

Biomassa, kandungan klorofil dan nitrogen daun dua varietas cabai (*Capsicum annum*) pada berbagai perlakuan pemupukan

SUHARJA^{1,♥}, SUTARNO²

Suharja, Sutarno. 2009. Biomass, chlorophyll and nitrogen content of leaves of two chili pepper varieties (Capsicum annum) in different fertilization treatments.

This study aims to determine the influence of various fertilization treatments on biomass, chlorophyll and nitrogen content of leaves from two varieties of chili, Sakti (large chili) and Fantastic (curly chili). The study was conducted in the village of Gatak, Karangnongko sub-district, Klaten District, Central Java in September 2006 to March 2007. The study used a complete block design with two factorial of chili varieties and fertilizer treatment. Fertilization treatments includes no fertilizer (control) (P1); manure 2 kg/plant (P2), manure (1 kg/plant) + chemical fertilizer (ZA, SP-36, KCl = 2: 1: 1) + NPK (P3); and manure (1 kg/plant) + chemical fertilizer (SP-36: KCl = 1:1) + liquid organic fertilizer (P4). Chlorophyll content was measured refers to Harborne (1987), whereas leaf nitrogen concentration was measured with Kjeldahl method. Data were analyzed using ANOVA followed by DMRT. The results showed that on the Fantastic chili fertilizer treatment affected the biomass and chlorophyll a, but gave no effect on chlorophyll b, total chlorophyll and leaf nitrogen. On the curly chili fertilizer treatment effected plant fresh weight, chlorophyll a and total chlorophyll, but gave no effect on dry weight, fresh fruit weight, chlorophyll b and leaf nitrogen. It is, therefore, recommended to use the formulation of manure + chemical fertilizer (SP-36: KCl = 1: 1) + liquid organic fertilizer in the cultivation of chili.

♥ Alamat korespondensi:

¹ SMA Negeri 1 Klaten, Jl. Merbabu 13, Gayamprit, Klaten Selatan, Klaten 57423, Jawa Tengah, Indonesia. Tel./Fax.: +62-272-321150

² Program Studi Biosains, Program Pascasarjana, Universitas Sebelas Maret, Surakarta 57126, Jawa Tengah, Indonesia

Manuskrip diterima: 28 Oktober 2008.
Revisi disetujui: 27 Januari 2009.

♥♥

Edisi bahasa Indonesia dari:
Suharja, Sutarno. 2009. Biomass, chlorophyll and nitrogen content of leaves of two chili pepper varieties (*Capsicum annum*) in different fertilization treatments. Nusanantara Bioscience 1: 9-16.

Key words: biomass, chlorophyll, leaf nitrogen, chili, *Capsicum annum*, fertilizing

Suharja, Sutarno. 2009. Biomassa, kandungan klorofil dan nitrogen daun dua varietas cabai (Capsicum annum) pada berbagai perlakuan pemupukan.

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh berbagai perlakuan pemupukan terhadap biomassa, kandungan klorofil dan nitrogen daun dari dua varietas cabai, Sakti (cabai besar) dan Fantastic (cabai keriting). Penelitian dilakukan di Desa Gatak, Kecamatan Karangnongko, Kabupaten Klaten, Jawa Tengah pada September 2006 sampai Maret 2007. Penelitian menggunakan rancangan blok lengkap dengan dua faktorial yaitu varietas cabai dan perlakuan pemupukan. Perlakuan pemupukan meliputi tanpa pupuk (kontrol) (P1); pupuk kandang 2 kg/tanaman (P2), pupuk kandang (1 kg/tanaman) + pupuk kimia (ZA, SP-36, KCl = 2: 1: 1) + NPK (P3); dan pupuk kandang (1 kg/tanaman) + pupuk kimia (SP-36: KCl = 1:1) + pupuk organik cair (P4). Kadar klorofil diukur merujuk Harborne (1987), sedangkan kadar nitrogen daun diukur dengan metode Kjeldahl. Data dianalisis menggunakan Analisis Varians dilanjutkan DMRT. Hasil penelitian menunjukkan pada cabai Fantastic, perlakuan berbagai macam pemupukan berpengaruh terhadap biomassa dan klorofil a, namun tidak berpengaruh terhadap kandungan klorofil b, total klorofil dan nitrogen daun. Pada cabai Sakti perlakuan pemupukan berpengaruh terhadap bobot segar tanaman, kandungan klorofil a dan total klorofil, namun tidak berpengaruh terhadap bobot kering, bobot buah segar, kandungan klorofil b dan nitrogen daun. Oleh karena itu direkomendasikan untuk menggunakan formulasi pupuk kandang + pupuk kimia (SP-36: KCl = 1: 1) + pupuk organik cair dalam budidaya cabai.

Kata kunci: biomasa, klorofil, nitrogen daun, cabai, *Capsicum annum*, pemupukan

PENDAHULUAN

Permintaan buah cabai (*Capsicum annum* L) selalu meningkat sejalan dengan penambahan pabrik makanan, berbagai keperluan keluarga dan industri mie instan, saos, dan sambal. Hasil

cabai besar tahun 2007 sebesar 6,30 ton/ha, lebih rendah daripada tahun 2006 sebesar 6,51 ton/ha, Sementara itu impor cabai tahun 2006 sebesar 11.885.501 ton dan ekspor cabai tahun 2006 sebesar 8.004.450 ton. Kondisi ini mengisyaratkan bahwa produksi per hektar hasil komoditas cabai besar perlu ditingkatkan. Oleh karena itu

perlu ditemukan teknologi budidaya yang dapat meningkatkan pertumbuhan dan hasil cabai (www.hortikultura.deptan.go.id 2008)

Menurut Nyakpa *et al.* (1988) sukses suatu usaha pertanian sangat ditentukan oleh pertumbuhan dan hasil tanaman yang diusahakan. Jika pertumbuhan dan hasil tanaman memuaskan maka dikatakan petani itu sukses. Ditambahkan Allabi (2005), cabai memberikan hasil baik jika kebutuhan unsur-unsur esensial terpenuhi. Untuk memenuhi kebutuhan unsur-unsur esensial, dapat dilakukan melalui pemupukan. Keberhasilan penggunaan pupuk organik dalam memacu hasil produksi tanaman tidak diragukan lagi. Pemberian pupuk organik dapat meningkatkan pertumbuhan dan hasil cabai lebih baik dibandingkan dengan pemberian fospor. Sementara itu Sadewa (2008) menyampaikan jenis pemupukan campuran (N: P: K = 8,31 g: 12,21g: 8,81g) dapat memperbaiki pertumbuhan tinggi tanaman, panjang akar dan kandungan klorofil tiga varietas cabai merah besar pada fase vegetatif. Sedangkan menurut Chellemi dan Lazarovits (2002) pemberian pupuk organik 310 dan 400 kg N/ha dapat menyebabkan penurunan produksi cabai dan tomat, bahkan pemberian 560 kg N/ha menyebabkan peningkatan pH tanah, NH₃ dan jumlah total jamur, yang dapat merupakan racun dan dapat menyebabkan kematian pada tanaman cabai.

