

**BERBAGAI FENOMENA KACANG PANJANG (*Vigna sinensis*)
TERHADAP PENAMBAHAN KOMPOS ORGANIK
PADA PEMUPUKAN BATUAN FOSFAT**

Fibria Kaswinarni, Ben Suharno, Wahyu Hendro W, dan O.A. Winarta

Jurusan Pendidikan Biologi
IKIP PGRI Semarang
email : fibria_k@yahoo.co.id

**VARIOUS PHENOMENA OF BEANS (*Vigna Sinensis*)
TO THE ADDITION OF ORGANIC FERTILIZER IN ROCK PHOSPATE
FERTILIZATION**

ABSTRACT

This study aimed to analyze the effect the addition of organic fertilizers and rock phosphate to calcium (Ca), iron (Fe), protein and fat compound of bean pods and to analyze the appropriate dose of protein, calcium , iron and fat compound. The experiment was held at the Elephant Village Demak Regency.

The design is completely randomized design with 4 treatments with 4 replications. Parameters measured were fat, protein, calcium and iron compound in bean pods. Analysis of Variance (ANOVA) and UJGD (Duncan Multiple Range Test) were did in this field.

The result show that addition of organic fertilizers and rock phosphate do not give significantly difference effect in calcium and iron compound in bean pods, but give significantly difference in protein and fat compound in bean pods.

Keywords : Organic Fertilizer, Rock Phosphate, Calcium, Iron, Protein, Fat

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pengaruh penambahan dosis pupuk organik pada pupuk batuan fosfat terhadap kandungan kalsium (Ca), besi (Fe), protein dan lemak polong kacang panjang serta mengetahui dosis yang tepat terhadap kandungan protein, kalsium, zat besi dan lemak. Penelitian dilaksanakan di Desa Gajah Kecamatan Gajah Kabupaten Demak.

Rancangan yang digunakan Rancangan Acak Lengkap (RAL) dengan 4 perlakuan dan 4 kali ulangan. Parameter yang diukur adalah kandungan lemak, protein, kalsium dan zat besi polong kacang panjang. Data yang diperoleh diuji menggunakan anava dan uji duncan.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa pemberian dosis pupuk batuan fosfat pada perlakuan belum memberikan pengaruh yang nyata terhadap kandungan kalsium dan zat besi, akan tetapi memberikan pengaruh perlakuan terhadap kandungan protein dan lemak pada polong kacang panjang.

Kata kunci: Pupuk Organik, Batuan Fosfat, Kalsium, Zat Besi, Protein, Lemak

PENDAHULUAN

Kacang panjang (*Vigna sinensis*) termasuk famili Fabaceae dan termasuk salah satu komoditi sayuran yang banyak dibudidayakan di daerah dataran rendah pada ketinggian 0 – 200 m dpl. Kacang panjang merupakan salah satu sumber protein nabati yang banyak dikonsumsi oleh sebagian besar penduduk Indonesia dan hingga saat ini masih dipromosikan sebagai sumber protein nabati. Sampai sekarang masalah kekurangan protein masih melanda beberapa negara di dunia termasuk salah satunya adalah Indonesia. Kandungan protein dalam kacang panjang cukup tinggi, yaitu 22,3% dalam biji kering, 4,1% pada daun dan 2,7% pada polong muda. Oleh karena itu kacang panjang merupakan sumber protein yang murah dan mudah untuk dikembangkan di berbagai daerah. Disamping itu juga terkandung komposisi gizi lainnya, yaitu, thiamin, vitamin A, ribovlavin, besi, fosfor, kalium, asam askorbat, asam folat, magnesium dan mangan.

Dengan meningkatnya konsumsi kacang panjang maka permintaan pasar juga meningkat. Untuk memenuhi permintaan pasar kita perlu berfikir bagaimana untuk mendapatkan hasil panen kacang polong panjang yang banyak dan berkualitas. Namun untuk mendapatkan hasil panen tersebut petani perlu melakukan perawatan dan juga memberikan asupan nutrisi tanaman berupa pupuk. Salah satu kendala pemupukan adalah masalah ketersediaan fosfor. Seperti yang diketahui fosfor merupakan unsur kedua terpenting setelah nitrogen yang berkaitan dengan produksi pangan maupun pakan. Tetapi fosfor dalam tanah umumnya tidak tersedia untuk tanaman dan pengangkutan fosfor dari tanah oleh tanaman sangat rendah dibandingkan dengan nitrogen dan kalium. Defisiensi fosfor bagi pertumbuhan tanaman biasanya disebabkan oleh pemberian fosfat ke

Fibria, K. *et.al.* Venomena Kacang panjang

dalam tanah yang hanya 15-20% yang dapat diserap oleh tanaman, sedangkan sisanya terserap diantara koloid tanah dan tinggal sebagai residu dalam tanah (Buckman 1982 : 557).

