

OPTIMALISASI PERTUMBUHAN TANAMAN KELAPA SAWIT DI TANAH SPodosol

Muhdan Syarovy*, Eko Noviandi Ginting, Dimas Wiratmoko dan Heri Santoso

Pusat Penelitian Kelapa Sawit (PPKS), Medan 20158

*Corresponding author: muhdan.syarovy@gmail.com

ABSTRAK

Semakin terbatasnya lahan yang optimal, membuat pengembangan kelapa sawit saat ini diarahkan ke lahan marginal. Lahan dengan jenis tanah spodosol merupakan salah satu lahan marginal yang telah dimanfaatkan untuk pengembangan kelapa sawit. Selain memiliki lapisan spodik, faktor pembatas lain dari tanah spodosol ialah memiliki tekstur kasar (terbentuk dari bahan pasir atau pasir berlempung) dengan iklim dingin dan tropika basah serta bersifat masam. Akibatnya, tanah tersebut memiliki kemampuan yang rendah dalam menahan air dan pencucian hara akan menjadi lebih tinggi. Pengolahan yang tepat sangat diperlukan agar kelapa sawit yang ditanam pada tanah spodosol dapat tumbuh dengan optimal. Beberapa cara yang dapat dilakukan adalah dengan mengidentifikasi tanah spodosol dan tingkat kedalaman lapisan spodik, memperbaiki media pertumbuhan tanaman, memperbaiki iklim mikro dan pemupukan yang tepat.

Kata kunci: Lahan marginal, kelapa sawit, spodosol

PENDAHULUAN

Kelapa sawit merupakan salah satu komoditas perkebunan terbesar di Indonesia. Komoditas ini telah tumbuh dengan pesat dan menyumbang pendapatan asli daerah maupun devisa negara yang cukup tinggi pada sektor non migas. Berdasarkan data Dijenbun (2014), total luas perkebunan kelapa sawit pada tahun 2014 mencapai 10,9 juta ha dan diperkirakan pada tahun 2015 luas perkebunan tersebut akan terus bertambah menjadi 11,4 juta ha. Tentunya, semakin pesatnya perkembangan tersebut mengakibatkan lahan-lahan yang memiliki tingkat kesuburan tinggi menjadi semakin terbatas. Hal ini memaksa para pekebun untuk memanfaatkan lahan-lahan marginal yang memiliki beberapa faktor pembatas untuk pengusahaan perkebunan kelapa sawit. Salah satu lahan marginal yang sudah dimanfaatkan untuk perkebunan kelapa sawit saat ini adalah tanah spodosol.

Tanah spodosol merupakan tanah yang terbentuk dari bahan induk pasir kuarsa, memiliki ciri adanya lapisan pasir masam berwarna putih abu-abu (horison albik) dan lapisan berupa akumulasi besi, aluminium dan/atau bahan organik (lapisan spodik) (Hardjowigono, 1993). Tanah spodosol memiliki luas sekitar 2,16 juta ha atau 1,1% di seluruh wilayah Indonesia (Subagyo *et al.*, 2004). Tanah jenis ini umumnya dijumpai di daerah tropika basah seperti Sumatera, Kalimantan, Sulawesi, dan Papua (Suharta dan Yatno, 2009).

Tanah spodosol merupakan tanah yang miskin hara (Wiratmoko *et al.* 2007; Suharta dan Yatno, 2009). Hal ini dapat dilihat dari karakteristik kandungan karbon (C) yang agak rendah (0,11-1,31%) dan agak tinggi (4,62%) pada horizon spodik. Memiliki kandungan Nitrogen (N) rendah hingga agak rendah (0,10-0,11%), rasio C/N agak rendah (0,10-0,11%) pada lapisan atas dan tinggi pada lapisan spodik (46,2%). Memiliki fosfor (P) tersedia rendah (1-8 ppm) pada seluruh lapisan,

kapasitas tukar kation (KTK) tergolong rendah hingga sedang pada seluruh horizon (7,64-14,98), kejenuhan basa (KB) rendah (1-3%) pada seluruh lapisan, memiliki pH yang masam (pH 3,7-4,5) (Adiwiganda *et al.* 1993).

