

Rancangan Teknis Dan Analisis Biaya Reklamasi Pada Area *In Pit Dump X* Site Pulau Pakal PT. Aneka Tambang Tbk. UBPN Maluku Utara

Hafizurahman D. Saputra^{1*}, Rusli HAR¹, Mulya Gusman¹, and Tri Gamela Saldy¹

¹Departemen Teknik Pertambangan, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Padang

*hafizurahmandwisaputra@gmail.com

Abstract. *PT. Antam Tbk. UBPN Maluku Utara has converted a former mining land into an in-pit dump for the disposal of low-grade cover soil and materials. If the area is already covered by cover soil, the area must be immediately reclaimed. Special treatment and attention are required in handling waste materials in the X in-pit dump area, as the waste material belongs to PAF material which has the potential to cause acid rock drainage problems. Based on the calculation, the bench width is 3.5 m, the single slope slope is 350, the height is 8 m and the backslope is 5%. Based on measurements, the area of stage 1 is 19,537.182 m², stage 2 is 21,537.501 m² and stage 3 is 13,086.461 m². From the calculation of material volume, different results were obtained between the existing landfill plan, with the estimated regrading completion time ranging from 37 to 151 days, and for 19 days for revegetation in stage 1, stage 2 for 24 days and stage 3 for 13 days. For the check dump, the total volume is 10,565.62 m³ with a completion time of 14 days. The total reclamation cost ranges from Rp 451,223,407 to the largest Rp 35,365,018,549.*

Keywords : *Reclamation, Regrading, Technical Design, Reclamation Cost.*

1. Pendahuluan

Indonesia memiliki sumber daya alam dan cadangan yang melimpah, terutama dalam bidang pertambangan. Kegiatan penambangan bijih nikel meliputi pengupasan tanah, pengambilan endapan, pengangkutan, pengolahan, dan pemasaran. Setelah selesai, lahan bekas tambang harus ditimbun dan ditata ulang. Setiap perusahaan tambang harus menerapkan kaidah *good mining practice* dan memiliki perencanaan yang baik. Oleh karena itu, dalam pelaksanaan kegiatan penambangan perlu adanya konsep tambang terpadu, dengan reklamasi sebagai komponen dari pemanfaatan lahan bekas penambangan untuk penggunaan jangka panjang.

PT. ANTAM Tbk. UBPN Maluku Utara biasanya menggunakan lahan bekas tambang sebagai tempat pembuangan tanah penutup dan material dengan kadar rendah. Area tersebut harus segera direklamasi setelah penuh. Undang-undang RI Nomor 3 Tahun 2020, PP No. 78 Tahun 2010, dan Permen ESDM No. 7 Tahun 2014 mewajibkan pemegang IUP untuk mengajukan rencana reklamasi dan pascatambang saat permohonan IUP Operasi Produksi. Pemegang IUP harus memenuhi prinsip perlindungan lingkungan, keselamatan, kesehatan kerja, dan konservasi bahan galian [1]. Reklamasi lahan

bekas tambang adalah proses merestorasi atau merehabilitasi hutan atau lahan yang rusak akibat penambangan agar dapat berfungsi optimal. Dilakukan dengan cara penanaman kembali vegetasi atau penghijauan. Terdiri dari *regrading*, revegetasi, dan pencegahan/penanggulangan air asam tambang. *Regrading* adalah tahap awal dari proses reklamasi lahan bekas tambang yang meliputi penataan permukaan lahan, penaburan *clay*, tanah pucuk, pengendalian erosi dan pengelolaan air. Proses ini memperhitungkan keselamatan kerja dan lingkungan serta memperhatikan endapan nikel laterit sebagai *Potentially acid forming* (PAF) untuk perlakuan dan perhatian khusus dalam penanganan material *waste* di area *in pit dump X*. Dengan *regrading* yang tepat, diharapkan kegiatan revegetasi dapat berlangsung dengan lancar.

Penambangan terbuka dapat menyebabkan kerusakan lingkungan seperti rusaknya bentang alam, penurunan kualitas air, peningkatan debu dan getaran, perubahan habitat fauna, hilangnya vegetasi, erosi, banjir, sedimentasi, peningkatan air asam tambang dan merkuri [2]. Kegiatan penimbunan tanah penutup (*overburden*) dapat menyebabkan pencemaran air permukaan yang menimbulkan perubahan kualitas air, air asam tambang,

gatal-gatal, dan dampak lain pada lingkungan. Dengan curah hujan tinggi, dampak negatif seperti limpasan dan genangan dapat terjadi di area *in pit dump* X. Perancangan desain *check dump* diharapkan dapat meminimalisir dampak tersebut. Pemegang IUP harus melaporkan pelaksanaan pascatambang setiap 3 bulan kepada Menteri, Gubernur atau Bupati/Walikota sesuai dengan kewenangan [3]. Oleh karena itu, diperlukan estimasi jumlah material *overburden* dan *top soil* untuk menentukan waktu yang dibutuhkan untuk menyelesaikan kegiatan penatagunaan lahan dan pelaporan ke kementerian terkait. Perencanaan teknis reklamasi di area *in pit dump* X, site Pulau Pakal PT. ANTAM Tbk. UBPN Maluku Utara sangat penting untuk mengoptimalkan kegiatan penambangan dan mengurangi dampak negatif yang mungkin ditimbulkan. Dalam menunjang pelaksanaan kegiatan reklamasi tersebut, perusahaan tambang tidak hanya wajib mempersiapkan rencana teknis, namun juga harus mempersiapkan rencana anggaran biaya sebagai jaminan reklamasi yang ditempatkan sebelum memulai kegiatan operasi produksi. Sehingga diperlukan kajian anggaran biaya reklamasi pada tambang bijih nikel PT. ANTAM Tbk. agar didapat penggunaan jaminan reklamasi yang tepat, sehingga pelaksanaan reklamasi berjalan secara optimal dan tepat waktu.

Adapun tujuan yang ingin dicapai dari kegiatan penelitian ini adalah merencanakan desain *regrading* pada area *in pit dump* X, site Pulau Pakal, PT. ANTAM Tbk. UBPN MALUT, menganalisis volume *overburden*, *clay* dan *top soil* yang dibutuhkan untuk membuat area *regrading* sesuai dengan desain yang telah dirancang, merencanakan desain *check dump* di area *regrading in pit dump* X, merencanakan waktu penyelesaian kegiatan reklamasi dan menganalisis biaya yang dikeluarkan untuk kegiatan reklamasi pada area tersebut.

2. Tinjauan Pustaka

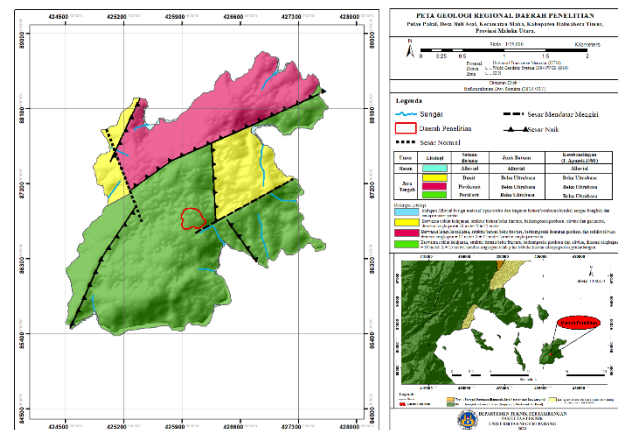
2.1 Fisiografi

Fisiografi daerah penelitian dan sekitarnya dibagi menjadi 3 bagian yaitu Busur Kepulauan Gunung Api Kuarer, Mandala Halmahera Barat dan Mandala Halmahera Timur [4]. Morfologi mandala ini terdiri dari pegunungan berlereng terjal dan torehan sungai yang dalam, serta sebagian mempunyai morfologi *karst*. Pada akhir periode Oligosen, Sesar Sorong menyebabkan bagian timur Pulau Halmahera bergerak ke barat sebagai bagian dari lempeng *East Mindanao*. Kemudian pada akhir periode Miosen, dua buah proses subduksi terbentuk di barat dan timur serta sesar geser di utara dan selatan. Keberadaan sesar-sesar ini memisahkan Lempeng Laut Maluku. Proses subduksi di barat dan timur Lempeng Laut Maluku pada akhir periode Miosen berukuran lebih kecil, inilah yang menyebabkan Lempeng *East Mindanao* patah dan terkolisikan terhadap lempeng tersebut [5]. Saat ini, proses subduksi telah selesai dan menyisakan sesar yang naik di daerah barat Pulau Halmahera dan timur lengan utara Sulawesi.

