



# NUTRISI TANAMAN: Pengenalan Nutrisi Tanaman

Prof. Dr. S.M. Sitompul  
Lab. Plant Physiology, Faculty of Agriculture, Universitas Brawijaya  
Email : dl@ub.ac.id



## 1. PENDAHULUAN

- Dampak Pembelajaran
- Definisi
- Tantangan Masa Depan

## 2. UNSUR HARA

### 2.1 Definisi

## 2.2 Klasifikasi dan Fungsi

## 3. SEJARAH UNSUR HARA

- 3.1 Mitologi Junani
- 3.2 Perkembangan Pertanian

## 4. HUKUM MINIMUM

# MODUL

# 1



SELF-PROPAGATING ENTREPRENEURIAL EDUCATION DEVELOPMENT

## 1. PENDAHULUAN

Tanaman membutuhkan unsur kimia tertentu untuk pertumbuhan dan perkembangannya. Unsur kimia tersebut secara terus-menerus menjalani suatu siklus yang melibatkan tanaman dengan lingkungannya. Beberapa catatan yang perlu dibuat sehubungan dengan ini adalah

1. Tubuh (biomassa) tanaman adalah bangunan dari ragam senyawa kimia yang terbentuk dari sejumlah unsur kimia yang disebut nutrisi mineral (mineral nutrition) atau unsur hara .
2. Karena itu, tanaman membutuhkan unsur nutrisi mineral agar tanaman dapat tumbuh dan berkembang dengan baik serta dapat menyelesaikan siklus hidupnya.
3. Pengaruh yang menguntungkan dari pemberian unsur mineral dalam bentuk abu dan kapur pada tanah untuk memperbaiki pertumbuhan tanaman telah diketahui sejak 2000 tahun yang lalu.
4. Tetapi fungsi unsur mineral sebagai nutrisi untuk pertumbuhan tanaman masih kontroversi ilmiah hingga 150 tahun yang lalu. Kompilasi dan peringkasan informasi yang tersebar tentang kepentingan unsur kimia tertentu adalah sebagian besar atas jasa dari Justus von Liebig (1803-1873) yang menjadi dasar penetapan Nutrisi Mineral Tanaman sebagai suatu disiplin ilmiah (Kirkby, 2012).
5. Apabila tanaman tidak memperoleh unsur hara yang dibutuhkan dalam jumlah yang cukup, tanaman akan mengalami gangguan pertumbuhan atau perkembangan yang dapat menunjukkan gejala visual tertentu (Gambar 1.1).
6. Akar tanaman adalah organ utama yang berfungsi sebagai pintu masuk dari unsur mineral memasuki siklusnya dalam biosfer (biosphere), sehingga tanaman dapat dipandang sebagai penambang kerak bumi (Epstein, 1999).
7. Efektivitas tanaman dalam serapan unsur hara ditentukan oleh luas permukaan akar yang aktif dalam serapan unsur hara dan kemampuan akar dalam serapan ion anorganik per satuan luas

Hak cipta dilindungi undang-undang. ©Module ini tidak boleh digandakan sebagian atau seluruhnya tanpa izin dari penulis



©Module ini tidak boleh digandakan sebagian atau seluruhnya tanpa izin dari penulis

UB Distance Learning

Hak cipta dilindungi undangundang



permukaan akar. Hanya bagian tertentu dari akar yang aktif dalam serapan unsur hara yang terjadi sebagian besar dengan bantuan bulu akar.

8. Unsur hara yang telah memasuki akar akan ditranslokasi melalui jaringan tanaman ke bagian lain tanaman dimana digunakan untuk berbagai fungsi biologi.



Gambar 1.1 Pertumbuhan tanaman jagung (kiri) dan kacang tanah (kanan) dengan gejala yang kurang normal

Nutrisi tanaman adalah inti dari pertanian modern dengan kenyataan produktivitas tanaman yang sangat tergantung pada penyediaan unsur hara pada tanaman melalui pemupukan. Peningkatan hasil terjadi sebanding dengan tingkat pemupukan pada kebanyakan tanaman yang diusahakan (Loomis & Connor, 1992). Karena itu, kebutuhan global unsur hara primer yang digunakan untuk pupuk N, P dan K terus meningkat untuk memenuhi kebutuhan pangan yang terus meningkat dengan waktu. Pada tahun 1960-an, kebutuhan hanya sekitar 30 juta ton yang kemudian meningkat menjadi 143 juta ton pada tahun 1990-an. Ini berhubungan sebagian dengan revolusi hijau (green revolution) yang dicirikan oleh penggunaan varietas unggul dengan kebutuhan unsur hara yang tinggi. Setelah itu, konsumsi per dekade relatif konstan dengan penggunaan pupuk yang lebih bijaksana yang berhubungan sebagian dengan peningkatan harga pupuk dan kesadaran akan kelestarian lingkungan. Tetapi pada beberapa tahun belakangan ini, konsumsi tahunan kembali meningkat dan mencapai 170 juta ton (Gambar 1.2).

