

**PENGUNAAN GUANO DAN PUPUK NPK-MUTIARA UNTUK
MEMPERBAIKI KUALITAS MEDIA SUBSOIL DAN
PERTUMBUHAN BIBIT KELAPA SAWIT
(*Elaeis guineensis* Jacq)**

*Use of Guano and Fertilizer NPK to Improve Quality
of Subsoil Media and Growth of Oil Palm Seedling*

Mukhtaruddin¹, Sufardi², dan Ashabul Anhar³

¹⁾ Magister Sains, Jurusan Agroekoteknologi, Fakultas Pertanian, Universitas Syiah Kuala
Jl. Tgk. Hasan Krueng Kalee No. 3, Darussalam Banda Aceh 23111, E-mail: mukhtaruddin13@gmail.com

²⁾ Staf Pengajar Prodi Ilmu Tanah Fakultas Pertanian, Universitas Syiah Kuala,
Jl. Tgk. Hasan Krueng Kalee No. 3, Darussalam, Banda Aceh; Email: sufardi.usk@gmail.com

³⁾ Staf Pengajar Prodi Agroteknologi Fakultas Pertanian, Universitas Syiah Kuala,
Jl. Tgk. Hasan Krueng Kalee No. 3, Darussalam, Banda Aceh, Email: Anh.anhar@gmail.com

ABSTRACT

Utilization of subsoil as a growing medium for the nursery is a challenge to replace the role of topsoil as media for oil palm nurseries mainly on main nursery. This research was aimed at studying the effects of organic Guano and inorganic NPK fertilizer on oil palm seedling growth on sub soil growing media. The experiment was conducted in a pot, arranged in a randomized complete block design (RCBD), factorial 4x3 with 3 replicates. There were two factors examined, 1) guano dose consisting of four levels, namely: 0 kg, 0.5 kg, 1.0 kg and 1.5 kg/polybags and 2) inorganic fertilizers NPK consisting of three levels, namely: 0, 15, and 30 g/polybags. The results showed that subsoil can be used for growing media with applications of fertilizer Guano and inorganic NPK fertilizer. Guano and NPK fertilizer affected several soil chemical properties, i.e. increase in soil pH, available total C and N and P, and cation exchange capacity (CEC) and affected growth of oil palm seedling at age 16 weeks after planting. The best combination for the best seedling growth was obtained at 1.5 kg Guano + 30 kg NPK.

Keywords: Guano, NPK fertilizer, soil media quality, seed growth

PENDAHULUAN

Kelapa Sawit (*Elaeis guineensis* Jack) merupakan komoditas perkebunan yang memberi kontribusi penting terhadap perekonomian Indonesia. Produknya tidak hanya untuk menyuplai kebutuhan industri di dalam negeri, tetapi permintaan pasar ekspor juga semakin meningkat serta memiliki nilai ekonomis tinggi dan menjaga ketahanan pangan serta ketahanan energi. Kondisi ini menjadi peluang usaha yang sangat menjanjikan di masa mendatang. Hal ini dapat dilihat dari keunggulan kelapa sawit itu sendiri

maupun permintaan pasar yang kian meningkat (Maruli, 2012).

Produksi kelapa sawit sangat ditentukan oleh beberapa faktor yaitu faktor genetik dan faktor luar seperti iklim, tanah, dan budidaya. Pertumbuhan bibit yang baik dan sehat akan diperoleh jika perlakuan di pembibitan optimal. Perlakuan tersebut dimulai dengan melaksanakan penyiraman, pengendalian organisme pengganggu Tanaman (OPT), dan pemberian pupuk yang tepat dan seimbang. Pemupukan dimulai pada umur dua minggu setelah bibit dipindahkan ke *main nursery*. Jenis pupuk yang digunakan berupa pupuk majemuk NPK

dan pupuk Kiesserit (Maruli, 2012; Satyawibawa dan Widyastuti, 1992). Ada beberapa faktor yang mempengaruhi kualitas bibit kelapa sawit, satu di antaranya adalah media tanam yang akan digunakan pada pembibitan. Media tanam pada umumnya digunakan tanah lapisan atas (topsoil) yang subur. Namun pada daerah-daerah tertentu topsoil telah sulit didapatkan, hal itu disebabkan oleh penggunaannya yang secara terus menerus ataupun terkikis akibat erosi sehingga ketersediaannya semakin menipis.

Berkaitan dengan persoalan tersebut, maka pemanfaatan tanah lapisan bawah (subsoil) akan menjadi alternatif untuk menggantikan peran topsoil sebagai media tanam untuk bibit tanaman perkebunan di pembibitan. Hal ini disebabkan subsoil relatif lebih banyak tersedia dan mudah dijumpai dalam jumlah yang cukup besar di lapangan, di bandingkan dengan topsoil (Hidayat, et al, 2007). Penggunaan tanah lapisan bawah ini tentu akan menjadi tantangan karena secara fisik tanah ini relatif kurang subur dan miskin unsur haranya, serta mengandung bahan organik yang sangat rendah sehingga memerlukan penambahan bahan amelioran. Kandungan bahan organik yang rendah ini dapat diatasi dengan pemberian pupuk organik misalnya Guano, pupuk kandang, dan kompos atau bahan organik lainnya, sedangkan rendahnya kandungan dan ketersediaan hara dapat diperbaiki dengan pemberian pupuk NPK.

Pupuk guano adalah pupuk yang berasal dari kotoran kelelawar dan sudah mengendap lama di dalam gua dan telah bercampur dengan tanah dan bakteri pengurai. Pupuk guano ini mengandung nitrogen, fosfor dan potasium yang sangat bagus untuk mendukung pertumbuhan, merangsang akar, memperkuat batang bibit, serta mengandung semua unsur mikro yang dibutuhkan oleh bibit (Rasantika, 2009). Lebih lanjut Rasantika (2009) menyatakan bahwa guano

mengandung 19 % fosfor dalam bentuk P_2O_5 yang di dalam tanaman sebagai penyusun senyawa ATP yang diperlukan dalam proses fotosintesis untuk pembentukan karbohidrat (Mengel dan Kikrby, 2010; Sufardi, 2012). Pupuk anorganik merupakan pupuk buatan yang mengandung unsur hara tertentu yang dapat dipenuhi sesuai kebutuhan bibit, sehingga dapat dengan mudah mengatur penggunaannya terhadap kebutuhan hara bibit. Salah satu pupuk kimia yang dianjurkan adalah pupuk majemuk N-P-K (15-15-15). Pemupukan NPK ini dapat dilakukan setiap bulan sekali dengan dosis. bibit berumur 4-6 bulan sebanyak 20 gram setiap polibag hingga 30-40 gram setiap polibag pada umur di atas 7-18 bulan (Sutedjo, 2002).

