

KEHARAAN TANAMAN KACANG TANAH

Abdullah Taufiq dan Afandi Kristiono

Balai Penelitian Tanaman Aneka Kacang dan Umbi

PENDAHULUAN

Kacang tanah (*Arachis hypogaea* L.) berasal dari Brazilia (Amerika Selatan), dan saat ini telah menyebar ke seluruh dunia yang beriklim stropis dan subtropis. Kacang tanah masuk ke Indonesia pada abad ke-17, dibawa oleh pedagang-pedagang Spanyol, Cina, atau Portugis sewaktu melakukan pelayarannya dari Meksiko ke Maluku setelah tahun 1597. Kacang tanah juga masuk ke Indonesia dari Inggris dibawa oleh Holle pada tahun 1863.

Kacang tanah di Indonesia kini telah menjadi komoditas penting dan strategis, serta bernilai ekonomi tinggi. Pada daerah sentra produksi, seperti Kabupaten Tuban di Jawa Timur, kacang tanah merupakan penyumbang terbesar (65%) terhadap total pendapatan petani lahan kering (Sumarno dan Adi 1995). Sejak tahun 2008 hingga 2012, harga kacang tanah di Indonesia antara Rp 11.000 hingga Rp 17.000 per kg polong kering, dan cenderung meningkat sekitar 11% per tahun (BPS 2012).

Menurut Sutiyorini dan Waryanto (2012), luas kacang tanah dalam kurun 2005–2011 rata-rata 643.500 ha atau turun rata-rata 4,5%/tahun, dan produksi rata-rata 783.000 ton/tahun atau turun rata-rata 3%. Hasil sensus yang dilaporkan oleh Pusdatin (2012) menunjukkan bahwa kebutuhan kacang tanah untuk bahan makanan tahun 2011 mencapai 679.000 ton, lebih rendah dibandingkan tahun 2010 (766.000 ton), kebutuhan tersebut belum termasuk untuk bahan baku industri seperti keju, mentega, sabun, dan minyak goreng.

Sentra produksi kacang tanah berada di Jawa Timur (31%), Jawa Tengah (18%), Yogyakarta (11%) dan Jawa Barat (9%). Sentra kacang tanah di luar Jawa adalah Sulawesi Selatan, NTT, NTB, Kalimantan Selatan, Bali, dan Sumatera Utara dengan luas masing-masing 2–5% (BPS 2012). Sekitar 60% kacang tanah di Indonesia ditanam pada periode tanam September–Desember dan Januari–April dan 40% pada Mei–Agustus. Artinya sekitar 60% ditanam di lahan kering pada awal dan akhir musim hujan dan 40% di lahan sawah pada musim kemarau. Lahan kering di Indonesia tersebar pada daerah beriklim kering dan beriklim basah sehingga kesuburan kimianya sangat beragam.

Budidaya kacang tanah di Indonesia umumnya belum dilakukan secara optimal, utamanya yang berkaitan dengan pengelolaan kesuburan tanah. Hal ini menjadi salah satu penyebab tidak meningkatnya produktivitas. Potensi produktivitas varietas unggul di Indonesia sesungguhnya dapat mencapai 3–4 t/ha polong kering (Balitkabi 2012). Oleh karena itu pemahaman tentang aspek kesuburan tanah bagi kacang tanah menjadi hal yang penting.

UNSUR HARA MINERAL

Nutrisi tanaman adalah unsur kimia yang diperlukan untuk pertumbuhan tanaman. Unsur hara mineral adalah nutrisi tanaman yang diserap dari tanah. Unsur hara yang berada dalam larutan tanah dapat berasal dari berbagai sumber, yaitu: pelapukan mineral primer, penguraian bahan organik, pengendapan dari atmosfer, bahan pupuk, dan resapan dari tempat lain.

Dalam konsep keharaan tanaman, dikenal unsur hara esensial dan non-esensial. Menurut Barker dan Pilbeam (2007) unsur hara disebut esensial bila memenuhi setidaknya tiga kriteria:

1. Unsur hara dibutuhkan tanaman untuk menyelesaikan siklus hidupnya.
2. Mempunyai fungsi yang spesifik (*unique*) dalam metabolisme atau fisiologi tanaman, dan fungsi tersebut tidak dapat digantikan oleh unsur lain.
3. Mempunyai pengaruh langsung terhadap pertumbuhan atau metabolisme semua tanaman.

Dengan semakin berkembangnya ilmu pengetahuan dan teknologi, konsep keharaan berkembang pula. Saat ini dikenal konsep unsur bermanfaat (*beneficial element*). Unsur bermanfaat menurut Barker dan Pilbeam (2007) adalah unsur hara yang sudah diketahui pengaruh dan manfaatnya bagi tanaman tetapi belum memenuhi kriteria esensial, seperti Aluminium (Al), Selenium (Se), Silikon (Si), Sodium (Na), dan Vanadium (Vd).

Unsur hara yang sudah diketahui esensial ada 14 (Wiedenhoeft 2006), yaitu Nitrogen (N), Fosfor (P), Kalium (K), Sulfur (S), Kalsium (Ca), Magnesium (Mg), Klor (Cl), Besi (Fe), Mangan (Mn), Seng (Zn), Tembaga (Cu), Boron (B), Molibdenum (Mo), dan Cobalt (Co). Unsur Nikel (Ni) banyak diulas oleh Brown (2007) tentang esensialitasnya bagi tanaman dan oleh karena itu dimasukkan dalam kategori unsur esensial, sehingga unsur hara esensial menjadi 15 macam. Manfaat unsur Si bagi tanaman tertentu (seperti padi dan tebu) banyak diulas oleh Snyder *et al.* (2007), tetapi belum diketahui esensialitasnya bagi tanaman lain sehingga dikategorikan sebagai unsur bermanfaat (*beneficial element*).

Berdasarkan jumlah yang dibutuhkan oleh tanaman, unsur hara esensial dibagi menjadi dua kelompok berdasarkan jumlah relatif pada tanaman yang tumbuh normal, yaitu:

1. Unsur hara makro, yaitu yang diperlukan tanaman dalam jumlah banyak ($\geq 0,1\%$) terdiri dari N, P, K, S, Ca, dan Mg. Tucker (1999) mengelompokkan unsur hara makro menjadi dua, yaitu hara makro primer (N, P, K) dan hara makro sekunder (Ca, Mg, S).
2. Unsur hara mikro, yaitu yang diperlukan tanaman dalam jumlah sedikit ($\leq 0,01\%$ atau $100 \mu\text{g/g}$) seperti Cl, Fe, Mn, Zn, Cu, B dan Mo. Hara mikro sebagian besar berperan penting dalam proses fisiologis, fotosintesis, dan respirasi (Marschner 1995; Mengel *et al.* 2001).

Berdasarkan pergerakannya (mobilitasnya) dalam tanaman, unsur hara esensial dikelompokkan menjadi:

1. Unsur hara dapat berpindah dari suatu bagian tanaman ke bagian tanaman lainnya yang membutuhkan (*mobile*), contoh N, P, K, dan Mg. Gejala kekahatan unsur hara yang bersifat mobil nampak pertama kali pada daun yang lebih tua.
2. Unsur hara tidak dapat berpindah dari suatu bagian tanaman ke bagian tanaman lainnya yang membutuhkan (*immobile*), contoh Ca dan B. Gejala kekahatan unsur hara yang bersifat immobil nampak pertama kali pada daun muda.
3. Unsur hara yang tidak mudah berpindah dalam tanaman atau dapat berpindah pada kondisi tertentu (*intermediate mobile*), contoh S, Cl, Cu, Zn, Mn, Fe, dan Mo.

Unsur hara mineral selain mempunyai peran penting untuk proses fisiologis tanaman, juga berperan untuk ketahanan terhadap cekaman abiotik maupun biotik. Waraich *et al.* (2011) menunjukkan peran unsur N, P, K, Ca, Mg, Zn, B, dan Cu dalam mengurangi

pengaruh buruk akibat cekaman kekeringan. Coyne (2004) dalam percobaan jangka panjang menunjukkan bahwa pemupukan N, P, K, Ca, Mg, Zn menurunkan populasi nematoda parasit pada tanaman padi gogo. Ramage dan Williams (2002) mengulas peran penting unsur N, P, dan K dalam proses morfogenesis tanaman.

DISTRIBUSI, KONSENTRASI DAN SERAPAN HARA

Kacang tanah adalah tanaman yang kaya energi yang terdiri atas mineral, lemak, protein dan vitamin, dan oleh karena itu tanaman ini menyerap unsur hara dalam jumlah yang cukup besar. Jumlah unsur yang diserap beragam tergantung pertumbuhan dan tingkat hasil. Semakin baik pertumbuhan, dan semakin tinggi hasil maka unsur hara yang diserap semakin tinggi (Tabel 1). Tingkat pertumbuhan dan hasil tanaman mencerminkan tingkat kesuburan tanah. Jumlah unsur hara yang diserap tanaman kacang tanah pada beberapa tingkat hasil yang dicapai menggambarkan kebutuhan unsur hara yang dibutuhkan untuk tingkat produktivitas tertentu.

Tabel 1. Serapan unsur hara NPK dalam tajuk tanaman kacang tanah pada berbagai tingkat hasil.

Bobot kering tajuk (kg/ha)	Hasil polong kering (kg/ha)	Serapan hara dalam tajuk (kg/ha)		
		N	P	K
6.132	6.070	11,8	9,3	12,4
5.974	6.440	12,6	9,9	12,8
6.049	6.800	13,5	11,2	14,5
4.958	5.270	9,9	7,4	10,7

Sumber: Chang dan Sung (2004).

Kacang tanah membutuhkan unsur N, Ca, dan K lebih tinggi dibandingkan unsur P, Mg, dan S. Total serapan N, Ca, dan K pada kacang tanah pada tingkat hasil polong 3 t/ha mencapai 192 kg N/ha, 77 kg Ca/ha dan 66 kg K/ha (Tabel 2). Peneliti lain melaporkan bahwa untuk menghasilkan 1,5 t/ha hingga 2 t/ha, tanaman kacang tanah menyerap unsur N sebanyak 108 hingga 125 kg N/ha (ICAR 1987; Sutarto *et al.* 1988; Ismunadji 1989). Total serapan N pada kondisi pertumbuhan yang baik mencapai 108 kg N/ha (Hafner *et al.* 1992). Kandungan N dalam tajuk tanaman pada fase perkembangan polong dan pengisian biji (umur 60 hari) lebih tinggi dibandingkan Ca dan K (Tabel 3). Pada saat panen, Purwaningsih (2011) melaporkan bahwa kandungan N pada tajuk lebih tinggi (3,50–3,86%) dibandingkan P (0,60–0,77%).