### Dampak Pembelajaran

Dengan penguasaan materi pembelajaran dalam modul ini yang dirancang untuk proses belajar mandiri, peserta didik diharapkan mampu

1. menjelaskan pengertian nutrisi tanaman dan sejarah perkembangan nutrisi tanaman sebagai suatu ilmu pengetahuan
2. menjelaskan klasifikasi unsur kimia yang dibutuhkan tanaman untuk pertumbuhan dan perkembangannya yang disebut sebagai unsur nutrisi, unsur mineral, dan unsur hara
3. Mengidentifikasi tanda defisiensi unsur hara dan toksisitas unsur kimia
4. Menjelaskan fungsi unsur hara dalam pertumbuhan dan perkembangan tanaman
5. Membuat estimasi jumlah unsur hara yang dibutuhkan untuk pertumbuhan dan perkembangan yang optimum

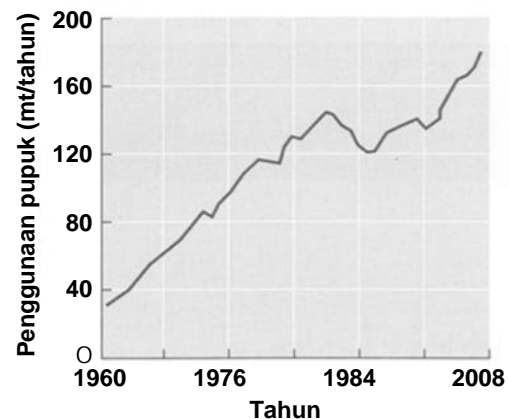
## Definisi

Nutrisi tanaman (plant nutrition), nutrisi mineral tanaman tingkat tinggi (mineral nutrition of higher plants), adalah studi serapan dan penggunaan unsur hara oleh tanaman. Studi ini difokuskan pada hubungan unsur mineral dengan pertumbuhan tanaman yang mencakup

- Studi jenis unsur kimia yang dibutuhkan untuk pertumbuhan dan perkembangan tanaman
- Studi mekanisme serapan unsur hara
- Studi fungsi unsur hara dalam metabolisme tanaman
- Studi pengaruh negatif defisiensi dan toksisitas unsur mineral

## Tantangan Masa Depan

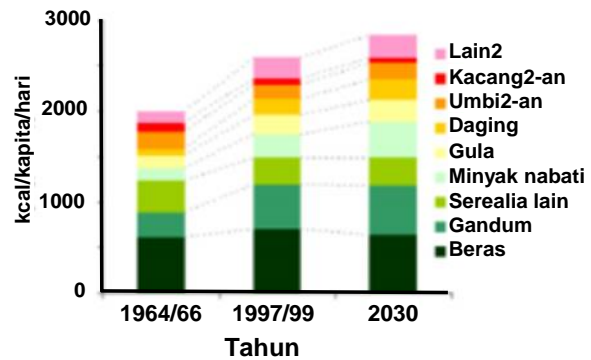
1. Salah satu tantangan pada masa akan datang adalah penyediaan kebutuhan pangan yang terus meningkat sejalan dengan pertumbuhan penduduk, sementara peningkatan luas lahan pertanian tidak dapat dilakukan secara terus-menerus. Karena itu kekhawatiran akan kecukupan pangan dapat timbul sebagaimana telah dikemukakan oleh Thomas Malthus (1766 -1834) dalam karya ilmiahnya yang diterbitkan pada tahun 1798 dengan judul "An Essay on the Principle of Population".
2. Pandangan Malthus dalam karya ilmiah tersebut yang sangat terkenal adalah bahwa "populasi (jumlah penduduk) kalau tidak dikendalikan meningkat seperti deret ukur, sedang produksi pangan akan meningkat seperti deret hitung (Population, when unchecked, increases in a geometrical ratio, and subsistence increases only in an arithmetical ratio).
  - Geometric sequence : 2, 4, 8, 16, 32 dst
  - Arithmetic sequence : 2, 5, 8, 11, 14 dst
3. Ini berarti bahwa kebutuhan pangan dengan pertumbuhan jumlah penduduk akan melampaui produksi pangan yang akan mengakibatkan bencana kekurangan pangan. Bencana kekurangan pangan akan terjadi apabila rasio pangan/kapita turun dibawah batas tertentu.
4. Pandangan Malthus hingga saat sekarang belum berlaku sehubungan dengan perkembangan ilmu pengetahuan yang dapat meningkatkan produksi pangan melalui peningkatan produktivitas tanaman disamping perluasan area tanaman pangan. Pada tahun 1960-an, sebagian besar bangsa berada pada posisi swasembada pangan (self-sufficiency in food) dengan jumlah penduduk yang masih rendah.
5. Revolusi hijau (Green Revolution), yang merupakan suatu rangkaian penelitian dan pengembangan serta kebijakan transfer teknologi antara tahun 1930-an hingga akhir tahun 1960-an, membawa peningkatan produksi pangan yang sangat besar. Ini dicirikan dengan penggunaan varietas unggul masukan tinggi (high-input varieties) yang diusahakan secara intensif (pupuk, pengairan & pengendalian biota pengganggu).



Gambar 1.2 Perkembangan dengan waktu dari konsumsi pupuk dunia.

