

Arahan Pengendalian Erosi Berdasarkan Kemiringan Lereng Pada Area Reklamasi Pulau Pakal PT. ANTAM Tbk UPB NIKEL Maluku Utara

**Alief Vega Thrisna Huttama¹⁾, Aditya Pandu Wicaksono^{2,a)}, Nandra Eko Nugroho³⁾, Muammar
Gomareuzzaman⁴⁾ dan Tissia Ayu Algary⁵⁾**

^{1, 2,3,4,5)}Program Studi Teknik Lingkungan, UPN “Veteran” Yogyakarta

^{a)}Corresponding author: aditya.wicaksono@upnyk.ac.id

ABSTRAK

PT ANTAM Tbk UPB Nikel Maluku Utara di Pulau Pakal terdapat permasalahan pada area reklamasi berupa erosi tanah. Menurut Arsyad (2020) erosi dapat menyebabkan penurunan produktivitas unsur tanah, dan jika tidak ditangani dengan benar, dapat mengakibatkan menurunnya produktivitas tanah. Oleh karena itu, diperlukan upaya penanganan melalui reklamasi dan revegetasi untuk memperbaiki kualitas lingkungan. Tujuan penelitian ini adalah mengetahui besar laju erosi berdasarkan kemiringan lereng dan mengetahui keterkaitan antara intensitas hujan terhadap laju erosi, serta merekomendasikan arahan pengendalian laju erosi. Metode penelitian yang digunakan yaitu survei dan pemetaan. Metode analisis yaitu laboratorium, matematis, dan logaritmik. Metode pengambilan sampel yaitu purposive sampling berdasarkan kemiringan lereng dan aliran permukaan. Tongkat ukur dipasang dengan kedalaman 15 cm sesuai dengan kedalaman top soil dan jarak antar tongkat 5 x 5 meter. Tongkat dipasang pada beberapa kemiringan lereng yang berbeda yaitu pada kemiringan lereng landai sebesar 8⁰, 6⁰, 4⁰ dan kemiringan lereng curam sebesar 33⁰, 28⁰, 31⁰ Sampel tanah diambil pada setiap titik plot pemantauan erosi sebanyak enam titik untuk diketahui berat volume tanah tersebut. Pengukuran kejadian hujan oleh plot erosi dilaksanakan selama 1 bulan dan mendapatkan 16 data pengukuran plot erosi. Hasil perhitungan nilai laju erosi yang didapatkan pada kemiringan lereng landai yaitu 305.018 ton/ha dan pada kemiringan curam sebesar 507.394 ton/ha dengan intensitas hujan tertinggi yaitu 18.1 mm/jam. Berdasarkan hasil analisis logaritmik untuk mengetahui derajat kejenuhan tanah dapat diketahui pada lereng landai sebesar 0.918 dan lereng curam sebesar 0.859 tergolong dalam tanah basah. Arahan pengelolaan yang dilakukan yaitu dengan melakukan penataan desain geometri lereng *regrading*, pembuatan saluran pembuangan air (SPA), dan penanaman vegetasi.

Kata Kunci: Erosi; Reklamasi; Kemiringan Lereng

ABSTRACT

PT ANTAM Tbk UPB Nickel North Maluku on Pakal Island is facing issues in the reclamation area, specifically soil erosion. According to Arsyad (2010) erosion can lead to a decrease in soil element productivity, and if not properly addressed, it can result in reduced soil productivity. Therefore, efforts are needed to manage this through reclamation and revegetation to improve environmental quality. The aim of this study is to determine the rate of erosion based on slope gradient and to understand the relationship between rainfall intensity and erosion rate, as well as to recommend measures for controlling the erosion rate. The research methods used include surveys and mapping. The analysis methods are laboratory, mathematical, and logarithmic. Sampling is done using purposive sampling based on slope gradients and surface runoff. Measuring rods are installed at a depth of 15 cm, matching the topsoil depth, and spaced 5 x 5 meters apart. The rods are installed on various slope gradients, namely gentle slopes of 8⁰, 6⁰, and 4⁰ degrees, and steep slopes of 33⁰, 28⁰, and 31⁰ degrees. Soil samples are taken at six points in each erosion monitoring plot to determine the soil's bulk density. Rainfall measurements are conducted over one month, yielding 16 sets of erosion plot data. The calculated erosion rates for gentle slopes are 305.018 tons/ha and for steep slopes are 507.394 tons/ha, with the highest rainfall intensity recorded at 18.1 mm/hour. Based on logarithmic analysis, soil saturation levels are 0.918 for gentle slopes and 0.859 for steep slopes, indicating wet soil conditions. Management directives include implementing regrading for slope geometry, constructing drainage channels, and planting vegetation

