

## REVIEW: PEMUPUKAN MELALUI TANAH SERTA DAUN DAN KEMUNGKINAN MEKANISMENYA PADA TANAMAN KELAPA SAWIT

Rana Farrasati\*, Iput Pradiko, S. Rahutomo, dan Eko N. Ginting

**Abstrak** - Hara dan air telah diketahui berperan sangat penting dalam menentukan tingkat pertumbuhan dan produktivitas tanaman kelapa sawit. Studi sebelumnya telah banyak membahas upaya menjaga ketercukupan asupan hara dan air melalui pemupukan atau konservasi air di perkebunan kelapa sawit, namun mekanisme serta efektivitas penyerapan hara dan air oleh kelapa sawit masih belum banyak diulas. Review ini bertujuan untuk menganalisa dan memaparkan mekanisme serapan hara dari akar dan daun serta efektivitas pemupukan melalui tanah (*soil fertilization*) dan daun (*foliar application*) pada tanaman kelapa sawit. Dari hasil ulasan, diketahui bahwa akar dan daun mampu menyerap hara makro dan mikro, namun memiliki efektivitas serapan yang berbeda. Input hara dengan jumlah yang dibutuhkan tanaman dalam jumlah cukup besar (hara makro) dan kadar hara tinggi akan lebih efektif diserap oleh akar tanaman secara intersepsi, difusi, dan aliran massa. Sedangkan, pemupukan secara *foliar* yang diserap melalui stomata dan kutikula merupakan alternatif metode bagi aplikasi hara mikro, zat pengatur tumbuh (ZPT), oligoelemen, dan unsur makro yang kurang optimal diserap lewat akar. Kajian ini diharapkan dapat menjadi kerangka dasar pemikiran dalam pengembangan teknologi pupuk dan pemupukan yang efektif dan efisien untuk budidaya kelapa sawit yang berkelanjutan.

**Kata kunci:** mekanisme serapan hara, serapan akar, serapan daun, kelapa sawit

### PENDAHULUAN

Tanaman merupakan organisme fotoautotrof yang memiliki kemampuan memanfaatkan sumber energi cahaya untuk mengubah material anorganik menjadi biomasa melalui proses fotosintesis (Apichatmeta et al., 2017). Material anorganik tersebut termasuk air, CO<sub>2</sub>, dan unsur-unsur hara. Unsur hara diserap tanaman yang digunakan sebagai komponen dalam penyusunan jaringan tanaman, katalisator proses metabolisme, sintesis enzim dan protein, serta fungsi-fungsi lain yang spesifik sesuai jenis unsur hara. Unsur hara umumnya diserap tanaman dalam bentuk kation dan anion (Mitra, 2015; Naeem et al., 2017). Selain unsur yang merupakan komponen penyusun air dan CO<sub>2</sub>, unsur hara dikelompokkan sebagai unsur makro yaitu N, P, K, S, Ca, dan Mg serta hara mikro yaitu Fe, B, Mn, Zn, Cu, Mo, dan Cl (Baligar and Duncan, 1990; Corley and Tinker, 2016). Seluruh unsur hara tersebut diperlukan tanaman dalam jumlah cukup untuk mendukung pertumbuhan dan produksi yang optimal,

defisiensi baik satu jenis maupun gabungan dari beberapa unsur hara akan berakibat langsung pada penurunan performa tanaman. Suplai unsur hara dapat bersumber dari atmosfer, mineral tanah, bahan organik, dan input agronomis. C, H, dan O adalah unsur hara yang bersumber dari atmosfer dalam bentuk air dan CO<sub>2</sub>, sementara N dari atmosfer dapat ditambat oleh beberapa jenis mikroba. Unsur hara lainnya baik makro maupun mikro bersumber dari pelapukan mineral, dekomposisi bahan organik, serta input agronomis seperti pupuk dan pestisida (Tiemann et al., 2018).

Kelapa sawit merupakan tanaman yang mampu beradaptasi dengan baik ketika dibudidayakan di berbagai jenis tanah dengan beragam tingkat kesuburan tanah (Md Noor et al., 2011; Apichatmeta et al., 2017). Meskipun demikian, suplai hara dari sumber alami (atmosfer, pelapukan mineral, dan dekomposisi bahan organik) belum tentu cukup untuk mendukung pertumbuhan dan produksi optimum pada skala budidaya. Hara dari pupuk diperlukan untuk memenuhi kebutuhan tanaman tersebut, yaitu dengan mempertimbangan kecukupan jumlah, kelengkapan jenis, dan ketepatan teknik aplikasi termasuk pemilihan cara aplikasi pupuk pada tanah atau daun (*foliar application*).

*Penulis yang tidak disertai dengan catatan kaki instansi adalah peneliti pada Pusat Penelitian Kelapa Sawit*

Rana Farassati (✉)  
Pusat Penelitian Kelapa Sawit  
Jl. Brigjen Katamsa No. 51 Medan, Indonesia  
Email: rana.farassati@gmail.com

Secara umum, tindakan pemupukan pada tanaman budidaya harus didasari dengan pemahaman tentang neraca hara, mekanisme serapan hara, dan efektivitas serapan hara (Corley and Tinker, 2016; Mitra, 2015; Naeem et al., 2017). Atas dasar tersebut, tulisan ini merangkum berbagai informasi untuk mengkaji neraca hara, mekanisme serapan hara, dan efektivitas penyerapan hara pada aplikasi pupuk melalui tanah dan daun khususnya pada kelapa sawit. Tulisan ini diharapkan dapat menjadi salah satu sumbangan pemikiran untuk pengembangan teknologi pupuk dan pemupukan dalam rangka mendukung budidaya kelapa sawit yang berkelanjutan.

### NERACA HARA PADA KELAPA SAWIT

Tanah merupakan media utama pensuplai hara esensial bagi pertumbuhan tanaman baik dari pelapukan mineral (umumnya mengandung K, Ca, Mg, Fe), dekomposisi bahan organik (umumnya mengandung N, P dan S), maupun dari aktivitas mikroba yang menambat N dari atmosfer. Ketersediaan hara-hara tersebut sangat beragam dan pada beberapa kondisi menjadi terbatas karena sangat ditentukan oleh jenis bahan induk tanah, tingkat pelapukan mineral, suasana reduksi/oksidasi, spesies tanaman, serta hal-hal yang berkaitan dengan bahan organik seperti jenis, kuantitas, dan tingkat dekomposisi. Pada budidaya kelapa sawit, hara dari dalam tanah akan diserap melalui akar untuk selanjutnya termobilisasi dalam jaringan tanaman. Sebagian hara yang menjadi penyusun jaringan di organ buah akan keluar dari sistem lingkungan tanah-tanaman melalui kegiatan panen tandan buah segar (TBS). Perhitungan sederhana menunjukkan bahwa panen 25 ton TBS akan mengangkut 192 kg N; 11 kg P; 209 kg K; 36 kg Mg dan 71 kg Ca keluar dari sistem (Foster and Goh, 1997).