Sumber: Taiz & Zeiger (2010) dari [www.faostat.fao.org/site/575/default.aspx#ancor](http://www.faostat.fao.org/site/575/default.aspx#ancor)

6. Pada dekade belakangan ini, produksi per kapita meningkat secara perlahan, dan bahkan cenderung menurun. Ini menimbulkan pertanyaan kecukupan pangan menjelang tahun 2050 dengan peningkatan jumlah penduduk yang diestimasi mencapai 9,3 milyar yang berarti >29% lebih tinggi dari estimasi populasi sekarang ini (2015), dan sebagian besar penduduk ini (>85%) berada di Negara sedang berkembang (FAO, 2002).
7. Pemenuhan kebutuhan pangan tahun 2050, yang diestimasi mengalami perubahan (Gambar 1.3), mengharuskan peningkatan produksi pangan serealiala dari 2,1 menjadi 3,0 milyar ton/tahun, dan produksi daging sebesar 200 juta ton untuk mencapai produksi 470 juta ton/tahun/tahun.
8. Peningkatan produksi pangan dapat dilakukan dengan dua cara yaitu (i) extensifikasi (perluasan area pertanian), dan (ii) intensifikasi (peningkatan produktivitas tanaman). Cara pertama dengan pembukaan lahan baru sangat terbatas, dan luas area pertanian sebaliknya cenderung menurun secara khusus di Indonesia dengan alih guna lahan tanaman pangan (sawah) yang tinggi.
9. Jadi dalam jangka panjang, peningkatan produksi tanaman termasuk tanaman pangan hanya tergantung pada peningkatan produktivitas yang ditentukan oleh keberhasilan mengatasi faktor pembatas (Tabel 1.1).
10. Upaya yang dapat dilakukan untuk mengatasi faktor pembatas produktivitas tanaman adalah (i) Perbaikan genetik, dan (ii) Manajemen produksi (mis. pengairan, pemukukan dll.)



Gambar 1.3 Perkembangan dengan waktu dalam konsumsi beberapa jenis pangan. Sumber: FAO (2002)

Tabel 1.1 Faktor yang membatasi pertumbuhan dan hasil tanaman

FAKTOR IKLIM	FAKTOR TANAH	FAKTOR TANAMAN
Hujan	Bahan Organik	Spesies/Varietas tanaman
- Quantitas	Textur	Waktu tanam
- Distribusi	Struktur	Pengaturan tanaman
Suhu Udara	KTK (Kapasitas Tukar Kation)	- Jarak tanam
Kelembapan relatif	Kejenuhan Basa	Kualitas benih
Cahaya	Lereng dan Topografi	Evapotranspirasi
- Quantitas	Temperatur tanah	Pengairan
- Intensitas	Faktor pengelolaan tanah	Nutrisi
- Durasi	- Pengolahan tanah	Biota pengganggu
Altitud/Latitud	- Drainase	- Insek
Angin	- Lain-lain	- Penyakit
- Kecepatan	Kedalaman (root zone)	- Gulma
- Distribusi		Efisiensi panen
Konsentrasi CO <sub>2</sub>		



## 2. UNSUR HARA

### 2.1 Definisi

1. Jumlah unsur kimia yang dibutuhkan tanaman hanya 16 dari 100 lebih jenis unsur kimia yang telah diketahui sampai sekarang.
2. Sesuatu unsur kimia yang dapat digolongkan menjadi unsur hara tidak hanya atas dasar keberadaannya dalam tubuh tanaman, tapi harus memenuhi tiga kriteria yang diusulkan oleh Arnon & Stout (1939) sebagai berikut
  - Tanaman tidak dapat menyelesaikan siklus hidupnya dengan ketiadaan unsur tersebut (A given plant must be unable to complete its lifecycle in the absence of the element).
  - Fungsi dari unsur tersebut tidak dapat diganti oleh unsur lain (The function of the element must not be replaceable by another element)
  - Unsur tersebut terlibat langsung dalam metabolisme tanaman – misalnya sebagai komponen bahan penyusun tanaman penting seperti enzim – atau unsur tersebut dibutuhkan untuk tahap metabolisme khusus seperti reaksi enzim (The element must be directly involved in plant metabolism - for example, as a component of an essential plant constituent such as an enzyme - or it must be required for a distinct metabolic step such as an enzyme reaction).
3. Berdasarkan definisi tersebut, sesuatu unsur yang dapat mengurangi pengaruh toxis dari suatu unsur kimia (mis. Si untuk toksisitas Mn), atau sesuatu yang hanya mengganti unsur lain (mis. Na untuk K) tidak dapat digolongkan sebagai unsur hara yang dibutuhkan untuk pertumbuhan tanaman
4. Unsur hara yang dibutuhkan tanaman dapat dibagi menjadi (i) unsur hara makro (macronutrients) yang relatif lebih banyak dibutuhkan tanaman, dan unsur hara mikro (micronutrients) yang relatif sedikit dibutuhkan tanaman (Tabel 1.2)

