2

PENANGGULANGAN KERACUNAN LOGAM BERAT Cd DAN Ni PADA BIBIT KELAPA SAWIT MELALUI APLIKASI BAHAN ORGANIK

Edy Sigit Sutarta dan Suroso Rahutomo

Abstrak Logam berat pada tanaman kelapa sawit (Elaeis guineensis Jacq.) mulai mendapat perhatian sejalan dengan pengembangan kelapa sawit ke lahan marginal serta dengan mulai dikembangkannya pupuk-pupuk yang berasal dari penambangan batuan lokal. Beberapa jenis pupuk lokal ini mengandung bahan ikutan berupa logam berat dalam jumlah yang diduga berbahaya bagi tanaman. Cd merupakan logam berat yang sering mencemari tanah dan air, serta berbahaya bagi pertumbuhan tanaman dan kesehatan. Selain itu keracunan logam berat seperti Ni dan Cd telah mulai dilaporkan terjadi pada tanaman kelapa sawit. Penelitian ini bertujuan untuk mempelajari pengaruh aplikasi bahan organik terhadap pertumbuhan bibit kelapa sawit yang ditanam pada tanah dengan kandungan logam berat Cd dan Ni tinggi. Beberapa dosis bahan organik (0, 3, 6, 9, 12%) berupa tandan kosong sawit dan kompos TKS diaplikasikan pada media tanah yang telah mengandung 25 ppm Cd atau 250 ppm Ni. Hasil penelitian menunjukkan bahwa aplikasi 3% TKS dan kompos TKS menunjukkan pengaruh yang nyata dalam mengurangi pengaruh keracunan logam berat. Pertumbuhan tanaman dan serapan hara daun secara umum mengalami peningkatan sejalan dengan meningkatnya dosis bahan organik yang diaplikasikan. Dengan ketersediaan TKS maupun kompos TKS yang melimpah di perkebunan kelapa sawit, aplikasi TKS maupun kompos TKS dapat menjadi pilihan dalam rangka penanggulangan keracunan logam berat pada lahan marjinal.

Kata kunci : kelapa sawit, logam berat, bahan organik

Abstract The role of heavy metals on oil plantation got attention as oil palm was develoved into marginal land and due to the development of fertilizers generated, from local mined activities. Several of these fertilizers contain hight amount of heavy metals which might be toxic for plant. Cd is a common heavy metal that contaminates soil and water, hampers plant growth and causes serius health problem. In addition, Ni and Al toxicity has been reported on oil palm. Therefore, this research has being conducted to evaluate the effect of organic matter application on oil palm seedling grown on heavy metals (Cd and Ni) contaminated soil. Several dosages (0, 3, 6, 9, 12%) of organic matters (empty fruit bunch and compost of EFB) were applicated to the soil contains 25 ppm Cd and 250 ppm Ni. The result showed that the application of 3% organic matter (EFB or compost fo EFB) significantly reduced heavy metal toxicity. In general, oil palm seedling growth and nutrients uptake increased as the dosages of organic matter increased. The application of EFB and compost of EFB becomes a main choices to reduce heavy metal toxicity on marginal land, due to the abundant availability of EFB or compost of EFB on oil palm plantation.

Keywords: oil palm, heavy metal, organic matter

PENDAHULUAN

Keterbatasan sumber daya lahan telah menyebabkan pengembangan areal kelapa sawit di Indonesia pada saat ini mengarah pada lahan-lahan marjinal, yaitu lahan-lahan yang memiliki faktor pembatas fisik dan kimia yang cukup berat untuk pertumbuhan kelapa sawit. Faktor pembatas fisik tersebut terutama berkaitan dengan bentuk wilayah (topografi berlereng), sedangkan faktor pembatas kimia berkaitan dengan tingkat kesuburan tanah. Secara umum, lahan-lahan marjinal tersebut berupa

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

Edy Sigit Sutarta (⊠)
Pusat Penelitian Kelapa Sawit
JI. Brigjen Katamso No. 51 Medan, Indonesia
Email: edy_sigit@yahoo.com

lahan gambut, lahan pasang surut, dan lahan yang bermasalah dengan tingginya kandungan logam berat. Pemanfaatan lahan-lahan bermasalah, khususnya untuk tanaman kelapa sawit, harus diikuti dengan tindakan-tindakan untuk mengatasi faktor pembatas lahan tersebut, yang diantaranya berupa: penanggulangan keracunan unsur logam berat, perbaikan kejenuhan basa dan kondisi drainase lahan gambut dan pasang surut, dan pemupukan yang seimbang.

