Pengembangan Tanaman Pakan Ternak di Lahan Bekas Tambang Batubara dalam Mendukung Usaha Peternakan

(Forage Development on Ex-Coal Mining Land to Support of Livestock Business)

Harmini

*Balai Penelitian Ternak, Ciawi
Kontributor utama: Hmini2011@gmail.com*

(Diterima 1 Agustus 2019 – Direvisi 22 Agustus 2019 – Disetujui 2 September 2019)

ABSTRACT

The availability of land for forage development is important to support cattle and buffalo production in Indonesia. The government is paying great attention to accelerate cattle and buffalo populations in Indonesia. One of the Ministry of Agriculture programs, UPSUS SIWAB to increase cattle and buffalo population has been established. To support this program, sufficient forage and concentrate are crucial. Usually, the development of forage is allocated on the sub-optimal land and one alternative to sub-optimal lands is ex-coal mining land. The aim of this paper is to describe the utilization of ex-coal mining land for forage development to support the livestock productivity, some problems in ex-coal mining area and strategies to encounter these problems. There are several challenges in forage production including pH, the composition of organic matter, low soil microorganisms and heavy metals. These problems can be minimized by adding organic matter, organic fertilizer, microorganism such fungi mycorrhizae and phytoremediation. In conclusion, after the problems have been minimized, the ex-coal mining land can be used for developing forages for livestock.

Key words: Forage, ex-coal mining, phytoremediation

ABSTRAK

Ketersediaan lahan untuk pengembangan pakan hijauan merupakan hal yang penting untuk menunjang produksi sapi dan kerbau di Indonesia. Pemerintah menaruh perhatian besar untuk melakukan percepatan peningkatan populasi sapi dan kerbau melalui UPSUS SIWAB. Untuk mendukung program tersebut, kecukupan hijauan dan konsentrat sangat krusial. Pada umumnya pengembangan hijauan dialokasikan di lahan sub optimal dan salah satu alternatif lahan sub optimal adalah lahan bekas tambang batubara. Tujuan makalah ini adalah mengulas pemanfaatan lahan bekas tambang batubara untuk budidaya tanaman pakan ternak dalam mendukung produktivitas ternak dan beberapa kendala di lahan bekas tambang serta penanganannya. Beberapa masalah dalam memproduksi hijauan di lahan bekas tambang batubara adalah pH, komposisi bahan organik, populasi mikroorganisme yang rendah dan adanya residu logam berat. Permasalahan tersebut dapat diatasi dengan pemberian kapur, bahan organik, pupuk organik, mikroorganisme seperti fungi mikoriza dan fitoremediasi. Dapat disimpulkan bahwa sesudah masalah-masalah tersebut diatasi, lahan bekas tambang batubara dapat digunakan untuk mengembangkan hijauan pakan ternak.

Kata kunci: Tanaman pakan ternak, lahan bekas tambang, fitoremediasi

PENDAHULUAN

Kebutuhan daging sapi 604.966 ton dalam satu tahun, tetapi produksi saat ini hanya 354.770 ton sehingga perlu impor 41% dari kebutuhan nasional (BPS 2018). Berdasarkan Permentan no. 48 tahun 2016, pemerintah menetapkan Upaya Khusus Percepatan Peningkatan Populasi Sapi dan Kerbau Bunting (UPSUS SIWAB) sebagai percepatan populasi sapi dan kerbau secara berkelanjutan. Pasal 26 Permentan no 48 tahun 2016 menyatakan untuk mendukung UPSUS SIWAB diperlukan pakan yang aman, berkualitas, cukup, dan berkelanjutan melalui penguatan hijauan pakan ternak dan pakan konsentrat. Penguatan hijauan pakan yang dimaksud meliputi

penyediaan bibit atau benih hijauan pakan ternak, penyediaan lahan, jenis hijauan pakan ternak sesuai spesifik lokasi, dan ketersediaan air. Lahan optimal yang tersedia diperuntukkan untuk budidaya tanaman pangan, sedangkan untuk tanaman pakan ternak (TPT) diarahkan di lahan sub optimal, salah satunya lahan bekas tambang batubara.

Beberapa daerah penghasil batubara antara lain Tanjung Enim di Sumatera Selatan, Sorong di Papua, Kalimantan Selatan serta Kalimantan Timur. Pertambangan batubara meningkatkan perekonomian tetapi di lain pihak berdampak negatif bagi lingkungan seperti kerusakan besar pada flora, fauna, hidrologi dan biologi tanah (Fatmawati et al. 2018; Kumar & Pandey 2013). Selain itu, lahan bekas tambang batubara

mempunyai pH, bahan organik, unsur hara, dan populasi mikroorganisme yang rendah. Oleh karena itu, diperlukan upaya khusus bila akan digunakan untuk pengembangan tanaman pakan ternak di lahan bekas tambang batubara. Makalah ini akan mengulas pemanfaatan lahan bekas tambang batubara untuk budidaya tanaman pakan ternak dalam mendukung peningkatan populasi ternak.

