

**ANALISIS PEMBENTUKAN TANAH DARI BATUAN PENUTUP
OVERBURDEN PADA AREA REKLAMASI PT BORNEO INDOBARA GUNA
MENDUKUNG KEBERHASILAN REKLAMASI SECARA BERKELANJUTAN**

**Analysis of Soil Formation from Overburden in the PT Borneo Indobara
Reclamation Area to Support the Success of Sustainable Reclamation**

Yudha Hadiyanto Eka Saputra^{1*)}, Suyanto²⁾, Fatmawati³⁾, Suhaili Asmawi³⁾

^{1*)} Mahasiswa Program Studi Magister Pengelolaan Sumberdaya Alam dan Lingkungan
Program Pascasarjana Universitas Lambung Mangkurat/e-mail : Yudhahes@ymail.com

²⁾ Fakultas Kehutanan Universitas Lambung Mangkurat

³⁾ Fakultas Perikanan dan Kelautan Universitas Lambung Mangkurat

Abstract

This study aims to analyze the process of soil formation on *overburden* material in the reclamation area in 2013 (9 years), 2015 (7 years), and 2018 (4 years) to support the success of sustainable reclamation, and analyze the relationship between planting age, morphology and climate conditions in the study area that can affect the process of soil formation in the *overburden*. The research was conducted at a coal mining company located in Tanah Bumbu Regency, South Kalimantan Province. The research method used was descriptive quantitative. Data collection was done by making a test trench and taking soil profile data which includes topsoil thickness, intermediate layer, and *overburden*. Soil texture, soil color, and data on roots that penetrated the soil were also recorded and analyzed. The results of the test trench analysis showed that the process of soil formation in the *overburden* began to occur in the reclamation area in the 9th year (2013). The indicator found lateral roots in the soil layer at a depth of 40-60 cm which is an *overburden* layer with gray soil color. The correlation test showed a strong relationship between soil acidity (pH) and the year of planting ($r^2 = 0,74$). The relationship between organic C elements and the year of planting ($r^2 = 0,68$). The element N in the soil has a very strong relationship with the year of planting ($r^2 = 0,92$). The next element was P_2O_5 in the soil having a moderate relationship ($r^2 = 0,46$) and K_2O elements had a strong relationship ($r^2 = 0,75$). The results of soil chemical analysis and also soil texture showed that the soil fertility status at the study site was in low condition. This study concluded that the process of soil formation in *overburden* was found in the planting year area of 2013 or year 9, with indicators such as the appearance of roots in the *overburden* area at a depth of 20 - 40 cm, whereas in 2015 and 2018 no roots were found in the *overburden*. Climatic and morphological conditions accelerated the process of soil formation in the *overburden* because this very wet condition accelerated the process of leaching nutrients to the surface layer of the reclamation area. The process of weathering in the soil, especially in *overburden*, will cause plant roots to enter the *overburden* layer by bringing nutrients produced by trees, undergrowth, and litter to the research area.

Keywords: overburden; reclamation; soil formation

PENDAHULUAN

Sebagian besar aktivitas pertambangan batubara di Indonesia

dilakukan di daratan dengan sistem pertambangan terbuka (*open pit mining*) dan metode *back filling*. Pertambangan terbuka dengan penggunaan alat mekanik

menyebabkan lahan kritis akibat kehilangan vegetasi tutupan lahan, serta pemadatan tanah akibat tekanan dari aktivitas alat berat. Permasalahan yang muncul pada tanah bekas tambang batubara antara lain gersang, tidak ada tutupan lahan atau vegetasi serta rentan erosi yang akan memperburuk kondisi tanah.

Penutupan permukaan lahan melalui penanaman tanaman penutup tanah merupakan salah satu upaya memperbaiki kualitas tanah. Fungsi penanaman penutup tanah atau reklamasi adalah untuk mengurangi laju erosi tanah. Usaha reklamasi lahan diawali dengan kegiatan penataan lahan, perataan lahan sesuai kemiringan, pembuatan *drainase* dan pengendali debit air. Pada proses penataan lahan dilakukan penimbunan tanah pucuk (*topsoil*) (Kementerian ESDM RI, 2018). Pencampuran *topsoil* dan *subsoil* dapat mengubah karakteristik tanah yang kemudian akan menentukan keberhasilan reklamasi lahan bekas tambang yang dilakukan.

Proses perubahan dari batuan penutup (*overburden*) menjadi tanah membutuhkan proses pelapukan yang ditentukan oleh beberapa faktor diantaranya komposisi batuan induk, iklim, topografi, organisme dan waktu. Area penimbunan atau disposal di area tambang memiliki karakteristik batuan yang berbeda-beda. Usaha revegetasi dengan memanfaatkan tanaman asli lokal, tanaman pioner atau tanaman lainnya lebih mudah dilakukan dalam mempercepat keberhasilan reklamasi. Pertumbuhan tanaman di lahan reklamasi akan memberikan perbaikan kualitas tanah (Purwaamijaya, 2008). Perbaikan tersebut meliputi kualitas fisik seperti bobot isi, porositas, kemampuan tanah dalam menahan air, pergerakan air dalam tanah, serta kualitas kimia seperti bahan organik dan pH tanah.

Selama proses kegiatan revegetasi ditemukan adanya perbedaan tingkat pertumbuhan tanaman sesuai lokasi tanam, umur tanam dan juga jenis batuan yang ditimbun. Jenis batuan yang ditimbun ke

area disposal dan direncanakan sebagai tempat area revegetasi menjadi fokus dalam penelitian ini. Proses pembentukan tanah dari batuan *overburden* di area reklamasi ini akan mendukung pertumbuhan tanaman yang ditanam di area bekas tambang termasuk kandungan biomassa di area reklamasi.

Penelitian ini dilandasi atas pemikiran bahwa ketersediaan batuan pucuk *topsoil* sangat terbatas sehingga membutuhkan batuan penutup *overburden* untuk menjadi tanah guna mendukung pertumbuhan tanaman di area reklamasi PT Borneo Indobara. Perubahan *overburden* menjadi tanah adalah tidak mudah dan memerlukan waktu yang lama. Penimbunan tanah pucuk dan kegiatan revegetasi di atas *overburden* pada kondisi topografi dan iklim setempat diduga dapat mempercepat perubahan *overburden* menjadi tanah.

Tujuan dari penelitian ini yaitu menganalisis proses pembentukan tanah pada batuan penutup *overburden* di area reklamasi tahun tanam 2013, 2015 dan 2018 guna mendukung keberhasilan reklamasi secara berkelanjutan di PT Borneo Indobara dan menganalisis hubungan antara umur tanam, kondisi cuaca dan morfologi terhadap proses pembentukan tanah pada *overburden* di area reklamasi tahun tanam 2013, 2015 dan 2018.

METODE PENELITIAN

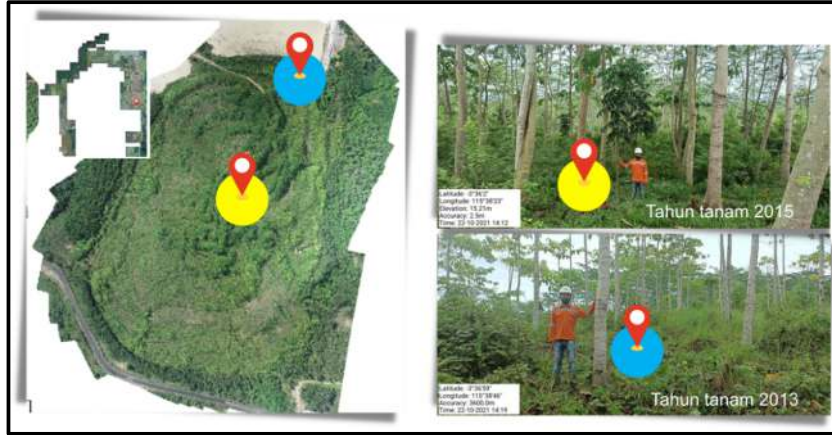
Lokasi dan Waktu Penelitian

Penelitian dilaksanakan pada bulan Maret-Juli 2022 di area reklamasi dan revegetasi PT Borneo Indobara, yang berlokasi di lokasi kerja PT Borneo Indobara yang mencakup Kecamatan Satui, Kecamatan Angsana, Kecamatan Sungai Loban, dan Kecamatan Kusan Hulu. Lokasi penelitian merupakan area revegetasi dengan tahun tanam 2013, 2015 dan 2018 dengan luasan area reklamasi mencapai 83,05 ha.