Keywords: Erosion, Reclamation, Slope

PENDAHULUAN

Kabupaten Halmahera Timur merupakan bagian dari Provinsi Maluku Utara yang mempunyai cadangan sumber daya alam cukup melimpah, terutama potensi sumberdaya tambang. Namun hingga saat ini potensi sumberdaya tambang tersebut belum dikelola secara optimal. Menurut Arsyad (2010) sumber daya alam berupa hutan, tanah dan air merupakan sumber daya alam yang dapat memenuhi kebutuhan manusia baik secara langsung dan tidak langsung. Sumber daya alam harus tetap terjaga fungsinya agar dapat dimanfaatkan secara optimal sesuai prinsip keberlanjutan. Salah satu cadangan sumber daya alam pada sektor tambang yang terdapat di Kabupaten Halmahera Timur adalah bijih nikel laterit. Unit Bisnis Pertambangan Nikel (UBPN) PT. Aneka Tambang (ANTAM) Tbk merupakan Badan Usaha Milik Negara (BUMN) yang memiliki kegiatan usaha di bidang pertambangan bijih nikel. Saat ini terdapat satu lokasi tambang yang berada dibawah pengawasan Unit Bisnis Pertambangan Nikel (UBPN) Maluku Utara adalah Pulau Pakal 3 (kegiatan produksi, pengelolaan dan pemantauan lingkungan hidup) dan Pulau Gee (kegiatan pengelolaan dan pemantauan lingkungan hidup). Metode penambangan yang ada di Unit Bisnis Pertambangan Nikel (UBPN) Maluku Utara relatif sama dengan penambangan – penambangan Nikel di Blok Tambang lainnya yaitu menggunakan metode tambang terbuka (Open Cast Mining). Setelah melakukan kegiatan penambangan, lahan pascatambang tersebut harus dilakukan pelaksanaan reklamasi dan revegetasi. Reklamasi lahan bekas tambang merupakan upaya untuk memperbaiki kondisi lingkungan pasca kegiatan penambangan dan dapat menghasilkan lingkungan ekosistem yang mendukung serta baik. Aktivitas pertambangan yang ada pastinya menimbulkan dampak kerusakan pada lahan tersebut, salah satunya tingkat laju erosi. Dampak yang terjadi pada tanah adalah rusaknya agregat tanah dan dipengaruhi juga oleh intensitas air hujan. Apabila erosi tidak diatasi maka dapat mengganggu rehabilitasi pada area reklamasi tersebut. Pada area reklamasi front Jara – Jara Atas, area tersebut memiliki kemiringan lereng yang cukup curam dan pada saat ini lahan tersebut masih digunakan untuk cadangan *top soil* untuk kebutuhan reklamasi di Pulau Pakal. Setelah *top soil* tersebut disebar ke area reklamasi lainnya, maka dapat dilakukan kegiatan reklamasi di front tersebut. Perlu adanya arahan pengendalian erosi berdasarkan kemiringan lereng pada area reklamasi Jara – Jara Atas tersebut.

METODE

Alat dan bahan yang digunakan dalam penelitian yaitu data sekunder berupa intensitas hujan, GPS, meteran, penggaris, tongkat ukur, tali rafia, alat tulis, haka meter dan alat pelindung diri. Alat bahan ini sangat berguna dalam mendukung pelaksanaan penelitian.

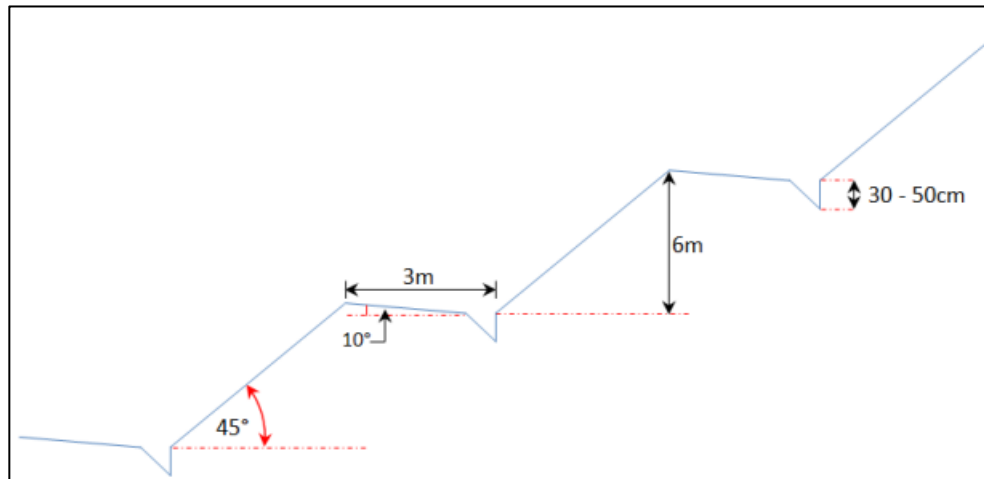
Pengumpulan data dilakukan untuk mencari data sekunder yang sesuai dengan arah penelitian. Sumber data sekunder sendiri bisa berasal dari pemerintah setempat, perusahaan, institusi dan lain-lain. Pengumpulan data sekunder juga dilakukan untuk mempersiapkan peralatan dan perlengkapan yang diperlukan untuk menunjang pelaksanaan penelitian. Data sekunder yang diperoleh bisa berupa data iklim (curah hujan), jenis tanah, batuan, peta tematik dan lain-lain.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Peraturan Menteri Kehutanan Republik Indonesia Nomor: P. 4/Menhut-II Tahun 2011 tentang Pedoman Reklamasi Hutan pada Pasal 29 ayat 2 menjelaskan bahwa dalam melaksanakan kegiatan reklamasi, pemegang izin penggunaan kawasan hutan bertanggung jawab sampai kondisi/rona akhir sesuai dengan rencana yang telah disahkan. Pasal 30 menjelaskan terkait pelaksanaan reklamasi terdapat dua jenis kegiatan meliputi teknik sipil dan vegetasi. Kegiatan teknik sipil antara lain pengaturan bentuk lahan dan saluran pembuangan air (SPA). Berdasarkan hasil lapangan yang telah dilakukan mendapatkan hasil bahwa perlu adanya penataan geometri lereng pada area reklamasi dan perlu adanya penataan saluran pembuangan air (SPA) pada area reklamasi untuk mengurangi laju erosi yang terjadi.