Kandungan logam berat yang cukup tinggi sering dijumpai pada pengembangan di lahan bermasalah. kondisi meracun dari logam tersebut akan menghambat pertumbuhan dan produksi tanaman. Hasil pengamatan Poeloengan (1993) menunjukkan bahwa tanaman kelapa sawit tumbuh kerdil pada tanah berkadar Ni sebesar 5.700 ppm. Sementara bibit kelapa sawit yang ditanam pada media dengan kandungan logam berat tinggi, tumbuh kerdil atau mengalami kematian (Sutarta dan Winarna, 2009).

Logam berat tidak hanya berasal dari tanah secara alami, namun juga dapat berasal dari pupuk hasil penambangan maupun industri (Sudarmaji et al. Dengan demikian pengembangan areal perkebunan kelapa sawit ke lahan eks tambang timah seperti yang dilaporkan oleh Rahutomo et al. (2006) perlu mendapat perhatian. Selain menghambat pertumbuhan tanaman, logam berat dapat menyebabkan berbagai jenis penyakit pada manusia (Sudarmaji et al, 2006). Oleh sebab itu berbagai penelitian menyangkut distribusi logam berat di lahan ataupun pengaruh logam berat pada tananam semusim banyak dilakukan (Amin, 2002; Hindersah et al., 2004). Diantara berbagai logam berat yang ada. Cd banyak mendapat perhatian mengingat logam ini banyak mencemari tanah dan perairan dengan konsentrasi yang cukup tinggi, selain logam ini dapat terakumulasi dalam tubuh suatu organisme sehingga sangat berbahaya bagi kesehatan.

Beberapa upaya perlu dilakukan untuk mengurangi keracunan logam berat serta mengembalikan tingkat kesuburan tanah bagi pertumbuhan tanaman. Salah satu metode yang perlu diuji adalah dengan proses imobilisasi logam berat, misalnya melalui aplikasi bahan organik, kapur, ataupun mineral liat bentonit. Darmosarkoro dan Sutarta (2002) melaporkan pemanfaatan kompos TKS

berhasil menurunkan gejala keracunan logam Al pada tanaman kedelai yang ditanam di lahan masam. Upaya penanggulangan keracunan logam berat juga banyak diteliti dengan cara fitoremediasi memanfaatkan tumbuhan, seperti yang dilaporkan oleh Survati dan Priyanto (2003) yang memanfaatkan tanaman air untuk menjerap logam Cd.

Pada perkebunan kelapa sawit, penanggulangan keracunan logam berat dengan memanfaatkan bahan organik perlu diteliti mengingat melimpahnya bahan organik berupa tandan kosong sawit (TKS) yang selama ini sering dipandang sebagai limbah. Kandungan TKS mencapai 23% dari total berat tandan sawit (Schuchardt et al., 2002), sehingga setiap pabrik kelapa sawit dengan kapasitas 30 ton TBS/jam menghasilkan sekitar 276.000 ton TKS/tahun. Tandan kosong sawit ini pada sebagian perkebunan diaplikasikan di lapangan sebagai sumber bahan organik, atau sebagian diolah menjadi kompos TKS dengan mencampur dengan limbah cair pabrik kelapa sawit (Siregar et al, 2002).

Dengan memperhatikan pentingnya penanggulangan logam berat dan melimpahnya bahan organik pada perkebunan kelapa sawit, penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh aplikasi bahan organik, khususnya tandan kosong sawit (TKS) dan kompos TKS terhadap pertumbuhan bibit kelapa sawit pada lahan dengan kandungan logam berat tinggi. Hasil penelitian diharapkan dapat digunakan sebagai metode penanggulangan keracunan logam berat yang dapat diterapkan pada perkebunan kelapa sawit.