2.2 Geologi Regional

Pulau Halmahera dan sekitarnya memiliki geologi unik karena terbentuk dari pertemuan tiga lempeng, yaitu lempeng Australia, Eurasia, dan Filipina, yang mulai terjadi sejak Zaman Kapur [6]. Halmahera dan sekitarnya memiliki dua sistem subduksi yang berbeda, yang terdiri dari gunung api di barat dan ultrabasa di timur, yang ditemukan pada Lempeng Maluku [7]. Batuan yang terdapat di dasar lengan tenggara Halmahera terdiri dari kompleks batuan dasar dan ultrabasa yang terpotong-potong, dengan tingkat metamorfisme yang rendah dan bervariasi, serta didukung oleh sedimen zaman Mesozoikum dan Eosen [8].

Daerah penelitian berada di Komplek Batuan Ultrabasa (Ub) menempati 80%, dan formasi Tingteng (Tmpt) 6%, Formasi Weda 4% serta Alluvium dan Endapan Pantai menempati 10% dari daerah penyelidikan. Batuan Ultrabasa ini merupakan sumber utama ini serta logam aksesoris Cr, Fe, Al, Ti dan Mn. Batuan beku ultrabasa di daerah penelitian kaya akan *olivine*, *orthopyroxene*, *clinopyroxene*, *amphibol*, dan *plagioklas* [8]. Daerah penelitian didominasi oleh kompleks batuan ultrabasic yang terdiri dari *peridotit*, *piroksenit*, dan *dunit*. Ini menempati pegunungan dan bagian atasnya telah menjadi laterit berwarna kecokelatan dan kemerahan.



Gambar 1. Peta Geologi Regional

2.3 Geokimia dan Potensi Keterbentukan Air Asam Batuan

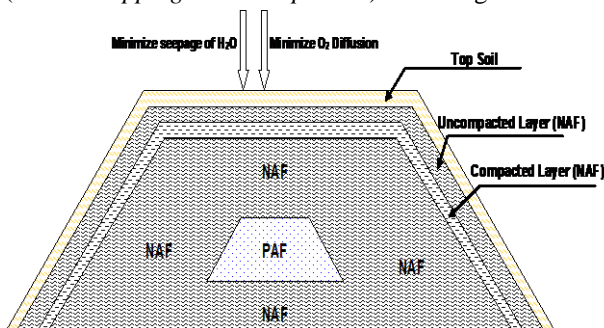
Endapan nikel laterit muncul saat batuan ultramafik yang mengandung Ni-Silikat mengalami pelapukan lanjut. Proses ini lebih sering terjadi di daerah tropis hingga subtropis, seperti di Indonesia bagian timur. Konsentrasi unsur nikel ditentukan oleh faktor seperti batuan dasar, iklim, topografi, air tanah, stabilitas mineral, dan lingkungan yang berpengaruh terhadap tingkat kelarutan mineral. Tipe laterit yang terbentuk dapat diklasifikasikan menjadi tiga jenis, yaitu hidrosilikat, oksida, dan lempung silikat [9]. Laterit terbentuk dari pelapukan kimia batuan permukaan, di mana beberapa mineral tidak stabil di bawah pengaruh air dan mengalami perubahan menjadi mineral baru yang lebih stabil. Proses pembentukan nikel laterit dimulai dengan pelapukan intensif pada batuan peridotit yang menyebabkan perubahan menjadi serpentin. Kemudian, pelapukan kimia dan fisika terjadi

menyebabkan dekomposisi dan pengayaan unsur seperti Ni, Mn, Co, Zn, Fe, Cr, Al, Ti, S, dan Cu [10].

Karakterisasi geokimia batuan bertujuan untuk menentukan apakah suatu jenis batuan berpotensi membentuk asam (*Potentially Acid Forming* – PAF) atau tidak berpotensi membentuk asam (*Non Acid Forming* – NAF)[11]. Berdasarkan proses dekomposisi pada saat terjadinya pengayaan supergen atau pun pengayaan secara relatif dan proses terbentuknya konsentrasi residual, unsur-unsur logam berat dapat terikutkan dalam air lindian seperti unsur Cu, Zn, Ni, Cr, Fe dan Co, maka dapat dikatakan bahwa endapan nikel laterit tergolong ke dalam PAF sehingga diperlukan perlakuan dan perhatian khusus dalam penanganan material di *overburden* di *in pit dump*. Air Asam Batuan (AAB) atau *acid rock drainage* adalah air yang berasal dari kegiatan tambang terbuka atau tambang bawah tanah atau timbunan bijih yang dicirikan oleh tingkat keasaman yang tinggi (pH rendah) dengan peningkatan kandungan logam terlarut [11]. Pengendalian dan penanganan air asam batuan dapat dilakukan dengan menghilangkan salah satu komponen pembentuk asam batuan (oksigen atau air), sehingga reaksi pembentukan asam tidak terjadi, ada dua metode yang dapat dilakukan [11].

2.3.1 Metode Dry Cover

Batuan yang berpotensi membentuk asam diisolasi dari oksigen dan/atau air dengan cara menutup batuan tersebut dengan batuan yang netral atau dapat menetralkan asam (metode *capping* atau *encapsulate*) atau dengan HDPE.



Gambar 2. Metode Dry Cover

2.3.2 Metode Wet Cover

Batuan yang berpotensi membentuk asam diletakkan di dasar kolam/balok/danau atau di dasar laut. Kedalaman batuan dari permukaan air minimal 4 m, atau penempatan *tailing* di dasar laut.

2.4 Reklamasi

Reklamasi adalah kegiatan yang dilakukan sepanjang tahapan usaha pertambangan untuk menata, memulihkan, dan memperbaiki kualitas lingkungan dan ekosistem agar dapat berfungsi kembali sesuai dengan peruntukannya [12]. Reklamasi adalah kegiatan pemulihan lingkungan dan ekosistem setelah penambangan, yang diwajibkan untuk dilakukan oleh pemegang IUP/IUPK dengan jaminan deposito berjangka. Ini merupakan hal penting dalam penambangan, terutama untuk memperbaiki

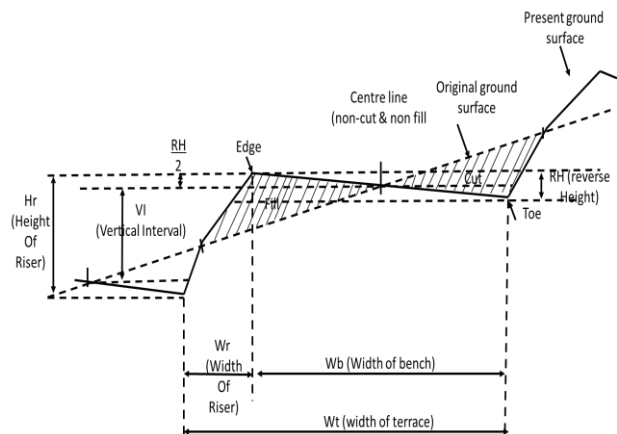
kondisi lahan yang rusak akibat aktivitas penambangan nikel.

2.4.1 Regrading

Regrading atau penatagunaan lahan secara teknis merupakan kegiatan membuat suatu area *in pit dump*, menjadi area yang siap untuk dilakukan proses reklamasi. Tanah dan fragmen-fragmen tanah dari daerah tererosi kemudian terangkut ke suatu tempat disebut sedimen. *Regrading* merupakan proses perbaikan bentang alam dengan menutup lubang galian menggunakan limbah *overburden*, membuat saluran drainase untuk mengendalikan air limpasan, menata lahan dan mempermudah revegetasi serta mengendalikan erosi di lahan yang bersangkutan [13]. Geometri *regrading* untuk daerah tropis yang lembab, gunakan sistem *reverse sloped benches*, dimana panjang *bench*nya 100 meter untuk daerah lembab dan 200 hingga 300 meter untuk daerah kering, untuk lebar *bench* berkisar antara 3,5 meter sampai 8 meter dengan *backslope* 5% dan kemiringan jenjang 12-36% [14]. Untuk menghitung tinggi jenjang jika ditentukan lebar *bench* dan kemiringan dapat menggunakan Persamaan (1) berikut [14]:

$$VI = \frac{S \times Wb}{1 - (S \times U)} \tag{1}$$

dimana **VI** adalah interval vertikal dalam meter, **S** kemiringan dalam persen (%), **Wb** Lebar *bench* dalam meter, **U** Kemiringan *riser* dengan nilai 1.



