

Cekaman Lingkungan dan Potensi Logam Berat pada Budidaya Sayuran Di Lahan Pasca Tambang Timah

Environment Stress and Distribution Efforts Pb on Vegetable Cultivation In The Post-Mining Land Bangka Tin

Nyayu S. Khodijah^{1*)} Rudjito,A.S² M.U.Harun² L.Robiartini B²

¹Mahasiswa Program S3 Ilmu Pertanian Universitas Sriwijaya,

²Fakultas Pertanian Universitas Sriwijaya

^{*)}Corresponding author: nyayukhodijah@yahoo.co.id

Tel./Faks. +08127869441/+627869441

ABSTRACT

Vegetable crops grown on land other than the tin tailings sand having problems because the dominant soil physical sand, will also experience a lack of water stress, heat stress and high temperatures, low pH, availability of nutrients, heavy metals and soil biology is limited. Environmental conditions such growth will suppress the growth and production of vegetable crops grown on it. The existence of Pb and Cd as heavy metals reckoned besides affecting plant growth will also affect the security of kosumsi vegetables consumed by humans and livestock. Results of physical analysis sands tailings former tin mining showed a 100% sand, with a low chemical fertility. Sand tailings age range of 1 to 40 years after mining activities unconventional and conventional tin contains Metal Cadmium (Cd) Total (ppm) ranging from 0.6 to 2.5 (ppm). As for Total Pb (ppm) range 10,80 ppm up to 386 ppm.

Key words: tin mines of Bangka, Media mined, heavy metals.

ABSTRAK

Tanaman sayuran yang ditumbuhkan pada lahan pasir tailing timah selain mengalami masalah karena fisik tanah dominan pasir, juga akan mengalami cekaman kekurangan air, cekaman panas dan suhu tinggi, pH rendah, ketersediaan hara, logam berat dan biologi tanah terbatas. Kondisi lingkungan tumbuh yang demikian akan menekan pertumbuhan dan produksi tanaman sayuran yang ditumbuhkan di atasnya. Keberadaan Pb dan Cd sebagai logam berat patut diperhitungkan selain mempengaruhi pertumbuhan tanaman juga akan mempengaruhi keamanan kosumsi sayuran yang dikonsumsi manusia dan ternak. Hasil analisa fisik tailing pasir bekas penambangan timah menunjukkan 100% pasir, dengan kesuburan kimia yang rendah. Tailing pasir kisaran umur 1 sampai 40 tahun setelah kegiatan penambangan timah inkonvensional dan konvensional memiliki kandungan Logam Kadmium (Cd) Total (ppm) berkisar antara 0,6 sampai 2,5 (ppm). Sedangkan Pb Total (ppm) berkisar antara 10,80ppm sampai 386 ppm.

Kata kunci: tambang timah Bangka, Media bekas penambangan, logam berat.

PENDAHULUAN

Pemanfaatan lahan bekas tambang timah dengan tanaman konsumsi untuk hewan dan manusia harus mempertimbangkan keamanan pangan karena keberadaan kandungan logam berat pada lahan bekas penambangan timah cukup tinggi. Kandungan Pb di lahan tambang timah Bangka lokasi pemali mencapai 60.1 ppm untuk lahan yang telah ditinggalkan lebih dari 40 tahun (Veriady 2007). Kadar Sn pada tailing tambang timah di Merbuk/Nibung, Kabupaten Bangka Tengah mencapai 350 ppm (Herman 2005). Kandungan Cd pada lahan bekas tambang timah Bangka antara 0,67-12,36 mg per kg, lebih tinggi dari kandungan Cd kulit bumi 0,1-0,2 mg per kg, di tanah tidak terkontaminasi 0,06-1,1 mg per kg (Balai lingkungan Pertanian 2011).

Tanaman sayuran masih potensial dikembangkan di Bangka Belitung, karena kebutuhan sayuran di Bangka Belitung masih mengandalkan pasokan dari luar Bangka. Selain pasokan sayuran sering terhambat karena kendala pengangkutan yang menyebabkan stok terbatas, juga terjadi penurunan kualitas. Menurut Candra 2015, jika tanaman sayuran diusahakan secara lokal oleh petani Bangka Belitung selain pasokan dan kualitas sayuran menjadi lebih baik, harga sayuran di Bangka Belitung paling tidak akan menurun sebesar 10%, atau pengusaha akan mendapatkan tambahan revenue sebesar lebih dari 5 milyar rupiah perbulan dan pemerintah daerah akan mendapatkan retrebusi sebesar hampir 30 juga rupiah.

Tanaman sayuran dilahan bekas penambangangan timah memerlukan upaya perbaikan lingkungan agar optimal pertumbuhannya. Lahan tailing timah adalah lahan pasca penambangan timah yang didominasi oleh pasir dan miskin bahan organik. Kondisi kritis yang dimiliki oleh lahan tailing antar lain : tekstur berpasir, pH sangat rendah, C-Organik, N total, P Bray, K-dd, Ca, Mg dan kejenuhan basah sangat rendah, sedangkan Nisbah CN dan KTK rendah (Shamshuddin *et al.*,1986, Nurtjahya, 2004, Hanura 2006, Khodijah *et al.*,2007, Inonu *et al* 2010, Ferry *et al* 2010, Juairiyah 2010). Telah dilakukan penelitian budidaya tanaman pangan dan non pangan di lahan tailing timah; Karet (Ismed 2011, Juairiyah 2010), Nilam (Santi, 2005), Kacang tanah (Sabrian 2004), Jarak (Khodijah, 2008), pembibitan kelapa sawit (Khodijah, 2007), Jagung (Khodijah, 2013), Nenas (Lanoviadi, 2010), Kedelai (Hanura, 2006), Lada (Fery *et al.*, 2010), tanaman kehutanan *Eucalyptus* (Komarayati, *et al.* 1996) dan pakan (Hidayat *et al.* 2013.). Hasil penelitian umumnya menunjukkan penambahan bahan organik dengan berbagai jenis dan cara mampu memperbaiki pertumbuhan dan ketahanan tanaman pada dilahan tailing timah.