Untuk mengatasi hal tersebut, salah satu mekanisme kebutuhan unsur fosfor bagi tanaman adalah dengan pemberian pupuk kompos organik yang mengandung asam-asam organik yang dapat disekresikan dan meningkatkan kelarutan fosfat dalam tanah dan dapat digunakan sebagai unsur hara bagi pertumbuhan tanaman.

Disamping itu unsur hara nitrogen juga merupakan unsur utama dari banyak senyawa esensial bagi tumbuh-tumbuhan, misalnya asam-asam amino. Kalium berperan sebagai aktivator dari berbagai enzim yang esensial dalam reaksi-reaksi fotosintesis dan respirasi, serta untuk enzim yang terlibat dalam sintesis protein dan pati. Penyimpanan asam lemak berbentuk minyak dan lemak dalam jumlah yang relatif besar dapat ditemukan sebagai bahan cadangan penting dalam buah dan biji-bijian. Cadangan ini tersimpan dalam endosperm atau perisperm dalam bentuk lipid dengan kandungan yang beragam. Peran penting unsur kalsium adalah sebagai pengikat antara molekul-molekul fosfolipida atau fosfolipida dengan protein penyusun membran, hal ini menyebabkan membran dapat berfungsi normal pada semua sel. kalsium juga dapat memacu aktivitas beberapa enzim, sekaligus dapat menghambat aktivitas beberapa enzim lainnya. Sedangkan besi merupakan unsur hara esensial karena merupakan bagian dari enzim-enzim tertentu dan merupakan bagian dari protein yang berfungsi sebagai pembawa elektron pada fase terang fotosintesis dan respirasi (Lakitan 2007).

Di wilayah Semarang, khususnya di Desa Gajah Kabupaten Demak merupakan wilayah yang rata-rata penduduknya berprofesi sebagai petani. Terdapat beberapa masalah di wilayah tersebut, yaitu kesuburan tanah dan hasil produksi tanaman yang masih kurang maksimal serta pelaksanaan pemupukan menunjukkan gejala masalah ketersediaan fosfor.

Berdasarkan latar belakang tersebut, maka dipandang perlu bagi penulis untuk melaksanakan penelitian mengenai fenomena respon kacang panjang terhadap penambahan kompos organik pada pemupukan batuan fosfat.

MATERIAL DAN METODE

1. SUBJEK PENELITIAN

Subjek penelitian adalah benih kacang panjang aura hitam, pupuk organik granul dan batuan fosfat.

2. BAHAN YANG DIGUNAKAN

Bahan-bahan yang digunakan antara lain pupuk organik, benih kacang panjang, tanah bekas legume, tanah, air dan batuan fosfat.

3. ALAT YANG DIGUNAKAN

Alat-alat yang digunakan antara lain timbangan digital, ember, tampah, pot, cangkul, gunting, gembor, kertas label, belahan bambu dengan ukuran panjang 150 cm dan lebar 3 cm, kawat dengan panjang 8 m, kayu sebagai penegak green house, jarring sebagai penutup green house, kertas koran, blender, kantong plastic, perangkat analisis Kjeldahl, Soxhlet, dan AAS.

4. VARIABEL PENELITIAN

Variabel pada penelitian ini yaitu variabel bebas (konsentrasi pupuk organik dan pemupukan batuan phospat) dan variabel tergantung (kandungan kalsium (Ca), zat besi (Fe), protein dan lemak).