### 2.2 Klasifikasi dan Fungsi

1. Unsur hara kemudian dibagi menjadi 2 kelompok berdasarkan kuantitas yang dibutuhkan tanaman yaitu unsur hara makro (macronutrients), yang relatif lebih banyak dibutuhkan tanaman, unsur hara mikro (micronutrients) yang relatif sedikit dibutuhkan tanaman (Tabel 1.2). Unsur yang paling banyak terdapat dalam biomassa tanaman adalah C dan O ( $\pm 44\%$  dari berat kering tanaman) serta H ( $\pm 6\%$  dari berat kering tanaman). Unsur ini, yang diperoleh dari udara dan air dan sulit dikendalikan, umumnya tidak menjadi pembatas pertumbuhan dan perkembangan tanaman dan tidak dibahas dalam nutrisi tanaman tapi pada bidang lain (fisiologi tanaman).

Unsur hara makro: N, P, K, Ca, Mg dan S yang terdapat secara rata-rata sekitar  $\geq 0,1\%$  dalam biomassa tanaman digolongkan menjadi unsur hara makro (Tabel 1.2). Unsur hara ini kadang-kadang dibagi menjadi dua bagian yaitu unsur hara makro primer (N, P & K) yang paling sering terdapat dalam keadaan terbatas pada kondisi lapangan, dan unsur hara makro sekunder (Ca, Mg & S).

Unsur hara mikro: Fe, Mn, B, Mo, Cu, Zn dan Cl yang terdapat secara rata-rata sekitar  $\leq 100$  mg/kg biomassa tanaman digolongkan sebagai unsur hara mikro (Tabel 1.2).

Unsur hara menguntungkan: Beberapa unsur kimia dinyatakan sebagai unsur hara menguntungkan dengan kriteria

- Unsur yang bersifat menawarkan pengaruh negatif (beracun) dari unsur tertentu bukan unsur hara

- Unsur yang dapat menggantikan unsur hara dalam fungsi yang kurang spesifik bukan unsur hara
2. Unsur hara dapat juga dibagi menjadi empat kelompok berdasarkan fungsi biokimia (Tabel 1.3). Unsur hara dalam larutan (tanah) yang diabsorpsi tanaman umumnya berada dalam bentuk ion (kation & anion) (Tabel 1.4).

Table 1.2 Klasifikasi unsur hara tanaman berdasarkan kuantitas yang dibutuhkan untuk pertumbuhan tanaman

No.	Unsur hara makro	%	Unsur hara mikro	ppm
1.	Nitrogen (N)	1,5	Chlorine (Cl)	100
2.	Potassium (K)	1,0	Iron (Fe)	100
3.	Calcium (Ca)	0,5	Boron (B)	20
4.	Magnesium (Mg)	0,2	Manganese (Mn)	50
5.	Phosphorus (P)	0,2	Sodium (Na)	10
6.	Sulfur (S)	0,1	Zinc (Zn)	20
7.	Silicon (Si)	0,1	Copper (Cu)	6
8.			Nickel (Ni)	0,1
9.			Molybdenum (Mo)	0,1

Unsur hara makro primer: nitrogen (N), fosfor (P) & kalium (K)

Unsur hara makro sekunder: kalsium (Ca), magnesium (Mg) & sulfur (S)

Table 1.3 Klasifikasi unsur hara tanaman berdasarkan fungsi biokimia

Kelompok I	Unsur hara sebagai bagian dari senyawa karbon
1. N	Bahan penyusun asam amino, amida, protein, asam nukleat (inti), nukleotida, coenzyme, hexosamine, dl.
2. S	Bahan penyusun beberapa senyawa (cysteine, cystine, methionine, lipoic acid, coenzyme A, thiamine pyrophosphate, glutathione, biotin, 5'-adenylylsulfate, dan T-phosphoadenosine).
Kelompok II	Unsur hara yang penting untuk simpanan energi dan integritas structural
3. P	Komponen fosfat gula, asam nukleat, nukleotida, coenzymes, fosfolipid, asam fitat (phytic acid) dll., dan berperan penting dalam reaksi yang melibatkan ATP
4. Si	Deposited as amorphous silica in cell walls. Contributes to cell wall mechanical properties, including rigidity and elasticity.
5. B	Complexes with mannitol, mannan, polymannuronic acid, and other constituents of cell walls. Involved in cell elongation and nucleic acid metabolism.
Kelompok III	Unsur hara yang tetap dalam bentuk ion
6. K	Dibutuhkan sebagai suatu kofaktor untuk lebih dari 40 emzim, dan merupakan kation utama untuk turgor sel dan pemeliharaan elektronetralsitas sel
7. Ca	Bahan penyusun bahan perekat (middle lamella) antar dinding sel, serta dibutuhkan sebagai suatu kofaktor oleh beberapa enzim yang terlibat dalam hidrolisis ATP dan fosfolipid, dan bertindak sebagai suatu prmbawa pesan kedua dalam regulasi metabolisme
8. Mg	Dibutuhkan oleh banyak enzim yang terlibat dalam transfer fosfat, dan bahan penyusun molekul khlorofil
9. Cl	Dibutuhkan untuk reaksi fotosintesis yang terlibat dalam evolusi O <sub>2</sub>