Beberapa spesies tanaman mampu bertahan di kondisi pH rendah dan logam berat. Spesies ini, meskipun tumbuh di tanah yang tercemar tersebut, konsentrasi logam berat tersebut tidak menumpuk tinggi di tunas. Hal ini merupakan pilihan yang efektif dan murah untuk menstabilkan daerah tailing dan juga mengurangi efek erosi. Tanaman yang mampu bertahan dan tumbuh diidentifikasi merupakan tanaman yang mampu mengatasi stress air, suhu dan logam berat. Akumulasi logam dalam tanaman mempengaruhi proses normal metabolisme tanaman. Studi menunjukkan ada hubungan antara tinggi nilai logam tanaman dan modifikasi pertumbuhan sehingga tanaman dapat bertahan. Keberadaan logam berat di jaringan tanaman bioakumulator dapat ditekan pengaruh negatifnya disebabkan keberadaan asam amino tertentu dalam tanaman tersebut (Ashraf *et al.*, 2011).

I. Cekaman lingkungan di lahan bekas tambang

Tanaman sayuran yang ditumbuhkan pada lahan tailing timah akan mengalami cekaman kekurangan air, panas, suhu tinggi, pH dan hara, logam berat dan biologi tanah

terbatas. Kondisi lingkungan tumbuh yang demikian akan menekan pertumbuhan dan produksi tanaman yang ditumbuhkan di atasnya. .

1. Cekaman kekurangan air

Tailing pasir yang berasal dari aktivitas penambangan timah memiliki porositas tinggi, daya memegang air yang rendah dan kandungan bahan organik yang rendah. Kondisi tersebut menyebabkan defisit air tanah, khususnya pada musim kemarau (Inonu *et al* 2011). Perubahan bioekofisik di lahan tailing lain adalah meningkatnya suhu tanah. Peningkatan suhu tanah ini disebabkan tingginya daya pemantulan sinar pada tailing. Akibat lainnya adalah meningkatnya evapotranspirasi dan mempengaruhi kelembaban media dan udara sekitar tanaman serta kadar air tanah. Pada tanaman yang tumbuh dalam kondisi defisit air akan berpengaruh terhadap konduktansi stomata, bahan kering dan hasil panen. Penambahan bahan organik dapat menurunkan kehilangan hasil akibat stress kekurangan air tanaman (Hirich *et al.*, 2014). Hasil yang ditunjukkan Jagung (*Zea mays L.*) sering dibatasi oleh ketersediaan air tanah yang rendah (The vapour pressure deficit, VPD) terutama di musim kemarau. Delapan hibrida yang dicobakan menunjukkan hasil yang sama bahwa ketersediaan air (1,7-2,5 kPa) konsisten menurunkan hasil jagung (Gholipoor *et al.*, 2013).

2. Cekaman panas dan suhu tinggi

Respon stres panas yang dialami oleh tanaman pada tahap pertumbuhan akan berdampak jauh lebih besar dari pada stres yang dipengaruhi oleh ketersediaan air (Alghabari *et al.*, 2014). Heat stress telah menjadi faktor yang semakin penting dalam membatasi hasil panen gandum. Di China utara, suhu tinggi (>30 ° C) selama pengisian biji-bijian merupakan salah satu kendala utama dalam meningkatkan produktivitas gandum. Hasil penelitian menunjukkan bahwa tingkat fotosintesis (Pn) dalam daun bendera menurun. Penurunan Pn bukan disebabkan oleh keterbatasan stomata akibat panas, melainkan oleh penurunan aktivitas Rubisco dan penurunan fungsional dalam fotosistem II (PSII). Setelah stres panas, hasil gabah menurun 6,41%, sampai 43%, jika dibandingkan dengan kondisi normal. Heat stress juga menyebabkan perubahan ultrastruktur sel mesofil (Feng *et al.*, 2014), menurunkan respirasi tanah secara signifikan dan aktivitas dehidrogenase sebesar 20-80% (Kumar *et al.*, 2014). Korelasi antara resistensi aktivitas dehidrogenase dan substrat yang disebabkan respirasi mengungkapkan hubungannya dengan stres panas

Di daerah semi-kering, air dan stres suhu tinggi menjadi kendala serius untuk produksi tanaman. Efek gabungan dari panas dan kekeringan sangat berpengaruh pada sifat fisiologis dan hasil tanaman. Penurunan hasil pada polong kacang tanah yang disebabkan oleh stres kekeringan adalah 72% pada suhu tinggi dan 55% pada suhu sedang. Penyiraman tidak memberikan kondisi baik di bawah kondisi suhu tinggi. Penurunan biomass hasil yang disebabkan oleh stres air (WS) adalah 34% pada suhu tinggi dan 42% di bawah suhu moderat (Hamidou *et al.*, 2013).

Tabel 1. Hasil analisa tekstur tanah PMK dan pasir tailing bekas penambangan Timah

No.	Sampel	Fraksi Tekstur (%)		
		Pasir	Debu	Liat
1.	Tanah PMK	82,74	10,13	7,13
2.	Pasir tailing setelah 20 tahun penambangan	100 % pasir		

3. Cekaman pH rendah dan ketersediaan hara dan logam berat

Tanah mempunyai kapasitas sangga yang terbatas terhadap logam berat. Karakteristik ini ditentukan oleh banyak faktor di antaranya pH, kandungan bahan organik dan kapasitas tukar kation. Nilai pH dan CEC rendah di tailing timah konsisten dengan pelapukan dari tanah dimana secara mineralogi masih ada mika dan klorit. Pada tanah pasir deposit lebih tinggi bersumber dari gipsit (Shamsodeen, *et al* 1986). Kadar Seng, tembaga dan mangan adalah sedang sampai tinggi tetapi penyerapan oleh tanaman akan dipengaruhi oleh pH. Beberapa hasil penelitian penambahan bahan organik di lahan tailing timah akan meningkatkan nilai pH (Ratna 2005, Hanura 2006, Khodijah *et al.*, 2007, Ismed *et al* 2010, Ferry *et al* 2010, Juairiyah 2010).

