

Sistem Penyaliran Tambang Pit 19d Untuk Yearly Plan 2012 PT. Indominco Mandiri Bontang Kalimantan Timur

Yeremia P J Sembiring¹, Albertho Paays², Waterman S B², Asri Fridtriyanda²

¹ Magister Teknik Pertambangan, Universitas Pembangunan Nasional “Veteran” Yogyakarta

² Magister Teknik Pertambangan, Universitas Pembangunan Nasional “Veteran” Yogyakarta

Korespondensi: yeremiasembiring@gmail.com

ABSTRAK

Bukaan tambang 19D merupakan salah satu lokasi penambangan milik PT. Indominco Mandiri yang terletak di Kabupaten Bontang, Provinsi Kalimantan Timur. Sistem penambangan yang diterapkan adalah sistem tambang terbuka dengan metode stripmine. Pada tambang terbuka, sumber air yang masuk ke dalam tambang pada umumnya berasal dari air hujan yang langsung masuk ke bukaan tambang, air limpasan dari daerah tangkapan hujan di sekitar bukaan tambang, dan air tanah yang merembes pada jenjang bukaan tambang. Apabila dari sumber air tambang tersebut tidak ditangani dengan baik maka akan berpengaruh dalam kegiatan penambangan endapan Batubara di bukaan tambang 19D. Oleh karena itu perlu adanya rancangan sistem penyaliran tambang yang memadai untuk mendukung rencana penambangan Batubara di bukaan tambang 19D. Berdasarkan analisis data curah hujan tahun 2001-2011, diperoleh curah hujan rencana adalah 104,76 mm/hari, intensitas curah hujan sebesar 36,3 mm/jam dengan periode ulang hujan 3 tahun dan resiko hidrologi sebesar 98,27 %. Daerah tangkapan hujan pada lokasi penelitian dibagi menjadi lima daerah tangkapan hujan, yaitu DTH I= 0,203 km², DTH II= 0,529 km², DTH III= 0,252 km², DTH IV= 0,317 km², dan DTH = 0,272 km². Debit air hujan yang langsung masuk ke bukaan tambang adalah 26,03 m³/detik dan debit air limpasan sebesar 2,35 m³/detik, sedangkan air tanah tidak memberikan kontribusi terhadap debit air tambang.

Metode penyaliran yang akan diterapkan adalah gabungan antara Mine Drainage dan Mine dewatering yaitu upaya untuk mencegah supaya air tidak masuk ke areal penambangan dan mengeluarkan air yang masuk ke bukaan tambang. Saluran terbuka dibuat di sekitar bukaan tambang. Dimensi tiap saluran adalah:

- Saluran I : a = 2,2 m; b = 2 m; B = 4 m; h = 2 m.
- Saluran II : a = 1,2 m; b = 1,2 m; B = 2,3 m; h = 1,1 m.
- Saluran III : a = 1,2 m; b = 1,1 m; B = 2,2 m; h = 1,1 m.
- Saluran IV : a = 1 m; b = 1 m; B = 2,2 m; h = 1,1 m, untuk saluran terbuka yang memotong jalan angkut dipasang gorong-gorong dengan diameter 0,5 m.

Air yang masuk ke dalam bukaan tambang dialirkan secara alami ke dalam sumuran. Pembuatan sumuran didasarkan pada jumlah debit air tambang yang masuk ke bukaan tambang dan alat gali yang digunakan yaitu backhoe komatsu PC 200 LC-7. Dimensi tiap sumuran adalah sumuran I; kedalaman sumuran 5 m, luas sumuran 21.900 m², dan sumuran II; kedalaman sumuran 5 m, luas sumuran 13.900 m². Selanjutnya air yang telah masuk ke dalam sumuran dipompa menuju kolam pengendapan. Pompa yang dibutuhkan sebanyak 5 buah pompa yaitu merk Multiflo Tipe MFC-420. Dimensi dari kolam pengendapan adalah panjang 80 m, lebar 14 m, dan kedalaman 4 m. Dalam perancangan sistem penyaliran diketahui faktor-faktor yang berpengaruh adalah kondisi hidrologi, kondisi geologi, rencana kemajuan tambang, dan kondisi air tambang di daerah penelitian.

Kata kunci: air limpasan, daerah tangkapan hujan, air bawah tanah, metode penyaliran, kondisi hidrologi

ABSTRACT

Pit 19D is one of mine owned by PT. Indominco Mandiri is located in the District of Bontang, East Kalimantan province. Mining which implemented is open pit methods with stripmine. In the open pit mine, source of water that enters the mine is generally derived from the direct rain water into pit, runoff from rain catchment area around the pit, and ground water that seeps in the levels of the pit. If the source water from the mine was not handled properly it will affect the coal mining process at pit 19D. It is therefore necessary to design an appropriate system of water management to support the mine plan at pit 19d. Based on analysis of rainfall data for the year 2001-2011, the plan obtained by precipitation is 104.76 mm / day, the intensity of rainfall of 36.3 mm / hr with a 3-year return period rainfall and hydrological risk of 98.27%. Rain catchment area at research's location is divided into five catchment rainfall, DTH I = 0.203 km², DTH II = 0.529 km², III = 0.252 km² DTH, DTH IV = 0.317 km², and DTH = 0.272 km². Rainwater debit directly into the pit is 26.03 m³/s, runoff water debit is 2.35 m³/s, while the ground water does not contribute to the mine water discharge.