Penggunaan secara kombinasi antara pupuk organik dan pupuk anorganik diharapkan akan memberikan pengaruh yang lebih baik terhadap sifat-sifat tanah subsoil sehingga dapat menggantikan peran topsoil sebagai media tanam pembibitan kelapa sawit terutama pada *main nursery*. Berdasarkan uraian tersebut, penelitian ini bertujuan untuk mengetahui respons pertumbuhan bibit kelapa sawit pada media tumbuh subsoil yang diberi pupuk Guano dan pupuk anorganik NPK di pembibitan.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini telah dilaksanakan di Desa Padang Kecamatan Setia Bakti Kabupaten Aceh Jaya Provinsi Aceh. Tempat percobaan berada pada ketinggian 200 m dpl, dengan curah hujan rata-rata 326,2 mm/bln dan jumlah hari hujan rata-rata 167 hh/tahun, dengan suhu rata-rata berkisar 25,4-27,0 °C pada siang hari dan 23-25 °C pada malam hari, serta memiliki kelembaban udara berkisar dari 81- 87 % (Dishutbun, 2011). Bahan tanah yang digunakan sebagai media dalam percobaan ini adalah tanah *subsoil* jenis

Aluvial yang di ambil dari lapisan bawah pada kedalaman 20–40 cm. Percobaan dimulai dari Juni 2013 hingga Desember 2013. Percobaan dilakukan dengan menggunakan Rancangan Acak Kelompok (RAK) pola faktorial 4 x 3 dalam 3 ulangan. Dua faktor yang diteliti yaitu faktor dosis pupuk guano dan dosis pupuk anorganik NPK Mutiara. Faktor dosis pupuk guano terdiri atas 4 taraf yaitu berturut-turut : 0 kg (G_0); 0,5 kg (G_1); 1,0 kg (G_2); dan 1,5 kg (G_3) per polibag. Faktor dosis pupuk NPK terdiri atas 3 taraf, yaitu : tanpa pemberian pupuk NPK atau 0 g (A_0), pemberian pupuk NPK 15 gram (A_1), dan pemberian pupuk NPK 30 gram (A_2), sehingga ada 12 kombinasi perlakuan dan 36 satuan (pot) percobaan.

Pengambilan sampel tanah untuk analisis awal dilakukan sebelum perlakuan yaitu dengan mengambil 500 g contoh tanah lapisan subsoil (20-40 cm) untuk dikeringanginkan, kemudian dihaluskan untuk dijadikan sampel analisis. Sifat-sifat tanah yang dianalisis meliputi tekstur, kadar air, pH (H_2O dan KCl), C dan N total, P tersedia, kadar kation tertukar (Ca^{++} , Mg^{++} , K^+ , dan Na^+), Kapasitas Tukar Kation (KTK), kadar H dan Al dapat ditukar (H-dd dan Al-dd), kejenuhan basa dan daya hantar listrik (DHL). Analisis tanah dilakukan di Laboratorium Penelitian Tanah dan Tanaman Fakultas Pertanian Universitas Syiah Kuala. Bahan tanah subsoil yang digunakan sebagai media pembibitan terlebih dahulu dibersihkan dan disaring dengan ayakan berdiameter lubang 2,00 mm, kemudian dimasukkan ke dalam polibag. Setiap satuan percobaan disiapkan 3 polibag yang ditempatkan pada plot ukuran 1 m x 1 m. Sesuai dengan rancangan percobaan, penempatan plot dipisahkan atas tiga kelompok yang berjarak 2 m. Jarak antar polibag adalah 0,5 m sedangkan jarak antara plot di dalam kelompok adalah 1 m.

Bahan tanah *subsoil* yang ada di dalam setiap polibag selanjutnya diberi pupuk guano sesuai dosis perlakuan yaitu 0, 0,5, 1,0, dan 1,5 kg per polibag, kemudian dicampur merata hingga homogen. Perlakuan pupuk anorganik NPK Mutiara juga diberikan sesuai dosis perlakuan yaitu 0, 15, dan 30 g per polibag. Pupuk NPK ini diberikan 3 tahap yaitu 1/3 dosis diberikan pada saat tanam/pemindahan bibit, 1/3 diberikan pada saat bibit berumur 30 hari setelah tanam, dan sisanya diberikan pada saat bibit berumur 60 hari setelah tanam. Sebelum bibit ditanam, tanah dalam polibag yang telah diberi pupuk diambil sebagian untuk diisi ke dalam polibag kecil (*baby bag*) berukuran 12 cm x 17 cm sebagai tempat bibit. Bibit dipindahkan ke dalam polibag perlakuan setelah berumur 90 hari di pembibitan awal dan setiap polibag ditanam 1 batang bibit. Bibit yang telah dipindahkan selanjutnya dipelihara dengan cara melakukan penyiraman pagi dan sore, penyiangan setiap bulan, pengendalian hama dan penyakit dilakukan secara manual.

Parameter sifat-sifat kimia tanah yang dianalisis setelah percobaan (16 minggu setelah tanam) adalah pH H_2O (metode elektrometrik), C organik (Walkley dan Black), N total (metode Kjeldahl), P tersedia (metode Bray II), dan KTK (metode 1N NH_4OAc pH7), sedangkan parameter pertumbuhan bibit kelapa sawit yang diamati adalah tinggi tanaman, diameter batang, dan bobot kering bibit. Pengamatan tinggi bibit, diameter batang, dan bobot kering bibit dilakukan setelah bibit tanaman berumur 16 minggu. Data bobot kering bibit ini diambil dengan cara mencabut bibit dari polibag dan mengeringkannya di dalam oven. Data hasil pengamatan dianalisis dengan menggunakan analisis ragam (uji F) dan uji Beda Nyata Terkecil (BNT) pada taraf 5%.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Sifat-sifat Tanah Subsoil sebelum Percobaan

Sifat-sifat bahan tanah lapisan bawah (20-40 cm) yang digunakan sebagai media pembibitan sebelum percobaan dapat dilihat pada Tabel 1. Tabel tersebut memperlihatkan bahwa secara fisik dan kimia bahan tanah subsoil yang digunakan dalam percobaan ini ternyata kualitasnya sangat rendah. Ini terlihat bahwa reaksi tanah agak masam dengan pH 5,57,

memiliki kandungan dan ketersediaan unsur hara yang rendah yang ditandai dengan P tersedia sangat rendah, kandungan C dan N total yang sangat rendah serta mempunyai kapasitas tukar kation (KTK) yang rendah. Meskipun reaksi tanah agak masam, tetapi tanah lapisan subsoil ini relatif tidak membahayakan tanaman karena kandungan Al-dd dan kejenuhan Al relatif rendah sehingga pengaruh keracunan Al pada tanaman praktis tidak terjadi.

