



Tersedia Secara Online di
<http://ojs.unik-kediri.ac.id/index.php/jurmateks/index>
<https://dx.doi.org/10.30737/jurmateks.v7i2.6284>

JURMATEKS

Perencanaan Sistem Penyaliran Tambang Batubara Sump RL 16 HW Barat Pit Tutupan, PT Pamapersada Nusantara, Kalimantan Selatan

E. Simamora^{1*}, M. Murcholis², A. Ardian³, H.L.D. Usup⁴

^{1*,2,3}Program Magister Teknik Pertambangan, Fakultas Teknologi Mineral, UPN Veteran Yogyakarta

⁴Program Studi Teknik Pertambangan, Fakultas Teknik, Universitas Palangka Raya

Email : ^{1*} 212221007@student.upnyk.ac.id, ² nurcholis@upnyk.ac.id, ³ aldin.ardian@upnyk.ac.id,
⁴ hepryandi@mining.upr.ac.id

ARTICLE INFO

Article history :

Artikel masuk : 12 - 12 - 2024
Artikel revisi : 16 - 12 - 2024
Artikel diterima : 31 - 12 - 2024

Keywords :

Culvert, Rainfall, Open Channel, Pump, Sump.

Style IEEE dalam mensitasi artikel ini:

E. Simamora, M. Murcholis, A. Ardian, dan H. I. D. Usup
"Perencanaan Sistem Penyaliran Tambang Batu Bara Sump RL 16 HW Barat Pit Tutupan, PT Pamapersada Nusantara, Kalimantan Selatan" *Jurmateks*, vol.7, no.2, pp. 145 – 159, 2024, doi: 10.30737/jurmateks.v7i2.6284

ABSTRACT

The coal mining activities conducted by PT Pamapersada Nusantara in the Pit Tutupan, South Kalimantan, employ an open pit mining system. This method creates exposed working surfaces that can accumulate rainwater runoff. This study aims to design a drainage system to manage water control in the western high wall area of RL 16, considering the impact of mining progression. The planning involves calculations for scheduled rainfall, rainfall intensity, estimated water discharge, open channel dimensions, culvert, and the number of pumps required to manage water in the pit sump. Using the Log Pearson III distribution, planned rainfall is determined at 101.499 mm for a 2-year return period and 134.782 mm for a 5-year return period. The rain catchment area at the research site in Sump RL 16 HW Barat is 84.83 hectares. The proposed trapezoidal channel design accommodates varying water discharges: 4.47 m³/s, 5.04 m³/s, 8.75 m³/s, 7.87 m³/s, 7.20 m³/s, and 3.77 m³/s for tertiary, secondary, and primary channels. The sump is designed to store two days' worth of rainfall, with a capacity of 186,516 m³. Excess water is pumped to an external drainage system and settling pond using a Direct Multistage Pump system. The primary pump planned is the Multiflo 420 EX, complemented by a Warman 8/6 AH booster pump. Both pumps utilize TYCO PE100 HDPE pipes, ensuring efficient water transfer to the drainage system and settling pond, optimizing mine water management. The research results can be a reference for planning mine drainage systems with similar characteristics.

1. Pendahuluan

Pit Tutupan merupakan sebuah proyek tambang batubara yang dikerjakan oleh PT Pamapersada Nusantara dengan menggunakan metode tambang terbuka. Secara administratif

lokasi penelitian terletak di Kecamatan Tanta, Kabupaten Tabalong, Provinsi Kalimantan Selatan [1]. Salah satu faktor penting yang perlu diperhatikan agar kegiatan penambangan dapat berjalan sesuai dengan rencana adalah penanganan air limpasan. Curah hujan dapat mempengaruhi kondisi tempat kerja, unjuk kerja alat, kondisi pekerja, keselamatan dan lingkungan, yang selanjutnya akan dapat mempengaruhi produktivitas tambang [10]. Semakin luas daerah tangkapan hujan seiring arah kemajuan tambang, perencanaan sistem pengelolaan air yang berkelanjutan semakin diperlukan dalam menghadapi perubahan iklim.

Penelitian sebelumnya menunjukkan bahwa sistem penyaliran berbasis analisis hidrologi spesifik mampu mengurangi tingkat genangan hingga 35% dibandingkan sistem konvensional [23]. Peneliti lain mengungkapkan menekankan pentingnya adaptasi desain terhadap arah perencanaan tambang dan topografi lokal untuk mengoptimalkan efektivitas sistem [14]. Selain itu penggunaan pemodelan komputer untuk simulasi aliran air tambang menunjukkan peningkatan akurasi desain sistem hingga 25% [13]. Namun, penelitian sebelumnya belum sepenuhnya menyoroti pentingnya desain sistem penyaliran yang disesuaikan dengan arah kemajuan tambang, terutama dalam konteks pengelolaan air limpasan di area seperti Pit Tutupan.

Penelitian ini bertujuan untuk merancang sistem penyaliran tambang yang efektif dan efisien untuk mengelola air limpasan di area Sump RL 16 HW Barat Pit Tutupan, PT Pamapersada Nusantara. Perancangan mencakup desain saluran terbuka, kebutuhan culvert, kapasitas sump, hingga sistem pemompaan, dengan pendekatan berbasis hidrologi dan topografi untuk mendukung kelancaran operasional tambang. Hasil penelitian diharapkan dapat memberikan solusi yang optimal dalam mengelola air limpasan serta menjadi referensi untuk perencanaan sistem penyaliran tambang dengan karakteristik serupa.

2. Metode Penelitian

Penelitian ini menggunakan pendekatan kuantitatif dengan metode analisis deskriptif untuk mengevaluasi sistem drainase dan pengelolaan air di area penambangan. Tahap awal penelitian dimulai dengan orientasi lapangan untuk memahami kondisi lokasi secara langsung sebelum proses pengambilan data. Pada tahap pengumpulan data, dilakukan pengukuran curah hujan, dimensi saluran culvert, serta observasi terhadap kondisi aktual saluran terbuka di area tambang sebagai data primer. Data sekunder yang digunakan mencakup peta desain akhir tambang Pit Tutupan tahun 2017, peta topografi kawasan tambang, peta catchment area, data curah hujan periode 2000–2016, serta data suhu rata-rata yang diperoleh dari BMKG Banjarbaru, Kalimantan Selatan. Data-data tersebut kemudian dianalisis untuk menghitung

curah hujan rencana, merancang desain saluran terbuka, menentukan kebutuhan jumlah culvert, memperkirakan kapasitas kolam penampungan (sump), serta menentukan spesifikasi pompa dan pipa yang diperlukan. Proses analisis ini bertujuan untuk menghasilkan sistem penyaliran yang efektif dan efisien sesuai dengan kebutuhan operasional tambang.

