggi di lokasi Cangkringan dan Ngipiksari (Tabel 8), dan beda nyata dengan lokasi Berbah. Kenaikan berat kering sebesar 24,42 dan 38,84% masing-masing pada lokasi Cangkringan dan Ngipiksari, Kaliurang menunjukkan

bahwa tingginya serapan hara N,P dan K serta unsur-unsur lain pada kedua lokasi tersebut mampu menaikkan berat kering tanaman dan berbeda nyata dengan lokasi Berbah. Hasil Penelitian Sutardi (2008), menunjukkan bahwa peningkatan pupuk fosfor akan meningkatkan berat kering tanaman pegagan dan kandungan asiatikosida, dan untuk meningkatkan kandungan asiatikosida sebanyak 1,5% dibutuhkan pupuk P sebanyak 108 kg/ha.

Tabel 8. Berat Kering Trubus Umur 16 Minggu (g)

Lokasi / Perlakuan	Dosis Pupuk SP-36 (kg/ha)			
	0	75	150	225
Berbah (100 m dpl)	12,43 e	12,16 e	12,73 de	12,82 de
Cangkringan (400 m dpl)	15,97 bc	16,94 b	19,87 a	14,98 c
Ngipiksari (800 m dpl)	13,86 d	13,04 de	19,24 a	12,58 e

Keterangan : Angka-angka yang diikuti oleh huruf yang sama tidak berbeda nyata berdasarkan Uji Jarak Berganda Duncan pada jenjang nyata 5%

Kandungan kimia pegagan (*Centella asiatica* L. Urban) terbagi menjadi beberapa golongan, yakni asam amino, flavonoid, terpenoid, dan minyak atsiri. Terpenoid, khususnya triterpenoid, merupakan kandungan utama dalam pegagan, yang terdiri dari asiatikosida, madekosida, brahminosida (glikosida saponin) dan asam madekasat (Bermawe *et al.*, 2006). Selanjutnya Taiz dan Zeiger (2002), juga menyatakan bahwa kandungan bahan aktif kimia dari daun pegagan antara lain senyawa glikosida triterpenoid disebut asiatikosida yakni suatu senyawa heteroside. Asiatikosida merupakan senyawa metabolit sekunder yang termasuk dalam kelompok terpene tersebut adalah lemak yang disintesa dari metabolit primer Acetyl CoA melalui lintasan Asam Mevalonat (MAP) atau intermediet dasar glikolisis lewat lintasan Methylerythritol Phosphate (MEP). Tiga molekul Acetyl CoA digabung untuk membentuk asam mevalonik. Senyawa intermediet 6 karbon ini kemudian mengalami pyrophosphorilasi, karboxylasi dan dehidrasi membentuk Isopentenyl pyrophosphate (IPP). IPP adalah senyawa pembentuk (prekursor) blok 5 C terpene. IPP juga dapat dibentuk dari intermediet glycolisis atau siklus reduksi karbon pada proses fotosintesa

Ketersediaan unsur P dalam tanah maupun penyediaan P melalui pemberian pupuk P sangat mempengaruhi peningkatan bahan aktif asiatikosida dalam tanaman

pegagan. Hasil analisis rerata kadar bahan aktif asiatikosida saat pertumbuhan vegetatif maksimum (umur 16 minggu) disajikan pada Tabel 9. Hasil tertinggi peningkatan bahan aktif asiatikosida diperoleh dengan aplikasi pupuk SP-36 sebanyak 150 kg/ha di tanah abu volkan yang berasal dari Ngipiksari, Kaliurang (800 m dpl), namun nilai ini tidak berbeda nyata dengan aplikasi di lokasi Cangkringan (400 m dpl) dengan dosis pupuk SP-36 yang sama, sedang di lokasi Berbah (100 m dpl) memiliki kandungan asiatikosida lebih rendah.

Tabel 9. Kadar Bahan Aktif Asiatikosida 16 Minggu (%)

Lokasi / Perlakuan	Dosis Pupuk SP-36 (kg/ha)			
	0	75	150	225
Berbah (100 m dpl)	2,23 bc	2,48 b	1,97 c	2,59 b
Cangkringan (400 m dpl)	3,06 ab	2,86 b	3,52 a	3,12 ab
Ngipiksari (800 m dpl)	2,53 ab	3,49 a	3,64 a	2,16 b

Keterangan : Angka-angka yang diikuti oleh huruf yang sama tidak berbeda nyata berdasarkan Uji Jarak Berganda Duncan pada jenjang nyata 5%

Aplikasi dosis zeolit dan pupuk anorganik SP-36 serta penggunaan media tanam dari tanah abu volkan dari 3 lokasi dengan ketinggian berbeda tidak ada interaksi yang nyata terhadap parameter serapan hara P, K, berat kering tanaman dan kandungan bahan aktif asiatikosida. Sehingga disusun sebagai faktor tunggal pengaruh dosis amelioran zeolit terhadap beberapa parameter tersebut, sebagaimana disajikan pada Tabel 10 berikut.