Water management method to be applied is a combination of Mine Drainage and Mine dewatering is an attempt to prevent the water does not enter into the mining area and remove water entering the mine openings. Open channel is created around the pit. Dimensions of each channel is:

- a. Channel I: $a = 2.2 \text{ m}$, $b = 2 \text{ m}$, $B = 4 \text{ m}$, $h = 2 \text{ m}$.
- b. Channel II: $a = 1.2 \text{ m}$, $b = 1.2 \text{ m}$, $B = 2.3 \text{ m}$, $h = 1.1 \text{ m}$.
- c. Channel III: $a = 1.2 \text{ m}$, $b = 1.1 \text{ m}$, $B = 2.2 \text{ m}$, $h = 1.1 \text{ m}$.
- d. Channel IV: $a = 1 \text{ m}$, $b = 1 \text{ m}$, $B = 2.2 \text{ m}$, $h = 1.1 \text{ m}$.

There are channels that cut the haul road for the installation of the culvert is 0.5 m diameter. Flowed water into pit, let in naturally into the sump. Sump constructed based on the amount of mine water discharges into the pit and use backhoe komatsu PC 200 LC-7 for construct the sump. Dimensions of each sump are sump I; 5 m of depth, 21 900 m² area of sump, and sump II; 5 m of depth, 13 900 m² area of sump. Further, water pumped into the sediment pond. For that action needed 5 pieces of pump is branded by Multiflo with MFC-420 type of pump. Dimensions sediment pond is 80 m long, 14 m width, and 4 m of depth. Water management influence by many factors, there are influence the hydrology, geology, mine planning progress, and the condition of the mine water at study area.

Keywords: runoff, catchmen area, ground water, water management, hydrology

1. PENDAHULUAN

PT. Indominco Mandiri merupakan salah satu anak perusahaan dari PT. Indo Tambang Raya Megah yang bergerak dibidang penambangan Batubara. Kegiatan penambangan batubara di PT. Indominco Mandiri menggunakan sistem tambang terbuka dengan metode *stripmine*. Adapun aktifitas yang dilakukan meliputi : pembersihan lahan, pengupasan tanah penutup, penggalian, pemuatan serta pengangkutan. Area penambangan di PT. Indominco Mandiri dibagi menjadi dua lokasi, yaitu Blok Barat (*west block*) dan Blok Timur (*east block*). Lokasi penelitian dilakukan di bukaan tambang 19D Blok Timur (*east block*).

Pada tambang terbuka, sumber air yang masuk ke dalam tambang pada umumnya berasal dari air hujan yang langsung masuk ke bukaan tambang, air limpasan dari daerah tangkapan hujan di sekitar bukaan tambang, dan air tanah yang merembes pada jenjang bukaan tambang.

Apabila dari sumber air tambang tersebut tidak ditangani dengan baik maka akan berpengaruh dalam kegiatan penambangan Batubara di bukaan tambang 19D. Oleh karena itu perlu adanya rancangan sistem penyaliran tambang yang memadai untuk mendukung rencana penambangan Batubara di bukaan tambang 19D.

2. METODE PENELITIAN (10 PT)

Dalam hal ini akan diuraikan tahap-tahap pemecahan masalah yang ada selama penelitian dilakukan. Adapun metode penelitian yang dilakukan antara lain :

1. Studi Literatur
Yaitu dengan mempelajari teori-teori yang berhubungan dengan masalah yang akan dibahas di lapangan melalui buku-buku atau literatur. Selain itu juga mempelajari penelitian yang pernah dilakukan sebelumnya berupa skripsi atau laporan perusahaan.
2. Observasi (pengamatan di lapangan)
Maksud dari obsevasi lapangan adalah melakukan pengamatan secara langsung terhadap permasalahan yang akan dibahas yaitu kondisi topografi daerah penelitian, pola aliran air permukaan, sistem penambangan yang digunakan, dan kondisi penyaliran saat ini.
3. Pengumpulan Data dan Validasi Data
Pengambilan data dilakukan setelah studi literatur dan observasi lapangan selesai dilaksanakan. Data yang diambil berupa data primer dan data sekunder. Data primer adalah data yang diambil langsung dari pengukuran atau pengamatan lapangan seperti debit air, kondisi topografi daerah penelitian dan kondisi bukaan tambang. Sedangkan data sekunder adalah data yang diambil dari literatur atau laporan perusahaan seperti data curah hujan, peta topografi, dan data pompa dan pipa.
4. Pengolahan Data
Data curah hujan yang diperoleh dari hasil pencatatan perusahaan, kemudian diolah dengan menggunakan *Distribusi Gumbell*. Hasil dari pengolahan data tersebut berupa curah hujan rencana. Curah hujan rencana ini digunakan untuk menentukan nilai intensitas curah hujan sesuai dengan periode ulang hujan yang ditentukan. Setelah diketahui besarnya intensitas curah hujan kemudian dapat dilakukan perhitungan debit air limpasan yang masuk ke bukaan tambang dan debit air hujan yang langsung masuk ke bukaan tambang. Penggambaran dengan menggunakan program perangkat lunak *Mincom Minescape* dilakukan untuk menentukan luas daerah tangkapan hujan.
5. Analisis Hasil Pengolahan Data

Analisis data bertujuan untuk memperoleh rancangan dimensi saluran penyaliran, sumuran, dan kolam pengendapan yang sesuai dengan rencana penambangan pada tahun 2012. Penentuan dimensi saluran penyaliran dan kolam pengendapan menggunakan rumus *Manning* dan rumus *Stokes*. Dimensi sumuran ditentukan berdasarkan debit air yang masuk ke bukaan tambang dan debit pemompaan.