5. PROSEDUR KERJA

Penelitian ini dilaksanakan di *green house* di Desa Gajah RT 03 RW 01 Kecamatan Gajah Kabupaten Demak Jawa Tengah tahun 2012. Analisis kimia kadar protein dan lemak dilakukan di Laboratorium Pangan UNIKA Soegijapranata Semarang sedangkan analisis kimia kadar kalsium dan besi

Fibria, K. *et.al.* Venomena Kacang panjang

dilakukan Balai Laboratorium Peternakan UNDIP Semarang. Prosedur kerja pada penelitian ini meliputi beberapa tahap, yaitu :

a) Persiapan Media Tanam

Persiapan media tanam dilakukan dengan menyiapkan pupuk organik lalu ditimbang dengan takaran 100 gr, 200 gr, dan 300 gr. Batuan fosfat digerus halus sebanyak 20 gr. Kemudian dicampurkan antara pupuk organik dan batuan fosfat dengan komposisi sebagai berikut : P1 : 0 gr pupuk organik + 20 gr batuan fosfat, P2 : 100 gr pupuk organik + 20 gr batuan fosfat, P3 : 200 gr pupuk organik + 20 gr batuan fosfat, dan P4 : 300 gr pupuk organik + 20 gr batuan fosfat. Tanah yang akan dijadikan media tanam adalah tanah yang bertekstur agak kering, lalu ditimbang dengan takaran 5000 gr, 4900 gr, 4800 gr, dan 4700 gr. Kemudian dimasukkan dalam pot yang sudah dicampur dengan pupuk organik dan batuan fosfat. Tanah bekas legume yang juga digunakan diambil pada bagian dalam dekat tanaman kacang-kacangan lalu dikeringkan. Tanah bekas legume diinokulasikan dengan benih kacang panjang dengan perbandingan 10% dan tanah bekas legume seberat 50 gr.

b) Penanaman Benih

Benih kacang panjang direndam selama 8 jam lalu ditimbang sebanyak 500 gr kemudian ditanam dengan kedalaman ± 5 cm, setiap perlakuan ditanam 2 benih kacang panjang, ditutup dengan tanah tipis tanpa dipadatkan. Penyiraman dilakukan setiap hari dan jika benih mulai tumbuh penyiraman dilakukan setiap 2 hari sekali.

c) Pengumpulan Data

Polong diambil umur 45 hari dengan berat 100 gr dari tiap-tiap pot. Kemudian polong dipotong kecil-kecil ± 2 mm, lalu dijemur pada panas matahari dengan suhu $\pm 35 - 38^{\circ}\text{C}$. Hasil yang sudah didapat kemudian ditimbang kembali masing-masing 10 gr lalu diujikan kadar lemak, protein, besi dan kalsiumnya.

6. DESIGN EKSPERIMENTAL

Penelitian ini menggunakan rancangan acak lengkap (RAL) dengan empat perlakuan dan dua kali ulangan, sehingga didapatkan 16 unit percobaan. Perlakuan yang digunakan adalah P1 : 5000 gr tanah + 0 gr pupuk organik + 0 gr batuan fosfat, P2 : 4900 tanah + 100 gr pupuk organik + 20 gr batuan fosfat, P3 : 4800 gr tanah + 200 gr pupuk organik + 20 gr batuan fosfat, dan P4 : 4700 gr tanah + 300 gr pupuk organik + 20 gr batuan fosfat.

7. ANALISIS DATA

Data yang diperoleh dianalisis menggunakan analisis sidik ragam (analisis varians) dan jika terdapat beda nyata dilanjutkan dengan uji jarak ganda Duncan (UJGD).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil penelitian tentang kandungan kalsium, besi, lemak dan protein pada polong kacang panjang setelah diberi perlakuan pupuk kompos organik pada pemupukan batuan fosfat adalah sebagai berikut :

Tabel 1. Hasil Rataan Perlakuan Kandungan Kalsium (Ca), Besi (Fe), Protein dan Lemak Polong Kacang Panjang

Perlakuan	Rataan Perlakuan			
	Kalsium (Ca)	Besi (Fe)	Protein	Lemak
P1	0,143	73,723	26,638	2,787 ^a
P2	0,130	70,737	25,234	2,186 ^b
P3	0,145	72,170	26,631	1,951 ^b
P4	0,145	73,802	27,145	1,192 ^c
Rataan Umum	0,141	72,608	26,412	2,029

Keterangan :