Pola serapan hara tanaman kacang tanah dalam satu musim tanam mengikuti pola akumulasi bahan kering (Halevy dan Hartzook 1988). Laju produksi bahan kering sangat lambat hingga fase pembungaan, dan meningkat cepat pada fase reproduktif dan pemasakan polong. Sebanyak 10–19% unsur hara N, P, K, Ca, dan Mg diserap selama fase vegetatif, sedangkan sisanya diserap selama fase reproduktif dan pemasakan polong (Tabel 4). Pola serapan hara juga dipengaruhi oleh musim, dimana serapan pada musim hujan lebih tinggi dibandingkan pada musim kemarau. Kandungan unsur hara N, P, K, dan Ca dalam tajuk pada musim kemarau berturut-turut adalah 104,2 mg N, 6,93 mg P, 128,19 mg K dan 119,6 mg Ca per tanaman, sedangkan pada musim hujan adalah 174,07 mg N, 14,36 mg P, 203,11 mg K, dan 190,01 mg Ca per tanaman (Junjittakarna *et al.* 2013).

Tabel 2. Serapan hara pada tanaman kacang tanah.

Bagian tanaman	Bobot kering (t/ha)	Serapan hara (kg/ha)					
		N	P	K	Ca	Mg	S
Polong	3	120	11	18	13	9	7
Tajuk	5	72	11	48	64	16	8
Total		192	22	66	77	25	15

Sumber: Gascho (1992).

Tabel 3. Kandungan unsur hara dalam tajuk tanaman kacang tanah umur 60 hari pada lahan kering tanah Alfisol.

Tahun	Macam pupuk	Kandungan unsur hara						
		N (%)	P (%)	K (%)	Ca (%)	Mg (%)	S (%)	Fe (ppm)
2002	Urea	3,28	0,26	1,72	2,54	0,60	0,10	122
	ZA	3,31	0,33	2,08	2,69	0,62	0,32	151
2003	Urea	3,43	0,28	1,74	2,05	0,59	0,21	85
	ZA	3,53	0,33	1,92	2,42	0,41	0,34	58

Sumber: Ispandi dan Munip (2004).

Tabel 4. Partisi total penyerapan unsur hara pada tanaman kacang tanah berdasarkan fase pertumbuhan.

Fase Pertumbuhan	Partisi unsur hara (%)				
	N	P	K	Mg	Ca
Vegetatif	10	10	19	11	10
Reproduktif	42	39	28	48	53
Polong masak	48	51	53	41	37

Sumber: Loganathan dan Krishnamoorthy (1977).

Pada umumnya hara mineral diserap akar tanaman dari larutan tanah dalam bentuk kation bebas misalnya unsur Ca, Mg dan K masing-masing dalam bentuk Ca^{2+} , Mg^{2+} , dan K^+ , dalam bentuk oksidasi anion seperti unsur P, S dan N masing-masing dalam bentuk PO_4^{3-} , SO_4^{2-} , dan NO_3^- atau NH_4^+ (Maathuis 2009). Kacang tanah mampu menyerap hara melalui akar dan kulit polong. Sebanyak 62,5% dari total Ca pada biji diserap melalui kulit polong (Gascho 1996). Akan tetapi pada kacang bamba (*Vigna subterranea* L.) Straten (1995) melalui percobaan double pot technique menyimpulkan bahwa Ca tidak diserap melalui polong tetapi sepenuhnya diserap melalui akar, dan akumulasi Ca dalam polong lebih rendah dibandingkan pada daun. Pada percobaan di rumah kaca menggunakan N isotop, diketahui bahwa 60–65% dari N yang diberikan diserap melalui akar dan 35–40% diserap melalui kulit polong (Inanaga *et al.* 1990). Pada tingkat hasil 1,6–1,8 t polong/ha, kacang tanah menyerap 97,2–114,4 kg N/ha, 14,4–17,3 kg P/ha, 57,8–66,1 kg K/ha, 12,2–13,7 kg S/ha, 44,2–51,5 kg Ca/ha, dan 27,2–30,5 kg Mg/ha (Rao dan Shaktawat 2005). Dibandingkan komoditas tanaman pangan lainnya, kacang tanah menyerap unsur Ca paling tinggi (Tabel 5). Untuk menghasilkan satu ton biji tanaman kacang tanah menyerap 11–22 kg Ca (Meena *et al.* 2007).

Tabel 5. Tingkat kebutuhan unsur hara makro pada berbagai tanaman pangan.

Komoditas	Nama ilmiah	Tingkat kebutuhan hara					
		N	P	K	Ca	Mg	S
Ubikayu	Manihot esculenta	L	L	H	L	L	M
Jagung	Zea mays	H	M	M	M	M	M
Kacang tanah	Arachis hypogaea	M	L	L	H	L	M
Padi	Oryza sativa	L	L	L	L	VL	L
Kedelai	Glycine max	VH	M	M	M	L	M

Keterangan: L= rendah, VL= sangat rendah, M=sedang, H= tinggi, VH= sangat tinggi.
 Sumber: Benton (2003).

Uraian di atas mengindikasikan bahwa pasokan unsur N, Ca, dan K berperan penting bagi pertumbuhan kacang tanah, sehingga unsur Ca bagi kacang tanah kemungkinan tidak lagi menjadi unsur hara makro sekunder tetapi primer. Banyak yang beranggapan bahwa kacang tanah tidak perlu tambahan pupuk N karena dapat mengambil N dari hasil fiksasi. Anggapan tersebut tidak sepenuhnya benar karena kacang tanah banyak membutuhkan N pada awal pertumbuhannya ketika aktifitas bakteri Rizobium yang menfiksasi N belum bekerja/berfungsi secara aktif. Bintil akar yang aktif berukuran besar dan bagian dalamnya berwarna merah, sedangkan bintil akar yang tidak aktif berukuran kecil dan berwarna pucat.

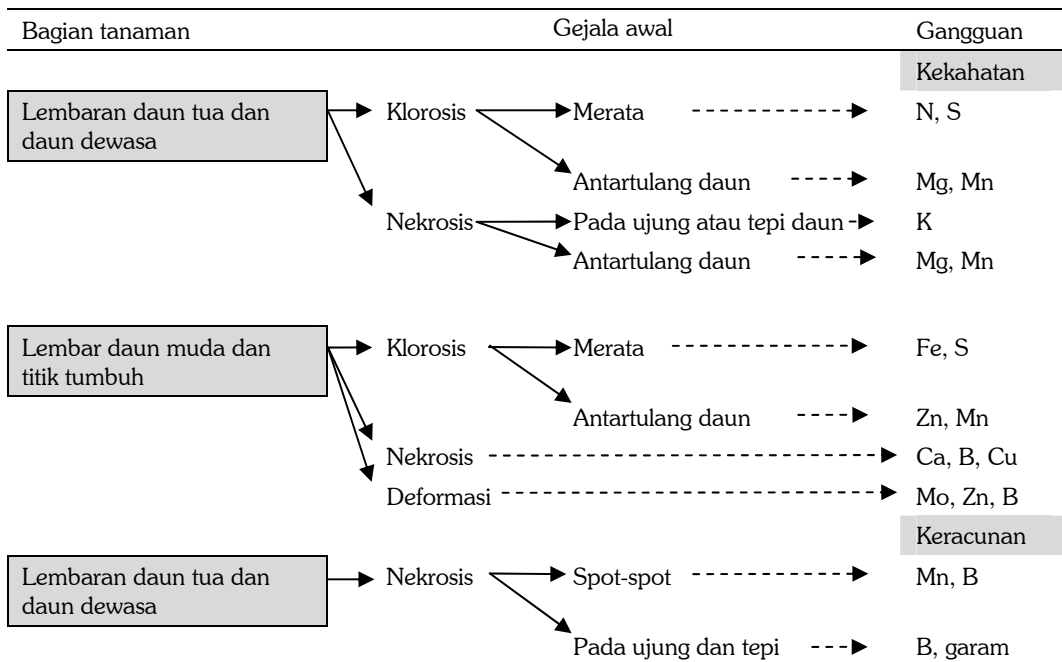
DIAGNOSIS MASALAH UNSUR HARA

Masalah unsur hara bagi tanaman pada intinya ada dua, yaitu kekahatan (*deficiency*) dan keracunan (*toxicity*). Kekahatan dan keracunan unsur hara dapat diidentifikasi secara langsung dengan mengenali gejala yang muncul pada tanaman, terutama daun. Istilah yang sering digunakan untuk identifikasi hara adalah klorosis dan nekrosis. Klorosis adalah daun atau bagian tanaman lain yang menguning. Nekrosis adalah jaringan yang mengering pada daun. Awal munculnya gejala tergantung pada mobilitas unsur hara dalam tanaman. Unsur hara yang mobil gejala awal biasanya tampak pada daun tua, sedangkan yang kurang/tidak mobil gejala awal biasanya muncul pada daun muda. Identifikasi masalah hara juga dapat dilakukan secara tidak langsung melalui analisis tanah dan tanaman.

Identifikasi Langsung

Identifikasi secara langsung dilakukan dengan mengenali gejala kekahatan pada tanaman. Cara ini lebih murah dan cepat, bermanfaat untuk mengidentifikasi unsur hara yang ketersediaannya kurang maupun berlebih sehingga pupuk yang akan diberikan sesuai dengan kebutuhan tanaman.

Mengenali gejala kekahatan dan keracunan unsur secara langsung memang agak sulit dan diperlukan pengetahuan serta pengalaman, tapi dengan latihan yang terus menerus akan menjadi terbiasa. Kekahatan unsur hara tidak selalu disebabkan oleh ketersediaannya yang rendah, tapi dapat disebabkan oleh faktor lain yang menyebabkan terganggunya penyerapan. Pada kondisi tergenang, penyerapan dan akumulasi unsur N, P, K, Ca, dan Mg pada kacang tanah menurun drastis (LIU Fei *et al.* 2007). Keracunan unsur hara selalu disebabkan oleh penyerapan yang berlebihan. Memahami fungsi fisiologis, karakteristik dan faktor yang berpengaruh terhadap unsur hara sangat penting dalam identifikasi gejala visual (Tabel 6). Gambar 1 adalah skema untuk membantu identifikasi kekahatan atau keracunan unsur hara.