BAHAN DAN METODE

Penelitian penanggulangan keracunan logam berat dilakukan pada pembibitan kelapa sawit di kebun Aek Pancur, Sumatera Utara. Sementara analisis tanah dan daun dilakukan di Laboratorium Tanah dan Pupuk, Pusat Penelitian Kelapa Sawit. Tanah yang digunakan sebagai media pembibitan berupa subsoil tanah Typic Hapludult dari kebun Aek Pancur. Hasil analisis terhadap tanah yang digunakan untuk penelitian disajikan pada Tabel 1. Dua jenis logam berat yang digunakan pada percobaan ini adalah Cd dan Ni. Percobaan disusun menggunakan rancangan acak kelompok (RAK) faktorial dengan perlakuan

Tabel 1. Hasil analisis tanah Typic Hapludult yang digunakan dalam penelitian.

	Karakteristik	Satuan	Nilai
	рН	H₂O	5,2
	C	(%)	0,39
	N	(%)	0,09
	P-Bray2	(ppm)	4
ESC NA	Kation tertukar		
1	- K	(me/100g)	1,78
	- Na	(me/100g)	0,20
	- Ca	(me/100g)	2,61
	- Mg	(me/100g)	0,62
	KTK	(me/100g)	17,38
	Kejenuhan Basa	(%)	30
	Al-dd	(me/100 g)	1,09
	В	(ppm)	tr
	Cu	(ppm)	tr
	Zn	(ppm)	21
	Fe	(ppm)	2
	Cd	(ppm)	tr
	Ni	(ppm)	tr
	Pb	(ppm)	tr

berupa bahan pembenah tanah: TKS (0, 3, 6, 9, dan 12%), kompos TKS (0, 3, 6, 9 dan 12%). Setiap perlakuan diulang tiga kali, dan setiap ulangan terdiri dari tiga polibeg, sehingga secara keseluruhan digunakan 180 polibeg.

Untuk persiapan media pembibitan, tanah dikeringudarakan dan diayak dengan ayakan 5 mm, kemudian diisikan pada polibeg untuk *main nursery* (masing-masing 15 kg). Analisis tanah awal, meliputi analisis rutin dan analisis kandungan Cd dan Ni. Selain itu juga dilakukan analisis kandungan bahan pembenah tanah yang akan digunakan. Setelah tanah ditimbang, lalu dicampur dengan logam berat hingga mencapai konsentrasi Cd 25 ppm atau Ni 250 ppm, kemudian diinkubasi selama seminggu. Setelah itu dilakukan aplikasi perlakuan berupa

bahan pembenah tanah secara merata, kemudian dilakukan inkubasi lagi selama seminggu sebelum dilakukan penanaman kecambah kelapa sawit. Pemeliharaan bibit selama di pembibitan utama berupa pemupukan dan penyiraman dilakukan secara rutin.

Pengamatan pertumbuhan bibit dilakukan setiap bulan yang meliputi tinggi tanaman, jumlah daun, dan diameter batang. Sementara kandungan logam berat pada tanaman dianalisis pada akhir percobaan (12 bulan setelah tanam). Sidik ragam digunakan untuk menguji ada tidaknya pengaruh perlakuan terhadap parameter pengamatan, dilanjutkan dengan uji Duncan Multiple Range Test (DMRT) untuk mengetahui perlakukan yang menunjukkan beda nyata.



HASIL DAN PEMBAHASAN

Penelitian aplikasi bahan organik berupa tandan kosong sawit (TKS) dan kompos TKS untuk menekan pengaruh negatif logam berat Cd dan Ni dilakukan pada pembibitan dengan sistem single stage dimana tahap pembibitan awal dan pembibitan utama dilakukan dalam satu polibeg besar. Dengan demikian tidak ada pemindahan bibit dari tahap pebibitan awal (bibit umur 3 bulan) ke pembibitan utama. Hasil pengamatan terhadap bibit umur 12 bulan atau setara

dengan 9 bulan di pembibitan utama, menunjukkan bahwa bahan organik pada taraf 3% berpengaruh nyata terhadap pertumbuhan bibit.