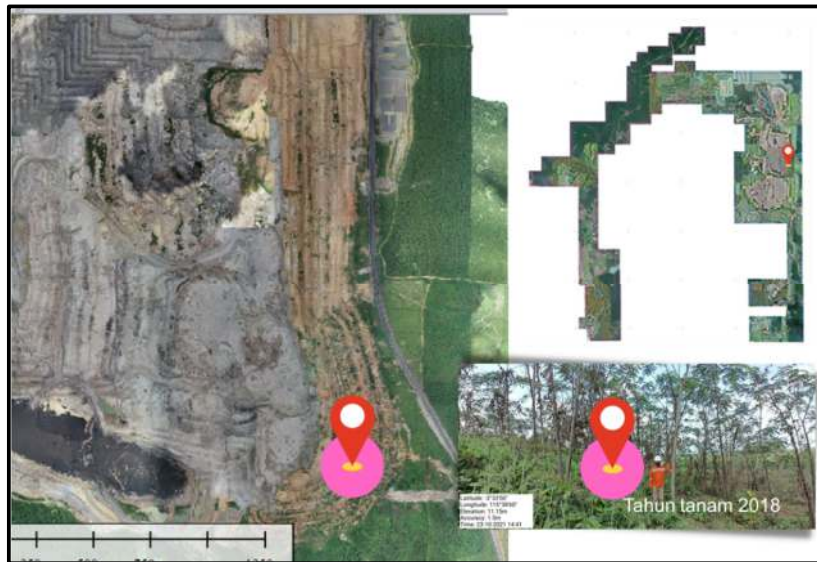
Alat dan Bahan

Alat dan bahan yang digunakan adalah alat berat Excavator kelas PC 200 untuk

membuat parit, pita ukur, GPS, Drone, Peta Lokasi, Buku Kompas, ring sampel, dan kelengkapan pengambilan sampel serasah dan tanah.



Gambar 1a. Area revegetasi (tahun tanam 2013 dan 2015)



Gambar 1b. Area revegetasi (Tahun Tanam 2018)

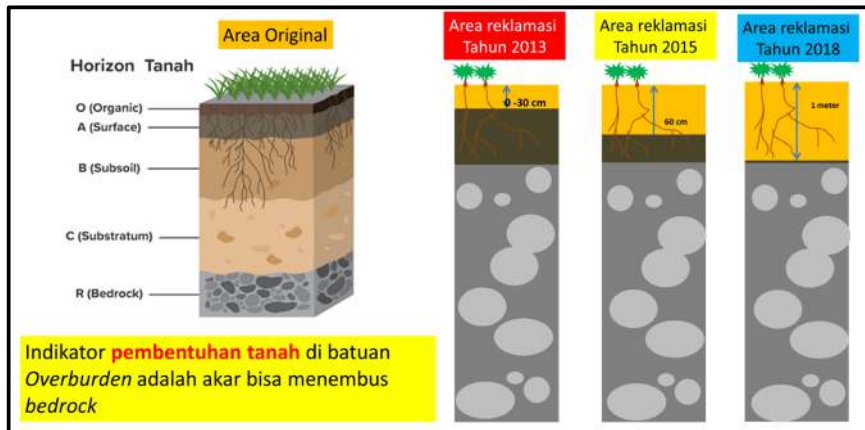
Prosedur Kerja

1. Pengambilan profil perakaran

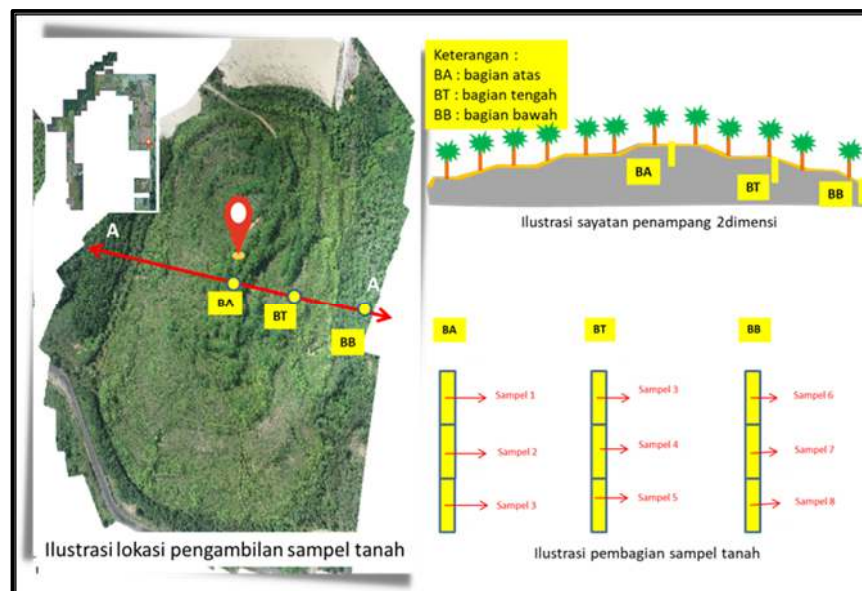
- Pengambilan sampel profil akar dilakukan secara *purposive sampling*.
- Membuat penampang vertikal tanah dengan alat berat excavator sekelas PC 200 dan juga cangkul dengan dimensi

lebar 1,5 m, panjang 2 m dan kedalaman 1,5 m.

- Mengamati lapisan *topsoil* dan batuan *overburden* serta kedalaman perakaran tanaman yang menembus lapisan batuan *overburden*.
- Mengambil sampel tanah pada berbagai lapisan untuk dianalisa fisik dan kimia di laboratorium.



Gambar 2. Ilustrasi Penampang Vertikal



Gambar 3. Lokasi pengambilan sampel tanah

2. Pengambilan dan analisa sampel tanah

- Sampel tanah di ambil dengan metode *purposive sampling*.
- Sampel Bagian Atas (BA) untuk mengetahui ketebalan tanah pucuk/topsoil yang masih ada di area revegetasi. Bagian atas memiliki morfologi yang relatif datar dengan kemiringan 0-6%. Sampel Bagian Tengah (BT) memiliki morfologi relative lebih miring (>3% - 8%). Sampel Bagian Bawah (BB) untuk mengetahui tingkat erosi tanah pucuk yang ada di bagian bawah. Morfologi bagian bawah cenderung datar (0-6%).
- Pengambilan sampel tanah per kedalaman dengan menggunakan bor

tangan setiap kedalaman 30 cm dengan total sampel tanah yang diambil berjumlah 30 sampel. Pada 1 titik akan di ambil 3 sampel dengan kedalaman sebagai berikut:

- Sampel 1 (0 - 30 cm)
- Sampel 2 (30 - 60 cm)
- Sampel 3 (60 - 90 cm)

3. Analisa sampel tanah

Parameter kesuburan tanah yang dianalisis untuk sifat fisika tanah adalah (a) berat isi (*bulk density*), (b) *particle density*, (c) permeabilitas, (d) tekstur, (e) struktur, (f) konsistensi, (g) kedalaman efektif dan (h) porositas. Parameter sifat kimia meliputi : (a) basa-basa tukar (K, Na, Ca, Mg), (b) pH (pH H₂O dan pH

H₂O₂), (c) Kapasitas Tukar Kation, (d) Kejenuhan Basa, (e) P₂O₅ (HCl 25 %), (f) K₂O (HCl 25 %), (g) C-Organik, (h) Besi (Fe) dan Sulfat (SO₄). Sedangkan struktur dan konsistensi tanah diamati langsung di lapangan.

