

**KAJIAN DIMENSI PENYALIRAN PADA TAMBANG TERBUKA
PT BATURONA ADIMULYA KABUPATEN MUSI BANYUASIN
PROPINSI SUMATERA SELATAN**

Oleh : Diyah Ayu Purwaningsih¹ dan Suhariyanto²

ABSTRAK

Metode yang biasa digunakan untuk mencegah masuknya air limpasan dari luar pit adalah metode paritan, karena metode ini yang paling mudah dalam pengerjaannya. Namun demikian perencanaan yang matang harus tetap dilaksanakan sehingga paritan dan *sediment pond* menjadi *efektif*. Dari hasil pengolahan data, diperoleh debit air limpasan sebesar 4,14 m³/det, kecepatan aliran pada paritan sebesar 1,65 m/det serta angka froude sebesar 0,43. Dimensi paritan yang ideal menurut perhitungan adalah kedalaman aliran 1,35 m dengan tinggi jagaan 0,20 m, panjang sisi dari dasar ke permukaan 1,44m, lebar dasar saluran 1,89 m, lebar permukaan air 2,87 m. Pada beberapa titik di bagian tengah dan hilir paritan masih perlu dilebarkan sesuai lebar perhitungan yang ideal dan ditinggikan tanggulnya untuk mencegah terjadinya luapan saat paritan mengalirkan debit maksimal. Dari hasil perhitungan pada *sediment pond* diperoleh waktu yang dibutuhkan untuk pengendapan adalah 425,53 detik, sedangkan waktu yang dibutuhkan partikel untuk keluar dari *sediment pond* adalah 27469,23 detik. *Sediment pond* memiliki panjang total 107,13 m, luas total 1070,55 m², serta volume 2141,10 m³ sedangkan luas yang ideal berdasarkan perhitungan adalah 880,85 m², pada saat terjadi debit maksimal air yang masuk ke *sediment pond* selama 425,53 detik adalah 1761,69 m³, yang berarti dimensi *sediment pond* tersebut mampu untuk menampung air limpasan serta mengendapkan material yang dibawa pada saat debit air maksimum.

Kata Kunci : Drainase, Debit air limpasan, Dimensi paritan, Dimensi sediment pond

¹ Dosen Program Studi Teknik Pertambangan Fakultas Teknik Universitas Kutai Kartanegara

² Mahasiswa Program Studi Teknik Pertambangan Fakultas Teknik Universitas Kutai Kartanegara

PENDAHULUAN

Latar Belakang

Sistem penyaliran pada tambang terbuka secara garis besar dibagi menjadi dua, yaitu dapat berupa pencegahan air yang akan masuk ke lokasi penambangan atau pengendalian air yang telah masuk ke lokasi penambangan.

Apabila sistem drainase diluar tambang cukup *efektif* menahan air limpasan agar tidak masuk ke pit penambangan, maka proses *dewatering* akan lebih ringan karena jumlah air yang tergenang bisa diminimalisir. Dengan permasalahan tersebut maka perlu dilakukan kajian tentang sistem penyaliran diluar tambang guna mencegah air limpasan masuk ke area penambangan sehingga dapat diambil penyelesaian masalah tersebut dengan tepat.

Pencegahan masuknya air dari luar pit yang biasa digunakan adalah metode paritan, karena metode ini yang paling mudah dalam pengerjaannya. Namun demikian perencanaan yang matang harus tetap dilaksanakan sehingga paritan dan *sediment pond* menjadi *efektif*.