Peningkatan dosis bahan organik secara umum mampu meningkatkan pertumbuhan bibit, yaitu tinggi bibit, diameter bibit, dan bobot kering bibit yang berkaitan dengan kemampuan bahan organik dalam mengurangi pengaruh keracunan logam berat. Pengaruh beberapa dosis TKS dan kompos TKS disajikan pada Tabel 2-5 dan Gambar 1.

Tabel 2. Pengaruh beberapa dosis bahan organik (TKS kompos) terhadap tinggi bibit di pembibitan utama (main nursery) umur 9 bulan.

Dosis		Tinggi b	pibit (cm)	
(%)	T - Cd	T - Ni	K - Cd	K - Ni
0	40,83 e	47,92 c	31,33 c	53,75 b
3	71,22 d	81,18 b	84,49 b	91,00 a
6	82,83 c	75,54 b	100,78 a	95,28 a
9	110,80 a	90,45 ab	97,22 a	101,85 a
12	99,29 b	107,57 a	96,06 a	105,50 a
LSD 0,05	10,75	19,3	12,22	18,41

Ket: - angka yang diikuti huruf yang sama adalah tidak berbeda nyata pada taraf 5%

- T-Cd = TKS dengan Cd, T-Ni = TKS dengan Ni, K-Cd = kompos TKS dengan Cd,

K-Ni = kompos dengan Ni

Tabel 3. Pengaruh beberapa dosis bahan organik (TKS kompos) terhadap diameter batang di pembibitan utama (main nursery) umur 9 bulan.

Dosis		Diameter b	patang (cm)	
(%)	T - Cd	T - Ni	K - Cd	K - Ni
0	1,48 d	2,46 c	2,82 a	2,68 c
3	3,40 c	5,07 b	4,28 a	4,98 b
6	4,41 b	5,19 b	5,25 a	5,17 ab
, 9	6,01 a	5,28 b	5,24 a	5,52 a
12	5,87 a	5,86 a	5,15 a	5,39 ab
LSD 0,05	0,54	0,53	2,55	0,44

Ket: - angka yang diikuti huruf yang sama adalah tidak berbeda nyata pada taraf 5%

- T-Cd = TKS dengan Cd, T-Ni = TKS dengan Ni, K-Cd = kompos TKS dengan Cd,

K-Ni = kompos dengan Ni

雅

Tabel 4. Pengaruh beberapa dosis bahan organik (TKS & Kompos) terhadap jumlah daun di pembibitan utama (*main nursery*) umur 9 bulan.

Dosis		Jumlai	h daun	
(%)	T - Cd	T - Ni	K - Cd	K - Ni
0	7,39 c	10,83 b	6,33 c	11,39 b
3	14,00 b	16,22 a	14,25 b	16,00 a
6	14,56 b	16,50 a	15,55 a	16,00 a
9	17,33 a	16,22 a	17,33 a	16,56 a
12	16,67 a	17,22 a	15,89 a	15,55 a
LSD 0,05	1,40	2,76	1,90	0,99

Ket: - angka yang diikuti huruf yang sama adalah tidak berbeda nyata pada taraf 5%

- T-Cd = TKS dengan Cd, T-Ni = TKS dengan Ni, K-Cd = kompos TKS dengan Cd,

K-Ni = kompos dengan Ni

Tabel 5. Pengaruh bahan organik terhadap bobot kering bibit (g/bibit) yang terkontaminasi logam berat di pembibitan utama.