Selain melalui panen, terdapat kemungkinan jalur kehilangan hara lainnya yaitu melalui fiksasi, erosi, dan pencucian. Tanah umumnya memiliki muatan negatif sehingga mampu menjerap hara positif seperti K, Mg, Ca, dan  $\text{NH}_4^+$  dengan efektivitas berbeda-beda yang ditentukan oleh nilai kapasitas tukar kation (KTK) tanah (Adler et al., 2009). Di sisi lain, muatan positif dalam tanah umumnya rendah sehingga hara dalam bentuk anion seperti seperti

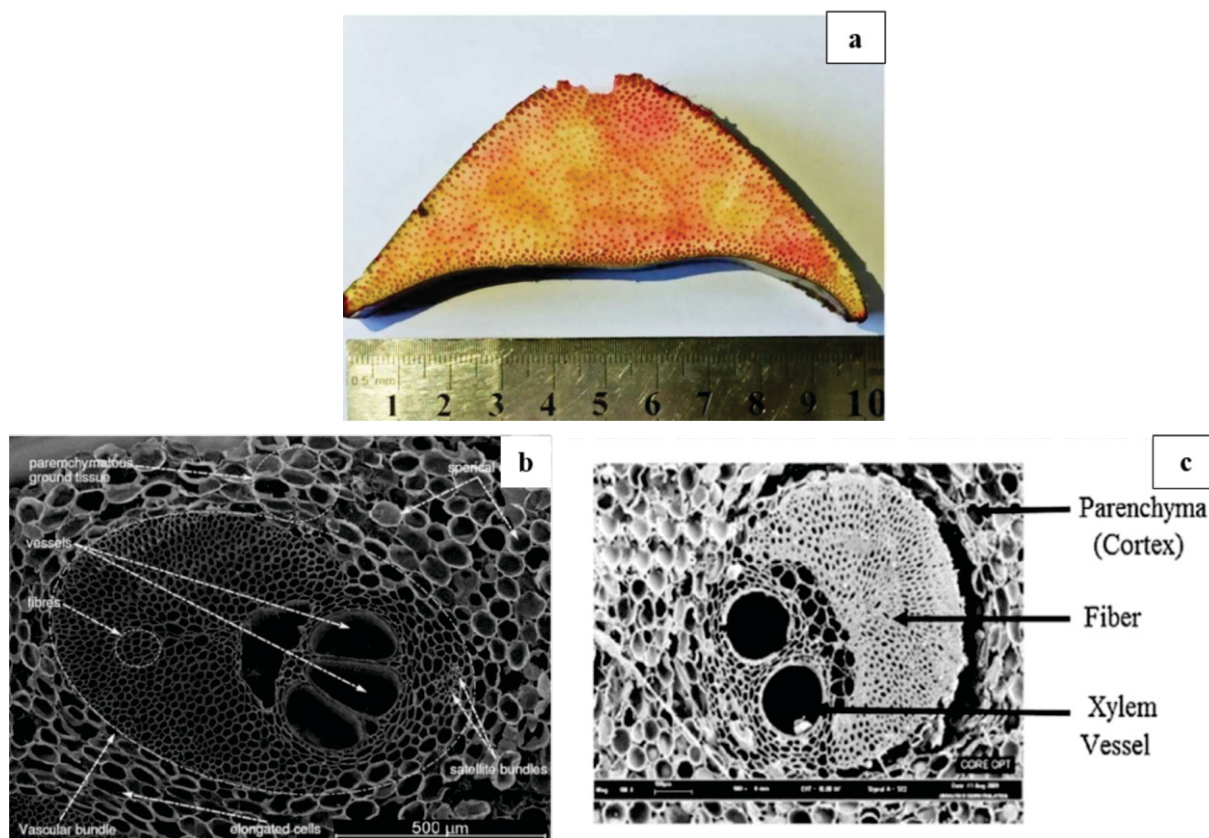
$\text{NO}_3^-$  mudah hilang melalui pencucian (leaching), meskipun hal ini tidak terjadi pada P yang juga diserap dalam bentuk anion ( $\text{H}_2\text{PO}_4^-$  atau  $\text{HPO}_4^{2-}$  pada kisaran pH yang umum untuk tanah-tanah pertanian). P bersifat immobile dalam tanah (Jeschke, 2017) karena bentuk anionnya mudah terfiksasi oleh muatan positif dari Fe, Al, atau Ca sehingga kehilangan P umumnya melalui erosi. Dengan memperhitungkan potensi jumlah hara yang hilang baik melalui proses di dalam tanah maupun melalui panen, secara umum masih diperlukan input hara dari pupuk baik organik maupun anorganik dengan jumlah hara yang setidaknya setara dengan jumlah hara yang hilang sehingga kelapa sawit tetap mampu tumbuh dan berproduksi optimal secara berkesinambungan.

### MEKANISME SERAPAN HARA PADA TANAMAN KELAPA SAWIT

Meskipun mekanisme serapan hara pada kelapa sawit sangat kompleks dan kajiannya masih sangat sedikit. Oleh karena keterbatasan literatur yang mengkaji mengenai efektivitas serapan hara melalui tanah maupun daun pada kelapa sawit, maka diasumsikan pola efektivitas serapan relatif sama dengan tanaman lain (White, 2012). Secara umum, serapan hara oleh tanaman ditentukan oleh siklus transportasi membran tanaman dan sumber ketersediaan hara. Transportasi membran dipengaruhi oleh sifat elektrokimia yaitu kandungan  $\text{H}^+$ -ATPase pada bagian plasma membrane. Plasma membran adalah bagian membran yang membatasi dinding sel dengan sitoplasma, merupakan site terjadinya proses transfer ion. Sitoplasma terdiri atas inti sel, mitokondria, dan kloroplas. Kloroplas berperan dalam mengubah karbondioksida ( $\text{CO}_2$ ) yang diserap tanaman dari atmosfer menjadi senyawa organik dan energi, untuk selanjutnya energi tersebut digunakan tanaman dalam penyerapan unsur hara (Rosmarkam dan Yuwono, 2002).