Tabel 2. Hasil analisa pH KCl, N-total, P, Bray, K-dd, Ca dan Mg (me/100 g) tanah PMK dan pasir tailing bekas penambangan Timah

No.	Sampel	pH KCl (1 : 1)	N-Total (%)	P-Bray I (ppm)	(me/100 g)		
					K-dd	Ca	Mg
1.	Tanah PMK	4,17	0,10	17,40	0,06	0,38	0,17
2.	Pasir tailing setelah 20 tahun penambangan	4,70	0,01	2,70	0,06	0,30	0,13

Peningkatan pH akan berpengaruh pada reaksi tanah. Akan terjadi pembentukan kompleks logam hidroksida terutama Al(OH)₃ dan Fe (OH)₃ (Stevenson 1982). pH akan menentukan tinggi rendahnya unsur hara yang diserap tanaman. Unsur hara akan mudah diserap akar pada kondisi pH normal. pH tailing timah bekas penambangan timah berkisar dibawah 5,5. Kondisi pH rendah akan memacu kelarutan logam Al, Fe dan Mn sehingga meningkatkan keracunan unsur-unsur tersebut. Keberadaan logam berat juga dipengaruhi persentase bahan organik (Gonzalo *et al* (2010). Logam berat yang diserap tanaman akan mempengaruhi tanaman dan/atau manusia. Keberadaan Cr bervariasi di beberapa lokasi tailing timah terdeteksi tinggi (Shamshuddin *et al.*, 1986). Bahan organik memberikan beberapa keuntungan meliputi pengurangan toksisitas Al dan Mn dengan membentuk kompleks Al-bahan organik yang tidak beracun, menyediakan dan menambah unsure hara N, P, K dan S melalui mineralisasi, menurunkan fiksasi P, meningkatkan kapasitas tukar kation tanah, meningkatkan sifat-sifat fisik tanah termasuk kapasitas ikat air dan stabilitas agregat, meningkatkan aktivitas mikroorganisme tanah, mengurangi aliran permukaan dan erosi tanah (Von Uexcull *dalam* Ginting, 1994).

II. Logam Berat pada tailing timah dan pengaruhnya terhadap tanaman

Polusi tanah pertanian oleh logam berat memberikan dampak yang semakin serius bagi kesehatan manusia dan lingkungan dalam beberapa tahun terakhir. Polutan logam berat dapat memasuki rantai makanan manusia melalui produk pertanian dan air tanah dari tanah tercemar. Istilah logam berat menunjuk pada logam yang mempunyai berat jenis lebih tinggi dari 5 atau 6 g/cm³. Beberapa logam berat yang beracun tersebut adalah As, Cd, Cr, Cu, Pb, Hg, Ni, dan Zn. Telah dilakukan analisa kandungan Pb dan Cd di sandi tailing timah dengan beberapa umur tambah konvensional dan konvensional (Tabel 1).

Tabel. 1. Kandungan Pb dan Cd total (ppm) pada berbagai umur dan lahan bekas penambangan timah Bangka

umur lahan setelah penambangan	kandungan Cd total (HNO ₃ -HCLO ₄ (AAS) (ppm)			rata-rata Cd	kandungan Pb total (HNO ₃ -HCLO ₄ (AAS) (ppm)			rata-rata Pb
	ulangan 1	ulangan 2	ulangan 3		ulangan 1	ulangan 2	ulangan 3	
	kontrol (tanah PMK)	1,4	1,8		1,1	1,43	60	
1 tahun tambang Inkovensional lokasi Kecamatan Merawang	0,8	0,7	0,6	0,70	16	14	10	13,33
4 tahun tambang Inkovensional lokasi Kecamatan Merawang	1,7	2,5	1,7	1,97	404	402	352	386,00
7 tahun tambang Inkovensional lokasi Kecamatan Merawang	0,7	0,6	0,7	0,67	13	10	9,4	10,80
10 tahun tambang Inkovensional lokasi Kecamatan Merawang	0,6	0,8	0,8	0,73	16	13	13	14,00
20 tahun tambang PT. Timah Pemali	0,6	0,8	0,6	0,67	13	13	10	12,00
40 tahun tambang PT. Timah Pemali	0,8	0,9	0,7	0,80	12	13	13	12,67

Hasil pengamatan Pb dan Cd yang dilakukan pada tambang inkovensional dan tailing pasir di bekas tambang PT Timah diperoleh data sebagaimana terlihat pada Tabel 1 (analisa dilakukan di laboratorium Seameo Biotrop Bogor). Analisa fisik dan kimia tanah dilakukan pada Laboratorium Tanah Universitas Sriwijaya Palembang. Pengambilan pasir tailing pada kedalaman 20 cm. Data menunjukkan hasil yang masih sangat beragam. Hal yang sama ditemui di beberapa penelitian sebelumnya (Tabel 2).

Tabel 2. hasil penelitian Pb dilahan bekas penambangan Timah di beberapa penelitian sebelumnya.

Kondisi	Kandungan Pb (ppm)	Keterangan
Tanah asli belum ditambang	23,78	Sumber: Sitorus et all 2008 Lokasi: Sungailiat
Umur lahan setelah penambangan Tailing timah 1 tahun setelah penambangan	6,29	Sumber: Sitorus et all 2008 Lokasi : Sungailiat
Umur lahan setelah penambangan Tailing 6 tahun	2,77	Sumber : Sitorus et all 2008 Lokasi : Sungailiat
Umur lahan setelah penambangan Tailing 16 tahun	2,19	Sumber : Sitorus et all 2008 Lokasi : Sungailiat
Tailing 25 tahun	4,95	Sumber : Sitorus et all 2008 Lokasi : Sungailiat

Pasca tambang lebih dari 10 tahun	<0,09	lokasi Kecamatan Merawang kabupaten Bangka/Veriady, 2007
Umur lahan setelah penambangan Lebih dari 20 tahun	27,3	Pemali sungailiat/Ekasari 2015
Umur lahan setelah penambangan Lebih dari 40 tahun	60,1	Pemali sungailiat/Ekasari 2015
Umur lahan setelah penambangan Lebih dari 1 tahun belum di reboisasai	50,53	Pemali sungailiat/Ekasari 2015
Umur lahan setelah penambangan Lebih dari 1 tahun telah direboisasi	21,40	Pemali sungailiat/Ekasari 2015

Berdasarkan PP No.85 tahun 1999 Tentang Pb Kadar baku mutu TCLP zat pencemar dalam limbah untuk penentuan karakteristik sifat racun adalah sebesar 5 ppm (1 ppm= 1mg/kg). Nilai ambang Pb dalam tanah 2-200 ppm (Alloway, 1995), batas kritis unsur – unsur Pb dalam tanah 100 ppm (Balai penelitian tanah 2008). Hasil penelitian Hanura (2006) Sandy tailing umumnya memiliki kandungan Pb yang lebih tinggi dari Humic tailing. Peningkatan konsentrasi Pb akan meningkatkan daya afinitasnya pada bidang permukaan kompleks jerapan tanah sehingga akan membatasi jerapan ion hara di tanah. Selain itu pada budidaya tanaman sayuran di lahan tailing timah keberadaan Pb ini perlu diperhatikan, karena akan mempunyai efek bagi kesehatan manusia dan ternak. Pada beberapa tanaman kelarutan Pb yang tinggi di larutan tanah akan mempengaruhi kandungan Pb pada jaringan tanaman. Akumulasi, mobilitas dan ketersediaan Pb dalam tanah dipengaruhi sifat tanah, diantaranya reaksi tanah, bahan organik, jenis dan kandungan mineral liat serta kapasitas pengikatan oleh komponen tanah. Pb tanah yang tinggi dapat membatasi pertumbuhan akar pada penelitian menggunakan tanah lempung berpasir sampai 13% (Tubelih *et al.* 2003).