Tabel 10. Pengaruh Dosis Zeolit terhadap Serapan P, K, Berat Kering Tanaman dan Kadar Bahan Aktif Asiatikosida

Dosis Zeolit (ton/ha)	Serapan hara			Bahan Aktif Asiatikosida
	P (%)	K (%)	BK Tanaman (g)	
0	3,08 a	3,14 a	13,47 a	2,35 a
3,0	3,75 c	3,85 c	15,49 b	2,99 b
6,0	3,42 b	3,71 b	14,19 b	3,04 b

Keterangan : Angka-angka yang diikuti oleh huruf yang sama dalam satu kolom tidak berbeda nyata berdasarkan Uji Jarak Berganda Duncan jenjang nyata 5%

Hasil analisis pengaruh aplikasi dosis zeolit terhadap serapan P, K, bobot kering tanaman dan kadar bahan aktif asiatikosida menunjukkan bahwa dosis zeolit sebanyak 3 ton / ha merupakan dosis optimum untuk diterapkan pada tanah abu vulkan lereng Selatan Merapi dengan tekstur tanahnya didominasi partikel pasir (> 60%), sedang aplikasi zeolit dengan dosis 6 ton/ha terdapat kecenderungan peningkatan kandungan bahan aktif pegagan, namun nilainya tidak berbeda nyata dengan dosis zeolit 3 ton/ha.

Tabel 11. Nilai Korelasi terhadap Produksi Asiatikosida Tanaman Pegagan

Variabel	Nilai Korelasi terhadap Produksi Asiatikosida Pegagan	Keterangan
Jumlah daun 16 mgg	0,326	Korelasi tidak nyata
Jumlah stolon 16 mgg	0,165	Korelasi tidak nyata
Panjang akar (cm)	0,402	Korelasi tidak nyata
Berat kering akar (g)	0,814 **	Korelasi nyata
Berat Basah trubus (g)	0,730**	Korelasi nyata
Berat Kering trubus (g)	0,739**	Korelasi nyata
Serapan unsur P (%)	0,628**	Korelasi nyata
Serapan unsur K (%)	0,617**	Korelasi nyata

Nilai korelasi beberapa variabel terhadap produksi bahan aktif asiatikosida tanaman pegagan disajikan pada Tabel 11, yang menunjukkan bahwa rerata nilai interaksi antara dosis pupuk SP-36 dan lokasi media tanah abu vulkan lereng Selatan Merapi pada variabel jumlah daun dan jumlah stolon umur 16 minggu, serta panjang akar tidak ada korelasi nyata dengan produksi asiatikosida tanaman pegagan. Sedangkan berat kering akar, berat basah dan berat kering trubus, serapan hara P dan K mempunyai nilai korelasi positif nyata terhadap produksi asiatikosida pegagan. Nilai korelasi terbesar didapat dari variabel berat kering akar yaitu $r = 0,814^{**}$

Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian dan pembahasan yang telah dilakukan dapat diambil kesimpulan sebagai berikut.

1. Karakteristik tanah abu vulkan lereng selatan Merapi yang diambil sebagai media tanam budidaya pegagan secara umum memiliki tekstur geluh pasir sampai pasir

geluhan, struktur gumpal membulat sampai gumpal menyudut, konsistensi tanah gembur sampai agak teguh, memiliki bahan organik sangat rendah sampai tinggi, pH agak masam sampai netral, KPK tergolong sedang, kandungan P potensial di lereng atas tergolong sangat tinggi, sedang lereng bawah tergolong sedang, kandungan P tersedia pada semua lokasi tergolong rendah oleh adanya ikatan kuat pada kompleks jerapan organo-mineral amorf.