KONDISI LAHAN BEKAS PERTAMBANGAN BATUBARA

Penambangan batubara dilakukan dengan dua metode: 1) *open cut mining* (penambangan permukaan atau 'terbuka', 2) *underground mining* (tambang bawah tanah atau 'dalam'). Pemilihan metode penambangan ditentukan oleh letak unsur geologi endapan batubara. Tambang terbuka dilakukan jika lapisan batubara berada dekat dengan permukaan tanah. Sebaliknya tambang bawah tanah jika lapisan batubara berada cukup dalam. Di Indonesia, penambangan batubara pada umumnya dengan metode terbuka. Metode ini dilakukan dengan memotong bagian lapisan *top soil* tanah, yang berakibat berubahnya bentang alam, sifat fisik, kimia dan biologis dari tanah. Kondisi ini menyebabkan menurunnya tingkat kesuburan tanah.

Lahan bekas tambang dicirikan dengan pH masam, bahan organik dan kesuburan tanah rendah, tanah tidak stabil dan kondisi keseimbangan ekosistem permukaan tanah yang terganggu (Harmini et al. 2019; Kurniawan et al. 2014). Hal ini dapat dilihat pada Tabel 1 yang menampilkan kandungan kimia tanah di lahan bekas tambang batubara. Pemanfaatan rumput dan legum sebagai tanaman pionir dan bahan organik dapat memperbaiki lahan bekas tambang (Ahirwal & Maiti 2016). Keberadaan logam berat pada lahan bekas tambang (LBT) batubara perlu dikelola dengan tepat sehingga tidak berdampak negatif terhadap lingkungan maupun makhluk hidup. Logam berat yang terdeteksi pada LBT batubara antara lain Cr (VI), Cu, Zn, Ni, Hg, Pb (Saidy & Badruzsaufari 2009; Daru 2009). Ternak

yang mengonsumsi hijauan (Siratro dan *Brachiaria decumbens*) di LBT batubara, ditemukan logam berat Cu, Zn dan Hg di daging dan jeroan diatas ambang batas yang diijinkan, tetapi logam berat Cr, Hg Pb dalam ambang batas normal (Daru 2009). Logam berat Cu dan Zn ditemukan juga di daging dan jeroan diatas ambang batas yang diijinkan dari ternak yang mengonsumsi hijauan di LBT nikel, sementara Cd dan Pb dalam ambang batas normal. (Purnama 2014). Logam berat As, Hg dan Pb ditemukan dalam ambang batas pada susu sapi perah yang mengonsumsi hijauan dari LBT batubara (Harmini, *in press*). Tabel 2 memperlihatkan ambang batas logam berat pada produk hasil ternak (mg/kg) berdasarkan Badan Standarisasi Nasional.

UPAYA REKLAMASI LAHAN BEKAS PERTAMBANGAN

Salah satu penyebab rendahnya tingkat kesuburan lahan bekas tambang adalah rendahnya mikro-organisme di dalam tanah. Untuk mengatasi hal ini, dapat digunakan *Fungi Mikoriza Arbuskula* (FMA) yang merupakan agen hayati untuk membantu rehabilitasi lahan bekas tambang, dengan simbiosis mutualisme antara cendawan dengan tanaman. Ukuran hifa yang lebih halus dari bulu-bulu akar memungkinkan hifa untuk menyusup ke pori-pori tanah yang paling kecil sehingga jaringan hifa eksternal dari FMA akan memperluas bidang serapan air dan hara, sehingga hifa bisa menyerap air pada kondisi kadar air yang rendah. Oleh karena itu, tanaman yang berasosiasi dengan mikoriza lebih mudah untuk menyerap hara tanah (Setiadi & Setiawan 2011; Rillig & Mummey 2006). FMA dapat melindungi tanaman dari unsur tertentu yang bersifat racun seperti logam berat, meningkatkan toleransi tanaman terhadap logam berat Pb, serta meningkatkan akumulasi Pb di akar dan menghambat akumulasi Pb pada batang dan daun (Arisusanti & Purwani 2013; Killham 1994).

Tabel 1. Kandungan kimia tanah di lahan bekas tambang batubara

pH	C org (%)	N total (%)	P (ppm)	KTK (cmol (+/kg)t	Kadar air (%)	K tersedia	Pb (ppm)	Fe (ppm)	Lokasi	Sumber bacaan
4,41 (sangat masam)	2,35 (rendah)	0,33 (sangat rendah)	2,53 (sangat rendah)	18,71 (rendah)	3,39	tad	2,24	430,87	KPC, Sangatta	Harmini et al. (2019)
4,10-6,46	0,48-4,82	0,08-0,21	3,52-7,72	tad	tad	11,47-92,80	4,87-13,40	tad	KPC, Sangatta	Mashud & Manaroinson (2014)
4,02 (sangat masam)	0,61 (sangat rendah)	0,08 (sangat rendah)	0,04 (sangat rendah)	tad	tad	tad	tad	tad	Berau	Ardhiansyah et al. (2014)

Keterangan: tad = tidak ada

Tabel 2. Ambang batas logam berat pada produk hasil ternak (mg/kg)

Produk hasil ternak	Jenis logam berat				
	Arsen (As)	Cadmium (Cd)	Merkuri (Hg)	Timah (Sn)	Timbal (Pb)
Susu dan hasil olahannya	0,10	-	0,03	-	0,02
Daging dan hasil olahannya	0,50	0,30	0,03	200,00	1,00
Jeroan	1,00	0,50	-	-	-

Sumber: BSN (2009)

Untuk menekan polutan dari lokasi bekas tambang batubara atau tanah di sekitar penambangan batubara yang kaya akan mineral sulfida biasanya dilakukan dengan sistem mekanis/teknis, agronomis dan kimia, untuk menghindari kontak langsung antara mineral sulfida dengan udara dan air serta pengikatan besi dengan asam sulfat yang terbentuk karena oksidasi (Marganingrum & Noviarda 2010). Salah satu sistem agronomis yang dapat dilakukan adalah revegetasi yang memainkan peranan penting dalam meningkatkan sifat fisik, kimia dan biologi tanah serta meningkatkan biomassa dan bahan organik tanah. Proses revegetasi lahan bekas tambang menjadi lahan pertanian membutuhkan tiga tahapan yaitu: 1) Pemulihan fungsi lahan yang kritis dan rusak melalui penanaman vegetasi, 2) Peningkatan fungsi lahan yang sudah direvegetasi menjadi lahan yang produktif untuk pertanian.