Berdasarkan hasil penelitian Sadewo (2008), Allabi (2005) dan Chellemi dan Lazarovits (2002), tanaman cabai memerlukan unsur hara makro dan mikro untuk pertumbuhan dan peningkatan produksinya. Kebutuhan unsur-unsur hara itu, dapat dipenuhi melalui pemberian pupuk organik dan an organik. Formulasi jenis pupuk yang sesuai dapat berpengaruh terhadap biomassa, kandungan klorofil dan nitrogen daun. Adanya anggapan bahwa pemberian pupuk organik dapat meningkatkan produksi pertanian tidak seluruhnya benar. Hanya formulasi yang tepat yang dapat mempengaruhi pertumbuhan dan hasil cabai. Oleh karena itu penelitian untuk mencari formulasi pupuk organik dan anorganik dan atau perpaduannya serta pengaruhnya terhadap tanaman cabai perlu dilakukan.

Cabai besar atau lombok besar (*C. annuum*) memiliki banyak varietas, antara lain: cabai merah panjang (*C. annuum* var. *longum* (DC.) Sendt), cabai bulat (*C. annuum* var. *cerasiforme* (Miller) Irish), cabai manis atau paprika (*C. annuum* var. *grossum*) dan cabai hijau (*C. annuum* var. *annuum*) dan lain-lain. Cabai keriting merupakan salah satu varietas cabai merah

panjang (*C. annuum* var. *longum* (DC.) Sendt) (Setiadi 1993; Pracaya 2000).

Biomassa didefinisikan sebagai jumlah total bahan hidup pada suatu waktu tertentu suatu luas tertentu. Biomassa dapat dinyatakan sebagai biomassa volume, biomassa berat basah, biomassa berat kering dan organo biomassa (Michael 1994). Ditambahkan Prawirohatmodjo *et al.* (2001) biomassa meliputi seluruh tubuh makhluk yang hidup walaupun bagian tubuh itu seperti cabang atau daun pada pohon asalkan masih melekat pada tumbuhan tersebut. Menurut Salisbury dan Ross (1995) massa segar ditentukan dengan cara memanen seluruh tumbuhan atau bagian yang diinginkan dan menimbanginya cepat-cepat sebelum air terlalu banyak menguap dari bahan tersebut. Sekitar 75% biomassa tanaman dihasilkan beberapa minggu menjelang panen sehingga pada saat itu kebutuhan hara menjadi lebih tinggi dan penyerapan pupuk menjadi lebih efisien (Rubatzky dan Yamaguchi 1995). Pengukuran biomassa dapat pula menggunakan massa kering. Pengukuran massa kering perlu dilakukan, karena adanya berbagai masalah yang timbul dari kandungan air sehingga produktivitas tanaman budidaya perlu pula diukur dengan menggunakan massa kering tumbuhan (Salisbury dan Ross 1995). Biomassa, berat kering diukur untuk mendapatkan penampilan keseluruhan pertumbuhan tanaman (Sitompul dan Guritno 1995). Pengukuran akumulasi berat kering dianalogikan untuk mengetahui pola distribusi asimilasi dari sumber ke target (Gardner *et al.* 1991).

Klorofil adalah suatu magnesium-porfirin yang melekat pada protein (Nelson dan Cox 2004). Klorofil adalah katalisator fotosintesis penting yang terdapat pada membran tilakoid sebagai pigmen hijau dalam jaringan tumbuhan berfotosintesis, yang terikat longgar dengan protein tetapi mudah diekstraksi ke dalam pelarut lipid misalnya aseton dan eter (Harborne 1987). Tumbuhan tinggi mengandung dua macam klorofil yaitu klorofil a dan klorofil b. Klorofil a adalah suatu senyawa kompleks antara magnesium dan porfirin yang mengandung cincin siklontanon (cincin V). Keempat atom nitrogennya dihubungkan secara ikatan koordinasi dengan ion Mg²⁺ membentuk senyawa planar yang mantap. Rantai sampingnya yang bersifat hidrofob adalah suatu terpenoid alkohol, atau fitol, yang dihubungkan secara ikatan ester dengan gugus propionat dari cincin IV. Klorofil b adalah klorofil kedua yang terdapat dalam

tumbuhan (Wirahadikusumah 1985). Struktur klorofil b berbeda dengan klorofil a karena klorofil a mempunyai penyulih metil, sedangkan klorofil b mempunyai gugus aldehida yang terikat di kanan atas cincin pirol (Harborne 1987). Pembentukan klorofil b dimungkinkan dari klorofil a yang mengalami oksidasi gugus metil pada cincin keduanya menjadi gugus aldehid ataupun dimungkinkan dari senyawa porfirin yang dapat diubah menjadi klorofil a maupun b (Bonner dan Varner 1965). Porfirin dalam klorofil a adalah prekursor klorofil a maupun b (Mohr dan Schopfer 1995).

Dalam jaringan tumbuhan, nitrogen merupakan komponen penyusun berbagai senyawa esensial seperti protein, asam amino, amida, asam nukleat, nukleotida, koenzim (Loveless 1987), klorofil, sitosin, auksin (Lakitan 2007), dan komponen utama bahan kering yang berasal dari bahan protoplasma tumbuhan (Salisbury dan Ross 1992). Tanaman menyerap unsur nitrogen dalam bentuk NO_3^- dan NH_4^+ (Nyakpa *et al.* 1988).

Pupuk adalah semua bahan yang diberikan pada tanah untuk memperbaiki keadaan fisik, kimia dan biologi tanah (Subagyo 1970). Pupuk adalah bahan yang diberikan ke dalam tanah baik organik maupun anorganik dengan maksud untuk mengganti kehilangan unsur hara dari dalam tanah dan meningkatkan produksi tanaman (Sutejo 2002). Pemberian jenis pupuk yang berbeda dapat mempengaruhi penumbuhan dan hasil tanaman. Hasil dan kualitas cabai paprika berbeda sesuai pemberian jenis pupuk nitrogen yang berbeda, baik PCU (*polyolefinresin coated urea*) maupun SCU (*sulfur coated urea*) (Guertal 2000).

Pupuk organik mempunyai peranan dalam mempengaruhi sifat fisik, kimia dan aktivitas biologi tanah. Pupuk organik dapat memperbaiki sifat fisik tanah melalui pembentukan struktur dan agregat tanah yang mantap dan berkaitan erat dengan kemampuan tanah mengikat air, infiltrasi air, mengurangi ancaman erosi, meningkatkan kapasitas pertukaran ion (KTK) dan sebagai pengatur suhu tanah yang semuanya berpengaruh terhadap pertumbuhan tanaman (Kononova 1999; Foth 1990). Pupuk organik mengandung hara yang sangat diperlukan untuk pertumbuhan tanaman (Rauf 1995; Tandisau dan Sariubang 1995). Penggunaan ekstrak organik (pupuk cair organik) dengan konsentrasi 2-3 mL/L air mampu meningkatkan hasil berbagai tanaman, seperti cabai, tomat, dan jagung hingga sekitar 25% (Simarmata 1999, 2005). Pemberian

ekstrak organik dengan interval relatif pendek (7 hari), secara langsung dapat menjaga pasokan nutrisi dan vitamin mikroba tanah yang berperan dalam dekomposisi bahan organik tanah maupun mempertahankan kesehatan tanah (Diver 2001; Scheuerell 2004).