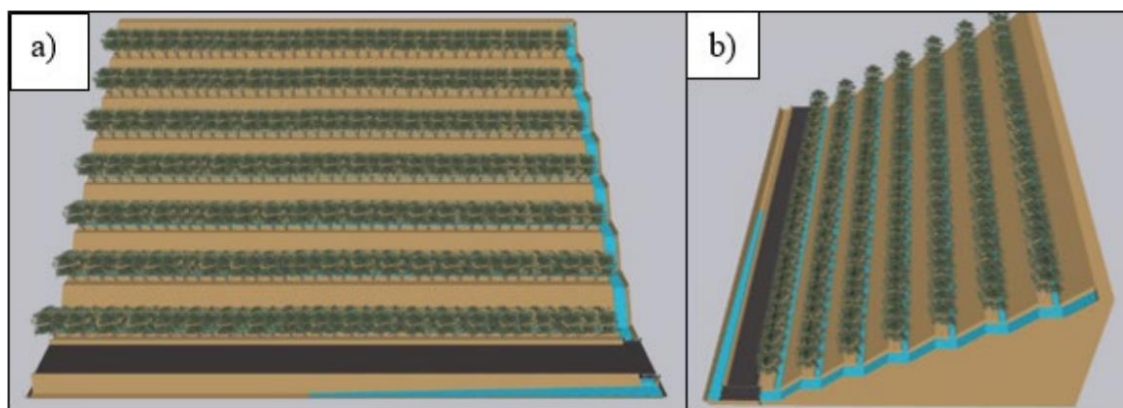
Regrading atau penatagunaan lahan secara teknis merupakan kegiatan membuat suatu area *in pit dump*, menjadi area yang siap untuk dilakukan proses reklamasi. *Regrading* merupakan proses mengembalikan fungsi bentang alam dengan menutup lubang galian menggunakan *overburden*, membuat saluran pembuangan untuk mengendalikan aliran permukaan, menata lahan dan mempermudah revegetasi serta

dapat mengendalikan erosi yang terjadi (Hirfan, 2018). Penataan desain geometri lereng pada Front Jara Atas tersebut berdasarkan kajian geoteknik yang telah dilakukan perusahaan. Berdasarkan cross check lapangan selama satu bulan bahwa geometri lereng yang ada masih belum sesuai dengan SOP perusahaan. Terdapat beberapa faktor kemungkinan ketidaksesuaian seperti adanya curah hujan cukup tinggi sehingga dapat berpotensi menimbulkan laju erosi yang cukup tinggi sehingga menyebabkan berubahnya geometri lereng yang ada. Berdasarkan hasil tersebut perlu adanya pendekatan teknologi berupa penataan geometri lereng *regrading*.



Gambar 1. Desain Geometri Lereng *Regrading*

Penataan geometri lereng pada area reklamasi Front Jara Atas supaya dapat diterapkan dengan baik desain yang sudah direncanakan di lapangan. Kajian geoteknik yang dilakukan perusahaan tentunya telah mempertimbangkan aspek-aspek seperti material penyusun tanah dan kestabilan lereng. Geometri lereng yang dibuat dan dikembangkan untuk area reklamasi telah memenuhi unsur keselamatan kerja di lingkungan pertambangan. Standar parameter desain lereng *regrading* berupa bench memiliki kemiringan jenjang 45⁰, tinggi jenjang 6 meter, lebar jenjang 3 meter, kedalaman drainase 30 – 50 cm, dan *backslope* 10⁰ dapat dilihat pada **Gambar 1**.