Tanah spodosol memiliki dua faktor pembatas berat yang perlu menjadi perhatian yaitu kedalaman lapisan spodik dan tekstur tanah berpasir. Kedalaman lapisan spodik berkaitan dengan kemudahan akar dalam menembus tanah, sedangkan tekstur tanah berpasir akan mengakibatkan rendahnya kemampuan tanah dalam menahan air dan peluang tercucinya hara juga semakin besar. Faktor pembatas lain yang berpotensi dapat menghambat pertumbuhan tanaman ialah drainase buruk dan kemasaman tanah (Wiratmoko *et al.* 2007; Kasno dan Subarja, 2010).

Tanah spodosol memiliki potensi yang tergolong rendah dan jarang digunakan untuk usaha pertanian. Menurut Koedadir *et al.* (1995), tanaman kelapa sawit yang ditanam di lahan spodosol pada umur 9 tahun memiliki produktivitas yang rendah yaitu hanya berkisar 5,4 ton TBS/ha/tahun. Namun demikian, banyak pekebun yang tetap memaksakan untuk menanam kelapa sawit pada tanah jenis ini. Untuk itu, diperlukan tindakan kultur teknis yang tepat, agar tanaman kelapa sawit yang di tanam pada lahan spodosol dapat tumbuh dan berproduksi dengan optimal.

TEKNOLOGI PENGELOLAAN TANAH SPODOSOL

Adanya lapisan spodik dan tekstur tanah yang kasar (berpasir) merupakan faktor pembatas utama yang memerlukan penanganan khusus. Pengembangan paket teknologi yang difokuskan pada dua faktor pembatas tersebut diharapkan dapat meningkatkan pertumbuhan dan produktivitas tanaman kelapa sawit di lahan spodosol. Beberapa teknologi tersebut antara lain identifikasi kedalaman

spodik dan tingkat kekerasan lapisan spodik, memperbaiki media tumbuh tanaman, memperbaiki iklim mikro dan teknologi pemupukan yang tepat.

a. Identifikasi kedalaman dan tingkat kekerasan lapisan spodik

Kegiatan identifikasi kedalaman dan tingkat kekerasan lapisan spodik merupakan kegiatan yang sangat penting dilakukan. Kedalaman lapisan spodik merupakan faktor utama yang harus diperhatikan. Lapisan spodik memiliki tekstur yang keras yang mengakibatkan sulitnya akar dan air dalam menembusnya. Menurut Kasno dan Subarja (2010), kedalaman lapisan spodik pada tanah spodosol berkisar antara 30-70 cm dibawah permukaan tanah. Namun demikian, kelapa sawit membutuhkan solum tanah ≥ 80 cm tanpa lapisan batuan didalamnya agar dapat tumbuh dan berkembang dengan optimal (Lubis, 2008). Untuk dapat tumbuh dengan baik di tanah spodosol, setidaknya kedalaman lapisan spodik dikehendaki kelapa sawit ialah lebih dari 75 cm (Wiratmoko, *et al.* 2015).

b. Memperbaiki media tumbuh tanaman

Tanah spodosol memiliki sifat fisik tekstur yang kasar sehingga perbaikan media pertumbuhan tanaman sangat penting untuk dilakukan. Bahan amelioran diharapkan dapat memperbaiki sifat fisik, kimia dan biologi tanah (Lestari, 2009). Pemberian berbagai bahan amelioran organik seperti aplikasi tandan kosong kelapa sawit (TKS) sangat bermanfaat untuk meningkatkan kelembaban, mengurangi evaporasi permukaan tanah, memperbaiki sifat fisik tanah dan memperkaya bahan organik (Darmosarkoro *et al.* 2001). Hasil penelitian Santoso, *et al.* (2013) pemberian TKS sebanyak 200 kg/pohon atau kompos TKS sebanyak 100 kg/pohon yang dipadukan dengan penerapan *Best Management Practices* memberikan tren peningkatan produktivitas tanaman di