10. Mn	Dibutuhkan untuk aktivitas beberapa dehydrogenase, decarboxylase, kinase, oxidase, dan peroxidase, serta terlibat dengan enzim lain yang diaktivasi kation, dan evolusi O <sub>2</sub> fotosintesis
11. Na	Terlibat dengan regenerasi PEP (phosphoenolpyruvate) pada tanaman C <sub>4</sub> , dan dapat mengganti K untuk beberapa fungsi
Kelompok IV	Unsur hara yang terlibat dalam reaksi redox
12. Fe	Bahan penyusun senyawa cytochrome dan nonheme iron proteins yang terlibat dalam fotosintesis, fixasi N <sub>2</sub> , dan respirasi
13. Zn	Bahan penyusun enzim (alcohol dehydrogenase, glutamic dehydrogenase, carbonic anhydrase, dll.)
14. Cu	Komponen enzim (ascorbic acid oxidase, tyrosinase, monoamine oxidase, uricase, cytochrome oxidase, phenolase, dan laccase), dan plastocyanin.
15. Ni	Bahan penyusun enzim urease, dan hydrogenase untuk bakteri fixasi N <sub>2</sub>
16. Mo	Bahan penyusun enzim (nitrogenase, nitrate reductase, dan xanthine dehydrogenase).

Sumber: Evans & Sorger (1966); Mengel & Kirkby (2001) dari Taiz & Zeiger (2010)

Tabel 1.4. Bentuk kimia unsur hara dalam larutan yang diserap tanaman

Kation (ion bermuatan positif) <ul style="list-style-type: none"> <li>• NH<sub>4</sub><sup>+</sup> (Ammonium)</li> <li>• K<sup>+</sup> (Potassium)</li> <li>• Ca<sup>2+</sup> (Calcium)</li> <li>• Mg<sup>2+</sup> (Magnesium)</li> <li>• Fe<sup>2+</sup> &amp; Fe<sup>3+</sup> (Iron)</li> <li>• Mn<sup>2+</sup> (Manganese)</li> <li>• Zn<sup>2+</sup> (Zinc)</li> <li>• Cu<sup>2+</sup> (Copper)</li> </ul>	Anion (ion bermuatan negatif) <ul style="list-style-type: none"> <li>• PO<sub>4</sub><sup>3-</sup>, HPO<sub>4</sub><sup>2-</sup> &amp; H<sub>2</sub>PO<sub>4</sub><sup>-</sup> (Phosphorus)</li> <li>• NO<sub>3</sub><sup>-</sup> (Nitrate)</li> <li>• SO<sub>4</sub><sup>2-</sup> (Sulfur)</li> <li>• BO<sub>3</sub><sup>2-</sup> (Boron)</li> <li>• MoO<sub>4</sub><sup>2-</sup> (Molybdenum)</li> <li>• Cl<sup>-</sup> (Chlorine)</li> </ul>
--	---

### 3. SEJARAH UNSUR HARA

#### 3.1 Mitologi Junani

1. Pengetahuan mengenai kebutuhan tanaman akan unsur hara untuk dapat hidup dan tumbuh dapat dimulai dari catatan mitologi Junani. Legenda Raja Augeas, raja dari wilayah Elis (bagian barat Peloponnesos), Junani, diceritakan mempunyai suatu kandang sapi yang memuat 3000 ekor sapi dan tidak pernah dibersihkan selama 30 tahun.
2. Hercules, yang kemudian dikontrak untuk membersihkan kandang tersebut, mengalihkan secara sederhana aliran sungai Alpheus melalui kandang tersebut yang menghanyutkan timbunan kotoran sapi dalam kandang tersebut. Sebagian kotoran sapi yang diangkut keluar aliran sungai diendapkan pada tanah sekitar kandang sapi, dan peningkatan hasil tanaman dicatat tahun berikutnya.

#### 3.2 Perkembangan Pertanian

- Perkembangan awal pertanian merupakan suatu rangkaian penemuan yang melibatkan domestikasi, pembiakan, dan pengelolaan tanaman dan hewan

yang menjadi dasar perkembangan peradaban.

- Pertanian diadopsi secara berulang dan tersendiri pada berbagai bagian dunia setelah akhir zaman Es Pleitocene (lebih baru) sekitar 12.000 tahun yang lalu. Kecenderungan pemanasan yang terjadi mempengaruhi wilayah Timur Tengah, bagian utara Cina, dan Amerika Tengah (Mesoamerican) dimana pertanian dimulai.
- Fakta arkeologi adalah referensi dari awal pertanian, dan menempatkan pertanian maju (kontemporer) sekitar 7000-9000 tahun yang lalu pada tiga lokasi lembah sungai yaitu
  - (i) Lembah sungai Tigris-Euphrates (Mesopotamia, sekarang Iraq)
  - (ii) Lembah sungai Indus (India)
  - (iii) Lembah sungai Nile (Mesir)
- Fakta paling awal dari perkembangan pertanian terjadi pada wilayah yang dikenal sebagai "the Fertile Crescent" (Sabit subur) (sekarang dikenal dengan Iraq, Syria, Lebanon, Israel).
- Beberapa catatan dan upaya dari berbagai pihak dapat juga digunakan sebagai petunjuk dari awal perkembangan nutrisi tanaman yang disajikan berikut ini ([https://www.hort.purdue.edu/newcrop/Hort\\_306/pp\\_pdf/pp lec31.pdf](https://www.hort.purdue.edu/newcrop/Hort_306/pp_pdf/pp lec31.pdf); Loneragan, 1999).