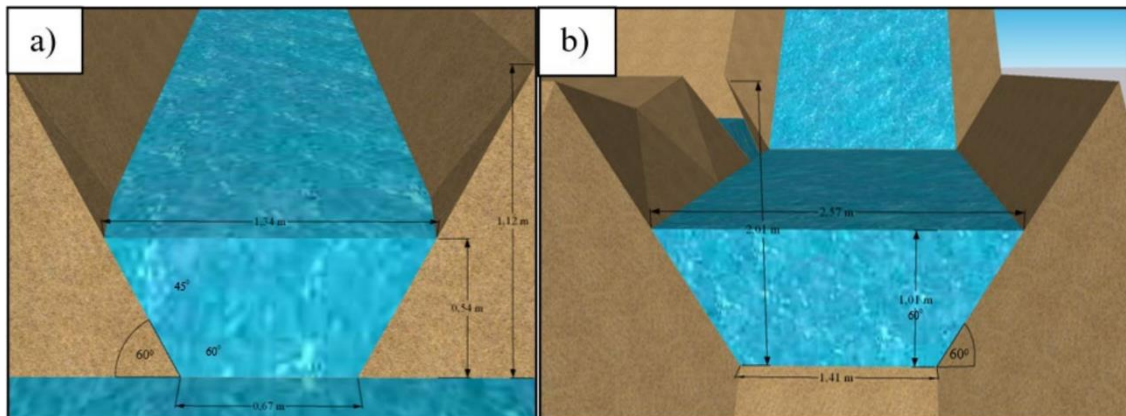


Gambar 2. Sketsa Geometri Lereng

a) Tampak Depan b) Tampak Samping

Rekomendasi 3D desain geometri lereng dapat dilihat pada **Gambar 2**. Terdapat kemiringan lereng landai dan curam yang disesuaikan dengan yang ada di Front Jara - Jara Atas. Desain tampak depan dan samping menunjukkan adanya jenjang untuk saluran pembuangan air (SPA) dan penanaman vegetasi. Terlihat juga adanya jalan hauling pemisah saluran pembuangan menuju chek dam, saluran tersebut melewati bawah jembatan penghubung jalan hauling. Penimbunan *overburden* dilakukan menggunakan

alat berat bulldozer sebagai alat dorong material dan pemadatan tanah, excavator backhoe sebagai alat gali muat material tanah, dan dump truck sebagai alat angkut material tanah.



Gambar 3. Dimensi SPA
a) Saluran Teras b) Saluran Parit

Berdasarkan Keputusan Menteri ESDM Nomor 1827 K 30 MEM tahun 2018 dijelaskan pada Lampiran II tentang pedoman pengelolaan teknis pertambangan dalam pengelolaan air tambang untuk membuat sistem penyaliran air tambang. Front Jara Atas belum memiliki sistem penyaliran air yang baik sehingga masih terlihat air permukaan yang mengalir secara tidak teratur. Menurut Sandan dkk. (2023) dalam pengendalian untuk mengurangi kecepatan air permukaan dapat dengan melakukan pembuatan saluran pembuangan air (SPA). **Gambar 3.** menunjukkan dimensi saluran pembuangan air (SPA) dari saluran teras dan saluran parit. Saluran teras dibuat memanjang mengikuti panjang jenjang agar aliran air dapat mengalir menuju saluran parit. Saluran parit dibuat memotong garis kontur agar dapat menampung aliran permukaan yang mengalir dari saluran teras. Setiap saluran dibuat menggunakan material tanah karena mengikuti standar perusahaan terkait penggunaan material saluran dan menggunakan material overburden. Menurut Suripin (2004) dalam pembuatan saluran trapesium dengan kemiringan dinding 600 dalam pembuatan dan perawatannya lebih mudah. Saluran trapesium dianggap paling efisien dalam mengumpulkan dan menyalurkan aliran permukaan dalam jumlah yang besar sehingga cocok digunakan di daerah dengan intensitas hujan tinggi.

Perhitungan Debit Air Limpasan

1. Debit Air Limpasan (Q_r)

Diketahui:

- Luas Area Reklamasi = 1 ha
- Kemiringan permukaan tanah (S_0) = 12,5 %
- Jarak aliran terjauh hingga saluran terdekat (L_0) = 85 m

$$Q_r = A \times \frac{1}{n} \times R^{2/3} \times S^{1/2}$$

2. Waktu Aliran Penampang/ *Inlet Time* (T_0)

$$T_0 = 0,0195 \left(\frac{L_0}{\sqrt{S_0}} \right)^{0,77}$$

$$T_0 = 0,0195 \left(\frac{85}{\sqrt{50}} \right)^{0,77}$$

$$= 0,226 \text{ menit} = 0,004 \text{ jam}$$

3. Waktu Kontrol/*Conduit Time* (T_d)

$$T_d = \frac{1}{3600} \times \frac{L_1}{V}$$

$$= \frac{1}{3600} \times \frac{15 \text{ m}}{2,40 \text{ m/s}}$$

$$= 0,002 \text{ jam}$$

4. Waktu Konsentrasi (T_c)

$$\begin{aligned} T_c &= T_o + T_d \\ &= 0,004 + 0,002 \\ &= 0,006 \text{ jam} \end{aligned}$$

5. Koefisien Tampungan (C_s)

$$\begin{aligned} C_s &= \frac{2T_c}{2T_c + T_d} \\ &= \frac{2 \times 0,006}{2 \times 0,006 + 0,002} \\ &= 0,857 \text{ jam} \end{aligned}$$

6. Koefisien Pengaliran (C)

Tanah gundul 0,7

7. CH Maksimal

Data curah hujan yang digunakan selama 10 tahun dihitung dari tahun 2013 – 2022 pada daerah penelitian. Data yang digunakan yaitu R_{max} atau data curah hujan tertinggi dalam setiap tahun. Berikut tabel perhitungan curah hujan selama 10 tahun.