4. Pengukuran biomassa pohon

- Biomassa pohon diukur di lapangan pada plot-plot yang telah disiapkan. Plot untuk pohon dengan diameter >20 cm berukuran 20 m x 20 m, dan pohon dengan diameter <20 cm dengan ukuran plot lebih kecil.
- Tahapan pengukuran biomassa meliputi: data jenis pohon; data diameter setinggi dada (dbh); menetapkan berat jenis kayu jenis pohon yang mengacu pada Atlas Kayu Indonesia atau dengan perhitungan sampel kayu yang dipotong dan dikeringkan pada oven dengan suhu 100° C selama 48 jam dan timbang berat keringnya, berdasarkan rumus:

$$Volume (cm^3) = \pi r^2 t \text{ (batang kayu)}$$

$$BJ (g cm^{-3}) = \frac{Berat Kering (g)}{Volume (cm^3)}$$

Keterangan :

r = jari-jari potongan kayu

t = panjang/tebal kayu, tinggi kayu

- Menghitung biomassa pohon menggunakan alometrik sebagai berikut:

Tabel 1. Alometri Biomassa Pohon

Jenis pohon	Estimasi Biomassa pohon, kg/pohon	Sumber
Pohon bercabang	BK = 0.11 p D ^{2.62}	Ketterings, 2001
Pohon tidak bercabang	BK = $\pi \rho H$ D ^{2/40}	Hairiah <i>et al</i> , 1999
Kopi dipangkas	BK = 0.281 D ^{2.06}	Arifin, 2001
Pisang	BK = 0.030 D ^{2.13}	Arifin, 2001

Jenis pohon	Estimasi Biomassa pohon, kg/pohon	Sumber
Bambu	BK = 0.131 D ^{2.28}	Priyadarsini, 2000
Sengon	BK = 0.0272 D ^{2.831}	Sugiharto, 2002
Pinus	BK = 0.0417 D ^{2.6578}	Waterloo, 1995

Keterangan: BK = berat Kering; D = Diameter pohon (cm); H = tinggi pohon (cm); ρ = BJ kayu (g/cm³)

Jika tidak diketahui persamaan alometriknya, maka data yang diukur dari lapangan adalah data diameter dan tinggi bebas cabang untuk mendapatkan volume kayu. Persamaan *biomass expansion factor* (BEF) sebagai berikut:

$$Bap = v \times BJ \times BEF \times f$$

Keterangan :

Bap = biomassa atas permukaan (pohon), (kg)

v = volume kayu bebas cabang, (m³)

BJ = berat jenis kayu (kg/m³)

BEF = *biomass expansion factor* (1,67 default)

f = faktor angka bentuk pohon (0,7 default)

5. Pengukuran biomassa tumbuhan bawah

- Biomassa tumbuhan bawah diukur dengan cara destruktif yaitu memotong semua bagian vegetasi di atas permukaan tanah dari petak berukuran 0,5 m x 0,5 m.
- Memotong semua tumbuhan bawah (pohon berdiameter < 5 cm, herba dan rumput-rumputan) yang terdapat di dalam kuadran, memisahkan antara daun dan batang.
- Menimbang berat basah daun atau batang
- Mengambil sub-contoh tumbuhan dari masing-masing biomassa daun dan batang sekitar 100 – 300 g. Bila biomassa contoh yang didapatkan hanya sedikit (< 100 g), maka timbang semuanya dan jadikan sebagai sub-contoh.
- Mengeringkan sub-contoh biomassa tanaman yang telah diambil dalam

oven pada suhu 80°C selama 2 x 24 jam atau sampai berat konstan.

- Menimbang berat kering biomassa tumbuhan.

6. Pengukuran Biomassa Seresah

Biomassa seresah diukur dengan mengumpulkan seluruh seresah dan ranting-ranting kecil yang berada pada petak-petak kecil berukuran 0,5 m × 0,5 m, dengan tebal ±5 cm dengan menggunakan rumus:

$$Bo = \frac{Bks}{Bbs} \times Bbt$$

Keterangan:

Bo = berat bahan organik, satuan kilogram (kg)

Bks = berat kering contoh, satuan kilogram (kg)

Bbt = berat basah total, satuan kilogram (kg)

Bbs = berat basah contoh, satuan kilogram (kg)

7. Pengukuran volume pohon mati (nekromassa berkayu)

- Biomassa berupa pohon mati dan kayu di lantai hutan diukur dengan mengukur seluruh pohon mati baik yang masih berdiri dan kayu rebah yang berada pada petak-petak berukuran 20 m × 100 m, dengan menggunakan rumus berikut:

$$V_{pm} = \frac{1}{4} \pi (dbh/100)^2 \times t \times f$$

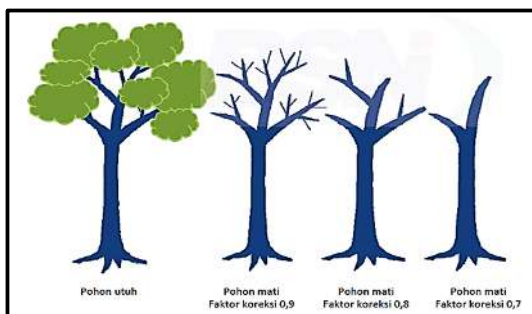
Keterangan :

V_{pm} = volume pohon mati, dinyatakan dalam meter kubik (m³)

dbh = diameter setinggi dada pohon mati (cm)

t = tinggi total pohon mati (m)

f = faktor koreksi pohon mati (lihat Gambar 4)



Gambar 4. Faktor koreksi menghitung karbon pohon mati

- Mengambil sedikit contoh kayu ukuran 10 cm x 10 cm x 10 cm, menimbang berat basahnya, memasukkan dalam oven suhu 80⁰ C selama 48 jam untuk menghitung Berat Jenis kayunya
- Menghitung bahan organik dengan rumus:

$$Bpm = Vpm \times BJpm$$

Keterangan:

Bpm = bahan organik pohon mati, (kg)

Vpm = volume pohon mati, (m³)

BJpm = berat jenis kayu pohon mati (kg/m³)

8. Pengukuran biomassa bawah permukaan tanah

Pengukuran biomassa di bawah permukaan tanah dihitung menggunakan rumus sebagai berikut:

$$Bbp = NAP \times Bap$$

Keterangan :

Bbp = biomassa di bawah permukaan tanah (kg)

NAP = nilai nisbah akar pucuk

Bap = nilai biomassa atas permukaan (kg)

Catatan: Data nisbah akar pucuk tertera pada Tabel 2.

Tabel 2. Angka default nisbah pucuk akar.