Langkah awal revegetasi pada umumnya dengan penanaman *legume cover crops* (LCC) untuk melindungi dari erosi tanah dan aliran permukaan (*run off*) serta meningkatkan bahan organik tanah. Leguminosa merupakan tanaman yang menyuburkan tanah karena mempunyai kemampuan mengikat N₂ (dalam bentuk N yang tidak tersedia bagi tanaman) dan mengubah menjadi N yang tersedia ketika berasosiasi dengan rhizobium (Armiadi 2009). Budidaya leguminosa di lahan bekas tambang batubara dilakukan dengan pengolahan tanah dengan pengapuran 4 t/ha dan pupuk kandang 10 t/ha (Purnamayani et al. 2017). *Calopogonium mucoinoides* dan *Pueraria javanica* dikombinasi dengan mikoriza dan rhizobium mampu beradaptasi dengan baik pada overburden lahan bekas tambang timah dengan kemampuan hidup mencapai 83,3% (Narendra & Pratiwi 2014). Keberhasilan revegetasi lahan bekas tambang bisa dilihat dari komposisi dan struktur vegetasi. Komposisi vegetasi lahan bekas tambang emas PT. Newmont Minahasa Raya (PT. NMR) masih didominasi oleh tanaman introduksi seperti gamal (*Gliricidia sepium*), mahoni (*Swietenia macrophylla*), lamtoro (*Leucaena leucocephala*) (Purnomo et al. 2018). Setelah direklamasi selama 12 tahun, serta ditanami tanaman sengon, akasia, kayu putih dan vegetasi alami maka

lahan bekas tambang tersebut baru layak digunakan untuk tanaman pangan (Hermawan 2011).

Faktor pembatas lain dalam pemanfaatan lahan bekas tambang adalah adanya logam berat yang melebihi ambang batas. Fitoremediasi dikembangkan untuk menghilangkan logam berat dengan menggunakan tanaman. Fitoremediasi adalah teknik mengurangi polutan dari area yang terkontaminasi oleh polutan (Jeevanantham et al. 2019). *Bana grass* (*Pennisetum americanum* x *Pennisetum purpureum*) dan *Papalum atratum* dapat digunakan sebagai fitoekstraksi untuk Cd dan Zn (Zhang et al. 2010). *Bana grass* dan vetiver dapat digunakan untuk fitoekstraksi pada kondisi polusi Cd yang rendah dan moderat (Zhang et al. 2014). Daun dengan bulu daun (trikoma), permukaan daun tidak rata, stomata lebih banyak mampu menyerap Pb lebih tinggi dari udara (Fathia et al. 2015). Penambahan logam berat pada media tanam hidroponik pada sorgum dan alfalfa terbukti menyerap logam berat Cr, Ni, Cd dan asam etilena diamina tetraasetat (EDTA) pada bagian aerial diatas ambang batas normal (Bonfranceschi et al. 2009).

Tanaman yang masih toleran terhadap logam berat dalam level toksik dan mampu untuk berproduksi dengan baik disebut hiperakumulator. Tanaman hiperakumulator yang dapat digunakan untuk fitoremediasi dilihat di Tabel 3. Beberapa tumbuhan berpembuluh (*vascular plants*) hiperakumulator Cd, Co, Cu, Pb, Mg, Ni, Zn masing-masing >0,01%, serta konsentrasi logam berat di tajuk lebih besar dibanding akar (Gratao et al. 2005; Baker & Brooks 1989). *Portulaca oleracea* L. dapat digunakan untuk menghilangkan kontaminasi logam berat pada tanah karena jangkauan dan karakteristik fitoremediasi (Elshamy et al. 2019). *Pennisetum sinense* tidak dapat digunakan untuk fitoekstraksi berbagai macam logam berat meskipun dengan penambahan pupuk NH₄Cl, tanaman ini mampu melepaskan Cd dan Zn dari tanah tetapi kurang efektif untuk Pb (Chen et al. 2017).