	Berat Kering (g)									
Dosis (%)	T-Cd		T-Ni		K-Cd		K-Ni			
(70)	Akar	B.Atas	Akar	B.Atas	Akar	B.Atas	Akar	B.Atas		
0	3,87 d	17,60 d	8,6 d	45,03 c	2,43 d	8,20 c	11,97 d	65,47 c		
3	30,67 c	142,03 c	39,33 c	288,03 b	37,17 c	182,27 b	38,90 c	273,50 b		
6	54,94 b	248,57 b	55,17 b	333,03 b	73,8 b	366,93 a	49,60 bc	367,27 a		
9	100,40 a	511,27 a	46,53 bc	322,70 b	104,73 a	366,73 a	62,10 ab	375,27 a		
12	108,43 a	496,10 a	65,43 a	441,53 a	77,00 b	361,83 a	72,33 a	413,23 a		
LSD 0,05	20,14	89,22	15,81	70,42	14,76	100,36	19,29	73,51		

Ket: - angka yang diikuti huruf yang sama adalah tidak berbeda nyata pada taraf 5%

- T-Cd = TKS dengan Cd, T-Ni = TKS dengan Ni, K-Cd = kompos TKS dengan Cd,

K-Ni = kompos dengan Ni

Jika diperhatikan data pertumbuhan tanaman maupun bobot bibit, tidak terlihat perbedaan pengaruh antara aplikasi TKS dengan kompos TKS pada dosis aplikasi yang sama. Selain itu data pertumbuhan bibit maupun Gambar 1 menunjukkan media tanam berkadar Cd maupun Ni tinggi yang tidak diberi bahan organik menyebabkan bibit kelapa sawit mengalami keracunan logam berat sehingga tumbuh kerdil, walaupun semua bibit memperoleh hara yang cukup, seperti yang pernah dilaporkan oleh Sutarta dan Winarna (2009). Sementara pertumbuhan bibit yang baik dengan adanya penambahan bahan organik

menunjukkan aplikasi bahan organik dapat menekan keracunan logam Cd maupun Ni pada bibit kelapa sawit.

Kemampuan bahan organik dalam menanggulangi pengaruh logam berat terhadap pertumbuhan tanaman, secara tidak langsung juga berpengaruh terhadap serapan hara pada pembibitan kelapa sawit (Tabel 6). Secara umum peningkatan dosis bahan organik, berupa TKS maupun kompos TKS berpengaruh terhadap peningkatan serapan unsur hara, baik pada media yang terkontaminasi logam Nimaupun Cd.





Pengaruh aplikasi TKS terhadap pertumbuhan bibit
 MN pada media terkontaminasi Ni.



 Pengaruh aplikasi kompos TKS terhadap pertumbuhan bibit MN pada media terkontaminasi Ni.



 Pengaruh aplikasi TKS terhadap pertumbuhan bibit MN pada media terkontaminasi Cd.



 Pengaruh aplikasi kompos TKS terhadap pertumbuhan bibit MN pada media terkontaminasi Cd.

Gambar 1. Keragaan bibit kelapa sawit di pembibitan utama pada berbagai dosis bahan organik (TKS dan kompos) pada media terkontaminasi Cd dan Ni.

Dengan mempertimbangkan kemungkinan terhambatnya pertumbuhan bibit kelapa sawit akibat tingginya kandungan logam berat, maka aplikasi TKS ataupun kompos TKS yang cukup melimpah ketersediaanya pada perkebunan kelapa sawit merupakan langkah yang tepat dalam upaya pemanfaatan lahan-lahan marginal. Pengaruh aplikasi TKS dan kompos TKS yang mampu mendukung pertumbuhan bibit kelapa sawit, bukan semata-mata disebabkan adanya proses peng-khelatan logam berat oleh bahan organik, namun bahan organik tersebut juga mampu merangsang perkembangan perakaran kelapa sawit sehingga dapat menyerap hara secara lebih baik, seperti yang dilaporkan oleh Liew et al. (2010a) dan Liew et al. (2010b).