Tabel 1. Sifat-sifat tanah (Typic Kanhapludults) sebelum percobaan

Sifat-sifat Tanah	Nilai
Tekstur Tanah :	LP
- Pasir (%)	70
- Debu (%)	10
- Liat (%)	20
pH (H ₂ O) 1:2,5	5,57
pH (KCl) 1:2,5	4,90
C-organik (Walkley-Black, %)	0,40
N-total (Kjeldahl, %)	0,08
C/N	5,0
DHL (dS m ⁻¹)	0,60
P tersedia (Bray II, mg kg ⁻¹)	1,02
Kation basa tertukar :	
Ca-dd (1N NH ₄ OAc pH7, cmol kg ⁻¹)	6,48
Mg-dd (1N NH ₄ OAc pH7, cmol kg ⁻¹)	0,34
K-dd (1N NH ₄ OAc pH7, cmol kg ⁻¹)	0,18
Na-dd (1N NH ₄ OAc pH7, cmol kg ⁻¹)	0,51
KTK (1N NH ₄ OAc pH7, cmol kg ⁻¹)	16,80
Kejenuhan Basa (%)	44,70
Al-dd (1N KCl, cmol kg ⁻¹)	0,56
Kejenuhan Al (%)	7,46

Sumber: Laboratorium Penelitian Tanah dan Tanaman Fakultas Pertanian Unsyiah (2013). LP = Lempung berpasir

Perubahan Sifat-Sifat Kimia Tanah

Hasil analisis ragam (uji F) menunjukkan bahwa pemberian pupuk guano dan pupuk NPK Mutiara berbeda dosis memberikan pengaruh yang beragam terhadap sifat-sifat kimia tanah subsoil yang dianalisis setelah percobaan. Secara faktor tunggal, pemberian pupuk guano berpengaruh terhadap pH H₂O, C organik, N total, dan P tersedia tanah

tetapi tidak mempengaruhi terhadap KTK tanah, sedangkan pemberian NPK hanya mempengaruhi terhadap kandungan P tersedia tanah. Hasil percobaan juga menunjukkan bahwa interaksi perlakuan antara faktor dosis pupuk guano dan faktor dosis pupuk anorganik NPK hanya berpengaruh nyata terhadap P tersedia tanah. Perubahan beberapa sifat kimia akibat dosis pemberian Guano dan pupuk NPK disajikan pada Tabel 2.

Tabel 2. Rata-rata nilai beberapa sifat kimia tanah setelah percobaan akibat perlakuan pupuk guano dan pupuk anorganik NPK

Perlakuan	pH H ₂ O	C organik (%)	N total (%)	P tersedia (mg kg ⁻¹)	KTK (cmol kg ⁻¹)
Pupuk Guano					
0,0 kg polibag ⁻¹	5,85 a	0,99 a	0,15 a	7,26 a	19,11 a
0,5 kg polibag ⁻¹	6,07 b	1,31 b	0,19 bc	9,96 b	19,11 a
1,0 kg polibag ⁻¹	6,18 b	1,55 c	0,21 c	9,51 b	18,62 a
1,5 kg polibag ⁻¹	6,12 b	1,15 ab	0,16 ab	10,40 b	17,67 a
Pupuk NPK :					
0 g polibag ⁻¹	6,03 a	1,20 a	0,17 a	7,89 a	19,10 a
15 g polibag ⁻¹	6,14 a	1,22 a	0,18 a	9,40 b	18,53 a
30 g polibag ⁻¹	6,00 a	1,36 b	0,21 b	10,55 b	18,20 a

Keterangan: angka yang diikuti oleh huruf yang sama pada lajur yang sama untuk setiap faktor tidak menunjukkan pengaruh yang nyata menurut uji BNT (0,05).

pH H₂O Tanah

Tabel 2 dapat dilihat bahwa pemberian pupuk guano dengan dosis 0,5 kg per polibag hingga 1,5 kg per polibag secara nyata dapat meningkatkan pH H₂O tanah dari 5,85 menjadi 6,18. Nilai pH tertinggi ini dijumpai pada dosis pemberian pupuk guano 1,0 kg per polibag. Namun pemberian pupuk anorganik NPK ternyata tidak mempengaruhi pH H₂O tanah subsoil. Berdasarkan data ini menunjukkan bahwa pemberian pupuk organik guano memberikan pengaruh yang lebih baik terhadap sifat kimia tanah karena dapat meningkatkan pH meskipun peningkatannya relatif kecil. Peningkatan pH tanah dengan pemberian guano ini terjadi karena pupuk guano merupakan jenis pupuk organik yang mengandung berbagai senyawa polimer yang dengan ion logam dapat membentuk khelat (Stevenson, 2009). Senyawa khelat ini dapat mengurangi fraksi-fraksi Al aktif dan H-dd di dalam tanah sehingga kelarutannya berkurang (Bohn *et al.*, 2004). Berkurangnya kelarutan ion H ini akan menyebabkan meningkatnya nilai pH H₂O tanah. Hal ini sesuai dengan pendapat Tan (1994) yang menyatakan bahwa adanya senyawa organik yang cukup, memungkinkan terjadinya khelat,

yaitu senyawa organik yang berikatan dengan kation logam Fe, Mn, dan Al pada pH tanah yang masam.

Selanjutnya tidak ada pengaruh nyata perubahan pH H₂O akibat pemberian pupuk anorganik NPK karena dosis pupuk yang diberikan relatif kecil sehingga perannya hanya sebatas mencukupi kebutuhan hara pada tanaman. Dengan demikian efek pupuk NPK Mutiara terhadap tanah di pembibitan kelapa sawit relatif kecil terhadap perubahan pH, sehingga tidak perlu dikhawatirkan.

C organik

Hasil percobaan juga menunjukkan bahwa tidak terjadi interaksi antara perlakuan pupuk guano dan taraf pemberian pupuk NPK terhadap kandungan C organik tanah subsoil di media pembibitan kelapa sawit, akan tetapi secara faktor tunggal C organik dipengaruhi oleh dosis pemberian pupuk guano dan pupuk NPK. Secara umum pemberian pupuk guano dapat meningkatkan rata-rata C organik tanah ke arah yang lebih baik. Uji beda nyata terkecil (BNT 0,05) untuk parameter C organik tanah (Tabel 2) menunjukkan bahwa semakin tinggi dosis pemberian pupuk guano, semakin tinggi pula

kandungan C organik tanah. Guano merupakan pupuk organik yang mengandung C sebanyak 4,66 % (hasil analisis), sehingga jika diberikan ke dalam tanah maka akan menyumbangkan C tanah (FAO, 2005). Selain itu, kemungkinan meningkatnya kandungan C organik tanah dengan pemberian guano karena dengan pemberian guano sebagai bahan organik akan memacu perkembangan dan pertumbuhan populasi mikrobial sehingga jumlah C tanah ikut meningkat. Hal ini sesuai dengan pernyataan Ansori (2011) yang menyebutkan bahwa secara umum pemberian bahan organik dapat meningkatkan pertumbuhan dan aktivitas mikroba tanah, karena bahan organik merupakan sumber energi dan bahan makanan bagi mikroba tersebut.