Pada tingkat jaringan, secara umum pengangkutan hara dan air dilakukan *xylem* untuk selanjutnya didistribusikan ke daun untuk diolah menjadi asimilat. Sementara itu, distribusi asimilat hasil fotosintesis ke seluruh organ tanaman terjadi dalam *phloem* (Adler et al., 2009; White, 2012). Identifikasi kedua pembuluh tersebut mudah dilakukan pada tanaman dikotil, namun sedikit sulit pada tanaman monokotil. Pada kelapa sawit yang

merupakan tanaman monokotil, *xylem* dan *phloem* *bundle* yang letaknya tersebar (Gambar 1).  
tergabung dalam suatu sistem jaringan *vascular*



Gambar 1. (a) Sebaran *vascular bundle* pada pelepah tanaman kelapa sawit (sumber: dokumen PPKS); (b) Struktur anatomi dari jaringan tanaman kelapa sawit ; (c) jaringan di dalam *vascular bundle* (sumber: Hashim et al., 2012; Dungani et al., 2013)

*Vascular bundle* tersebar di batang, akar dan pelepah tanaman kelapa sawit. Oleh karena itu, penyerapan hara dan air pada tanaman kelapa sawit akan optimal dilakukan oleh organ yang memiliki akses untuk masuk ke dalam jaringan pengangkut (baik *xylem* maupun *phloem*) di dalam *vascular bundle* tersebut. Secara umum, terdapat dua saluran masuk yang dapat diakses oleh air dan hara ke dalam tanaman kelapa sawit, yaitu melalui akar dan daun. Skema sederhana proses penyerapan hara pada tanaman kelapa sawit disajikan pada Gambar 2.

### Serapan hara melalui akar

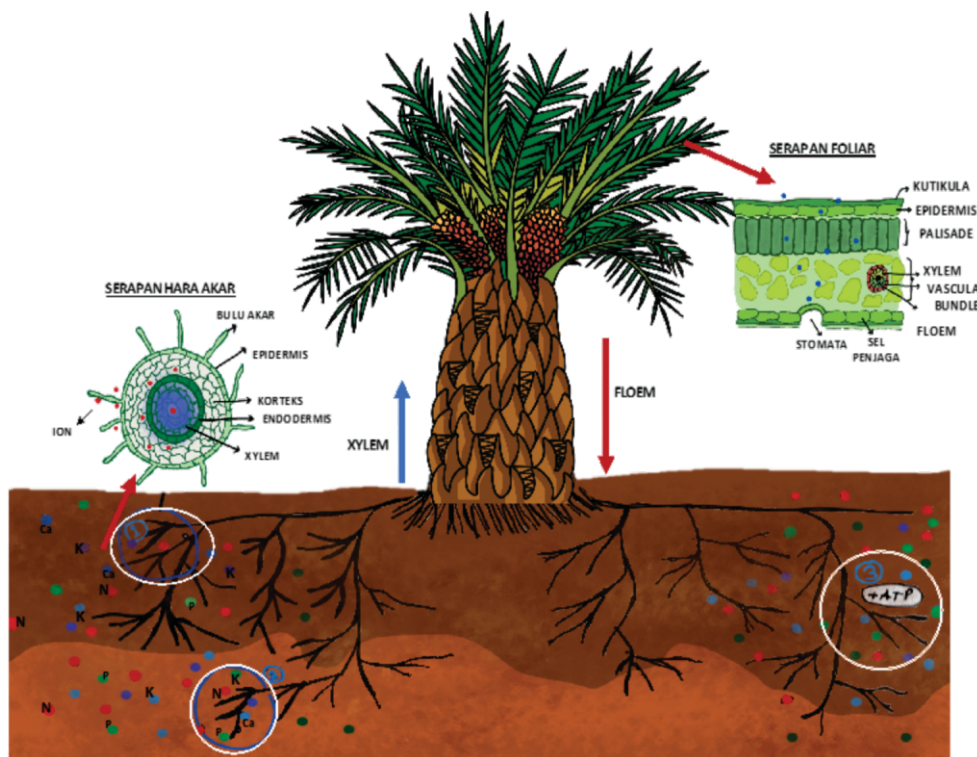
Seperti jenis tanaman lain, saluran utama serapan hara pada tanaman adalah akar. Pada kelapa sawit,

akar dikelompokkan berdasarkan ukurannya menjadi akar primer ( $\Theta$  5 - 10 mm), sekunder ( $\Theta$  1 – 4 mm), tersier ( $\Theta$  0,6 - 1,5 mm), dan kuartar ( $\Theta$  0,2 – 0,5 mm) (Jourdan et al., 2000; Corley and Tinker, 2016). Kelompok akar kelapa sawit yang paling berperan dalam serapan hara adalah akar tersier dan kuartar (Corley and Tinker, 2016). Sementara itu, akar primer dan sekunder merupakan jangkar yang mendukung tegaknya struktur tanaman (Intara et al., 2018). Tinker (1976) menyatakan bahwa akar kuartar dan tersier yang berperan dalam penyerapan hara (feeding root) dapat memiliki panjang 60 km/tanaman atau 9000 km/ha, setara dengan 82% dari keseluruhan panjang akar kelapa sawit. Total *length root* (total panjang akar) merupakan parameter utama yang digunakan untuk menggambarkan potensi serapan hara dari akar

tanaman, meskipun perkembangannya dibatasi oleh jenis tanah pada setiap kondisi pedoagroklimat.

Pada proses serapan hara melalui akar, pergerakan hara dari dalam tanah diawali dengan ketersediaan hara dalam bentuk ion yang terlarut dalam air tanah dan tersedia bagi tanaman. Proses serapan hara ke dalam tanaman umumnya dapat terjadi melalui transport aktif dan pasif. Menurut Mitra (2015) dan Naeem et al. (2017), mekanisme

pergerakan hara dari kompleks jerapan atau larutan tanah ke akar dipengaruhi oleh gradien konsentrasi, jenis tanaman, ketersediaan hara dalam tanah, dan ketersediaan energi dari tanaman untuk menyerap hara tersebut. Mekanisme perpindahan hara dari kompleks jerapan/larutan tanah ke akar ini dapat melalui intersepsi akar, aliran masa maupun difusi (Rosmarkam dan Yuwono, 2002; Mitra, 2015; Naeem et al., 2017) (Gambar 3).