Kemampuan TKS maupun kompos TKS dalam mengatasi keracunan logam berat memberi nilai tambah tersendiri mengingat selama ini bahan organik ini juga telah diaplikasikan sebagai pupuk organik untuk memperbaiki sifat fisik maupun kimia tanah. Aplikasi TKS maupun kompos TKS telah dilaporkan

dapat meningkatkan ketersediaan fosfor bagi tanaman (Sutarta et al., 2003; dan Zulkipli dan Tarmizi, 2010), selain berperan untuk memperbaiki efektivitas pemupukan.

Dengan semakin terbatasnya lahan yang subur bagi pengembangan kelapa sawit, pengembangan perkebunan kelapa sawit ke depan diperkirakan terus mengarah ke lahan marginal seperti lahan bekas tambang, yang sering memiliki kadar logam berat tinggi. Selain itu dalam jumlah yang tepat, beberapa logam berat juga diperlukan bagi pertumbuhan tanaman, dimana hasil penelitian Sutarta dan Winarna (2009) menunjukkan bahwa aplikasi 250 ppm Fe atau 500 ppm Al dapat meningkatkan serapan hara bibit kelapa sawit. Hal ini sejalan dengan pernyataan Kabata-Pendias dan Pendias (2001) bahwa dalam jumlah tepat beberapa logam berat yang tergolong esensial (termasuk Al, Fe, Cu, dan Ni) memiliki fungsi penting dalam metabolisme tanaman, fiksasi N, fotosintesis, oksidasi, hidrogenase, dan trasnslokasi N. Bahkan Malavolta dan Moraes (2007) menyatakan

Tabel 6. Pengaruh beberapa logam berat terhadap serapan hara di pembibitan utama.

Dosis			K-Ni					T-Ni		
(%)	N	Р	К	Ca	Mg	N	Р	К	Ca	Mg
0	597,9 c	47,18 c	538,2c	67,82b	70,58c	406,3c	31,99c	360,9c	39,78b	41,29b
3	2406,1 b	187,52 b	2120,9b	176,17b	242,21b	2704,4b	197,57b	2267,3b	287,40a	284,77a
6	3645,6 a	244,63ab	2927,8a	351,42a	365,09a	3218,5b	234,14b	2597,2 b	296,92a	346,95a
9	3517,2 a	262,49a	3035,3a	399,55a	403,71a	3182,4b	210,24b	2390,9b	314,87a	349,09a
12	3890,1 a	289,70a	3367,6a	435,25a	467,71a	3945,8a	303,50a	3398,6a	447,82a	363,67a
LSD 0.05	957,59	62,189	790,32	122,8	108,66	675,72	53,375	571,24	164,72	92,189

Lanjutan Tabel 6.

Dosis			K-Cd					T-Cd		
(%)	N	Р	К	Ca	Mg	N	Р	K	Ca	Mg
0	79,4c	5,84c	65,1c	9,08c	8,90c	187d	13,72d	137,2b	15,36c	17,89c
3	1844,5b	141,79b	1453,9b	157,97b	198,28b	1419,9c	113,93c	1162,7ab	116,61bc	136,84b
6	3480,1a	262,77a	2915,7a	338,69a	374,18a	2461,2b	197,75b	1327,0ab	214,37b	231,47b
9	3644,4a	273,89a	2929,1a	416,46a	402,07a	5045,6a	381,09a	419,8b	487,79a	505,18a
12	3757,6a	277,81a	2875,7a	403,64a	383,99a	4910,8a	379,96b	2876,0a	525,10a	484,25a
LSD 0.05	999,98	78,876	776,86	98,903	109,36	851,4	72,731	2246,5	114,11	95,877

Ket: - angka yang diikuti huruf yang sama adalah tidak berbeda nyata pada taraf 5%

-T-Cd = TKS dengan Cd, T-Ni = TKS dengan Ni, K-Cd = kompos TKS dengan Cd,K-Ni=kompos & Ni

bahwa walaupun Ni sering dijumpai menimbulkan keracunan bagi tanaman, namun belakangan semakin disadari pentingnya peranan Ni sebagai salah satu hara penting bagi tanaman. Dengan semakin disadari pentingnya beberapa logam berat esensial sehingga unsur ini umumnya ditambahkan dalam komposisi pupuk majemuk.