Tujuan Penelitian

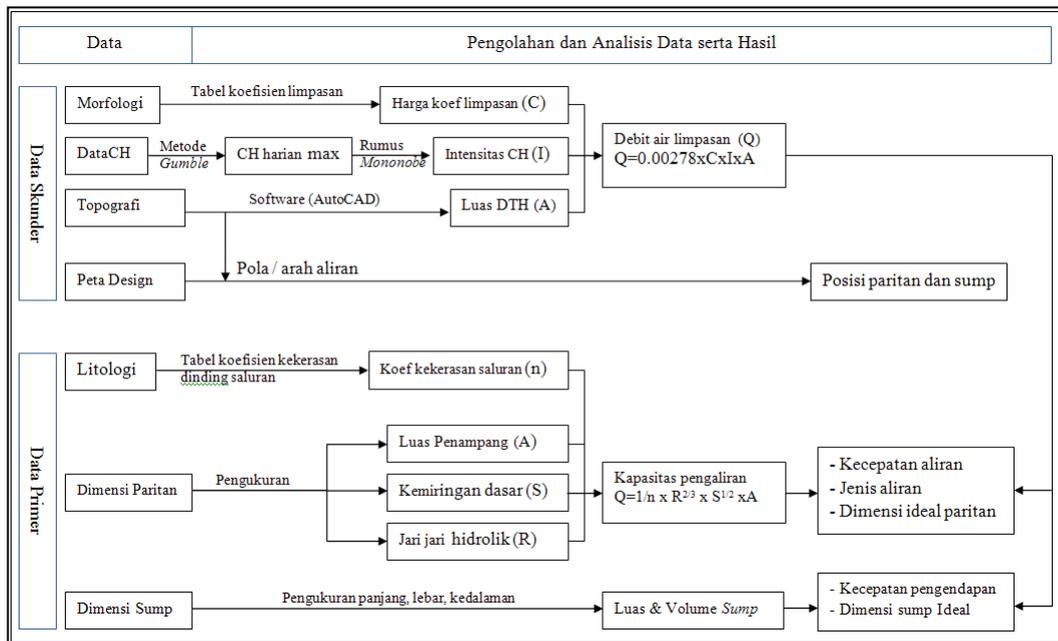
1. Untuk mengetahui debit air limpasan disekitar lokasi pit penambangan.
2. Untuk mengetahui kecepatan dan jenis aliran pada paritan, serta dimensi paritan yang ideal.
3. Untuk mengetahui kecepatan pengendapan pada *sediment pond*, serta dimensi *sediment pond* yang ideal.

Batasan Masalah

Penelitian hanya terbatas pada pengkajian dimensi paritan dan *sediment pond* diluar pit guna mencegah air limpasan masuk ke areal tambang, dengan tidak memperhitungkan debit air bawah tanah. Debit air bawah tanah diabaikan berdasarkan data pengeboran yang telah dilakukan oleh PT Baturona Adimulya, dimana keterdapatn sumber air tanah berada pada kedalaman lebih dari 5 meter, dengan dicirikan material yang memiliki permeabilitas tinggi berada rata-rata pada kedalaman tersebut. Sedangkan pada disposal area, air tanahnya juga diabaikan karena bagian dasar disposal berada pada elevasi dibawah elevasi parit dan bagian dasarnya memiliki kemiringan berlawanan arah dengan posisi paritan .

Metodologi Penelitian

1. Studi pustaka dilakukan dengan mencari bahan pustaka yang menunjang penelitian berupa materi tentang penyaliran.
2. Pengambilan data berupa data primer dan skunder, serta pengolahan data dapat dijelaskan pada diagram berikut.



Gambar 1. Diagram Alir Pengolahan Data

- Hasil, dari data yang telah diolah dan dilakukan analisis maka akan dapat di ambil kesimpulan mengenai perbandingan dimensi paritan serta *sediment pond* aktual dan yang ideal untuk selanjutnya ditentukan langkah-langkah perbaikan.

HASIL PENELITIAN

Morfologi dan Daerah Tangkapan Hujan

Berdasarkan hasil pengamatan di daerah penyelidikan dan sekitarnya serta pengolahan data menggunakan *software AutoCAD*, daerah ini memiliki kelas lereng miring landai (0-15%) dengan ketinggian antara 15 - 40 m dpl. Hal tersebut berdasarkan klasifikasi menurut *Desaunettes (1977)*. Sedangkan disposal area memiliki kelas lereng agak curam (16-30%) s/d curam (31-75%).

Tabel 1.

Klasifikasi kelas lereng menurut *Desaunettes (1977)*

No	Kelas lereng (%)	Wilayah Lereng
1	0 - 15	Landai
2	16 - 30	Agak Curam
3	31 - 50	Curam
4	51 - 75	Sangat Curam
5	Diatas 75	Terjal

(Sumber: Modifikasi Wilayah Lereng *Desaunettes*)