tanah spodosol. Lebih banyak lagi Santoso, *et al.* (2015) menyatakan bahwa penggunaan bahan amelioran kompos TKS di pembibitan kelapa sawit menunjukkan pemberian kompos TKS dapat meningkatkan tinggi tanaman, diameter batang, jumlah daun, berat kering total, dan serapan hara N, P, K, Ca, dan Mg yang masing-masing sebesar 4,9%; 8,7%; 5,7%, 12,2%; 18,8; 24,0%; 17,04%; 15,8%; dan 13,6% dibandingkan dengan kontrol.

Selain penggunaan bahan organik, bahan amelioran lainnya seperti *fly ash* juga telah digunakan untuk meningkatkan pertumbuhan tanaman kelapa sawit pada tanah berpasir. *Fly ash* merupakan limbah dari sisa pembakaran batubara pada

pembangkit listrik (Wardani, 2008). *Fly ash* dapat digunakan sebagai bahan amelioran karena dapat meningkatkan retensi air pada tanah berpasir (Gangloff *et al.* 1999) dan meningkatkan pH tanah (Kovacik *et al.* 2011; Natalia *et al.* 2012; Tarkalson *et al.*, 2010). Hasil penelitian Santoso *et al.* (2015) menunjukkan bahwa pemberian *fly ash* dengan dosis 10-20 ton/ha memberikan pengaruh terhadap tinggi tanaman, diameter batang, jumlah daun, berat kering total, dan serapan hara N, P, K, Ca, dan Mg sebesar 3-24% dibandingkan dengan tanpa pemberian *fly ash* pada tanaman kelapa sawit di *main nursery*.



(a)



(b)

Gambar 1. Aplikasi bahan amelioran pada kelapa sawit (a) Penggunaan TKS pada tanaman kelapa sawit menghasilkan; (b) *fly ash* dapat digunakan sebagai bahan amelioran.

Struktur tanah yang porous pada tanah spodosol menyebabkan air akan terlalu cepat hilang sehingga kesempatan tanaman untuk memanfaatkan air tersebut relatif kecil. Selain itu, terdapatnya lapisan spodik yang sulit ditembus oleh air maupun akar akan menyebabkan air cepat mengalir ke daerah lereng dibawahnya (Tala'ohu *et al.*, 2008). Selain pemberian bahan organik yang dapat meningkatkan kapasitas tanah dalam meretensi air, penerapan bangunan konservasi tanah dan air juga dapat membantu dalam penyediaan air. Pembuatan *slit pit* (rorak) dan parit *discontinue* sangat berguna untuk mengatasi kelebihan air pada musim hujan dan menyediakan air pada saat musim

kemarau. Siregar *et al.* (1996) menambahkan, selain berfungsi sebagai penyangga pencucian pupuk, rorak juga berfungsi sebagai penampung cadangan air dan menjaga kelembaban pertanaman pada musim kemarau. Rorak dibangun dengan panjang 8 m, lebar 0,4 m, dan dalam 0,6 m. Satu rorak digunakan untuk 3 tanaman dimana setiap rorak dibangun parit *overflow* yang digunakan sebagai penghubung antar rorak dengan lebar 20 cm dan dalam 30 cm (Santoso, *et al.* 2013). Aplikasi rorak pada pertanaman kelapa sawit dapat meningkatkan produksi tandan buah segar sebesar 23,6 ton/ha jika dibandingkan dengan tanpa aplikasi rorak 20,8 ton per ha (Murtalaksono *et al.* 2008).