Gambar 1. Skema cara mengenal kekahatan dan keracunan unsur hara (diadopsi dari Marschner 1986).

Tabel 6. Karakteristik dan fungsi fisiologis serta mobilitas unsur hara dalam tanaman.

No.	Unsur hara	Bentuk diserap	Kondisi penyebab kekurangan	Mobilitas dalam tanaman	Gejala kekurangan	Munculnya gejala awal pada daun
1	Nitrogen (N)	NO_3^- , NH_4^+	N tanah rendah, hilang akibat pencucian, menguap akibat kondisi kering dan cuaca panas, tanah bertekstur pasir, drainase buruk, tanah masam.	Sangat mobil (sebagai asam amino)	Daun bawah kuning (klorosis), pada kondisi parah semua daun klorosis. Tanaman kerdil. Batang berwarna kemerahan, perkembangan polong terhambat. Daun mengecil dan berdinding tebal sehingga daun menjadi kasar/keras dan berserat.	Daun tua
2	Fosfor (P)	H_2PO_4^-	P tanah rendah, kekurangan air, tanah masam, kandungan kapur tinggi	Mobil (sebagai inorganik dan organik)	Pembentukan bintil akar terhambat. Tanaman kerdil, ukuran daun kecil. Daun tua berwarna hijau gelap kemudian cepat klorosis dan gugur sebelum waktunya. Batang berubah warna menjadi ungu. Perkembangan akar, polong dan biji terhambat.	Daun tua
3	Kalium (K)	K^+	K tanah rendah, tanah masam, tanah bertekstur pasir.	Sangat mobil (sebagai K^+)	Klorosis antartulang daun tua atau tepi daun. Pada kondisi parah hanya tulang daun yang berwarna hijau, dan selanjutnya mengering dan gugur. Tepi daun tua klorosis, menggulung ke atas dan pada akhirnya mengering. Tanaman kerdil dan sedikit bercabang.	Daun tua
4	Sulfur (S)	$\text{SO}_4^{=}$	S tanah rendah, tanah bertekstur pasir, kandungan kapur tinggi, pH tanah tinggi (alkalis).	Medium (sebagai SO_4^-)	Pertumbuhan terhambat. Daun muda klorosis kemudian berlanjut ke daun yang lebih tua. Pada kondisi parah seluruh daun klorosis.	Daun tua
5	Kalsium (Ca)	Ca^{2+}	Ca tanah rendah, tanah bertekstur pasir, tanah Oxisol, Ultisol dengan pH masam, kejenuhan basa rendah dan Aluminium dapat ditukar (Al-dd) tinggi.	Immobil (sebagai Ca^{2+})	Bintik-bintik coklat atau hitam pada permukaan bawah daun. Bila parah terjadi nekrosis (mengering spot-spot) sehingga daun menjadi berwarna coklat. Kadang daun nampak keriting mirip gejala serangan virus. Ujung akar dan pucuk tanaman mati. Pembentukan polong dan biji terhambat.	Daun muda atau titik tumbuh
6	Besi (Fe)	Fe^{2+}	Kandungan Fe rendah, CaCO_3 dan ion HCO_3^- tinggi, kandungan P tinggi, aerasi jelek, penambahan pupuk kandang yang tinggi, bahan organik tanah rendah.	Immobil	Menguning antartulang daun pada daun muda. Kondisi parah tulang daun juga menguning dan daun berubah menjadi putih. Perakaran sedikit, pertumbuhan kerdil. Bintil akar sedikit.	Daun muda

Kahat Nitrogen (N)

Tanaman kacang tanah membutuhkan unsur nitrogen (N) lebih tinggi dibandingkan tanaman serealia, seperti padi dan jagung. Kandungan protein biji yang cukup tinggi (berkisar 30%) menyebabkan tingginya kebutuhan unsur N. Sebagian besar kebutuhan N (60–80%) dipenuhi dari fiksasi N bintil akar (Nambiar 1990). Respons positif tanaman kacang tanah terhadap pupuk N menunjukkan bahwa kebutuhan N tidak sepenuhnya dipenuhi dari fiksasi N_2 (Hadad *et al.* 1982). Fiksasi N dari udara merupakan hasil kerja sama saling menguntungkan antara tanaman kacang tanah dengan mikroba *Rhizobium* dalam bintil akar. Perkembangan bintil akar hingga mampu menfiksasi N membutuhkan waktu 25–30 hari. Oleh karena itu, N dari tanah diperlukan selama periode awal pertumbuhan tanaman.

Penyerapan N intensif pada periode antara pembungaan dan pembentukan polong. Selama fase reproduksi, terjadi mobilisasi N dari daun ke polong yang sedang berkembang dan hal ini terkadang menyebabkan munculnya gejala kekahatan N (Kvien *et al.* 1986). Kekahatan unsur N menyebabkan pembentukan klorofil terhambat sehingga daun klorosis (Gambar 2). Gejala kahat N yang paling mudah diamati adalah daun berwarna hijau pucat, ukuran daun lebih kecil, pada kondisi kekahatan yang sangat parah seluruh daun berwarna kuning pucat dan akhirnya gugur, serta pertumbuhan tanaman kerdil (Gambar 3).



Gambar 2. Gejala kahat N pada tanaman kacang tanah (foto: Taufiq, Balitkabi).



Gambar 3. Tanaman kacang tanah di lahan kering masam Lampung. Kahat N, daun menguning (kiri) dan yang normal (kanan) (foto: Taufiq, Balitkabi).

Kekahatan N umumnya terjadi pada tanah bertekstur pasir, tanah masam (pH rendah) dimana aktivitas mikroorganisme penambat (fiksasi) N (*Rhizobium*) terganggu sehingga bintil akar tidak berkembang (Gambar 4). Gejala kahat N juga sering terjadi pada lahan berdrainase buruk karena bakteri penambat N tidak berkembang, dan penyerapan N terhambat (Gambar 5).



Gambar 4. Tanaman kacang tanah menunjukkan kahat N (kiri) karena tidak membentuk bintil akar (foto Taufiq, Balitkabi).



Gambar 5. Tanaman kacang tanah menunjukkan kahat N akibat drainase buruk (foto Taufiq, Balitkabi).

Kahat Fosfor (P)

Kebutuhan unsur P pada tanaman kacang-kacangan yang membentuk bintil akar lebih besar dibandingkan yang tidak membentuk bintil akar. Kekurangan P akan menghambat fiksasi N dan interaksi simbiosis. Kandungan P per unit bobot kering pada bintil akar lebih tinggi dibandingkan pada akar dan tajuk, terutama bila ketersediaan P eksternal rendah (Adu-Gyamfi *et al.* 1989). Fosfor terlibat dalam berbagai proses kimia dan molekuler terutama dalam pembentukan dan pemanfaatan energi pada tanaman (Epstein dan Bloom 2005), mempercepat pembungaan dan pemasakan polong (Raja 2013).

Gejala kahat unsur P biasanya mulai muncul pada tanaman umur 30 hari. Tanaman yang kahat unsur P pertumbuhannya kerdil, ukuran daun kecil, batang atau daun berwarna keunguan karena akumulasi antosianin, seringkali batang lebih keras (Gambar 6 dan 7). Kahat P umumnya terjadi pada tanah masam atau tanah alkalis. Tanah masam umumnya mengandung besi (Fe) dan aluminum (Al) tinggi, sedangkan tanah alkalis mengandung Ca tinggi yang menyebabkan unsur P tidak tersedia akibat terfiksasi.



Gambar 6. Kahat P pada kacang tanah, batang mengeras, berwarna keunguan (foto: Taufiq, Balitkabi).



Gambar 7. Kacang tanah yang kahat P, kerdil, batang mengeras, berpolong tapi bijinya kecil (foto sebelah kanan) (foto: Taufiq, Balitkabi).

Kahat Kalium (K)

Kacang tanah memerlukan hara Kalium (K) tinggi. Akar tanaman kacang tanah sangat efisien dalam menyerap K (Singh dan Oswald 1995), sehingga kurang respons terhadap pemupukan K meskipun ketersediaannya dalam tanah sangat rendah (Weiss 1983). Kalium merupakan agen katalis dalam proses metabolisme tanaman, seperti: (1) aktivasi enzim, (2) mengurangi kehilangan air transpirasi melalui pengaturan stomata, (3) meningkatkan produksi adenosine triphosphate (ATP), (4) membantu translokasi asimilat, dan (5) meningkatkan serapan N dan sintesis protein (Havlin *et al.* 1999). Meskipun demikian, kandungan K yang tinggi pada daerah polong menyebabkan tingginya persentase polong hampa akibat terganggunya penyerapan Ca (Csinos dan Gaines 1986).

Gejala kahat unsur K mulai nampak pada daun tua, yaitu timbulnya klorosis (warna kuning) di antara tulang daun atau sepanjang tepi daun (Gambar 8). Pada kekahatan yang parah, klorosis meluas hingga mendekati pangkal daun dan hanya meninggalkan warna hijau pada tulang daun, dan selanjutnya daun mengering.

Kahat K umumnya terjadi pada tanah masam dengan kejenuhan basa rendah, tanah bertekstur pasir, tanah Vertisol saat kondisi kekurangan air. Tanah yang mengandung unsur S, Ca, dan P rendah menghambat penyerapan K sehingga tanaman menunjukkan kahat K.



Gambar 8. Gejala kahat K pada tanaman kacang tanah, tepi daun menguning dan kemudian mengering (sumber foto kiri: Courtesy H. Harris; foto kanan: Rao 2012).