Derajat kemasaman tanah yang rendah akan berdampak pada tingginya logam berat dan rendahnya mineral makro. Logam berat Cu, Zn, Se dibutuhkan tanaman untuk pertumbuhan, tetapi jika berlebihan

Tabel 3. Jenis mineral di akar, batang, daun tanaman hiperakumulator

Tanaman	Akar	Batang	Daun	Sumber pustaka
<i>Trifolium alexandrinum</i>	Cd, Co, Fe, Pb, Fe	Fe	Cr, Cu, Mn, Zn, Fe	Bhatti et al. 2018
<i>Brassica juncea</i>	Zn, Pb, Cd, Cu	Zn, Pb, Cd, Cu	Zn, Pb, Cd, Cu	Ali et al. 2017
<i>Helianthus annuus</i>	Pb	Pb	Pb	Ali et al. 2017
<i>Nicotiana tabaccum</i>	Hg	Hg	Hg	Gratao et al. 2005
<i>Pteris creatica</i>	As	As	As	Gratao et al. 2005
<i>Pteris longifolia</i>	As	As	As	Gratao et al. 2005
<i>Pteris umbrosa</i>	As	As	As	Gratao et al. 2005

menjadi toksik untuk sel tanaman. Rendahnya pH di lahan bekas tambang dapat diatasi dengan pemberian kapur karena dapat meningkatkan pH tanah, menurunkan kelarutan Al, meningkatkan Ca dan Mg, memperbaiki dan memantapkan agregat tanah, serta menurunkan tingkat erosi karena agregat tanah yang mantap (Rosmarkam & Yuwono 2002). Pemberian kapur (CaCl_2) pada lahan di dekat *shelter* tembaga yang diberi kompos dan telah terkontaminasi oleh limbah irigasi selama lebih dari 30 tahun mampu meningkatkan pH tanah dan menurunkan Cu dan Cd ditanah (Cui et al. 2016).

Pemanfaatan tanaman lokal spesifik lokasi untuk fitoremediasi perlu dipertimbangkan, karena tanaman lokal lebih mudah untuk beradaptasi dengan kondisi agroekosistem setempat. Pemilihan tanaman fitoremediasi mempertimbangkan kecepatan pertumbuhan, biomassa, siklus produksi dan keberlanjutan lingkungan. Berdasarkan familia Poaceae> Fabaceae> Asteraceae> Apiceae sebagai tanaman fitoremediasi (Guarino et al. 2017). *Sorghum bicolor* potensial untuk fitoremediasi dan produksi biomassa (Al Chami et al. 2014). *Pennisetum sinense* Roxb tidak mampu untuk memindahkan semua logam dari tanah meskipun dengan pemupukan NH_4Cl kecuali Cd dan Zn dan sedikit Pb yang diikat (Chen et al. 2017). Tanaman pakan yang digunakan untuk fitoremediasi diantaranya turi (*Sesbania grandiflora*) dengan mekanisme *rhizofiltration*, gamal (*Gliricidia sepium*) menekan logam berat di akar dan penggunaan biochar (arang bio) mampu menekan Ni dan Mn, rumput bahia (*Paspalum* spp) sebagai tanaman hiperakumulator Pb termasuk Cu dan Zn namun dalam jumlah sedang, vetiver (*Vetiveria zizanioides*) menyerap logam berat di akar, dan rumput bermuda (*Cynodon dactylon* sebagai translokasi logam berat dari akar ke batang selanjutnya ke daun (Suelee et al. 2017; Kumarathilaka & Vithanage 2017; Malar et al. 2014; Purwantari 2007; Padmavathiamma & Li 2007; Shanab et al. 2007).

Pemberian kompos pada lahan bekas tambang batubara merupakan salah satu cara untuk meningkatkan bahan organik tanah. Ternak menghasilkan kotoran ternak untuk kompos atau pupuk

organik. Keberadaan ternak di lahan bekas tambang akan saling menguntungkan antara ternak dan tanaman di lahan bekas tambang karena ternak menghasilkan kotoran sebagai pupuk organik untuk perbaikan tanah, lahan dan tanaman dibudidayakan lahan bekas tambang yang kandungan logam beratnya masih tinggi. Penggunaan bahan organik (*top soil*, bokashi, kompos Tandan Kosong Kelapa Sawit (TKKS)) mampu memperbaiki kesuburan tanah (Amelia & Suprayogo 2018). Pemberian pupuk (kompos) diyakini merupakan langkah yang potensial untuk meningkatkan ketersediaan hara tanah. Aplikasi kompos pada *C. pubescens* mampu memasok hara pada *tailing* sebesar 19,62 kg N ha-1 dan 7,89 kg P ha-1 sementara pada *P. javanica* sebesar 9,7 kg N ha-1 dan 7,04 kg P ha-1 (Budianta et al. 2013).

PENGEMBANGAN TANAMAN PAKAN TERNAK PADA LAHAN BEKAS TAMBANG BATUBARA

Lahan bekas tambang batubara dapat dimanfaatkan untuk pertanian termasuk peternakan, serta pariwisata. Lahan harus direklamasi sebelum dimanfaatkan untuk budidaya tanaman pakan maupun pangan (Licina et al. 2016). Pemilihan tanaman pakan ternak (TPT) untuk dikembangkan di lahan bekas tambang harus diperhatikan beberapa hal diantaranya: 1) toleran kekeringan, hara rendah, dapat membentuk bahan organik sehingga mempercepat remediasi tanah pH masam; 2) Produksi biomassa tinggi; 3) palatable untuk ternak; 4) sumber bahan organik; 5) sistem perakaran kuat; 6) kualitas nutrisi cukup baik (Gizikoff 2003). Errington (2002) menambahkan tanaman pakan ternak di lahan bekas tambang batubara harus beradaptasi dengan baik dan kandungan logam berat dalam ambang batas aman. Vetiver (*Vetiveria zizanioides*) merupakan TPT yang dapat digunakan untuk fitoremediasi karena mampu memanfaatkan limbah organik sebagai sumber nutrisi (Komarawidjaja & Garono 2016). Rumput gajah dapat digunakan untuk tanah yang terkontaminasi Cu, lebih baik ditambahkan

fosfat (Liu et al. 2009). Penggunaan *Brachiaria brizantha* cv. Mulato meningkatkan fungsi mikroba tanah dalam menggunakan karbon sehingga memperbaiki kesuburan tanah (Brandan et al. 2017). Akumulasi logam berat pada bagian tanaman rumput bervariasi dari rendah sampai tinggi (Tabel 4). Produksi hijauan di lahan bekas tambang batubara tergolong rendah, tetapi kandungan bahan kering cukup tinggi (Harmini et al. 2019; Garsetiasih & Heriyanto 2017; Ardiansyah et al. 2014; Riyanto et al. 2001).