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh berbagai perlakuan pemupukan terhadap biomassa, kandungan klorofil dan nitrogen daun pada dua varietas cabai (*Capsicum annum* L), cabai besar fantastic dan cabai keriting sakti.

BAHAN DAN METODE

Waktu dan lokasi penelitian

Penelitian ini dilakukan pada September 2006 sampai Maret 2007 pada lahan tanah sawah di Desa Gathak, Kecamatan Karangnongko, Kabupaten Klaten, Jawa Tengah. Pengukuran kandungan klorofil dan nitrogen daun, dilakukan di Laboratorium Ilmu Tanah, Fakultas Pertanian Universitas Sebelas Maret, Surakarta

Bahan

Benih cabai besar varietas Fantastic dan benih cabai keriting varietas sakti dari indukan yang sama. Dibutuhkan pula pupuk NPK "Phonska", pupuk NPK "Mutiara", pupuk kandang sapi, pupuk ZA, pupuk SP-36, pupuk KCl, dan pupuk organik cair "Batari Sri". Menurut PT Batari Sri (2005), pupuk organik cair (POC) "Batari Sri" adalah pupuk organik murni yang bahannya terbuat dari 97% air kencing sapi dan 3% bahan alami yang diproses fermentasi sehingga menghasilkan formula pupuk cair ajaib dan tidak mengandung unsur seng (Zn), tembaga (Cu), dan timbal (Pb).

Rancangan penelitian

Penelitian ini merupakan penelitian faktorial dengan rancangan acak kelompok lengkap (*Randomize Completely Block Design, RCBD*) dengan faktor 2 faktor yaitu (i) Varietas (dua taraf) (ii) Pemupukan (empat taraf), dengan 3 ulangan dan setiap ulangan ditanami 20 tanaman cabai.

Parameter penelitian

Parameter penelitian ini adalah: biomassa (bobot segar tanaman, bobot kering tanaman, dan bobot segar buah per tanaman), kandungan klorofil (klorofil a, klorofil b dan total klorofil) dan kandungan nitrogen daun tanaman.

Pengukuran variabel penelitian untuk parameter dilakukan dengan mengambil tiga buah tanaman per blok tiap perlakuan ditandai dan diukur pada akhir panen. Adapun variabel (peubah) yang diamati dalam penelitian ini meliputi:

Bobot basah tanaman diukur dengan cara mengambil seluruh tanaman dan menimbanginya. Bobot brangkasan kering tanaman diukur dengan cara mengeringkan brangkasan basah dan dikeringkan dalam oven selama 48 jam (hingga diperoleh berat konstan). Bobot basah buah ditimbang setiap panen dilakukan (mulai panen ke-1 sampai selesai). Bobot total buah diperoleh dengan cara menjumlahkan berat basah buah pada tiap panen. Bobot buah per tanaman dihitung dengan cara menghitung bobot total buah dibagi dengan jumlah total tanaman tiap petak (20 tanaman). Kandungan klorofil tanaman diukur dengan Spektrofotometer menurut Harborne (1987). Kandungan nitrogen daun tanaman diukur dengan menggunakan metode Kjeldal menurut Sudarmaji *et al.* (1996).

Analisis data

Data yang diperoleh dari penelitian ini dianalisis melalui analisis varians (ANAVA) dan dilanjutkan dengan DMRT (*Duncan's multiple range test*) dengan menggunakan program SPSS 10.05. Dalam analisis varians, jika F hitung lebih besar dari F tabel atau probabilitasnya (sig) < 0,05 maka H_0 ditolak dan H_1 diterima. DMRT (Duncan) populasi-populasi yang mempunyai rata-rata sama dikelompokkan menjadi satu subset. Dalam satu subset dapat dikatakan bahwa perlakuan itu tidak berbeda (Hanafiah 2005; Pratista 2002).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pemupukan telah lama diketahui sebagai faktor yang berpengaruh terhadap pertumbuhan dan hasil tanaman, termasuk tanaman cabai. Pemupukan merupakan upaya untuk menyediakan unsur-unsur hara yang diperlukan tanaman. Penyediaan unsur hara berpengaruh terhadap kadar senyawa-senyawa organik dan anorganik tanaman (Rosmarkam dan Yuwono 2002). Di antara parameter yang dapat diamati sebagai gejala fisiologis sebagai efek pemupukan di antaranya bobot segar, bobot kering, kandungan klorofil dan nitrogen daun (Marschner 1986).

Biomassa

Biomassa dalam penelitian ini meliputi bobot basah tanaman dan bobot kering pada akhir panen serta bobot basah total buah per tanaman

Bobot segar tanaman

Bobot segar merupakan total berat tanaman yang menunjukkan hasil aktivitas metabolismenya. Pemupukan dapat mempengaruhi bobot segar tanaman karena menyediakan hara dari dalam tanah. Bobot segar tanaman cabai pada berbagai perlakuan pemupukan bervariasi (Tabel 4). Bobot segar kelompok kontrol (P1) sama dengan bobot segar perlakuan pupuk kandang (P2), dan tidak satu kelompok dengan perlakuan pupuk kandang + pupuk kimia + NPK (P3), dan juga tidak sama dengan pupuk + pupuk kimia + pupuk organik cair (P4).

Tabel 1. Biomassa tanaman dua varietas cabai

Varietas	Biomassa			
	P1	P2	P3	P4
Bobot segar tanaman (g)				
Fantastic	228,93 a	496,01 ab	602,11 b	665,65 b
Sakti	277,16 c	508,33 cd	607,56 d	656,52 d
Bobot kering tanaman (g)				
Fantastic	68,33b	111,11c	139,67cd	157 d
Sakti	126,59a	155,41a	354,28a	407,72a
Bobot buah total per tanaman (g)				
Fantastic	805,00 a	878,33 ab	770,83a	990,93 b
Sakti	530,83 c	546,67 c	606,67 cd	705,83 d

Keterangan: Angka yang bernotasi sama pada baris yang sama berarti tidak berbeda nyata menurut Uji DMRT pada $P = 0,05$. P1: Kontrol, P2: Pupuk Kandang (2kg/tanaman), P3: Pupuk Kandang (1 kg/tanaman) + Pupuk Kimia (ZA: KCl: Sp-36= 2: 1: 1) + kocor NPK "Mutiara", P4: Pupuk kandang + pupuk kimia (KCl: SP-36= 1: 1) + kocor pupuk organik cair "Bathari Sri"

Bobot kering tanaman

Bobot kering tanaman kedua varietas cabai bervariasi. Perlakuan berbagai macam pemupukan sangat signifikan berpengaruh terhadap peningkatan bobot kering tanaman cabai fantastic, tetapi tidak signifikan terhadap bobot kering cabai sakti (Tabel 5). Tidak adanya pengaruh berbagai perlakuan pemupukan terhadap bobot kering tanaman cabai sakti merupakan indikasi bahwa pemupukan belum cukup mampu memenuhi kebutuhan unsur hara

yang diperlukan tanaman cabai. Perlakuan pemupukan pada varietas cabai yang berbeda menunjukkan pengaruh yang tidak sama. Hal itu senada dengan pernyataan Kartasapoetra (1995) serta Abdulrahim dan Jumiati (2007) bahwasanya kebutuhan tanaman akan bermacam-macam unsur hara selama pertumbuhan dan perkembangannya adalah tidak sama, membutuhkan waktu yang berbeda dan tidak sama banyaknya.