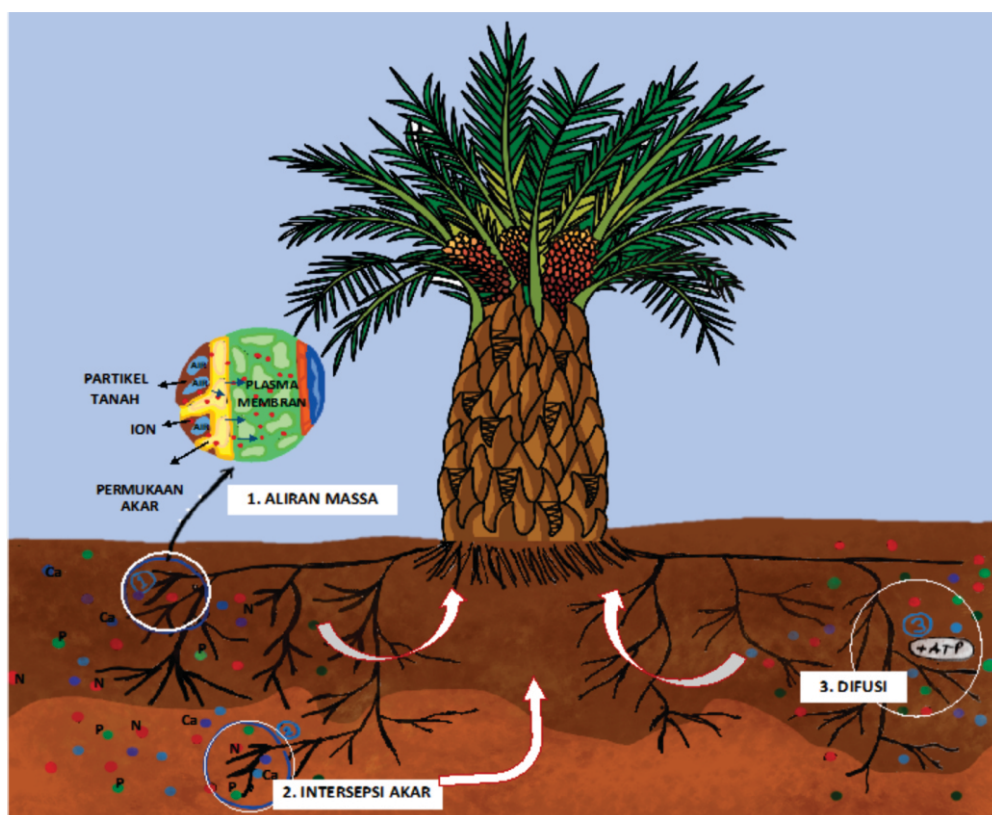


Gambar 1. (a) Sebaran *vascular bundle* pada pelepah tanaman kelapa sawit (sumber: dokumen PPKS); (b) Struktur anatomi dari jaringan tanaman kelapa sawit ; (c) jaringan di dalam *vascular bundle* (sumber: Hashim et al., 2012; Dungani et al., 2013)

Intersepsi akar merupakan proses perpindahan hara melalui persinggungan antara bulu-bulu akar yang mampu menembus agregat tanah dan bersinggungan dengan hara dalam bentuk ion yang tersedia di kompleks jerapan dan larutan tanah (Rosmarkam dan Yuwono, 2002; Fernández, 2016). Selanjutnya, ion hara berpindah pada permukaan akar melalui epidermis dan korteks menuju bagian endodermis. Bagian endodermis memiliki lapisan hidrofobik berbahan suberin pada dinding *Casparian Band* / Pita Casparian yang mengandung zat lilin dan berfungsi untuk mengendalikan serapan hara secara

pasif ke dalam tabung vaskular sentral akar (stele). Proses tersebut juga merupakan bentuk selektivitas dalam transfer ion di sistem vaskular (Adler et al., 2009; Mitra, 2015). Kuantitas hara yang diserap oleh akar tanaman secara intersepsi dipengaruhi oleh volume tanah yang dilewati oleh perakaran, konsentrasi hara di tanah, dan morfologi akar (Rosmarkam dan Yuwono, 2002). Umumnya, volume tanah yang dapat ditembus oleh perakaran hanya kurang dari 1%, sehingga dapat diasumsikan hanya 1% hara dalam tanah yang dapat diperoleh dari intersepsi akar (Adler et al., 2009).





Gambar 3. Mekanisme serapan hara perakaran tanaman (Modifikasi dari Jourdan and Rey, 1997; Mitra, 2015)

<b>Primary Uptake Mechanisms in Nutrient Transport to Roots</b>			
Nutrient	Root Interception	Mass Flow	Diffusion
Nitrogen		●	
Phosphorus	●		●
Potassium			●
Calcium		●	
Magnesium		●	
Sulphur		●	
Manganese			●
Zinc			●
Iron	●		●
Copper	●		●
Boron		●	

Gambar 4. Mekanisme penyerapan berbagai jenis hara oleh akar tanaman (Walters, 2011)

Aliran masa (*convective flow*) merupakan mekanisme serapan hara dalam bentuk ion terlarut yang berpindah bersama aliran air ke akar tanaman yang dipengaruhi oleh transpirasi tanaman. Beberapa unsur hara seperti N ( $\text{NO}_3^-$ ) dan S ( $\text{SO}_4^{2-}$ ) umumnya diserap oleh tanaman melalui mekanisme ini (Rosmarkam dan Yuwono, 2002; Adler et al., 2009). Fernández (2016) menyatakan bahwa beberapa faktor yang mempengaruhi serapan hara melalui aliran massa adalah laju pelepasan hara dalam larutan, kapasitas buffer, proporsi antara ion dan larutan, penggunaan air tanaman, air gravitasi setelah hujan, dan kapilaritas tanah untuk memindahkan air pada pori-pori tanah menuju akar tanaman.

Mekanisme serapan hara oleh akar berikutnya adalah melalui difusi, yaitu perpindahan hara melalui membran plasma karena adanya gradien konsentrasi hara antara larutan tanah (konsentrasi tinggi) dengan sel-sel di jaringan perakaran akar

(konsentrasi rendah). Pada mekanisme difusi, hara berpindah menuju apoplas, lalu ke membran sel untuk selanjutnya didistribusikan ke jaringan lain untuk proses metabolisme dan pertumbuhan tanaman. Laju difusi hara lewat akar tanaman dipengaruhi beberapa faktor seperti interaksi antar ion dan matriks tanah, tekstur tanah, reaktivitas hara dalam tanah, struktur tanah, serta kelembaban tanah (Mitra, 2015).

Menurut Mengel (1995) dan Walters (2011), potensi jumlah hara yang diserap tanaman dalam bentuk intersepsi, aliran masa dan difusi hara berbeda-beda seperti disajikan pada Gambar 4 dan Tabel 1. Sebagai informasi, hara-hara yang relatif lebih banyak terdapat di larutan tanah seperti N akan lebih banyak diserap melalui aliran massa, sementara hara yang lebih banyak terdapat di kompleks jerapan dan relatif lebih sedikit di larutan tanah dominan diserap tanaman melalui difusi.

Tabel 1. Perimbangan jumlah hara makro yang kemungkinan diserap dalam bentuk intersepsi, aliran massa, dan difusi hara tanaman (Sumber Mengel et al., 1995)

Hara	Intersepsi	Aliran Massa	Difusi
Nitrogen (N)	<1	80	19
Fosfor (P)	2	5	93
Kalium (K)	2	18	80
Kalsium (Ca)	150	375	0
Magnesium (Mg)	33	600	0
Sulfur (S)	5	300	0

Berdasarkan Gambar 4 dan Tabel 1 dapat diketahui bahwa penyerapan hara makro dan mikro oleh akar umumnya lebih dominan dilakukan melalui mekanisme aliran massa dan difusi. Hara-hara dengan ukuran valensi yang lebih kecil umumnya akan diserap melalui difusi, khususnya hara K. Bahkan hara K cenderung memiliki keleluasaan dalam memasuki membran sel, sehingga sering disebut dengan hara "*luxury consumption*". Sementara itu, hara lain yang memiliki valensi lebih tinggi dan sangat diseleksi oleh membran sel umumnya akan masuk melalui mekanisme aliran massa, seperti hara Ca, Mg dan S. Hara makro lain yang juga lebih dominan diserap melalui aliran massa adalah hara N.