Tahun	Curah Hujan Maksimum Harian (X _i) (mm/hari)	(X _i - \bar{X})	(X _i - \bar{X}) ²
2013	422	90,5	8190,25
2014	314	198,5	39402,25
2015	381	131,5	17292,25
2016	539	-26,5	702,25
2017	415	97,5	9506,25
2018	782	-269,5	72630,25
2019	630	-117,5	13806,25
2020	637	-124,5	15500,25
2021	677	-164,5	27060,25
2022	328	184,5	34040,25
Rerata	512,5	Jumlah	238130,5

8. Standar Deviasi (S_d)

$$\begin{aligned} S_d &= \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (R_i - \bar{R})^2}{n-1}} \\ &= \sqrt{\frac{238130,5}{10-1}} \\ &= 162,662 \text{ mm} \end{aligned}$$

9. Faktor Frekuensi Periode Ulang T Tahun (K)

$$\begin{aligned} K &= -\frac{\sqrt{6}}{\pi} \left(0,5772 + \ln \ln \frac{T}{T-1} \right) \\ &= -\frac{\sqrt{6}}{\pi} \left(0,5772 + \ln \ln \frac{10}{10-1} \right) \\ &= 1,305 \text{ mm/jam} \end{aligned}$$

10. CH maksimum dalam 24 Jam (R₂₄)

$$\begin{aligned} R_{24} &= R + (K \times S_d) \\ &= 512,5 + (1,305 \times 162,662) \\ &= 724,774 \text{ mm/jam} \end{aligned}$$

11. Intensitas CH (I)

$$\begin{aligned} I &= \frac{R_{24}}{24} \left(\frac{24}{T_c} \right)^{2/3} \\ &= \frac{724,774}{24} \left(\frac{24}{0,006} \right)^{2/3} \\ &= 7609,65 \text{ mm/jam} \end{aligned}$$

$$= 21,379 \times 10^{-5} \text{ m/s}$$

12. Debit Limpasan

$$\begin{aligned} Q &= 0,2748 \times C \times C_s \times I \times A \\ &= 0,2748 \times 0,7 \times 0,857 \times 21,379 \times 10^{-5} \times 10000 \\ &= 3,524 \text{ m}^3/\text{s} \end{aligned}$$

13. Debit Saluran Teras

Luas teras terbesar = 510 m²

$$\begin{aligned} Q &= 0,2748 \times C \times C_s \times I \times A \\ &= 0,2748 \times 0,7 \times 0,857 \times 21,379 \times 10^{-5} \times 510 \\ &= 0,180 \text{ m}^3/\text{s} \end{aligned}$$

Menurut Tahir dan Musa (2020) Koefisien kekasaran dinding saluran (*manning*) dengan bahan perancangan saluran tanah yaitu sebesar 0,030 dalam pembuatan dinding SPA dengan bentuk trapesium. Berikut tabel koefisien kekasaran dinding saluran (*manning*).

Perhitungan Dimensi Saluran Pembuangan Air (SPA)

Perhitungan yang telah didapatkan dari debit limpasan selanjutnya dapat digunakan untuk menghitung dimensi saluran. Desain *reggrading* pada *area* reklamasi terdapat 2 jenis saluran yaitu saluran parit dan saluran teras. Rumus yang digunakan dalam pembuatan dimensi SPA menggunakan rumus *manning*:

$$Q = V \times A$$

$$Q = \frac{1}{n} R^{\frac{2}{3}} S^{\frac{1}{2}} A$$

Dimana Q = Debit Saluran, A = Luas penampang basah, B = Lebar permukaan, R = Jari-jari hidrolis, S = Kemiringan dasar saluran (%), P = Keliling basah saluran, b = Lebar dasar saluran, dan h = Kedalaman penampang aliran.