P₁ : 5000 gr tanah + 0 gr pupuk organik + 20 gr batuan fosfat

P₂ : 4900 gr tanah + 100 gr pupuk organik + 20 gr batuan fosfat

P₃ : 4800 gr tanah + 200 gr pupuk organik + 20 gr batuan fosfat

P₄ : 4700 gr tanah + 300 gr pupuk organik + 20 gr batuan fosfat

Fibria, K. *et.al.* Venomena Kacang panjang

Berdasarkan hasil penelitian kandungan kalsium pada polong kacang panjang, pada semua perlakuan cenderung terjadi peningkatan kandungan kalsium. Pada Tabel 1 dapat dilihat bahwa kandungan kalsium polong kacang panjang belum menunjukkan beda nyata atau tidak signifikan. Hal ini disebabkan karena pada pemberian pupuk organik dosisnya atau konsentrasinya yang rendah. Selain itu penyiramannya dengan intensitas yang terlalu sering dapat menyebabkan tanah menjadi lebih lembab, ini mengakibatkan kalsium sulit ditranspirasikan keseluruh jaringan tumbuhan dan sifat kalsium yang tidak bisa ditranslokasikan dari jaringan tua ke jaringan muda. Oleh karena itu, gejala defisiensi akan tampak mulai dari organ tanaman muda dan ujung tanaman. Unsur kalsium mempunyai fungsi mengatur permeabilitas sel. Kalsium dari tanah diangkut melalui proses transpirasi. Kadar kalsium yang rendah dalam xylem disebabkan oleh proses transpirasi yang rendah. Tetapi dapat juga disebabkan kadar kalsium dalam tanah rendah atau karena kelembaban terlalu tinggi yang menyebabkan transpirasi menjadi terhambat (Rosmarkam 2002: 62).

Media tanah pada penelitian ini berasal dari tanah bekas penanaman sayuran, banyak akar dari sayuran tertinggal di dalam tanah. Akar tersebut akan menjadi bahan organik yang dapat digunakan untuk unsur hara bagi tanaman. Fungsi bahan organik yang berasal dari akar tanaman yang tertinggal di dalam tanah sama dengan fungsi pupuk organik granul. Menurut Buckman (1982: 15) sumber asli bahan organik tanah adalah jaringan tumbuhan. Menurut Yulipriyanto (2010: 59), bahan organik adalah sumber utama nitrogen (90 - 95%) pada tanah yang tidak dipupuk. Bahan organik dapat menjadi sumber utama fosfor dan sulfur yang tersedia ketika humus tersedia dalam tanah.

Batuan fosfat dapat terurai tidak hanya dengan menambahkan pupuk organik begitu saja tetapi juga harus diperhatikan penempatan pupuk dan juga pemeliharaan pupuk organik. Perlakuan pada penelitian, pupuk organik diaduk secara merata dengan batuan fosfat dan tanah. Hal ini mengakibatkan pupuk organik akan mudah terlarut ke bawah pada saat penyiraman. Seharusnya pupuk organik ditempatkan pada jalur tertentu agar tidak mudah larut ke bawah oleh air. Selain itu, seharusnya batuan fosfat kita berikan dalam bentuk butir atau agregat

agar tidak terjadi kontak langsung dengan tanah supaya batuan fosfat tidak mudah larut terbawa air pada saat penyiraman. Penelitian yang menggunakan batuan fosfat di berikan dalam bentuk bubuk sehingga batuan fosfat mudah larut terbawa air. Hal ini sesuai dengan pernyataan Buckman (1982: 594) pengendalian tersedianya fosfat perlu digabungkan dengan pengapuran, penempatan pupuk dan pemeliharaan bahan organik. Untuk menghindari reaksi pupuk fosfat dengan bahan tanah cepat berakhir biasanya diletakkan dalam jalur tertentu. Selanjutnya pula pupuk fosfat sering diberi bentuk butir atau agregat untuk lebih menghalangi kontak dengan tanah. Walaupun dilaksanakan tindakan pencegahan fiksasi fosfor sebagian besar fosfat yang ditambahkan masih berubah menjadi bentuk yang kurang tersedia. Fosfor yang diubah itu tidak hilang dari tanah dan bertahun-tahun secara lambat akan tersedia untuk kehidupan tanaman.

Untuk kandungan zat besi (Fe) pada polong kacang panjang, pada semua perlakuan cenderung terjadi peningkatan kandungan besi. Secara statistik (Tabel 1) kandungan besi polong kacang panjang belum menunjukkan beda nyata atau tidak signifikan. Hal ini disebabkan karena sifat zat besi (Fe) jika dalam suasana alkalis akan berikatan dengan P sehingga Fe dan P menjadi tidak tersedia didalam tanah, dan media tanah yang kita gunakan merupakan tanah tegalan yang memiliki sifat oksidatif bagi mineral besi (Fe).