#### Serapan hara melalui daun

Organ lain yang dapat berperan sebagai inlet serapan hara adalah daun (Gambar 2). Hal ini karena adanya stomata dan kutikula pada daun yang berfungsi sebagai pintu masuk hara dan atau senyawa lain melalui daun (Tarek and Hasan, 2017; Basavaraj and Chetan, 2018). Menurut Tomar dan Kalra (2018), daun menyerap hara dalam konsentrasi yang rendah. Mekanisme serapan hara melalui daun dimulai dengan masuknya hara melalui stomata, eksodesmata dan kutikula pada bagian epidermis menuju ke dalam sitoplasma tanaman. Rendahnya serapan hara melalui daun dikarenakan daun memiliki respon yang adaptif terhadap lingkungan (cekaman kekeringan dan suhu

ekstrim) (Oosterhuis, 2007; Rosmarkam dan Yuwono, 2002). Oleh karena itu, saat kondisi lingkungan tidak mendukung maka penyerapan hara tidak dapat dilakukan lagi karena stomata akan menutup.

Selain sebagai tempat pertukaran gas seperti  $\text{CO}_2$  dan  $\text{O}_2$  dari atmosfer, stomata juga berperan sebagai tempat masuknya  $\text{NH}_3$  dan  $\text{NO}_2$  serta hara lain dalam bentuk gas serta larutan (Rosmarkam dan Yuwono, 2002). Ektodesmata merupakan kanal atau *cavity* untuk pergerakan larutan hara melalui lapisan kutikula. Kutikula dilewati oleh sejumlah jalur hidrofilik yang bersifat permeable terhadap air dan molekul kecil larutan. Ukuran diameter  $<1 \text{ nm}$ , dengan densitas  $10^{10}$  pori/cm. Pergerakan hara melalui kutikula dipengaruhi oleh konsentrasi hara, ukuran molekuler, bentuk organik dan inorganik, larutan pada permukaan daun, dan muatan pada kutikula (Oosterhuis, 2007).

## SOIL FERTILIZATION

Pemilihan metode aplikasi pupuk jenis tertentu melalui tanah (*soil fertilization*) atau daun (*foliar fertilization*) untuk kelapa sawit perlu memperhatikan karakter kebutuhan kelapa sawit tanaman terhadap hara yang terdapat dalam jenis pupuk tersebut. Aplikasi pupuk dengan kandungan hara yang diperlukan dalam jumlah banyak (unsur makro) lebih disarankan menggunakan metode *soil fertilization* (Mitra, 2015; Naeem et al., 2017; Lixandru et al., 2018). Selain pertimbangan teknis dalam kemudahan aplikasi karena harus diaplikasikan dalam jumlah yang relatif banyak, hara dalam pupuk tersebut umumnya akan lebih optimal diserap tanaman melalui akar. *Soil fertilization* dapat dilakukan dengan sistem tebar di permukaan tanah atau sistem benam, tergantung pada perhitungan resiko kehilangan hara melalui pencucian (*leaching*), *run off*, dan penguapan.

Teknis agronomis paling umum untuk mengoptimalkan *soil fertilization* adalah penerapan “4 Tepat”, yaitu tepat jenis, tepat dosis, tepat cara, dan tepat waktu. IPNI (*International Plant Nutrition Institute*) (2017) menyatakan bahwa prinsip kunci pemupukan agar lebih efektif dan efisien adalah dengan memperhatikan sumber pupuk yang digunakan, menyesuaikan dengan kebutuhan tanaman yang dapat diketahui melalui analisis daun dan tanah, waktu pemupukan dengan risiko kehilangan minim seperti tidak melakukan pemupukan pada saat curah hujan

terlalu tinggi, serta metode aplikasi yang tepat. Penerapan 4T dalam *soil fertilization* juga perlu didukung dengan penerapan teknik konservasi tanah dan air (KTA). Bangunan KTA di perkebunan kelapa sawit yang telah banyak dikenal adalah rorak dan guludan pada lahan dengan topografi datar, tapak timbun pada areal rendahan, dan sistem tanam teras individu/teras sinambung pada lahan berlereng. Bangunan KTA tersebut berkontribusi dalam mengurangi *leaching* atau pencucian hara yang terjadi pada areal piringan tanaman kelapa sawit akibat *run off* atau erosi (Moradi et al., 2015).

Disamping hal-hal agronomis terkait *soil fertilization*, secara khusus serapan hara dari pupuk oleh tanaman melalui akar juga dapat ditingkatkan melalui optimalisasi kondisi *rhizosfer* (van Dam and Bouwmeester, 2016). *Rhizosfer* merupakan zona perakaran dengan intensitas yang tinggi pada proses serapan hara aktif, simbiosis mikroorganisme, dan pelepasan eksudat akar. Pada *rhizosfer* terjadi proses biogeokimia yang melibatkan enzim dan metabolit sekunder untuk meningkatkan serapan hara dari dalam tanah melalui perakaran (Patil et al., 2018). Proses metabolik dari eksudat akar berpengaruh terhadap relasi antar tanaman dalam akuisisi kebutuhan hara dan simbiosis dengan mikroorganisme bermanfaat untuk meningkatkan ketersediaan hara untuk diserap oleh tanaman (van Dam and Bouwmeester, 2016; Ahkami et al., 2017). Beberapa mikroba yang bermanfaat seperti bakteri pelarut fosfat dan kalium, bakteri penambat nitrogen, dan berbagai bakteri lainnya berinteraksi pada *rhizosfer* serta terlibat dalam siklus hara serta menghasilkan metabolit dan enzim yang berperan dalam peningkatan ketersediaan hara dan efektivitas serapan hara tanaman (Sahu et al., 2017; Huang et al., 2014).

Simbiosis antara mikoriza dan perakaran tanaman yang berkontribusi dalam perubahan gradien hara serta ketersediaannya juga lebih banyak terjadi di *rhizosfer* dan *mycorrhizosphere* (Koele et al., 2014). Simbiosis ini sangat bermanfaat membantu survival tanaman ketika berada pada kondisi cekaman abiotik (Begum et al., 2019), termasuk dalam membantu tanaman menyerap P yaitu dengan mempercepat laju difusi orthophosphate ke akar melalui hifa *arbuscular* mikoriza (Phosri et al., 2010; McNear Jr., 2013). Pada tanaman kelapa sawit, menyatakan bahwa umumnya infeksi fungi mikoriza terjadi pada akar (*vesicular-*

*arbuscular mycorrhiza*) (Corley and Tinker (2016) yang turut membantu serapan hara terutama untuk hara fosfor (P), zink (Zn), dan tembaga (Cu) (Patil et al., 2018).