2. Tanah abu vulkan yang berasal dari lokasi desa Wukirsari-Cangkring, Sleman memiliki sifat-sifat kimia tanah cukup baik dengan kandungan mineral primer adalah Plagioklas, Hornblende, Piroksen dan mineral Opak yang tergolong mineral mudah lapuk dan kaya akan kandungan unsur fosfat dan alkali tanah sehingga mampu meningkatkan kadar bahan aktif asiatikosida tanaman pegagan hingga lebih dari 20% pada dosis pemupukan P (SP-36) yang sama.
3. Hasil tertinggi peningkatan bahan aktif asiatikosida diperoleh dengan aplikasi pupuk SP-36 sebanyak 150 kg/ha di tanah abu vulkan yang berasal dari Ngipiksari, Kaliurang (800 m dpl), nilai ini tidak berbeda nyata dengan aplikasi di lokasi Cangkring (400 m dpl) dengan dosis pupuk SP-36 yang sama, sedang tanah dari lokasi Berbah (100 m dpl) menghasilkan kandungan asiatikosida lebih rendah.
4. Beberapa variabel yang diamati mempunyai nilai korelasi positif sangat nyata terhadap produksi bahan aktif asiatikosida tanaman pegagan. Variabel tersebut adalah berat kering akar, berat basah dan berat kering trubus, serapan hara P dan K. Nilai korelasi terbesar didapat dari variabel berat kering akar yaitu $r = 0,814^{**}$.
5. Dengan perbaikan sistem budidaya serta aplikasi bahan amelioran yang sesuai (mineral zeolit dan pupuk kompos) pada tanah abu vulkan lereng Gunung Merapi mampu meningkatkan berat kering simplisia tanaman pegagan, serapan hara P dan unsur alkali tanah K, fosfat, produksi bahan aktif asiatikosida serta meningkatkan ketersediaan unsur fosfat 20,64% maupun efisiensi dari pupuk anorganik P yang diberikan sebesar 17,4%.

Daftar Pustaka

- Afany, M.R dan Partoyo. 2001. *Pencirian Abu Vulkanik Segar Gunung Merapi Yogyakarta*. Jurnal Tanah dan Air. 2 : 88 – 96.
- Bermawie, N., M. S. D. Ibrahim dan Ma'mun. 2006. *Penyiapan Teknologi Bahan Baku Tanaman Obat Standar untuk Produksi Obat Bahan Alam (OBA) : Pegagan (Centella asiatica L.)*. Laporan Hasil Penelitian Kerjasama Balitro-PROM. Bogor.
- Bermawie, N., S. purwiyant dan Mardiana. 2006. Keragaan sifat morfologi, hasil dan mutu plasma nutfah pegagan (*Centella asiatica*). *Balai Penelitian Tanaman Rempah dan Obat – Bogor*. XIX (I). p.1-17
- Clarkson, D. T. and Grignon, C. 1991. The Phosphate transprot system and its regulation in roots. Dalam Johansen C, Lee KK, and Sahrawat KL (eds) Phosphorus Nutrition og Grain Legume in Semi-Arit Tropics. *ICRISAT. Patancheru, India*. p : 49 – 62.
- Dalimartha, S. 2000. *Atlas Tumbuhan Obat Indonesia*. Jilid II. Trubus Agriwidya. Ungaran. hal : 149 – 155.
- Djaenuddin, D., A. Adimihardja, L. I. Amien dan F. Agus. 2004. Sumberdaya Lahan Indonesia dan Pengelolaannya. Pusat Penelitian dan Pengembangan Tanah dan Agroklimat. *Badan Litbang Pertanian*. Bogor.
- Fahmi, R. 2002. *Uji kandungan metabolit sekunder (Untuk survey di lapangan). Makalah dalam Workshop Peningkatan Sumber Daya Manusia, Kajian Kimia Organik Bahan Alam Hayati dan Pelestarian Hutan, 21 – 27 Juli 2002 di Padang*.
- Ghulamahdi, M., S.A Aziz, N. Bermawe dan O. Trisilawati. 2008. *Study Penyiapan Standard Operasional Prosedur Budidaya untuk Produksi Bioaktif mendukung Standarisasi Mutu Pegagan*. Laporan Hasil Penelitian IPB kerjasama dengan Badan Litbang Pertanian.
- Herbert, R. B. 1995. *Biosintetis Metabolit Skunder*. Terjemahan Srigandono B. Semarang: IKIP Semarang Press. 243 hlm.
- Huang, P. M. 1989. Felspar, Olivin, Pyroxenes and Amphiboles in J. B. Dixon and S. B. Weed (Eds). Mineral and Soil Environments. *Soil Sci. of America J. Madison*. Wisconsin. USA.
- Januwati dan M. Yusron. 2004. *Standar Operasional: Budidaya Pegagan, Lidah buaya, Sambiloto dan Kumis kucing*. Circular No. 9. Balai Penelitian Tanaman Rempah dan Obat. Bogor.
- Kurniawati, A., Darusman L. K., dan Rachmawaty, R. Y. 2005. Pertumbuhan, Produksi dan Kandungan Triterpenoid Dua Jenis Pegagan (*Centella asiatica* L. (Urban)) Sebagai Bahan Obat pada Berbagai Tingkat Naungan. *Bul. Agron*. 33(3): 62 – 67.

