

# Pembangunan Water Monitoring Point (WMP) 04 GT Sebagai Pengendalian Aspek K3L Di Jobsite Gurimbang Mine Operation PT. Berau Coal

Muhammad Arief<sup>1</sup>, Surya Hermawan<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Prodi Pendidikan Profesi Insinyur, Universitas Kristen Petra,  
radenarif24@gmail.com

<sup>2</sup>Prodi Teknik Sipil dan Prodi Pendidikan Profesi Insinyur, Universitas Kristen Petra  
shermawan@petra.ac.id

*Abstract—This study discusses the development of Water Monitoring Point (WMP) 04 GT for the management of safety, occupational health, and environmental (K3L) aspects in the Gurimbang Mine Operation jobsite, PT. Berau Coal. The objective of the study from a professionalism standpoint is to plan the sediment pond storage requirements and design the overflow channel dimensions. From an environmental ethics perspective, the goal is to control Acid Mine Drainage (AMD), while from an occupational safety and health ethics standpoint, the objective is to ensure that all activities in the WMP 04 area are carried out safely following K3 procedures. The research methodology began with a literature review, including data collection from various sources such as scientific journals, books, research reports, and regulations. The study also includes hydrological, sedimentation, and hydraulic analyses using rainfall data, topographic maps, and the Universal Soil Loss Equation (USLE) method. Field surveys were conducted to measure water quality (pH and TSS) and assess surface water runoff in the mining area. The research results indicate by professionalism that a sediment pond with a capacity of 296,759 m<sup>3</sup> can manage runoff from a catchment area of 201.07 hectares. The pH and TSS values discharged from the sediment pond meet the established quality standards, with pH between 6-9 and TSS below 400 mg/L. From a safety perspective, the implementation of procedures such as traffic management, operator fatigue checks, and night lighting management successfully reduced potential work risks. Recommendations include the construction of open channels, installation of culverts, and water gates to ensure efficient wastewater management and maintain workplace safety in the mining area.*

**Keywords:** *Water Monitoring Point, sediment pond, wastewater management, K3L, open-pit mining*

**Abstrak—**Penelitian ini membahas pembangunan *Water Monitoring Point (WMP) 04 GT* untuk pengelolaan aspek keselamatan, kesehatan kerja, lingkungan (K3L) di area tambang *Jobsite Gurimbang Mine Operation*, PT. Berau Coal. Tujuan penelitian ini secara profesionalisme adalah melakukan perencanaan kebutuhan tampungan sediment pond dan rencana dimensi saluran *overflow*. Dari aspek etika lingkungan adalah untuk melakukan pengendalian Air Asam Tambang (AAT) sedangkan dari etika K3 adalah untuk memastikan semua pekerjaan yang berjalan di area WMP 04 berjalan dengan aman sesuai prosedur K3. Metode penelitian ini diawali dengan studi literatur seperti pengumpulan data dari berbagai sumber seperti jurnal ilmiah, buku, laporan penelitian, dan peraturan perundang-undangan. Penelitian ini juga meliputi analisis hidrologi, sedimentasi, dan hidrolika menggunakan data curah hujan, peta topografi, dan metode *Universal Soil Loss Equation (USLE)*. Dan melakukan survei lapangan dilakukan untuk mengukur kualitas air (pH dan TSS) serta menilai aliran limpasan air di area tambang. Hasil penelitian menunjukkan secara profesionalisme bahwa sediment *pond* dengan kapasitas 296.759 m<sup>3</sup> mampu mengelola limpasan dari *catchment area* seluas 201,07 ha. Nilai pH dan TSS yang keluar dari sediment *pond* memenuhi baku mutu yang ditetapkan, yaitu pH antara 6-9 dan TSS di bawah 400 mg/L. Dari segi K3, penerapan prosedur seperti manajemen lalu lintas, pengecekan kelelahan operator, dan pengelolaan pencahayaan malam hari berhasil mengurangi potensi risiko kerja. Rekomendasi meliputi pembangunan saluran terbuka, pemasangan culvert, dan pintu air untuk memastikan pengelolaan air limbah yang efisien serta menjaga keselamatan kerja di area tambang.