Kondisi lingkungan *rhizhosfer* dapat dioptimalkan secara biologi dengan peningkatan kesehatan tanah untuk menciptakan lingkungan yang sesuai bagi simbiosis mutualisme antara tanaman dengan konsorsium mikroba/makroorganisme tanah (Lakshmanan et al., 2014), perbaikan fisik dengan menerapkan teknologi konservasi tanah dan air pada lahan yang dibudidayakan (Moradi et al., 2015), serta secara kimia melalui penerapan kebijakan yang tepat untuk pemupukan, aplikasi herbisida, dan aplikasi bahan kimia lain di lingkungan perakaran tanaman. Khusus untuk upaya peningkatan kesehatan tanah, indikator penting yang perlu menjadi perhatian adalah ketersediaan bahan organik tanah sebagai sumber energi mikroba serta keragaman mikroba tanah. Input karbon organik dan mikroba diperlukan apabila bahan organik tanah dan keragaman mikroba sudah mulai berkurang. Di perkebunan kelapa sawit, input mikroba dan karbon organik tersebut umumnya diperoleh melalui aplikasi pupuk organik dari lingkungan kebun (tandan kosong, aplikasi limbah cair) dan aplikasi pupuk hayati (Ab Rahman et al., 2013; Tohiruddin and Foster, 2013; Moradi et al., 2015). Selain memperkaya keragaman mikroba di *rhizosfer*, input mikroba dari pupuk hayati juga berpotensi mengurangi kebutuhan pupuk anorganik. Seperti dilaporkan Hidayat et al. (2018), aplikasi pupuk hayati mengandung bakteri endofit dari *rhizosfer* kelapa sawit mampu meningkatkan serapan hara N dan mengurangi penggunaan pupuk N pada pembibitan kelapa sawit sebanyak 25%.

### **FOLIAR FERTILIZATION**

Berbeda dengan pemupukan via tanah, pemupukan via daun pada tanaman kelapa sawit jarang dilakukan. Secara teoritis, unsur hara yang dapat diaplikasikan via daun adalah hara mikro. Hal ini karena hara mikro diperlukan dalam jumlah sedikit, sehingga akan lebih efektif bila diaplikasikan melalui jaringan daun (Mitra, 2015; Naeem et al., 2017; Lixandru et al., 2018).

Teknik pemupukan secara *foliar* dilakukan dengan mengaplikasikan hara dalam bentuk larutan secara

langsung pada permukaan daun dan diharapkan hara tersebut diserap melalui organ tanaman berupa stomata dan kutikula. Pupuk yang diaplikasikan pada daun harus memiliki kelarutan tinggi di dalam air agar lebih efektif diserap untuk kemudian ditranslokasikan ke organ tanaman lainnya (Basavaraj and Chetan, 2018; Marian and Fendrihan, 2018; Tomar and Kaira, 2018). Teknik ini umumnya dan seharusnya bukan dimaksudkan sebagai pengganti teknik pemupukan pada tanah, namun sebagai pelengkap terutama untuk aplikasi hara mikro, oligoelemen, zat pengatur tumbuh (ZPT), dan hara makro yang dinilai penyerapannya kurang optimal lewat perakaran tanaman.

*Foliar application* juga menjadi alternatif ketika kondisi tanah kurang optimal untuk mendukung serapan hara melalui akar seperti tanah memiliki kapasitas fiksasi tinggi, terlalu alkali, terlalu masam, atau memiliki salinitas tinggi. Menurut Tarek dan Hasan (2017) pada kondisi cekaman tertentu, terdapat unsur hara yang tidak diserap tanaman melalui akar, sehingga *foliar application* dapat menjadi alternatif untuk memenuhi kebutuhan hara tersebut bagi tanaman. Hal ini telah dibuktikan oleh Mandic et al. (2015) yang melaporkan bahwa dampak cekaman abiotik akibat rendahnya curah hujan mampu direduksi dengan aplikasi hara melalui daun.

Khan Qadri et al. (2015) menyatakan bahwa aplikasi pemupukan urea lewat daun cenderung lebih efektif terutama pada kondisi tanah dengan berbagai faktor pembatas serapan hara nitrogen (N). Sebagai contoh pada tanah salin, aplikasi pupuk foliar diserap lebih baik serta dapat membantu mengurangi peningkatan konsentrasi kadar garam dalam tanah. Selanjutnya, pada area tergenang dapat mengurangi kehilangan N apabila unsur hara diaplikasikan lewat tanah. Pada tanah kering dengan kelembaban rendah, aplikasi *foliar* mampu membantu asimilasi urea lewat daun oleh tanaman.

Pada berbagai tanaman, unsur hara mikro seperti Zn, B, Si, dan Cu dapat lebih tersedia dan lebih efektif diserap tanaman apabila diberikan lewat daun atau foliar application (Tarek and Hassan, 2017; Marian and Fendrihan, 2018). Lebih lanjut, terpenuhinya kebutuhan unsur hara mikro tanaman akan meningkatkan resistensi tanaman terhadap cekaman kekeringan (Crusciol et al., 2013), hama



penyakit (*fitopathogen*) (Antonoglou et al., 2018), dan meningkatkan antifungal (Liew et al., 2012).

Meskipun banyak terdapat kelebihan yang akan didapatkan dari aplikasi unsur hara lewat daun, terdapat juga beberapa faktor pembatas yang perlu diperhatikan seperti minimnya luas penampang dibandingkan dengan luas zona perakaran. Selain itu, adanya dinding luar sel epidermis yang bersifat hidrofobik dan tertutup oleh lapisan lilin (wax) atau kutin yang mengandung pektin, hemiselulosa dan selulosa menyebabkan larutan hara sukar menempel pada permukaan daun (Rosmarkam dan Yuwono, 2002).

Pernyataan tersebut juga didukung oleh hasil penelitian Rahnema et al (2017) yang menguji beragam metode aplikasi pupuk (tanpa pupuk, aplikasi melalui tanah, fertigasi, *foliar spray*, kombinasi antara foliar spray dan aplikasi melalui tanah) pada bibit kelapa sawit. Pada penelitiannya input pupuk melalui daun (*foliar spray*) menunjukkan pertumbuhan vegetatif yang tidak seoptimal aplikasi pupuk dengan fertigasi dan kombinasi aplikasi melalui tanah dan daun. Parameter vegetatif utama yang berbeda signifikan yaitu tinggi tanaman, diameter batang, jumlah daun, panjang daun, dan indeks klorofil. Berdasarkan uraian-uraian di atas, dapat disimpulkan bahwa aplikasi pemupukan langsung ke organ tanaman, khususnya daun dapat dilakukan pada beberapa kasus tertentu. Namun demikian, perlu ditekankan bahwa pada perkebunan kelapa sawit, aplikasi melalui daun (*foliar spray*) lebih memungkinkan sebagai pelengkap aplikasi melalui tanah (Rahnema et al., 2017).