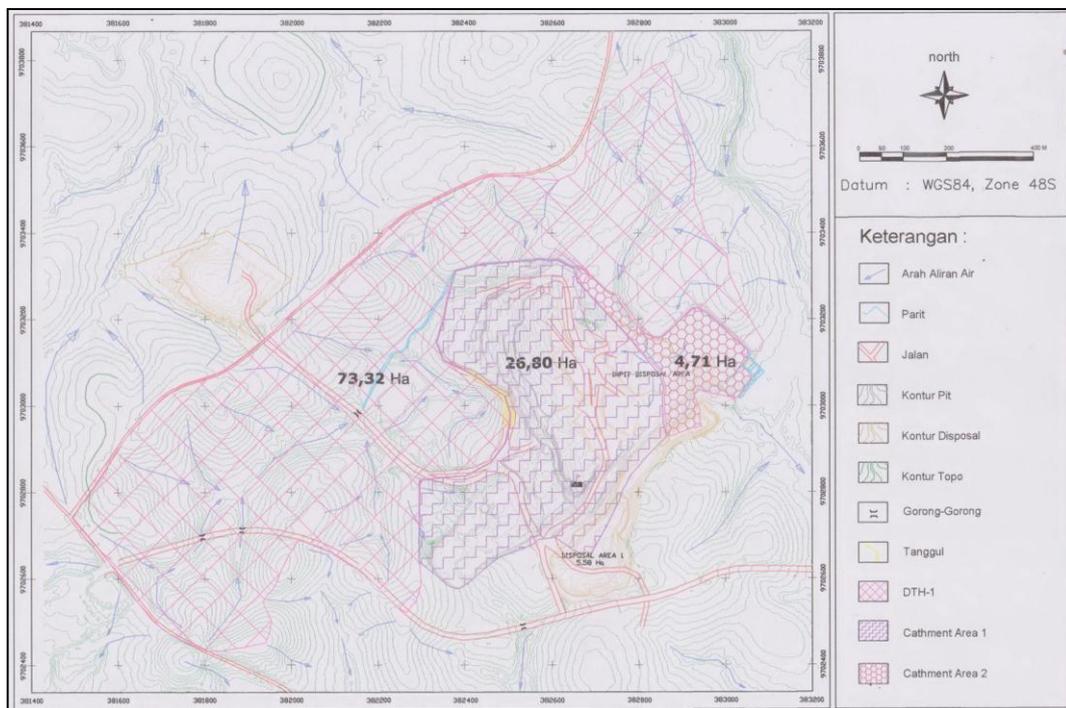
Terdapat dua sumber air yang memerlukan penanganan *mine drainage* sebagai upaya pencegahan air limpasan masuk ke area penambangan yaitu DTH-1

berupa perkebunan dan semak belukar dengan kemiringan 2% - 15% dengan koefisien limpasan sebesar 0,4 seluas 73,32 Ha, dan Cathment Area-2 dari disposal tanpa tanaman dengan kemiringan diatas 15% dengan koefisien limpasan sebesar 0,9 seluas 4,71 Ha.

Tabel 2.
Tabel Harga Koefisien Limpasan

Kemiringan	Tutupan	Koefisien limpasan
3%	Sawah, rawa	0,2
	Hutan, perkebunan	0,3
	Perumahan dengan kebun	0,4
3% - 15%	Hutan, perkebunan	0,4
	Perumahan	0,5
	Tumbuhan yang jarang	0,6
	Tanpa tumbuhan, daerah penimbunan	0,7
>15%	Hutan	0,6
	Perumahan, kebun	0,7
	Tumbuhan yang jarang	0,8
	Tanpa tumbuhan, daerah tambang	0,9

(Rudy Sayoga, 1995)



Gambar 2. Peta Pembagian Daerah Tangkapan Hujan

Intensitas Curah Hujan

Sumber utama air permukaan pada tambang terbuka adalah air hujan. Data curah hujan diperoleh dari stasiun pengamatan PT. Baturona Adimulya tahun 2005 sampai tahun 2014. Pengolahan data menggunakan metode *Gumble*. Dari pengolahan data diperoleh curah hujan maksimal rata-rata 97,65 mm, serta curah hujan harian rencana sebesar 127,96 mm. Selanjutnya data curah hujan diolah menggunakan rumus mononobe sebagai berikut :

$$I = \frac{R_{24}}{24} \left(\frac{24}{t} \right)^{2/3} \quad I = \frac{127,96}{24} \left(\frac{24}{1} \right)^{2/3} \quad I = 44,36$$

Dari rumus tersebut diperoleh nilai intensitas curah hujan sebesar 44,36 mm/jam.

Debit Air Limpasan

Debit air limpasan untuk masing-masing daerah tangkapan hujan dapat dihitung menggunakan rumus rasional $Q = 0,00278 C I A$

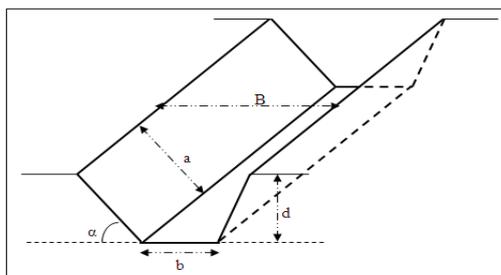
Tabel 3.
Hasil Perhitungan Debit Air Limpasan