6. Kesimpulan dan Saran

Bertujuan untuk menarik kesimpulan berdasarkan hasil analisis data yang telah dilakukan dan memberikan rekomendasi akhir dari penelitian.

3. HASIL DAN ANALISIS

3.1 Rencana Penambangan dan Kondisi Bukaan Tambang 19D

Rencana penambangan batubara dibuat untuk rentang waktu bulanan, triwulan, dan tahunan. Kemajuan tambang di setiap bukaan tambang berbeda-beda menyesuaikan dengan *strike seam* batubara. Arah kemajuan bukaan tambang 19d secara umum adalah ke arah selatan.

Rencana penambangan merupakan hal penting yang harus diperhatikan dalam merancang sistem penyaliran tambang, karena debit air yang masuk pada bukaan tambang akan berbeda-beda sesuai dengan kemajuan tambang dari bukaan tambang tersebut.

Kegiatan penambangan batubara di *east block* PT. Indominco Mandiri terdiri dari tiga bukaan tambang yaitu bukaan tambang 10b, 10c, 11a, dan bukaan tambang 19d.

Selain itu, bukaan tambang 19d memiliki curah hujan yang cukup tinggi yaitu 17.525,26 mm/tahun, sehingga perlu adanya rancangan sistem penyaliran tambang yang sesuai untuk mendukung penambangan endapan batubara pada bukaan tambang 19d.



Gambar 1. Kondisi *East Block* Bukaan Tambang 19d

3.2 Analisis Statistik Data Curah Hujan

3.2.1 Perhitungan Curah Hujan Rencana

Penentuan curah hujan didasarkan pada data curah hujan harian maksimum pada daerah pengamatan dalam satu tahun, data yang akan disajikan selama 11 tahun pengamatan dari tahun 2001 sampai tahun 2011. Berdasarkan data curah hujan yang diperoleh dari stasiun pencatat curah hujan yang berada di camp 23, maka dapat dilakukan perhitungan curah hujan rencana menggunakan distribusi gumbel.

$$X_t = \bar{X} + k \cdot S \quad \dots \quad 1)$$

$$k = (Y_t - Y_n) / S_n \quad \dots \quad 2)$$

Keterangan :

X_t = Curah hujan rencana (mm/hari)

k = *Reduce variate factor*

\bar{X} = Curah hujan rata-rata (mm/hari)

Y_t = *Reduced variate*

Y_n = *Reduced mean*

S = *Standart deviation*

S_n = *Reduced standart deviation*

Tabel 1. Data Curah Hujan Harian Maksimum Tahun 2001 – 2011 (Environment Department)

Bulan	Curah Hujan (mm)										
	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011
Januari	40,00	52	80	70,5	46	0	36	12,4	17	82,2	32,2
Februari	23,00	25	60	120	110	34,6	64	9,8	60,2	47,2	41,4
Maret	29,00	42	52	70,3	29	40,6	58	55,4	62,2	19,4	107,2
April	58,00	45	108	105	91	36,6	80	47,4	38,2	52	10,2
Mei	40,50	60,1	63	98	40	82,4	66	8,6	15,4	54	21,6
Juni	21,50	28	20	26	75	32,6	35,6	51,6	18,8	24,5	20,2
Juli	47,50	25	42	52	50	16,8	12,2	31,6	54,4	60,6	6,6
Agustus	37,00	4	24	0	65	15,8	1	17,2	17,2	50,6	56,8
September	26,00	23	48	15	24	15,6	13	25,8	55,2	27,4	40,4
Oktober	33,50	48	82	0	37	0,2	47	26,2	4,4	58,6	18,6
November	35,00	32	46,1	0	38	1	10	59,6	43	39,8	27,6
Desember	22,50	26	27	39	20	1,2	17,4	40,2	23,8	0	59,8
Total	413,50	410,10	652,10	595,80	625,00	277,40	440,20	385,80	409,80	516,30	442,60
Rata-rata	34,46	34,18	54,34	49,65	52,08	23,12	36,68	32,15	34,15	43,03	36,88
Jumlah Curah Hujan Total						5.168,60					
Jumlah Curah Hujan Rata-Rata						430,72					

Periode Ulang Dan Resiko Hidrologi

Penentuan periode ulang dan resiko hidrologi dihitung dengan menggunakan rumus :

$$P_t = 1 - \left(1 - \frac{1}{T_t}\right)^{TL} \quad \dots 3)$$

Keterangan :

P_t = Resiko hidrologi (kemungkinan suatu kejadian akan terjadi minimal satu kali pada periode ulang tertentu).

T_t = Periode ulang (dalam rancangan ini digunakan periode ulang tiga tahun).

TL = Umur tambang (10 tahun).