Fraksi labil logam berat di dalam tanah merupakan faktor penting yang berkaitan dengan bahaya logam berat terhadap makhluk hidup. Fraksi labil logam berat adalah logam berat yang dijerap oleh kompleks jerapan tanah dan energi yang rendah atau logam berat yang mengendap dengan tingkat kelarutan yang tinggi sehingga mudah dibebaskan. Kondisi seperti ini dapat terjadi pada daerah-daerah penambangan yang memiliki tingkat kemasaman tanah yang cukup tinggi sehingga kelarutan logam-logam berat dalam tanah juga tinggi (Wild, 1995).

Kapasitas tukar kation (CEC) merupakan kemampuan tanah untuk menyerap atau rilis kation dan merupakan parameter penting dalam lokasi yang terkontaminasi oleh logam berat. Bahan organik dan kapasitas tukar kation (KTK) dari tanah merupakan faktor penting mengendalikan adsorpsi dan desorpsi Cu (II) dan Pb (II). Kandungan tertinggi bahan organik dalam tanah bertanggung jawab atas persentase desorpsi rendah untuk dua logam tersebut karena pembentukan kompleks antara bahan organik dan logam dapat meningkatkan stabilitas logam berat dalam tanah (Ma, *et al.* 2010).

Pengaruh Pb dan Cd

Kontaminasi logam berat dari tanah yang dihasilkan dari pertambangan dan peleburan layak menjadi perhatian utama karena potensi risiko yang terlibat. Konsentrasi Pb dan Cd dalam tanah dan tanaman pangan diperkirakan berpotensi mengandung resiko kesehatan dari logam ke manusia melalui konsumsi tanaman pangan tercemar (Zuang *et al.*,2009). Kontaminan logam di tanah dapat mempengaruhi kesehatan manusia melalui berbagai jalur. Salah satunya melalui potensi konsumsi sayuran ditanam di tanah yang terkontaminasi (Alexander *et al.*,2006).

Logam berat kadmium dan timbal adalah polutan lingkungan yang penting. Kehadiran mereka di atmosfer, tanah dan air dapat menyebabkan masalah serius untuk semua organisme, dan bioakumulasi logam berat dalam rantai makanan terutama dapat sangat berbahaya bagi kesehatan manusia. Logam berat masuk ke tubuh manusia terutama melalui dua rute yaitu: inhalasi dan menelan, menelan menjadi rute utama paparan unsur-unsur dalam populasi manusia (Ejaz *et al.*, 2007).

Akumulasi Pb hanya terdeteksi pada tanaman akumulator logam berat. Beberapa tanaman tidak menunjukkan adanya akumulasi Pb pada jaringannya. Tanaman Nenas yang ditanam pada lahan humic, tailing dan clay dengan menggunakan nenas aksesori : bogor, bikang, bukur, peranak dan serdang, tidak terdeteksi mengandung Pb (Mustikarini *et al.* 2010). Sementara itu komoditi Padi yang ditanam di lahan pasca penambangan timah Bangka hanya mengandung 0,34-0,50 mg/kg (Nurtjahya, 2009). Tetapi masih dibawah ambang batas maksimum yang diperbolehkan dalam kadar normal Pb vegetasi 5mg/kg berat kering (Malik *et al.* (2010), dan pada sayuran olahan sebesar 2 mg/kg sayuran (keputusan Direktur Jenderal pengawasan obat dan makanan No.03725/B/SK/VII/89).

Akumulasi Pb dapat terjadi pada dinding sel. Penyerapan logam berat dapat dipengaruhi oleh pertumbuhan tanaman dan kondisi lingkungan. Pb mempunyai daya larut yang rendah, bersifat pasif dan mempunyai translokasi rendah mulai dari akar sampai organ lainnya. Pb memiliki toksisitas tinggi dan menyebabkan racun bagi beberapa species, merupakan logam non esensial bagi tumbuhan sehingga bersifat racun terutama pada saat tumbuhan melakukan fotosintesis, sintesis klorofil dan sintesis enzim anti oksidan (Hamzah, F dan A, Setiawan (2010).

Beberapa spesies mampu bertahan di kondisi pH rendah dan logam berat. Spesies ini, meskipun tumbuh di tanah yang tercemar tersebut, konsentrasi logam berat tersebut tidak menumpuk tinggi di tunas mereka. Ini adalah pilihan yang efektif dan murah untuk menstabilkan daerah tailing dan juga mengurangi efek erosi. Di tailing asam, pertumbuhan dominan diidentifikasi spesies tanaman yang dapat membantu untuk mengurangi sebagian besar kontaminan logam dengan cara mengakumulasi logam dalam jaringannya. Tetapi pertumbuhan tanaman dan proses metabolisme tanaman tetap normal. Studi ini menunjukkan bahwa ada hubungan antara nilai logam tinggi tanaman dan proses metabolisme pada pertumbuhannya sehingga keberadaan logam berat tersebut dapat ditekan dengan adanya asam amino tertentu dalam tanaman tersebut (Ashraf *et al.*, 2011).

Tanaman akumulator yang tumbuh di lahan bekas pertambangan timah diidentifikasi terkontaminasi oleh logam berat (arsen, tembaga, timbal, timah dan seng) (Ashraf *et al.*, 2011). Ditemukan bahwa Konsentrasi logam dalam tanah sangat bervariasi, sementara konsentrasi logam pada tanaman secara langsung tergantung pada konsentrasi logam itu pada akar. Akar menunjukkan konsentrasi logam tertinggi diikuti oleh daun, tunas dan bunga pada tumbuhan bioakumulator. Masuknya Pb dalam jaringan tanaman terjadi ketika penyerapan hara oleh akar dan penyerapan melalui stomata daun.