(a)



(b)



(c)

Gambar 2. Bangunan konservasi tanah dan air; (a) proses pembuatan rorak menggunakan *escavator*; (b) *over flow* merupakan penghubung antar rorak; dan (c) rorak yang terisi dengan air.

c. Memperbaiki Iklim Mikro

Penanaman tanaman penutup tanah seperti *legume cover crop* (LCC), penanaman tanaman pakis lunak, dan pengaturan peletakkan pelepah merupakan cara sederhana yang sering dilakukan oleh pekebun dalam usaha perbaikan iklim mikro ini. Perbaikan iklim mikro berfungsi untuk menjaga kelembaban, mengurangi penguapan (Santoso, *et al.* 2013) dan juga merupakan salah satu upaya yang dapat dilakukan untuk mengatasi kekeringan (Siregar *et al.* 1996). Penanaman LCC khususnya pada masa tanaman belum menghasilkan (TBM) dapat menekan pertumbuhan gulma, mengurangi pencucian hara, dan memperbaiki sifat kimia tanah dengan cara menambat N dari bintil akarnya (Darlan *et al.* 2011). Haron *et al.* (2000) menambahkan, biomassa yang dihasilkan LCC ialah sebesar 5.370 kg/ha dengan sumbangan hara mencapai mencapai 113,3 kg N; 11,28 kg P; 105,8 kg K; 27,92 kg Ca; dan 9,13 kg

Mg. Sementara itu, penanaman tanaman pakuan seperti *Nephrolepis* sebagai penutup tanah dapat meningkatkan kesuburan tanah sebesar 12,74%, N sebesar 15%, P sebesar 26,82%, dan K sebesar 17,45% dibandingkan dengan tanah yang tidak ditanami *Nephrolepis* (Arianti *et al.* 2015).

Manajemen pengendalian gulma yang dilakukan secara selektif dan efisien (*selectif weed control*) atau menghindari sistem pengendalian *blanked* (*full weeding*) merupakan tindakan yang dapat dilakukan dalam memperbaiki iklim mikro. Pengendalian gulma sebaiknya difokuskan terhadap gulma anakan kayu dan tukul, sedangkan gulma lainnya seperti rumput lunak dan pakisan cukup dikendalikan secara selektif atau bahkan dipelihara. Darmosarkoro *et al.* (2001) menjelaskan pengendalian gulma sebaiknya dilakukan tidak disemprot, melainkan menggunakan babat layang

yang dipotong dengan ketinggian ± 30 cm dari permukaan tanah.

Pengaturan peletakkan pelepah biasanya dilakukan dengan cara menebar pelepah-pelepah daun setelah *pruning* atau panen. Pelepah ini disusun merata digawangan mati pada tanaman kelapa sawit. Pelepah ini berfungsi sebagai mulsa

yang menjaga kelembaban dan suhu di dalam tanah serta mengurangi kehilangan air akibat penguapan pada musim kemarau Darmosarkoro *et al.* (2001). Selain pelepah, aplikasi tandan kosong juga dapat dilakukan sebagai mulsa (Siregar *et al.*, 1996).



a



b



c

Gambar 3. Perbaikan iklim mikro, melalui: (a) pengaturan peletakkan pelepah; (b) penanaman tanaman pakisan sebagai penambah bahan organik; (c) Penanaman LCC *Mucuna Bracteata* pada saat TBM.

d. Teknologi pemupukan yang tepat

Pada prinsipnya pemupukan harus mengikuti kaidah 4T yaitu tepat dosis, jenis, waktu, dan cara. Pada tanah spodosol, penggunaan pupuk *slow release* sangat dianjurkan pada tanaman kelapa sawit karena teksturnya yang berpasir (Kasno dan Subardja, 2008). Penggunaan pupuk *slow release* merupakan salah satu cara yang digunakan untuk meminimalkan hilangnya pupuk karena tercuci pada tanah berpasir