Tabel 2. Resiko Hidrologi Pada Periode Ulang Berbeda

PU (TAHUN)	RESIKO HIDROLOGI
	(%)
1	100
2	9.990.234.375
3	9.826.584.701
4	9.436.864.853
5	8.926.258.176
6	8.384.944.171
7	7.859.416.844
8	7.369.244.238
9	6.920.538.523
10	6.513.215.599

Perhitungan Reduced Mean, Reduced Variate, dan Reduced Standard Deviation

Untuk menghitung curah hujan rencana, terlebih dahulu harus dicari *Reduce Mean* (Y_n), *Reduced Variate* (Y_t), *Standard Deviation* (SD), dan *Reduced Standard Deviation* (S_n) yaitu sebagai berikut :

1. Perhitungan Curah Hujan Harian Rata-rata

$$\bar{X} = \frac{58 + 60,1 + 108 + 120 + 110 + 82,4 + 80 + 59,6 + 62,2 + 82,2 + 107,2}{11}$$

$$= 84,52 \text{ mm/hari}$$

2. Nilai *reduced mean* dapat diterapkan dengan menggunakan rumus sebagai berikut :

$$Y_n = -\log \left[-\log \left\{ \frac{(n+1) - m}{n+1} \right\} \right] \quad \dots 4)$$

Keterangan :

n = jumlah sampel

m = urutan sample (1,2,3,...)

Maka nilai *Reduced Mean* adalah :

$$Y_{n1} = -\log \left[-\log \left\{ \frac{(11+1)-8}{11+1} \right\} \right] = 0,3214$$

(Perhitungan selanjutnya dapat dilihat pada Tabel 3)

Tabel 3. Perhitungan Curah Hujan Rencana

No	Tahun	Curah Hujan Maksimum, (X) (mm)	$\frac{(X-\bar{X})}{\bar{X}}$	N	m	Yn	$(Y_n - \bar{Y}_n)$	SD	Sn
1	2001	58	703,21	11	11	-0,0331	0,3749		
2	2002	60,1	3612,01	11	9	0,2204	0,0486	90,19	
3	2003	108	11664	11	3	0,9033	0,8160		
4	2004	120	14400	11	1	14,226	20,239		
5	2005	110	12100	11	2	11,014	12,130		
6	2006	82,4	6789,76	11	5	0,6306	0,3977		
7	2007	80	6400	11	7	0,4200	0,1764		
8	2008	59,6	3552,16	11	10	0,1089	0,0119		0,78
9	2009	62,2	3868,84	11	8	0,3214	0,1033		
10	2010	82,2	6756,84	11	6	0,5214	0,2718		
11	2011	107,2	11491,84	11	4	0,7543	0,5689		
Jumlah		929,7	81338,66	-	-	63,712	60,063	-	-
Rata-rata		84,52	-	-	-	0,5792	-	-	-

3. Perhitungan *Reduced Mean* Rata-rata (Yn)

$$\bar{Y}_n = \frac{0,32 - 0,033 + 0,109 + 0,754 + 0,52 + 0,903 + 0,63 + 1,101 + 1,42 + 0,22 + 0,42}{11} = 0,5792$$

4. Perhitungan Standart Deviation (SD)

$$SD = \sqrt{\frac{\sum (X - \bar{X})^2}{n-1}}$$

$$SD = \sqrt{\frac{\sum (X - \bar{X})^2}{n-1}} = \sqrt{\frac{81338,66}{11-1}} = 90,19$$

5. Nilai dari *Reduced Standart Deviation* dapat ditentukan dengan rumus sebagai berikut :

$$S_n = \sqrt{\frac{\sum (Y_n - \bar{Y}_n)^2}{n-1}}$$

$$S_n = \sqrt{\frac{\sum (Y_n - \bar{Y}_n)^2}{n-1}} = \sqrt{\frac{6,0063}{11-1}} = 0,78$$

Perhitungan Curah Hujan Rencana

Berdasarkan perhitungan data curah hujan diatas maka diperoleh :

Reduced mean rata-rata (\bar{Y}_n) = 0,5792

Reduced standart deviation (S_n) = 0,78

Standart deviation (SD) = 90,19

Curah hujan rata-rata (\bar{x}) = 84,52 mm/hari

Perhitungan Reduced Variate (Yt)

Nilai dari *Reduced Variate* dapat ditentukan dengan rumus sebagai berikut :

$$Y_t = -\log \left\{ -\log \frac{T-1}{T} \right\} \dots\dots 6)$$

Keterangan :

T = Periode ulang (tahun)

Maka nilai *Reduced Mean* adalah :

$$T = 3 \text{ tahun} > Y_{t2} = -\log \left\{ -\log \frac{3-1}{3} \right\}$$

$$= 0,75$$

(Perhitungan selanjutnya dapat di lihat pada Tabel 3.4)

Perhitungan Faktor Reduced Variate (k)

Nilai dari Faktor *Reduced Variate* dapat ditentukan dengan rumus sebagai berikut:

$$k = \frac{Y_t - Y_n}{S_n} \dots\dots 7)$$

Maka nilai k adalah :

$$k_3 = \frac{0,75 - 0,5792}{0,78} = 0,2244$$

(Perhitungan selanjutnya dapat di lihat pada Tabel 3.4)

Perhitungan Curah Hujan Harian Rencana

Untuk mengetahui besarnya curah hujan harian rencana dapat menggunakan rumus sebagai berikut :

$$X_t = \bar{X} + k \cdot SD \quad \dots\dots 8)$$

Maka nilai curah hujan harian rencana adalah :

$$\begin{aligned} \text{Tahun ke } 3 > X_t &= 84,52 + (0,2244 \cdot 90,19) \\ &= 104,76 \text{ mm} \end{aligned}$$

(Perhitungan selanjutnya dapat di lihat pada Tabel 3.4)

Tabel 4. Curah Hujan Rencana pada Periode Ulang Berbeda (Umur Tambang 10 Tahun)