a) Kemiringan Dinding Saluran (m)

$$\begin{aligned} m &= \cotg \alpha \\ &= \cotg 60 \\ &= 0,58 \end{aligned}$$

b) Lebar Dasar Saluran (b)

$$\begin{aligned} b &= 2h \sqrt{1 + m^2} - 2mh \\ &= 2h \sqrt{1 + 0,58^2} - 2(0,58)h \\ &= 1,15 h \end{aligned}$$

c) Luas Penampang (A)

$$\begin{aligned} A &= (b + m.h) h \\ &= (1,15h + 0,58h) h \\ &= 1,73 h^2 \end{aligned}$$

d) Lebar Permukaan Atas Saluran (B)

$$\begin{aligned} B &= 2h \sqrt{1 + m^2} \\ &= 2h \sqrt{1 + 0,58^2} \\ &= 2,31 h \end{aligned}$$

e) Keliling Basah Saluran (P)

$$\begin{aligned} P &= b + 2 (h) (1 + m^2)^{0,5} \\ &= 1,15 + 2 (h) (1 + 0,58^2)^{0,5} \\ &= 3,47 h \end{aligned}$$

f) Jari – Jari Hidrolis (R)

$$\begin{aligned} R &= \frac{A}{P} \\ &= \frac{1,73h^2}{3,47 h} \\ &= 0,5 h \end{aligned}$$

g) Tinggi Jagaan (F)

$$F = \sqrt{0,5 + h}$$

h) Tinggi Saluran (H)

$$H = h + F$$

Kemudian masukkan ke dalam persamaan rumus *mannig*. Pembuatan dimensi SPA menyesuaikan dengan nilai Q atau debit air limpasan yang didapatkan yaitu 3,524 m³/s dan debit saluran teras 0,180 m³/s.

1. Dimensi Saluran Teras

$$Q = \frac{1}{n} R^{\frac{2}{3}} S^{\frac{1}{2}} A$$

$$Q = \frac{1}{0,030} (0,5h^{\frac{2}{3}}) (0,005^{\frac{1}{2}}) (1,73h^2)$$

$$1,73h^2 = \frac{Q}{\frac{1}{0,030} \times (0,5h^{\frac{2}{3}}) \times 0,005^{0,5}}$$

$$h = \left(\frac{0,180}{0,86 \times \frac{1}{0,030} \times (0,005)^{0,5}} \right)^{\frac{3}{8}}$$

$$h = 0,58 \text{ m}$$

Substitusi,

a. Lebar Dasar Saluran (b)

$$\begin{aligned} b &= 1,15 h \\ &= 1,15 \times 0,58 \\ &= 0,67 \text{ m} \end{aligned}$$

b. Luas Penampang (A)

$$\begin{aligned} A &= 1,73 h^2 \\ &= 1,73 \times 0,58 \\ &= 1,00 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

c. Lebar Permukaan Atas Saluran (B)

$$\begin{aligned} B &= 2,31 h \\ &= 2,31 \times 0,58 \\ &= 1,34 \text{ m} \end{aligned}$$

d. Jari-Jari Hidrolis (R)

$$\begin{aligned} R &= 0,5 h \\ &= 0,5 \times 0,58 \\ &= 0,29 \text{ m} \end{aligned}$$

e. Tinggi Jagaan (F)

$$\begin{aligned} F &= \sqrt{0,5 + h} \\ &= \sqrt{0,5 + 0,58} \\ &= 0,54 \text{ m} \end{aligned}$$

f. Keliling Basah Saluran (P)

$$\begin{aligned} P &= 3,47 h \\ &= 3,47 \times 0,58 \\ &= 2,01 \text{ m} \end{aligned}$$

g. Kedalaman Saluran (H)

$$\begin{aligned} H &= h + F \\ &= 0,58 + 0,54 \\ &= 1,12 \text{ m} \end{aligned}$$

2. Dimensi Saluran Parit

$$Q = \frac{1}{n} R^{\frac{2}{3}} S^{\frac{1}{2}} A$$

$$Q = \frac{1}{0,030} (0,5h^{\frac{2}{3}}) (0,005^{\frac{1}{2}}) (1,73h^2)$$

$$1,73h^2 = \frac{Q}{\frac{1}{0,030} \times \left(0,5h^{\frac{2}{3}}\right) \times 0,005^{0,5}}$$

$$h^{\frac{8}{3}} = \frac{3,524}{0,86 \times \frac{1}{0,030} \times 0,005^{0,5}}$$

$$h = \left(\frac{3,524}{0,86 \times \frac{1}{0,030} \times (0,005)^{0,5}} \right)^{\frac{3}{8}}$$

$$h = 1,23 \text{ m}$$

Substitusi,

a. Lebar Dasar Saluran (b)

$$\begin{aligned} b &= 1,15 h \\ &= 1,15 \times 1,23 \\ &= 1,41 \text{ m} \end{aligned}$$

b. Luas Penampang (A)

$$\begin{aligned} A &= 1,73 h^2 \\ &= 1,73 \times 1,23^2 \\ &= 2,13 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

c. Lebar Permukaan Atas Saluran (B)

$$\begin{aligned} B &= 2,31 h \\ &= 2,31 \times 1,23 \\ &= 2,84 \text{ m} \end{aligned}$$

d. Jari-Jari Hidrolis (R)

$$\begin{aligned} R &= 0,5 h \\ &= 0,5 \times 1,23 \\ &= 0,62 \text{ m} \end{aligned}$$

e. Tinggi Jagaan (F)

$$\begin{aligned} F &= \sqrt{0,5 \times h} \\ &= \sqrt{0,5 \times 1,23} \\ &= 0,78 \text{ m} \end{aligned}$$