Kahat Kalsium (Ca)

Kebutuhan unsur Ca tanaman kacang tanah cukup tinggi selama periode pengisian polong, dan unsur tersebut dapat diserap melalui polong. Kacang tanah yang kekurangan unsur Ca membentuk biji yang kecil, kandungan minyaknya rendah, dan bila terjadi kekurangan Ca dan K maka bobot biji yang dihasilkan rendah. Kalsium diperlukan oleh tanaman kacang tanah terutama pada saat ginofor mulai muncul, pembentukan biji, hingga pemasakan polong (Walker 1975). Review secara mendalam oleh Hepler (2005) menunjukkan bahwa Ca merupakan pengatur pertumbuhan dan perkembangan tanaman.

Kalsium diserap langsung melalui polong sejak awal pembentukan polong. Karakter morfologi yang mempengaruhi serapan Ca oleh polong adalah luas permukaan polong, volume polong, lama periode pemasakan polong, dan ketebalan kulit (Kvien *et al.* 1988). Kekahatan Ca menyebabkan plumula berwarna gelap dan gagal membentuk biji (Singh

dan Oswalt 1995; Ntare *et al.* 2008). Kandungan Ca pada biji yang rendah menyebabkan rendahnya kemampuan berkecambah (Tillman 2010).

Kahat unsur Ca ditandai dengan adanya bintik-bintik coklat atau hitam pada permukaan bawah daun, dan bila kekahatan berlanjut terjadi nekrosis (bagian daun yang mengering) pada permukaan bawah maupun atas daun (Gambar 9) sehingga daun menjadi berwarna coklat. Pada kondisi kekahatan yang parah menyebabkan ujung akar dan pucuk tanaman mati. Kekurangan Ca juga menyebabkan tanaman banyak membentuk ginofor tetapi bijinya tidak berkembang (Gambar 10 dan 11). Kahat Ca umum terjadi pada tanah bertekstur pasir, tanah masam, tanah dengan kejenuhan basa rendah dan Aluminium dapat ditukar (Al-dd) tinggi.



Gambar 9. Gejala kahat Ca pada daun kacang tanah, bintik-bintik hitam pada daun (foto: Taufiq, Balitkabi).



Gambar 10. Kahat Ca pada tanaman kacang tanah, ginofor banyak tapi tidak berkembang sempurna (foto: Courtesy H. Harris).



Gambar 11. Kahat Ca pada tanaman kacang tanah, biji tidak berkembang sempurna (foto: D. Jordan, NC State Univ).

Kahat Sulfur (S)

Sulfur (S) merupakan salah satu unsur esensial yang terlibat dalam proses sintesis protein, juga berperan dalam mengurangi serangan penyakit. Kebutuhan hara S pada tanaman penghasil minyak (*oilseed crop*) seperti kacang tanah, lebih tinggi daripada tanaman sereal. Jumlah S yang dibutuhkan untuk menghasilkan satu ton biji sekitar 4 kg S untuk sereal, 8 kg S untuk tanaman legum, dan 12 kg S untuk tanaman penghasil minyak (Kanwar dan Mudahar 1984; Jamal *et al.* 2010). Kacang tanah sangat respons terhadap pemupukan S (Taufiq dan Sudaryono 1998; Chaubey *et al.* 2000; Rao *et al.* 2013).

Pemupukan S menurunkan frekuensi tanaman klorosis 28–57% (Taufiq dan Sudaryono 1998; Taufiq *et al.* 2001).

Kahat S dicirikan oleh pertumbuhan tanaman kerdil dan klorosis pada daun (Gambar 12 dan 13). Pada kekahatan yang parah semua daun menguning yang dimulai dari daun bawah, seringkali daun muda menunjukkan klorosis yang lebih jelas. Gejala kahat S seringkali berasosiasi dengan kahat Fe (besi) karena kahat S dan Fe umumnya terjadi pada tanah berkapur, tanah Vertisol (Gambar 14), dan tanah-tanah yang mempunyai pH tinggi. Pada tanah yang mempunyai pH >7, SO_4 bereaksi dengan Ca membentuk CaSO_4 yang mengendap.



Gambar 12. Gejala kahat S pada kacang tanah (foto Taufiq, Balitkabi).



Gambar 13. Kahat S berasosiasi dengan kahat Fe pada kacang tanah di lahan kering Tuban dengan pH 8,4 (foto Taufiq, Balitkabi).



Gambar 14. Kahat S pada kacang tanah yang ditanam pada tanah Vertisol asal Ngawi dengan pH 7,5, daun muda menunjukkan klorosis yang lebih parah (foto Taufiq, Balitkabi).



Kahat Mangan (Mn)

Kahat Mn ditandai adanya klorosis di antara tulang daun. Klorosis dimulai pada daun muda (Gambar 15). Gejala kahat Mn mirip dengan kahat besi (Fe), hanya saja klorosis akibat kahat Fe warnanya lebih mencolok. Kahat Mn biasanya terjadi pada tanah dengan pH tinggi atau tanah yang banyak mengandung kapur.



Gambar 15. Gejala kahat Mn, klorosis antartulang daun
(foto: Courtesy H. Harris).

Kahat besi (Fe)

Kacang tanah yang ditanam pada tanah dengan pH tinggi sering menunjukkan klorosis akibat kekurangan Fe. Kacang tanah lebih sensitif terhadap kekahatan Fe dibandingkan kedelai dan jagung (Zaharieva 1986). Gejala klorosis pada tanah dengan pH tinggi atau mengandung kapur tinggi semakin banyak terjadi pada sentra produksi kacang tanah di Indonesia, pada umumnya mulai muncul pada umur 10–15 hari, dan kadang antara umur 30 hari hingga 60 hari. Fase awal pembentukan polong (umur 45–50 hari) merupakan fase kritis terhadap klorosis (Kasno *et al.* 1995). Klorosis yang terjadi hingga tanaman berumur 50–60 hari berkorelasi negatif dengan hasil polong (Taufiq dan Purnomo 1999, Zuo dan Zhang 2008). Pengujian di rumah kaca terhadap tanah Alfisol dari 16 lokasi di Jawa Timur dan 14 lokasi di Jawa Tengah menunjukkan bahwa intensitas klorosis yang cukup tinggi dan produktivitasnya rendah terjadi pada tanah dengan pH 7,8–8,3 dan DTPA-Fe 2,4–7,93 $\mu\text{g Fe/g}$ (Taufiq dan Sudaryono 1998).

Klorosis akibat kahat Fe terutama disebabkan inaktivasi Fe dalam tanaman sehingga menghambat translokasinya (Chen dan Barak 1982), atau tidak efisiennya penggunaan Fe dalam daun (Ohwaki dan Sugahara 1993). Inaktivasi Fe dalam tanaman dapat disebabkan oleh adanya ion bikarbonat (van Diest 1971), dan unsur P, Zn, Cu dan Mn yang berlebihan dalam tanaman (Zaharieva 1986; Gunton 1989; Ladouceur *et al.* 2008). Genotipe yang toleran mempunyai kemampuan mereduksi Fe lebih tinggi dengan cara akar melepaskan ion H lebih banyak, dan kemampuan ini berkorelasi dengan tingkat klorosis (Gao dan Shi 2007).

Kahat Fe ditandai adanya klorosis antartulang daun, dimulai pada daun muda (Gambar 16). Pada kondisi yang parah, klorosis terjadi hampir pada semua daun, dan bahkan daun berwarna putih (Gambar 17). Kahat Fe umumnya terjadi pada tanah berkapur, tanah dengan pH $>7,4$ (Gambar 18), dan tanah yang kondisi drainasenya sangat buruk.

Ketersediaan Fe dipengaruhi pH tanah, kandungan CaCO_3 , aerasi dan kandungan air tanah, bahan organik, dan kapasitas tukar kation tanah. Unsur hara Ca, Mg, Mn, Cu, dan Zn bersifat antagonis terhadap unsur Fe. Semakin tinggi kandungan CaCO_3 tanah, peluang terjadinya kekahatan Fe makin tinggi. Tanaman yang mengalami gejala klorosis produktivitasnya rendah, dan bahkan tidak menghasilkan. Gejala klorosis mulai muncul

pada umur 10–15 hari, dan bila klorosis berlanjut hingga tanaman berumur 60 hari maka akan terjadi penurunan hasil.



Gambar 16. Gejala kahat Fe pada kacang tanah pada lahan kering Alfisol Tuban, klorosis di antara tulang daun (kiri) dan tanaman yang sehat (kanan) (foto Taufiq, Balitkabi).



Gambar 17. Gejala kahat Fe yang parah, daun berwarna putih (foto Taufiq, Balitkabi).



Gambar 18. Pada pH 7,4 atau lebih, kacang tanah menunjukkan klorosis akibat kahat Fe (foto Taufiq, Balitkabi).

Kahat Seng (Zn)

Unsur Zn berperan sebagai aktivator beberapa enzim pada tanaman dan biosintesis senyawa pertumbuhan seperti auksin. Unsur Zn berperan pada enam kelas enzim yaitu oksidoreduktase, transferase, hidrolase, liase, isomerase dan ligase (Auld 2001), diperlukan dalam sintesis klorofil, fungsi polen, pembuahan, dan perkecambahan (Kaya dan Higgs 2002; Pandey *et al.* 2006; Cakmak 2008). Kekahatan Zn menurunkan hasil kacang tanah hingga 40% (Arunachalam *et al.* 2013).

Gejala kahat Zn seringkali berasosiasi dengan kahat Fe, dan gejalanya mirip gejala kahat Fe. Perbedaannya, klorosis akibat kahat Fe terjadi pada daun muda, sedangkan kahat Zn umumnya pada daun tengah ke bawah dan klorosis lebih nampak pada tepi daun (Gambar 19). Kahat Zn umumnya terjadi pada tanah dengan pH tinggi (alkalin), kandungan bahan organik rendah, kandungan P tinggi.



Gambar 19. Gejala kahat Zn pada kacang tanah (Foto JP. Lilly NC State Univ).

Keracunan Aluminium (Al)

Gejala keracunan Al pada daun adalah adanya bercak-bercak klorosis di antara tulang daun yang diawali pada daun muda, tetapi tulang daun tetap hijau. Pada gejala yang parah tanaman kerdil dan daun berbentuk seperti mangkuk, tepi daun mengering (Gambar 20). Keracunan Al dapat terjadi sejak tanaman muda. Keracunan Al sering terjadi pada tanah masam dengan kejenuhan Al tinggi dan kejenuhan basa rendah (Gambar 21).



Gambar 20. Tanaman yang keracunan Al, tepi daun klorosis dan kemudian mengering (foto: Trustinah, Balitkabi).