Periode Ulang (T) tahun	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Nilai Yt	0,52	0,75	0,90	1,01	1,10	1,17	1,24	1,29	1,34
Nilai Yn	0,5792	0,5792	0,5792	0,5792	0,5792	0,5792	0,5792	0,5792	0,5792
Nilai Sn	0,78	0,78	0,78	0,78	0,78	0,78	0,78	0,78	0,78
Faktor Reduced Variate (k)	0,0741	0,2244	0,4155	0,5570	0,6695	0,7629	0,8429	0,9127	0,9748
Nilai SD	90,19	90,19	90,19	90,19	90,19	90,19	90,19	90,19	90,19
Curah Hujan Harian Rata-rata(mm)	84,52	84,52	84,52	84,52	84,52	84,52	84,52	84,52	84,52
Curah Hujan Harian Rencana(mm)	77,84	104,76	122,00	134,75	144,90	153,33	160,54	166,84	172,44

Hasil perhitungan curah hujan rencana di bukaan tambang 19D PT. Indominco Mandiri adalah sebesar 104,76 mm/hari. Periode Ulang Hujan yang dipakai sebesar 3 tahun didasarkan pada umur tambang dan resiko hidrologi serta tujuan dan rencana tata letak pembuatan saluran. Resiko hidrologi yang didapatkan adalah 98,2658.

3.2.2 Perhitungan Intensitas Curah Hujan

Penentuan intensitas curah hujan dapat dilakukan dengan beberapa metode, salah satunya dengan persamaan *Monnonobe*, yaitu :

$$I = \frac{R_{24}}{24} \left(\frac{24}{t} \right)^{2/3} \quad \dots\dots 9)$$

Harga R_{24} adalah besarnya curah hujan maksimum (curah hujan rencana) yang telah ditentukan yaitu sebesar 104,76 mm/hari. Nilai $t = 1$ jam, sebab tidak ada data curah hujan yang disajikan dalam durasi waktu yang singkat seperti satu jam atau kurang. Jadi besarnya intensitas curah hujan dalam 1 jam adalah :

$$\begin{aligned} I &= \frac{104,76}{24} \left(\frac{24}{1} \right)^{2/3} \\ &= 36,3 \text{ mm/jam} \end{aligned}$$

3.2.3 Luas Daerah Tangkapan Hujan (DTH)

Luas daerah tangkapan hujan pada penelitian ini diperoleh dengan menggunakan perangkat lunak *Mincom Minescape*, Luas masing-masing daerah tangkapan hujan pada bukaan tambang 19D untuk tahun 2012 adalah sebagai berikut:

Tabel 5. Luas Daerah Tangkapan Hujan

NO.	DTH	Luas (km ²)
1	DTH I	0,203
2	DTH II	0,529
3	DTH III	0,252
4	DTH IV	0,317
5	DTH V	0,272

3.2.4. Koefisien Air Limpasan

Untuk perhitungan *The catchment average volumetric runoff coefficient* (C_v) yang selanjutnya disebut sebagai koefisien limpasan (C) digunakan rumus:

$$C_v = \frac{\sum C_i \cdot A_i}{\sum A_i} \quad \dots\dots 10)$$

Keterangan:

C_i = koefisien masing - masing permukaan

A_i = luas daerah masing-masing permukaan (km^2)

Contoh perhitungan untuk koefisien limpasan pada daerah tangkapan hujan (*catchment area*) untuk DTH I:

Luas Daerah Tangkapan Hujan I = 0,203 km^2

Koefisien permukaan = 0,65

$$C_v = \frac{(0,65 \times 0,203)}{0,203} = 0,65$$

Maka nilai koefisien limpasan untuk masing-masing daerah tangkapan hujan adalah sebagai berikut (lihat Tabel 6).

Tabel 6. Nilai Koefisien Limpasan

NO.	DTH	Luas (Km^2)	Nilai Koefisien Limpasan
1	DTH I	0,203	0,65
2	DTH II	0,529	0,65
3	DTH III	0,252	0,65
4	DTH IV	0,317	0,65
5	DTH V	0,272	0,65

3.2.5. Debit Air Limpasan

Debit merupakan debit limpasan yang dihasilkan oleh hujan rencana dalam suatu daerah tangkapan hujan yang akan masuk ke sarana penyaliran yang akan dibuat. Perhitungan debit air limpasan dilakukan dengan menggunakan rumus rasional sebagai berikut:

$$Q = 0,278 \cdot C \cdot I \cdot A \quad \dots\dots 11)$$

Berdasarkan hasil perhitungan debit air limpasan yang berasal dari masing-masing daerah tangkapan hujan adalah sebagai berikut (lihat Tabel 7).

Tabel 7. Debit Air Limpasan Maksimum Tiap DTH

No.	DTH	C	I (mm/jam)	A (km ²)	Q (m ³ /detik)
1	DTH I	0,65	36,3	0,203	1,332
2	DTH II	0,65	36,3	0,529	3,47
3	DTH III	0,65	36,3	0,252	1,653
4	DTH IV	0,65	36,3	0,317	1,599
5	DTH V	0,65	36,3	0,272	1,372

3.2.6. Kajian Potensi Air Tanah

Secara umum kondisi litologi daerah penelitian tersusun oleh batuan sedimen. Berdasarkan data pemboran dari lubang bor geoteknik diketahui bahwa daerah penelitian terdiri dari lima litologi yaitu; lapisan tanah, lanau pasiran, lempung pasiran, batupasir, dan batubara. Dari data tersebut diperkirakan lapisan yang dapat bertindak sebagai akuifer adalah lapisan batupasir.