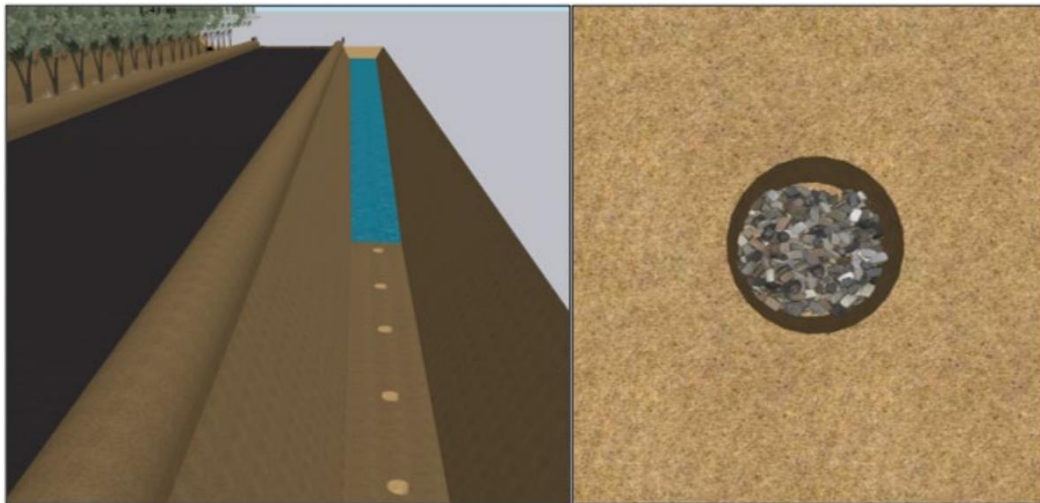
f. Keliling Basah Saluran (P)

$$\begin{aligned} P &= 3,47 h \\ &= 3,47 \times 1,23 \\ &= 4,27 \text{ m} \end{aligned}$$

g. Kedalaman Saluran (H)

$$\begin{aligned} H &= h + F \\ &= 1,23 + 0,78 \\ &= 2,01 \text{ m} \end{aligned}$$

Dimensi SPA yang dibuat berdasarkan perhitungan debit aliran di setiap jenjang dan debit aliran total timbunan yang diharapkan dapat menampung intensitas hujan yang turun. SPA dibuat dengan tujuan dapat meminimalisir terjadinya erosi oleh aliran air permukaan, karena air permukaan yang mengalir diharapkan dapat tertampung ke dalam saluran. Nilai koefisien kekasaran dinding saluran (manning) dengan bahan perancangan saluran tanah sebesar 0,030 dalam pembuatan dinding SPA. Koefisien pengaliran (C) yang digunakan yaitu tanah gundul atau tanpa vegetasi dengan nilai sebesar 0,7 dikarenakan pada rencana area reklamasi Jara Atas belum ditanami vegetasi dan tidak terdapat tanaman liar. Hasil perhitungan debit teras didapatkan nilai sebesar 0,18 m³/s dan debit saluran parit didapatkan nilai sebesar 3,524 m³/s.



Gambar 4. Rencana Desain Lubang Resapan pada SPA

Lubang resapan merupakan lubang buatan dengan bentuk silindris berdiameter 30 cm yang dibuat vertikal masuk ke dalam tanah dengan kedalaman 1 meter atau tidak melebihi muka air tanah. Air hujan yang masuk ke dalam lubang resapan terakumulasi menjadi air tanah (Karuniastuti, 2014). **Gambar 4.** menunjukkan bahwa lubang resapan dibuat dengan jarak 3 meter dan diisi dengan kerikil yang bertujuan untuk meningkatkan porositas tanah, mempercepat proses pembentukan tanah, mempercepat infiltrasi, dan dalam menyalurkan air juga lebih efektif. Selain itu lubang resapan juga dapat meningkatkan laju resapan air hujan dan untuk menghindari adanya genangan air. Lubang resapan dibuat sepanjang lereng landai hingga menuju ke chek dam dan diharapkan sebelum mengalir ke chek dam air dapat masuk ke lubang resapan.

Konsep lubang resapan ini merupakan pengembangan dari metode rorak atau saluran buntu dengan ukuran tertentu. Rorak berperan dalam menampung sedimen dari aliran permukaan dan tanah yang mengalami erosi, sama halnya dengan pembuatan lubang resapan. Selain itu, lubang resapan juga dapat mengendalikan aliran permukaan dengan memperlambat laju aliran permukaan. Apabila sedimen sudah penuh, maka dibuatkan kembali lubang yang sama di sepanjang saluran. Pembuatan lubang resapan memiliki manfaat dalam peresapan air ke dalam tanah dan mencegah banjir.