Gambar 21. Pertumbuhan kacang tanah sangat terhambat pada tanah masam Jasinga Jawa Barat dengan pH rendah dan Al tinggi (foto: Trustinah, Balitkabi).

Keracunan Mangan (Mn)

Gejala awal keracunan unsur Mn ditandai adanya warna putih pada tepi daun, kemudian berkembang menjadi berwarna coklat dan akhirnya nekrosis (gejala mengering) (Gambar 22). Gejala yang sering ditemui juga bintik-bintik nekrosis pada daun muda yang diikuti dengan keriting seperti terserang virus, pertumbuhan tunas terganggu sehingga pertumbuhan daun baru terhambat.



Gambar 22. Tanaman kacang tanah yang keracunan unsur Mn (foto: Taufiq, Balitkabi).

Keracunan Seng (Zn)

Kacang tanah sangat peka terhadap keracunan Zn. Keracunan Zn biasanya terjadi pada tanah masam. Keracunan Zn terjadi bila konsentrasi Zn dalam tajuk >240 mg/kg dengan nisbah Ca:Zn <35, dan keracunan Zn menyebabkan penurunan biomas batang lebih tinggi dibandingkan biomas daun (Davis dan Parker 1993). Gejala yang timbul adalah klorosis pada daun, diikuti dengan nekrosis pada tepi daun (Gambar 23), tanaman tumbuh kerdil, dan batang yang terbelah (Gambar 24).



Gambar 23. Gejala tanaman kacang tanah yang keracunan Zn (Foto JP. Lily NC State Univ).



Gambar 24. Gejala tanaman kacang tanah yang keracunan Zn, batang terbelah (Foto D. Jordan NC State Univ).

Identifikasi Tidak Langsung

Kekahatan unsur hara kadang tidak menampakkan gejala karena masih dapat ditolelir oleh tanaman, atau gejalanya kompleks karena unsur hara yang kahat lebih dari satu. Kekahatan unsur hara juga tidak selalu disebabkan oleh rendahnya ketersediaan unsur hara, tetapi oleh faktor lain yang menyebabkan unsur hara tidak dapat diserap oleh tanaman. Jika tanah kekurangan satu unsur atau jumlahnya tidak mencukupi maka pertumbuhan tanaman akan terhambat (Mengel *et al.* 2001). Oleh karena itu diperlukan identifikasi secara tidak langsung melalui analisis tanah dan/atau tanaman. Hasil analisis dapat digunakan untuk menilai status dan kebutuhan hara bagi tanaman (Uchida 2000). Hal yang mendasar dari analisis tanah dan tanaman adalah pengambilan contoh dan interpre-

tasi hasil analisis. Pengambilan contoh yang baik dapat dipelajari dari buku-buku yang berkaitan dengan teknik sampling tanah dan tanaman.

Interpretasi hasil analisis merupakan tahapan yang sangat penting. Pada tahapan ini, suatu hasil analisis akan dinilai apakah termasuk rendah, cukup, atau tinggi. Klasifikasi tersebut penting untuk pendugaan apakah pemupukan perlu dilakukan atau tidak. Suatu unsur hara berstatus rendah, maka tanaman berpeluang besar untuk respons terhadap pemupukan (Tabel 7). Batasan nilai rendah, cukup, atau tinggi dari suatu unsur hara beragam antarjenis tanah dan metode analisis, jenis dan umur tanaman, serta bagian tanaman yang dianalisis. Oleh karena itu diperlukan nilai acuan agar hasil analisis dapat diinterpretasikan dengan benar.

Tabel 7. Status unsur hara P dan K serta peluang tanaman respons terhadap pemupukan P dan K.

Hasil uji tanah unsur P dan K	Peluang respons (%)
Rendah	95–100
Sedang	65–95
Tinggi	30–65
Sangat tinggi	10–30

Sumber: PPI (1995).

Banyak negara, seperti Australia, Rusia, negara-negara bagian di Amerika Serikat, Canada, dan India telah mempunyai acuan standar untuk penilaian hasil analisis bagi komoditas utama yang dikembangkan, sebagai pedoman untuk pengelolaan pemupukan. Di Indonesia, baru komoditas padi lahan sawah yang sudah mempunyai acuan yang sudah diuji meskipun terbatas pada beberapa unsur makro (N, P, K). Penetapan nilai acuan untuk agroekologi dan komoditas yang beragam yang ada di Indonesia sudah seharusnya diupayakan.

Berdasar nilai batas kritis dan respons tanaman kacang tanah terhadap unsur hara dari berbagai pustaka (Tabel 8), terdapat keragaman nilai. Keragaman ini dapat disebabkan oleh perbedaan metode analisis dan jenis tanah. Klasifikasi yang umum digunakan adalah batas kritis. Batas kritis didefinisikan sebagai kandungan hara dimana tanaman mengalami penurunan hasil sebesar 10% dari hasil tertinggi yang dicapai, dan bila di atas nilai batas kritis berarti berpeluang tidak respons terhadap pemupukan. Batas kritis unsur hara dalam tanah pada hakekatnya menggambarkan kebutuhan tanaman akan unsur hara yang berada di daerah perakaran. Sebagai contoh, misalnya diperoleh batas kritis 2,5–3,5, maka bila hasil analisis $<2,5$ berarti “rendah” dan bila $>3,5$ berarti “tinggi”. Dari hasil pengujian lapang yang dilakukan di India untuk beberapa tanaman legum (termasuk kacang tanah) didapatkan nilai batas kritis kandungan unsur hara dalam tanah berdasarkan produktivitas tanaman riil (Tabel 9).

Tabel 8. Penilaian status unsur hara dalam tanah untuk kacang tanah dari berbagai sumber pustaka.

Unsur	Satuan	Metode	Nilai	Keterangan	Pustaka
N	%	Kjeldahl	0,06–0,1	Respons pupuk N	Rahmianna dan Adisarwanto (1991)
P	ppm P	Bray-I	≤2,5–3,5	Respons P	Chapman (1963)
		Mehlich 3	< 30	Batas kritis	Jones dan Piha (1989)
		Bray 1	3,97; 3,97–7,85; >7,85	Rendah; Sedang;	Wijanarko dan Taufiq (2008)
		Bray 1	2,49–3,49	Batas kritis	Fegeria (2009)
		Olsen	7,29–8,20	Batas kritis	Fegeria (2009)
		Bray 2	<8,73; 8,73–13,53;	Rendah; Sedang;	Wijanarko dan Taufiq (2008)
		Olsen	7,3–7,9	Batas kritis	Bell (1985)
K	me/100 g	1 N NH ₄ -asetat, pH	0,2–0,3	Batas kritis	Landon (1984)
Ca	mg/kg	Mehlich-1	150–250	Batas kritis	Howe <i>et al.</i> (2012)
	me/100 g	1 N NH ₄ -asetat, pH 7,0	3,2 1 (zona akar)	Cukup Batas kritis	Chapman (1963) Dayal <i>et al.</i> (1987)
Mg	me/100 g	1 N NH ₄ -asetat, pH 7,0	0,5–1,0	Cukup	Chapman (1963)
			<0,6	Respons Mg	Taufiq dan Sudaryono (1998)
S	ppm SO ₄	1N NH ₄ -asetat pH 4,8	<10–14	Kahat	Wainwright (1984)
			8–30	Batas kritis	Tandon (1989)
			10 (pH<7); 20 (pH>7)	Respons S	Taufiq dan Sudaryono (1998)
Mn	mg/kg	DTPA	2,0	Batas kritis	Katyal dan Ratan (2003); Katyal <i>et al.</i> (2004); Tandon
Fe	mg/kg	DTPA	2,5–4,5	Batas kritis	Koshino (1994)
			4	Batas kritis	Osotsapar (2001)
B	mg/kg	DTPA	<0,14	Batas kritis	Osotsapar (2001)
			0,5	Batas kritis	Katyal dan Ratan (2003); Katyal <i>et al.</i> (2004)
		Air panas	0,5–0,6	Cukup	Tariq dan Mott (2007)
Cu	mg/kg	DTPA	0,2	Batas kritis	Katyal dan Ratan (2003); Katyal <i>et al.</i> (2004)
Zn	mg/kg	DTPA	0,5–0,6	Batas kritis	Katyal <i>et al.</i> (2004)
		Mehlich 1	15–20	Cukup	Davis <i>et al.</i> (1995)
Mo	mg/kg	DTPA	0,2	Batas kritis	Katyal dan Ratan (2003); Katyal <i>et al.</i> (2004)

Tabel 9. Batas kritis unsur hara dalam tanah untuk tanaman legum di India, termasuk tanaman kacang tanah.

Unsur hara	Metode ekstraksi	Nilai kritis unsur (mg/kg)
P	Olsen	5
K	Amonium asetat	50 ¹⁾
S	CaCl ₂	8–10
B	Air panas	0,58
Zn	DTPA	0,75

Sumber: Sahrawat dan Wani (2013); ¹⁾50 mg/kg sekitar 0,13 me/100 g (perhitungan penulis).

Analisis tanaman juga penting dilakukan untuk mengetahui status unsur hara yang diserap tanaman. Kandungan unsur hara dalam tanaman menggambarkan jumlah unsur yang dapat diakumulasi tanaman dalam periode tertentu. Kandungan unsur hara dalam suatu tanaman pada lingkungan yang sama beragam antarbagian tanaman, umur bagian tanaman, umur tanam, dan mungkin antarvarietas. Semakin tua umur bagian tanaman atau umur tanaman, maka unsur hara yang diakumulasi akan lebih banyak dibandingkan dengan bagian tanaman atau umur tanaman yang lebih muda (Tabel 10). Seperti halnya pada analisis tanah, interpretasi hasil analisis merupakan hal penting yang harus dilakukan. Untuk melakukan penilaian diperlukan nilai acuan agar dapat mengklafisikasikan data hasil analisis. Oleh karena itu, metode analisis, sampel yang dianalisis, dan fase pertumbuhan tanaman harus disesuaikan dengan acuan yang akan digunakan.

Status unsur hara dalam tajuk tanaman pada berbagai fase pertumbuhan disajikan dalam Tabel 11. Sedangkan status unsur hara kacang tanah dalam daun muda yang terbuka sempurna (*youngest fully expanded leaves*) disajikan dalam Tabel 12.