Hasil percobaan juga terlihat bahwa pemberian pupuk NPK Mutiara pada dosis 30 g per polibag nyata meningkatkan kandungan C organik tanah karena di dalam pupuk NPK Mutiara mengandung unsur hara N, P, dan K, dengan komposisi 16-16-16 atau setara dengan $16 \text{ kg ha}^{-1} \text{ N}$, $16 \text{ kg ha}^{-1} \text{ P}_2\text{O}_5$, dan $16 \text{ kg ha}^{-1} \text{ K}_2\text{O}$. Dengan adanya sejumlah hara ini, maka akan memacu berkembangnya mikrobial di dalam tanah sehingga biomassa organik akan meningkatkan kandungan C ke dalam tanah (FAO, 2005). Lebih lanjut Prasad dan Power (2010) menyatakan bahwa salah satu penyumbang C ke dalam tanah adalah bagian dari organisme hidup. Bagian ini di dalam tanah bisa mencapai 5-20 persen biomassa (FAO, 2005). Berdasarkan hasil percobaan ini maka meningkatnya C tanah dengan pemberian pupuk NPK menunjukkan bahwa secara tidak langsung, pupuk yang diberikan ke dalam tanah akan mempengaruhi dinamika C dan N di dalam tanah (Marchner's, 2012).

N total

Nitrogen merupakan salah satu unsur hara esensial bagi pertumbuhan bibit kelapa sawit. Ketersediaan unsur N ini sangat penting untuk menjamin pertumbuhan bibit yang baik dan sehat. Hasil analisis awal tanah subsoil yang dipakai untuk media ternyata memiliki kandungan N total yang sangat rendah. Namun kandungan N total tanah setelah 16 minggu ternyata mengalami peningkatan akibat pemberian pupuk guano dan pupuk NPK Mutiara walaupun pengaruh kedua faktor perlakuan tersebut tidak ada efek interaksi.

Tabel 3 dapat dilihat bahwa pada setiap dosis pemberian pupuk guano, kandungan N total dalam tanah meningkat secara nyata dari 0,15 % menjadi 0,21 % dengan pemberian guano dosis 1,0 kg per polibag, tetapi jika dosis pemberian guano ditingkatkan lagi menjadi 1,5 kg per polibag, maka kenaikan N total tanah cenderung menurun kembali. Hal ini diduga terjadi peningkatan ketersediaan hara bibit akibat pengaruh mikroba dalam memperbaiki kimia tanah salah satunya ketersediaan hara N. Menurut Murphy *et al.* (1998) aktivitas mikroba tanah, dapat mempengaruhi kimia, biologi dan fisika tanah. Selanjutnya Stevenson (2009), menunjukkan bahwa fungsi bahan organik dalam tanah sangat banyak, baik terhadap sifat fisik, kimia maupun biologi tanah. Peningkatan N ini berasal dari adanya peningkatan bahan organik dengan pemberian guano dan dari perkembangan mikrobial tanah. Kandungan N dalam bahan organik berkisar antara 2-5 persen dari bobot keringnya. Hasil analisis guano ternyata diperoleh kandungan N adalah 1,20 %.

Pemberian pupuk NPK-Mutiara dengan dosis 30 g per polibag nyata meningkatkan kandungan N tanah pada media subsoil dari 0,17 % menjadi 0,21 % dan berbeda nyata dengan kandungan N pada perlakuan tanpa pemberian pupuk

NPK maupun perlakuan pemberian pupuk NPK dosis 15 g per polibag. Peningkatan N ini disebabkan karena pupuk NPK-Mutiara mengandung unsur hara N dan unsur hara lainnya dengan komposisi 16-16-16, sehingga di dalam tanah dapat berperan dalam peningkatan status N tanah. Peningkatan ini tidak hanya karena sumbangan N langsung dari pupuk tetapi juga tidak langsung yaitu melalui peningkatan biomassa organisme tanah.

Mekanisme ini berhubungan dengan peningkatan jumlah biomassa dan C organik tanah (FAO, 2005; Stevenson, 2009; Sufardi, 2012). Selanjutnya tidak ada pengaruh interaksi antara faktor dosis guano dan dosis pupuk NPK Mutiara karena kedua faktor tersebut sama-sama berpengaruh secara linier terhadap peningkatan N tanah dan tidak saling menghambat, karena dosis yang diberikan belum mencapai titik optimum.

P-tersedia

Hasil analisis ragam menunjukkan bahwa pemberian guano dan pupuk NPK Mutiara berpengaruh terhadap P tersedia (Bray II) tanah pada media subsoil untuk pembibitan kelapa sawit, dan terjadi interaksi antara faktor dosis guano dengan dosis pupuk NPK Mutiara. Uji beda nyata terkecil ($BNT_{0,05}$) menunjukkan bahwa pada perlakuan tanpa pemberian pupuk guano dan pupuk NPK kadar P tersedia tanah adalah $7,26 \text{ mg kg}^{-1}$ (rendah). Namun dengan pemberian guano dosis 0,5 hingga 1,5 kg per polibag, kandungan P tersedia (Bray II) tanah meningkat nyata menjadi 9,96 hingga mencapai $10,40 \text{ mg kg}^{-1}$ atau mengalami peningkatan hingga 43,2 persen, walaupun masih dalam satu kriteria. Fakta ini menunjukkan bahwa guano berpengaruh positif dalam meningkatkan ketersediaan hara fosfor di dalam tanah. Peningkatan ini dapat terjadi melalui dua mekanisme, yaitu secara langsung dan tidak langsung (Hakim *et al.*, 1986). Pengaruh langsung adalah

dengan pemberian guano sebagai sumber utama P organik akan menambah P ke dalam tanah (Sufardi, 2012), sedangkan pengaruh tidak langsung adalah melalui pelepasan P dari kompleks mineral dan kompleks adsorpsi tanah. Adiningsih dan Rochayati (1988) menyatakan bahwa bahan organik dapat meningkatkan ketersediaan fosfor dalam tanah. Hal tersebut menyebabkan kandungan P-tersedia meningkat.

Selanjutnya pengaruh pupuk NPK Mutiara terhadap peningkatan P tersedia tanah terjadi karena di dalam pupuk NPK Mutiara tersebut mengandung $16 \text{ kg ha}^{-1} \text{ P}_2\text{O}_5$, sehingga jika diberikan ke dalam tanah akan meningkatkan ketersediaan P tanah. Tabel 2 dapat dilihat bahwa dengan penambahan pupuk NPK sebanyak 15 hingga 30 g per polibag, maka P tersedia tanah media tumbuh kelapa sawit meningkat nyata dari 7,89 menjadi $10,55 \text{ mg kg}^{-1}$. Hal ini berarti bahwa pemberian pupuk NPK Mutiara cukup efektif untuk meningkatkan status P di dalam tanah.