Akumulasi Pb dapat terjadi pada dinding sel. Penyerapan logam berat dapat dipengaruhi oleh pertumbuhan tanaman dan kondisi lingkungan. Pb mempunyai daya larut yang rendah, bersifat pasif dan mempunyai translokasi rendah mulai dari akar sampai organ lainnya. Pb memiliki toksisitas tinggi dan menyebabkan racun bagi beberapa species. Pb merupakan logam non esensial bagi tumbuhan sehingga bersifat racun terutama pada saat tumbuhan melakukan fotosintesis, sintesis klorofil dan sintesis enzim anti oksidan (Hamzah dan Setiawan 2010). Tanaman yang menyerap logam berat Pb membuat protein regulator dalam tubuhnya dengan membentuk senyawa pengikat yang disebut fitokhelatin. Fitokhelatin merupakan peptida yang mengandung 2-8 asam amino sistein di pusat molekul serta asam glutamat dan sebuah glisin pada ujung yang berlawanan. Bila bertemu

dengan Pb fitokehlatin akan membentuk ikatan sulfida di ujung belerang pada sistein dan membentuk senyawa kompleks yang selanjutnya akan terbawa menuju jaringan tumbuhan. Gangguan yang terjadi dapat terlihat pada jaringan epidermis, spon dan palisade dengan tanda kerusakan nekrosis dan klorosis pada tanaman (Alloway 1995).

III. Upaya perbaikan lahan pasca tambang timah

Untuk mendapatkan pertumbuhan tanaman sayuran yang lebih optimal perbaikan teknis budidaya, perbaikan kesuburan fisik, kimia dan biologi tanah serta iklim mikro perlu dilakukan. Penambahan bahan pembenah tanah di media pembibitan Jarak Pagar (*Jatropha curdas L.*) di media tanam bekas penambangan timah menunjukkan bahan organik yang digunakan mampu memperbaiki kesuburan kimia tanah dan mampu mengefisienkan pemupukan anorganik NPK (Khodijah 2008). Hasil panen tebu (*Saccharum spp.*) di FL, USA, lebih rendah pada tanah pasir dari pada tanah organik disebabkan pasokan Nitrogen (N) yang membatasi pertumbuhan tebu dan hasil pada tanah pasir tersebut (Zhao *et al.*, 2014). Penambahan kompos juga berhasil memperbaiki pertumbuhan dan serapan N pada tanaman kedelai (Hanura 2006). Beberapa cara yang telah dilakukan untuk optimalisasi pertumbuhan tanaman di lahan tailing bekas penambangan timah antara lain dengan penambahan pupuk kandang, kompos, limbah pertanian, mikro flora dan fauna tanah serta penggunaan tanaman penutup tanah.

Pupuk kandang

Peran bahan organik yang paling besar terhadap sifat fisik tanah meliputi : struktur, konsistensi, porositas, daya mengikat air, dan yang tidak kalah penting adalah peningkatan ketahanan terhadap erosi. Pengaruh pemberian bahan organik terhadap struktur tanah sangat berkaitan dengan tekstur tanah yang diperlakukan. Pada tanah lempung yang berat, terjadi perubahan struktur gumpal kasar dan kuat menjadi struktur yang lebih halus tidak kasar, dengan derajat struktur sedang hingga kuat, sehingga lebih mudah untuk diolah. Komponen organik seperti asam humat dan asam fulvat dalam hal ini berperan sebagai sementasi pertikel lempung dengan membentuk kompleks lempung-logam-humus (Stevenson, 1982). Dekomposisi bahan organik menghasilkan humus yang memiliki luas permukaan dan kemampuan absorpsi lebih besar dari lempung. Agregasi tanah dapat memperbaiki tata udara dan air tanah yang baik, sehingga aktivitas mikroorganisme dapat optimal (Syukur, 2005).

Penambahan bahan organik pada media pasir yang mempunyai banyak pori makro dapat menahan keberadaan air tetap pada media. Semakin banyak bahan organik yang dikandung tanah maka tanah tersebut akan menurunkan volume lindi dan kadar C organik yang terlindi (Hanura 2006). Dengan sedikitnya perlindungan selain mengurangi kehilangan hara dari dalam tanah juga akan menyebabkan air lebih lama tertinggal di tanah dan dapat lebih tersedia di dalam tanah. Pemberian pupuk kandang dapat meningkatkan penyerapan hujan, memperlambat run-off dan meminimalkan penguapan dan peningkatan produksi tanaman (Benlhabib *et al.*, 2014). Sehingga penambahan bahan organik dalam kondisi defisit air di lahan bekas penambangan timah bisa menjadi solusi praktis untuk mengimbangi efek negatif dari stres air.

Dekomposisi bahan organik akan menghasilkan senyawa humat dan non humat. Senyawa humat bersifat multi fungsi karena mengandung berbagai gugus fungsional yang berbeda, mempunyai muatan negatif yang mampu menjerap dan mempertukarkan kation dan bersifat hidrofilik (Stevenson, 1982). Potensi ini memungkinkan bahan organik dapat menyerap logam berat misalnya Pb di lahan tailing timah.

Limbah pertanian

Limbah padat kelapa sawit berpotensi memperbaiki sifat kimia pasir tailing, Penyerapan nitrogen dan klorofil meningkat lebih baik pada berbagai kondisi campuran tailing dan memperbaiki kesuburan kimia media tanam bekas penambangan timah. Pemakaian pupuk anorganik dapat dihemat dengan penggunaan bahan organik yang lebih banyak, tetapi kekurangan hara dengan kurangnya bahan organik mampu ditutupi dengan peningkatan dosis pupuk anorganik (Khodijah et al 2007). Penambahan kompos tandan kosong kelapa sawit dilahan tailing timah mampu memperbaiki karakter anatomis dan pertumbuhan bibit karet berbagai klon (Juairiah, 2010). Pemakaian Mulsa Sabut kelapa pada lahan bekas penambangan timah juga pernah dicobakan pada penanaman vegetasi alami di lahan pasca tambang (Nurjahya et all .2008).