- Leiwakabessy, F. M. 1988. *Kesuburan Tanah. Jurusan Tanah. Fakultas Pertanian. Institut Pertanian Bogor.*
- Marschner, H. 1995. *Mineral Nutrition of Higher Plants. 2nd Ed. Academic Press. San Diego.*
- Mathur S., Verma R. K., Gupta M. M., Ram M., Sharma, S. and Kumar, S. 2000. Screening of genetic resources of the medicinal-vegetable plant *Centella asiatica* for herb and asiaticoside yields under shaded and full sunlight conditions. *The Journal of Horticultural Science and Biotechnology. 75(5) : 551 – 554.*
- Pramono, S dan Ajiastuti D. 2004. *Majalah Farmasi Indonesia. Fakultas Farmasi Universitas Gadjah Mada. Yogyakarta. 15(3) : 118 – 123.*
- Priyono, J. dan R.J. Gilkes, 2004. Dissolution of milled-silicate rock fertilizers in the soil. *Aust. J. Soil Res. 42: 441 – 448.*
- Priyono, J., 1991. Micronutrient content and release, mineralogy and chemical properties of some residual soils and rocks in Alabama. MS thesis, *Auburn University, Alabama, USA.*
- Resman, Siradz, S. A. dan Sunarminto, B. H. 2006. Kajian Beberapa Sifat Kimia dan Fisika Inceptisol pada Toposekuen Lereng Selatan Gunung Merapi Kabupaten Sleman. *Jurnal Ilmu Tanah dan Lingkungan. Lampung. Vol. 6 (2) : 101 – 108.*
- Salisbury, F. B dan Ross, C. W. 1995. *Fisiologi Tumbuhan Jilid 2. Terjemahan dari: F. B. Salisbury and C. W. Ross. Plant Physiology. 4th Edition. Penerbit ITB. Bandung. 173 hlm.*
- Santa, I. G. F. dan B. Prayogo, E. W. 1992. Penelitian Plasma Nutfah Tanaman Obat. Prosiding Forum Komunikasi Ilmiah Hasil Penelitian Plasma Nutfah dan Budidaya Tanaman Obat. *Badan Litbang Pertanian. Buku II hal: 97 – 88. Bogor.*
- Shell, C. S. 2005. *A Fragrant Introduction to Terpenoid Chemistry. Ashfrod kent UK: R.S.C Advancing The Chemical Sciences.*
- Smith, G. D. 1965. *Pedologie, Soil Classification. J. Americkx, L. De Leenher, C. Donis, J. Fripiat, H. Laudelout, G. Manil, A. Noirfalise, G. Scheis, D. Stenuit, R. Tavernier, A. Van Den Hende.*
- Shoji S., Nanzyo M., Dahlgren R. 1993. *Productivity and Utilization of Volcanic Ash Soils. In: Shoji S., et al. , ed. Volcanic Ash Soils: Genesis, Properties and Utilization. Developments in Soil Science. Amsterdam: Elsevier, p. 209-251.*
- Sutardi. 2008. Kajian Waktu Panen dan Pemupukan Fosfor terhadap Pertumbuhan dan Produksi Asiatikosida Tanaman Pegagan (*Centella asiatica*) di Dataran Tinggi. MS Thesis. *Program Pasca Sarjana IPB.*
- Tisdale, S. L. and W. L. Nelson. 1975. *Soil Fertility and Fertilizers. 3rd Edition. MacMillan Publishing Co. Inc. NY.*
- Yusron, M., M. Januwati, dan E. Rini Pribadi. 2005. *Standar Prosedur Operasional Budidaya Sambiloto. Sirkuler Balai Penelitian Tanaman Rempah dan Obat 11 : 37-42.*