Hasil percobaan juga memperlihatkan bahwa ada interaksi yang nyata antara dosis guano dengan dosis pupuk NPK-Mutiara dalam mempengaruhi P tersedia tanah. Tabel 3 dapat dilihat bahwa kandungan P tersedia paling rendah terdapat pada perlakuan tanpa pemberian guano maupun pupuk NPK Mutiara. Selanjutnya jika diberikan pupuk guano dengan dosis yang meningkat dari 0,5 hingga 1,5 kg per polibag, maka P tersedia tanah cenderung meningkat nyata, namun kondisi ini sedikit berbeda pada pemberian 30 g pupuk NPK. Pada perlakuan ini, meskipun dosis guano dinaikkan tetapi peningkatan P tersedia tidak konsisten dengan peningkatan dosis guano. Hal ini merupakan efek dari pengaruh interaksi, di mana perubahan P tersedia akibat peningkatan dosis guano sangat tergantung pada dosis pupuk NPK yang diberikan. Tabel 3 dapat dilihat bahwa

kombinasi perlakuan dosis guano dan pupuk NPK yang memberikan peningkatan P tersedia paling tinggi diperoleh pada kombinasi pemberian guano dosis 1,5 kg per polibag + pupuk

NPK Mutiara dosis 30 g per polibag. Pada kombinasi perlakuan ini, nilai P tersedia tanah meningkat dari 3,63 mg kg⁻¹ menjadi 11,72 mg kg⁻¹ atau meningkat dari sangat rendah mendekati sedang.

Tabel 3. Rata-rata P tersedia tanah pada berbagai dosis pemberian guano dan pemberian pupuk NPK Mutiara

Dosis Pupuk Guano (kg/polibag)	Dosis Pupuk NPK Mutiara (g/polibag)		
	0	15	30
	----- (mg kg ⁻¹) -----		
0,0	3,63 a A	5,44 a A	10,70 a B
0,5	10,75 b A	10,66 b A	8,47 a A
1,0	9,26 b A	9,95 b A	9,32 a A
1,5	7,93 b A	11,56 b B	12,72 a B

Keterangan: angka yang diikuti oleh huruf yang sama pada lajur atau baris yang sama, tidak menunjukkan perbedaan yang nyata menurut uji BNT (0,05). Huruf besar dibaca mendatar, huruf kecil dibaca vertikal.

KTK Tanah

Hasil analisis ragam menyatakan bahwa pemberian guano dan pupuk NPK Mutiara tidak berpengaruh terhadap kapasitas tukar kation (KTK) tanah media subsoil untuk pembibitan kelapa sawit, dan juga tidak ada interaksi nyata antara dosis guano dan dosis pupuk NPK Mutiara. Tabel 2 menunjukkan bahwa nilai KTK tanah dengan pemberian guano dari dosis 0,5 hingga 1,5 kg per polibag tidak mengubah nilai KTK tanah yaitu hanya pada kriteria rendah dengan kisaran nilai dari 17,67 – 19,11 cmol kg⁻¹. Hal yang sama juga terjadi akibat pemberian pupuk NPK Mutiara. Tidak ada pengaruh nyata terhadap perubahan KTK tanah subsoil akibat pemberian pupuk guano dan pupuk NPK Mutiara diduga karena dosis guano dan pupuk NPK yang diberikan belum efektif karena dosisnya masih rendah. Guano merupakan pupuk organik yang jika diberikan dalam jumlah yang banyak akan berfungsi sebagai bahan amelioran. Namun karena dosis yang

diberikan masih terlalu rendah, maka dampak perubahan pada KTK belum terlihat nyata. Hal ini terkait pula dengan ciri tanah subsoil yang digunakan sebagai media tanam yang ternyata kualitasnya sangat rendah. Oleh karena itu, untuk meningkatkan KTK tanah, diperlukan dosis guano dan pupuk NPK yang lebih tinggi.

Kapasitas tukar kation (KTK) merupakan sifat kimia yang sangat erat hubungannya dengan kesuburan tanah. Tanah-tanah dengan kandungan bahan organik atau kadar liat tinggi mempunyai KTK lebih tinggi daripada tanah-tanah dengan kandungan bahan organik rendah atau tanah-tanah berpasir menurut Hardjowigeno (2003) nilai KTK tanah sangat beragam dan tergantung pada sifat dan ciri tanah itu sendiri. Besar kecilnya KTK tanah dipengaruhi oleh : reaksi tanah, tekstur atau jumlah liat, jenis mineral liat, bahan organik, pengapuran serta pemupukan sedangkan Menurut Hakim *et al.*, (1986), nilai KTK tanah

dipengaruhi oleh sifat dan ciri tanah yang antara lain: reaksi tanah atau pH, tekstur tanah atau jumlah liat, jenis mineral liat, bahan organik, pengapuran dan pemupukan. Namun, Prasad dan Power (2010) menyatakan bahwa kapasitas tukar kation tanah sangat beragam, karena jumlah humus dan liat serta macam liat yang dijumpai dalam tanah berbeda-beda pula. Pada tanah subsoil yang diteliti pada percobaan ini ternyata mempunyai kadar liat yang rendah yaitu 20 % sedangkan kadar pasir relatif tinggi yaitu 70 % (Tabel 1). Dengan rendahnya kadar liat ini, maka retensi kation pada permukaan koloid tanah juga rendah sehingga efek pemberian pupuk kurang efektif karena

banyak unsur hara yang tercuci (Bohn et al., 2004; Mengel dan Kirkby, 2010; Sufardi, 2012).

Pertumbuhan Bibit Kelapa Sawit

Kualitas bibit di persemaian antara lain ditentukan oleh karakteristik morfologi bibit seperti tinggi bibit, diameter batang, jumlah pelepah daun, dan bobot kering berangkasan. Hasil pengamatan terhadap beberapa ciri morfologi bibit setelah berumur 16 minggu di persemaian, menunjukkan bahwa pemberian pupuk guano dan pupuk NPK Mutiara mempengaruhi pertumbuhan bibit kelapa sawit pada tanah media subsoil.

Tabel 4. Rata-rata tinggi bibit, diameter batang, dan bobot kering berangkasan bibit kelapa sawit umur 16 minggu akibat perlakuan pupuk guano dan pupuk anorganik NPK

Taraf Perlakuan	Tinggi Bibit (cm)	Diameter Batang (mm)	Bobot Berangkasan (g/tanaman)
Pupuk Guano :			
0,0 kg polibag ⁻¹	58,20 a	36,26 a	75,57 a
0,5 kg polibag ⁻¹	59,89 a	38,15 b	76,33 a
1,0 kg polibag ⁻¹	61,44 a	38,04 b	83,74 b
1,5 kg polibag ⁻¹	60,30 a	38,02 b	80,50 b
Pupuk NPK :			
0 g polibag ⁻¹	56,62 a	35,50 a	66,24 a
15 g polibag ⁻¹	61,51 b	38,57 b	85,88 b
30 g polibag ⁻¹	61,69 b	38,78 b	84,99 b

Keterangan: angka yang diikuti oleh huruf yang sama pada lajur yang sama untuk setiap faktor, tidak menunjukkan pengaruh yang nyata menurut uji BNT (0,05).