Dengan semakin meningkatnya aplikasi pupuk yang berasal dari pertambangan maupun pupukpupuk majemuk yang mengandung logam berat esensial, perlu pengamatan yang seksama agar tidak terjadi kelebihan logam berat yang dapat meracun tanaman. Selain itu pengembangan perkebunan kelapa sawit pada lahan marjinal, termasuk dengan kandungan logam berat tinggi harus diikuti dengan aplikasi bahan pembenah tanah. Tanpa adanya aplikasi bahan pembenah tanah, tanaman kelapa sawit akan terhambat pertumbuhannya (Poeloengan, 1993) atau bahkan bibit tanaman kelapa sawit tidak dapat tumbuh subur atau mengalami kematian (Sutarta dan Winama, 2009). Untuk tujuan

penanggulangan keracunan logam berat, aplikasi bahan organik berupa TKS ataupun komposnya dengan konsentrasi 3% dari media tanam secara nyata mampu mengatasi keracunan logam berat terutama Cd dan Ni. Dengan jumlah yang melimpah, pemanfaatan TKS maupun kompos TKS sebagai bahan pembenah tanah pada lahan terkontaminasi logam berat menjadi sangat prospektif bagi pengembangan perkebunan kelapa sawit.

KESIMPULAN

Aplikasi TKS dan kompos TKS secara nyata mampu meningkatkan pertumbuhan bibit kelapa sawit dan serapan hara pada media yang terkontaminasi logam berat Cd dan Ni. Untuk tujuan penanggulangan keracunan logam berat, aplikasi bahan organik berupa tandan kosong sawit ataupun kompos TKS dengan dosis 3% secara nyata mampu meningkatkan pertumbuhan bibit kelapa sawit. Dengan jumlah yang melimpah pada perkebunan kelapa sawit, kedua jenis



bahan organik tersebut dapat dimanfaatkan sebagai bahan pembenah tanah bagi penanggulangan kontaminasi logam berat pada lahan marginal.

DAFTAR PUSTAKA

- Amin, B. 2002. Distribusi logam berat Pb, Cu dan Zn pada sedimen di perairan Telaga Tujuh Karimun Kepulauan Riau. Jurnal Natur Indonesia 5(1): 9 16.
- Darmosarkoro, W., E.S. Sutarta, dan Erwinsyah. 2000. Pengaruh kompos tandan kosong sawit terhadap sifat tanah dan pertumbuhan tanaman. J. Pen. Kelapa Sawit, 8 (2): 107 122.
- Darmosarkoro, W. dan E.S. Sutarta. 2002.
 Application of EFB compost on acidic soil in
 North Sumatra to increase soil bases and
 decrease aluminium. *In* Poeloengan *et al*(2002). Proc. of the 2002 International Oil
 Palm Conference, Bali, July 8 12, 2002. p:
 464 470.
- Hindersah, R., A. M. Kalay, dan B. S. Muntalif. 2004. Akumulasi Pb dan Cd pada buah tomat yang ditanam di tanah mengandung lumpur kering dari instalasi pengolahan air limbah domestik. Seminar Nasional dan Kongres Perhimpunan Ahli Pangan Indonesia (PATPI). ISBN: 979-99965-0-3. Jakarta 17 18 Desember 2004. p: 142 145.
- Kabata-Pendias, A. and H. Pendias. 2001. Trace elements in soils and plants. Third Edition. CRC Press LLC. Boca Raton-Florida. 331p.
- Malavota, E. and M.F. Moraes. 2007. Nickel from toxic to essential nutrient. Better Crops, 91(3): 26 27.
- Liew, V.K., Z. A. Rahman, M.H. Musa, and A. Hussein. 2010a. Nutrient absorption bu oil palm primary roots as affected by empty fruit bunch application. Journal of Oil Palm Research, Vol 22 April 2010. p:711 720.
- Liew, V.K., Z. A. Rahman, M. H. Musa, and A. Hussein. 2010b. Empty fruit bunch application and oil palm root proliferation. Journal of Oil Palm Research, Vol 22 April 2010. p:750 757.