Hasil penentuan nilai konduktivitas hidroulik (K) (lihat lampiran I) diperoleh nilai konduktivitas hidroulik lapisan batupasir adalah $2,3148 \cdot 10^{-6}$ m/detik. Berdasarkan klasifikasi nilai konduktivitas hidroulik (David Keith Todd, 1980) diperoleh nilai konduktivitas hidroulik lapisan tersebut termasuk klasifikasi rendah. Nilai konduktivitas hidroulik berbanding lurus dengan potensi air tanah, maka lapisan batuan dengan nilai konduktivitas hidroulik rendah mempunyai potensi air tanah yang rendah.

3.3. Pemilihan Metode Penyaliran

Pada rancangan sistem penyaliran tambang ini dipilih metode mine drainage karena pada saat penelitian air tambang belum masuk ke dalam bukaan tambang. Air limpasan yang akan masuk ke bukaan tambang dicegah menggunakan saluran terbuka yang terletak di sekitar bukaan tambang.

Air hujan yang langsung masuk ke bukaan tambang akan terkumpul di sumuran yang terletak di lantai bukaan tambang dengan elevasi terendah dari bukaan tambang. Air tambang yang telah terkumpul di sumuran kemudian dipompakan menuju ke kolam pengendapan untuk mengendapkan partikel-partikel padatan yang terbawa bersama dengan air. Hal ini dilakukan untuk mencegah terjadinya kekeruhan dan pendangkalan pada saluran alami.

3.4. Sumber dan Debit Air Tambang

Pada umumnya sumber air tambang pada tambang terbuka berasal dari air hujan yang langsung masuk ke bukaan tambang, air limpasan yang berasal dari daerah tangkapan hujan di sekitar bukaan tambang dan air tanah. Air hujan merupakan sumber utama air tambang pada bukaan tambang. Debit air hujan yang langsung masuk ke bukaan tambang adalah 26,03 m³/detik.

Upaya untuk mencegah masuknya air limpasan dari daerah yang lebih tinggi dari bukaan tambang, dibuat saluran terbuka di sekitar bukaan tambang. Debit air limpasan yang masuk ke bukaan tambang adalah 25% dari total air limpasan yaitu sebesar 2,35 m³/jam. Berdasarkan kajian potensi air tanah diketahui bahwa potensi air tanah di daerah penelitian rendah, sehingga air tanah tidak memberikan kontribusi sebagai air tambang. Total debit air tambang yang masuk ke bukaan tambang adalah sebesar 28,38 m³/detik.

3.5. Rancangan Sistem Penyaliran

Sistem penyaliran yang akan diterapkan harus sesuai dengan kondisi dan metode penambangan yang ada sehingga sistem penyaliran tersebut dapat mendukung kegiatan operasional penambangan. Sistem penyaliran yang cocok diterapkan pada daerah penelitian adalah mine drainage dengan menggunakan saluran terbuka.

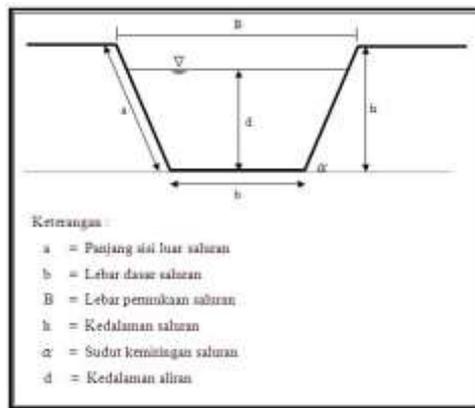
3.5.1. Rancangan Saluran Terbuka

Pada rancangan sistem penyaliran ini akan dibuat saluran terbuka yang berfungsi untuk mencegah air limpasan yang berasal dari daerah tangkapan hujan di sekitar bukaan tambang dan untuk mengalihkan aliran creek. Pada rancangan sistem penyaliran tambang untuk bukaan tambang 19D bentuk saluran terbuka yang digunakan adalah bentuk trapesium dengan pertimbangan dapat mengalirkan debit air yang besar, dinding saluran yang lebih stabil dan mudah dalam pembuatan.

Saluran terbuka berada di sekitar bukaan tambang dan terletak di sebelah Utara, Timur Laut, Selatan dan Barat dari bukaan tambang. Dimensi saluran terbuka harus menyesuaikan dengan debit air limpasan yang harus dialirkan, maka dimensi salurannya adalah sebagai berikut (lihat Tabel 8):

Tabel 8. Perhitungan Dimensi Tiap Saluran

Saluran	Kemiringan	Kemiringan	Panjang	Lebar dasar saluran	Lebar	Kedalaman saluran
	Dasar Saluran (S) (%)	Dinding Saluran (α) (derajat)	Sisi luar Saluran (a) (meter)	(b) (meter)	Permukaan (B) (meter)	(H) (meter)
I	0,25	60	2,2	2	4	2
II	0,25	60	1,2	1,2	2,3	1,1
III	0,25	60	1,2	1,1	2,2	1,1
IV	0,25	60	1	1	2,2	1,1



Gambar 2. Penampang Saluran Penyaliran

3.5.2 Rancangan Sumuran (Sump)

Dimensi sumuran tambang sangat bergantung pada debit air limpasan, kapasitas pompa, volume dan waktu pemompaan. Hal ini, dipengaruhi juga kondisi lapangan seperti kondisi penggalian terutama pada lantai tambang (floor) dan luas areal penambangan. Berdasarkan perhitungan volume sump (lihat lampiran H), maka didapatkan dimensi volume sumuran yang dibutuhkan pada bukaan tambang 19D adalah sebagai berikut (lihat Tabel 9).