Kandungan zat besi (Fe) dalam tanah memiliki 2 sifat yaitu sifat oksidatif dan reduktif. Pada tanah dengan lingkungan oksidatif, Fe dominan dalam bentuk Fe^{3+} sedangkan pada suasana reduktif (anaerob) Fe dalam bentuk Fe^{2+} . Kondisi oksidatif misalnya pada tanah tegalan, sedangkan kondisi reduktif terdapat didanau, tanah sawah, tanah tergenang, dan sebagian tanah pasang surut. Dalam kondisi reduktif ketersediaan Fe lebih besar dibandingkan dengan kondisi oksidatif. Sedangkan dalam suasana alkalis, Fe tersedia berubah menjadi tidak tersedia karena bereaksi dengan P, sehingga kedua unsur tersebut (Fe dan P) menjadi tidak tersedia. Dengan demikian, dapat dikatakan bahwa Fe difiksasi oleh P, sebaliknya P difiksasi oleh Fe (Rosmarkam 2002: 120).

Hasil penelitian kandungan protein pada polong kacang panjang, secara statistik (Tabel 1) belum menunjukkan beda nyata atau tidak signifikan. Hal ini

Fibria, K. *et.al.* Venomena Kacang panjang

karena batuan fosfat dengan kadar 27% kelututannya dengan pupuk organik rendah berkisar 20-25% saja yang larut pada asam organik, unsur P yang terserap oleh tanaman sedikit. Sehingga tanaman menghasilkan protein dengan perlakuan yang berbeda menghasilkan pengaruh yang sama walaupun ada peningkatan. Penambahan pupuk organik pada batuan fosfat memang memberikan pengaruh terhadap protein tinggi pada P₄ (6 g%). Hal ini dapat terjadi karena batuan fosfat yang semula terikat oleh ion-ion C_a²⁺, Al³⁺ dan Fe³⁺ dapat terurai menjadi anion ortofosfat primer H₂PO₄⁻ akibat penambahan asam organik H⁺ yang dihasilkan oleh pupuk organik pada saat dekomposisi bahan organik. Sehingga batuan fosfat larut dalam tanah dan menjadi tersedia bagi tanaman. Tanaman menggunakan H₂PO₄⁻ ketika pembentukan protein kasar yang terlihat jelas pada siklus krebs. Nitrogen dan bakteri rhizobium juga dapat mempengaruhi kandungan protein pada tanaman. Protein kasar dapat terbentuk jika adanya fiksasi atau penambatan nitrogen (N₂) oleh bakteri rhizobium. N₂ akan diubah menjadi NH₄⁺ yang akan bergabung dengan asam oksaloasetat pada saat transaminasi akan diubah menjadi asam aspartat, asam aspartat pada proses polymerisasi akan diubah menjadi asparagin yang hasil akhirnya berupa asam amino dan protein. Selain itu NH₄⁺ yang akan bergabung dengan asam alfa ketoglutarat pada saat transaminasi akan diubah menjadi asam glutamat, asam glutamat pada proses polymerisasi akan diubah menjadi glutamin yang hasil akhirnya berupa asam amino dan protein. Cahaya juga dapat mempengaruhi pembentukan protein kasar. Proses sintesis protein atau pembentukan protein dimulai dari fotosintesis. Hasil fotosintesis berupa glukosa, glukosa ini akan di gunakan dalam proses respirasi. Dalam respirasi akan terjadi perombakan glukosa menjadi pati, pati akan diubah menjadi asam piruvat, kemudian asam piruvat menjadi alanin yang akan diubah menjadi protein.

Penambahan pupuk organik pada batuan fosfat memberikan pengaruh yang menurun terhadap lemak pada semua perlakuan. Hal ini dapat terjadi karena batuan fosfat yang semula terikat oleh ion-ion C_a²⁺, Al³⁺ dan Fe³⁺ dapat terurai menjadi anion ortofosfat primer H₂PO₄⁻ akibat penambahan asam organik H⁺ yang dihasilkan oleh pupuk organik pada saat dekomposisi bahan organik. Sehingga

batuan fosfat larut dalam tanah dan menjadi tersedia bagi tanaman. Tanaman menggunakan H_2PO_4^- ketika pembentukan lemak yang terlihat jelas pada glikolisis.