Gambar 3. Geometri Regrading [14]

2.4.2 Penaburan Clay Sebagai Dry Cover

Penaburan *clay* di area *regrading* bertujuan untuk mencegah terjadinya *leaching* atau pencucian material *waste* oleh air permukaan atau air hujan. Hal ini dikarenakan, material *waste* dari proses penambangan nikel laterit berpotensi untuk menimbulkan Keterbentukan air asam batuan atau air dengan kandungan logam berat (*heavy metal*) yang berbahaya bagi lingkungan. *Clay* dipilih sebagai *capping* untuk material *waste* karena memiliki nilai permeabilitas yang sangat rendah, dan tidak membutuhkan biaya yang besar [11].

2.4.3 Penaburan Top soil

Memisahkan tanah pucuk dari lapisan lain sangat penting karena tanah pucuk merupakan media yang dibutuhkan tanaman untuk tumbuh dan merupakan faktor penting dalam keberhasilan reklamasi. Tanah pucuk mengandung banyak unsur hara yang diperlukan oleh tumbuh-tumbuhan, oleh karena itu keberadaan tanah pucuk dalam kegiatan *regrading* sangat dibutuhkan.

2.4.4 Pengendalian Erosi dan Sedimentasi

Pengendalian erosi dapat dilakukan dengan metode vegetatif dan metode teknik sipil, atau kombinasi dari kedua metode tersebut. Pemilihan metode yang akan digunakan tergantung dari kondisi di lapangan serta ketersediaan prasarana dan sarana penunjang yang ada [14]. Metode vegetatif menggunakan tanaman atau tumbuhan untuk mengurangi dampak hujan dan erosi serta mengurangi aliran permukaan. Contohnya adalah penanaman tanaman penutup lahan atau *cover crop*.

2.4.5 Revegetasi

Revegetasi adalah proses pemulihan vegetasi yang rusak melalui penanaman dan perawatan di lahan yang sebelumnya digunakan dalam kawasan hutan [15]. Revegetasi dapat dilakukan dengan cara menanam tanaman pionir, Beberapa jenis tanaman pionir seperti sengon (*Paraserianthes falcataria*), ketapang (*Terminalia catappa*), Bintangor (*Calophyllum*), Gamal (*Gliricidia sepium*), Johar (*Casia siamea*), cemara (*Casuarina sp.*) dan *Eukaliptus pelita*. Revegetasi akan dilakukan setelah kegiatan penebaran tanah pucuk selesai, dengan ketentuan jarak penanaman antar tanaman yaitu 3 x 3 m, dengan dimensi lubang tanam 30 x 30 x 30 cm yang sebelumnya telah diisi dengan pupuk organik sebanyak kurang lebih 3,5 Kg.

2.5 Sistem Penyaliran Tambang

Sistem penyaliran tambang diterapkan untuk mengelola air permukaan yang masuk ke lokasi penambangan, meliputi air limpasan, sungai, rawa dan danau. Tujuannya untuk mencegah gangguan aktivitas penambangan saat hujan dan mengeluarkan air berlebihan dari area penambangan [16]. Kegiatan ini terdiri dari analisis daerah tangkapan hujan (*catchment area*), analisis curah hujan dan analisis air limpasan, pembuatan saluran terbuka dan *check dump*. Untuk mencari jumlah debit limpasan permukaan dari daerah penelitian dapat menggunakan Persamaan (2) berikut [17].

$$Q = 0,278 \times C \times I \times A \quad (2)$$

Dimana **Q** adalah debit air ($m^3/detik$), **C** koefisien limpasan, **I** intensitas curah hujan (mm/jam), dan **A** luas daerah tangkapan hujan (Ha).

2.6 Produktivitas Peralatan Mekanis

Alat mekanis yang umum digunakan pada kegiatan penataan lahan adalah alat gali-muat *excavator*, alat angkut dump truk, dan alat dorong *bulldozer*. Secara teoritis agar dapat menunjang efektivitas kerja alat pada saat kegiatan, maka dapat dilakukan perhitungan produktivitas terhadap alat mekanis.

2.6.1 Produktivitas Alat Gali Muat

Aktivitas penambangan meliputi serangkaian kegiatan atau pekerjaan untuk mengambil dan memuat bahan galian ke dalam alat angkut dan mengangkutnya ke tempat penampungan material [18]. Perhitungan produktivitas alat gali muat dapat menggunakan Persamaan (3).

$$Q = \frac{60 \text{ menit/jam}}{Cms} \times c \times Ff \times Sf \times E \quad (3)$$

dimana **Cms** adalah *Cycle time of loader* (menit), **Q** Taksiran produksi (BCM/jam), **c** Kapasitas *bucket* (m^3), **Ff** *Bucket fill factor*, **Sf** *Swell factor* dan **E** Efisiensi kerja (%).

2.6.2 Produktivitas Alat Angkut

Produktivitas *dump truck* dipengaruhi oleh jenis alat muat yang mengisinya dan rata-rata *cycle time dump truck* itu sendiri. *Cycle time dump truck* merupakan waktu yang dibutuhkan oleh *dump truck* untuk menyelesaikan satu siklus pengangkutan material yang meliputi waktu manuver pemuatan, pemuatan, pengangkutan muatan, penumpahan muatan, manuver penumpahan muatan, waktu kembali, dan waktu tunggu. Perhitungan produktivitas *dump truck* dapat diperoleh dengan Persamaan (4).

$$Q = \frac{60}{Cmt} \times Et \times Sf \times Ff \times n \times c \quad (4)$$

dimana **Cmt** adalah *Cycle time of dump truck* (menit), **Q** Produksi (LCM/jam), **c** Kapasitas *bucket loader*, **Sf** *Swell factor*, **Ff** *bucket loader fill factor*, **n** Jumlah siklus untuk mengisi *dump truck* dan **Et** Efisiensi kerja *dump truck* (%).

2.6.3 Produktivitas Alat Dorong

Bulldozer merupakan alat mekanis yang digunakan sebagai *support* dalam kegiatan seperti pembersihan tempat kerja, pengupasan tanah penutup, serta aktivitas penambangan [19]. Produktivitas *bulldozer* saat *dozing* dapat diketahui berdasarkan Persamaan (5) berikut [20].

$$Q = \frac{q \times 60 \times e \times E}{cm} \quad (5)$$

dimana **Q** adalah Produktivitas per jam (m^3/jam), **Cm** *Cycle time* (menit), **E** Efisiensi kerja, **q** Produksi per *cycle* (m^3) dan **e** grade faktor.

3. Metodologi Penelitian

3.1 Jenis Penelitian

Penelitian ini menggunakan metode penelitian kuantitatif, yaitu metode yang menguji dan menentukan hubungan antar variabel dengan cara mengukur atau menyatakan dalam bentuk angka. Penelitian kuantitatif menggunakan instrumen atau alat pengumpul data yang menghasilkan data numerik.

3.2 Jenis Data

Terdapat dua jenis data, yaitu data primer dan juga data sekunder. Data primer merupakan data yang diperoleh secara langsung di lapangan, sedangkan data sekunder merupakan data yang diperoleh secara tidak langsung seperti bersumber dari literatur ataupun data dari perusahaan. Data primer yang digunakan dalam penelitian ini adalah waktu edar, waktu hambatan serta waktu kerja alat angkut dan alat gali muat, waktu edar alat dorong, titik-titik koordinat, data geometri untuk kegiatan *regrading*, jumlah bibit, biaya operasional dan bahan bakar. Adapun data sekundernya berupa data topografi daerah penelitian, data curah hujan, harga bibit dan pupuk serta harga bahan bakar.

3.3 Teknik Pengumpulan Data

Data untuk penelitian dikumpulkan dengan teknik studi literatur dan juga orientasi lapangan. Dalam studi literatur Bahan pustaka yang dikumpulkan berupa teori mengenai kegiatan yang berhubungan dengan topik yang diangkat, yang di dalamnya terdapat pembahasan tentang kegiatan reklamasi, *regrading*, produktivitas alat berat, spesifikasi alat berat, erosi, saluran drainase dan kolam pengendapan. Sementara dalam orientasi lapangan, yang dilakukan berupa pengamatan langsung terhadap kondisi umum di lokasi penelitian secara visual seperti pengamatan terhadap kondisi umum lahan yang akan dilakukan kegiatan reklamasi. Selain itu juga dilakukan pemahaman tentang langkah yang akan diambil untuk melakukan penelitian berdasarkan kondisi di lapangan dengan membaca literatur maupun bertanya kepada praktisi yang berada di lapangan.