Democritus of Abdera (ca 460–360 BCE) membuat catatan bahwa bumi menghasilkan tanaman apabila mendapat hujan untuk makanan manusia dan binatang (beast). Tetapi yang datang dari bumi harus kembali ke bumi, dan yang datang dari udara kembali ke udara. Kematian memang tidak memusnahkan bahan (matter), tapi hanya memecahkan kesatuan elemennya yang kemudian digabungkan kembali menjadi bentuk lain.



Aristotle (384–322 BCE) membuat catatan tentang empat unsur (bumi, air, api, dan udara) dan mengasumsikan tanaman mengasimilasi bahan organik dari akar yang didasarkan atas fakta bahwa bahan organik, khususnya pupuk organik (manure) dan sisa tanaman, menguntungkan pertumbuhan tanaman yang menjadi awal dari Teori Humus dari Nutrisi Tanaman

Tsi, Penulis Cina (1100 BCE) mencatat bahwa pupuk hijay disebar pada bulan ke-5 atau ke-6 dan ditanam pada bulan ke-7 atau ke-8, dan manfaatnya sebagai pupuk sama baiknya dengan kotoran ulat sutera (silkworm) dan pupuk kandang yang sudah melapuk

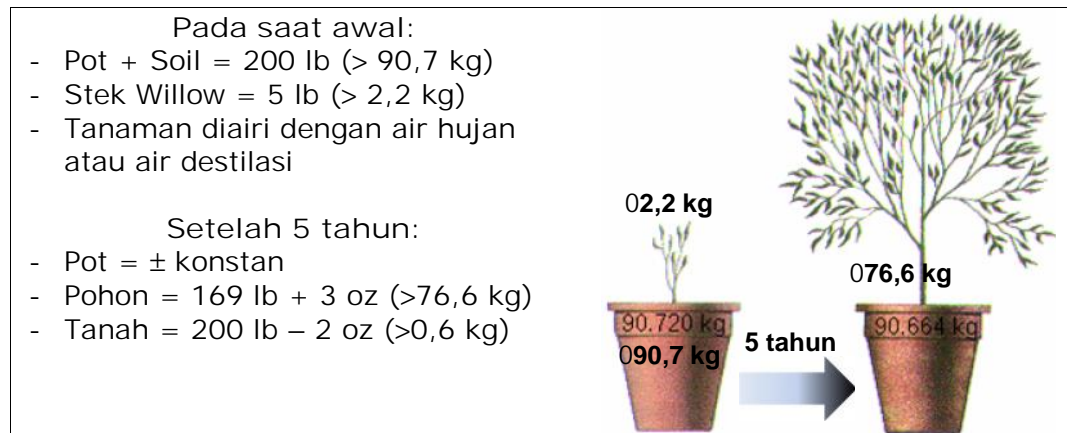
Pliny (23–79 CE) mencatat bahwa semua penulis secara universal setuju bahwa tidak ada yang lebih menguntungkan dari membalikkan tanaman Lupinus sebelum pembentukan polong dengan bajak atau cara lain untuk memotong dan membenamkannya dalam tumpukan pada akar pohon atau tanaman merambat.

Bernard Palissy (1510–1589) mengusulkan konsep bahwa pemberian pupuk organik (manure) ditujukan untuk mengganti zat yang hilang dengan panen tanaman. Dengan pemberian pupuk organik, tanah dipulihkan untuk zat yang telah diambil tanaman sebelumnya yang menguntungkan tanaman berikutnya.

Jan Baptista van Helmont (1577-1644), ahli kimia dan fisiologi serta dokter Belgia, sangat terkenal dengan percobaannya dengan tanaman willow yang memaparkan bahwa biomassa tanaman yang dihasilkan selama pertumbuhan tidak karena absorpsi tanah dengan jumlah yang sama.



Tetapi van Helmont salah menarik kesimpulan bahwa biomassa tanaman berasal dari air.