Sekalipun perlakuan pemupukan tidak berbeda nyata dalam bobot kering tanaman cabai sakti, namun dapat diketahui bahwa ada kecenderungan perlakuan pemupukan mampu meningkatkan bobot kering kedua varietas cabai. Ini berarti ada kecenderungan fotosintat meningkat, karena adanya penambahan unsur hara dari dalam tanah sebagai akibat dari proses pemupukan.

Bobot buah total per tanaman

Bobot buah total per tanaman kedua varietas cabai karena berbagai perlakuan pemupukan bervariasi. Hasil analisis menunjukkan bahwa perlakuan pemupukan tidak cukup signifikan mempengaruhi bobot buah per tanaman cabai sakti (Tabel 1). Hal ini memberikan indikasi penggunaan pupuk kandang (1 kg/tanaman) + pupuk kimia (ZA, SP-36, KCl = 2: 1: 1) + kocor NPK "Mutiar" (P3) tidak selamanya menjadi solusi untuk meningkatkan hasil. Hanya formulasi yang tepatlah yang dapat meningkatkan bobot buah cabai. Sementara itu perlakuan pemupukan secara signifikan berpengaruh terhadap bobot buah total per tanaman cabai fantastic (Tabel 1). Ketersediaan unsur N, P, K dan bahan organik yang berasal dari pupuk kimia dan pupuk organik cair pada perlakuan, secara bersama-sama mampu meningkatkan bobot buah cabai. Kombinasi pupuk kandang, pupuk kimiawi dan pupuk organik cair (P4), dapat dimanfaatkan untuk menggantikan formulasi pupuk kimia yang selama ini digunakan petani di Kabupaten Klaten.

Sementara itu pada pemberian pupuk kandang (1 kg/tanaman) + pupuk kimia (ZA: KCl: SP-36= 2: 1: 1) + kocor NPK "Mutiar" (Tabel 1) memiliki bobot buah per tanaman yang lebih rendah dari perlakuan yang lain. Hal ini dapat terjadi karena pemberian nitrogen pada perlakuan itu telah melampaui titik optimal, sehingga menyebabkan sebagian nitrogen yang terasimilasi memisahkan diri sebagai amida, hanya menaikkan kandungan nitrogen tanaman,

tetapi mengurangi sintesis karbohidrat (Rosmarkam dan Yuwono 2005). Oleh karena bobot segar buah yang terbentuk relative lebih rendah dibandingkan perlakuan lainnya.

Terjadinya peningkatan dalam biomassa cabai sakti dan kecenderungan peningkatan biomassa cabai fantastic menunjukkan unsur-unsur yang diberikan melalui pemupukan dapat berfungsi dengan baik. Hasil analisis korelasi menunjukkan bahwa bobot segar tanaman berhubungan positif dengan bobot kering, klorofil a, klorofil b dan klorofil total daun kedua varietas cabai. Hal ini berarti jika bobot segar tanaman meningkat maka bobot kering tanaman akan meningkat, demikian pula dengan kandungan klorofil a, klorofil b maupun klorofil total daun kedua varietas cabai.

Pupuk organik dapat menyediakan bahan organik tanah yang sangat bermanfaat dalam mengembalikan kesuburan fisika, kimia dan biologi tanah, karena berguna sebagai pengikat partikel-partikel tanah melalui proses agregasi tanah. Agregasi tanah dapat menghasilkan terbentuknya ruang pori mikro, sehingga aerasi di dalam tanah menjadi lebih baik dan menciptakan keadaan optimum bagi penyerapan unsur hara yang berguna bagi tanaman (Brady 1990). Pengaruh bahan organik terhadap kesuburan kimia tanah antara lain terhadap kapasitas pertukaran kation dan anion, meningkatkan aktivitas mikrobial tanah melalui dekomposisi dan mineralisasi bahan organik (Suntoro 2002). Di samping itu, bahan organik mampu menyerap dan menahan air (Juanda *et al.* 2003) yang pada akhirnya berpengaruh terhadap akumulasi zat-zat makanan dan hasil metabolisme yang tersimpan dalam buah dan biji.

Sementara itu pemberian pupuk kimia semakin menambah dan melengkapi unsur hara (nitrogen, fosfor, kalium, magnesium, sulfur) yang berguna dalam peningkatan biomassa tanaman cabai. Unsur nitrogen (dari ZA dan NPK "Mutiar") mampu berperan sebagai penyusun dari banyak senyawa esensial seperti protein, asam amino, amida, asam nukleat, nukleotida, koenzim dan banyak senyawa penting untuk metabolisme, penyusun klorofil, penyusun hormon sitosin dan auksin dan komponen utama bahan kering tumbuhan. Unsur nitrogen akan meningkatkan warna hijau daun, mendorong pertumbuhan batang dan daun (Marschner 1986). Nitrogen erat kaitannya dengan sintesis klorofil (Sallisbury dan Ross 1992) serta sintesis protein dan enzim (Schaffer

1996). Enzim rubisco berperan sebagai katalisator dalam fiksasi CO₂ yang dibutuhkan tanaman untuk fotosintesis (Salisbury dan Ross 1992; Schaffer 1996). Oleh karena itu peningkatan kandungan nitrogen tanaman dapat berpengaruh terhadap fotosintesis baik lewat kandungan klorofil maupun enzim fotosintetik, sehingga meningkatkan fotosintat (bobot segar, bobot kering, dan bobot buah cabai) yang terbentuk.

Unsur fosfor (dari SP-36) merupakan komponen penting penyusun senyawa ATP yang berperan sebagai sumber energi pada reaksi gelap fotosintesis dan nukleoprotein, sistem informasi genetik (DNA dan RNA), membran sel (fosfolipid), dan fosfoprotein. Pemupukan KCl meningkatkan ketersediaan dan serapan kalium, sementara fungsi kalium dalam kloroplas berperan sebagai penjaga pH agar tetap tinggi. Kalium berperan penting dalam fotosintesis karena secara langsung meningkatkan pertumbuhan dan indeks luas daun, sehingga meningkatkan asimilasi CO₂ serta meningkatkan translokasi dan asimilasi hasil fotosintesis (Suntoro 2002).

Unsur belerang (dari SP-36) dibutuhkan tanaman dalam pembentukan asam-asam amino sistin, sistein dan metionin. Disamping itu belerang juga merupakan bagian dari biotin, tiamin, ko-enzim A dan glutathionin (Marschner 1995). Belerang juga berfungsi sebagai aktivator, kofaktor atau regulator enzim dan berperan dalam proses fisiologi tanaman. Unsur belerang merupakan bagian penting dari ferodoksin, suatu kompleks Fe dan belerang yang terdapat dalam kloroplas dan terlibat dalam reaksi oksidoreduksi dengan transfer elektron serta dalam reduksi nitrat dalam proses fotosintesis (Tisdalle et al. 1990).