3.4 Teknik Analisis Data

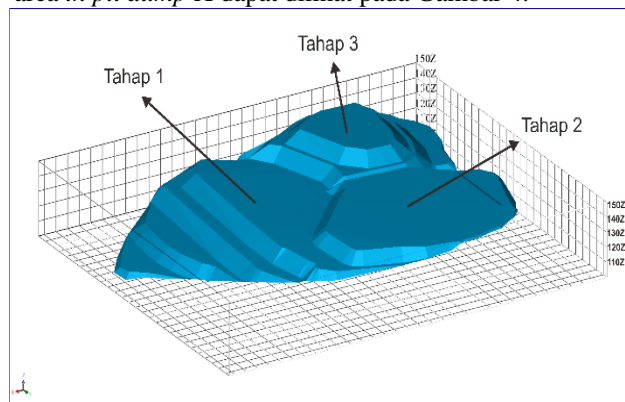
Data yang telah didapat selanjutnya diolah dan dianalisis untuk dievaluasi. Hasil analisis data tersebut akan menghasilkan rekomendasi yang dapat digunakan untuk merencanakan kegiatan reklamasi. Rekomendasi penelitian ini difokuskan pada desain *regrading*, jumlah volume material yang dibutuhkan, estimasi waktu pelaksanaan, pembuatan desain *check dump* serta perhitungan biaya langsung dan tidak langsung agar area *in pit dump X* siap untuk dilakukan kegiatan reklamasi tambang.

4. Hasil dan Pembahasan

4.1 Desain Geometri *Regrading*

Perencanaan desain *bench* didasarkan pada *lanly* (1988) dengan lebar *bench* 3,5 meter, kemiringan lereng tunggal (*single slope*) sebesar 35° , *Backslope* 5% dan tinggi jenjang 8 m.

Tahap perencanaan penatagunaan lahan di area *in pit dump X* dibagi menjadi tiga tahapan, yaitu tahap satu dengan luasan area $19.537,182 \text{ m}^2$, tahap dua dengan luas area sebesar $21.527,501 \text{ m}^2$ dan tahap tiga seluas $13.086,461 \text{ m}^2$. Dimana tahap satu dibuat dari elevasi 103,51 mdpl sampai elevasi 131,00 mdpl, tahap dua dari elevasi 122,29 mdpl hingga 138 mdpl dan tahap tiga dari 126,24 mdpl sampai 147 mdpl. Desain *regrading* pada area *in pit dump X* dapat dilihat pada Gambar 4.

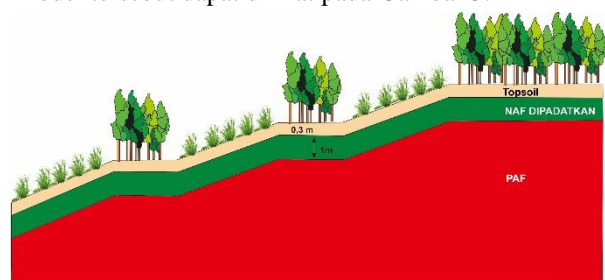


Gambar 4. Desain *Regrading*

4.2 Volume Material Kebutuhan *Regrading*

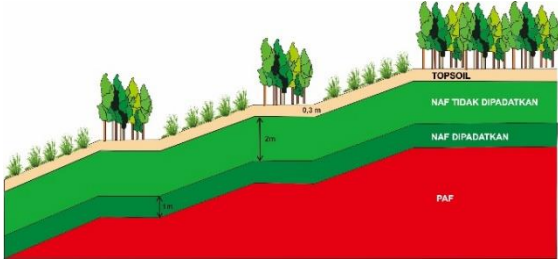
Data yang digunakan untuk menghitung volume material yang diperlukan berupa material *overburden* atau *waste*, *clay* dan *top soil* yang dihitung menggunakan *software* tambang. Ketebalan untuk material *clay* berbeda-beda sesuai dengan rencana timbunan masing-masing yaitu 1 meter hingga 2 meter, sedangkan untuk material *top soil* memiliki ketebalan 30 cm. Perhitungan volume material *waste* dilakukan dengan menggunakan metode *cut and fill*.

Rencana timbunan 1 terdiri dari satu meter lapisan *clay* dipadatkan yang kemudian di atas material *clay* tersebut akan ditaburkan material *top soil* setebal 0,3 m. Model tersebut dapat dilihat pada Gambar 5.



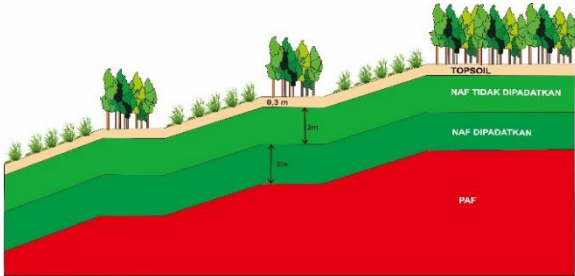
Gambar 5. Rencana Timbunan 1

Rencana timbunan 2 terdiri dari satu meter material *clay* yang dipadatkan, yang kemudian di atasnya akan ditaburkan kembali material *clay* yang tidak dipadatkan dengan ketebalan dua meter. Setelah itu akan dilapisi dengan material *top soil* dengan ketebalan 0,3 meter, model timbunan ini dapat dilihat pada Gambar 6.



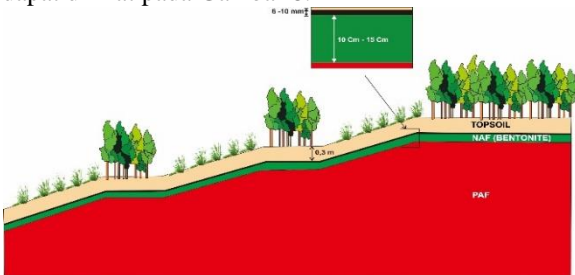
Gambar 6. Rencana Timbunan 2

Rencana timbunan 3 terdiri dari dua meter *clay* yang dipadatkan dan dibatasnya terdapat dua meter lagi material *clay* yang tidak dipadatkan, setelah itu dilapisi kembali dengan material *top soil* dengan ketebalan 0,3 meter. Model timbunan tersebut dapat dilihat pada Gambar 7.



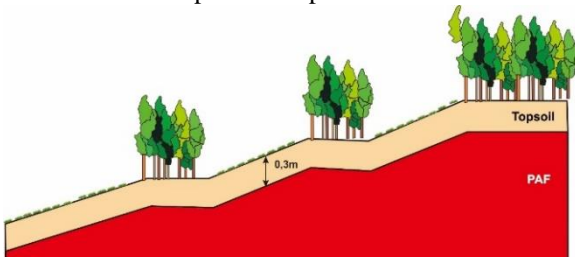
Gambar 7. Rencana Timbunan 3

Jika keterdapatannya material *clay* di lapangan sulit untuk didapatkan, maka material *clay* dapat digantikan dengan material HDPE. HDPE terdiri dari material *bentonite* dengan ketebalan 10 cm sampai 15 cm dan di atasnya akan dibentangkan material *geotextile* dengan ketebalan 6 mm sampai 10 mm. Model timbunan tersebut dapat dilihat pada Gambar 8.



Gambar 8. Rencana Timbunan 4

Rencana timbunan 5, dimana material *waste* dilapisi dengan material *top soil* dengan ketebalan 0,3 meter. Model tersebut dapat dilihat pada Gambar 9.