Pada lahan bekas tambang sistem penanaman rumput bersama leguminosa penting untuk dilakukan. Rumput berfungsi sebagai tanaman fitoremediasi dan penutup tanah yang mampu beradaptasi dengan baik pada lahan marginal, sedangkan leguminosa mampu mempertahankan stabilitas tanah. Sistem penanaman rumput dapat dilakukan dengan *alley cropping* (pertanaman lorong), *intercropping*, atau *monoculture*. *Intercropping* dilakukan dengan menanam dua atau jenis tanaman pada tempat dan waktu yang sama. Sistem penanaman ini mampu meningkatkan kesuburan dan bahan organik tanah, memperbaiki struktur tanah, mengurangi pemupukan, memperbaiki kualitas rumput dengan meningkatkan kadar protein pada rumput yang dihasilkan, serta kandungan bahan kering pada hijauan (Kremer et al. 2011; Lithourgidis et al. 2011; Koten et al. 2007). *Intercropping legume* dengan sereal dapat digunakan sebagai alternatif sistem pertanaman yang dikombinasi pada tanah lempung berpasir karena meningkatkan fiksasi N, kandungan bahan kering, serta protein kasar tanaman (Lithourgidis et al. 2007). *Alley cropping* alfalfa dengan *black walnut* meningkatkan mortalitas hama alfalfa (*alfalfa weevil*) sehingga meningkatkan produksi biomassa alfalfa yang pada

akhirnya meningkatkan keuntungan ekonomi (Stamps et al. 2009).

Salah satu lokasi lahan bekas tambang batubara yang telah dimanfaatkan untuk tanaman pakan ternak (TPT) adalah di Kaltim Prima Coal (KPC). Sistem tanam TPT di lahan bekas tambang batubara di KPC dengan sistem monokultur. Di Peternakan sapi perah terpadu (PESAT) di KPC tanaman pakan ternak yang dibudidayakan adalah rumput gajah dan indigofera (Gambar 1 dan 2).

Budidaya rumput di lahan bekas tambang batubara pada prinsipnya sama dengan di lahan non bekas tambang batubara. Perbanyak rumput secara menggunakan biji (generatif) dan stek atau sobekan (pols) (vegetatif). Pemberian bokashi 30 t/ha memberikan pertumbuhan dan produksi tertinggi dibandingkan dosis 10 t/ha dan 20 t/ha (Kusuma 2013). Umur potong berpengaruh terhadap kandungan nutrisi rumput gajah. Indigofera, jenis leguminosa pohon yang adaptif untuk lahan bekas tambang batubara. Indigofera dapat tumbuh dengan baik pada ketinggian 0-2200 m dpl, total produksi segar 52 ton/ha/tahun, PK 27,60% secara agronomis mudah untuk dikembangkan, tahan terhadap pemangkasan sehingga mampu mengeliminir stress kekeringan dengan jalan mengurangi proses transpirasi pada daun (Abdullah 2014; Herdiawan & Krisnan 2014; Herdiawan et al. 2012). *Pueraria javanica* mempunyai kemampuan adaptasi pada lahan bekas tambang batubara yang lebih baik dibanding *C. pubescens*, *C. muconoides*, *C. juncea*, sedangkan *C. juncea* merupakan leguminosa yang paling responsif terhadap penambahan bahan organik (Ardiansyah et al. 2014).

Tabel 4. Kandungan logam berat pada akar dan jaringan tanaman di lahan bekas tambang batubara

Jenis rumput	Logam berat	Akar (ppm)	Batang (ppm)	Daun (ppm)	Menjelang berbunga (ppm)	Rumput potong (ppm)	Sumber bacaan
<i>P.americanum x P.purpureum</i>	Cd	5,9±4	28±3	56±1	14±1	47±2	Zhang et al. 2010
	Zn	2670±219	1819±36	1383±57	335±44	1590±140	Zhang et al. 2010
<i>P. atratum</i>	Cd	349±16	Tad	Tad	Tad	46±1	Zhang et al. 2010
	Zn	9439±104	Tad	Tad	Tad	1056±141	Zhang et al. 2010
Rumput raja (<i>P. sinense</i> Roxb)	Cd	95,0±1,1	6,6 ± 0,2	12,1±0,7	Tad	13,5±0,1	Chen et al. 2017
	Pb	163,1±5	3,1±0,4	5,2±0,9	Tad	4,2±0,3	Chen et al. 2017
	Zn	1513,9±14	611,6±42,1	107,4±7,1	Tad	343,8±26,2	Chen et al. 2017
Rumput gajah	Hg	0,143	0,341	0,071	Tad	Tad	Harmini et al. 2019
	As	<0,002	<0,002	<0,002	Tad	Tad	Harmini et al. 2019
	Pb	4,252	4,477	11,811	Tad	Tad	Harmini et al. 2019
	Fe	2342,710	45,941	40,790	Tad	Tad	Harmini et al. 2019
	Mn	206,388	22,926	36,612	Tad	Tad	Harmini et al. 2019

Keterangan: Tad= tidak ada data

Gambar 1. Kebun rumput gajah di lahan bekas tambang batubara di Peternakan sapi perah terpadu (Pesat), Sangatta, Kaltim

Gambar 2. Kebun rumput Indigofera di lahan bekas tambang batubara di Peternakan sapi perah terpadu (Pesat), Sangatta, Kaltim.