Tabel 9. Dimensi Tiap Sumuran

Sump	Tinggi	Luas	V Sump
	(m)	(m ²)	(m ³)
I	5	21.9	109.5
II	5	13.9	69.5

3.5.3 Rancangan Pompa dan Pipa

Pompa yang digunakan pada bukaan tambang 19D adalah pompa sentrifugal dengan merek Multiflo tipe MFV- 420 dengan spesifikasi pompa (lihat lampiran K). Dari hasil perhitungan jumlah debit air yang masuk ke bukaan tambang dan perhitungan kapasitas pompa (lihat lampiran G). Sehingga kebutuhan pompa untuk mengatasi air yang masuk ke sumuran adalah 5 (lima) buah pompa Multiflo MFV-420.

Berdasarkan spesifikasi pompa diketahui bahwa debit maksimum yang dihasilkan pompa adalah 982 m³/jam dengan julang total maksimum 150 m. Dari hasil simulasi setting pompa di lapangan diperoleh rancangan spesifikasi pemompaan adalah sebagai berikut (lihat Tabel 10).

Tabel 10. Rancangan Spesifikasi Pemompaan

Pompa	MF 420	MF 420
	Sump I	Sump II
Julang Statis (m)	98	95
Julang Gesekan (m)	15,18	16,17
Julang Kecepatan (m)	0,738	0,81
Julang Belokan (m)	0,09	0,1
Julang Katup Isap (m)	1,36	1,49
Julang Total (m)	115	114
Debit (m ³ /jam)	1	1.05
RPM	1.2	1.2
Effisiensi (%)	71	71
Unit	3	2

Panjang pipa yang digunakan untuk masing-masing pompa adalah 290 m (sump I) dan 280 m (sump II) sesuai dengan ketersediaan di perusahaan.

3.5.4 Rancangan Kolam Pengendapan

Berdasarkan pengamatan di lapangan kondisi air tambang di daerah penelitian berwarna kecoklatan. PH air tambang di daerah penelitian diketahui nilai PH-nya berkisar antara 3-4. Hal ini perlu diketahui karena akan digunakan sebagai dasar dalam perancangan kolam pengendapan.

Kolam pengendapan berfungsi untuk mengendapkan partikel-partikel padatan yang terbawa bersama air dari bukaan tambang. Pembuatan kolam pengendapan dilakukan guna memenuhi ketentuan Keputusan Menteri Lingkungan Hidup No. 113 Tahun 2003 mengenai baku mutu air limbah kegiatan penambangan Batubara.

Beberapa hal yang harus diperhatikan dalam merancang kolam pengendapan adalah kolam pengendapan harus mampu menampung debit air yang masuk ke kolam pengendapan dan kolam pengendapan dibuat bersekat-sekat. Fungsi dibuatnya sekat-sekat dalam kolam pengendapan adalah untuk mengurangi kecepatan aliran air, sehingga akan mempengaruhi waktu yang digunakan oleh partikel padatan untuk mengendap semakin lama.

Berdasarkan hasil pengujian di laboratorium yang dilakukan perusahaan diketahui persen solid 2,4 % dan TSS (total suspended solid) 300 mg/l. Kecepatan pengendapan dari partikel padatan yaitu 0,00143 m/detik dan sangat dipengaruhi oleh gaya gravitasi serta diameter dari padatan itu sendiri. Selain itu, juga dipengaruhi oleh berat jenis padatan, berat jenis air, dan kekentalan cairan. Kecepatan pengendapan material dapat dicari menggunakan rumus sebagai berikut:

Kecepatan pengendapan material

$$(V) = \frac{gxD^2x(\rho_c - \rho_{air})}{18x\eta} \quad (12)$$

Keterangan:

- G = gaya gravitasi (m/detik²)
- D = diameter partikel padatan (m)
- η = Viskositas air (kg/detik)
- ρ_c = Kerapatan air dan lumpur (kg/m³)
- ρ_{air} = Berat jenis air (kg/m³)

Luas minimum kolam pengendapan diperoleh dengan cara membandingkan volume total partikel padatan yang masuk ke kolam pengendapan dengan kecepatan pengendapan. Hasil perhitungan luas minimum kolam pengendapan adalah sebesar 993 m². Untuk menghitung luas kolam pengendapan yang dibutuhkan dapat menggunakan rumus sebagai berikut:

$$\text{Luas kolam yang dibutuhkan} = \frac{\text{Volume Total}}{\text{Kecepatan Pengendapan}} \quad (13)$$

Penentuan dimensi panjang, lebar dan kedalaman kolam dihitung berdasarkan dengan alat yang akan digunakan untuk perawatan kolam pengendapan. Alat yang digunakan adalah Excavator KOMATSU PC200 LC-7 dengan jangkauan gali excavator horisontal sejauh 9,19 m dan penggalian ke bawah sejauh 5,78 m.