2.1 Analisis Curah Hujan Rencana

- a. Analisis frekuensi menentukan hujan rancangan setiap periode ulang secara umum [17].

$$X_t = (K \times S_d) + X_{\text{rerata}} \quad (1)$$

Dimana:

X_t = Hujan Rancangan (mm) S_d = Standart Deviasi

K = Koefisien distribusi X_{rerata} = Rrata data hujan (mm)

Tipe distribusi analisis hidrologi mencakup Distribusi Probabilitas Gumbel Tipe I, Distribusi Normal, Distribusi Log Normal, dan Distribusi Log Pearson Tipe III.

- b. Uji kesesuaian sebaran menggunakan *Chi Square Test* dan *Smirnov-Kolmogorov* [19].
 - *Chi Square Test* bertujuan mengetahui apakah model distribusi peluang yang dipilih mewakili distribusi statistik sampel yang diperiksa.
 - *Smirnov-Kolmogorov* disebut uji kesesuaian non parametrik karena pengujian ini tidak memanfaatkan fungsi distribusi tertentu.

2.2 Desain Saluran Terbuka dan Culvert

- a. Metode rasional formula yang diterapkan menghitung debit air limpasan maksimum [21].

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

Dimana:

Q = Debit puncak limpasan (m^3/detik) I = Intensitas hujan (mm/jam)

C = Koefisien limpasan (tanpa satuan) A = Luas DTH (km^2)

- b. Perencanaan saluran terbuka dan culvert dilakukan dengan metode analisis *trial and error* dengan mempertimbangkan debit saluran sesuai dengan besarnya debit yang direncanakan ($Q_{\text{saluran}} = Q_{\text{rencana}}$) sesuai Pedoman Departemen Pekerjaan Umum tahun 2006 [P].

Kapasitas aliran untuk saluran terbuka dapat menggunakan rumus *Manning* [11].

$$Q = A \times \frac{1}{n} \times R^{\frac{2}{3}} \times s^{\frac{1}{2}} \quad (3)$$

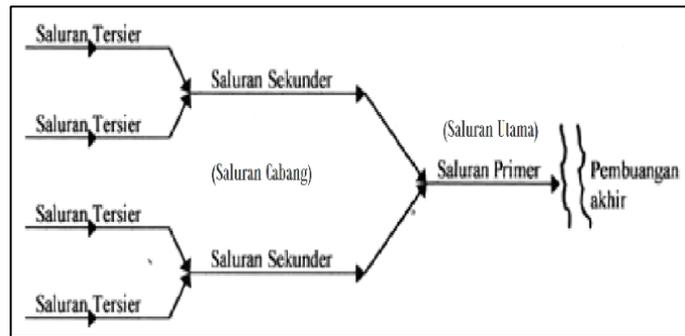
Dimana:

Q = Debit saluran maksimum (m^3/detik) s = Kemiringan dasar saluran (%)

A = Luas penampang (m²)

R = Jari-jari hidrolis (meter)

n = Angka kekasaran Manning



Sumber: Departemen Pekerjaan Umum (2006).

Gambar 1. Pola Jaringan Saluran Terbuka

2.3 Kolam Penampungan (Sump)

Perhitungan volume air total sump dan volume air limpasan adalah sebagai berikut:

$$V_{\text{air total}} = (V_{\text{Limpasan}} + V_{\text{AirTanah}}) - V_{\text{Penguapan / Evapotranspirasi}} \quad (4)$$

$$V_{\text{Air Limpasan}} = \text{Debit air} \times \text{Durasi hujan} \quad (5)$$

Pengaruh debit air tanah dapat ditentukan melalui studi hidrologi seperti uji akuifer (*pumping test*) dan pendekatan litologi daerah tambang. *Evapotranspirasi* berdasarkan rumus *Turc* dengan mempertimbangkan parameter curah hujan dan suhu daerah penelitian. Kapasitas volume sump dapat menerapkan rumus bangunan trapesium yaitu [16]:

$$V_{\text{Sump}} = \left(\frac{1}{2} \times (t + b) \times d \right) \times L \quad (6)$$

Dimana:

t = Panjang permukaan *sump* (m) d = Kedalaman *sump* (m)

b = Panjang dasar *sump* (m) L = Lebar permukaan *sump* (m)

2.4 Sistem Pemompaan dan Pipa

Perhitungan *head* total pompa didapatkan dengan menjumlahkan semua tekanan pompa dalam satuan meter sebagai berikut [7]:

$$HT = h_s + h_v + H_f + H_{fs} \quad (7)$$

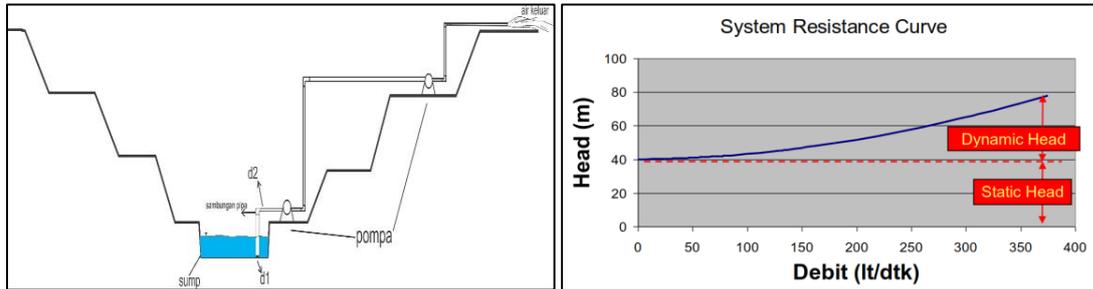
Dimana:

H_t = *Head* Total Pompa (m) h_f = *Head* Gesekan (m) h_{fs} = *Head* Belokan (m)

h_s = *Head* Statis Pompa (m) h_v = *Head* Kecepatan (m)

Kinerja kemampuan setiap pompa dapat digambarkan berdasarkan *Pump Performance Curve*. Grafik ini akan memperlihatkan performa pompa berdasarkan debit dan kecepatan pompa yang terbentuk dari total *head* dalam sistem pemompaan atau nilai hambatan maupun tekanan yang diukur dalam meter. *Static head* adalah perbedaan tinggi pipa permukaan dan outlet. *Dynamic*

head adalah hambatan pergerakan larutan dalam pipa. Dengan menerapkan *pump performance curve* dan *system resistance curve* akan memperoleh nilai titik kerja pompa yang direncanakan.