Tipe Hutan	Nisbah Akar Pucuk	Contoh Lokasi
Hutan hujan tropis	0,37	Hutan campuran dipterocarpa di Kalimantan
Hutan menggugurkan daun	0,2 – 0,24	Hutan jati di Jawa
Hutan tropis kering	0,28 – 0,56	Hutan savana di NTT
Hutan sekunder	0,40	Hutan bekas kebakaran
Hutan tropis pegunungan	0,27 – 0,28	Hutan dataran tinggi

Sumber: (SNI -7742)

9. Pengukuran kandungan karbon organik tanah

- Mengambil contoh tanah dari 5 titik, yaitu arah mata angin dan di tengah-tengah plot untuk plot persegi panjang.
- Melakukan pengambilan contoh tanah dengan metode komposit, yaitu mencampurkan contoh dari kelima titik contoh tanah pada setiap kedalaman (kedalaman 0 cm – 5 cm, 5 cm – 10 cm, 10 cm – 20 cm dan 20 cm – 30 cm).
- Meletakkan ring soil sampler pada masing-masing titik pengambilan contoh tanah.
- Meletakkan 4 ring soil sampler pada setiap kedalaman pengambilan contoh tanah.
- Mengambil contoh tanahnya pada setiap ring soil sampler dan timbang berat basahanya di lapangan.
- Mengering-anginkan contoh tanah di laboratorium.
- Menimbang contoh tanah dan dicatat beratnya.
- Menganalisis berat jenis tanah dan kandungan karbon organik tanah

Analisis Data

1. Analisis proses pembentukan tanah pada batuan *overburden* di area reklamasi tahun tanam 2013, 2015 dan 2018 guna mendukung keberhasilan reklamasi secara berkelanjutan di PT Borneo Indobara. Analisis data dilakukan dengan menggunakan data hasil pengamatan lapang profil pengakaran, analisa sampel tanah (fisika, kimia dan biologi). Data lapangan yang di dapat akan ditabulasi selanjutnya dibandingkan antara tahun tanam dengan hasil analisa tanah. Variabel yang digunakan adalah umur tanam, uji tanah (ph Tanah, C Org, NPK), pertumbuhan tanaman reklamasi serta keberhasilan reklamasi.
2. Analisis hubungan antara umur tanam, kondisi cuaca dan morfologi terhadap proses pembentukan tanah pada *overburden* di area reklamasi umur tanam

2013, 2015 dan 2018. Analisis data dilakukan dengan menggunakan data curah hujan, dan morfologi dengan pengamatan profil pengakaran. Berikut matrik variabel penelitian yang digunakan:

Tabel 3. Matrik variabel penelitian

Variabel tetap	Variabel Bebas
Tahun Tanam	Curah Hujan (mm)
2013, 2015, 2018	pH Tanah
	C organic (%)
	N, P, K
	Diameter tanaman (cm)
	Tinggi tanaman (cm)

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil Penelitian Proses Pembentukan Tanah pada overburden

Pedogenesis tanah merupakan proses pembentukan tanah yang dipengaruhi oleh berbagai faktor-faktor pembentuk tanah, secara alamiah faktor-faktor tersebut meliputi iklim, organisme, topografi, bahan induk tanah dan waktu (Hardjowigeno, 2003). Proses pembentukan tanah pada area reklamasi tidak bisa berjalan secara runut seperti kaidah pedogenesis secara alami, hal ini karena banyak factor pengelolaan manusia yang menyebabkan perubahan-perubahan pada sifat tanah dari kondisi aslinya.

Pengambilan data berupa pembuatan parit uji sebanyak 10 titik dan pengambilan sampel tanah per layer 30 cm sebanyak 30 sampel. Tabel 4 menerangkan jumlah parit uji dan juga sampel tanah yang akan dianalisa.

Tabel 4. Jumlah sampel parit uji dan tanah

No	Item	Total
1	Lokasi Parit Uji (titik)	10
2	Sampel tanah (sampel)	30

Berdasarkan data profil tanah pada parit uji diberbagai lokasi pengamatan

menunjukkan bahwa perkembangan tanah beberapa tahun reklamasi tambang dapat pucuk dari pembentukan awal hingga disajikan pada Tabel 5.

Tabel 5. Hasil Perkembangan Tanah pada parit uji

No.	Tahun Tanam	Ulangan	Tebal Tanah Pucuk (TP) (cm)	Tebal Tanah antara TP dan OB (cm)	Kedalaman akar Proximal (cm)	Kedalaman akar Lateral		
						TP (cm)	Antara (cm)	OB (cm)
1.	2013	1	26	26 – 30	26	0 – 20	26 – 30	30 – 40
		2	16	17 – 20	-	0 – 16	17 – 20	40 – 60
		3	65	65 – 66	-	0 – 60	-	-
2.	2015	1	30	-	-	0 – 30	-	-
		2	50	50 – 60	-	0 – 50	-	-
		3	60	60 – 70	-	0 – 60	-	-
3.	2018	1	20	-	-	0 – 20	-	-
		2	60	60 – 70	-	0 – 60	60 – 70	-
		3	60	60 – 75	-	0 – 60	-	-
4.	2011	1	130	-	-	0 – 100	-	-

Sumber : (Data Primer diolah penulis, 2022)

Hasil parit uji di area reklamasi tahun 2013 pada Tabel 5.2 menunjukan adanya akar yang mulai terlihat di lapisan batuan penutup *overburden* pada kedalaman 40 cm hingga 60 cm di bawah permukaan tanah, hal ini menunjukkan lapisan batuan penutup *overburden* sudah mulai mengalami proses pembentukan tanah. Akar yang melewati rintangan mekanis berupa batu berwarna lebih coklat dan susunannya lebih padat jika dibandingkan pada akar dipermukaan yang tidak melewati rintangan mekanis, menurut

Hairiah (2000) perubahan diameter akar terjadi karena adanya gangguan dalam tanah.. Tahun 2015 dan tahun 2018 tidak dijumpai adanya akar yang masuk kedalam *overburden*.

Untuk melengkapi data pembahasan terkait proses pembentukann tanah pada *overburden*, maka ditambahkan data hasil analisa tanah pada setiap lokasi reklamasi yakni tahun 2013, 2015 dan 2018.

Tabel 6. Hasil analisa Kimia Tanah

Tahun Tanam	No. Sampel	Kimia						
		C	pH H ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	KTK	KB
		(%)		%	mg/100 gr	mg/100 gr	me/100 gr	%
2011	Original	0,58	5,24	0,13	9,98	19,59	18,3	7,93
		1,01	5,31	0,14	7,75	19,53	14,32	22,57
		2,92	5,26	0,1	11,58	19,56	32,53	1,51
	rata-rata	1,50	5,27	0,12	9,77	19,56	21,72	10,67
2013	PU 01 2013	1,87	4,95	0,18	11,85	19,74	12,43	13,26
		2,33	5,84	0,11	30,34	19,9	26 50	15,36
		2,89	4,86	0,13	22,41	20,4	16,56	9,53
		2,36	5,22	0,14	21,53	20,01	14,50	12,72
	PU 02 2013	1,9	5,49	0,17	9,88	20,01	11,57	27,82
		0,73	5,4	0,17	11,64	19,65	13,26	15,22
		2,04	5,41	0,19	11,64	19,66	29,51	4,19
		1,56	5,43	0,18	11,05	19,77	18,11	15,74