Gambar 1.4 Ilustrasi percobaan dari J.B. van Helmont. 1 lb (pound) = 0,4536 kg = 14.828 oz (once). Sumber gambar: <http://www.proftnj.com/bi-plant.htm>

- Teori humus yang berawal dari catatan Aristotle dan usulan Bernard Palissy didukung oleh ahli kimia terkenal seperti Theodore de Saussure (1767–1845) dan Sir Humphrey Davy (1778–1829). Pertanyaan yang membara pada awal abad ke-19 adalah apakah abu (ashes) yang dihasilkan tanaman adalah unsur (konstituen) yang dihasilkan tanaman atau harus diabsorpsi dan apa peranannya.
- Suatu hadiah ditawarkan untuk memecahkan problem sumber dan fungsi unsur anorganik dalam tanaman. Hadiah tersebut diberikan kepada A.F. Wiegmann dan L. Polstroff berdasarkan percobaan dengan penggunaan tanah sintesis yang dibandingkan dengan hanya pasir yang membawa pada suatu kesimpulan bahwa asal dari abu tanaman adalah tanah.
- John Woodward (1665–1728) menerbitkan pada tahun 1699 hasil penelitian pada tanaman *Mentha spicata* (spearmint) yang diberi sumber air yang berbeda (air hujan, air sungai Thames, air kanal Hyde Park, dan air kanal Hyde Park + jamur taman). Dia menemukan bahwa pertumbuhan tanaman meningkat dramatis dengan peningkatan impuritas (ketidak-murnian) air, dan menyimpulkan bahwa tanaman (vegetables) tidak dibentuk dari air tapi dari bahan tanah tertentu).
- Johan Glauber (1604–1655) & Gabriel Plattes 1600–1655), ahli kimia abad ke-17, menganalisis pengaruh garam (salts) seperti abu kayu, batu kapur, dan kalium nitrat pada pertumbuhan tanaman.
- Selama 30 tahun perang dengan kekurangan pupuk kandang, pupuk kimia ditemukan yang disebut "philospher dung" atau "fattening salt" (garam penggemuk). Sekalipun dengan pengamatan ini, kepercayaan bahwa humus (bahan organik) adalah "makanan" tanaman dipertahankan hingga abad ke-19
- Justus von Liebig (1803–1873), orang yang sangat berpengaruh dalam nutrisi tanaman, membuktikan bahwa humus



Tanaman *Mentha spicata* (spearmint)

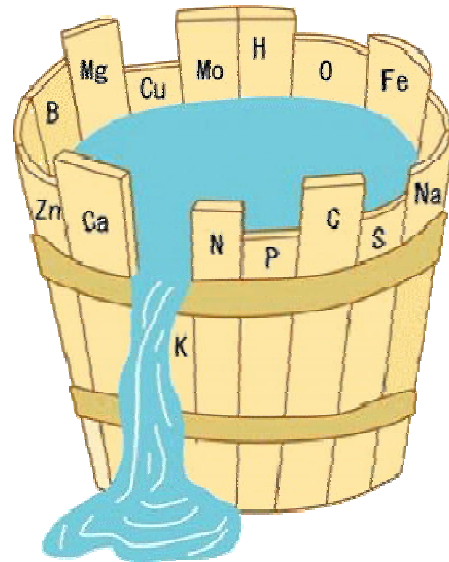


itu sendiri tidak diabsorpsi tanaman, dan

- memaparkan bahwa karbon (C) berasal dari udara bukan dari humus
  - salah mempercayai C diserap oleh akar
  - mengasumsikan bahwa N diabsorpsi dari udara (bukan dari humus), tapi tidak cukup untuk pertanian
  - tidak sadar fixasi N oleh bakteri
  - menyadari bahwa pupuk kandang adalah suatu sumber N penting
- Liebig merubah kimia di German lebih nyata dari ahli kimia lain pada masanya pada saat dia di University of Giessen tahun 1824-1852. Dia bertanggung jawab untuk pengembangan pengajaran, penelitian, dan teknologi kimia modern

#### 4. HUKUM MINIMUM

- Hukum minimum (The Law of the Minimum) dari Liebig adalah suatu prinsip yang dikembangkan dalam ilmu pertanian oleh Carl Sprengel (1828) dan kemudian dipopulerkan oleh Justus von Liebig. Pada mulanya, Liebig yang lahir di Darmstadt, German tahun 1803, dicap oleh gurunya sebagai orang yang tidak punya harapan dan tidak berguna (hopelessly useless), tapi kemudian menjadi guru dari guru kimia sepanjang masa.
- Hukum tersebut menyatakan bahwa pertumbuhan atau hasil tanaman dikendalikan tidak oleh jumlah total sumberdaya yang tersedia, tapi oleh sumberdaya yang tersedia paling sedikit. Hukum ini sering juga dinyatakan dengan "whichever nutrient is in least amount relative to the required amount, will determine the yield of a plant"
- Liebig menyamakan potensi hasil dari suatu pertanaman dengan suatu tong yang terbuat dari beberapa lempengan dengan panjang yang tidak sama (Gambar 1.5). Kapasitas tong menyimpan air dibatasi oleh panjang lempengan yang paling pendek, dan dapat ditingkatkan dengan perpanjangan lempengan tersebut. Dengan perpanjangan lempengan yang paling rendah, lempengan lain akan menjadi pembatas kemudian.
- V. E. Shelford memperluas Hukum Liebig yang diterapkan pada khewan dan mempertimbangkan bahwa terlalu banyak mungkin sama jeleknya dengan terlalu sedikit. Shelford mengembangkan Hukum Toleran yang menyatakan bahwa sebaran spesies akan dibatasi oleh kisaran toleransinya untuk faktor lingkungan local.