No	Luas (A)(Ha)	Koefisien limpasan (C)	Intensitas CH (I) (mm/jam)	Debit Air Limpasan (Q)(m ³ /det)
DTH-1	73,32	0,4	44,36	3,62
Cathment Area-2	4,71	0,9	44,36	0,52

Kedua area tersebut aliran air limpasannya mengalir melalui paritan dan *sediment pond* yang sama sehingga dalam perhitungan ini debit air limpasan adalah total dari debit air limpasan dari DTH-1 dan *cathment area-2* yaitu sebesar 4,14 m³/det

Dimensi dan Geometri Paritan

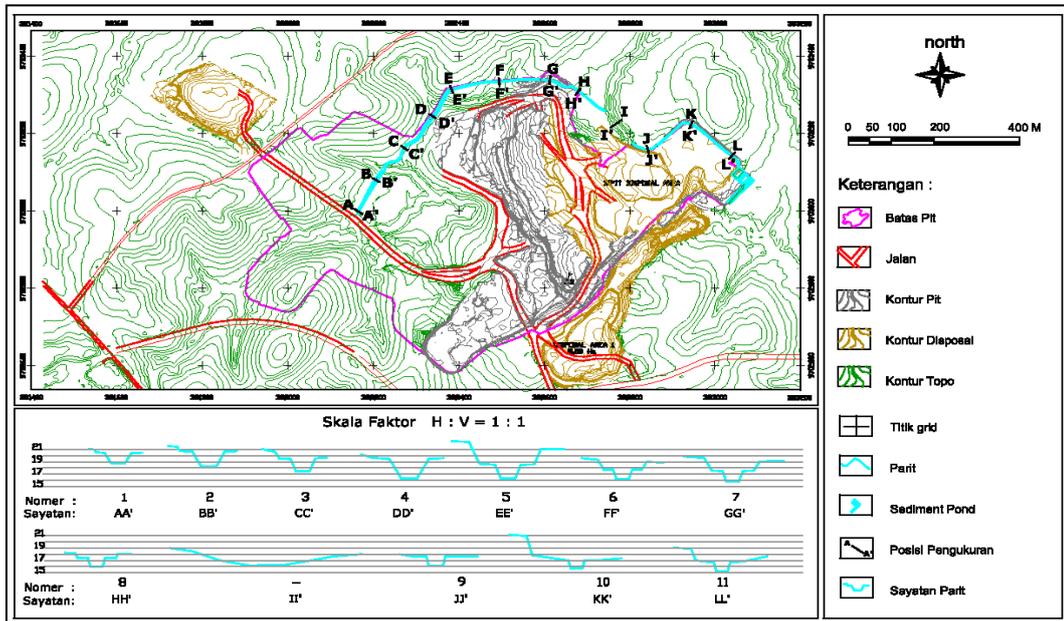
Paritan pada tambang terbuka PT Baturona Adimulya memiliki penampang trapesium dengan sudut kemiringan dinding saluran rata-rata 70°, material berupa sub soil tanpa pengerasan, koefisien kekasaran menurut *manning* sebesar 0,03.



Keterangan:

- a : panjang sisi saluran
- b : lebar dasar saluran
- B: lebar permukaan air
- α : sudut kemiringan dinding
- d : kedalaman aliran
- x : tinggi jagaan

Gambar 3. Bentuk Penampang Saluran Penyaliran



Gambar 4. Posisi Pengukuran dan Sayatan Paritan

Menurut Chow Ven Te, 1992 dijelaskan unsur-unsur geometrik pada saluran terbuka dapat dihitung menggunakan rumus :

1. Luas basah $A = d \times (b + TB) / 2$
2. Keliling basah $P = 2a + b$
3. Jari-jari hidrolik $R = A / P$
4. Kedalaman Hidrolik $D = A / B$

Berdasarkan rumusan tersebut, maka dari dimensi paritan hasil pengukuran dapat dihitung unsur – unsur geometrik sebagai berikut:

Tabel 4.
Hasil Pengukuran Dimensi Paritan dan Perhitungan Unsur Geometrik

No	d	a	b	B	A= d x (b+B)/2	P= 2a + b	R= A/P	D= A/B
1	1,72	2,00	1,96	3,94	5,07	5,96	0,85	1,29
2	2,40	2,63	2,20	4,72	8,30	7,46	1,11	1,76
3	2,10	2,30	2,04	3,71	6,04	6,64	0,91	1,63
4	3,16	3,64	2,34	5,77	12,81	9,62	1,33	2,22
5	2,22	2,35	2,13	3,76	6,54	6,83	0,96	1,74
6	1,46	1,51	1,81	2,78	3,35	4,83	0,69	1,21
7	1,67	1,74	1,93	2,95	4,07	5,41	0,75	1,38
8	1,44	1,48	1,80	2,51	3,10	4,76	0,65	1,24
9	1,64	1,69	2,22	2,92	4,21	5,60	0,75	1,44
10	1,35	1,44	1,86	2,49	2,94	4,74	0,62	1,18
11	1,49	1,54	1,80	2,53	3,23	4,88	0,66	1,28
Rata - rata					5,42	6,07	0,84	1,49

Kemiringan dasar saluran dapat dihitung berdasarkan beda ketinggian pada bagian hulu dan hilir dari saluran dibagi total panjang saluran. Dari data yang diperoleh setelah diolah menggunakan perangkat lunak autoCAD diperoleh total panjang saluran (L) sebesar 1193 meter. Ketinggian dasar saluran pada bagian hulu (Z_1) adalah 18,71 meter, dan ketinggian dasar saluran pada bagian hilir (Z_2) adalah 15,05 meter, sehingga dapat dihitung beda tingginya sebagai berikut :

$$\begin{aligned}\Delta Z &= Z_1 - Z_2 \\ &= 18,71 \text{ m} - 15,05 \text{ m} \\ &= 3,66 \text{ m}\end{aligned}$$

Kemiringan dasar saluran dapat dihitung sebagai berikut:

$$\begin{aligned}S &= (\Delta Z / L) \times 100\% \\ &= (3,66/1193) \times 100\% \\ &= 0,31\%\end{aligned}$$

Kecepatan Aliran, Energi Spesifik, dan Jenis Aliran

Kecepatan aliran bisa dihitung menggunakan rumus *Manning*:

$$\begin{aligned}v &= 1/n \cdot S^{1/2} \cdot R^{2/3} \\ &= 1/0,03 \times 0,0031^{1/2} \times 0,84^{2/3} \\ &= 1,65 \text{ m/s}\end{aligned}$$

Dimana :

- v = Kecepatan rata-rata (m/s)
- R = Jari-jari hidrolik (m)
- S = Kemiringan/slope
- n = Koefesien kekasaran

Untuk menentukan jenis aliran maka yang diperlukan adalah perhitungan bilangan *Froude* dengan menggunakan persamaan:

$$\begin{aligned}F &= \frac{v}{\sqrt{gD}} \\ F &= 1,66 / \sqrt{(9,8 \times 1,49)} \\ &= 0,43\end{aligned}$$

Dimana:

- F = Bilangan Froude
- v = Kecepatan rata-rata (m/s)
- g = Percepatan gravitasi (9,8 m/s²)
- D = Kedalaman hidrolik (m)

Dari hasil perhitungan diperoleh kecepatan aliran sebesar 1,65 meter per detik serta bilangan *Froude* sebesar 0,43. Angka *Froude* kurang dari 1 berarti aliran bersifat subkritis, dalam keadaan ini peranan gaya tarik bumi lebih menonjol sehingga lebih berpotensi untuk mengalami pengendapan.

Dimensi Paritan yang Ideal

Dimensi paritan yang ideal adalah dimensi paritan yang dapat mengalirkan debit yang maksimum dengan keliling basah minimum. Dimensi paritan yang ideal dihitung dengan menggunakan rumus *Manning* :

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

Dengan ketentuan:

$$b/d = 2 ((1 + m)^{1/2} - m)$$

$$m = \cotg \alpha$$

$$R = 1/2 d$$

$$a = d / \sin \alpha$$

$$A = b d + m d^2$$

$$B = b + 2 m d$$

$$x = 0,15d$$

Dengan menggunakan rumus diatas maka dimensi paritan yang ideal dapat dihitung sebagai berikut:

$$m = \cotg 70^\circ = 0,364$$

$$b/d = 2 ((1+m^2)^{1/2} - m) = 2 ((1 + 0,364)^{1/2} - 0,364) = 1,400$$

$$b = 1,400 d$$

$$\begin{aligned} A &= b d + m d^2 \\ &= 1,400 d^2 + 0,364 d^2 \\ &= 1,764 d^2 \end{aligned}$$