Gambar 9. Rencana Timbunan 5

Hasil perhitungan volume material dari tiga tahap dan lima rencana timbunan dapat dilihat pada Tabel 1 dan Tabel 2

Tabel 1. Hasil Perhitungan Kebutuhan Material Rencana Timbunan 1,2,3 dan 5

AREA	Rencana Timbunan	VOLUME (BCM)		
		Waste	Clay	Top soil
Tahap 1	Rencana 1	18.935,13	21.707,980	3.907,436
	Rencana 2	18.935,13	52.967,471	3.907,436
	Rencana 3	18.935,13	74.675,451	3.907,436
	Rencana 4	18.935,13	-	3.907,436
	Rencana 5	18.935,13	-	3.907,436
Tahap 2	Rencana 1	102.726,9	23.919,445	4.305,500
	Rencana 2	102.726,9	58.363,447	4.305,500
	Rencana 3	102.726,9	82.282,892	4.305,500
	Rencana 4	102.726,9	-	4.305,500
	Rencana 5	102.726,9	-	4.305,500
Tahap 3	Rencana 1	59.765,33	14.540,512	2.617,292
	Rencana 2	59.765,33	35.478,849	2.617,292
	Rencana 3	59.765,33	50.019,362	2.617,292
	Rencana 4	59.765,33	-	2.617,292
	Rencana 5	59.765,33	-	2.617,292

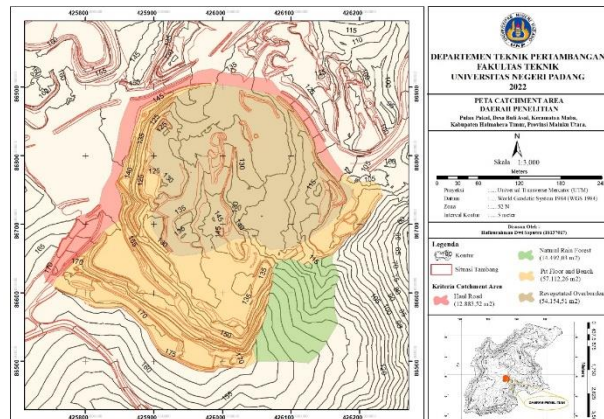
Tabel 2. Hasil Perhitungan Kebutuhan Material Rencana Timbunan 4

Regrading	Material	
	Volume Bentonite (m ³)	Geotextile (m ²)
Tahap 1	1.953,7182	19.537,182
Tahap 2	2.152,7501	21.527,501
Tahap 3	1.308,6461	13.086,461

4.3 Desain Check dump

4.3.1 Daerah Tangkapan Air Hujan

Untuk mengetahui luas dari *catchment area*, penulis menggunakan *software* tambang, dihitung berdasarkan daerah tangkapan air yang diperkirakan akan menjadi daerah aliran air. Perhitungan dihitung berdasarkan topografi daerah penelitian dan didelineasi dengan bantuan *grid vector map* dari *software* pemetaan berdasarkan kriteria-kriteria daerah tangkapan hujan seperti kriteria *natural rain forest*, *haul road*, *pit floor and bench* dan *revetated overburden*. *Catchment area* dapat dilihat pada Gambar 10.



Gambar 10. Daerah Tangkapan Hujan

Berdasarkan pengukuran yang dilakukan pada *softwar* tambang pada daerah *catchment area* dengan kriteria *natural rain forest* didapat luasannya sebesar 14.492,03 m², kriteria *haul road* dengan luas 12.883,52 m², kriteria *pit floor and bench* seluas 57.112,26 m² dan luasan untuk kriteria *vegetated overburden* adalah 54.154,51 m², sehingga luasan keseluruhan untuk *catchment area* pada daerah penelitian seluas 138.642,32 m².

4.3.2 Analisa Debit Air Total

Untuk mengetahui besarnya debit air limpasan, tahap pertama yang dilakukan adalah menentukan curah hujan berdasarkan data curah hujan maksimum rata-rata dari daerah pengamatan dari tahun 2012-2021. Data curah hujan tersebut diolah dengan menggunakan Distribusi Log Pearson III, sehingga didapatkan curah hujan rencana sebesar 178,39 mm dengan periode ulang hujan 5 tahun.

Untuk menghitung intensitas hujan rencana, digunakan nilai curah hujan rencana pada periode ulang hujan 5 tahun dan persamaan Mononobe. Nilai intensitas hujan yang diperoleh sebesar 122,37 mm/jam dengan luasan *catchment area* sebesar 13,86 Ha dan periode ulang 5 tahun. Debit air limpasan dapat ditentukan dengan menggunakan luas daerah tangkapan hujan (*catchment area*), nilai intensitas curah hujan dan koefisien limpasan. Metode yang digunakan untuk menghitung debit air limpasan adalah metode rasional dengan menggunakan Persamaan (2), sehingga didapatkan debit limpasan per kriteria seperti pada Tabel 3.

Tabel 3. Hasil Perhitungan Debit Per Kriteria

Catchment area		C	I (mm/jam)	Q (m ³ /s) Per kriteria
Kriteria	A (km ²)			
Haul Road	0,01288	0,90	122,37	0,3945
Pit floor and bench	0,05711	0,75		1,4572
Revegetated overburden	0,05415	0,55		1,0133
Natural Rain Forest	0,01449	0,50		0,2465
Jumlah	0,13864			3,1114

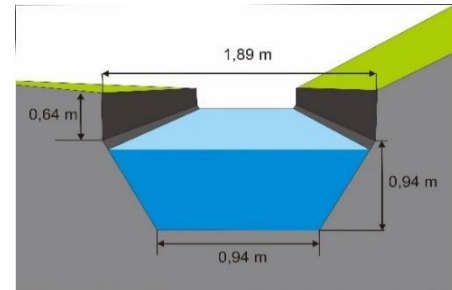
Perhitungan debit air limpasan pada *catchment area* seluas 13,86 Ha yaitu 3,1114 m³/detik. Debit air limpasan di area penelitian seluas 5,41 Ha dapat ditentukan dengan membagi luas area penelitian dengan luas *catchment area* dan dikalikan dengan debit limpasan pada *catchment area*, sehingga didapatkan debit air total di area penelitian sebesar 1,21 m³/detik.

4.3.3 Dimensi Saluran Terbuka Bentuk Trapesium

Berdasarkan hasil perhitungan dimensi saluran drainase dengan sudut kemiringan ideal 60⁰, didapatkan nilai kedalaman aliran sebesar 0,82 m, tinggi jagaan sebesar 0,64 m, lebar dasar saluran sebesar 0,94 m, lebar permukaan sebesar 1,89 m, panjang sisi saluran dari dasar ke permukaan sebesar 0,94 m, dan luas penampang basah sebesar 1,16 m².

Setelah dilakukan perhitungan terhadap dimensi saluran terbuka, maka debit yang masuk ke saluran terbuka, dapat ditentukan dengan mengalikan luas

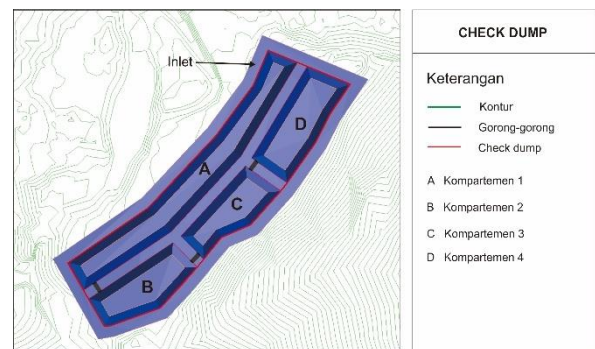
penampang dan kecepatan aliran air. Didapatkan besaran kecepatan aliran air yaitu 1,01 m/detik, sehingga Banyaknya debit yang masuk ke saluran terbuka untuk dialirkan ke kolam pengendapan lumpur yaitu 1,17 m³/detik. Penampang saluran terbuka dapat dilihat pada Gambar 11.



Gambar 11. Dimensi Saluran Terbuka Trapesium

4.3.4 Dimensi Check dump

Check dump digunakan untuk menyaring bahan-bahan padat yang tercampur dengan air yang disebabkan oleh aktivitas penambangan atau erosi. Selain sebagai tempat pengendapan, *check dump* juga berfungsi mengontrol kualitas air yang dikeluarkan, termasuk tingkat keasaman dan kandungan bahan-bahan yang dapat berbahaya bagi lingkungan. Air yang dikeluarkan dari daerah penambangan harus memenuhi standar yang diperbolehkan, agar tidak menimbulkan pencemaran lingkungan atau masalah lainnya. Volume *check dump* yang didapatkan dari hasil perhitungan menggunakan bantuan *software* tambang yaitu sebesar 10.565,62 m³. *Check dump* tersebut terdiri dari 4 kompartemen yang dapat dilihat pada Gambar 12.



Gambar 12. Desain Check dump

Luasan dan volume masing-masing dari kompartemen yang terdapat di *check dump* dapat dilihat pada Tabel 4.