Mikro flora dan fauna tanah

Mikro flora dan fauna tanah ini saling berinteraksi dengan kebutuhannya akan bahan organik, kerana bahan organik menyediakan energi untuk tumbuh dan bahan organik memberikan karbon sebagai sumber energi. Bahan organik merupakan sumber energi bagi makro dan mikro-fauna tanah. Penambahan bahan organik dalam tanah akan menyebabkan aktivitas dan populasi mikrobiologi dalam tanah meningkat, terutama yang berkaitan dengan aktivitas dekomposisi dan mineralisasi bahan organik. Beberapa mikroorganisme yang berperan dalam dekomposisi bahan organik adalah fungi, bakteri dan aktinomisetes. Di samping mikroorganisme tanah, fauna tanah juga berperan dalam dekomposisi bahan organik antara lain yang tergolong dalam protozoa, nematoda, Collembola, dan cacing tanah. Fauna tanah ini berperan dalam proses humifikasi dan mineralisasi atau pelepasan hara, bahkan ikut bertanggung jawab terhadap pemeliharaan struktur tanah (Tian, 1997 dalam Suntoro 2003).Bahan organik merupakan substrat alami untuk mikroorganisme saprofitik dan secara tidak langsung memberikan nutrisi bagi tanaman melalui kegiatan mikroorganisme tanah. Bahan organik penting untuk pembentukan agregat tanah dan karenanya juga untuk pembentukan struktur tanah yang pada akhirnya menentukan sampai sejauh mana aerasi tanah dan kebiasaan perakaran tanaman. Bahan organik membantu dalam konservasi nutrisi tanah dengan mencegah erosi dan peluruhan nutrisi dari permukaan tanah (Rao, 2007 dalam Rahmatika, 2014).

Bioremediasi adalah proses alami yang bergantung pada mikroorganisme tanah dan tanaman yang lebih tinggi untuk mengubah logam (loid) bioavailabilitas dan dapat ditingkatkan dengan penambahan amandemen organik untuk tanah. Jumlah besar perombakan bahan organik, seperti pupuk kompos, biosolid dan limbah padat perkotaan digunakan sebagai sumber nutrisi dan juga sebagai conditioner untuk memperbaiki sifat fisik dan kesuburan tanah. Bahan organik juga dapat digunakan sebagai untuk mengurangi bioavailabilitas logam dalam tanah dan sedimen terkontaminasi melalui efeknya pada adsorpsi, kompleksasi, pengurangan dan penguapan logam (Park, et al., 2011). Bahan organik tanah menjadi salah satu indikator kesehatan tanah karena memiliki beberapa peranan kunci di tanah. Disamping itu bahan organik tanah memiliki fungsi – fungsi yang saling berkaitan, sebagai contoh bahan organik tanah menyediakan nutrisi untuk aktivitas mikroba yang juga dapat meningkatkan dekomposisi bahan organik, meningkatkan stabilitas agregat tanah, dan meningkatkan daya pulih tanah (Sutanto,2005).

Penggunaan tanaman penutup tanah

Tanaman penutup tanah yang biasa digunakan adalah dari famili kacang-kacangan. Dampak yang diinginkan dari penggunaan penutup tanah pada lahan bekas penambangan

timah adalah untuk mengurangi penguapan lahan, suhu tinggi, erosi dan penambatan N serta sumbangan serasah untuk penambahan bahan organik tanah. Selain itu menurut Subowo 2011, pemakaian tanaman legum juga dapat digunakan sebagai tanaman pionir pada lahan bekas tambang terbuka, karena tanaman legume mampu memanfaatkan N₂-udara hasil bersimbiosis dengan bakteri *Rhizobium*, dan bahan organik yang dihasilkan kaya hara N yang merupakan hara makro esensial bagi tanaman dan merupakan faktor pembatas utama pada tanah-tanah bukaan baru di kawasan tropika. Dengan kondisi ini, maka akan mampu mempercepat pemulihan kesuburan tanah. Berdasarkan penelitian Budianta et al 2013, Cover crop tanpa amelioran belum mampu meningkatkan hara tailing. Tetapi aplikasi amelioran diperlukan untuk membuat pertumbuhan yang lebih baik dari tanaman penutup. Pertumbuhan yang lebih baik dari tanaman akan menyediakan lebih nutrisi ke tanah karena dekomposisi jaringan tanaman yang jatuh ke tanah. Penerapan penutup tanaman dan kompos mampu meningkatkan serapan N dan P secara signifikan dibandingkan dengan tanah mineral.

KESIMPULAN

1. Tanaman sayuran yang ditumbuhkan pada lahan tailing timah akan mengalami cekaman kekurangan air, panas, pH dan hara, logam berat dan biologi tanah terbatas. Kondisi lingkungan tumbuh yang demikian akan menekan pertumbuhan dan produksi tanaman yang ditumbuhkan di atasnya.
2. Hasil analisa fisik tailing pasir bekas penambangan timah konvensional umur 20 tahun setelah penambangan menunjukkan 100% pasir, dengan kesuburan kimia yang rendah.
3. Kandungan Logam Kadmium (Cd) Total (ppm) berkisar antara 0,6 sampai 2,5 (ppm). Sedangkan Pb Total (ppm) berkisar antara 10,80ppm sampai 386 ppm pada umur tailing pasir setelah penambangan 1 sampai 40 tahun untuk tambang konvensional dan inkonvensional.
4. Hal yang dapat dilakukan untuk perbaikan lahan tailing timah adalah dengan pendekatan terintegrasi antara iklim mikro, kesuburan fisik, kimia dan biologi tanah.

DAFTAR PUSTAKA

- Aiyen, 2004. Importance of root growth parameters to Cd dan Zn acquisition by non hyperaccumulator plants. Dissertation university of hohenhein. Institute of plants nutrition. verlag graner-meuren studgard
- Alexander, P.D., B.J.Alloway., A.M. Durado. 2006. Genotypic variation in the accumulation of Cd, Cu, Pb dan Zn exhibited by six commonly grown vegetables. Environmental Pollution volume 144 Issue 3, Desember 2006. Pages 736-754. <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0269749106001564>.
- Alghabari F., M. Lukac, H. E. Jones and, M. J. Gooding, 2014. Effect of *Rht* Alleles on the Tolerance of Wheat Grain Set to High Temperature and Drought Stress During Booting and Anthesis. Journal of Agronomy and Crop Science. Volume 200, Issue 1, pages 36–45, February 2014. [Http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/jac.12038/abstract](http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/jac.12038/abstract)
- Alloway, B.J. 1995. Heavy metals in soil. Blackie academic and professional, london, UK, 2nd edition.