Pemberian dolomit dapat meningkatkan klorofil yang disebabkan oleh adanya suplai Mg dari dolomit yang mampu meningkatkan ketersediaan Mg tanah dan serapan Mg tanaman (Suntoro 2002)

Pupuk kimiawi buatan memasok hara tertentu berupa senyawa anorganik berkonsentrasi tinggi dan mudah larut. Pemberian berulang kali dapat membahayakan flora dan fauna tanah alami, mendatangkan ketimpangan hara dalam tanah, dan dengan sistem pengelolaan hara yang biasa dilakukan waktu ini dapat menyebabkan pencemaran air, khususnya air tanah. Pupuk organik memasok berbagai macam hara terutama berupa senyawa organik berkonsentrasi rendah yang tidak

mudah larut, sehingga tidak menimbulkan ketimpangan hara dalam tanah, bahkan dapat memperbaiki neraca hara. Pasokan bahan organik dapat menyehatkan kehidupan flora dan fauna tanah alami, yang pada gilirannya dapat meningkatkan dan memelihara produktivitas tanah (Nuryani dan Sutanto 2002).

Peningkatan biomassa yang signifikan, merupakan efek sinergis dari ekstrak organik dan pupuk kimia dari dalam tanah. Pasokan substrat organik melalui pemberian pupuk organik cair meningkatkan aktivitas organisme tanah yang berperan dalam penguraian senyawa organik dan memperbaiki kesuburan fisik (struktur tanah, agregasi dan aerasi, meningkatkan kapasitas menahan air) dan meningkatkan ketersediaan hara bagi tanaman (Reeves 1997). Dalam kondisi demikian pasokan oksigen yang dibutuhkan organisme tanah untuk respirasi cukup tersedia. Oleh karena itu, perbaikan kualitas tanah berlangsung secara bertahap dan berdampak terhadap peningkatan biomassa cabai sakti dan cenderung meningkatkan biomassa cabai fantastic.

Kandungan klorofil

Klorofil a

Perlakuan pemupukan berpengaruh terhadap kandungan Klorofil a dua varietas cabai (Tabel 2). Unsur hara (nitrogen, fosfor, magnesium, besi, mangan, kalium, kalsium, belerang) yang terakumulasi dalam pupuk kimia dan pupuk organik yang ditambahkan pada perlakuan pupuk kandang (1 kg/tanaman) + pupuk kimia (ZA, SP-36, KCl = 2: 1: 1) + kocor NPK "Mutihara" dan pupuk kandang (1 kg/tanaman) + Pupuk Kimia (SP-36: KCl = 1:1) + kocor pupuk organik cair "Bathari Sri" secara signifikan mampu meningkatkan kandungan klorofil a pada dua varietas cabai. Kandungan klorofil a dalam daun kedua varietas cabai bervariasi. Hal ini merupakan indikator bahwa respon fisiologis kedua varietas cabai berbeda terhadap pasokan hara yang diberikan. Secara umum dapat disimpulkan bahwa perlakuan pasokan unsur hara dari pemupukan dapat meningkatkan kandungan klorofil a kedua varietas cabai.

Klorofil b

Klorofil b berfungsi sebagai antena yang mengumpulkan cahaya untuk kemudian ditransfer ke pusat reaksi. Pusat reaksi tersusun dari klorofil a. Energi cahaya akan diubah menjadi energi kimia di pusat reaksi yang

kemudian dapat digunakan untuk proses reduksi dalam fotosintesis (Taiz dan Zeiger 1991). Perlakuan pemupukan tidak signifikan berpengaruh terhadap kandungan klorofil b pada dua varietas cabai (Tabel 2). Hal ini kemungkinan terjadi karena sebagian besar klorofil masih berada pada stadium klorofil a (terbukti kandungan klorofil a kedua varietas cabai signifikan dipengaruhi oleh berbagai perlakuan pemupukan) dan belum menjadi klorofil b, karena diketahui klorofil a merupakan prekursor klorofil b (Robinson 1980). Walaupun perlakuan pemupukan yang dilakukan tidak signifikan berpengaruh terhadap kandungan klorofil b pada kedua varietas cabai, namun terdapat kecenderungan bahwa pemupukan mampu meningkatkan kandungan klorofil b kedua varietas cabai.

Tabel 2. Kandungan klorofil a, klorofil b, dan klorofil total dua varietas cabai pada berbagai perlakuan pemupukan tanaman dua varietas cabai.

Varietas	Kandungan klorofil (mg/L)			
	P1	P2	P3	P4
	Klorofil a (mg/L)			
Fantastic	2,52 a	5,99 ab	6,99 b	6,45 b
Sakti	2,65 a	6,29 b	7,48 bc	7,93 c
	Klorofil b (mg/L)			
Fantastic	1,66 a	2,80 a	3,75 a	3,80 a
Sakti	1,68 a	3,23 ab	5,38 b	3,84 ab
	Klorofil total (mg/L)			
Fantastic	4,17 a	8,78 ab	10,72 b	10,25 b
Sakti	4,33 a	9,51 b	13,31 b	11,31 b

Keterangan: Angka yang bernotasi sama pada baris yang sama berarti tidak berbeda nyata menurut Uji DMRT pada $P = 0,05$. P1: Kontrol, P2: Pupuk Kandang (2kg/tanaman), P3: Pupuk Kandang (1 kg/tanaman) + Pupuk Kimia (ZA: KCl: Sp-36= 2: 1: 1) + kocor NPK "Mutiar", P4: Pupuk kandang + pupuk kimia (KCl: SP-36= 1: 1) + kocor pupuk organik cair "Bathari Sri"

Klorofil total

Penggunaan pupuk kandang (1 kg/tanaman) + pupuk kimia (ZA, SP-36, KCl = 2: 1: 1) + kocor NPK "Mutiar" menunjukkan kandungan klorofil total tertinggi untuk ke-dua varietas cabai, karena pupuk kimiawi buatan memasok hara tertentu yang berkonsentrasi tinggi dan mudah larut (N, P, K, Fe, Mg, S) yang berperan dalam pembentukan klorofil (Nuryani dan Sutanto 2002). Kelompok kontrol memiliki kandungan klorofil total terendah untuk kedua

perlakuan, karena tidak ada penambahan unsur hara dari luar, sedangkan unsur hara yang tersedia dalam tanah sudah diserap tanaman cabai selama fase vegetatif dan awal generatif. Karena ketersediaan dan serapan hara yang rendah maka pembentukan klorofil terganggu. Oleh karena itu kandungan klorofil daun cabai kelompok kontrol relatif lebih rendah dibandingkan dengan perlakuan yang lain.