Gambar 1.5 Ilustrasi Hukum Minimum dengan tong yang terbuat dari lempengan dengan setiap lempengan mewakili satu jenis unsur hara. Sumber: [https://unit.aist.go.jp/riss/crm/ribihi\\_taru.gif](https://unit.aist.go.jp/riss/crm/ribihi_taru.gif)

#### REFERENSI

- Epstein, E., 1999. Silicon. *Annu. Rev. Plant Physiol. Plant Mol. Biol.*, 50: 641-664
- FAO, 2002. *World agriculture: towards 2015/2030, Summary report.* FAO of the United Nations, Rome.
- Kirkby, E., 2012. Introduction, Definition and Classification of Nutrients. In "Marschner's

- Mineral Nutrition of Higher Plants", P. Marschner (ed.), Third edition. Academic Press, Elsevier. pp. 3-5
- Loneragan, J.F., 1991. A brief history of plant nutrition. In "Plants in Action. Adaptation in Nature, Performance in Cultivation", B.J. Atwell, P.E. Kriedemann, C.G.N. Turnbull, D. Eamus, R.L. Bielecki, and G. Farquhar (eds.). Aust. Soc. Plant Scientists, NZ Soc. of Plant Biologists, and NZ Inst. of Agric. and Hort. Sci. Macmillan Education Australia Pty Ltd, Melbourne, Australia. Available at <http://plantsinaction.science.uq.edu.au/edition1>
- Loomis, R.S. and Connor, D.J., 1992. Crop ecology: productivity and management in agricultural systems. Cambridge University Press 538 p.
- Taiz, L. and Zeiger, E., 2010. Plant Physiology. Fifth Edition, Sinauer Associates, Inc., Sunderland, Massachusetts, USA

## PROPAGASI

### A. Penguasaan Materi (Membaca dan Menulis kembali)

Penguasaan materi dapat dilakukan dengan membaca modul ini secara cermat yang diikuti dengan membuat catatan/ringkasan dari setiap bagian dengan cara dan bahasa sendiri.

### B. Pendalaman Materi (Studi Literatur)

Pendalaman materi dapat dilakukan dengan studi literatur untuk materi yang dianggap perlu didalami lebih lanjut baik karena tidak jelas atau menarik untuk mendapat informasi lebih rinci.

### C. Pemantapan (Latihan/Evaluasi Mandiri)

Pemantapan dapat dilakukan dengan membuat pertanyaan yang dapat timbul dari setiap bagian materi pembelajaran seperti yang disajikan dibawah ini, dan menjawab pertanyaan tersebut. Ini dapat diikuti dengan pemecahan masalah atau permasalahan (problematic) yang relevan.

#### Pertanyaan

1. Apa yang dimaksud dengan nutrisi tanaman?
2. Apa yang dapat dilakukan dalam upaya pemenuhan kebutuhan pangan pada tahun 2050?
3. Bagaimana posisi nutrisi tanaman sebagai faktor pembatas produktivitas tanaman?
4. Apa yang dimaksud dengan unsur hara makro, mikro dan menguntungkan?
5. Berapa kelompok unsur hara berdasarkan fungsi biokimianya?
6. Dalam bentuk apakah unsur hara umumnya diserap tanaman?
7. Dimanakah pertanian dimulai berdasarkan fakta arkeologi
8. Apakah kesimpulan dari von Helmont masuk akal?
9. Apakah kesimpulan dari John Woodward dari hasil percobaannya
10. Apa yang dimaksud dengan Hukum Minimum

#### Problematic

Masalah atau problematic untuk dipecahkan sendiri atau dalam diskusi kelompok dapat berasal dari materi pembelajaran, studi pustaka dan dari lapangan yang berhubungan dengan topik pembelajaran seperti contoh berikut ini.

1. Beberapa tanaman ditanam pada media pasir dalam pot yang dibagi menjadi tiga kelompok (A, B & C), dan masing-masing kelompok diberikan air yang cukup selama pertumbuhannya dari sumber air yang berbeda (air hujan, air

sungai & air selokan). Bagaimana pertumbuhan tanaman pada masing-masing kelompok, dan apa kesimpulannya

2. Hasil analisis kimia jaringan tanaman menunjukkan konsentrasi yang tinggi untuk unsur kimia tertentu, apakah ini dapat digunakan sebagai indikator unsur hara?, berikan penjelasan

#### D. Pengembangan (Diskusi Kelompok)

Pengembangan kompetensi dapat dilakukan dengan diskusi kelompok (kelompok studi) untuk

1. evaluasi kemampuan yang berkembang dengan upaya yang telah dilakukan,
2. mengembangkan kemampuan mengemukakan apa yang telah diketahui secara ilmiah (logis dan sistematis), dan
3. untuk membagi kemampuan/pengetahuan antara anggota kelompok diskusi

#### E. Entrepreneurship

Kompetensi entrepreneurship dapat dilakukan secara mandiri dan diskusi untuk menggali (explorasi) kegiatan yang dapat dilakukan sebagai bidang usaha (entrepreneurship) seperti

1. Usaha Jasa/Konsultasi
2. Usaha Kreatif (E-Commerce)
3. Usaha Produksi/Lapangan