Tahun Tanam	No. Sampel	Kimia						
		C	pH H ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	KTK	KB
		(%)		%	mg/100 gr	mg/100 gr	me/100 gr	%
2015	PU 03 2013	2,34	4,95	0,19	11,69	19,15	16,3	10,92
		2,35	5,25	0,18	13,69	19,81	20,74	22,15
		2,99	6,01	0,18	35,2	20,17	21,62	51,07
	rata-rata	2,56	5,40	0,18	20,19	19,71	19,55	28,05
	PU 01 2015	3,14	4,89	0,21	14,48	20,95	25,66	15,33
		2,66	4,59	0,21	12,36	20,88	31,66	13,09
		2,69	4,38	0,2	16	20,22	23,81	39,1
	rata-rata	2,83	4,62	0,21	14,28	20,55	27,74	22,51
	PU 02 2015	3,02	5,5	0,15	26,45	20,21	20,28	33,11
		2,95	5,46	0,14	24,19	20,11	14,14	82,79
		0,87	5,44	0,15	19,43	19,54	20,54	20,59
	rata-rata	2,28	5,47	0,15	23,36	19,95	18,32	45,50
2018	PU 03 2015	2,34	5,18	0,17	9,72	19,68	24,67	8,8
		2,91	5,58	0,15	15,68	19,81	20,27	38,25
		0,88	5,83	0,18	23,83	19,81	14,09	58,56
	rata-rata	2,04	5,53	0,17	16,41	19,77	19,68	35,20
	PU 01 2018	0,87	4,72	0,13	13,64	19,74	23	16,03
		0,87	5,03	0,14	9,69	19,61	23,7	5,69
		2,91	4,81	0,12	11,66	19,7	36,12	3,27
	rata-rata	1,55	4,85	0,13	11,66	19,68	27,61	8,33
	PU 02 2018	1,15	4,89	0,21	11,64	19,67	29,34	3,45
		0,72	4,9	0,19	9,77	19,78	12,62	27,58
		3,06	4,99	0,14	9,73	19,7	16,7	8,41
	rata-rata	1,64	4,93	0,18	10,38	19,72	19,55	13,15
	PU 03 2018	0,59	5,28	0,17	11,87	20,04	14,53	14,39
		1,92	5,21	0,17	19,89	19,89	36,02	6,12
		0,58	4,82	0,15	19,77	10,93	13,92	24,61
	rata-rata	1,03	5,10	0,16	17,18	16,95	21,49	15,04

Hasil analisa tekstur tanah pada lokasi penelitian disajikan ada Tabel 7.

Tabel 7. Hasil Analisa Tekstur Tanah

Tahun Tanam	No. Sampel	Tekstur				
		Pasir	Liat	BD	Pori	Kadar Lengas
		(%)	%	g/cm ³	%	%
2011	Original	50,58	33,79	1,63	6,99	18,98
		22,92	14,35	-	-	-
		45,16	33,55	-	-	-
2013	PU 01 2013	69,45	29,40	1,43	27,92	23,04
		30,58	41,83	-	-	-
		28,41	46,10	-	-	-
	PU 02 2013	58,87	30,16	1,67	3,56	21,60
		68,57	27,54	-	-	-
		69,34	26,85	-	-	-
	PU 03 2013	50,45	36,17	1,47	35,91	23,31
		39,75	45,60	-	-	-
		6,57	57,32	-	-	-

Tahun Tanam	No. Sampel	Tekstur				
		Pasir	Liat	BD	Pori	Kadar Lemas
		(%)	%	g/cm ³	%	%
2015	PU 01 2015	39,17	44,05	1,46	1,887	22,65
		16,54	65,24	-	-	-
		10,16	62,05	-	-	-
	PU 02 2015	26,42	45,92	1,51	8,47	23,34
		15,88	59,37	-	-	-
		62,94	23,27	-	-	-
	PU 03 2015	35,77	48,66	1,32	23,17	26,61
		27,81	50,93	-	-	-
		25,22	47,29	-	-	-
2018	PU 01 2018	39,70	39,67	1,49	10,52	21,86
		46,83	32,18	-	-	-
		42,28	49,01	-	-	-
	PU 02 2018	37,56	45,59	1,48	18,51	24,88
		35,62	44,47	-	-	-
		30,25	53,08	-	-	-
	PU 03 2018	7,01	58,67	1,32	25,31	30,23
		22,03	58,77	-	-	-
		22,79	53,78	-	-	-

Rekapitulasi hasil uji pH tanah (Tabel 8) pada proses pembentukan tanah pada batuan penutup *overburden* di area reklamasi pada tahun tanam 2013, 2015 dan 2018 menggunakan uji korelasi Pearson.

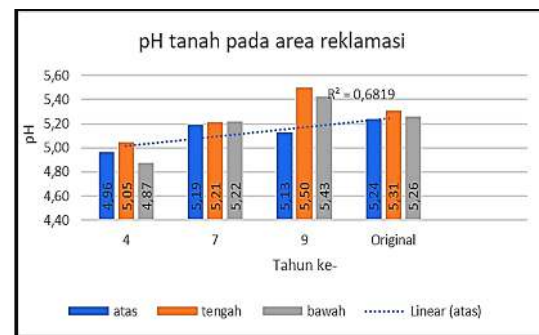
Tabel 8. Hasil uji Pearson pH tanah

Umur Tanam	pH tanah	
	Pearson Correlation	-.739**
	Sig. (2-tailed)	.006
	N	12

Tabel 8 menunjukkan hasil p (Sig. (2 tailed)) di bawah nilai α (0,05) artinya ada hubungan antara tahun tanam dengan keasaman tanah (pH tanah) dengan tingkat kepercayaan 95% (hubungan kuat, $R^2 = 0,739$).

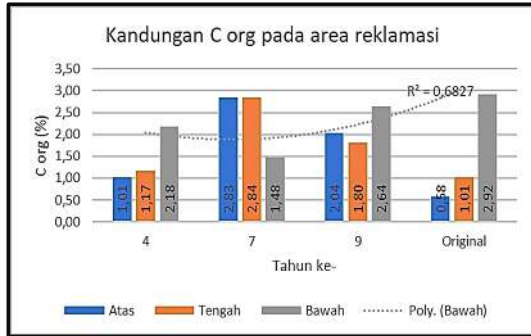
Kondisi pH tanah sudah mengalami perbaikan dan mendekati kondisi original atau sebelum ditambang di setiap lapisannya. Tingkat kemasaman tanah per layer (atas = 0-30 cm, tengah = 30-60 cm dan bawah = 60 – 90 cm) menunjukkan juga bahwa material *overburden* yang berada di layer bawah (60 – 90 cm dari permukaan tanah) memperlihatkan pH yang mulai membaik bahkan pada tahun ke -7 dan ke-9

sudah melebihi kondisi original atau sebelum dilakukan penambangan. Hubungan yang kuat ($R^2 = 0,6819$) antara pH tanah dengan tahun tanam (Gambar 5).



Gambar 5. Kondisi pH tanah di area reklamasi

Hasil analisa tanah per lapisan untuk kandungan C organic ditunjukan pada Gambar 6 Kandungan C organic pada setiap tahun reklamasi ke – 4, ke- 7 dan ke-9 sudah melebihi kondisi original atau sebelum dilakukan penambangan. Hubungan antara tahun tanam dengan kandungan C organic cukup kuat ($R^2 = 0,6827$). Hal ini membuktikan bahwa kondisi tanah pada area reklamasi lebih baik dan lebih memiliki banyak unsur C organic. Hal ini disebabkan tingkat pertumbuhan pohon, tumbuhan bawah dan serasah di area ini lebih rapat.



Gambar 6. Kandungan C organic pada area reklamasi

Hasil analisa tanah (Tabel 9) pada unsur lainnya serta hubungannya dengan tahun tanam.

Tabel 9. Hasil analisa tanah serta korelasi dengan tahun tanam

Item	Unit	Tahun ke-				Hubungan (R ²)
		4	7	9	original	
Unsur N	%	0,17	0,18	0,18	0,13	Polynomial (r ² = 0,9223)
Unsur P ₂ O ₅	mg/100 gr	12,38	16,88	9,81	9,98	Polynomial (r ² = 0,4565)
Unsur K ₂ O	mg/100 gr	19,82	20,28	19,83	19,59	Polynomial (r ² = 0,4565)

Sumber : (Data primer, 2022)

Hasil analisa kimia tanah dan juga tekstur menunjukkan status tanah setiap

tahunnya dalam kondisi rendah. Tabel 10 menunjukkan parameter status tanah.