- Ashraf M. A., M. J. Maah dan I. Yusoff. 2011. Heavy metals accumulation in plants growing in ex tin mining catchment. *Int. J. Environ. Sci. Tech.*, 8 (2), 401-416, Spring 2011. ISSN: 1735-1472. <http://www.bioline.org.br/pdf?st11037>
- Benlhabib O., A. Yazar, M. Qadir, E. Lourenço⁵ and S. E. Jacobsen, 2014. How Can We Improve Mediterranean Cropping Systems. *Journal of Agronomy and Crop Science*. Volume 200, Issue 5, pages 325–332, October 2014.
- Budianta, D, N. Gofar and G, A. Andika. 2013. Improvement of Sand Tailing Fertility Derived from Post Tin Mining Using Leguminous Crop Applied by Compost and Mineral Soil. Available online at <http://journal.unila.ac.id/index.php/tropicalsoil> *J Trop Soils, Vol. 18, No. 3, 2013: 217-223*
- Candra A.D., 2015. Analisis permintaan sayuran dalam pemenuhan sendiri di propinsi kepulauan bangka belitung Bapeda Babel. 24 April 2015. <http://www.babelprov.go.id/content/analisis-permintaan-sayur-sayuran-dalam-pemenuhan-sendiri-di-provinsi-kepulauan-bangka>
- Departemen kesehatan Republik Indonesia, 1989. Keputusan Direktur Jenderal Pengawasan Obat dan Makanan No.03725/SK/B/VII/89. Tentang batas maksimal cemaran logam dalam makanan. Departemen Kesehatan RI. Jakarta. 1989.
- Ejaz U.I., Y. Xiao., H. Zhen li., M. Qoisar. 2007. Assessing potential dietary toxicity of heavy metals in selected vegetables and food crops. *Jurnal of zhejiang university science*. B. Januari 2007. Volume 0, issue 1. Pp.1-13. <http://Link.springer.com/article/10.1631/Jzus.2007.B0001>
- Feng. B., P. Liu^{1,*}, G. Li¹, S. T. Dong, F. H. Wang, L. A. Kong² and J. W. Zhang. 2014. Effect of Heat Stress on the Photosynthetic Characteristics in Flag Leaves at the Grain-Filling Stage of Different Heat-Resistant Winter Wheat Varieties. *Journal of Agronomy and Crop Science*. Volume 200, Issue 2, pages 143–155, April 2014. <http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/jac.12045/abstract>
- Ferry. Y., J. Towaha dan K. D. Sasmita. 2010. Perbaikan lahan bekas tambang timah: studi kasus; uji media tanah bekas tambang dengan beberapa macam kompos untuk budidaya lada. *Buletin Riset Tanaman Rempah dan Aneka Tanaman Industri*. 1 (6). 296-308.
- Gholipoor, M. S. Choudhary², T. R. Sinclair¹, C. D. Messina³ and M. Cooper, 2013. Transpiration Response of Maize Hybrids to Atmospheric Vapour Pressure Deficit. *Journal of Agronomy and Crop Science*. Volume 199, Issue 3, pages 155–160, June 2013. <http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/jac.12010/abstract>
- Gonzalo M.A. Bermudez, Mónica Moreno^c, Rodrigo Invernizzi^c, Rita Plá^c, dan María Luisa Pignata, Heavy metal pollution in topsoils near a cement plant: The role of organic matter and distance to the source to predict total and HCl-extracted heavy metal concentrations. *Chemosphere* Volume 78, Issue 4, January 2010, Pages 375–381
- Hamidou F., O. Halilou¹ and V. Vadez. 2013. Assessment of Groundnut under Combined Heat and Drought Stress. Article first published online: 25 APR 2012. DOI: 10.1111/j.1439-037X.2012.00518. *Journal of Agronomy and Crop Science*. Volume 199, Issue 1, pages 1–11, February 2013. <http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/j.1439-037X.2012.00518.x/abstract>
- Hamzah, F dan A, Setiawan (2010) Akumulasi logam berat Pb, Cu dan Zn di Hutan Mangrove, muara angke, Jakarta Utara. *Jurnal Ilmu dan teknologi Kelautan Tropis*. Volume 2. No, 2 41-52. Desember 2010