- Poeloengan, Zulkarnaen. 1993. Oil palm growth on high Ni soils. *In* 1993 PORIM International Palm Oil Congress. Kuala Lumpur, 20-25 September 1993.
- Rahutomo, S., E.S. Sutarta, and Sugiyono. 2006.

 Menambang minyak sawit di lahan bekas tambang. Warta Pusat Penelitian Kelapa Sawit, 14(2):1-7.
- Schuchardt, F., K. Wulfert, and D. Darnoko. 2002. A new, integrated concept for combined waste (EFB) and waste water (POME) treatment in palm oil mills Technical, economical and ecological aspects. *In* Poeloengan *et al* (2002). Proc. of the 2002 International Oil Palm Conference, Bali, July 8 12, 2002. p: 330 343.
- Siregar, F. A., S. Saletes, J.P. Caliman, and T. Liwang. 2002. Empty fruit bunch compost: Processing and utilities. *In* Poeloengan *et al* (2002). Proc. of the 2002 International Oil Palm Conference, Bali, July 8 12, 2002. p: 25-234.
- Sudarmaji, J. Makuno, dan Corie I.P. 2006. Toksikologi logam berat B3 dan dampaknya terhadap kesehatan. Jurnal Kesehatan Lingkungan, 2(2): 129 – 142.
- Suryati, T., dan B. Priyanto. 2003. Eliminasi logam berat kadmium dalam air limbah menggunakan tanaman air. J. Tek. Ling, P3TL-BPPT. 4(3): 143-147.
- Sutarta, E.S., S. Rahutomo, W. Darmosarkoro. 2003. ketersediaan fosfor dalam tanah perkebunan kelapa sawit melalui aplikasi bahan pembenah tanah. J. Pen. Kelapa Sawit, 11(2): 85 94.
- Sutarta, E.S. dan Winarna. 2009. Pengaruh logam berat terhadap pertumbuhan dan serapan hara bibit kelapa sawit. J. Pen. Kelapa Sawit, 17 (1): 1 9.
- Zulkipli, H. and A.M. Tarmizi. 2010. Phosphorus fractions in soil amended with empty fruit bunches and phosphate fertilizer an incubation study. Journal of Oil Palm Research, Vol 22 December 2010. p: 823 834.

INDEKS SUBYEK

Aklimatisasi	122
Alometrik	95
Analisis spasial	6
Areca cathecu	19
Broadcast method	12
Cocoa butter substitute	56
Crotalaria juncea	66
Elaeidobius kamerunicus	73
Elektrokoagulasi	86
Emisi CO ₂	28, 102
Fruit set	73
Gambut	28, 95
Ganoderma	66
Hidrogenasi	56
Indeks kesuburan tanah	3
Logam berat	129
Membran mikrofiltrasi	41
Mucuna bracteata	66
Neraca karbon	101
Pencahayaan alami	122
Plasma lucutan pijar korona	50
Rafinasi	56
RAPD	22
Sistem Informasi Geografi	2
Aklimatisasi	123

INDEKS PENGARANG

Agus, F	27
Djoyobisono, H	65
Ernayunita	121
Faizah, R	114
Hanum, F	40
Harahap, I. Y.	73, 101
Hasibuan, H. A.	55
Herawan, T	40, 86
Herman	27
Las, I	27
Latif, S	49
Lelyana, V. D.	40
Listia, E	101
Muchlisin, Z	49
Nasution, M. A.	86
Nur, M	49
Pangaribuan, Y	73
Purba, R. Y	73
Rahutomo, S	11, 129
Samosir, Y. M.	121
Santoso, H	1
Setiowati, R. D.	114
Siahaan, D	55
Sugiyono	1
Surbakti, R	19
Susanto, A	19, 65, 73
Sutarta, E. S.	1, 11, 129
Utomo, C	19
Wening, S	114
Widyastuti, S. M.	65
Wiratmoko, D	1
Yaakob, Z	86
Yenni, Y	114
Yulianti, N	95