terutama hara N dan K (memiliki tingkat kelarutan yang tinggi terhadap air). Penggunaan pupuk N secara *slow release* sangat disarankan untuk tanah berpasir karena dapat mengefisienkan penggunaan pupuk N. Jika dibandingkan dengan penggunaan dari sumber nitrogen lainnya, penggunaan pupuk nitrogen *slow release* dapat meningkatkan produktivitas dari gandum di tanah berpasir (Zeidan dan Kramany, 2001). Hasil penelitian lainnya dilakukan oleh Winarna *et al.* (2003)

dimana penggunaan pupuk lambat tersedia dengan kandungan 10-10-16-4 + mikro dengan dosis 12 tablet/bibit dan frekuensi 3 kali selama di *main nursery* memberikan efektivitas agronomis nisbi yang sama bahkan lebih dibandingkan perlakuan pemupukan standar.

PRODUKTIVITAS TANAMAN KELAPA SAWIT DI TANAH SPODOSOL

Penerapan teknologi pengelolaan tanah spodosol yang tepat serta diikuti dengan aplikasi BMP (*Best Management*

Tabel 1. Produktivitas tanaman kelapa sawit tahun tanam 2004 di lahan Spodosol Kalimantan Tengah

Tahun	Produktivitas (ton/ha)	Jumlah Tandan	Rerata BeratTandan (kg)
2009	10,5±4,75	19,6±5,02	4,5±0,55
2010	11,2±5,05	16,0±4,72	5,8±1,08
2011	16,0±4,68	14,0±2,33	8,5±1,58
2012	26,5±4,23	19,6±3,36	10,5±1,40

Sumber :Santosoet al. (2013)

Tabel 2. Potensi produktivitas tanaman kelapa sawit umur 5-8 tahun pada berbagai kelas kesesuaian lahan.

Umur/Kelas	Produktivitas (ton/ha)			RerataJumlahTandan (tandan/pohon)			Rerataberattandan (kg/tandan)		
	S1	S2	S3	S1	S2	S3	S1	S2	S3
5 Tahun	19	17	15	18,5	17,2	16	7,8	7,5	7,1
6 Tahun	23	21	19	17,1	16,1	15,5	10,2	9,9	9,3
7 Tahun	28	26	23	16,1	15,4	15,1	13,2	12,8	11,5
8 Tahun	32	28	26	15,3	14,8	14,3	15,8	14,3	13,8

Sumber: PPKS

SIMPULAN

Lahan spodosol merupakan lahan marginal yang mempunyai dua faktor pembatas utama untuk pertanaman kelapa sawit yaitu adanya lapisan spodik dan tekstur berpasir. Penerapan teknologi pengelolaan tanah spodosol yang tepat sangat dianjurkan agar tanaman kelapa sawit dapat tumbuh dan berproduksi secara optimal. Beberapa teknologi pengelolaan tersebut antara lain ialah dengan mengidentifikasi kedalaman dan tingkat kekerasan lapisan spodik; memperbaiki media

Practice) lainnya pada tahun 2009 hingga 2012, menunjukkan peningkatan produksi hingga 26,5 ton TBS/ha (Tabel 1). Jika dikaitkan dengan potensi produktivitas tanaman kelapa sawit pada kelas kesesuaian lahan S3 (Tabel 2), hanya pada tahun ke-8 (2012) yang produktivitasnya telah tercapai. Hal ini menunjukkan bahwa penerapan teknologi pengelolaan tanah spodosol yang diutamakan pada penyediaan unsur hara yang cukup, telah berhasil memenuhi kebutuhan tanaman sehingga tanaman berproduksi secara optimal.

tumbuh tanaman yang berfungsi untuk memperbaiki sifat fisik, kimia, dan biologi tanah serta penyediaan air pada saat musim kemarau; memperbaiki iklim mikro sebagai penjaga kelembaban dan mengurangi evaporasi; dan teknologi pemupukan yang tepat untuk menghindari mudahnya pupuk tercuci. Peningkatan produktivitas tanaman didapatkan pada tahun ke-4 setelah aplikasi paket teknologi pengelolaan tanah spodosol yaitu sebesar 26 ton TBS/ha/thn di Kalimantan Tengah.Dengan penerapan teknologi yang

tepat, tanah spodosol dapat dimanfaatkan untuk perkebunan kelapa sawit.