Sumber: Panduan Dewatering Manual (2006)

Gambar 2. Ilustrasi Sistem Pemompaan dan Sampel Kurva SRC

3. Hasil dan Diskusi

3.1 Curah Hujan Rencana

Berdasarkan jangka waktu penggunaan sistem penyaliran, digunakan curah hujan dengan periode ulang dua tahun dalam perencanaan saluran terbuka ini. Penentuan periode ulang curah hujan dilakukan dengan menyesuaikan data dan kebutuhan saluran terbuka. Saluran terbuka yang berada di dalam pit bersifat sementara (*temporary*) dan diperkirakan akan digunakan kembali selama dua tahun ke depan. Hal ini disebabkan saluran tersebut menyesuaikan dengan kegiatan penambangan serta rencana kemajuan tambang, yang nantinya akan memengaruhi pola aliran dan arah dari saluran tersebut.

Tabel 1. Hasil Parameter Syarat Penentuan Distribusi dan Rekapitulasi Curah Hujan

Jenis Distribusi	Syarat	Hasil Perhitungan	Keterangan	
Metode Gumbel	$C_k < 5,4002$	$C_k = 3,123$	Memenuhi	
	$C_k < 1,1396$	$C_s = 1,248$	Tidak Memenuhi	
	$C_s \neq 0$	$C_s = 0,648$	Memenuhi	
Metode Log Pearson III	$C_k < 1.5 C_s (\ln \bar{x})^{(2+3)}$ $\rightarrow C_k < 3,48$	$C_k = 2,192$	Memenuhi	
Metode Normal	$C_s > 3C_v + C_v^3$ $\rightarrow C_s > 1,07$	$C_s = 1,248$ $C_v = 0,344$	Tidak Memenuhi	
	$C_k = 0$	$C_k = 3,123$	Tidak Memenuhi	
Metode Log Normal	$C_k = 0$	$C_s = 0,643$	Tidak Memenuhi	
	$C_k = 0$	$C_k = 2,192$	Tidak Memenuhi	
Periode	Distribusi Gumbel	Distribusi Normal	Distribusi Log Normal	Distribusi Log Pearson III
2	102,511	110,188	101,635	101,499
5	146,302	141,985	134,461	134,782
10	173,841	158,640	158,905	159,429

Sumber: Hasil Pengolahan Data (2016).

Berdasarkan analisis data curah hujan harian, distribusi *Log Pearson III* merupakan metode yang memenuhi syarat sesuai parameter hitung dengan nilai curah hujan rencana 101,49

mm untuk periode ulang 2 tahun, 134,78 mm periode 5 tahun dan 158,905 mm periode 10 tahun. Pemilihan periode ulang hujan yang berbeda untuk kapasitas saluran dan kolam penampungan air (*sump*) didasarkan pada tujuan fungsi, tingkat risiko, dan durasi pengendalian air pada masing-masing infrastruktur.



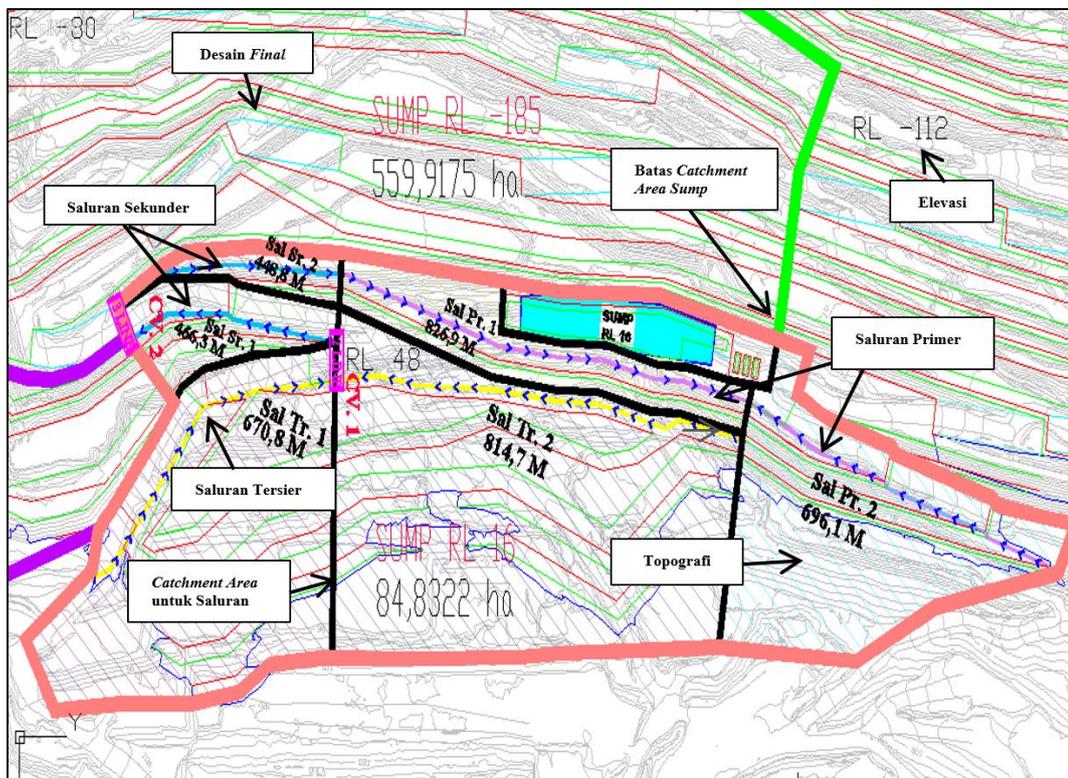
Sumber: Dokumentasi Penelitian (2016).