KESIMPULAN

Lahan bekas tambang batubara dapat digunakan sebagai lahan untuk pengembangan tanaman pakan ternak setelah dilakukan reklamasi dan rehabilitasi. Tanaman pakan ternak relatif dapat beradaptasi dengan baik di lahan bekas tambang terutama lahan bekas tambang batubara. Hijauan pakan yang dapat dikonsumsi oleh ternak adalah tanaman pakan yang mempunyai mekanisme fitostabilisasi dan fitodegradasi.

DAFTAR PUSTAKA

- Abdullah L. 2014. Prospektif agronomi dan ekofisiologi *Indigofera zollingeriana* sebagai tanaman penghasil hijauan pakan berkualitas tinggi. *Pastura*. 3:79-83.
- Ahirwal J, Maiti SK. 2016. Assesment of soil properties of different land uses generated due to surface coal mining activities in tropical Sal (*Shorea robusta*) forest, India. *Catena*. 140:155-163.
- Al Chami Z, Amer N, Smets K, Yperman J, Carleer R, Dumontet S, Vangronsveld J. 2014. Evaluation of

flash and slow pyrolysis applied on heavy metal contaminated sorghum bicolor shoots resulting from phytoremediation. *Biomass Bioenergy*. 63:1-12.

- Ali A, Guo D, Mahar A, Wang Z, Muhammad D, Li R, Wang P, Shen F, Xue Q, Zhang Z. 2017. Role of *Streptomyces pactum* in phytoremediation of trace element by *Brassica juncea* in mine polluted soils. *Ecotoxicol Environment Safety*. 144:387-395.
- Amelia L, Suprayogo D. 2018. Manajemen bahan organik untuk reklamasi lahan: analisis hubungan antara sifat kimia tanah dan pertumbuhan pohon di lahan timbunan bekas tambang batubara PT Bukit Asam (Persero), Tb. *J Tanah Sumberdaya Lahan*. 5:701-712.
- Ardhiansyah N, Sumarsono, Purbajanti ED. 2014. Pertumbuhan dan produksi beberapa leguminosa pakan yang ditanam pada media tanam tanah bekas penambangan batubara dengan perbaikan bahan organik. *J Litbang Provinsi Jawa Tengah*. 12:43-54.
- Arisusanti R, Purwani K. 2013. Pengaruh mikoriza *Glomus fasciculatum* terhadap akumulasi logam timbal (Pb) pada tanaman *Dahlia pinnata*. *J Sains Seni Pomits*. 292:2337-3520.
- Armiadi. 2009. Penambatan nitrogen secara biologi pada tanaman leguminosa. *Wartazoa*. 19:23-30.
- [BPS] Badan Pusat Statistik. 2018. Statistik Indonesia. Jakarta (Indonesia): Badan Pusat Statistik.
- Baker AJM, Brooks RR. 1989. Terrestrial higher plant which hyperaccumulate metal elements-a review of their distribution, ecology and phytochemistry. *Biorecovery*. 1:81-126
- Bhatti SS, Kumar V, Sambyal V, Singh J, Nagpal AK. 2018. Comparative analysis of tissue compartmentalized heavy metal uptake by common forage crop: a field experiment. *Catena*. 160:185-193.
- Bonfranceschi BA, Flocco CG, Donati ER. 2009. Study of the heavy metal phytoextraction capacity of two forage species growing in an hydroponic environment. *J Hazardous Materials*. 165:366-371.
- Brandan CP, Chavarria D, Huidobro J, Meriles JM, Gil SV. 2017. Influence of a tropical grass (*Brachiaria brizantha* cv. Mulato) as cover crop on soil biochemical properties in a degraded agricultural soil. *Eur J Soil Biol*. 83:87-90.
- [BSN] Badan Standardisasi Nasional. 2009. Batas maksimum cemaran logam berat dalam pangan. Jakarta (Indonesia): Badan Standardisasi Nasional.
- Budianta D, Gofar N, Andika GA. 2013. Improvement of sand tailing fertility derived from post tin mining using leguminous crop applied by compost and mineral soil. *J Trop Soils*. 18:217-223.
- Chen Y, Hu L, Liu X, Deng Y, Liu M, Xu B, Wang M, Wang G. 2017. Influences of king grass (*Pennisetum sinense* Roxb) - enhances approaches for phytoextraction and