Tabel 4. Ukuran Check dump

No	Kompartemen	Luas (m)	Kedalaman (m)	Volume (m ³)
1	Kompartemen 1	1138,55	5,5	4.294,37
2	Kompartemen 2	515,83	5,5	2.056,43
3	Kompartemen 3	454,71	5,5	1.739,69
4	Kompartemen 4	609,34	5,5	2.475,13
Total				≈10.566

4.4 Estimasi Waktu Penyelesaian Kegiatan

4.4.1 Produktivitas Peralatan Mekanis

Perhitungan produktivitas peralatan mekanis dilakukan dengan menganalisis waktu kerja, melakukan perhitungan waktu edar peralatan mekanis dan waktu kerja efektif. Setelah mendapatkan besaran nilai dari data-data tersebut, maka perhitungan produktivitas dapat dilakukan dengan menggunakan Persamaan (3-5). Besaran produktivitas masing-masing peralatan mekanis ditampilkan pada Tabel 5.

Tabel 5. Produktivitas Peralatan Mekanis

Alat	Cycle Time (m)	Waktu Kerja Efektif (%)	Produktivitas (m ³ /jam/alat)
DT	20,18	86%	16,02
ADT	6,64	63%	102,69
Excavator	0,28	84%	112,54
Bulldozer	0,562	-	216,65

4.4.2 Estimasi Waktu Penyelesaian Kegiatan Reklamasi

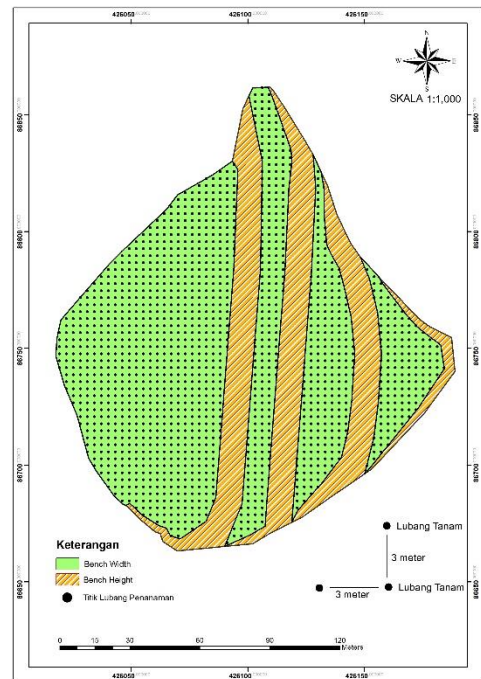
Waktu penyelesaian kegiatan reklamasi dihitung berdasarkan data volume waste, clay dan top soil yang akan ditaburkan pada area in pit dump X serta spesifikasi alat yang digunakan. Berdasarkan rencana, area in pit dump X dalam proses regrading akan dibagi menjadi tiga tahapan dengan luasan area yang berbeda-beda. Berdasarkan data yang telah diolah, maka perhitungan estimasi waktu penyelesaian kegiatan reklamasi dapat dilihat pada Tabel 6 dan 7.

Tabel 6. Estimasi Waktu Regrading

Area	Rencana Timbunan	Waktu (Hari)				Total
		Regrading	Penaburan Clay/ Geotextile	Pengangkutan Top soil	Penaburan Top soil	
Tahap 1	Rencana 1	9	10	16	2	37
	Rencana 2	9	25	16	2	52
	Rencana 3	9	35	16	2	62
	Rencana 4	9	76	16	2	103
	Rencana 5	9	-	16	2	27
Tahap 2	Rencana 1	48	11	17	2	78
	Rencana 2	48	27	17	2	94
	Rencana 3	48	38	17	2	105
	Rencana 4	48	84	17	2	151
	Rencana 5	48	-	17	2	67
Tahap 3	Rencana 1	28	7	11	2	48
	Rencana 2	28	17	11	2	58
	Rencana 3	28	23	11	2	64
	Rencana 4	28	51	11	2	92
	Rencana 5	28	-	11	2	41

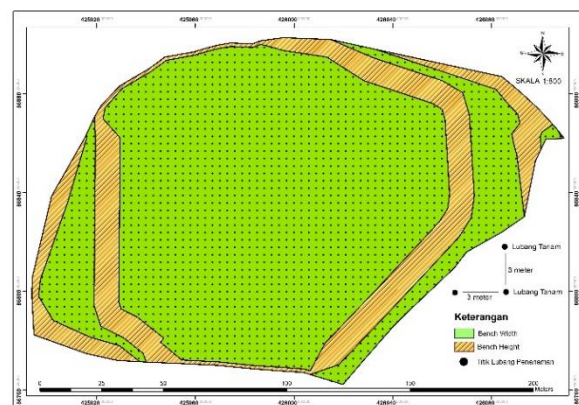
Revegetasi perlu dilakukan agar lahan bekas penambangan dapat berfungsi dan dimanfaatkan oleh masyarakat sekitar atau sesuai dengan peruntukannya. Revegetasi dilakukan dengan menanam gusale, waru hutan, bintangur, ketapang dan buah rao. Tanaman-tanaman tersebut ditanam pada teras dengan ketentuan jarak tanam 3 m x 3 m dan dimensi lubang tanam 30 cm x 30 cm x 30 cm yang sebelumnya sudah diisi dengan pupuk organik sebanyak kurang lebih 3,5 kg. Berdasarkan perhitungan lubang tanam dengan menggunakan bantuan software tambang didapatkan bahwa pada area regrading

tahap 1 terdapat 1.509 titik lubang tanam, dapat dilihat pada Gambar 13.



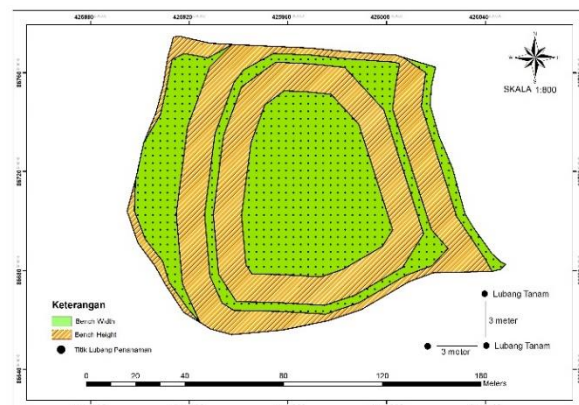
Gambar 13. Titik Tanam Tahap 1

Pada area regrading tahap 2, didapatkan sebanyak 1.909 titik lubang tanam, dapat dilihat pada Gambar 14.



Gambar 14. Titik Tanam Tahap 2

Sedangkan pada tahap 3, berdasarkan hasil perhitungan, didapatkan lubang tanam sebanyak 741 titik lubang tanam, dapat dilihat pada Gambar 15.



Gambar 15. Titik Tanam Tahap 3

Berdasarkan pengolahan data yang telah dilakukan, maka perhitungan estimasi waktu penyelesaian kegiatan *regrading* dapat dilihat pada Tabel 7.

Tabel 7. Estimasi Waktu *Revegetasi*

<i>Regrading</i>		Tahap 1	Tahap 2	Tahap 3
Parameter	Luas lahan (m ²)	19.537,182	21.527,501	13.086,461
	Titik Tanam	1.509	1.909	741
Estimasi Waktu (Hari)	Penanaman	12	16	6
	Cover Crop	3	3	3
	Pemupukan	2	3	2
	Perawatan	2	2	2

4.5 Rencana Biaya Reklamasi

Ada dua jenis biaya yang harus dikeluarkan dalam proses reklamasi, yaitu biaya langsung dan biaya tidak langsung.