Perlakuan pemberian pupuk kandang (1 kg/tanaman) + pupuk kimia (SP-36: KCl = 1:1) + kocor pupuk organik cair "Bathari Sri" berada pada kelompok yang sama dengan penggunaan pupuk kandang (1 kg/tanaman) + pupuk kimia (ZA, SP-36, KCl = 2: 1: 1) + kocor NPK "Mutiar". Unsur hara (nitrogen, magnesium, besi, mangan) yang terakumulasi dalam pupuk kimia yang ditambahkan melalui pemupukan itu mampu meningkatkan kandungan klorofil total daun cabai sakti (Tabel 2). Terjadinya kondisi yang demikian karena unsur N, P, K, Mg, Fe, dan S yang merupakan unsur pembentuk klorofil cukup tersedia dan dapat diserap oleh tanaman.

Setelah dilakukan analisis varian diketahui bahwa, perlakuan pemupukan tidak signifikan berpengaruh terhadap kandungan klorofil total cabai varietas fantastic, namun signifikan berpengaruh terhadap kandungan klorofil total cabai varietas sakti (Tabel 2). Adanya signifikansi pengaruh pemupukan terhadap kandungan klorofil memberi petunjuk bahwa pasokan unsur hara (N, P, K, Mg, S) mempunyai kontribusi positif pada proses pembentukan klorofil daun cabai sakti. Sementara itu untuk cabai fantastic pasokan unsur hara yang diberikan melalui pemupukan belum mampu meningkatkan klorofil total daun. Fenomena ini mengindikasikan bahwa respon fisiologis kedua tanaman cabai terhadap pemupukan tidak sama, namun terdapat kecenderungan bahwa pemupukan mampu meningkatkan kandungan klorofil total daun, dan perlakuan pupuk kandang+pupuk kimia (ZA: KCl: SP-36= 2: 1: 1) + kocor NPK "Mutiar" selalu lebih tinggi dari perlakuan yang lain (Tabel 2). Lengkapnya kandungan unsur hara pada formulasi pupuk tersebut mampu memberikan stimulan bagi peningkatan kandungan klorofil total untuk kedua varietas cabai.

Penambahan bahan organik meningkatkan klorofil daun dan peningkatan akan semakin tinggi, jika diimbangi dengan penambahan dolomit dan KCl. Pemupukan KCl meningkatkan ketersediaan dan serapan fosfor, sementara fungsi kalium dalam kloroplas berperan sebagai

penjaga pH agar tetap tinggi. Pemberian dolomit dapat meningkatkan klorofil yang disebabkan oleh adanya suplai Mg dari dolomit yang mampu meningkatkan ketersediaan Mg tanah dan serapan Mg tanaman. Magnesium berperan sangat penting di dalam sintesis klorofil (Suntoro 2002; Rahayu 2002; Santi 2002). Pemberian ZA, NPK "Mutiara", pupuk organik dapat meningkatkan klorofil karena kombinasi pupuk tersebut mampu menyediakan nitrogen dan magnesium yang diketahui sebagai unsur yang mutlak harus tersedia pada pembentukan klorofil (Dwijoseputro 1986).

Nitrogen erat kaitannya dengan sintesis klorofil (Salisbury dan Ross 1992) dan sintesis protein maupun enzim (Schaffer 1996). Enzim rubisco berperan sebagai katalisator dalam fiksasi CO₂ yang dibutuhkan tanaman untuk fotosintesis (Salisbury dan Ross 1992; Schaffer 1996). Oleh karena itu jumlah kandungan nitrogen tanaman dapat berpengaruh terhadap hasil fotosintesis melalui enzim fotosintetik maupun kandungan klorofil yang terbentuk. Pada tumbuhan, nitrogen mula-mula berbentuk ammonia dan selanjutnya ammonia mengalami perubahan menjadi asam glutamat, dikatalisis oleh enzim glutamine sintetase (Harborne 1987). Asam glutamat berfungsi sebagai bahan dasar di dalam biosintesis asam amino dan asam nukleat (Nyakpa *et al.* 1988). Robinson (1980) menyebut asam glutamat sebagai prekursor cincin porfirin untuk pembentukan klorofil.

Mekanisme pembentukan klorofil diawali dengan pembentukan asam α aminolevulinat (ALA) (Stryer 2002). Pembentukan ALA melalui jalur glutamat melalui tahapan pembentukan glutamat t-RNA, dari glutamat lalu diubah menjadi semialdehid kemudian menjadi α ketoglutaraldehid selanjutnya dengan enzim transaminase atau enzim amino transferase terbentuklah ALA (Bonner dan Varner 1965; Krogman 1979). Dari dua molekul ALA dengan melibatkan enzim ALA dehidrase akan terbentuk porfobilinogen (PBG) yang mengandung cincin pirol dari empat molekul PBG dengan melibatkan enzim uroporfirinogen III. Dekarboksilasi merubah uroporfirinogen III. Di bawah kondisi aerob dengan melibatkan enzim kaproporfirinogen dekarboksilase, kaproporfirinogen III selanjutnya akan membentuk proporfirinogen IX. Oksidasi terhadap proporfirinogen IX akan menghasilkan proporfirin IX yang belum memiliki Mg, setelah bergabung dengan Mg terbentuklah Mg protoporfirin IX. Penambahan gugus metil pada Mg protoporfirin IX dengan bantuan Mg

protoporfirin esterase akan membentuk Mg porfirin IX monometil ester. Selanjutnya adalah perubahan Mg porfirin IX monometil ester menjadi proklorofilide (Bonner and Varner 1965; Devlin 1983; Krogman 1979).

Perubahan proklorofilide menjadi klorofil a terjadi melalui terbentuknya proklorofilide holokrom yang berikatan dengan protein mengikat ion 2H⁺, yang akan disumbangkan pada cincin keempat sehingga terbentuklah proklorofilide a holokrom, yang selanjutnya dapat berubah menjadi klorofil a dengan melepaskan holokrom bersama apoprotein (Mohr dan Schopfer 1995). Dari klorofil a dengan bantuan enzim klorofilase yang mengkatalisis esterifikasi senyawa fitol akan terbentuklah klorofil a. Sementara itu homogenat daun, sediaan tilakoid dan daun yang dilindungi dari cahaya dapat mengubah klorofil a menjadi klorofil b. Oleh karena itu klorofil a dapat menjadi prekursor klorofil b (Robinson 1980).

Hasil analisis korelasi menunjukkan bahwa klorofil a berhubungan positif dengan klorofil b dan klorofil total daun serta berhubungan positif dengan bobot segar tanaman cabai. Peningkatan klorofil a akan meningkatkan klorofil b, klorofil total daun serta bobot segar tanaman. Hal ini dapat dipahami karena klorofil a merupakan prekursor bagi klorofil b, sementara itu klorofil a dan b merupakan komponen penyusun klorofil total daun, dan sekaligus bagian dari bobot segar tanaman.