- microbial communities in multi-metal contaminated soil. *Geoderma*. 307:253-266
- Cui H, Fan Y, Yang J, Xu L, Zhou J, Zhu Z. 2016. In situ phytoextraction of copper and cadmium and its biological impacts in acidic soil. *Chemosphere*. 161:233-241
- Daru TP. 2009. Teknik pengembangan tanaman penutup tanah pada lahan reklamasi tambang batubara sebagai pastura [Disertasi]. [Bogor (Indonesia)]. Institut Pertanian Bogor.
- Elshamy M, Heikal Y, Bonanomi G. 2019. Phytoremediation efficiency of *Portulaca oleracea* L. naturally growing in some industrial sites, Dakahlia District, Egypt. *Chemosphere*. 222:678-687.
- Errington JC. 2002. Toward result – based standards for mine reclamation in British Columbia. In: BC Technical and Research Committee, editors. High Elevation Mine Reclamation Symposium. British Columbia: Canadian Land Reclamation Association.
- Fathia LAN, Baskara M, Sitawati. 2015. Analisis kemampuan tanaman semak di median jalan dalam menyerap logam berat Pb. *J Produksi Tanaman*. 3:528-534.
- Fatmawati, Budiman, Dyastari L. 2018. Dampak lingkungan galian tambang batubara PT. Kaltim Prima Coal bagi kesehatan masyarakat di Kecamatan Sangatta Utara Kabupaten Kutai Timur. *J Ilmu Pemerintahan*. 6:553-566.
- Garsetiasih R, Heriyanto NM. 2017. Potensi hutan reklamasi bekas tambang batubara, Sangatta, Kalimantan Timur untuk penangkaran rusa sambar (*Rusa unicolor*). *Bul Plasma Nutrafah*. 23:127-136.
- Gizikoff KG. 2003. Re-establishing livestock use on mined landscapes in the southern interior of BC. – In: UBC: Proceedings In: Annual British Columbia Mine Reclamation in Campbell River, BC, June 20-31, 2009. Vancouver (Canada): The University of British Columbia. p. 1-11.
- Gratao PL, Majeti P, Cardoso PF, Lea PJ. 2005. Phytoremediation: Green technology for the clean up of toxic metals in the environment. *Braz J Plant Physiol*. 17:53-64.
- Guarino C, Zuzolo D, Marziano M, Baiamonte G, Morra L, Benotti D, Gresia D, Stacul ER, Cicchella D, Sciarrillo R. 2017. Identification of native-metal tolerant plant species in situ: Environmental implications and functional traits. *Sci Total Environment*. 650:3156-3167.
- Harmini, Evvyernie D, Karti PDMH, Widiawati. 2019. Evaluation of quality of forage and mineral content on elephant grass (*Pennisetum purpureum*) at ex-coal mining. *AIP Conference Proceedings*. 2120:1-6.
- Herdiawan I, Krisnan R. 2014. Produktivitas dan pemanfaatan tanaman leguminosa pohon *Indigofera zollingeriana* pada lahan kering. *Wartazoa*. 24:75-82.
- Herdiawan I, Abdullah L, Sopandie, Karti PDMH, Hidayati N. 2012. Karakteristik morfologi tanaman pakan *Indigofera zollingeriana* pada berbagai taraf stress kekeringan dan interval pemangkasan. *JITV*. 17:276-283.
- Hermawan B. 2011. Peningkatan Kualitas Lahan Bekas Tambang melalui Revegetasi dan Kesesuaiannya sebagai Lahan Pertanian Tanaman Pangan. Prosiding Seminar Nasional Budidaya Pertanian. Urgensi dan Strategi Pengendalian Alih Fungsi Lahan Pertanian. Bengkulu, 7 Juli 2011. Bengkulu (Indonesia): Universitas Bengkulu. hlm. 60-70.
- Jeevanantham S, Saravanan A, Hemavathy RV, Kumar PS, Yaashikaa PR, Yuvaraj D. 2019. Removal of toxic pollutants from water environments by phytoremediation: A survey on application and future prospects. *Environment Technol Innovation*. 13:264-276.
- Kumarathilaka P, Vithanage M. 2017. Influence of *Gliricidia sepium* biochar on attenuate perchlorate-induced heavy metal release in serpentine soil. *J Chemistry*. 2017:1-8.
- Killham K. 1994. Soil ecology. Cambridge (UK): Cambridge University Press.
- Komarawidjaja W, Garo YS. 2016. Peran rumput vetiver (*Chrysopogon zizanioides*) dalam fitoremediasi pencemaran sungai. *J Teknologi Lingkungan*. 17:7-14.
- Koten BB, Wea R, Paga A. 2007. Respon kacang tunggak dan rumput sudan sebagai sumber pakan melalui pola tanam tumpangsari dengan berbagai proporsi tanaman di lahan kering. *Buletin Peternakan*. 31:121-126.
- Kremer RJ, Kussman RD. 2011. Soil quality in a pecan-kura clover alley cropping system in the Midwestern USA. *Agroforestry Systems*. 83:213-223.
- Kumar A, Pandey AC. 2013. Evaluating impact of coal mining activity landuse/ landcover using temporal satellite images in South Karanpura Coalfields and Environs, Jharkhand State, India. *IJARSG*. 2:183-197.
- Kumiawan AR, Suroso W, Alimano M. 2014. Potensi pemanfaatan limbah pembakaran batubara PLTU sebagai media tanam dalam kegiatan revegetasi lahan bekas tambang batubara. *J Teknologi Mineral Batubara*. 10:142-154.
- Kusuma ME. 2013. Pengaruh pemberian bokashi terhadap pertumbuhan vegetative dan produksi rumput gajah (*Pennisetum purpureum*). *J Ilmu Hewani Tropika*. 2:40-45.
- Licina V, Aksic MF, Tomic Z, Trajkovic I. 2016. Bioassessment of heavy metals in the surface soil layer of an opencast mine aimed for its rehabilitation. *J Environ Manage*. 186:240-252.
- Lithourgidis AS, Dordas CA, Damalas CA, Vlachostergios DN. 2011. Annual intercrops: An alternative pathway