## KESIMPULAN

Hara makro (N, P, K, Ca, Mg) dan hara mikro (B, Fe, Zn, Cu, Mn, Al, dan Mo) dibutuhkan dalam mendukung pertumbuhan kelapa sawit. Serapan hara tanaman didominasi oleh organ akar, lalu diikuti dengan organ daun. Hara makro dari dalam tanah umumnya lebih efektif diserap perakaran tanaman melalui proses difusi dan aliran massa. Sementara, hara mikro, ZPT dan oligoelemen lebih efektif diserap melalui aplikasi daun (*foliar fertilization*) dengan inlet berupa stomata dan kutikula secara difusi. Meskipun pada tanaman kelapa sawit *Soil fertilization* dan penyerapan hara

lewat perakaran cenderung lebih optimal, namun, *foliar fertilization* memiliki peranan penting untuk memenuhi unsur hara dan elemen yang dibutuhkan dalam jumlah yang sedikit serta dengan dosis rendah.

## DAFTAR PUSTAKA

- Ab Rahman, Z., Abdul, H.N., Hawari, Y., Hashim, Z., & Tan, D. (2013). Zero waste technology for palm oil mills (pomed. MPOB Information Series, (June).
- Adler, P.R., Cumming J.R., & Arora, R. (2009). Nature of Mineral Nutrient Uptake by Plants. *Agricultural Sciences*, 1, 355-371.
- Ahkami, A., White III, R.A., Handakumbura, P.P. & Jansson, C. (2017). Rhizosphere engineering: enhancing sustainable plant ecosystem productivity in a challenging climate. *R h i z o s p h e r e* . <http://dx.doi.org/10.1016/j.rhisph.2017.04.012>
- Antonoglou, O., Moustaka J., Adamakis, I.S., Sperdouli, I., Pantazaki, A.A., Moustakas, M., & Dendrinou-Samara, C. (2018). Cu Zn Nanoparticles as Foliar Spray Non-phytotoxic Fungicides. *ACS Applied Materials & Interfaces*, 10(5), 4450-4461.
- Apichatmeta, K., Sudsiri, C.J., & Ritchie, R.J. (2017). Photosynthesis of Oil Palm (*Elaeis guineensis*). *Scientia Horticulturae*. 214(January), 34–40. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2016.11.013>
- Basavaraj, P., & Chetan, H.T. (2018). Foliar fertilization of nutrients. *Marumegh*, 3(1).
- Begum, N., Cheng, Q., Ahanger, M.A., Raza, S., Khan, M.I., Ashraf, M., Ahmed, N., & Zhang, L. (2019). Role of arbuscular mycorrhizal fungi in plant growth regulation: implications in abiotic stress tolerance. *Frontiers in Plant Science*, 10: 1-15. doi: 10.3389/fpls.2019.01068.
- Corley, R.H.V., & Tinker, P.B. (2016). The Oil Palm, Fifth Edition. Wiley Blackwell Publishing.
- Crusciol, C.A., Soratto, R.P., Castro, G.S.A., Costa, C.H.M., & Neto, J.F. (2013). Foliar application of stabilized silicic acid on soybean, common bean, and peanut. *Revista Ciência Agronômica*, 44, 404-410.

- Dungani, R., Jawaid, M., Abdul Khalil, H.P.S., Jasni, S., Aprilia, K.R., Hakeem, S., Hartati, & Islam, M.N. (2013). A review on quality enhancement of oil palm trunk waste by resin impregnation: future materials. *Bio Resources*, 8(2), 1-21.
- Fernández, F.G. (2016). Mechanisms of Nutrient Uptake: Is Fertilization Enough?. Nutrient Management Conference. University of Minnesota.
- Foster, H.L., & Goh, H.S. (1997). Fertilizer Requirement of Oil Palm in West Malaysia. In: International Development in Oil Palm (Newall, W. ed.). Incorporated Society of Planters, Kuala Lumpur
- Hashim, R., Nadhari, W.N.A.W., Sulaiman, O., Sato, M., Hiziroglu, S., Kawamura, F., Sugimoto, T., Tay, E., Seng, G., & Tanaka, R. (2012). Properties of binderless particleboard panels manufactured from oil palm biomass. *Bio Resources*, 7(1), 1352–1365.
- Hidayat, F., Rahutomo, S., Farrasati, R., Pradiko, I., Syarovy, M., Sutarta, E.S., dan Widayati, W.E. (2018). Pemanfaatan bakteri endofit untuk meningkatkan keragaan bibit kelapa sawit (*Elaeis guineensis* Jacq.). *J.Pen. Kelapa Sawit*, 26(2): 71-78.
- Huang K.F., Chaparro, J.M., Reardon, K.F., Zhang, R., Shen, Q., & Vivanco, J.M. (2014). Rhizosphere interactions: root exudates, microbes, and microbial communities. *Botany*, 92, 267–275. [dx.doi.org/10.1139/cjb-2013-0225](https://doi.org/10.1139/cjb-2013-0225).
- Intara, Y.I., Nusantara, A.D., Supanjani, Caniago, Z., & Ekawita, R. (2018). Oil palm roots architecture in response to soil humidity. *International journal of oil palm*, 1(2), 79-89.
- International Plant Nutrition Institute (IPNI). (2017). 4T Hara Tanaman: Pedoman peningkatan manajemen hara tanaman. IPNI SEAP. [http://seap.ipni.net/ipniweb/region/seap.nsf/0/D398BB321AAAE90585258195000D747D/\\$FILE/INDONESIAN%20RManual%202017%20\(Low%20Res\).pdf](http://seap.ipni.net/ipniweb/region/seap.nsf/0/D398BB321AAAE90585258195000D747D/$FILE/INDONESIAN%20RManual%202017%20(Low%20Res).pdf)
- Jeschke, M. 2017. Phosphorus behaviour in soil. [https://intelseed.ca/uploads/Phosphorus\\_Behavior\\_in\\_Soil-2017.pdf](https://intelseed.ca/uploads/Phosphorus_Behavior_in_Soil-2017.pdf)
- Jourdan C., Michaux-Ferriere, N., & Perbal, G. (2000). Root system architecture and gravitropism in the oil palm. *Ann. Bot*, 85, 861-868.
- Khan Qadri, R.W., Khan, I., Muzammil, J.M., Ashraf, U., Samin, G., Anwer, A., Adnan, M., Bashir, M. (2015). Phosphorous and foliar applied nitrogen improved productivity and quality of potato. *American Journal of Plant Sciences*, 6, 144-149.
- Koele, N., Kuyper, T.W., & Bindraban, P.S. (2014). Beneficial Organisms for Nutrient Uptake. VFRC Report 2014/1. Virtual Fertilizer Research Center, Washington, D.C. 63 pp.
- Lakshmanan, V., Selvaraj, G., & Bais, H.P. (2014). Functional soil microbiome: belowground solutions to aboveground problem. Update on the soil microbiome: *Plant Physiology*, 166, 689-700.
- Liew, Y.A., Syed Omar, S.R., Husni, M.H.A., Zainal, A.M.A., & Nur Ashikin, P.A. (2012). Effects of Foliar Applied Copper and Boron on Fungal Diseases and Rice Yield on Cultivar MR219. *Pertanika. Journal of Tropical Agriculture Science*, 35(2), 339-349.
- Lixandru, M., & S. Fendrihan. (2018). Foliar fertilization of cultivated plants improve their resistance to environmental stress and pathogens – mini review. *Romanian journal for plant protection*, 11, 90-94.
- Mandic, V., Simic, A., Krnjaja, V., Bijelic, Z., Tomic, Z., Stanojkovic, A., & Ruzic, M.D. (2015). Effect Of Foliar Fertilization On Soybean Grain Yield. *Biotechnology in Animal Husbandry*, 31(1), 133-143.
- Marian, L., & Fendrihan, S. (2018). Foliar Fertilization Of Cultivated Plants Improve Their Resistance To Environmental Stress And Pathogen. *Romanian Journal For Plant Protection*, 11: 90-94.
- McNear Jr., D.H. (2013). The Rhizosphere – Roots, soil and everything in between. *Nature Education knowledge*, 4(3), 1-16.
- Md Noor, M.R., Harun, M.H., & Jantan, N.M. (2011). Physiological Plant Stress and Responses in Oil Palm. *Oil Palm Bulletin*, 62(May), 25–32.
- Méndez, Y.D.R., Chacón, A.L.M., & Romero, H.M. (2013). Biochemical and Physiological