Sehingga :

$$Q = (1/n) (0.5d)^{2/3} S^{1/2} 1,764d^2$$

$$Q = (1/n) (0.5)^{2/3} d^{2/3} S^{1/2} 1,764d^2$$

$$1.764 d^{8/3} = Q / (1/n) (0.5)^{2/3} S^{1/2}$$

$$d^{8/3} = Q / 1,111(1/n)S^{1/2}$$

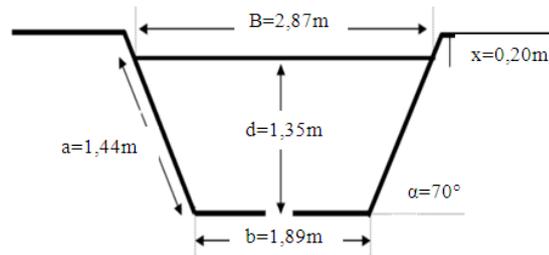
$$d = \left[\frac{Q}{1,111(1/n)(S^{1/2})} \right]^{3/8} \quad d = \left[\frac{4,14}{1,111(1/0,03)(0,003^{1/2})} \right]^{3/8}$$

$$d = 1,35 \text{ m}$$

$$\begin{aligned} b &= 1,400 d \\ &= 1,400 \times 1,35 \\ &= 1,89 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} a &= d / \sin \alpha \\ &= 1,35 / \sin 70 \\ &= 1,44 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 A &= 1,764 d^2 \\
 &= 1,764 \times 1,35^2 \\
 &= 3,23 \text{ m} \\
 B &= b + 2 m d \\
 &= 1,89 + (2 \times 0,364 \times 1,35) \\
 &= 2,87 \text{ m} \\
 x &= 0,15d \\
 &= 0,15 \times 1,35 \\
 &= 0,20 \text{ m}
 \end{aligned}$$



Berdasarkan perhitungan, terdapat dua titik yang menunjukkan luas basah dibawah luas basah ideal sebesar 3,23 m² yaitu sebesar 3,10 m² dan 2,94 m² yang sangat berpotensi terjadi luapan aliran pada titik tersebut karena dimensi paritan tidak mampu menampung debit maksimal yang direncanakan

Dimensi dan Geometri Sediment Pond

Sediment pond PT Baturona Adimulya dibuat sebanyak 6 (enam) kolam dengan pemisah berupa sekat berbentuk zig-zag yang berfungsi untuk mengurangi kecepatan aliran.

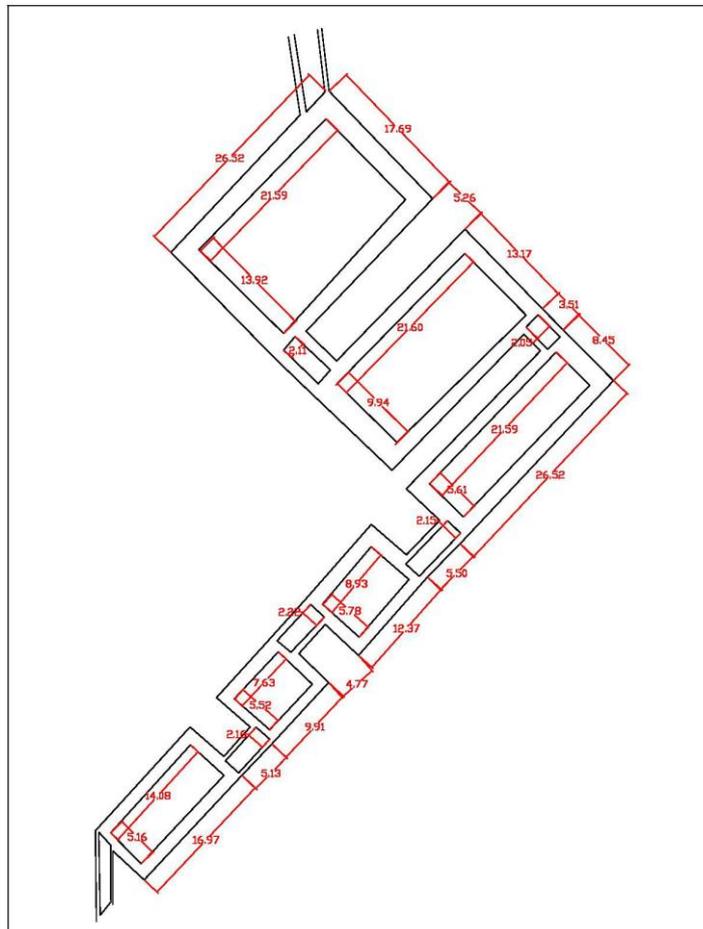
Karena dinding kolam dibuat dengan slope sekitar 60° maka luas bagian permukaan dan luas bagian dasar kolam berbeda. Sehingga untuk menghitung luas kolam diambil panjang serta lebar rata-rata dari bagian atas dan dasar kolam. Perhitungan luas tiap kolam disajikan pada tabel berikut ini:

Tabel 5.
Hasil Pengukuran dan Perhitungan Luas Kolam Pengendapan

No	Panjang (p)			Lebar (ℓ)			pxℓ rata-rata
	atas	dasar	rata ²	atas	dasar	rata ²	Luas rata-rata
Kolam1	26,52	21,59	24,06	17,69	13,92	15,81	380,39
Kolam2	26,52	21,60	24,06	13,17	9,94	11,56	278,13
Kolam3	26,52	21,59	24,06	8,45	5,61	7,03	169,14
Kolam4	12,37	8,93	10,65	8,45	5,78	7,12	75,83
Kolam5	9,91	7,63	8,77	8,45	5,52	6,99	61,30
Kolam6	16,97	14,08	15,53	8,45	5,16	6,81	105,76
Total Panjang			107,13	Total Luas			1070,55

Jadi dari hasil perhitungan dari keenam kolam diperoleh panjang total 107,13 m, dan luas total sebesar 1070,55 m². Dengan kedalaman air rata rata 2 meter dapat dihitung volume kolam pengendapan adalah sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
 \text{Volume} &= 1070,55 \text{ m}^2 \times 2 \text{ m} \\
 &= 2141,10 \text{ m}^3
 \end{aligned}$$



Gambar 5. Bentuk dan Dimensi *Sediment Pond*

Dari data yang diperoleh diketahui :

- ρ_p = berat jenis partikel padatan adalah 1700 kg/m^3
- ρ_a = berat jenis air adalah 1000 kg/m^3
- μ = kekentalan dinamik air ($1,31 \times 10^{-6} \text{ kg/mdetik}$)
- D = diameter partikel padatan ($4 \times 10^{-6} \text{ m}$)
- g = percepatan gravitasi adalah $9,8\text{m/detik}^2$

Kecepatan pengendapan dapat dihitung sebagai berikut :

$$v = \frac{g \cdot D^2 \cdot (\rho_p - \rho_a)}{18\mu} \qquad v = \frac{9,8(4 \times 10^{-6})^2 (1700 - 1000)}{18(1,31 \times 10^{-6})}$$

$$v = 0,0047 \text{ m/det}$$

Waktu yang dibutuhkan oleh partikel untuk mengendap dengan kecepatan (v) sejauh (h) dapat dihitung menggunakan rumus :

$$t_v = h/v \text{ (detik)}$$

$$= 2/0,0047$$

$$= 425,53 \text{ detik}$$

Dimana:

- tv = waktu pengendapan partikel (detik)
 v = kecepatan pengendapan partikel (m/detik)
 h = Kedalaman Saluran (m)

Volume air yang masuk ke kolam pengendapan selama waktu pengendapan adalah:

$$V = tv \times Q_{total}$$

$$= 425,53 \text{ detik} \times 4,14 \text{ m}^3/\text{detik}$$

$$= 1761,69 \text{ m}^3$$

Waktu yang dibutuhkan partikel untuk keluar dari kolam pengendapan dapat dihitung menggunakan rumus :

$$th = P/vh \text{ (detik) dengan } vh = \frac{Q_{total}}{A}$$

Dimana :

- vh = kecepatan mendatar partikel (m/detik)
 Qtotal = Debit aliran yang masuk ke kolam pengendapan (m³/detik)
 A = Luas permukaan Saluran (m²)
 P = Panjang kolam pengendapan (m)

Dengan menggunakan persamaan persamaan diatas diperoleh hasil perhitungan waktu partikel untuk keluar, sebagai berikut :

$$vh = Q_{total} / A$$

$$= 4,14 / 1070,55$$

$$= 0,0039 \text{ m/detik}$$

$$th = P / vh$$

$$= 107,13 / 0,0039$$

$$= 27469,23 \text{ detik}$$

Dari hasil perhitungan dari keenam kolam pengendapan diperoleh panjang total sebesar 107,13 m, luas total sebesar 1070,55 m² dan volume total 2141,10 m³. Kecepatan pengendapan pada kolam pengendapan sebesar 0,0047 m/det, waktu pengendapan 425,53 detik, waktu partikel untuk keluar 27469,23 detik. Volume air yang masuk ke kolam pengendapan selama 425,53 detik pada saat debit maksimal adalah 1761,69 m³. Luas kolam pengendapan (*sediment pond*) yang ideal berdasarkan perhitungan adalah 880,85 m². Jadi berdasarkan perhitungan, maka kolam pengendapan PT Baturona Adimulya sudah lebih dari cukup untuk menampung air limpasan serta mengendapkan material yang dibawa pada saat debit air maksimum sesuai yang direncanakan