Tabel 10. Status tanah di lokasi penelitian

Parameter	Unit	Tahun ke-			
		9	7	4	original
KTK	me/100 gr	18,72	21,68	22,88	21,72
KB	%	18,84	34,40	12,17	12,67
P ₂ O ₅	mg/100 gr	17,15	18,02	10,84	9,67
K ₂ O	mg/100 gr	19,90	20,13	19,77	19,56
C organik	%	2,16	2,38	1,51	1,5
Status Tanah		Rendah	Rendah	Rendah	Rendah

Pengambilan data biomass di area penelitian dilakukan untuk mengetahui kandungan Carbon yang ada di area reklamasi yang berdampak pada proses pelapukan di *overburden*. Adapun metode yang digunakan adalah destructive atau melakukan pengukuran biomassa dengan cara menebang pohon tersebut, menimbang serta melakukan pengukuran massa di laboratorium.

Hasil pengukuran biomassa dapat dilihat pada Tabel 11 yang menunjukan hasil

pengukuran biomassa pada area penelitian pada 2 jenis tanaman yang berbeda.

Tabel 11. Resume Total Cadangan C pada tumbuhan di area reklamasi

Area	Total Cadangan C pada Tumbuhan (0,46) ton/ha			
	Pohon	Tumbuhan Bawah	Nekromasa Serasah	Total C pada Tumbuhan
a. Reklamasi Jabon (tahun 2013)	33,03	1,49	1,61	36,13
b. Reklamasi Sengon (tahun 2015)	34,45	1,15	1,8	37,4

Sumber: (Data primer, 2022)

Jenis tanaman reklamasi Sengon yang berumur 7 tahun ternyata lebih besar kandungan unsur C jika dibanding dengan jenis tanaman Jabon yang berumur 9 tahun. Menurut Hairiah dan Rahayu (2007) cadangan karbon sangat ditentukan oleh komposisi jenis, struktur dan umur tanaman. Menurut Hairiah, *et al* (2001) menyatakan bahwa penggunaan lahan dari pohon dengan spesies yang memiliki pertumbuhan dan perkembangan tanaman serta kerapatan kayu yang tinggi, akan memberikan biomassa pohon lebih tinggi daripada lahan spesies dengan pertumbuhan, perkembangan dan kerapatan kayu yang rendah.

Hubungan antara total cadangan C pada tumbuhan dengan proses pembentukan tanah pada *overburden* adalah semakin tinggi kandungan C maka proses pembentukan unsur hara pada lapisan tanah makin tinggi, selanjutnya dibantu adanya curah hujan yang sangat tinggi maka penyerapan unsur hara ini ke dalam tanah semakin mempercepat proses pembusukan yang akan membantu pelapukan pada *overburden*. *Overburden* yang mengalami pelapukan akan mulai dapat ditembus oleh akar-akar pohon untuk mengirim unsur hara pada tanah.

Penelitian ini memperlihatkan kandungan C pada tanaman Jabon di tahun ke-9 memberikan kontribusi untuk mempercepat proses pelapukan pada *overburden*. Pada tahun ke-9 akar-akar sudah berhasil menembus lapisan *overburden* yang tidak ditemukan pada area reklamasi tahun ke – 4 dan ke -7.

Hasil Penelitian Hubungan Antara Umur Tanam Dengan Kondisi Cuaca Dan Morfologi

Berdasarkan data curah hujan yang tercatat di Stasiun Meteorologi Stagen Kotabaru, wilayah penelitian memiliki rata – rata jumlah bulan basah sebanyak 9,8 bulan dan rata-rata jumlah bulan kering sebanyak 1,4 bulan. Menurut Schmidt dan Fergusin (1951), iklim dibagi menjadi 8 kelas sesuai dengan tabulasi pada Tabel 12.

Tabel 12. Pembagian kelompok iklim

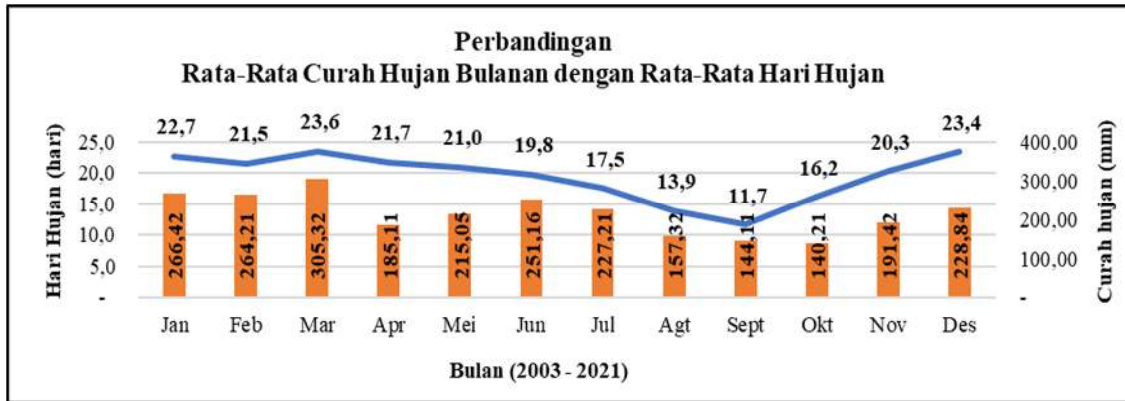
Zona	Nilai Q	Kelompok Iklim
A	$0 < Q < 0,14$	Sangat Basah
B	$0,14 < Q < 0,33$	Basah
C	$0,33 < Q < 0,60$	Agak Basah
D	$0,60 < Q < 1,00$	Pertengahan
E	$1,00 < Q < 1,67$	Agak Kering
F	$1,67 < Q < 3,00$	Kering
G	$3,00 < Q < 7,00$	Sangat Kering
H	$Q > 7,00$	Kering Secara

Sumber: (Schmidt, 1951)

Perbandingan rata-rata bulan basah dan kering di area penelitian diperoleh nilai “Q” sebesar 13,9%. Nilai Q berasal dari formula: $Q = D/W$. D adalah rata-rata Bulan kering (curah hujan ≤ 100 mm) dan W adalah rata-rata bulan basah (curah hujan > 100 mm). Nilai Q pada Tabel 12 maka daerah penelitian dikategorikan sebagai daerah yang sangat basah. Kondisi sangat basah ini menjadi salah satu faktor dalam proses pedogenesis tanah di *overburden*. Pencucian unsur hara pada permukaan tanah ke dalam tanah disebabkan oleh curah hujan tinggi

Geochemical weathering adalah pelapukan di bawah solum (Horizon C), pedochemical weathering adalah pelapukan pada horizon A dan B (pada solum tanah). Kondisi iklim yang sangat basah mempercepat proses kelembapan pada daerah dengan tingkat pertumbuhan yang

tinggi. Pelapukan dari tumbuhan yang ada pada area reklamasi juga membantu proses pengiriman unsur hara kedalam tanah penutup *overburden*. Gambar 7 menunjukkan perbandingan rata-rata curah hujan bulanan dan hari hujan.



Gambar 7. Perbandingan rata-rata curah hujan bulanan dan hari hujan

Proses pembentukan tanah pada material *overburden* pada area reklamasi tahun 2013, 2015 dan 2018 dapat dilihat pada ilustrasi pada Gambar 7 menunjukkan di area tahun tanam 2013, terjadi penurunan ketebalan tanah pucuk di bagian paling atas (PU1_2013) mengalami pemadatan dan penyusutan ketebalan, termasuk pada bagian tengah (PU2_2013), tanah pucuk terlihat menebal di bagian bawah (PU3_2013) hal ini disebabkan adanya erosi akibat adanya kemiringan morfologi dari ketiga lokasi parit uji ini. Kemiringan lereng 6% - 7 %. Lokasi sampel parit uji tahun 2013 (PU2_2013) akar sudah terlihat pada kedalaman 40 – 60 cm pada material *overburden*, hal ini menunjukkan bahwa telah terjadi proses pedogenesis atau pelapukan pada tanah batuan penutup yang diindikasikan dengan adanya akar yang masuk ke area tersebut.