Gambar 3. Pengukuran Curah Hujan Harian di Lapangan

3.2 Saluran Terbuka dan Culvert

- a. Menentukan Luasan DTH dan Rancangan Aliran Saluran Terbuka

Pembagian DTH (*catchment area*) berdasarkan alur-alur saluran yang direncanakan masuk menuju ke kolam penampungan (*sump*) dapat dirancang dalam peta layout dan skema (bagan alir) perencanaan aliran saluran terbuka sesuai pedoman [4] sebagai berikut:



Sumber: Gambar Desain Perencanaan (Autocad, 2016).

Gambar 4. Rancangan Aliran Saluran Terbuka Sump RL 16 HW dengan Autocad

Konstruksi saluran terbuka dirancang sesuai dengan jalur arah aliran pada permukaan jalan dan lereng tambang menuju saluran tersier dan saluran primer yang direncanakan untuk dialirkan seluruhnya ke kolam penampungan sump RL 16 HW. Culvert dipasang pada titik saluran yang melintasi jalan tambang untuk memastikan kelancaran aktivitas tambang tanpa gangguan.

b. Intensitas Hujan dan Debit Rencana

Intensitas dan debit rencana saluran merupakan faktor penting dalam perencanaan sistem penyaliran tambang yang efisien. [10].

Tabel 2. Hasil Perhitungan Intensitas Hujan dan Debit Rencana

Saluran	Letak	Luas DTH (km ²)	Panjang Saluran (m)	Panjang Slope (m)	Beda Tinggi (m)	Lebar (m)	Waktu (h)	Intensitas Hujan (mm/h)	Debit Rencana (m ³ /s)
Tersier 1	Ramp	0,21	818,37	378	60	50	0,265	85,23	4,47
Tersier 2	Bench	0,30	814,78	383	57	100	0,386	66,32	5,04
Sekunder1	Ramp	0,04	466,36	115	48	50	0,419	62,68	8,75
Sekunder2	Bench	0,02	448,85	43	16	27	0,518	54,58	7,87
Primer 1	Bench	0,06	826,92	45	32	88	0,700	44,65	7,20
Primer 2	Ramp	0,16	696,10	333	64	50	0,232	93,26	3,77

Sumber : Hasil Pengolahan Data (2016).

Berdasarkan **Tabel 2**, diketahui bahwa debit rencana saluran dipengaruhi oleh kombinasi faktor seperti luas DTH, intensitas hujan, panjang saluran, dan slope. Saluran tersier memiliki luas DTH yang lebih besar dibandingkan saluran sekunder, seperti pada Tersier 2 dengan luas DTH sebesar 0,30 km² yang menghasilkan debit rencana sebesar 5,04 m³/s, lebih besar dari Sekunder 2 dengan luas DTH 0,02 km² dan debit rencana 7,87 m³/s. Namun, debit rencana yang lebih besar pada Sekunder 2 dipengaruhi oleh faktor lain seperti panjang slope yang lebih pendek dan beda tinggi yang lebih rendah, sehingga waktu konsentrasi lebih panjang. Selain itu, intensitas hujan juga berkontribusi signifikan terhadap debit rencana. Saluran dengan waktu konsentrasi lebih singkat, seperti Primer 2 dengan waktu 0,232 jam, memiliki intensitas hujan tertinggi sebesar 93,26 mm/jam, meskipun debit rencananya relatif lebih kecil, yaitu 3,77 m³/s. Sebaliknya, saluran dengan waktu konsentrasi yang lebih lama, seperti Primer 1, memiliki intensitas hujan yang lebih rendah, yaitu 44,65 mm/jam, tetapi debit rencananya mencapai 7,20 m³/s.

c. Debit Saluran dan Dimensi Saluran

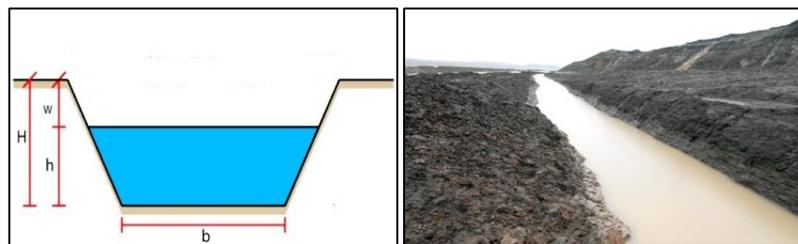
Bentuk saluran direncanakan berbentuk trapesium [5]. Perencanaan saluran terbuka menggunakan metode *trial and error* dengan pertimbangan ($Q_{\text{saluran}} = Q_{\text{rencana}}$).

Tabel 3. Hasil Perhitungan Dimensi Saluran Terbuka

Saluran	Dimensi				
	h (m)	H _{total} (m)	W (m)	b (m)	Debit saluran (m ³ /s)
Tersier 1	0,60	1,15	1,55	0,91	4,47
Tersier 2	0,88	1,54	0,66	1,32	5,04
Sekunder1	0,75	1,37	0,61	1,13	8,75
Sekunder 2	1,04	1,76	0,72	1,56	7,87
Primer 1	1,01	1,72	0,71	1,51	7,20
Primer 2	0,55	1,01	0,52	0,82	3,77

Sumber : Hasil Pengolahan Data (2016).

Tabel 3 menunjukkan dimensi saluran terbuka yang dirancang untuk mengakomodasi debit limpasan sesuai dengan hierarki fungsi saluran. Saluran tersier memiliki dimensi terkecil dengan debit 4,47–5,04 m³/s, berfungsi sebagai pengumpul air sebelum dialirkan ke saluran sekunder. Saluran sekunder memiliki dimensi sedang dengan debit lebih besar (7,87–8,75 m³/s) sebagai penghubung ke saluran primer. Saluran primer, dengan dimensi terbesar, menangani debit hingga 7,20 m³/s untuk mengalirkan air ke sistem pengendapan. Variasi dimensi ini mencerminkan penyesuaian terhadap kebutuhan debit, topografi, dan fungsi saluran, memastikan pengelolaan limpasan air yang efisien dan mengurangi risiko genangan di area tambang. Desain trapesium dipilih untuk mengoptimalkan kapasitas aliran dan efisiensi konstruksi.



Sumber: Dokumentasi Penelitian (2016).