Kandungan nitrogen daun

Hasil penelitian menunjukkan bahwa perlakuan pemupukan tidak berpengaruh secara signifikan terhadap kandungan nitrogen daun dua varietas cabai (Tabel 3). Hasil penelitian ini sekaligus menguatkan temuan penelitian sebelumnya yang menyatakan kombinasi pupuk urea dan organik tidak berpengaruh terhadap kandungan nitrogen dan klorofil rumput hermada (Supriadi dan Soeharsono 2005). Hal ini kemungkinan karena pada semua kombinasi perlakuan, kebutuhan minimum nitrogen tanaman sudah terpenuhi. Oleh karena itu, walaupun kandungan nitrogen yang diberikan melalui pemupukan cukup tinggi tetapi tumbuhan hanya menyerap dalam jumlah tertentu sesuai kebutuhan tanaman.

Sekalipun kandungan nitrogen daun pada berbagai perlakuan pemupukan tidak signifikan, namun terdapat kecenderungan bahwa perlakuan pemupukan mampu meningkatkan kandungan nitrogen daun (Tabel 3). Kecenderungan pening-

katan kandungan nitrogen daun merupakan cerminan meningkatnya nitrogen yang dapat diserap oleh tanaman. Kombinasi pemberian pupuk ZA, NPK "Mutiara", dan pupuk organik menyebabkan peningkatan kandungan nitrogen daun tumbuhan.

Tabel 3. Kandungan nitrogen daun dua varietas cabai pada berbagai perlakuan pemupukan tanaman dua varietas cabai.

Varietas	Kandungan nitrogen (mg/L)			
	P1	P2	P3	P4
Fantastic	3,64 a	3,46 a	3,85 a	4,12 a
Sakti	3,92 b	4,23 b	4,27 b	4,25 b

Keterangan: Angka yang bernotasi sama pada baris yang sama berarti tidak berbeda nyata menurut Uji DMRT pada $P = 0,05$. P1: Kontrol, P2: Pupuk Kandang (2kg/tanaman), P3: Pupuk Kandang (1 kg/tanaman) + Pupuk Kimia (ZA: KCl: Sp-36= 2: 1: 1) + kocor NPK "Mutiara", P4: Pupuk kandang + pupuk kimia (KCl: SP-36= 1: 1) + kocor pupuk organik cair "Bathari Sri"

Nitrogen yang tersedia di dalam tanah yang dapat diserap akar tanaman ialah dalam bentuk ion-ion nitrat dan amonium. Kedua bentuk nitrogen ini diperoleh sebagai hasil dekomposisi bahan organik. Nitrat yang diabsorpsi akar menuju ke atas bagian tanaman akibat proses transpirasi ke bagian daun. Dengan demikian asimilasi nitrat pada tanaman tingkat tinggi, umumnya terjadi pada daun. Langkah pertama adalah reduksi nitrat menjadi amonia. Langkah kedua, terjadi reaksi nitrit menjadi nitrat yang terjadi pada hijau daun yaitu di dalam kloroplast. Sedangkan asimilasi amonia pada sebagian besar tanaman menjadi asam glutamat. Asam glutamat berfungsi sebagai bahan dasar dalam biosintesis asam amino dan asam nukleat (Harborne 1987; Nyakpa *et al.* 1988).

Kecenderungan peningkatan kandungan nitrogen tanaman dapat berpengaruh terhadap fotosintesis baik lewat kandungan klorofil maupun enzim fotosintetik. Jika kandungan nitrogen daun meningkat, maka fotosintat akan meningkat, sebaliknya jika kandungan nitrogen daun rendah maka fotosintat yang terbentuk juga rendah. Hal itu karena unsur nitrogen akan meningkatkan warna hijau daun, mendorong pertumbuhan batang dan daun (Marschner 1986). Nitrogen erat kaitannya dengan sintesis klorofil (Sallisbury dan Ross 1992) dan sintesis protein maupun enzim (Schaffer 1996). Enzim rubisco berperan sebagai katalisator dalam

fiksasi CO_2 yang dibutuhkan tanaman untuk fotosintesis (Sallisbury dan Ross 1992; Schaffer 1996).

Sementara itu kandungan nitrogen daun cabai fantastic, perlakuan pupuk kandang (1 kg/tanaman) + pupuk kimia (SP-36: KCl = 1:1) + kocor pupuk organik cair "Bathari Sri" sebesar 4,12%; diikuti penggunaan pupuk kandang + pupuk kimia (ZA, SP-36, KCl = 2: 1: 1) + kocor NPK "Mutiara" (3,85%), diikuti kelompok kontrol (3,64%) dan terendah pemberian pupuk kandang (2 kg/tanaman) sebesar 3,46% (Tabel 3). Lebih rendahnya kandungan nitrogen daun dalam perlakuan pupuk kandang dibanding kelompok kontrol pada cabai fantastic, karena unsur hara pada perlakuan pupuk kandang belum dapat diserap secara optimal oleh tanaman cabai. Hal ini terkait dengan sifat pupuk organik yang memasok berbagai macam hara terutama berupa senyawa organik berkonsentrasi rendah yang tidak mudah larut (Nuryani dan Sutanto 2002). Hasil penelitian ini sejalan dengan penelitian Salim (2006) yang menyatakan bahwa jenis pengelolaan tanah dan takaran pupuk organik tidak dapat meningkatkan nitrogen total, K-daun dan serapan nitrogen daun.

KESIMPULAN DAN SARAN

Pada cabai fantastic, perlakuan berbagai macam pemupukan berpengaruh terhadap biomassa dan klorofil a, dan tidak berpengaruh terhadap kandungan klorofil b, total klorofil dan nitrogen daun tanaman. Pada cabai sakti perlakuan berbagai macam pemupukan berpengaruh terhadap bobot segar tanaman, kandungan klorofil a dan total klorofil dan tidak berpengaruh terhadap bobot kering, bobot buah segar, kandungan klorofil b dan nitrogen daun.

Peneliti merekomendasikan untuk menggunakan formulasi pemupukan dengan pemberian pupuk kandang + pupuk kimia (SP-36: KCl = 1: 1) + pupuk organik cair sebagai alternatif baru budidaya cabai yang lebih ekonomis dan ramah lingkungan.

DAFTAR PUSTAKA

- Abdulrahim, Jumiaty. 2007. Pengaruh konsentrasi dan waktu penyemprotan pupuk organik cair super ACI terhadap pertumbuhan dan hasil jagung manis. *Agritrop* 26 (3): 105-109.