Gambar 5. Rancangan Penanaman Vegetasi

Setelah melalui kegiatan penataan lahan kemudian dilakukan penanaman *cover crop* berupa serai wangi. Menurut Arsyad (2010), salah satu faktor yang mempengaruhi erosi dan dapat dikendalikan adalah faktor vegetasi. *Cover crop* dapat memperlambat proses erosi dan menghambat pengangkutan partikel tanah. Faktor vegetasi yang mengendalikan erosi bergantung pada jenis tanaman, umur, akar, tinggi tanaman, dan tajuk tanaman. Tanaman dengan akar serabut dapat mengendalikan proses erosi dengan lebih efektif karena benang tipis dari akar serabut dapat mengikat partikel-partikel tanah sehingga membentuk tanah yang kohesif dan stabil. Menurut Mursalin (2020) bahwa *cover crop* serai wangi pada lahan reklamasi dapat memperbaiki fungsi lahan yang terdegradasi dari lahan yang kritis menjadi lahan yang subur.

Selanjutnya dilakukan revegetasi atau tanaman inti yaitu melakukan penanaman kembali pada lahan tersebut pasca pengambilan ore telah selesai. Tanaman yang dipilih untuk ditanami pada lahan reklamasi yaitu sengon buto. Menurut Garcia (1998) jenis sengon buto merupakan tanaman yang biasa digunakan dalam kegiatan reklamasi pascatambang karena kemampuannya beradaptasi pada tanah kritis atau kekurangan unsur hara. Tanaman sengon buto pada dasarnya memiliki khasiat untuk meningkatkan kandungan nitrogen di dalam tanah. Pasalnya, pada ujung akar sengon terdapat bintil-bintil yang berperan dalam pengikatan nitrogen.

Gambar 5. menunjukkan bahwa tanah pada bagian yang ditanami vegetasi cenderung cekung ke dalam dengan tujuan agar saat hujan turun air dapat terkonsentrasikan meresap ke dalam vegetasi yang telah ditanam. Hal tersebut diharapkan dapat membantu vegetasi agar mendapatkan air yang cukup dan dapat mencegah erosi tanah terjadi. Tanah yang berbentuk cekung juga dapat menahan pupuk dan nutrisi dari potensi terjadinya erosi.

KESIMPULAN

Hasil pengukuran laju erosi didapatkan nilai rata-rata laju erosi di kemiringan lereng landai sebesar 305,018 ton/ha dan kemiringan lereng curam sebesar 507,394 ton/ha. Pengamatan erosi yang ditemukan didominasi erosi alur pada kemiringan lereng landai dan curam. Faktor yang mempengaruhi besar atau kecilnya laju erosi pada daerah penelitian adalah intensitas hujan. Rekomendasi arahan pengelolaan menggunakan pendekatan teknologi dan institusi. Pendekatan teknologi yaitu penataan geometri lereng *regrading*, pembuatan Saluran Pembuangan Air (SPA), serta penanaman vegetasi *cover crop* serai wangi dan tanaman sengon laut.

UCAPAN TERIMA KASIH

Segala puji dan syukur kepada Allah SWT yang telah melimpahkan nikmat, rahmat serta hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan penelitian ini. Terima kasih kepada dosen Jurusan Teknik Lingkungan UPN “Veteran Yogyakarta atas ilmu dan bimbingan yang telah diberikan kepada penulis selama menyusun penelitian, kepada kedua orangtua yang selalu memberikan bantuan, doa, semangat dan materi, serta kepada semua pihak yang telah membantu dalam penelitian.

DAFTAR PUSTAKA

- Arsyad, S. (2010). *Konservasi Tanah Dan Air*. Edisi Kedua Cetakan Kedua. Bogor: Institut Pertanian Bogor.
- Garcia-Montiel, D.C., & Binkley, D. (1998). Effect of Eucalyptus Saligna and Albizia Falcataria on Soil Processes and Nitrogen Supply in Hawaii. *Oecologia* 113(4):547– 556.
- Karuniastuti, N. (2014). Teknologi Biopori untuk Mengurangi Banjir dan Tumpukan Sampah Organik. *Jurnal Forum Teknologi*, 04(2), 64.
- Mursalin.,Eva Achmad., & Ardi Novra. (2020). Pengembangan Tanaman Sereh Wangi untuk Bioreklamasi Lahan dan Pemberdayaan Ekonomi Masyarakat di Maro Jambi. *Jurnal Ilmiah Pengabdian kepada Masyarakat*. Vol 6(3): 206- 212.
- Sandan, S., & Nurholis, M. (2023). Perencanaan Penataan Lahan Pada Lahan Reklamasi PT. Mega Multi Energi, Barito Utara, Kalimantan Tengah. *Jurnal Penelitian Tambang*. 6(2), 82-94.

Suripin. (2004). Sistem Drainase Perkotaan yang Berkelanjutan. Yogyakarta: Andi.

Tahir, M., & Musa, R. (2020). Kajian Koefisien Kekasaran Manning (n) Pasangan Batu dan Beton Berdasarkan Kuantifikasi Kekasaran Hidrolis (Studi Kasus Daerah Irigasi Wawotobi Kab. Konawe Sultra). *Jurnal Teknik Sipil MACCA*, 5(2), 118–132.