Gambar 5. Penampang Bentuk Trapesium dan Saluran Terbuka Aktual

d. Kebutuhan Culvert (Gorong-Gorong)

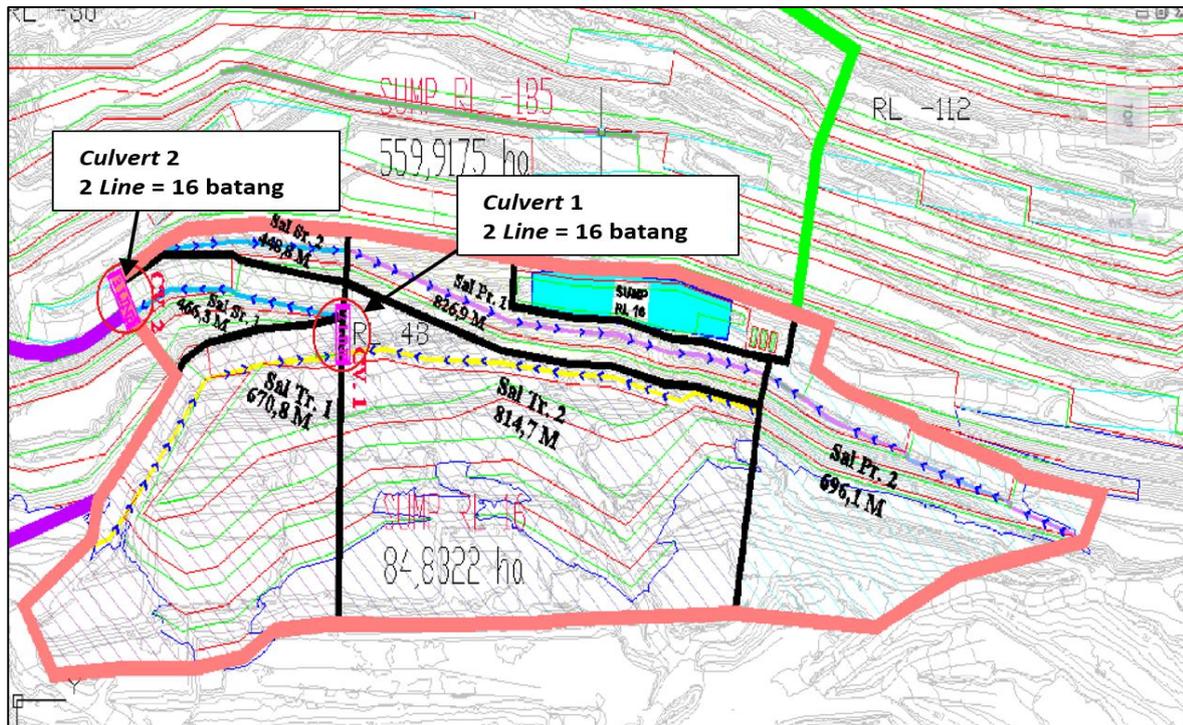
Culvert dirancang dengan spesifikasi berbahan besi portabel, memiliki diameter 0,9 meter dan panjang 6 meter. Untuk memastikan culvert berfungsi optimal sebagai saluran dan mencegah pengendapan di dalamnya, debit culvert (Q_c) ditetapkan sebesar 80% dari debit saluran, dengan tinggi jagaan sebesar 0,2 kali tinggi air [10].

Tabel 4. Hasil Perhitungan Kebutuhan *Culvert Sump RL 16 HW Barat*

Nama Culvert	Debit Saluran	Debit Culvert	Jumlah Line	Jumlah Culvert
CV.1	9,518	4,972	2	16
CV.2	8,758	4,972	2	16
Total Culvert yang Dibutuhkan				32

Sumber: Hasil Pengolahan Data (2016)

Berdasarkan **Tabel 4**, kebutuhan culvert pada Sump RL 16 HW Barat dirancang menggunakan culvert berbahan besi portabel dengan diameter 0,9 meter dan panjang 6 meter. Untuk memastikan fungsi culvert tetap optimal sebagai saluran dan mengantisipasi pengendapan, debit culvert (Q_c) diatur sebesar 80% dari debit saluran dengan tinggi jagaan 0,2 dari tinggi air. Perhitungan menunjukkan bahwa CV.1 memiliki debit saluran sebesar 9,518 m^3/s dengan debit culvert sebesar 4,972 m^3/s , sedangkan CV.2 memiliki debit saluran sebesar 8,758 m^3/s dengan debit culvert yang sama yaitu 4,972 m^3/s . Keduanya membutuhkan 16 unit culvert masing-masing, sehingga total kebutuhan culvert pada kedua titik adalah 32 unit, terdistribusi dalam 2 jalur di masing-masing titik.



Sumber: Gambar Desain Perencanaan (Autocad, 2016).

Gambar 6. Layout Perencanaan Lokasi Culvert Sump RL 16 HW Barat



Sumber: Dokumentasi Penelitian (2016).

Gambar 7. Instalasi Saluran Culvert Sump RL 16 HW Barat

3.3 Kolam Penampungan (Sump)

a. Volume Sump

Khusus debit aliran untuk drain hole diestimasikan 0,00 m³/s. Debit penguapan dihitung dengan mempertimbangkan parameter curah hujan tahunan rata-rata, suhu dan temperatur daerah penelitian yang diperoleh dari stasiun BMKG Provinsi Kalimantan Selatan dalam 14 tahun.