- Allabi DA. 2006. Effect of fertilizer phosphorus and poultry droppings treatments on growth and nutrient components of pepper (*Capsicum annum* L) African J Biotech 5 (8): 671-677.
- Bonner J, Varner JE. 1976. Plant biochemistry. 3rd ed. Academic Press. New York.
- Brady NC. 1990. The nature and properties of soils. 10th ed. Macmillan. New York.
- Chellemi DO, Lazarovits G. 2002. Effect of organic fertilizer applications on growth yield and pests of vegetable crops. Proc Fla State Hort Soc 115: 315-321.
- Devlin RM. 1983. Plant physiology. 3rd ed. D. Van Nostrand. New York.
- Diver S. 2001. Compost teas for plant disease control. ATTRA, Fayetteville, AR. <http://attra.ncat.org/attra-pub/compost-tea-notes.html>
- Dwijoseputro G. 1994. Pengantar fisiologi tumbuhan. Gramedia. Jakarta.
- Foth HD. 1990. Fundamentals of soil science. 8th ed. John Wiley & Sons. New York.
- Gardner FP, Peach RB, Mitchell RL. 1991. Fisiologi tanaman budidaya. Penerbit UI. Jakarta.
- Guertal EA. 2000. Preplant slow release nitrogen fertilizers produce similar bell pepper yields as split applications of soluble fertilizers. Agronom J 92: 388-393
- Hanafiah KA. 2005. Rancangan percobaan. Raja Grafindo Persada. Jakarta.
- Harborne JB. 1987. Metode fitokimia, penuntun cara modern menganalisa tumbuhan. Penerbit ITB. Bandung.
- Juanda JSD, Assa'ad N, Warsana. 2003. Kajian laju infiltrasi dan beberapa sifat fisik tanah pada tiga jenis tanaman pagar dalam sistem budidaya lorong. J Ilmu Tanah dan Lingkungan 4 (1): 25-31.
- Kartasapoetra AG. 1995. Klimatologi (Pengaruh iklim terhadap tanah dan tanaman). Bumi Aksara. Jakarta.
- Kononova MM. 1999. Soil organic matter, its role in soil formation and soil fertility. Pergamon Press, London.
- Krogman DW. 1979. The biochemistry of green plant. Prentice Hall. New Delhi.
- Lakitan B. 2007. Dasar-dasar fisiologi tumbuhan. Raja Grafindo Persada. Jakarta.
- Loveless AR. 1991. Prinsip-prinsip biologi tumbuhan untuk daerah tropik. Gramedia. Jakarta.
- Marschner H. 1986. Mineral nutrition of higher plants. Academic Press. London.
- Mitchel P. 1994. Metode ekologi untuk penyelidikan lapangan dan laboratorium. UI Press. Jakarta.
- Mohr H, Schopfer P. 1995. Plant physiology. Springer. Berlin.
- Nelson DL, Cox MM. 2004. Lehninger principles of biochemistry. 4th ed. W. H. Freeman. New York.
- Nuryani dan Sutanto. 2002. Pengaruh sampah kota terhadap hasil dan tahanan hara lombok. J Ilmu Tanah dan Lingkungan 3 (1): 24-28.
- Nyakpa, Yusuf, Lubis AM, Pulung MA, Amran G, Munawar A, Go BH. 1988. Kesuburan tanah. Universitas Lampung. Bandar Lampung.
- Pracaya. 2000. Bertanam lombok. Penerbit Kanisius. Yogyakarta.
- Prawirohatmodjo S, Marsoem SN, Sutjipto AH (eds). 2001. Environment conservation through efficiency utilization of forest biomass. Kerjasama Debut Press dengan Jurusan Teknologi Hasil Hutan, Fakultas Kehutanan, UGM dan JIFPRO (Japan International Forestry Promotion and Cooperation Center). Yogyakarta.
- Rahayu H. 2002. Pengaruh penambahan dosis bahan organik dan dolomit terhadap ketersediaan dan serapan P dengan indikator tanaman kacang tanah [*Arachis hypogaea* L (Merr)] pada tanah latosol. Sains Tanah 2 (1): 25-34.
- Rauf A. 1995. Kontribusi limbah ternak dalam agribisnis cabai di Sulawesi Selatan. J Ilmiah Penelitian Ternak Gowa. Edisi Khusus. Sub Balai Penelitian Ternak Gowa.
- Reeves DW. 1997. The role of soil organic matter in maintaining soil quality in continuous cropping systems. Soil Till Res 43: 131-167.
- Robinson T. 1980. The organic constituents of higher plants. 4th ed. Cordus Press. North Amherst, Mass.
- Rosmarkam A, Yuwono NW. 2002. Ilmu kesuburan tanah. Penerbit Kanisius. Yogyakarta.
- Sadewa. 2008. Kajian morfologis dan fisiologis pertumbuhan fase vegetatif tiga varietas cabai merah besar (*Capsicum annum* L) akibat pemberian jenis pupuk. Fakultas Pertanian, Universitas Jember. Jember.
- Salim AA. 2006. Pengaruh pengelolaan tanah dan takaran pupuk organik terhadap sifat kimia tanah, serapan N daun dan hasil tanaman teh pada andisols. J Penelitian Teh dan Kina 9 (1-2): 1-6.
- Salisbury F, Ross CW. 2001. Fisiologi tumbuhan. Jilid 1, 2 dan 3. ITB. Bandung
- Santi. 2002. Pengaruh pemberian magnesium dan ekstrak kotoran sapi terhadap pertumbuhan dan hasil tanaman cabai besar (*Capsicum annum* L.). Universitas Muhammadiyah Malang. Malang.
- Schaffer AA. 1996. Photoassimilate distribution in plant and crops. Marcel Dekker. New York.
- Scheuerell SJ. 2004. Compost tea production practices, microbial properties, and plant disease suppression. International Conference on Soil and Compost Ecology, September 15th - 17th 2004, León - Spain.
- Setiadi. 1993. Bertanam cabai. Penebar Swadaya. Jakarta.
- Simarmata T. 1999. Aplikasi pupuk organik cair super bionik untuk meningkatkan efisiensi pemupukan dan produksi lahan menuju pertanian berkelanjutan (*suistanaable agriculture*). Pelatihan Tenaga Lapangan. PT. Foreverindo Insan Abadi. Jakarta.
- Simarmata T. 2005. Aplikasi ekstrak organik untuk meningkatkan efisiensi pupuk kandang ayam pada inceptisols dengan indikator hasil tanaman tomat. Agrikultura 16 (2): 84-88.
- Stryer L, Berg JM, Tymoczko JL. 2002. Biochemistry. 5th ed. WH Freeman. San Francisco.
- Subagyo H. 1970. Dasar-dasar ilmu tanah. Soeroengan. Jakarta
- Sudarmadji, Slamet, Haryono B, Suhardi. 1996. Analisis bahan makanan dan pertanian. Liberty. Yogyakarta.
- Suntoro 2002. Pengaruh penambahan bahan organik, dolomit dan KCl terhadap kadar klorofil dan dampaknya pada hasil kacang tanah (*Arachis hypogaea* L.). BioSMART 4 (2): 36-40.
- Supriadi, Soeharsono. 2005. Kombinasi pupuk urea dengan pupuk organik pada tanah Inceptisol terhadap respon fisiologis rumput hermada (*Sorghum bicolor*). Prosiding Seminar Nasional Teknologi Peternakan dan Veteriner, Bogor, 12-13 September 2005.
- Sutejo MM. 2002. Pupuk dan cara pemupukan. Rineka Cipta. Jakarta.
- Taiz L, Zeiger E. 1991. Plant physiology. Benyamin/Cumming. Tokyo.
- Tandisau P, Sariubang M. 1995. Pupuk kandang dan hubungannya dengan kesuburan tanah dan produksi kapas. J Ilmiah Penelitian Ternak Gowa. Edisi Khusus. 1-6.
- Tisdale SL, Nelson WL, Beaton JD. 1985. Soil fertility and fertilizer. Macmillan. New York.