KESIMPULAN

Berdasarkan pembahasan yang sudah dilakukan berupa paritan dan kolam pengendapan untuk mencegah air limpasan dari luar tambang masuk ke lokasi penambangan, diperoleh:

- Debit air limpasan sebesar 4,14 m³/det, yang berasal dari dua daerah tangkapan hujan.
- Kecepatan aliran pada paritan sebesar 1,65 m/det serta angka froude sebesar 0,43, yang berarti aliran bersifat subkritis, dalam keadaan ini peranan gaya tarik bumi lebih menonjol sehingga lebih berpotensi untuk mengalami pengendapan. Dimensi paritan yang ideal menurut perhitungan adalah kedalaman aliran 1,35 m dengan tinggi jagaan 0,20 m, panjang sisi dari dasar ke permukaan 1,44 m, lebar dasar saluran 1,89 m, lebar permukaan air 2,87 m, luas basah sebesar 3,23 m². Berdasarkan perhitungan tersebut, pada beberapa titik di bagian tengah dan hilir paritan masih perlu dilebarkan sesuai lebar perhitungan yang ideal dan ditinggikan tanggulnya untuk mencegah terjadinya luapan saat paritan mengalirkan debit maksimal.
- Kecepatan pengendapan pada kolam pengendapan sebesar 0,0047 m/det, waktu pengendapan 425,53 detik, sedangkan waktu yang dibutuhkan partikel untuk keluar dari kolam pengendapan adalah 27469,23 detik. Kolam pengendapan memiliki panjang total 107,13 m, luas total 1070,55 m², serta volume 2141,10 m³ sedangkan luas yang ideal berdasarkan perhitungan adalah 880,85 m², pada saat terjadi debit maksimal air yang masuk ke kolam pengendapan selama 425,53 detik adalah 1761,69 m³, yang berarti dimensi kolam pengendapan tersebut mampu untuk menampung air limpasan serta mengendapkan material yang dibawa pada saat debit air maksimum.

DAFTAR PUSTAKA

- Chow, V., Te., 1992, *Hidrolika Saluran Terbuka (Open Channel Hydrolics)* Terjemahan Erlangga, Jakarta
- De Coster, G. L., 1974, *The Geology of the Central and South Sumatra Basin*, Proceedings 3rd Annual Convention IPA, Juni 1974, Jakarta.
- Desaunettes, JR., 1977, *Catalogue of Landforms for Indonesia: Examples of Physiographic Approach to Land Evaluation for Agriculture Development*, Soil Research Institute, Bogor.
- Gafoer, S., dkk, 1986, *Pemetaan Geologi Indonesia Lembar Lahat, Sumatera Selatan*. Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi, Bandung
- Gautama, R., S., 1995, *Diktat Sistem Penyaliran Tambang*, Jurusan Teknik Pertambangan, ITB, Bandung

- Hartman, Howard L., 1987, *Introductory Mining Engineering*, A Wiley Interscience Production, John Wiley and sons, Toronto.
- Huisman L., 1977, *Sedimentation and Flotation Mechanical*, Filtration, DELFT University of Technology, Kawamura.
- Kite, G. W., 1977, *Frequency and risk analyses in hydrology*, Water Resources Publications, Fort Collins, Colorado.
- Koesoemadinata dan Hardjono, 1977. *Kerangka sedimenter endapan batubara Tersier Indonesia*, Pertemuan Ilmiah Tahunan VI, IAGI
- Mori, K., 1975, *Manual of Hidrology*, Terjemahan, Pradnya Paramita, Jakarta
- Nurhakim, 2003, *Bahan Kuliah Tambang Terbuka*, Program Studi Teknik Pertambangan FT Unlam, Banjarbaru, Banjarmasin.
- Shell Mijnbouw, 1978, *Geological Map of the South Sumatra Coal Province*, scale 1:250.000.
- Sosrodarsono, S., dan Takeda., 1980, *Hidrologi untuk Pengairan*. Pradnya Paramita, Jakarta
- Suwandhi, A. 2004, *Perencanaan Sistem Penyaliran Tambang*, Diklat Perencanaan Tambang Terbuka, Unisba, Bandung
- Van Gorsel, J. T., 1988, *Biostratigraphi in Indonesia : Method Pitfalls and New Directions*, 17th IPA Proceed.
- Wiley, J., & Son, 1985, *Soil and Water Conservation Engineering*, A Wiley Interscience Production, Toronto