- Hanura, 2006. Perbaikan beberapa sifat kimia bahan tailing asal lahan pasca penambangan timah yang diberi kompos dan pengaruhnya terhadap pertumbuhan tanaman kedelai *Tesis*. Pasca Sarjana Unsri (*Tidak dipublikasikan*)
- Hirich. A.,R. Choukr-Allah and S.-E. Jacobsen, 2014. Deficit Irrigation and Organic Compost Improve Growth and Yield of Quinoa and Pea. *Journal of Agronomy and Crop Science*. Special Issue: Food Production in Dry Areas of the Mediterranean Region Guest Editor: Sven-Erik Jacobsen. Volume 200, Issue 5, pages 390–398, October 2014
- Inonu I, Dedik Budianta², Muhammad Umar², Yakup², dan Ali Yasmin Adam Wiralaga 2010. Respon Klon Karet terhadap Frekuensi Penyiraman di Media Tailing Pasir Pasca Penambangan Timah *J. Agron. Indonesia* 39 (2) : 131 - 136 (2011)
- Juairiah, L. 2010. Karakteristik anatomis dan pertumbuhan berbagai klon bibit karet (*Havea brasiliensis* Muell. Arg) di lahan pasca penambangan timah yang diameliorasi dengan kompos tandan kosong kelapa sawit. *Tesis*. Pasca Sarjana Unsri (*Tidak dipublikasikan*)
- Khodijah, N.S. 2008. Pengujian berbagai jenis amelioran terhadap pertumbuhan bibit kelapa sawit di media bekas tambang timah *Enviagro* Vol.2 No.1 April 2008
- Khodijah, N.S., C Ona. dan M. Zasari 2007. Upaya perbaikan kesuburan media bekas tambang timah pada pertumbuhan awal jarak pagar. *Jurnal koperits Mandiri*, Vo.9 no.3
- Komarayati, S. 1996. Pemanfaatan serbuk gergaji limbah industri sebagai kompos. *Buletin Penelitian hasil hutan* 14(9);337-343
- Kumar.S., A. K. Patra , D. Singh , T. J. Purakayastha 2014. Long- Term Chemical Fertilization Along with Farmyard Manure Enhances Resistance and Resilience of Soil Microbial Activity against Heat Stress. *Journal of Agronomy and Crop Science*. Volume 200, Issue 2, pages 156–162, April 2014. <http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/jac.12050/abstract>
- Lanoviadi, Mustikarini, E.D., dan U. Widyastuti. 2011. Daya adaptasi dan produksi tujuh aksesori nenas lokal Bangka di lahan Tailing Pasca Penambangan Timah. *Enviagro Jurnal Pertanian dan Lingkungan*. April 2011. Vol. 4. No.1. Hal 1-48. ISSN 1978.1644.
- Liang Ma, Renkou Xu, Jun Jiang, 2010. Adsorption and desorption of Cu(II) and Pb(II) in paddy soils cultivated for various years in the subtropical China. *Journal of Environmental Sciences*. Volume 22, Issue 5, 2010, Pages 689–695
- Mustikarini, E.D. Lestari T, Widyastuti U dan Suahrsono. 2010. Konsentrasi Pb, Cu dan Sn pada buah nenas aksesori lokal Bangka yang dibudidayakan di lahan pasca penambangan timah Bangka. *Prosiding seminar nasional Masyarakat konservasi tanah dan air*. Jambi 24-25 November 2010.
- Nurtjahya, E. 2004. Analisa beberapa sifat fisika dan kimia tanah pada beberapa tipe penggunaan lahan di Pulau Bangka (*tidak dipublikasikan*)
- Park., J.H, D. Lamb, P. Paneerselvam, G. Choppala, N. Bolan, dan J-W Chung., 2011. Role of organic amendments on enhanced bioremediation of heavy metal(loid) contaminated soils. *Journal of Hazardous Materials*, Volume 185, Issues 2–3, 30 January 2011, Pages 549–574
- Zuang P., B. Murray, M. Bride, H. Xia, L. Ningyu dan L. Zhian. 2009. Health risk from heavy metals via consumption of food crops in the vicinity of Dabaoshan mine, south China. *Science of Total Environment*. Volume 407. Issue 15. February 2009.

- Pages 1551-1561 <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S00489697011121>.
- Rahmatika, 2014. *Peran Bahan Organik Untuk Perbaikan Kesuburan Tanah (artikel)* <http://www.fp.uniska-kediri.ac.id/hal.php?page=3>
- Schmidt Michael W. I. . Margaret S. Torn, Samuel Abiven, Thorsten Dittmar, Georg Guggenberger, Ivan A. Janssens, Markus Kleber, Ingrid Kögel-Knabner, Johannes Lehmann, David A. C. Manning, Paolo Nannipieri, Daniel P. Rasse, Steve Weiner dan Susan E. Trumbore, 2011. Persistence of soil organic matter as an ecosystem property. *Nature* 478, 49–56 (06 October 2011)
- Shamshuddin, N., Mokhtar And S. Paramanathan, 1986. Morphology, Mineralogy And Chemistry Of An Ex-Mining Land In Lpoh, Perak. *Penanika* 9(1), 89-97 (1986). Http://Psasir.Upm.Edu.My/2428/1/Morphology,_Mineralogy_And_Chemistry_Of_An_Ex-Mining_Land.Pdf
- Sinsabaugh, Robert L 2010. Phenol oxidase, peroxidase and organic matter dynamics of soil *Soil Biology and Biochemistry*, Volume 42, Issue 3, March 2010, Pages 391–404
- Sitorus SRP, E Kusumastuti and N Badri. 2005. Karakteristik dan teknik rehabilitasi lahan pasca penambangan timah di pulau Bangka dan Singkep. *J Tanah dan Iklim* 27: 57-73 (in Indonesian)
- Stevenson, F.J. 1982. *Humus Chemistry: Genesis, Composition and Reaction*. John Wiley and Sons Ltd., New York.
- Subowo G. 2011. Penambangan Sistem Terbuka Ramah Lingkungan Dan Upaya Reklamasi Pasca Tambang Untuk Memperbaiki Kualitas Sumberdaya Lahan Dan Hayati Tanah, *Jurnal Sumberdaya Lahan Vol. 5 No. 2, Desember 2011. Hal 82-94*
- Suntoro, 2003. Pidato Pengukuhan Guru Besar Ilmu Kesuburan Tanah Fakultas Pertanian Universitas Sebelas Maret Pada Tanggal 4 Januari 2003 oleh Prof. Dr. Ir. H. Suntoro Wongso Atmojo. MS.
- Syukur, A. 2005. Pengaruh Pemberian Bahan Organik terhadap Sifat-Sifat Tanah dan Pertumbuhan Caisin di Tanah Pasir Pantai. *J. Ilmu Tanah dan Lingkungan* 5(1):30-38
- Totsche Kai U., Thilo Rennert¹, Martin H. Gerzabek², Ingrid Kögel-Knabner³, Kornelia Smalla⁴, Michael Spiteller⁵ and Hans-Jörg Vogel, 2010. Biogeochemical interfaces in soil: The interdisciplinary challenge for soil science. *Journal of Plant Nutrition and Soil Science*, Volume 173, Issue 1, pages 88–99, February, 2010.
- Tubeileh, A., Groleau-Renaud, V., Plantureux, S. and Guckert, A. (2003) Effect of Soil Compaction on Photosynthesis and Carbon Partitioning within a Maize-Soil System. *Soil and Tillage Research*, 71, 151-161. [Http://dx.doi.org/10.1016/S0167-1987\(03\)00061-8](Http://dx.doi.org/10.1016/S0167-1987(03)00061-8)
- Yin Yujun, Herbert E. Allen, Yimin Li, C. P. Huang and Paul F. Sanders. 2010 Adsorption of Mercury(II) by Soil: Effects of pH, Chloride, and Organic Matter *Vol. 25 No. 4, p. 837-844 soil science society of america* <https://dl.sciencesocieties.org/publications/jeq/abstracts/25/4/JEQ0250040837>
- Zhao D., B. Glaz and dan J. C. Comstock, 2014. Physiological and Growth Responses of Sugarcane Genotypes to Nitrogen Rate on a Sand Soil. *Journal of Agronomy and Crop Science* Volume 200, Issue 4, pages 290–301, August