Volume total air yang masuk ke sump RL 16 HW Barat selama 1 hari adalah sebagai berikut:

$$\begin{aligned} \text{Volume Air Total} &= (V_{\text{Air Limpasan}} + V_{\text{Air Tanah}}) - V_{\text{Penguapan}} \\ &= 93.570,09 \text{ m}^3 + 0 \text{ m}^3 - 491,35 \text{ m}^3 = 93.078,738 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

Kapasitas sump minimal harus mampu menampung air maksimal tanpa pemompaan selama 2 hari dengan mempertimbangkan debit air limpasan, kapasitas pompa, volume dan durasi pemompaan [2], sehingga diperoleh kapasitas sump minimalnya adalah:

$$\text{Kapasitas Sump} = 2 \text{ hari} \times \text{Volume air total 1 hari} = 186.157,475 \text{ m}^3$$

b. Dimensi Sump

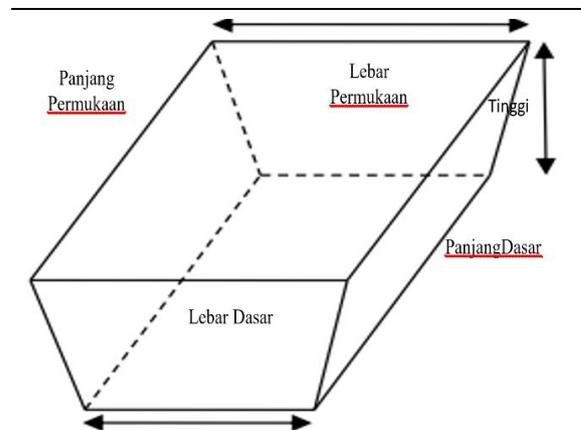
Rekomendasi sump direncanakan berbentuk trapesium karena dapat menampung air secara maksimal dan mudah dalam proses pembuatannya. Rancangan penempatan sump terletak di elevasi terendah dan disarankan ditempatkan jauh dari aktivitas penggalian.

Tabel 5. Rekomendasi Kapasitas Desain Sump RL 16 HW Barat

Sump RL 16 HW Barat	Area High Wall Bagian Barat
Catchment Area	84,832 ha
Periode Ulang Hujan (PUH)	5 Tahun
Curah Hujan Maksimum	134,782 mm
Volume _{limpasan} 1 hari	99.277,289 m ³
Volume _{drain hole} 1 hari	0,000 m ³
Volume _{evapotranspirasi} 1 hari	491,352 m ³
Volume air total (1 hari)	93.078,738 m ³
Volume air total (2 hari)	186.157,475 m ³

Rekomendasi Kapasitas Desain Sump :

Panjang Permukaan (B)	214 m
Panjang Dasar (b)	200 m
Lebar Permukaan (L)	75 m
Lebar Dasar (l)	61 m
Kedalaman (d)	12 m (85%) → 14 m
Kemiringan (α)	60°
Lebar bench (e)	7 m
Panjang dinding kemiringan (a)	14 m
Kapasitas desain Sump	186.516 m³



Sumber: Hasil Pengolahan Data (2016)

Pemilihan periode ulang 5 tahun untuk desain kolam penampungan (sump) didasarkan pada kemajuan tambang yang bergerak ke arah barat yang mempengaruhi ketersediaan area untuk pembangunan infrastruktur, termasuk kolam penampungan. Dalam desain tambang yang dinamis, infrastruktur seperti sump direncanakan digunakan dalam periode tertentu dan akan dipindahkan atau diperbarui seiring dengan perkembangan tambang sejalan dengan kemajuan tambang yang terus bergeser. Dengan *catchment area* seluas 84,832 hektar dan curah hujan maksimum 134,78 mm untuk PUH 5 tahun, volume air total yang perlu ditampung selama 2 hari mencapai 186.157,475 m³. Desain sump yang direkomendasikan memiliki kapasitas total 186.516 m³, yang hampir setara dengan volume yang dibutuhkan. Sehingga, kapasitas sump yang dirancang cukup untuk menampung seluruh volume air yang diperkirakan akan terkumpul dalam periode dua hari hujan maksimum, sehingga desain sump memenuhi volume yang direncanakan untuk menangani limpasan air tambang sesuai dengan kebutuhan operasional.

3.4 Pemompaan dan Pipa

Sistem pemompaan yang direncanakan di sump RL 16 HW Barat adalah sistem *Direct Multistage Pumping* dengan menggunakan pompa yang memiliki kemampuan berbeda. Metode kerja sistem ini yaitu pompa utama akan memindahkan air dari sump ke outlet dan langsung diterima oleh inlet pompa booster [3]. Air dari Sump RL 16 akan dialirkan ke outer RL 144 dan menuju outlet kolam pengendapan (*Settling Pond*) yang berada di SP 2B HW/SP 2C HW.



Sumber: Dokumentasi Penelitian (2016)

Gambar 8. Sistem Pemompaan *Direct Multistage Pumping*

a. Debit Pompa yang Diperlukan

Volume air yang masuk dalam 2 hari sebesar 186.157,475 m³ dan direncanakan air harus dikeluarkan dalam waktu 7 hari. Waktu kerja pompa selama 1 hari adalah 20 jam/hari.

Durasi dan debit pompa yang dibutuhkan untuk pengeringan adalah sebagai berikut:

$$\text{Durasi} = 7 \text{ hari} \times 20 \text{ jam} \times 60 \text{ menit} \times 60 \text{ detik} = 504.000 \text{ detik}$$

$$Q_{\text{pump}} = \text{Volume air} : \text{Durasi pengeringan}$$

$$= 186.157,475 \text{ m}^3 : 504.000 \text{ detik} = 0,3694 \text{ m}^3/\text{detik} = 369,360 \text{ liter/detik.}$$