- Characterization of Oil Palm Interspecific Hybrids (*Elaeis oleifera* x *Elaeis guineensis*) Grown in Hydroponics. *Acta biol. Colomb*, 18(3), 465-472.
- Mengel, D. (1995). Roots, growth and nutrient uptake. Dept. of Agronomy publication # AGRY-95-08 (Rev. May - 95). <http://www.agry.purdue.edu/ext/pubs/agry-95-08.pdf> (Diakses pada 25 Juni 2020).
- Mitra, G.N. (2015). Regulation of Nutrient Uptake by Plants. Regulation of Nutrient Uptake by Plants. <https://doi.org/10.1007/978-81-322-2334-4>
- Moradi, A., Teh Boon Sung, C., Goh, K.J., Hanif, A.H.M., & Fauziah, I.C. (2015). Effect of four soil and water conservation practices on soil physical processes in a non-terraced oil palm plantation. *Soil and Tillage Research*, 145, 62-71. <https://doi.org/10.1016/j.still.2014.08.005>
- Naeem, M., Ansari, A. A., & Gill, S. S. (2017). Essential plant nutrients: Uptake, use efficiency, and management. *Essential Plant Nutrients: Uptake, Use Efficiency, and Management*, (August), 1-569. <https://doi.org/10.1007/978-3-319-58841-4>
- Oosterhuis, D. (2007). Foliar fertilization: Principals and Practices. Indiana CCA Conference Proceedings. University of Arkansas. <https://www.agry.purdue.edu/CCA/2007/2007/Proceedings/Derrick%20Oosterhuis.pdf> (diakses pada 23 Juni 2020).
- Patil, L., Hamsa, N., Adivappa, M., Asangi, M., & Meena, H. (2018). Influence of rhizosphereic biogeochemical process of plant nutrition. *Int. J. Pure App. Biosci*, 6(4), 506-515. <http://dx.doi.org/10.18782/2320-7051.6728>
- Phosri, C., Rodriguez, A., Sanders, I.R., & Jeffries, P. 2010. The role of mycorrhizas in more sustainable oil palm cultivation. *Agriculture, ecosystems and environment*, 135, 187-193.
- Pusat Penelitian Kelapa Sawit (PPKS). (2020). Alternatif penempatan pupuk secara efektif pada tanaman kelapa sawit. *PPKS Note, Edisi: Januari 2020*. <https://www.iopri.org/ppks-note/>.
- Pérez-de-Luque, A. (2017). Interaction of nanomaterials with plants: what do we need for real applications in agriculture?. Perspective. doi: 10.3389/fenvs.2017.00012
- Rahnama, A.A., Mohebi, A.H., & Khayat, M. (2017). Study of Different Fertilization Methods on Oil Palm (*Elaeis guineensis*) Vegetative Factors. *Journal of Crop Nutrition Science*, 3(1), 37-47.
- Rosmarkam & Yuwono. (2002). Ilmu Kesuburan Tanah. PT Kanisius, Sleman, DI Yogyakarta.
- Sahu, N., Vasu, D., Sahu, A., Lal, N., & Singh, S.K. (2017). Strength of microbes in nutrient cycling: a key to soil health. Agriculturally Important microbes for sustainable agriculture. Springer Nature Singapore Pte Ltd. doi: 10.1007/978-981-10-5589-8\_4.
- Su, Y., Ashworth, V., Kim, C., Adeleye, A.S., Rolshausen, P., Roper, C., White, J., & Jassby, D. (2019). Delivery, uptake, fate, and transport of engineered nano particles in plants: a critical review data and analysis. *Environmental Science Nano*, 1-21. doi: 10.1039/c9en00461k
- Tarek, A., & Hassan, El-R. (2017). Foliar application: from plant nutrition to biofortification. *Env Biodiv Soil Security*, 1, 71-83.
- Tiemann, T.T., Donough, C.R., Lim, Y.L., Härdter, R., Norton, R., Tao, H.H., Jaramilo, R., Satyanarayana, T., Zingore, S., & Oberthür, T. (2018). Feeding the Palm: A Review of Oil Palm Nutrition. *Advances in Agronomy*, 152, 149-243. doi: 10.1016/bs.agron.2018.07.001.
- Tinker, P.B. (1976). Soil requirements of the oil palm. In: Oil palm research (Ed. by R.H.V. Corley, J.J. Hardon & B.J. Wood), pp. 165-181, Elsevier, Amsterdam.
- Tohiruddin, L., & Foster, H.L. (2013). Superior effect of compost derived from palm oil mill by-products as a replacement for inorganic fertilisers applied to oil palm. *Journal of Oil Palm Research*, 25(1), 123-137.
- Tomar, P.C., & Kalra, T. (2018). Foliar application: a thriving and flourishing domain in agriculture. *Environmental analysis & ecology studies*, 2(1). 106 EAES.000526.2018. doi: 10.31031/EAES.2018.02.000526

van Dam, N.M., & Bouwmeester, H.J. (2016). Review: Metabolomics in the rhizosphere: tapping into belowground chemical communication. *Trends in Plant Science*, 21(3), 256-265. <http://dx.doi.org/10.1016/j.tplants.2016.01.008>

Walters, R. (2011). Nutrient transports to roots.

Technical Note 6. North Carolina University.

White P.J. (2012). Long-distance transport in the xylem and phloem. In: *Mineral nutrition of higher plants* (Ed. by P. Marschner), pp. 49-70, Academic Press, London.