Tabel 10. Tingkat kecukupan unsur hara pada daun tanaman kacang tanah pada berbagai fase pertumbuhan.

Bagian tanaman	Fase tanaman	Unsur makro (% berat kering)						
		N	P	K	Mg	Ca	S	
Daun ke-7	Umur 40 HST	3,3–3,9	0,15–0,25	1,0–1,5	0,30	2,0	0,19–0,25	
Daun bagian atas yang sudah tua (<i>upper mature leaves</i>)	Berbunga	3,0–4,5	0,20–0,50	1,7–3,0	0,30–0,80	1,25–2,0	0,20–0,35	
		Unsur mikro (mg/kg berat kering)						
		Mn	Fe	B	Cu	Zn	Al	Mo
Daun atas atas yang sudah tua (<i>upper mature leaves</i>)	Berbunga	20–350	50–300	20–60	5–20	20–60	<200	0,1–5,0

Sumber: Gillier dan Silvestre (1969); Plank (1989).

Tabel 11. Penilaian kandungan unsur hara dalam tajuk tanaman (*shoot*) kacang tanah.

Unsur hara	Semua fase pertumbuhan	Awal fase pembentukan polong			Menjelang berbunga		
	Cukup	Rendah	Cukup	Tinggi	Rendah	Cukup	Tinggi
N (%)	3,5–4,5	<3,5	3,5–4,5	>4,5	<3,5	3,5–4,5	>4,5
P (%)	0,2–0,5	<0,2	0,2–0,35	>0,35	0,18–0,24	0,25–0,5	>0,5
K (%)	1,7–3,0	<1,7	1,7–3,0	>3,0	0,5–1,6	1,7–3,0	>3,0
Ca (%)	0,5–2,0	<1,25	1,25–1,75	>1,75	<1,25	1,25–2,0	>2,0
Mg (%)	0,3–0,8	<0,3	0,3–0,8	>0,8	<0,30	0,3–0,8	>0,8
S (%)	0,2–0,35	<0,2	0,2–0,3	>0,3	<0,2	0,2–0,35	>0,35
B (ppm)	20–60	<20	20–50	>50	20–24	25–60	>60
Cu (ppm)	5–20	<10	10–50	>50	<5	5–20	>20
Fe (ppm)	50–250	<100	100–250	>250	50–59	60–300	>300
Mn (ppm)	20–350	<100	100–350	>350	50–59	60–350	>350
Mo (ppm)	0,1–0,5	<0,1	0,1–5,0	>5,0	<0,1	0,1–0,5	>0,5
Zn (ppm)	20–60	<20	20–50	>50	20–24	25–60	>60

Diadopsi dari berbagai sumber: Mengel dan Kirkby (1978), Marschner (1986), Jones *et al.* (1991), Kasap *et al.* (1998), Campbell dan Plank (2000), Taiz dan Zeiger (2002), Jones (2003), Hazelton dan Murphy (2007), Fegeria (2009).

Tabel 12. Status hara tanaman kacang tanah pada daun muda yang terbuka sempurna (*youngest fully expanded leaves*).

Hara	Tingkat kecukupan hara				
	Sangat kahat	Kahat	Sedang	Cukup	Tinggi
N (%)	<3,2	3,2–3,7	3,8–4,1	4,2–4,5	>4,5
P (%)	<0,19	0,19–0,23	0,24–0,26	0,27–0,40	>0,40
K (%)	<0,7	0,7–1,3	1,4–1,7	2,18–2,5	>2,6
S (%)	<0,15	0,16–0,20	0,21–0,25	0,26–0,3	>0,3
Mg (%)	<0,2	0,2–0,25	0,25–0,3	0,3–0,8	–
Ca (%)	–	<1,0	1,0–1,2	1,4–2,0	–
B (mg/kg)	<13	13–23	24–30	30–50	>50
Mo (mg/kg)	<0,02	0,02–0,05	0,05–0,13	0,13–1,0	>1,0
Cu (mg/kg)	<1,3	1,3–1,7	1,8–2,1	2,2–5,0	>5,0
Mn (mg/kg)	–	<10	–	50–350	600–800
Zn (mg/kg)	<12	15–18	18–20	20–50	>200
Fe (mg/kg)	<25	25–35	35–50	50–300	–

Sumber: Bell *et al.* (1990); Reuter dan Robinson (1986).

Zharare *et al.* (2009) menguji beberapa tipe kacang tanah pada media larutan dan mendapatkan bahwa kandungan unsur Ca pada daun muda yang terbuka sempurna untuk pertumbuhan maksimum adalah <5,7–17,7 g/kg, dan kebutuhan Ca pada tipe Virginia lebih tinggi dibandingkan tipe Spanish dan Valencia. Keracunan Zn terjadi bila konsentrasi Zn dalam tajuk >240 mg/kg dengan nisbah Ca:Zn <35 (Davis dan Parker

1993). Nilai kritis P dan K dalam tajuk tanaman kacang tanah berturut-turut adalah 0,26% dan 1,6% (Cox dan Barnes 2002). Nilai kritis P dalam daun muda yang terbuka sempurna adalah 0,3% selama fase vegetatif, 0,27% dan 0,12% berturut-turut pada umur 60 dan 100 hari (Bell 1985).

Hal-hal yang perlu diperhatikan adalah:

1. Metode analisis dan satuan yang digunakan harus sama dengan yang digunakan dalam nilai acuan. Misalnya, hasil analisis fosfor (P) kadang dinyatakan dalam ppm P, ppm P_2O_5 . Bila satuan tidak sama, maka harus dilakukan konversi satuan (Tabel 13 dan 14). Saat ini mulai dibakukan penggunaan Satuan Internasional (SI). Tentang pembakuan satuan ini antara lain dibahas oleh Reganold dan Harsh (1985).
2. Dalam hubungannya dengan respons tanaman, nilai absolut dari hasil analisis tidaklah terlalu penting tetapi pengklasifikasian dari hasil analisis tersebut yang lebih penting, seperti yang dijelaskan pada Tabel 8.

Tabel 13. Contoh konversi satuan konsentrasi.

Bentuk unsur	Non-SI (A)	Untuk konversi dari kolom (A) ke (B) dikalikan dengan	SI (B)	Cara penulisan yang dibakukan
P	ppm P	1	mg/kg P	mg kg ⁻¹ P
S	ppm SO ₄	1	mg/kg SO ₄	mg kg ⁻¹ SO ₄
K	me/100 g K	1	Cmol (K ⁺)/kg	Cmol (K ⁺) kg ⁻¹
Ca	me/100 g Ca	0,5	Cmol (Ca ²⁺)/kg	Cmol (Ca ²⁺) kg ⁻¹
Mg	me/100 g Mg	0,5	Cmol (Mg ²⁺)/kg	Cmol (Mg ²⁺) kg ⁻¹
N	%	10	g/kg	g kg ⁻¹

Tabel 14. Contoh konversi unsur ke bentuk oksida.

Bentuk unsur (A)	Untuk konversi dari kolom (A) ke (B) dikalikan dengan	Bentuk oksida (B)	Untuk konversi dari kolom (B) ke (A) dikalikan dengan
P	2,29	P ₂ O ₅	0,437
S	2,99	SO ₄	0,334
K	1,20	K ₂ O	0,830
Ca	1,39	CaO	0,715
Mg	1,66	MgO	0,602

PENUTUP

Kacang tanah di Indonesia menjadi komoditas penting karena tidak hanya sebagai bahan pangan, tetapi menjadi bahan baku industri. Produksi dan kebutuhan untuk konsumsi kacang tanah dalam lima tahun terakhir cenderung turun, meskipun demikian angka impor selalu menunjukkan peningkatan karena meningkatnya kebutuhan untuk bahan baku industri. Kacang tanah adaptif pada berbagai tingkat kesuburan sehingga kurang respons terhadap pemupukan, kecuali pada kondisi yang ekstrim seperti pada tanah masam, tanah alkalis, dan tanah yang didominasi tekstur pasir. Sifat tanaman yang demi-

kian menyebabkan minimnya input pupuk dalam budidaya kacang tanah, sehingga pengelolaan pupuk dianggap tidak penting.

Dalam 15 tahun terakhir, penelitian kacang tanah di Indonesia kurang mendapat perhatian, terutama penelitian yang berkaitan dengan masalah pengelolaan hara, akibat sumberdaya yang tercurah untuk pencapaian swasembada pangan strategis. Oleh karena itu sebagian besar sumber pustaka dalam tulisan ini banyak berasal dari hasil penelitian dari luar negeri dengan kondisi agroekologi yang sangat mungkin berbeda dengan di Indonesia.

Pada daerah sentra produksi kacang tanah di Indonesia, gejala kekurangan unsur hara tertentu sangat sering terjadi dan menjadi salah satu penyebab menurunnya produktivitas. Oleh karena itu, pengetahuan yang berkaitan dengan masalah unsur hara pada tanaman kacang tanah perlu diketahui agar masalah yang muncul di lapang dapat secara tepat diidentifikasi dan diketahui cara mengatasinya. Semoga hal-hal yang dipaparkan dalam tulisan ini memberi manfaat bagi banyak pihak.