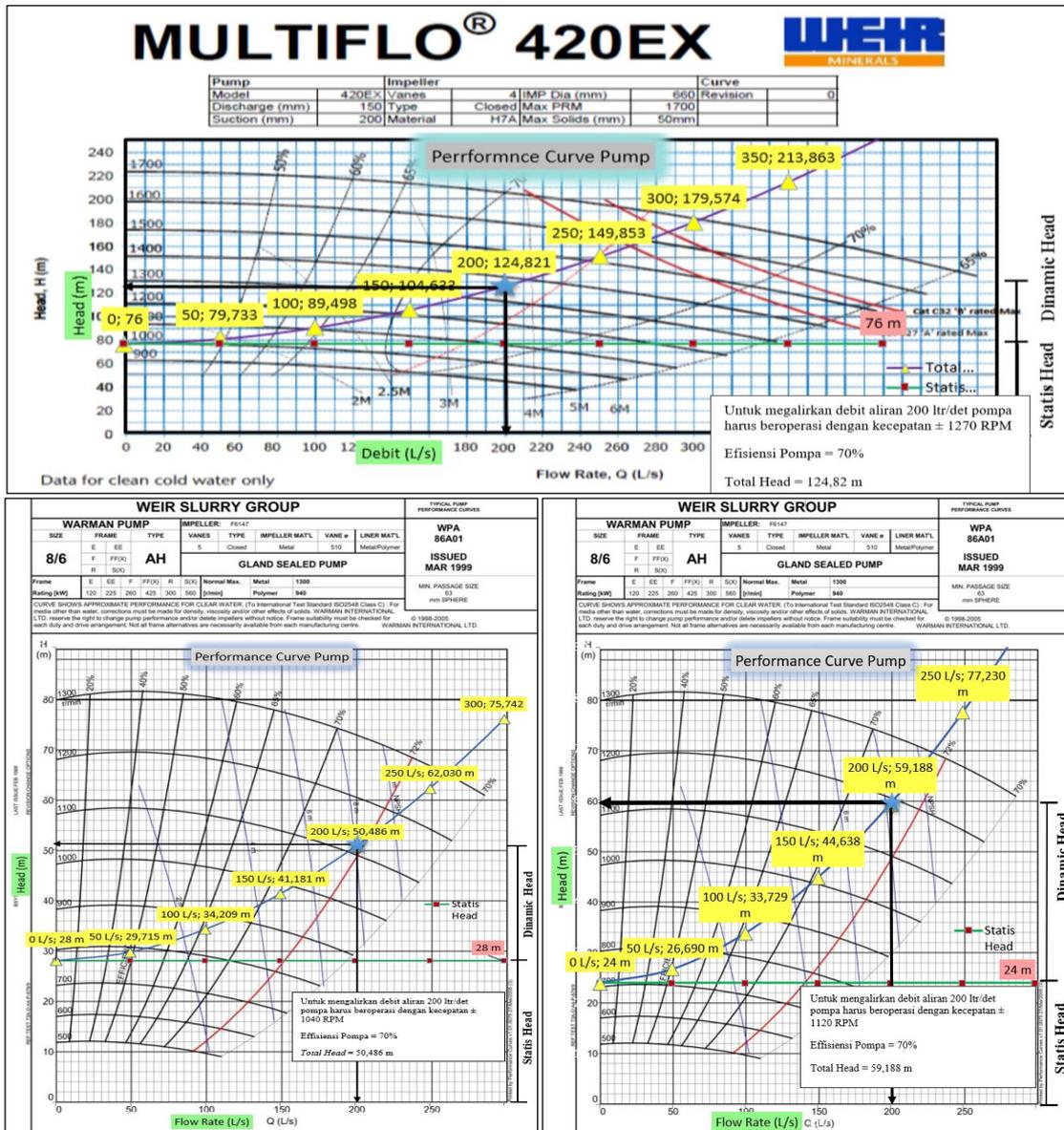
b. Jumlah Pompa yang Dibutuhkan di Sump RL 16 HW Barat :

$$\frac{\text{Debit Pompa yang di perlukan}}{\text{Debit aliran rencana yang dikeluarkan}} = \frac{369,360 \text{ ltr/det}}{200 \text{ ltr/det}} = 1,847 = 2 \text{ Buah Pompa}$$

Volume air yang dikeluarkan dalam satu (1) hari sebesar :

$$200 \text{ ltr/s} = 0,2 \text{ m}^3 \times 20 \times 60 \text{ m} \times 60 \text{ s} = 14.400 \text{ m}^3 \text{ (2 pompa} \times 14.400 \text{ m}^3 = 28.800 \text{ m}^3)$$

Berdasarkan pembacaan *Performance Curve Pump* sesuai model jenis pompa yang digunakan dan hasil total head yang telah dianalisis sebelumnya, maka RPM yang diperlukan pompa dapat ditentukan dengan mempertimbangkan debit aliran yang digunakan sebesar 200 ltr/detik. Dalam konteks ini, nilai RPM yang diterapkan secara tidak langsung akan berpengaruh pada efisiensi dan debit aliran pompa yang dihasilkan ketika pompa beroperasi.



Sumber: Hasil Pengolahan Data (2016).

Gambar 9. Kurva Performa Pompa Primer, Booster I dan Booster II.

Berdasarkan kurva performa pompa Multiflo MFV 420EX, untuk mengalirkan debit aliran sebesar 200 liter/detik, pompa harus beroperasi pada kecepatan sekitar 1270 RPM dengan efisiensi pompa 70% dan total head 124,82 m. Sedangkan, berdasarkan kurva performa pompa Warman 8/6 AH untuk pompa booster 1, dalam mengalirkan debit aliran yang sama, pompa harus beroperasi pada kecepatan sekitar 1040 RPM dengan efisiensi pompa 70% dan total head 50,48 m. Selanjutnya untuk pompa booster 2, dalam mengalirkan debit aliran 200 liter/detik, pompa harus beroperasi pada kecepatan sekitar 1120 RPM dengan efisiensi pompa 70% dan total head 59,188 m.

Tabel 6. Rekapitulasi Hasil *Pump Performace Curve* Sump RL 16 HW B

Pompa	Tipe Pompa	Pipa HDPE Tyco Pe100				Flow rate (Debit)		Efisiensi	RPM	Head (m)
		d (mm)	NP (bar)	P (m)	Elevasi (RL)	(ltr/s)	(m ³ /h)			
Primer	Multiflo MFV-420 EX	315	16	100,8,5	16→92	200	720	70%	1270	124,82
Booster I	Warman 8/6 Tipe AH	315	10	560,6	92→120	200	720	72%	1040	50,486
Booster II	Warman 8/6 Tipe AH	315	10	108,9,5	120→144	200	720	70%	1120	59,188

Jumlah Pompa yang diperlukan 2 buah pompa dengan debit rencana yang dikeluarkan sebesar dalam tempo 7 hari pengeringan untuk volume air maksimum 2 hari.

Sumber: Hasil Pengolahan Data (2016)

Setiap pompa dirancang untuk mengalirkan air dengan head yang berbeda, tergantung pada jarak pipa dan perubahan elevasi, sehingga kombinasi pompa ini dapat memenuhi kebutuhan pengeringan air yang diperlukan. Dalam proses pengeringan air dalam waktu tujuh hari dengan volume maksimum dua hari, diperlukan dua pompa dengan kapasitas yang sesuai. Pompa Primer (Multiflo MFV-420 EX) memiliki kapasitas terbesar dan dua pompa Booster (Warman 8/6 Tipe AH) masing-masing memiliki kapasitas 50,486 m³/jam dan 59,188 m³/jam dengan efisiensi 72% dan 70%.