Tabel 8. Rekapitulasi Estimasi Biaya Reklamasi Tahap 1

Biaya Langsung	Satuan	TAHAP 1				
		Rencana 1	Rencana 2	Rencana 3	Rencana 4	Rencana 5
Biaya Penatagunaan lahan :						
a. Pengangkutan material	Rp	53.587.666	53.587.666	53.587.666	53.587.666	53.587.666
b. Penaburan Clay + Harga Clay	Rp	2.228.571.195	5.437.713.716	7.666.284.912	25.398.336.600	
c. Pengangkutan dan Penaburan Top soil	Rp	71.497.164	71.497.164	71.497.164	71.497.164	71.497.164
d. Pengendalian erosi dan Pengelolaan air	Rp	36.323.944	36.323.944	36.323.944	36.323.944	36.323.944
Sub Total A	Rp	2.389.979.969	5.599.122.490	7.827.693.685	25.559.745.374	161.408.774
Revegetasi						
a. Analisis tanah		3.150.000	3.150.000	3.150.000	3.150.000	3.150.000
b. Pengadaan Bibit dan Cover crop	Rp	12.066.000	12.066.000	12.066.000	12.066.000	12.066.000
c. Pemupukan	Rp	22.182.300	22.182.300	22.182.300	22.182.300	22.182.300
d. Penanaman	Rp	10.800.000	10.800.000	10.800.000	10.800.000	10.800.000
e. Pemeliharaan dan Perawatan	Rp	300.000	300.000	300.000	300.000	300.000
Pencegahan dan Penanggulangan Air Asam Batuan	Rp	1.650.000	1.650.000	1.650.000	1.650.000	1.650.000
Sub Total B	Rp	50.148.300	50.148.300	50.148.300	50.148.300	50.148.300
Sub Total A+B	Rp	2.440.128.269	5.649.270.790	7.877.841.985	25.609.893.674	211.557.074
Biaya Tidak Langsung						
a. Biaya Mobilisasi dan Demobilisasi (2.5%)	Rp	178.289.482	400.658.730	555.081.819	1.783.778.573	23.866.393
b. Biaya perencanaan reklamasi (2%)	Rp	142.631.585	320.526.984	444.065.455	1.427.022.858	19.093.114
c. Biaya Admin dan Keuntungan Pihak Kontraktor (3%)	Rp	213.947.378	480.790.476	666.098.182	2.140.534.287	28.639.671
d. Biaya Supervisi (2%)	Rp	142.631.585	320.526.984	444.065.455	1.427.022.858	19.093.114
Sub Total C	Rp	677.500.031	1.522.503.173	2.109.310.911	6.778.358.577	90.692.293
Total Keseluruhan	Rp	3.117.628.300	7.171.773.963	9.987.152.896	32.388.252.250	302.249.366

Tabel 9. Rekapitulasi Estimasi Biaya Reklamasi Tahap 2

Biaya Langsung	Satuan	TAHAP 2				
		Rencana 1	Rencana 2	Rencana 3	Rencana 4	Rencana 5
Biaya Penatagunaan lahan :						
a. Pengangkutan material	Rp	290.723.897	290.723.897	290.723.897	290.723.897	290.723.897
b. Penaburan Clay + Harga Clay	Rp	2.455.603.302	5.991.672.057	8.447.275.360	27.985.751.300	
c. Pengangkutan dan Penaburan Top soil	Rp	78.219.725	78.219.725	78.219.725	78.219.725	78.219.725
d. Pengendalian erosi dan Pengelolaan air	Rp	36.323.944	36.323.944	36.323.944	36.323.944	36.323.944
Sub Total A	Rp	2.860.870.868	6.396.939.623	8.852.542.925	28.391.018.865	405.267.565
Revegetasi						
a. Analisis tanah		3.150.000	3.150.000	3.150.000	3.150.000	3.150.000
b. Pengadaan Bibit dan Cover crop	Rp	14.946.000	14.946.000	14.946.000	14.946.000	14.946.000
c. Pemupukan	Rp	28.062.300	28.062.300	28.062.300	28.062.300	28.062.300
d. Penanaman	Rp	14.400.000	14.400.000	14.400.000	14.400.000	14.400.000
e. Pemeliharaan dan Perawatan	Rp	450.000	450.000	450.000	450.000	450.000
Pencegahan dan Penanggulangan Air Asam Batuan	Rp	1.650.000	1.650.000	1.650.000	1.650.000	1.650.000
Sub Total B	Rp	62.658.300	62.658.300	62.658.300	62.658.300	62.658.300
Sub Total A+B	Rp	2.923.529.168	6.459.597.923	8.915.201.225	28.453.677.165	467.925.865
Biaya Tidak Langsung						
a. Biaya Mobilisasi dan Demobilisasi (2.5%)	Rp	178.289.482	400.658.730	555.081.819	1.783.778.573	23.866.393
b. Biaya perencanaan reklamasi (2%)	Rp	142.631.585	320.526.984	444.065.455	1.427.022.858	19.093.114
c. Biaya Admin dan Keuntungan Pihak Kontraktor (3%)	Rp	213.947.378	480.790.476	666.098.182	2.140.534.287	28.639.671
d. Biaya Supervisi (2%)	Rp	142.631.585	320.526.984	444.065.455	1.427.022.858	19.093.114
Sub Total C	Rp	677.500.031	1.522.503.173	2.109.310.911	6.778.358.577	90.692.293
Total Keseluruhan	Rp	3.601.029.198	7.982.101.096	11.024.512.136	35.232.035.742	558.618.158

Tabel 10. Rekapitulasi Estimasi Biaya Reklamasi Tahap 3

Biaya Langsung	Satuan	TAHAP 3				
		Rencana 1	Rencana 2	Rencana 3	Rencana 4	Rencana 5
Biaya Penatagunaan lahan :						
a. Pengangkutan material	Rp	169.139.822	169.139.822	169.139.822	169.139.822	169.139.822
b. Penaburan Clay + Harga Clay	Rp	1.492.749.058	3.642.307.702	5.135.056.761	17.012.399.300	
c. Pengangkutan dan Penaburan Top soil	Rp	42.382.309	42.382.309	42.382.309	42.382.309	42.382.309
d. Pengendalian erosi dan Pengelolaan air	Rp	36.323.944	36.323.944	36.323.944	36.323.944	36.323.944
Sub Total A	Rp	1.740.595.133	3.890.153.777	5.382.902.835	17.260.245.375	247.846.075
Revegetasi						
a. Analisis tanah		3.150.000	3.150.000	3.150.000	3.150.000	3.150.000
b. Pengadaan Bbit dan Cover crop	Rp	5.934.000	5.934.000	5.934.000	5.934.000	5.934.000
c. Pemapukan	Rp	10.892.700	10.892.700	10.892.700	10.892.700	10.892.700
d. Penanaman	Rp	5.400.000	5.400.000	5.400.000	5.400.000	5.400.000
e. Pemeliharaan dan Perawatan	Rp	300.000	300.000	300.000	300.000	300.000
Pencegahan dan Penanggulangan Air Asam Batuan	Rp	1.650.000	1.650.000	1.650.000	1.650.000	1.650.000
Sub Total B	Rp	27.326.700	27.326.700	27.326.700	27.326.700	27.326.700
Sub Total A+B	Rp	1.767.921.833	3.917.480.477	5.410.229.535	17.287.572.075	275.172.775
Biaya Tidak Langsung						
a. Biaya Mobilisasi dan Demobilisasi (2.5%)	Rp	178.289.482	400.658.730	555.081.819	1.783.778.573	23.866.393
b. Biaya perencanaan reklamasi (2%)	Rp	142.631.585	320.526.984	444.065.455	1.427.022.858	19.093.114
c. Biaya Admin dan Keuntungan Pihak Kontraktor (3%)	Rp	213.947.378	480.790.476	666.098.182	2.140.534.287	28.639.671
d. Biaya Supervisi (2%)	Rp	142.631.585	320.526.984	444.065.455	1.427.022.858	19.093.114
Sub Total C	Rp	677.500.031	1.522.503.173	2.109.310.911	6.778.358.577	90.692.293
Total Keseluruhan	Rp	2.445.421.864	5.439.983.650	7.519.540.446	24.065.930.652	365.865.067

5. Penutup

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil perhitungan dan pengolahan kegiatan penelitian mengenai topik bahasan Rancangan Teknis dan Ekonomis Reklamasi Pada Area *In pit dump* X, maka dapat disimpulkan:

1. Dari hasil analisis, perhitungan dan pengolahan kegiatan penelitian mengenai topik bahasan Rancangan Teknis Reklamasi dan Ekonomis Reklamasi Pada Area *In pit dump* X Site Pulau Pakal PT. Aneka Tambang Tbk. UBPB Maluku Utara, maka dapat disimpulkan: Berdasarkan parameter yang dikemukakan oleh Lanly (1988), desain *bench* memiliki lebar 3,5 meter, kemiringan lereng tunggal sebesar 35° , tinggi jenjang 8 meter dan *backslope* 5%.
2. Dari hasil perhitungan volume *overburden*, *clay*, *top soil* dan kebutuhan geotextile sesuai dengan rancangan desain regrading tahap 1, 2 dan 3 didapatkan hasil yang berbeda, tergantung dengan rencana timbunan yang dipilih seperti yang terdapat pada Tabel 1 dan 2.
3. Dari hasil perhitungan curah hujan, didapat nilai curah hujan 178,39 mm dalam periode ulang 5 tahun, dengan intensitas hujan sebesar 122,37 mm/jam dan debit limpasan sebesar 1,21 m³/detik. Dengan dimensi saluran terbuka didapatkan lebar dasar saluran (b) adalah 0,94 m, Luas penampang basah saluran (A) adalah 1,16 m², Lebar permukaan saluran (B) adalah 1,89 m, Panjang sisi saluran dari dasar ke permukaan (a) adalah 0,94 m, Tinggi jagaan (w) adalah 0,64 m dan Kedalaman aliran (h) adalah 0,82 m serta didapat debit saluran terbuka sebesar 1,17 m³/detik. Sedangkan check dump didapatkan volume total

sebesar 10.565,62 m³ dari empat kompartemen yang ada.