DAFTAR PUSTAKA

- Adiwiganda, R., A. D. Koedadiri, dan Z. Pulungan. 1993. Karakterisasi Tanah Spodosol pada Formasi Geologi Minas (Qpmi). Buletin PPKS 1993. Vol. 1 (2) : 163-173.
- Arianti, M., S. Yahya, K. Murtalaksono, Suwanto, dan H. H. Siregar. 2015. International Journal of Science: basic Application and Applied Research. Vol. 19 (1) : 325-333.
- Darlan N.H., Suroso R., Heri S. 2011. Cover crop management untuk mendukung pemupukan yang optimum di perkebunan kelapa sawit. Prosiding Pertemuan Teknis Kelapa Sawit 2011, Batam 4 – 6 Oktober 2011.
- Darmosarkoro, W., I. Y. Harahap. Dan E. Syamsuddin. 2001. Pengaruh Kekeringan pada Tanaman Kelapa Sawit dan Upaya Penanggulangannya. Warta PPKS. Vol. 9 (3): 83-96.
- Ditjenbun. 2014. Statistik Perkebunan Indonesia 2013-2015. KelapaSawit. DirektoratJenderal Perkebunan. KementerianPertanian. Jakarta.
- Gangloff W. J., M. Ghodrati, J. T. Sims, and B. L. Vasilas. 1999. Impact of fly ash amendment and incorporation method on hydraulic properties of a sandy soil. Water, Air, and Soil Pollution 119: 231–245.
- Hardjowigeno, S. 1993. Klasifikasi Tanah dan Pedogenesis Edisi Pertama. Penerbit Akademika Pressindo. Jakarta.
- Haron K., Z.Z. Zakaria, and J.M. Anderson. 2000. Nutrient cycling in an oil palm plantation : The effect of residue management practices during replanting on dry matter and nutrient uptake of young palms. Journal of Oil Palm Research 12 (2) : 29-37.
- Kovacik, P. M. Macak, L. Ducsay, M. Halcinova, dan M. Jancich. 2011. Effect of Ash-Fly Mixture Application On Soil Fertility. J. Elem. Hal: 215-225.
- Kasno A., dan Subardja. 2010. Soil Fertility and Nutrient Management on Spodosol for Oil Palm. Agrivita. Vol. 32 (3).
- Koedadiri, A.D., R. Adiwiganda, dan Z. Poeloengan. 1995. Keragaan Tanaman Kelapa Sawit (*Elaeis guinensis* Jacq) pada Tanah Typic Paleudults, Psamentic Paleudults, dan Haplorthods. Prosiding Seminar Nasional HITI. Kongres HITI VII, Serpong, Bogor.
- Lestari, A. P. 2009. Pengembangan Pertanian Berkelanjutan Melalui Substitusi Pupuk Anorganik dengan Pupuk Organik. Jurnal Agronomi 13 (1).
- Lubis, A. 2008. Kelapa Sawit (*Elaeis guinensis* Jacq) di Indonesia. Pusat Penelitian Kelapa Sawit. Medan.
- Natalia, R. Hayati dan Juanidi, 2012. Pengaruh Pemberian Abu Terbang (Fly ash) terhadap Akumulasi Arsen (As) dan Produksi Beberapa Jenis Tanaman Sawi di Tanah Gambut. <http://jurnal.untan.ac.id/index.php/jsp/article/view/243> diakses pada 2 Januari 2014.
- Murtalaksono, K., W. Darmosarkoro, E. S. Sutarta, H. H. Siregar. 2008. Upaya Peningkatan Produksi Kelapa Sawit melalui Penerapan Teknik Konservasi Tanah dan Air. Jurnal Tanah Tropika. Vol. 14 (2) : 135-142.
- Santoso, H. S., E. S. Sutarta, W. Darmosarkoro. 2013. Pengelolaan Tanah dan Penggunaan Pupuk NPK Palmo pada Tanah Spodosols di PT Bumitama Gunajaya Agro. Pusat Penelitian Kelapa Sawit. Medan.