Gambar 8 menunjukkan ilustrasi dari kondisi parit uji pada lokasi reklamasi tahun 2015, dimana kemiringan lereng mencapai 6% menyebabkan ketebalan tanah pucuk di lokasi yang paling atas mengalami penipisan, sedangkan pada bagian bawah tanah pucuk menebal sebagai akibat dari

adanya erosi dan sedimentasi. Dari hasil pengamatan pada parit uji ini, tidak terlihat akar yang masuk ke batuan penutup *overburden*. Hal ini menunjukkan proses pembentukan tanah di tahun tanam 2015 pada batuan penutup *overburden* belum terjadi. Gambar 9 menunjukkan ilustrasi dari kondisi parit uji pada lokasi reklamasi tahun 2018, dimana kemiringan lereng mencapai 7% menyebabkan ketebalan tanah pucuk di lokasi yang paling atas mengalami penipisan, sedangkan pada bagian bawah tanah pucuk menebal sebagai akibat dari adanya erosi dan sedimentasi. Dari hasil pengamatan pada parit uji ini, tidak terlihat akar yang masuk ke batuan penutup *overburden*. Hal ini menunjukkan proses pembentukan tanah di tahun tanam 2018 pada batuan penutup *overburden* belum terjadi.

Proses pembentukan tanah pada area reklamasi ditentukan oleh 5 hal, yakni : iklim, morfologi, batuan induk, bahan organik dan waktu. Proses pedogenesis di daerah penelitian terjadi dengan melihat kondisi fisik tanah, perakaran serta analisa tanah yang ada. Pada Tabel 6 penulis menampilkan hasil analisa kimia tanah

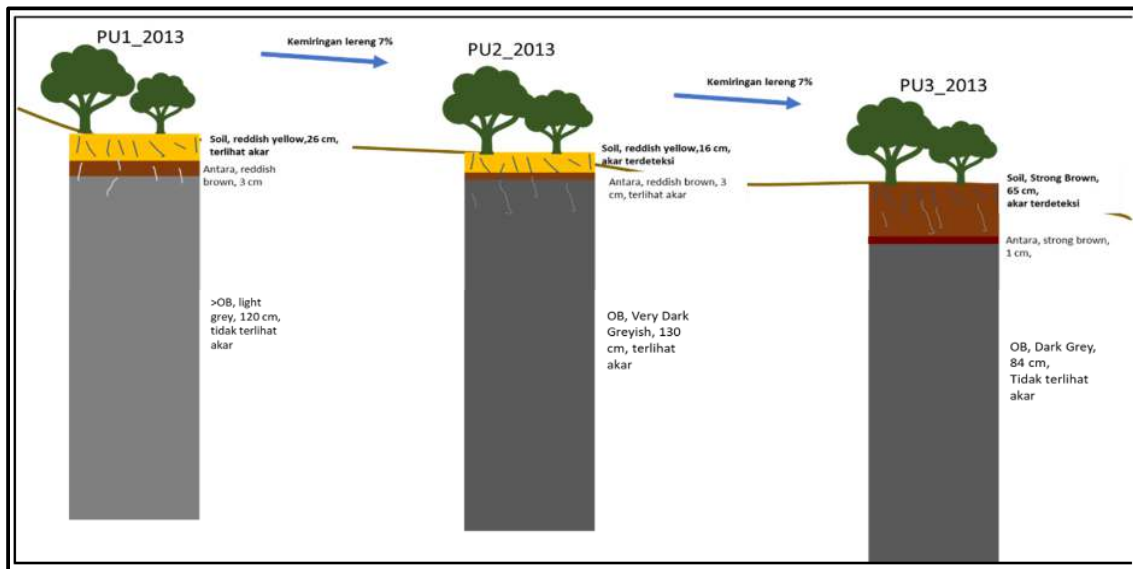
Analisis Pembentukan Tanah dari Batuan Penutup Overburden pada Area Reklamasi PT Borneo Indobara Guna Mendukung Keberhasilan Reklamasi secara Berkelanjutan (Yudha Hadiyanto E. S., Suyanto, Fatmawati dan Suhaili Asmawi)

dengan metode pengambilan sampel menggunakan sampel ring pada kedalaman 0-30 cm, 30 – 60 cm dan 60 – 90 cm. Posisi pengambilan sampel tanah dilakukan bersebelahan dengan lokasi parit uji.

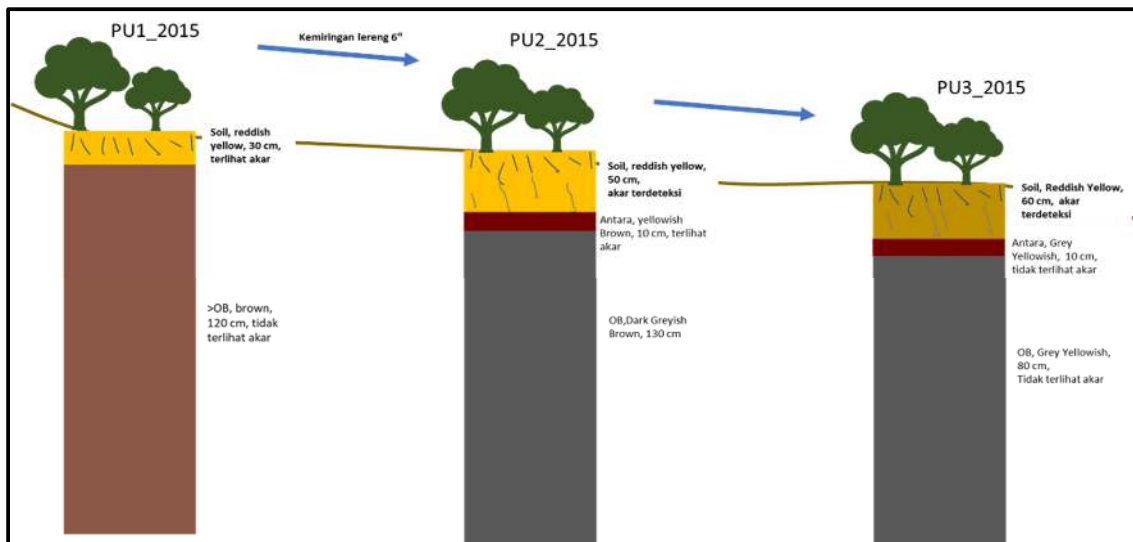
Batuan penutup *overburden* sering digunakan dalam reklamasi, yaitu divegetasi kembali ditempat atau digunakan sebagai pengganti humus (Helingerová, et al., 2010). Oleh sebab itu, proses perubahan tanah pada batuan penutup *overburden* sebagai media

untuk tanah dapat dilihat dari proses pelapukan yang terjadi, tergantung pada cuaca, morfologi dan juga pertumbuhan tanaman revegetasi di atasnya.