Tinggi Bibit

Tabel 4 dapat dilihat bahwa peningkatan dosis pupuk guano dari 0,5 hingga 1,5 kg per polibag tidak diikuti oleh bertambahnya tinggi bibit kelapa sawit umur 16 MST, namun dengan peningkatan dosis pupuk NPK Mutiara, tinggi bibit kelapa sawit dapat meningkat secara nyata dari 56,62 menjadi 61,69 cm. Hal ini berarti bahwa pupuk guano tidak berpengaruh terhadap tinggi bibit kelapa sawit pada pengukuran setelah 16 minggu di

pembibitan. Tidak ada pengaruh guano terhadap tinggi bibit kelapa sawit diduga karena dosis yang diberikan masih belum mencukupi untuk memperbaiki pertumbuhan bibit dan boleh jadi karena guano termasuk pupuk yang lambat dalam melepaskan unsur hara karena sebagai pupuk organik kelarutannya rendah. Meskipun demikian, kecenderungan meningkatnya pertumbuhan bibit kelapa sawit dengan pemberian guano telah terlihat dari data

pada Tabel 4, namun secara statistik belum nyata.

Sebaliknya, pemberian pupuk NPK Mutiara nyata meningkatkan pertumbuhan bibit kelapa sawit. Hal ini terjadi karena di dalam pupuk Mutiara mengandung unsur hara N, P, dan K sehingga dapat berfungsi sebagai sumber penyediaan hara bagi tanaman. Bibit kelapa sawit pada umur 16 minggu di persemaian telah mampu menyerap hara ini dengan baik sehingga pertumbuhan tinggi dipercepat. Sesuai dengan pendapat Mulyani dan Kartasapoetra (2002) bahwa untuk pertumbuhan vegetatif bibit sangat diperlukan unsur hara seperti NPK dan unsur lainnya dalam jumlah yang cukup dan seimbang. Nitrogen, fosfor, dan kalium merupakan unsur hara utama yang dibutuhkan oleh tanaman dalam jumlah besar (Mengel dan Kirkby, 2010), sehingga respons bibit semakin baik dengan semakin tinggi dosis pupuk NPK yang diberikan. Hasil percobaan juga menunjukkan bahwa tidak terdapat interaksi antara dosis guano dengan dosis pupuk NPK Mutiara. Hal ini berarti bahwa respons pertumbuhan bibit kelapa sawit akibat peningkatan dosis pupuk NPK Mutiara tidak bergantung kepada dosis guano, karena pupuk guano sendiri tidak berpengaruh terhadap pertumbuhan tinggi bibit kelapa sawit.

Diameter Batang

Diameter batang bibit kelapa sawit dipengaruhi oleh dosis pemberian guano dan pupuk NPK Mutiara. Tabel 4 dapat dilihat bahwa dengan pemberian guano sebanyak 0,5 kg per polibag, diameter bibit kelapa sawit bertambah besar dan berbeda nyata dengan diameter bibit pada perlakuan tanpa guano. Hal ini menunjukkan bahwa dengan pemberian guano, maka respons perkembangan bibit kelapa sawit makin baik. Selanjutnya dengan makin tinggi penambahan guano

hingga 1,5 kg per hektar, diameter bibit relatif tidak bertambah lagi dan tidak berbeda dengan diameter bibit pada perlakuan dosis 0,5 kg per polibag. Hal ini bermakna bahwa untuk pertumbuhan diameter bibit, dosis guano yang diberikan telah cukup hingga 0,5 kg per polibag.

Tabel 4 juga menunjukkan bahwa pemberian pupuk NPK Mutiara dengan dosis 15 hingga 30 g per polibag, diameter bibit kelapa sawit lebih besar daripada diameter bibit yang tidak mendapat pupuk NPK Mutiara. Hal ini menunjukkan bahwa pupuk NPK Mutiara cukup baik untuk meningkatkan kualitas bibit kelapa sawit pada media subsoil, namun pola peningkatan diameter bibit mengikuti hukum pertumbuhan hasil yang semakin berkurang. Gardner *et al.*, (2008) menyatakan bahwa respons pertumbuhan bibit terhadap penambahan pupuk NPK umumnya mengikuti pola hukum pengembalian yang makin berkurang (*the law of diminishing return*), artinya setiap penambahan pupuk menghasilkan pertambahan hasil tanaman yang semakin mengecil. Selanjutnya walaupun secara faktor tunggal pemberian guano dan pupuk NPK Mutiara berpengaruh terhadap pertumbuhan diameter bibit kelapa sawit, tetapi secara interaksi tidak berpengaruh. Hal ini disebabkan karena masing-masing pupuk memberikan fungsi yang saling mendukung bagi peningkatan kualitas bibit dan belum dicapai titik optimal dari masing-masing faktor yang diteliti.

Bobot Kering Berangkasan

Tabel 4 menunjukkan bahwa rata-rata bobot kering berangkasan pada perlakuan tanpa pemberian guano merupakan nilai yang paling rendah. Dengan pemberian guano dosis 0,5 hingga 1,5 kg per polibag, bobot kering berangkasan bibit tanaman kelapa sawit mengalami peningkatan dan nilai tertinggi dicapai pada dosis 1,0 kg per polibag.

Meningkatnya bobot kering berangkas ini merupakan proses integrasi yang terjadi di dalam tanah akibat pengaruh pupuk guano. Pengaruh tersebut antara lain dapat memperbaiki beberapa sifat kimia tanah seperti ketersediaan unsur hara nitrogen dan fosfor serta kadar C organik tanah. Dengan meningkatnya ketersediaan unsur hara, maka perkembangan bibit semakin baik sehingga bobot tanamannya bertambah.