4. Didapatkan estimasi waktu pengerjaan untuk kegiatan regrading pada masing-masing tahapan antara lain : Waktu pengerjaan untuk tahap 1 terdiri dari 5 rencana timbunan. Didapatkan estimasi waktu untuk rencana timbunan 1 yaitu 37 hari, rencana timbunan 2 dengan estimasi waktu pengerjaan selama 52 hari, rencana timbunan 3 selama 62 hari, rencana timbunan 4 selama 103 hari dan rencana timbunan 5 selama 27 hari. Pada tahap 2 Didapatkan estimasi waktu untuk rencana timbunan 1 yaitu 78 hari, rencana timbunan 2 selama 94 hari, rencana timbunan 3 selama 105 hari, rencana timbunan 4 selama 151 hari dan rencana timbunan 5 selama 67 hari. Terakhir Tahap 3, didapatkan untuk Rencana timbunan 1 diestimasi dengan waktu pengerjaan selama 48 hari, rencana timbunan 2 selama 58 hari, rencana timbunan 3 selama 64 hari, rencana timbunan 4 selama 92 hari dan rencana timbunan 5 selama 41 hari. Estimasi waktu untuk kegiatan revegetasi pada area regrading adalah 19 hari untuk tahap 1, tahap 2 selama 24 hari dan tahap 3 selama 13 hari. Sedangkan, untuk estimasi waktu untuk pembuatan check dump adalah selama 14 hari.
5. Total keseluruhan biaya yang dikeluarkan untuk jaminan reklamasi pada area in pit dump X yang dibagi berdasarkan tahapannya yaitu Tahap 1 dengan rencana timbunan 1 adalah Rp 3.117.628.300, rencana timbunan 2 Rp 7.171.773.963, rencana timbunan 3 Rp 9.987.152.896, rencana timbunan 4 Rp 32.388.252.250 dan rencana timbunan 5 adalah Rp 302.249.366. Kemudian Tahap 2 dengan rencana timbunan 1 menghabiskan biaya sebesar sebesar Rp 3.601.029.198, rencana timbunan 2 sebesar Rp 7.982.101.096, rencana timbunan 3 sebesar Rp 11.024.512.136, rencana timbunan 4 sebesar Rp

35.232.035.742 dan rencana timbunan 5 sebesar 558.618.158. Selanjutnya Tahap 3 dengan rencana timbunan 1 diestimasikan memakan biaya sebanyak Rp 2.445.421.864, rencana timbunan 2 sebesar Rp 5.439.983.650, rencana timbunan 3 sebesar Rp 7.519.540.446, rencana timbunan 4 sebesar Rp 24.065.930.652 dan rencana timbunan 5 sebesar Rp 365.865.067.

5.2 Saran

1. Untuk sistem penanganan material waste/overburden di area disposal atau in pit dump, perusahaan dapat menggunakan material yang bisa menahan air agar tidak bersentuhan langsung dengan air limpasan agar tidak terjadi proses pelindian yang akan menghasilkan air asam batuan dengan pH rendah dan kandungan logam berat yang cukup tinggi. Contoh material yang dapat menahan laju air agar tidak meresap masuk ke material waste adalah clay dengan nilai permeabilitas $K = 10^{-6}$ cm/menit atau dapat menggunakan material geotextile. Berdasarkan hal tersebut, maka penulis menyarankan untuk menggunakan desain timbunan 1 pada kegiatan regrading, hal ini dikarenakan tingkat untuk terjadinya air lindian dan terbentuknya air asam batuan dari proses tersebut sangat kecil dan juga dari segi biaya cukup ekonomis.
2. Untuk memangkas waktu pengerjaan kegiatan regrading, peralatan mekanis yang ada dapat dimaksimalkan fungsinya, agar nilai efisiensi kerja juga meningkat.
3. Pada area *check dump* juga dapat ditambahkan tumbuhan seperti vertiver untuk menyerap kandungan logam berat yang terkandung dalam air yang berada di *check dump* tersebut.

Daftar Pustaka

- [1] Peraturan Menteri Energi dan Sumber Daya Mineral Republik Indonesia Nomor 18 Tahun 2008 Tentang Reklamasi dan Penutupan Tambang. Jakarta.
- [2] Waterman, S. B. 2017. *Reklamasi dan Pasacatambang*. UPN Veteran Yogyakarta, p 48-52.
- [3] Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 78 Tahun 2010 Tentang Reklamasi dan Pascatambang. Jakarta.
- [4] Apandi, T & Sudana, D. 1980. *Peta Geologi Lembar Ternate, Maluku Utara*. Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi. Bandung.
- [5] Hall, R. 2002. *Cenozoic Geological And Plate Tectonic Evolution Of SE Asia and the SW Pacific: Computer-Based Recontstructions, Model And Animations*. Journal of Asian Earth Sciences 2002, p.353-431
- [6] Asikin, S., 2007. *Evolusi Geodinamika Halmahera, Materi Presentasi Ilmiah di Pusat Survei Geologi, Badan Geologi Bandung*. Bandung.
- [7] Prasetyo, H. 1989. *Geologi Kelautan dan Tektonik Pengembangan Wilayah Laut Banda Indonesia Bagian Timur*. Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi Kelautan. Publikasi khusus.
- [8] Widiatmoko, H. C., Mirnanda, E., & Kurnio, H. 2020. *Nickel in Buli Coastal Area, East Halmahera*. Bulletin of the Marine Geology, 35(1).
- [9] Hardila, Q D. 2020. *Perbandingan Pengupasan Material Overburden Berdasarkan Data Cycle Time, Data Ritase, Dan Data Survey Pada Bukit Everest PT. Antam Tbk. UBPN Sulawesi Tenggara*. Tugas Akhir. Universitas Negeri Padang. Padang.
- [10] Pranata, H., & Yulhendra, D. 2021. *Rancangan Pelaksanaan Eksploitasi Nikel pada Blok X PT Paramitha Persada Tama Desa Boenaga Kecamatan Lasolo Kepulauan Kabupaten Konawe Utara Provinsi Sulawesi Tenggara*. Bina Tambang, 6(5), 218-231.
- [11] Gautama, R. S. 2022. *Pengendalian dan Pengolahan Air Limbah Pertambangan*. Bahan Ajar. Bandung : Institut Teknologi Bandung.
- [12] Undang-Undang Republik Indonesia Nomor 3 Tahun 2020 Tentang Perubahan Atas Undang-Undang Nomor 4 Tahun 2009 Tentang Pertambangan Mineral Dan Batubara.
- [13] Hirfan, H. 2018. *Strategi Reklamasi Lahan Pasca Tambang*. PENA TEKNIK: Jurnal Ilmiah Ilmu-Ilmu Teknik, 1(1), 101-108.
- [14] Minerals Council of Australia. 1998. *Mine Rehabilitation Handbook*.
- [15] Keputusan Menteri Kehutanan Republik Indonesia Nomor. P.60/menhut-II/2009 Tentang Pedoman Penilaian Keberhasilan Reklamasi Hutan. Jakarta.
- [16] Rusli, HAR. 2021. *Bahan Ajar Kuliah Penyaliran Tambang*. Padang: Universitas Negeri Padang.
- [17] Asdak, Chay. *Hidrologi Dan Pengelolaan Daerah Aliran Sungai*. Gajah Mada University Press, Yogyakarta. (2002).
- [18] Anggraeni, F., Guntoro, D., & Usman, D. N. 2019. *Rancangan Persiapan Lahan Reklamasi berdasarkan Fleet pada Area Bekas Tambang Anoa North 12 Di PT Vale Indonesia*. Prosiding Teknik Pertambangan, 4(1), 89-90.
- [19] Tenriajeng, A. T. 2003. *Pemindahan Tanah Mekanis*. Jakarta: Gunadarma.
- [20] Wilopo, D. 2009. *Metode Konstruksi dan Alat-alat Berat*. Universitas Indonesia, Jakarta.