DAFTAR PUSTAKA

- Adu-Gyamfi J.J., K. Fujika, and S. Ogata. 1989. Phosphorus absorption and utilization efficiency of pigeonpea (*Cajanus cajan* L. Mill sp.) in relation to dry matter production, and dinitrogen fixation. *Plant Soil*. 119:315–324.
- Arunachalam P., P. Kannan, G. Prabukumar, and M. Govindaraj. 2013. Zinc deficiency in Indian soils with special focus to enrich zinc in peanut. *African J. Agric. Res.* 8(50):6681–6688.
- Auld, D.S. 2001. Zinc coordination sphere in biochemical zinc sites. *Biometals*. 14:271–313.
- Balai Penelitian Tanaman Kacang-kacangan dan Umbi-umbian. 2012. Deskripsi Varietas Unggul Kacang-kacangan dan Umbi-umbian, cetakan ke-7. Balai Penelitian Tanaman Kacang-kacangan dan Umbi-umbian, Malang. 180 hlm.
- Barker, V.A and D.J. Pilbeam. 2007. *Handbook of Plant Nutrition*. CRC Press, NY. 662 pages.
- Bell, M.J. 1985. Phosphorus nutrition of peanut (*Arachis hypogaea* L.) on Cockatoo Sands of the Ord River Irrigation Area. *Aus. J. of Exp. Agric.* 25(3):649–653.
- Bell, M.J., G.C. Weight and G.L. Hammer. 1992. Night temperature effect on radiations use efficiency in peanut. *Crop Sci.* 32:1329–1335.
- Bell, R.W., K.G Plackett, and J.F Loneragan. 1990. Diagnosis of zinc deficiency in peanut (*Arachis hypogaea* L.) by plant analysis. *Comm. Soil Sci. Plant Anal.* 21:273–285.
- Benton, J.J. 2003. *Agronomic Handbook: Management of Crops, Soils, and Their Fertility*. CRC Press, NY. 482 pages.
- Badan Pusat Statistik. 2012. *Statistik Indonesia*. www.bps.go.id
- Brown, P.H., Nickel. P. 2007. 395–409. In V.A. Baker and D.J. Pilbeam (eds). *Handbook of Plant Nutrition*. CRC Press, NY. 662 p.
- Cakmak I. 2008. Enrichment of cereal grains with zinc: Agronomic or genetic biofortification? *Plant and Soil*. 302:1–17.
- Campbell, C.R and C. O. Plank. 2000. Peanut. P. 23–24. In C. R. Campbell (ed). *Reference Sufficiency Ranges For Plant Analysis In The Southern Region Of The United States*. Southern Cooperative Series Bull. no. 394. 122 p.
- Chang, C.S and J.M. Sung. 2004. Nutrient uptake and yield responses of peanuts and rice to lime and fused magnesium phosphate in an acid soil. *Field Crops Res.* 89:319–325.
- Chapman, H.D. (Ed). 1963. *Diagnostic criteria for plants and soil*. Citrus Res. Centre and Agric. Exp. Stat Dept. of Soil and Plant Nutr. Univ. of California, California. 787 p.

- Chaubey A.K., S.B. Singh and M.K. Kaushik. 2000. Response of groundnut (*Arachis hypogaea*) to sources and level of sulphur fertilizer in mid-western plains of Uttar Pradesh. *Indian J. of Agron.* 45:166–169.
- Chen, Y. dan Barack P. 1982. Iron nutrition of plants in calcareous soils. *Adv. Agron.* 35:217–240.
- Cox, F.R and J. S. Barnes. 2002. Peanut, corn, and cotton critical levels for phosphorus and potassium on goldsboro soil. *Soil Sci. and Plant Anal.* 33(7 and 8):1173–1186.
- Csinos, A.S. and Gaines, T.P. 1986. Peanut pod rot complex: A geocarposphere nutrient imbalance. *Plant Disease* 68:61–65.
- Davis, J.G. and M. B. Parker. 1993. Zinc toxicity symptom development and partitioning of biomass and zinc in peanut plants. *J. of Plant Nutr.* 16(12):2353–2369.
- Davis, J.G., G. Weeks, C. K. Kvien, and W. D. Branch. 1995. Varietal tolerance of zinc toxicity in peanuts. *J. of Plant Nutr.* 18(10):2157–2178.
- Dayal, Devi, Basu M.S. and Reddy, P.S. 1987. Fertilizer use in groundnut. Pages 1–7 in *Technologies for better crops*. Tech. Bull. no. 30. New Delhi: Indian Council of Agric. Res..
- Epstein E. and A.J. Bloom. 2005. *Mineral nutrition of plants: Principles and perspectives*, 2nd ed. Sunderland, Massachusetts: Sinauer Associates.
- Fegeria, N.K. 2009. *The Use of Nutrients in Crops Plants*. CRC Press, Brazil. 430 Pages.
- Gao, L and Y. Shi. 2007. Genetic Differences in Resistance to Iron Deficiency Chlorosis in Peanut. *J. of Plant Nutr.* 30(1):37–52.
- Gascho G.J., 1992. Groundnut (Peanut). in D.J. Halliday, M.E. Trenkel W. Wichmann (eds). *IFA World Fertilizer Use Manual*. International Industry Association, Paris.
- Gascho, G.J. 1996. Aglime: A low-cost alternative source of calcium for peanuts. *Better Crops* 80(1):10–27.
- Gillier, P. and P. Silvestre, 1969. Fertilization. In *L'Arachide*. G.P. Masonneuve et Larose, Paris.
- Gunton, J.L. 1989. Micronutrient limitation to nodulation and growth of tropical grain legume crops. Dept. of Primary Industries, Queensland Gov., Brisbane. 31 p.
- Hadad, M.A., Loynachan, T.E., and Musa, M.M. 1982. Inoculation trials on groundnut (*Arachis hypogaea*) in Sudan. Pages 249–256. In Graham, P.H., and Harris, S.C. (eds). *Biological Nitrogen Fixation Technology for Tropical Agriculture*. Papers presented at a Workshop, 9–13 Mar 1981, Cali, Colombia Cali, Colombia: Centro Internacional de Agricultura Tropical.
- Hafner, H., B.J. Ndunguru, A. Bationo and H. Marschner. 1992. Effect of nitrogen, phosphorus and molybdenum application on growth and symbiotic N₂-fixation of groundnut in an acid sandy soil in Niger. *Fert. Res.* 31:69–77.
- Halevy J. and A. Hartzook. 1988. Dry Matter Accumulation and Nutrient Uptake of High-Yielding Peanut (*Arachis Hypogaea* L.) Grown in a Sandy Soil. *Peanut Science*. Abstract. 15(1):5–8
- Havlin J.L., J.D. Beaton, S.L. Tisdale, and W.L. Nelson. 1999. *Soil Fertility and Fertilizers*. 6th Edition. Prentice Hall. Upper Saddle River, NJ. 499 p.
- Hazelton, P. and B. Murphy. 2007. *Interpreting Soil Test Results: What do all the numbers mean?* CSIRO Publ., Australia. 160 p.
- Hepler, P.K. 2005. Calcium: A central regulator of plant growth and development. *Plant Cell* 17:2142–2155.
- Howe, J.A., R.J. Florence, G. Harris, E. van Santen, J.P. Beasley, J.P. Bostick, and K.B. Balkcom. 2012. Effect of cultivar, irrigation, and soil calcium on runner peanut response to gypsum. *Agron. J.* 104(Issue 5):1312–1320.
- ICAR. 1987. *Fertilizer Use in Groundnut*. Pub. and Information Dev. ICAR, New Delhi-India.
- Inanaga, S., M. Utunomiya, T. Horiguchi, and T. Nishihara. 1990. Behaviour of fertilizer-N absorbed through root and fruit in peanut. *Plant and Soil* 22(1):85–89.

- Ismunadji, M. 1989. Kalium: Kebutuhan dan penggunaannya dalam pertanian (terjemahan). PPI, Canada.
- Ispandi, A dan A. Munip. 2004. Efektivitas pupuk P, K dan frekuensi pemberian pupuk K dalam meningkatkan serapan hara dan produksi kacang tanah di lahan kering Alfisol. *J. Ilmu Pertanian* 11(2):11–24.
- Jamal A., Y.S. Moon, M.Z. Abdin. 2010. Sulphur - a general overview and interaction with nitrogen. *Aust. J. of Crop Sci.* 4(7):523–529.
- Jones U.S. and Piha M.I. 1989. Evaluation of four soil test extractants for Zimbabwe soils. *Commun. Soil Sci. Plant Anal.* 20:1857–1871.
- Jones, J.B. 2003. *Agaronomic Handbook: Management of crops, soils, and their fertility*. CRC Press, Boca Raton, London, New York, Washington, D.C. 450 p.
- Jones, J.B., B. wolf, and H.A. Mills, 1991. *Plant Analysis Handbook: A Practical sampling, preparation, analysis, and interpretation guide*. Micro-Macro Pub., Inc., USA. 213 pages.
- Junjittakarna, J., S. Pimratchb, S. Jogloya, W. Htoona, N. Singkhama, N. Vorasoot, B. Toomsana, C.C. Holbrook, and A. Patanothai. 2013. Nutrient uptake of peanut genotypes under different water regimes. *Inter. J. of Plant Prod.* 7(4):677–692.
- Kanwar J.S. and M.S. Mudahar 1984. *Fertilizer Sulphur and Food Production*. Martinus/Dr. W. Junk. Publisher. Bordrecht/Bostin/Lancster.
- Kasap Y., Gür M. A. and Demirkiran, A. R., 1998. The effect for phosphorus fertilization on some nutrient uptake of groundnut (*Arachis hypogaea* L.) plants. *J. Agric. Harran Univ.* 2(1):45–54.
- Kasno, A., N. Nugrahaeni dan Trustinah, 1995. Screening for chlorotic symptoms tolerance of groundnut genotypes on calcareous soil. Pages. 77–80. *In On-farm Research for Groundnut and Peginonpea Production Techniques in Indonesia*. MARIF/BORIF/CRIFC. 128 p.
- Katyal, J.C and R.K. Rattan. 2003. Secondary and micronutrients: Research gaps and future needs. *Fert. News* 48 (4):9–14 and 17–20.
- Katyal, J.C., R.K. Rattan, and S.P. Datta. 2004. Management of Zinc and Boron for sustainable food production in India. *Fertility News.* 49 (12) ; 83–90
- Kaya C., and D. Higgs, 2002. Response of tomato (*Lycopersicon esculentum* L) culture at low zinc. *Sci. Hort.* 93:53–64.
- Koshino, M. 1994. Recent development in leaf diagnosis and soil testing as a guide to crop fertilization. *Extension Bull. No. 397. FFTC.* 20 p.
- Kvien, C.S., Weaver, R.W. and Pallas, J.E. 1986. Mobilization of nitrogen-15 from vegetative to reproductive tissue of peanut. *Agron. J.* 78:954–958
- Kvien, C.X., W.D. Branch, M.E. Summer and A.S. Csinos. 1988. Pod Characteristics Influencing Calcium Concentrations in the Seed and Hull of Peanut. *Crop. Sci.* 28:666–671.
- Ladouceur, A., F. Akiha, and S. Kawai. 2008. Effect of supplied phytosiderophore on Fe absorption and translocation in Fe-deficient barley grown hydroponically in low phosphorus media. *Soil Sci. and Plant Nut.* 54:560–565.
- Landon, J.R. 1984. *Booker Tropical Soil Manual: A handbook for soil survey and agricultural land evaluation in the tropics and subtropics*. Longman Inc., New York. 450 p.
- LIU Fei, LI Lin, LIU Deng-wang, Z. Dong-sheng, X. Lang-tao, W. Ruo-zhong, Z. Xu-dong, Z. Wei, and Q. Guo-dong. 2007. Effect of waterlogging on growth and agronomic trait of different peanut varieties. *J. of Peanut Sci.* 04:407–415.
- Loganathan S., and K.K. Krishnamoorthy. 1977. Total Uptake of Nutrients at Different Stages of the Growth of Groundnut and The Ratios in Which Various Nutrient Elements Exist in Groundnut Plant. *Plant and Soil* 46:565–570.
- Maathuis F.J.M., 2009. Physiological functions of mineral macronutrients. *Current Opinion in Plant Biol.* 12:250–258.