Uji BNT_{0,05} pada Tabel 4 juga menunjukkan bahwa pemberian pupuk NPK Mutiara dengan dosis 15 hingga 30 g per polibag, nyata meningkatkan bobot kering berangkas bibit kelapa sawit dari 66,24 g menjadi 85,88 g per tanaman. Nilai tertinggi ini dicapai pada pemberian pupuk NPK Mutiara dosis 15 g per polibag. Dengan demikian, efektivitas terbaik pemberian pupuk NPK Mutiara ini telah dicapai pada dosis pemberian 15 g per polibag. Pertambahan bobot kering berangkas dari bibit kelapa sawit akibat pupuk NPK-Mutiara ini terjadi karena di dalam pupuk Mutiara ini mengandung unsur hara utama N, P, dan K dengan komposisi 16-16-16. Nitrogen (N) yang ada di dalam pupuk ini akan larut menjadi bentuk yang tersedia yaitu NO_3^- atau NH_4^+ , fosfor (P) akan larut membentuk anion H_2PO_4^- dan HPO_4^{2-} sedangkan kalium (K) akan larut dalam bentuk ion K^+ (Tisdale et al., 2009). Bentuk-bentuk larut tersebut merupakan bentuk yang siap diserap oleh tanaman untuk pertumbuhan dan perkembangan (Mengel dan Kikrby, 2010; Sufardi, 2012). Hal ini sesuai dengan pernyataan Sutanto (2005) bahwa nitrogen yang dapat diserap oleh bibit dalam bentuk NO_3^- dan NH_4^+ . Bentuk mana yang paling banyak diserap sangat tergantung kepada suasana lingkungan rizosfer. Pada suasana oksidatif atau aerobik, bentuk NO_3^- akan diserap lebih banyak daripada bentuk NH_4^+ (Mengel dan Kikrby, 2010). Di dalam tanah, bentuk N tersedia ini selain dipengaruhi

oleh suplai pupuk (organik dan anorganik) juga dipengaruhi oleh proses-proses seperti pelindian NO_3^- , volatilisasi N_2 , N_2O , dan NO akibat denitrifikasi, volatilisasi NH_3 dari NH_4^+ (akibat peningkatan pH, kalsium, kandungan karbonat, temperatur, dan pemberian NH_4^+), erosi, dan immobilisasi (NH_4^+ dan NO_3^-) oleh mikroorganisme (Tisdale et al., 2009).

Hasil penelitian ini mendukung penelitian yang dilakukan oleh Chen dan Aviad (1990), Goenadi (1997), dan Mikkelsen (2005) tentang fungsi asam humik dan bahan organik dalam merangsang pertumbuhan dan meningkatkan biomassa bibit. Faktor penyebab lain yang menyebabkan meningkatnya bobot kering bibit tanaman kelapa sawit adalah adanya peningkatan aktivitas mikroorganisme akibat dari pupuk NPK sehingga mempercepat proses dekomposisi bahan organik tanah yang dapat menurunkan rasio C/N tanah sehingga ketersediaan hara nitrogen meningkat.

Hasil percobaan juga menunjukkan bahwa tidak ada interaksi antara dosis pupuk guano dengan dosis pupuk NPK Mutiara terhadap bobot kering bibit kelapa sawit. Hal ini terjadi karena masing-masing faktor tersebut memberikan pengaruh yang sama sebagai penyedia unsur hara, sehingga sampai pada dosis yang dicobakan belum ditemukan adanya pengaruh interaksi. Hal ini bermakna bahwa peningkatan bobot kering bibit kelapa sawit akibat pemberian guano tidak dipengaruhi oleh peningkatan dosis pupuk NPK Mutiara. Kendati demikian, ada kecenderungan bahwa dengan pemberian pupuk guano yang dikombinasi dengan pupuk NPK Mutiara, maka respons pertumbuhan bibit akan semakin baik. Berdasarkan pada hasil percobaan ini, kombinasi perlakuan yang secara umum memberikan pengaruh yang lebih baik bagi pertumbuhan bibit kelapa

sawit diperoleh pada kombinasi pemberian pupuk guano dosis 1,0 kg per polibag dan pupuk NPK-Mutiara dosis 15 g per polibag, sedangkan untuk perbaikan sifat-sifat kimia tanah, kombinasi perlakuan terbaik diperoleh pada dosis 1,5 kg per polibag guano + 30 g per polibag pupuk NPK-Mutiara.

Perbandingan Pengaruh Guano dan Pupuk NPK-Mutiara

Berdasarkan hasil penelitian menunjukkan bahwa perlakuan dosis pupuk NPK Mutiara menghasilkan pertumbuhan bibit kelapa sawit (tinggi bibit, diameter batang, dan bobot kering berangkas) yang lebih baik dibandingkan dengan pertumbuhan bibit pada perlakuan dosis pupuk guano. Hal ini disebabkan karena unsur hara N, P, dan K yang ada dalam pupuk Mutiara kandungannya lebih tinggi jika dibanding dengan pupuk guano meskipun di dalam pupuk guano juga mengandung unsur lainnya seperti Ca, Mg, Fe, dan lain-lain. Namun di sisi lain, pengaruh guano akan lebih baik ditinjau dari perubahan pada kualitas tanah karena guano bisa berfungsi sebagai amelioran.

Hasil pengamatan pertumbuhan bibit kelapa sawit pada umur 16 MST diketahui bahwa data tertinggi pada parameter tinggi bibit terdapat pada perlakuan G_2A_2 (1,5 kg guano + 30 g pupuk NPK Mutiara) dengan rata-rata tinggi bibit 63,78 cm. Hal senada juga terjadi untuk pengamatan diameter bibit dan bobot berangkas. Hal ini menunjukkan bahwa pada kombinasi perlakuan ini diperoleh kondisi media subsoil yang lebih baik bagi pertumbuhan bibit. Sesuai dengan pendapat Khaeruddin (1991) bahwa bibit kelapa sawit membutuhkan media tanam yang mempunyai sifat fisik dan kimia yang baik. Media tanam yang diberikan seharusnya adalah tanah yang berkualitas baik dan berasal dari areal pembibitan di sekitarnya. Tanah yang digunakan harus

memiliki struktur yang baik, tekstur yang remah dan gembur, tidak kedap air serta bebas kontaminan.

Data terendah pada parameter tinggi bibit kelapa sawit terdapat pada perlakuan G_0A_0 (yaitu tanpa guano dan tanpa pupuk NPK) dengan rata-rata tinggi bibit 52,94 cm. Hal ini menunjukkan bahwa tanpa pemupukan maka tidak ada unsur hara yang tersedia bagi bibit untuk meningkatkan pertumbuhan. Hal ini sesuai dengan pernyataan Hidayat *et al.* (2007), bahwa pemupukan merupakan faktor yang penting dalam pertumbuhan bibit. Dalam reaksi biokimia, pupuk fosfat mempunyai peranan penting sebagai penyimpanan dan pemindahan energi kerja osmosis, reaksi fotosintesis dan glikolisis yang pada akhirnya berpengaruh terhadap pertumbuhan dan perkembangan bibit. Lebih lanjut Malangyudo (2012) menyatakan bahwa pertumbuhan bibit kelapa sawit dipengaruhi oleh beberapa faktor antara lain faktor keturunan atau genetik dan faktor lingkungan. Keadaan lingkungan yang optimal akan mempermudah proses fotosintesis pada daun sehingga pertumbuhan daun optimal (Karlen *et al.*, 2006). Pemberian pupuk guano dan NPK Mutiara dengan kandungan unsur hara lengkap cukup sesuai untuk bibit, karena pupuk guano selain dapat berperan sebagai bahan organik tanah yang mengandung unsur hara N, P, K, Ca, Mg dan lain-lain juga mampu memperbaiki sifat tanah sehingga akan meningkatkan efisiensi pemupukan (Sianturi, 1991).