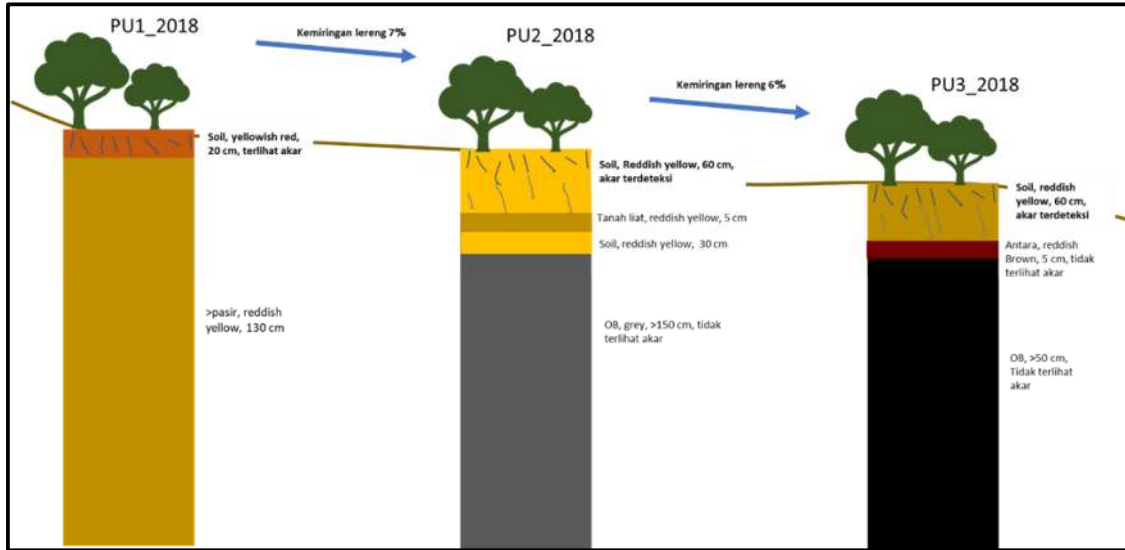
Secara umum kondisi keasaman di area penelitian menunjukkan cenderung masam dengan nilai rata-rata pH tanah 5,18. Kandungan C organik dari 30 sampel yang diambil masuk dalam kategori rendah dengan nilai rata-rata 1,91%.



Gambar 7. Ilustrasi Parit Uji Di Area Reklamasi 2013



Gambar 8. Ilustrasi Parit Uji Di Area Reklamasi 2015



Gambar 9. Ilustrasi Parit Uji Di Area Reklamasi 2018

Morfologi daerah penelitian memiliki kemiringan berkisar 6 % - 7 % , dibagi menjadi 3 lokasi pengambilan sampel yakni, bagian atas, tengah dan bawah. Pada bagian atas, cenderung tanah pucuk menipis, jika di area original dan pada prosedur perusahaan dalam menimbun tanah pucuk setebal 60 cm, maka berikut ini hasil ketebalan tanah pucuk yang disebabkan karena morfologi area penelitian. Adapun pembagiannya sebagai berikut :

- Bagian atas pada tahun tanam 2013, 2015 dan 2018 dengan kemiringan 7% tanah pucuk mengalami penyusutan 50%- 67%.
- Bagian tengah, tanah pucuk mengalami penyusutan 17% - 70%.
- Bagian bawah, tanah pucuk justru bertambah ketebalannya hingga 8%.

Dari penjelasan di atas, menunjukan kemiringan lereng akan mempengaruhi ketebalan tanah pucuk, ketebalan tanah pucuk akan mempengaruhi proses pertumbuhan tanaman terutama pada akar yang akan mengikuti ketebalan tanah pucuk sebelum masuk ke *overburden*.

KESIMPULAN

Kesimpulan penelitian sebagai berikut:

- 1) Proses pembentukan tanah pada *overburden* dijumpai pada area tahun tanam

2013 atau tahun ke-9, dengan indikator berupa munculnya akar di area *overburden* pada kedalaman 20 – 40 cm, sedangkan pada tahun 2015 dan 2018 tidak dijumpai akar pada *overburden*.

- 2) Curah hujan rata-rata 218 – 235 mm, sehingga masuk kategori sangat basah. Hal ini yang membantu proses pelapukan *overburden* menjadi tanah di area reklamasi karena proses pencucian unsur hara di permukaan tanah yang dilihatkan dengan kandungan C org di tahun 2013 dan 2015 melebihi kondisi original. Kemiringan lereng 6% - 7%, juga memiliki peranan dalam proses pembentukan tanah pada *overburden* karena adanya erosi yang menyebabkan penebalan dan penipisan tanah pucuk sebagai media tanam pada area reklamasi.

DAFTAR PUSTAKA

- Achmad, E., Jaya, I. N., Saleh, M. B., & Kuncahyo, B. (2013). Biomass estimation using ALOS PALSAR for identification of lowland forest transition ecosystem in Jambi Province. *Jurnal Manajemen Hutan Tropika*, 19(2), 145-155.
- Ambodo, A. (2008). Rehabilitasi lahan pasca tambang sebagai inti dari rencana penutupan tambang.

- Seminar dan Workshop Reklamasi dan Pengelolaan Kawasan Pasca Penutupan Tambang*. Makassar.
- Aprianis, Y. (2011). Produksi dan laju dekomposisi serasah *Acacia crassiparva* A. Cunn di PT. Arara Abadi. *Tekno Hutan Tanaman*, 4(1), 41-47.
- Arief, A. (1994). *Hutan Hakikat dan Pengaruhnya terhadap Lingkungan*. Jakarta: Yayasan Obor Indonesia.
- Bradshaw, A., & Chadwick, M. (1980). *The Restoration of Land "The Ecological Reclamation of Derelict and Degraded Land*. University of California Press.
- Brown, S. (1997). *Estimating Biomass and Biomass Change of Tropical Forest A Primer*. USA: FAO. Forestry Paper No. 134.
- Buol, S. W., Hole, F. D., & McCracken, R. J. (1980). *Soil genesis and classification* (Second ed.). The Iowa State University Press.
- Darmawan, A., & Irawan, M. (2009). Reklamasi Lahan Bekas Tambang Batu Bara PT Berau Coal, Kaltim. *Workshop IPTEK Penyelamatan Hutan Melalui Rehabilitasi Lahan Bekas Tambang Batubara*. Banjarmasin.
- Departemen Kehutanan RI. (1997). *Ensiklopedia Kehutanan Indonesia. (Edisi I)*. Jakarta: Badan Penelitian dan Pengembangan Kehutanan, Departemen Kehutanan RI.
- Dix, N. J., & Webster, J. (1995). *Fungal Ecology*. London: Chapman & Hall.
- Djajadiningrat, S. T. (2001). *Pemikiran, Tantangan dan Permasalahan Lingkungan*. Pascasarjana Universitas Riau: Aksara Buana.
- Fisher, R. F. (2000). *Ecology and management of forest soils*. New York: Wiley.
- Fisher, R. F., & Binkley, D. (2000). *Ecology and management of forest soils*. New York: Wiley.
- Frouz, Jiří, Hájek, V., Starý, L., & Tajovský, J. & Materna, K. & . . . Klára. (2008). Interactions between soil development, vegetation and soil fauna during spontaneous succession in post mining sites. *European Journal of Soil Biology*, 44, 109-121. doi:10.1016/j.ejsobi.2007.09.002
- Hardjowigeno, S. (1993). *Klasifikasi Tanah Dan Pedogenesis*. Jakarta: Akademika Pressindo.
- Kementerian ESDM RI. (2018). Pedoman Pelaksanaan Kaidah Teknik Pertambangan yang Baik. *KEPMEN ESDM RI No. 1827/K/30/MEM/2018*. Indonesia: Kementerian ESDM Republik Indonesia.
- Purwaamijaya. (2008, Mei 22). Definisi revegetasi dan reklamasi. Bandung No. 436. US Government Printing Office, Washington D.C. Bogor: Pusat Studi Reklamasi Tambang. LPPM IPB.
- Schmidt, F. H., & Ferguson, J. H. (1951). *Rainfall Types Based On Wet and Dry*. Jakarta: Period Rations for Indonesia With Western New Guinea.
- Siswanto, B., Krisnayani, B. D., Utomo, W. H., & Anderson, C. W. (2011). Rehabilitation of artisanal gold mining land in West Lombok, Indonesia: Characterization of overburden and the surrounding soils. *Journal of Geology and Mining Research*, 4(1), 1-7.
- Sutaryo, D. (2009). *Perhitungan Biomassa Sebuah Pengantar untuk Studi Karbon dan Perdagangan Karbon*. Bogor: Wetlands International Indonesia Programme.
- Sutton, R. F. (1969). *Form and Development of Conifer Root Systems*. Tech Commun. 7. Oxford: Commonwealth Forestry Bureau.