- Marschner, H. 1986. Mineral Nutrition in Higher Plants. Acad. Press Inc, London Ltd. 674 p.
- Marschner, H. 1995. Mineral Nutrition of Higher Plants, 2nd ed. Acad. Press, London, UK.
- Meena S., M. Malarkodi and P. Senthilvalavan. 2007. Secondary and Micronutrients for Groundnut – A Review. *Agric. Rev.*28(4):295–300.
- Mengel, K and E.A. Kirkby. 1978. Principles of Plant Nutrition. International Potash Institute, Switzerland. 593 p.
- Mengel, K., Kirkby, E.A., Kosegarten, H., Appel, T. 2001. Principles of Plant Nutrition. Kluwer Academic Pub., Dordrecht, The Netherlands.
- Nambiar P.T.C. 1990. Nitrogen nutrition of groundnut in Alfisols. *Information Bull.* no. 30. Inter. Crops Res. Inst. for the Semi-Arid Tropics. Patancheru, A.P. 502 324, India.
- Ntare B.R., A.T. Diallo, A.T. Ndjeunga and F. Waliyar. 2008. Groundnut Seed Production Manual. Program Inter. Crops Inst. for the Semi-Arid Tropics, Patancheru, Andra Pradesh. India.
- Ohwaki, Y., dan K. Sugahara. 1993, Genotypical differences in responses to iron deficiency between sensitive and resistant cultivars of chickpea (*Cicer arietinum*). P. 701–704. In N.J. Barrow (ed.). *Plant Nutrition – from Genetic Engineering to Field Practice*. Kluwer Academic Pub., The Netherlands.
- Osotsapar Y., 2001. Micronutrients in Crop Production in Thailand. Department of Soil Faculty of Agriculture. Kasetsart University. Thailand.
- Pandey N., G.C. Pathak and C.P. Sharma. 2006. Zinc is critically required for pollen function and fertilization in lentil. *J. of Trace Elements in Med. and Biol.* 20:89–96.
- Plank, C.O. 1989. Plant analysis handbook for Georgia. Georgia Cooperative Extension Service. Univ. of Georgia, Athens. GA.
- Potash and Phosphate Institute. 1995. International soil fertility manual. Potash and Phosphate Institute, USA. 114 p.
- Purwaningsih, Ch. E. 2011. Pengaruh pemberian kompos blotong, legin, dan mikoriza terhadap serapan hara N dan P tanaman kacang tanah. *Widya Warta* 02:55–68.
- Pusdatin. 2012. Statistik Konsumsi Pangan. Pusat Data dan Sistem Informasi Pertanian. Sekjen Kemtan, Jakarta. 86 hlm.
- Rahmianna, A.A, dan T. Adisarwanto, 1991. Telaah kendala hasil kacang tanah. Hlm. 21–26. *Dalam T. Adisarwanto et al. (eds). Risalah Pen. Kacang Tanah di Kab. Tuban*. Balittan Malang.
- Raja, L. 2013. Respon Pertumbuhan dan Produksi Kacang Tanah Terhadap Bahan Organik *Tithonia diversifolia* dan Pupuk SP–36. *Agroteknologi* 1(3):725–731.
- Ramage, C. M. and R.R Williams. 2002. Mineral nutrition and plant morphogenesis. *In Vitro Cellular & Dev. Biol.* 38(2):116–124.
- Rao K.T., A.U. Rao and D. Sekhar. 2013. Effect of Sources and Levels of Sulphur on Groundnut. *J. of Academia and Industrial Res.* 5:268–270.
- Rao, S. S and M. S. Shaktawat. 2005. Effect of organic manure, phosphorus and gypsum on nutrient uptake in groundnut. *Agropedology* 15(2):100–106.
- Reuter D.J. and Robinson J.B. 1986. *Plant Analysis: An Interpretation Manual*. Inkata Press Pty Ltd., Victoria, Australia. 218 p.
- Sahrawat, K.L and S. P. Wani. 2013. Soil Testing as a Tool for On-Farm Fertility Management: Experience from the Semi-arid Zone of India. *Soil Sci. and Plant Anal.* 44(6):1011–1032.
- Singh F. and D. L. Oswalt. 1995. Groundnut Production Practices. Skill Development series No. 3. ICRSAT Training and Fellowship.
- Snyder, G.H., V.V. Matichenkov, and L.E. Datnoff. 2007. Silicon. P. 551–596. In Barker, V.A and D.J. Pilbeam (eds). *Handbook of Plant Nutrition*. CRC Press, NY. 662 p.
- Straten, M. van der., W.G Keltjens, A.C Okoboi, and E. Westphal. 1995. The calcium nutrition of bambara groundnut (*Vigna subterranea* L). *Plant and Soil* 176:229–234.

- Sumarno and M. Muchlish Adie. 1995. Overview groundnut on-farm research in Indonesia. pp. 111. In T. Adisarwanto, N. Saleh and Sumarno (eds). On-Farm Research for Groundnut and Pigeonpea Production Technique in Indonesia. Collaborative Res. CRIFC and CLAN/ICRISAT. MARIF, Malang. 130 p.
- Sutarto, Ig.V., Sri Hutami dan Y. Supriyati. 1987. Pengaruh pengapuran dan pemupukan terhadap pertumbuhan dan hasil kacang tanah. J. Penel. Pert. 7(1):25–28.
- Sutiyorini, S dan B. Waryanto. 2012. Statistik Pertanian. Pusat Data dan Sistem Informasi Petanian, Kementerian Pertanian RI, Jakarta. 306 hlm.
- Taiz, L. and E. Zeiger. 2002. Plant Physiology. 3rd ed. Sinauer Associates Pub., 690 p.
- Tandon H.L.S. 1999. Methods of Analysis of Soils, Plants, Water and Fertilizers. Fert. Dev. and Consultation Org. New Delhi. India. 144 pp.
- Tandon, H.L.S. 1989. Sulphur deficiencies in soils and crops: Their significance and management. p. 1–21. In H.L.S. Tandon (ed). Sulphur Fertilizers for Indian Agriculture – A Guide Book. Fert. Dev. and Consultation Org., New Delhi, India.
- Tariq, M and C.J.B Mott. 2007. The significant of Boron in plant nutrition and environment. J. of Agron. 6(1):1–10.
- Taufiq, A dan J. Purnomo, 1999. Evaluation of ICRISAT groundnut genotype tolerant to iron chlorosis. In A.A. Rahmianna *et al.* (eds). Improving Yield Productivity and Stability of Legumes and Cereals. Rilet Special Ed. No. 14:28–35.
- Taufiq, A. dan Sudaryono, 1998. Pengaruh pemupukan Sulfur dan bahan organik terhadap hasil kacang tanah pada Alfisol ber-pH tinggi. J. Pen. Pert. Tan. Pangan 17(1):76–82.
- Taufiq, A., B. Radjagukguk, dan A. Syukur. 2001. Gejala klorosis pada kacang tanah (*Arachis hypogaea*) pada Alfisol kapuran dan upaya mengatasinya. Agrosains 14(3):297–312.
- Tillman, B.L., M.W. Gomillion, G. Person, and C.L. Mackowia. 2010. Variation in Response to Calcium Fertilization among Four Runner-Type Peanut Cultivars. Agron. J. 102(2):469–474.
- Tucker R. 1999. Essential Plant Nutrients: their presence in North Carolina soils and role in plant nutrition.
- Uchida, R. 2000. Essential Nutrients for Plant Growth: Nutrient Functions and Deficiency Symptoms. In J. A. Silva and R. Uchida (eds). Plant Nutrient Management in Hawaii's Soils, Approaches for Tropical and Subtropical Agriculture. College of Tropical Agric. and Human Res., Univ. of Hawaii. Manoa.
- Van Diest, A. 1971. Soil Fertility I. Lecture notes MSc. Course Soil Science and Water Management. Agric. Univ. Wageningen, The Netherlands. 108 p.
- Wainwright, M. 1984. Sulfur oxidation in soils. Adv. Agron. 37:349–396.
- Walker M.E. 1975. Calcium requirements for peanuts: Comm. in Soil Sci. and Plant Anal. 6:299–313.
- Waraich, E.A., R. Ahmad, Saifullah, M.Y. Ashraf, and Ehsanullah. 2011. Role of mineral nutrition in alleviation of drought stress in plants. Australian J. of Crops Sci. 5(6):764–777.
- Weiss, E.A. 1983. Oilseed Crops. First edition. Longman, Landon. 660 p.
- Wijanarko, A dan A. Taufiq. 2008. Kalibrasi P pada tanaman kacang tanah di tanah Ultisol. J. Agrivigor, Fak. Pertanian, Univ. Hasanuddin 7(3):272–281.
- Zaharieva, T. 1986. Comparative studies of iron inefficient plant species with plant analysis. J. of Plant Nutr. 30(1):939–946.
- Zharare, G.E., C. J. Asher, and F. P. C. Blamey. 2009. Calcium nutrition of peanut grown in solution culture. I. Genetic variation in Ca requirements for vegetative growth. J. of Plant Nutr. 32(11):1831–1842.
- Zuo, Y and F. Zhang. 2008. Effect of peanut mixcropping with gramineous species on micro-nutrients concentrations and iron chlorosis of peanut plants grown on calcareous soil. Plant Soil. 306:23–36.