Setelah dilakukan perhitungan seperti pada Lampiran J, diperoleh dimensi kolam pengendapan sebagai berikut:

- a. Lebar kolam (L) = 14 m
- b. Panjang kolam (P) = 80 m
- c. Kedalaman Kolam (h) = 4 m
- d. Lebar penyekat a = 4 m

- e. Panjang penyekat a = 12 m
 f. Kedalaman penyekat a = 4 m
 g. Lebar penyekat b = 4 m
 h. Panjang penyekat b = 12 m
 i. Kedalaman penyekat b = 4 m
 j. Luas Kolam = $(80 \times 14) - (12 \times 4) - (12 \times 4)$
 = 1.024 m²
 k. Volume Kolam = 1.024 m² x 4 m
 = 4.096 m³

4. KESIMPULAN

Hasil pengamatan di lapangan, pengolahan dan analisis data dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

1. Sistem penyaliran tambang yang digunakan di lokasi rencana panambangan Batubara di bukaan tambang 19D adalah Mine Drainage yaitu upaya untuk mencegah supaya air tidak masuk ke areal penambangan.
2. Sumber air tambang pada bukaan tambang 19D berasal dari air hujan yang langsung masuk ke bukaan tambang dan air limpasan.
 Debit air hujan yang langsung masuk ke dalam bukaan tambang seluas 2,58 Km² sebesar 26,03 m³/detik.
 Debit air limpasan yang masuk ke bukaan tambang adalah 25% dari total air limpasan yaitu sebesar 2,35 m³/detik.
 Total debit air tambang yang ada di bukaan tambang adalah 28,38 m³/detik.
3. Dimensi rancangan sitem penyaliran tambang bukaan tambang 19D adalah sebagai berikut:
 - a. Saluran penyaliran yang akan dibuat terletak di sekitar bukaan tambang yaitu berada di sebelah Utara, Timur, Selatan, dan Barat bukaan tambang. Dimensi tiap saluran adalah sebagai berikut:
 - a) Saluran I : a = 2,2 m; b = 2 m; B = 4 m; h = 2 m.
 - b) Saluran II : a = 1,2 m; b = 1,2 m; B = 2,3 m; h = 1,1 m.
 - c) Saluran III : a = 1,2 m; b = 1,1 m; B = 2,2 m; h = 1,1 m.
 - d) Saluran IV : a = 1 m ; b = 1 m; B = 2,2 m; h = 1,1 m, untuk saluran terbuka yang memotong jalan angkut dipasang gorong-gorong dengan diameter 0,5 m.
 - b. Rancangan sumuran berbentuk persegi panjang dengan dimensi tiap sumuran adalah sebagai berikut:
 - a) Sumuran I : kedalaman sumuran = 5 m; luas sumuran = 21.900 m²; volume sumuran = 109.500 m³.
 - b) Sumuran II: kedalaman sumuran = 5 m; luas sumuran = 13.900 m²; volume sumuran = 69.500 m³.
 - c. Jumlah pompa yang digunakan untuk menangani air tambang yang masuk ke dalam sumuran sebesar 28,38 m³/detik adalah 5 unit pompa, dengan merek Multiflo model MFC-420. Debit maksimum yang dihasilkan tiap pompa adalah sebagai berikut:
 - a) Pompa sumuran I : debit pompa 1.000 m³/jam, julang total maksimum sebesar 115 m pada 1200 rpm dengan kerja pompa 18 jam/hari.
 - b) Pompa sumuran II : debit pompa 1.050 m³/jam, julang total maksimum sebesar 114 m pada 1200 rpm dengan kerja pompa 16 jam/hari.
 - d. Rancangan kolam pengendapan berbentuk persegi panjang dengan 3 kompartemen yang di batasi oleh 2 sekat dan terletak di sebelah Barat Laut bukaan tambang. Dimensi kolam pengendapan adalah sebagai berikut:
 - a) Panjang kolam (P) = 80 m
 - b) Lebar kolam (l) = 14 m
 - c) Kedalaman kolam (h) = 4 m

UCAPAN TERIMAKASIH

1. Sekolah Tinggi Teknik Nasional Yogyakarta selaku penyelenggara Seminar Nasional RETII ke 13
2. Dr. R. Andi E. Wijaya, S.T., M.T., sebagai reviewer dari paper penelitian,
3. Dr. Ir. Waterman Sulistyana Bargawa, M.T., sebagai pembimbing penulisan penelitian
4. Alberto Paays, S.T., dan Asri Fridtryanda, S.T., sebagai teman sekerja penulisan penelitian.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Chay Asdak, 2004, *Hidrologi dan Pengelolaan Daerah Aliran Sungai*, Gadjah Mada University Press, Yogyakarta.
- [2] Chow, Van Te, 1985, *Hidrolika Saluran Terbuka* (Bahasa Indonesia), Erlangga, Jakarta, Indonesia, hal 17-22.
- [3] Todd, David, 2005, *Groundwater Hydrology*, Jhon Wiley and Sons, New York, United State of America, p. 71-72.

-
- [4] Suripin, 2004, *Sistem Drainase Perkotaan yang Berkelanjutan*, Andi Offset, Demangan Baru, Yogyakarta, hal 119-121.
- [5] Sosrodarsono S. dan Takeda K., 2003, *Hidrologi untuk Pengairan*, PT. Pradnya Paramita, Jakarta.
- [6] Currie, John M., 1973, *Unit Operations in Mineral Processing*, Department of Chemical and Metallurgical Technology, British Columbia.
- [7] Huisman L., 1973, *Sedimentation and Flotation Division of Sanitary Engineering Department of Civil Engineering*, Delft of University Technology.
- [8] Sayoga G., Dr. Ir. Rudy, 1999, *Sistem Penyaliran Tambang*, Institut Teknologi Bandung.
- [9] Partanto Prodjo, Sumarto, 1994, *Rancangan Kolam Pengendapan Sebagai Perlengkapan Sistem Penirisan Tambang*, Bandung.