- for sustainable agriculture. Australian J Crop Sci. 5:396-410.
- Lithourgidis AS, Dhima KV, Vasilakoglou IB, Dordas CA, Yiakoulaki MD. 2007. Sustainable production of barley and wheat by intercropping common vetch. Agron Sustain Develop. 27:95-99.
- Liu X, Shen Y, Lou L, Ding C, Cai Q. 2009. Copper tolerance of the biomass crops Elephant grass (*Pennisetum purpureum* Schumach), Vetiver grass (*Vetiveria zizanioides*) and the upland reed (*Phragmites australis*) in soil culture. Biotechnol Adv. 27:633-640.
- Padmavathiamma PK, Li LY. 2007. Phytoremediation technology: Hyper-accumulation metals in plants. Water Air Soil Pollut. 184:105-126.
- Purnama A. 2014. Risiko kontaminasi logam berat pada daging sapi yang merumput dan hidup di areal revegetasi tambang [Tesis]. [Bogor (Indonesia)]: Institut Pertanian Bogor.
- Purnamayani R, Salvia E, Purnama H. 2017. Revegetasi lahan bekas tambang batubara melalui aplikasi pupuk kandang dan mikoriza. Dalam: Herlinda S, Nirmala K, Novra A, Sahari B, Suwandi, Tanbiyaskur, Puspitahati, Syafutri MI, Sasanti AD, penyunting. Prosiding Seminar Nasional Lahan Suboptimal 2017. Pengembangan Ilmu dan Teknologi Pertanian Bersama Petani Lokal untuk Optimalisasi Lahan Suboptimal. Palembang, 19-20 Oktober 2017. Palembang (Indonesia): Unsri Press. hlm. 624-631.
- Purnomo DW, Fijridiyanto IA, Witono JR. 2018. Penilaian variable vegetasi pada lahan reklamasi bekas tambang emas di Ratatotok, Minahasa Tenggara. JPK Wallacea. 7:93-108.
- Purwantari ND. 2007. Reklamasi area tailing di pertambangan dengan tanaman pakan ternak: Mungkinkah?. Wartazoa. 17:101-108
- Rillig MC, Mummey DL. 2006. Mycorrhizas and soil structure. New Phytol. 171:41-53.
- Saidy AR, Badruzsaufari. 2009. Hubungan antara konsentrasi Cr(VI) dan sifat kimia tanah: informasi awal untuk remediasi lahan bekas tambang di Kalimantan Selatan. J Tanah Trop. 14:97-103.
- Shanab RA, Ghanem N, Ghanem K, Al-Kolaibe A. 2007. Phytoremediation potential of crop and wild plants for multi-metal contaminated soils. Res J Agric Biol Sci. 3:370-376.
- Riyanto, Daru TP, Idris S. 2001. Percobaan penutup tanah (*cover crop trial*) PT Kaltim Prima Coal (KPC) di Sangatta. Samarinda (Indonesia): Fakultas Pertanian, Universitas Mulawarman.
- Rosmarkam A, Yuwono NW. 2002. Ilmu Kesuburan Tanah. Yogyakarta (Indonesia): Kanisius.
- Marganingrum D, Noviard R. 2010. Pencemaran air dan tanah di kawasan pertambangan batubara di PT Berau Coal Kalimantan Timur. Riset Geologi dan Pertambangan. 20:11-20.
- Mashud N, Manaroinsong E. 2014. Pemanfaatan lahan bekas tambang batubara untuk pengembangan sagu. B Palma. 15:56-63.
- Malar S, Manikandan R, Favas PJC, Sahi SV, Venkatachalam P. 2014. Effect of lead on phytotoxicity, growth, biochemical alterations and its role on genomic template stability in *Sesbania grandiflora*; Apotential plant for phytoremediation. Ecotoxicol Environ Safety. 108:249-257.
- Narendra BH, Pratiwi. 2014. Pertumbuhan *cover crops* pada lahan overburden bekas tambang timah di Pulau Bangka. Forest Rehabilitation J. 2:15-24.
- Setiadi Y, Setiawan A. 2011. Studi status fungi *mikoriza arbuskula* di areal rehabilitasi pasca penambangan (studi kasus PT INCO Tbk. Sorowako, Sulawesi Selatan). J Silviculture Trop. 3:88-95.
- Stamps WT, McGraw RL, Godsey L, Woods TL. 2009. The ecology and economics of insect pest management in nut tree alley cropping in the Midwestern United States. Agric Ecosys Environ. 131:4-8.
- Suelee AL, Hasan SNMS, Kusin FM, Yusuff FM, Ibrahim ZZ. 2017. Phytoremediation potensial of vetiver grass (*Vetiveria zizanioides*) for treatment of metal-contaminated water. Water Air Soil Pollut. 228:158. doi: 10.1007/s11270-017-3349-x.
- Zhang X, Xia H, Li Z, Zhuang P, Gao B. 2010. Potential of four grasses in remediation of Cd and Zn contaminated soils. Bioresour Technol. 101:2063-2066.
- Zhang X, Gao B, Xia H. 2014. Effect of cadmium on growth, photosynthesis, mineral nutrition and metal accumulation of bana grass dan vetiver grass. Ecotoxicol Environ Safety. 106:102-108.