- Santoso, H. S., M. Syarovy, I. Pradiko, Winarna. 2015. Penggunaan *Fly Ash* sebagai Alternatif Bahan Amelioran pada Tanah Berpasir (Spodosol) di Perkebunan Kelapa Sawit. Prosiding PTKS 2015. Yogyakarta.
- Siregar, H. H., A. Purba, Z. Poeloengan. 1996. Kajian Modifikasi Iklim Mikro dan Masalah Kekeringan pada Pertanaman Kelapa Sawit. Warta PPKS. Vol 4. No. 3 : 137-142.
- Suharta, N dan E. Yatno, 2009. Karakteristik Spodosols, Kendala dan Potensi Penggunaannya. Jurnal Sumberdaya Lahan. Vol.3 (1) : 1-14.
- Subagyo, H., N. Suharta, dan A. B. Siswanto. 2004. Tanah-tanah pertanian di Indonesia. Hlm 21-66. Dalam A.Adimihardja et al (Eds). Sumberdaya Lahan Indonesia dan Pengelolaannya. Puslitbangtanak.Cetakan kedua.
- Tarkalson, D., C.A. Shapiro dan J.L. Petersen. 2010. Use of Fly ash as a Liming Material of Corn and Soybean Production on an Acidic Sandy Soil. Plant Management Network.
- Tala'ohu, S. H., D. Subardja, dan Alkasuma. 2008. Kondisi Biopisik dan Arah Teknologi Konservasi Tanah pada Perkebunan Kelapa Sawit di Daerah Sungai Landak, Kabupaten Landak, Kalimantan Barat. diakses dari <http://balittanah.litbang.pertanian.go.id/ind/dokumentasi/prosiding2008pdf/sidik.pdf> pada tanggal 1 Juni 2015.
- Wiratmoko, D., Winarna, E. Listia, dan M.L. Fadli. 2007. Mengenal Tanah Spodosol dan Kesesuaiannya untuk Tanah Kelapa Sawit. Warta PPKS. Vol. 15 (1): 19-24.
- Wiratmoko, N. H. Darlan, Winarna, dan A. R. Purba. 2015. Teknologi Pengelolaan Lahan Sub Optimal untuk Optimalisasi Produksi Kelapa Sawit. Diampaikan pada Seminar Optimalisasi Pemanfaatan Lahan Marginal untuk Usaha Perkebunan. Surabaya.
- Wardani, S. P. R. 2008. Pemanfaatan Limbah Batubara (Fly ash) untuk Stabilisasi Tanah Maupun Keperluan Teknik Sipil Lainnya Dalam Mengurangi Pencemaran Lingkungan. <http://eprints.undip.ac.id/7029/> diakses pada 2 Januari 2014.
- Winarna, E. S. Sutarta, W. Darmosarkoro. 2003. Efektivitas Aplikasi Pupuk Majemuk Lambat Tersedia pada Pembibitan Kelapa Sawit. Jurnal Pusat Penelitian Kelapa Sawit. Vol 11. No. 3: 107-105.
- Zeidan, M. S. dan M. F. E. Kramany. 2001. Effect Of Organic Manure and *Slow-Release* N-Fertilizers on The Productivity of Wheat (*Triticum Aestivum* L.) in Sandy Soil. Acta Agronomi Hungaria. Vol 49 No. 4 <http://dx.doi.org/10.1556/AAgr.49.2001.4.9>