Pengubahan karbohidrat menjadi lemak memerlukan produksi asam lemak dan gliserol sebagai rangka sehingga teresterifikasi. Asam lemak dibentuk oleh kondensasi berganda unit asetat dari asetil CoA. Sebagian besar reaksi sintesis asam lemak terjadi hanya di kloroplas daun serta di protoplastid biji dan akar. Asam lemak yang disintesis di kedua organel ini terutama adalah asam palmitat dan asam oleat. Asetil CoA yang digunakan untuk membentuk lemak di kloroplas sering dihasilkan oleh piruvat dehidrogenase dengan menggunakan piruvat yang dibentuk pada glikolisis sitosol.

Pengubahan unit asetat menjadi asam lemak membutuhkan banyak energi, sebab hampir dua pasang elektron (2 NADPH) dan satu ATP diperlukan untuk tiap gugus asetil yang ada. Di daun yang terkena sinar, fotosintesis menyediakan sebagian besar NADPH dan ATP, dan pembentukan asam lemak terjadi jauh lebih cepat pada keadaan terang dibandingkan dengan pada gelap. Dalam keadaan gelap dan di protoplastid biji dan akar, lintasan respirasi pentosa fosfat yang mungkin menyediakan NADPH, dan glikolisis menyediakan ATP dan piruvat yang merupakan senyawa asetil-CoA. Walaupun asam palmitat dan asam oleat dibentuk di plastid, sebagian besar asam lemak lainnya dibentuk dengan pengubahan asam tersebut di retikulum endoplasma. Di biji, semua asam lemak yang diproduksi dapat diesterifikasi dengan gliserol untuk menghasilkan lemak yang berkembang secara langsung di retikulum endoplasma dan disini semua sel dapat mengubah asam lemak menjadi fosfolipid yang diperlukan bagi pertumbuhan membran retikulum endoplasma sendiri atau membran sel lainnya.

Berdasarkan hasil penelitian pada kandungan lemak terlihat tidak semua perlakuan menunjukkan pengaruh yang berbeda (Tabel 1). Pengaruh perlakuan yang berbeda ditunjukkan terhadap kandungan lemak. Hal ini dapat terjadi karena rentang dosis yang terlalu sedikit. Dosis pupuk organik yang diberikan tidak dapat maksimal melarutkan batuan fosfat yang digunakan penelitian, fosfor sedikit tersedia bagi tanaman. Sehingga unsur P belum memberikan hasil produksi yang

Fibria, K. *et.al.* Venomena Kacang panjang

maksimal terhadap kandungan protein dan lemak polong kacang panjang. Kandungan batuan fosfat yang digunakan untuk penelitian mempunyai kadar P_2O_5 27%. Agar penelitian sesuai yang diharapkan perlu digunakan batuan fosfat yang memiliki kadar fosfor lebih dari 27%.

KESIMPULAN

Kesimpulan yang dapat diambil dari hasil penelitian ini adalah bahwa pemberian dosis pupuk pada perlakuan tidak memberikan pengaruh yang nyata terhadap kandungan kalsium dan zat besi polong kacang panjang akan tetapi memberikan pengaruh perlakuan terhadap kandungan lemak dan protein.

DAFTAR PUSTAKA

- Almatsier, S. 2009. *Prinsip dasar ilmu gizi*. Jakarta: PT. Gramedia Pustaka Utama
- Buckman H.O. and N.C. Brady. 1982. *The nature properties of soils*. 5th ed. Macmillan, New York
- Gomez, A. A dan Gomez K. A. 1995. *Prosedur statistik untuk penelitian pertanian*. Jakarta : UI-Press
- Hardjowigeno, Sarwono. 1992. *Ilmu tanah*. Mediyatama Sarana Perkasa: Jakarta
- Lakitan, B. 2004. *Dasar-dasar fisiologi tumbuhan*. Jakarta: Grafindo Persada
- Rao, N.S. 1994. *Mikroorganisme tanah dan pertumbuhan tanaman*. Jakarta: Universitas Indonesia Press
- Rosmarkam, A. 2002. *Ilmu kesuburan tanah*. Yogyakarta: KANISIUS
- Salisbury dan Ross. 1995. *Fisiologi tumbuhan jilid 2*. Bandung : ITB
- Yulipriyanto, H. 2010. *Biologi tanah dan strategi pengelolaannya*. Yogyakarta: Graha Ilmu