4. Kesimpulan

Penelitian ini berhasil merancang sistem penyaliran tambang yang efektif dan efisien untuk mengelola air limpasan di area Sump RL 16 HW Barat, Pit Tutupan, PT Pamapersada Nusantara. Sistem ini mencakup desain saluran terbuka berbentuk trapesium yang mampu mengakomodasi debit air limpasan sesuai hierarki fungsi saluran (tersier, sekunder, dan primer) dengan dimensi yang disesuaikan berdasarkan intensitas hujan dan luas daerah tangkapan hujan. Desain kebutuhan culvert, yang dirancang berbahan besi portabel dengan debit 80% dari debit saluran, memastikan kelancaran aliran air di bawah jalan tambang tanpa gangguan aktivitas operasional. Kolam penampungan (sump) dirancang dengan kapasitas 186.516 m³,

cukup untuk menampung air limpasan selama dua hari dengan curah hujan maksimum 134,78 mm, sesuai periode ulang 5 tahun. Sistem pemompaan menggunakan kombinasi pompa primer Multiflo MFV-420 EX dan dua pompa booster Warman 8/6 AH, yang dirancang untuk mengalirkan air dalam waktu tujuh hari dengan debit 369,36 liter/detik. Penelitian ini memberikan kontribusi dalam mengurangi risiko genangan, meningkatkan efisiensi operasional tambang, dan dapat menjadi referensi untuk perencanaan sistem penyaliran tambang dengan karakteristik serupa.

5. Ucapan Terima Kasih

Penulis dengan hormat menyampaikan ucapan terima kasih kepada PT Pama Persada Nusantara atas kesempatan yang diberikan untuk melaksanakan penelitian ini. Ucapan terima kasih yang sebesar-besarnya juga ditujukan kepada dosen pembimbing atas bimbingan dan arahan yang sangat berarti selama proses penyusunan artikel ini. Penulis juga berterima kasih kepada lembaga pendidikan terkait dan semua pihak yang telah membantu, baik secara langsung maupun tidak langsung dalam menyelesaikan karya ini. Semoga hasil penelitian ini dapat memberikan manfaat bagi banyak pihak.

Daftar Pustaka

- [1] Adaro Indonesia. 2013. Geology Department. PT Adaro Indonesia, Jakarta.
- [2] PT Pamapersada. 2013. Operational Technical Mine Dewatering 3rd Edition. PT Pamapersada Nusantara, Jakarta.
- [3] PT Pamapersada, 2006. Panduan Dewatering Manual. PT Pamapersada Nusantara, Jakarta. 1-67.
- [4] Departemen Pekerjaan Umum, 2006. Pedoman Konstruksi dan Bangunan: Perencanaan Sistem Drainase Jalan. Departemen Pekerjaan Umum, Yogyakarta.
- [5] Asdak, C. 1995. Hidrologi dan Pengelolaan Daerah Aliran Sungai. Gadjah Mada University Press, Yogyakarta.
- [6] BMKG Provinsi Kalimantan Selatan. Data Iklim Harian. Kabupaten Tabalong.
- [7] Chow, V., et al. 1988. Applied Hydrology. *McGraw-Hill series in water resources and environmental engineering*, Singapore.
- [8] Endriantho & Ramli. 2013. Perencanaan Sistem Penyaliran Tambang Terbuka Batubara. Universitas Hasanuddin, Jurnal Geosains, Vol 09 No 1.
- [9] Gautama, R.S. 1999. Laporan Kegiatan Tenaga Ahli Dalam Negeri Bidang Penirisan (*Drainage*) di Tambang Terbuka, ITB, Bandung.

- [10] Gautama, R.S. 1991. Sistem Penyaliran Tambang. Diktat Kuliah, Bandung.
- [11] Hartono, et al. 2010. Sistem Penyaliran Tambang Terbuka. Jurusan Teknik Pertambangan, Fakultas Teknologi Mineral, UPN, Yogyakarta.
- [12] Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral Republik Indonesia. 2018. Keputusan Menteri Energi dan Sumber Daya Mineral Nomor 1827 K/30/MEM/2018 tentang Pedoman Pelaksanaan Kaidah Teknik Pertambangan yan Baik. Jakarta: Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral.
- [13] Li, X., Zhou, Q., & Chen, M. 2019. Application of Computational Models in Mine Water Flow Simulation. *International Journal of Mining Engineering*, 15(2), 89-105.
- [14] Smith, J., Taylor, R., & Brown, K. 2020. Adapting Mine Drainage Design to Local Topography and Excavation Plans. *Mining Science and Technology*, 9(4), 310-326.
- [15] Soemarto, C D. 1999. Hidrologi Teknik (Edisi Perbaikan). Erlangga, Jakarta.
- [16] Soemarto, C D. 1987. Hidrologi Teknik Penentuan Besar Debit Andalan. Usaha Nasional, Surabaya.
- [17] Soewarno. 2000. Hidrologi Operasional. Citra Aditya Bakti, Bandung.
- [18] Sosrodarsono, S., & Takeda, K. 1993. Hidrologi Untuk Pengairan. PT. Pradaya Paramitha, Jakarta.
- [19] Suripin. 2004. Sistem Drainase Perkotaan yang Berkelanjutan. Andi, Yogyakarta.
- [20] Suwandi, A. 2004. Perencanaan Sistem Penyaliran Tambang. Diklat Perencanaan Tambang Terbuka UNISBA.
- [21] Suyono, et al. 2011. Perencanaan Tambang 2 (Hidrologi). Jurusan Teknik Pertambangan, Fakultas Teknologi Mineral, Universitas Veteran Yogyakarta.
- [22] Wibawa, F. & Kresno. 2013. Rancangan Sump D1 Blok D1 - D2 Pit Roto Selatan PT. Pamapersada Nusantara Distrik Kideco Batu Kajang Kalimantan Timur. Jurnal Teknologi Pertambangan. Vol. 1(1), Fakultas Teknologi Mineral,UPN. Yogyakarta.
- [23] Zhang, H., Wang, L., & Li, Y. 2021. Optimizing Mine Drainage Systems Based on Hydrological Analysis: A Case Study. *Journal of Mining and Environment*, 12(3), 210-225.