SIMPULAN DAN SARAN

Penggunaan guano dan pupuk NPK Mutiara dapat memperbaiki kualitas tanah pada media subsoil di pembibitan kelapa sawit, yaitu dapat meningkatkan pH tanah, C dan N organik dan ketersediaan P tanah tetapi tidak berpengaruh terhadap

perubahan kapasitas tukar kation (KTK) tanah.

Pemberian guano dan pupuk NPK Mutiara juga berpengaruh terhadap pertumbuhan bibit kelapa sawit pada pengamatan 16 minggu setelah tanam.

Tidak ada interaksi antara faktor dosis guano dan dosis pupuk NPK Mutiara terhadap kualitas tanah (kecuali P tersedia) dan pertumbuhan bibit kelapa sawit, tetapi pemberian secara kombinasi akan memberikan pengaruh yang lebih baik.

Kombinasi perlakuan yang memberikan pengaruh lebih baik terhadap kualitas tanah dan pertumbuhan bibit kelapa sawit pada media subsoil diperoleh pada dosis guano 1,5 kg per polibag + 30 g polibag pupuk NPK Mutiara.

Disarankan dalam rangka memperbaiki sifat kimia tanah pada media subsoil yang optimal dan pertumbuhan bibit kelapa sawit dilakukan pemberian pupuk guano pada awal tanam dan sebaiknya dilakukan penelitian lanjutan untuk mendapatkan hasil yang optimal dalam jangka waktu yang relatif lebih lama lagi

DAFTAR PUSTAKA

- Adiningsih, J.S ., dan S. Rochayati. 1988 . Peranan Bahan Organik dalam Meningkatkan Efisiensi Penggunaan Pupuk dan Produktivitas Tanah. Prosiding Lokakarya Nasional Efisiensi Pupuk. Pusat Penelitian Tanah. Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian.
- Ansori, T. 2011. Pengaruh bahan organik pada sifat biologi tanah. [http://www.lestari mandiri.org/id/pupuk-organik/156 bahan-organik.html](http://www.lestari mandiri.org/id/pupuk-organik/156_bahan-organik.html). Diakses 23 Mei 2013.
- Bohn, L.H., M.B. McNeal, and G.A. O'connor. 2004. Soil Chemistry. John Wiley and Sons., New York.
- Chen, Y. dan T. Aviad. 1990. Effects of Humic Substances on Plant Growth. In MacCarthy P. et al. (Eds). Humic Substances in Soil and Crop Sciences-Selected Readings. Am. Soc. Agron. Soil Sci. Soc. Am., Madison, WI. p. 161-186
- Dishutbun, 2011. Data Base. Calang. Aceh Jaya.
- FAO. 2005. The Roles of Soil Organic Matter. FAO, Rome.
- Gardner, F.P, R.B. Pearce, R.L. dan Mitchell. 2008. Physiology of crop cultivation. Universitas Indonesia.
- Goenadi, D.H. 1997. Kompos bioaktif dari tandan kosong kelapa sawit. Dalam Pertemuan Teknis Bioteknologi Perkebunan untuk Praktek. Bogor, 1 Mei 1997. p, 18-27.
- Hakim, N., M. Y., Nyakpa, A. M. Lubis, S. G. Nugroho, M. A. Diha, G. B. Hong, dan H. H. Bailey. 1986. Dasar-Dasar Ilmu Tanah. Universitas Lampung. Lampung.
- Hardjowigeno, 2003. Ilmu Tanah. Edisi Baru. Akademika Pressindo. Jakarta.
- Hidayat, T., C. G. Simangunsong., L. Eka., dan Y.H. Iman. 2007. Pemanfaatan Berbagai Limbah Pertanian Untuk Pembenahan Media Tanam Bibit Kelapa Sawit. Jurnal Penelitian Kelapa Sawit. Vol.15 (2), PPKS, Medan.
- Karlen D.L., E.G. Hurley, A.P. Mallarino. 2006. Crop rotation on soil quality at three Northern Corn/Soybean Belt location. Agron. J. 98:484-495
- Khaeruddin. 1991. Pembibitan Tanaman HTI. Penebar Swadaya. Jakarta
- Malangyudo, A. 2012. Kiat Sukses Berkebun Kelapa Sawit. Media Perkebunan Kementerian Pertanian. Jakarta.
- Marschner's, P. 2012. Mineral Nutrition of Higher Plants. Academic Press. London. 651 p.
- Maruli. 2012. Paduan Lengkap Pengelolaan Kebun dan Pabrik Kelapa Sawit. Agromedia. Jakarta
- Mengel, K. dan E.A. Kirkby, 2010. Principles of Plant Nutrition. Inter. Potash. Inst. 864 p.
- Mikkelsen, R. L. 2005. Humic materials for agriculture. Better Crops. 89(3), 6-10.
- Mulyani, M. S. dan A. G. Kartasapoetra. 2002. Pengantar Ilmu Tanah. Rhineka Cipta. Jakarta.

- Murphy, K.L., J.M. Klopatek, C.C Klopatek. 1998. The Effects of Litter Quality and Climate on Decomposition Along an Elevation Gradient. *Ecological Applications*. 8, 1061-1071.
- Prasad, R. and J.F. Power. 2010. Soil Fertility Management for Sustainable Agriculture. CRC Lewis Publ. New York.
- Rasantika, M. S. 2009. Guano Kotoran Burung yang menyuburkan. Kompas Gramedia. 9 Juli 2009. Jakarta.
- Satyawibawa I. dan Y. E. Widyastuti. 1992. Kelapa Sawit Usaha Budidaya, Pemanfaatan Hasil dan Aspek Pemasaran, Penebar Swadaya. Jakarta.
- Sianturi, H.S.D. 1991. Budidaya Kelapa Sawit. Fakultas Pertanian Universitas Sumatera Utara. Medan.
- Stevenson, F.J., 2009. Humus Chemistry. John Wiley and Sons. New York.
- Sufardi, 2012. Pengantar Nutrisi Tanaman. Syiah Kuala University Press., Banda Aceh.
- Sutanto, R. 2005. Unsur Hara Tanaman, Pengujian, Kekahatan, Keracunan dan Pemupukan Berimbang. Jurusan Tanah Fakultas Pertanian. UGM Yogyakarta.
- Sutedjo, M.M. 2002. Pupuk dan Cara Pemupukan. Rineka Cipta. Jakarta
- Tan, K.H. 1994. Enviromental Soil Science. Manual Dekker INC. New York. 10016. USA.
- Tisdale, S.L., J.L. Havlin, W.L. Nelson, and J.D. Beaton. 2007. Soil Fertility and Fertilizers: An Introduction to Nutrient Management. 6th. Edition. Prentice Hall, London.