**Kata Kunci :** *Water Monitoring Point, sediment pond, pengelolaan air limbah, K3L, tambang terbuka*

## I. PENDAHULUAN

Penambangan terbuka adalah rekayasa sistem yang rumit yang memiliki banyak faktor tidak aman, seperti jumlah pekerja yang besar, tempat kerja yang tersebar, kondisi alam yang buruk, dan lingkungan kerja yang rumit, termasuk siklus hidrologi yang terjadi [1]. Air yang diakibatkan oleh area tambang terbuka bisa berdampak

positif atau bisa berdampak negatif [2]. Air yang dibuang dari lokasi tambang terbengkalai dan/atau di reklamasi dengan tingkat keasaman yang relatif lebih tinggi dan terus menjadi perhatian global karena berbagai dampak terhadap kualitas air permukaan dan air tanah [2]. Oleh karena itu, perlu dilakukan pengevaluasi kontribusi sumber-sumber dari ketersediaan air yang sangat diperlukan dalam pengelolaan

air dalam sebuah operasi penambangan [3]

Limpasan Air Permukaan (*Surface Run-off*) adalah bagian dari curah hujan yang mengalir di atas permukaan tanah menuju ke sungai, danau, dan lautan [4]. Area tangkapan hujan (*catchment area*) adalah suatu area ataupun daerah tangkapan hujan dimana batas wilayah tangkapannya ditentukan dari titik-titik elevasi tertinggi sehingga merupakan suatu poligon tertutup, yang mana polanya disesuaikan dengan kondisi topografi, dengan mengikuti arah aliran air [5]

*Water Monitoring Point* / Kolam Pengendapan adalah infrastruktur yang dibangun untuk mengumpulkan dan menganalisis kualitas air limpasan sebelum dialirkan ke badan air umum. *Water Monitoring Point* / Kolam pengendapan di lingkungan pertambangan, berperan sebagai unit pengendalian pencemaran dengan tujuan memisahkan partikel padat dari air limbah sebelum dibuang. Beberapa infrastruktur yang ada di *Water Monitoring Point* yaitu *Settling Pond* dan *Sediment Pond*. *Sediment Pond* adalah adalah sebuah area original yang dirancang khusus untuk menampung air yang membawa partikel padat (sedimen) seperti tanah, pasir, atau lumpur. Tujuan utama dari *sediment pond* adalah untuk memisahkan partikel-partikel padat tersebut dari air, sehingga air yang keluar dari *sediment pond* menuju *settling pond* menjadi lebih jernih.

*Settling Pond* / Bak Pengendapan adalah merupakan bak kolam yang menampung limpasan air dari *sediment pond*. Air limpasan dari *sediment pond* akan di-*treatment* dengan menggunakan cairan kimia untuk melakukan penurunan nilai pH ataupun TSS sebelum dialirkan menuju badan sungai ataupun badan air umum.

Penanganan air di wilayah tambang dilakukan dengan penyaliran tambang, yaitu upaya yang dilakukan agar dapat mencegah serta mengatasi air yang masuk ke lokasi penambangan. *Water Monitoring Point* merupakan salah satu fasilitas dalam sistem penyaliran tambang yang berfungsi mengendapkan dan mengolah air, baik air yang berasal dari aliran pompa yang bersumber dari *sump* serta air limpasan di sekitar area *Water Monitoring Point* tersebut. Pada *Pit*, meluapnya air yang masuk ke dalam *Water Monitoring Point* memperlihatkan ketidakmampuan *Sediment Pond* aktual menampung air yang masuk sehingga air terus meluap dan proses pengendapan tidak berjalan dengan baik. Tujuan dari penelitian ini adalah :

- Secara profesionalisme adalah melakukan perencanaan kebutuhan tampungan *sediment pond* dan rencana dimensi saluran *overflow* di saluran *outlet sediment pond*, saluran antar kompartmen dan dimensi *culvert* pada area *settling pond*.
- Secara etika lingkungan adalah untuk melakukan pengendalian Air Asam Tambang (AAT) agar sesuai dengan baku mutu ketika dialirkan menuju badan sungai atau badan air dari area operasional tambang.
- Secara etika K3 adalah untuk memastikan semua pekerjaan yang berjalan di area WMP 04 berjalan dengan aman sesuai prosedur K3 yang telah ada di area kerja.

## II. LANDASAN TEORI

### A. Analisis Data Curah Hujan

Penelitian ini bertujuan menentukan curah hujan harian maksimum, curah hujan rencana, dan intensitas curah hujan dengan menggunakan Distribusi Normal. Distribusi ini dipilih karena data banjir tahunan biasanya tidak merata. Distribusi Normal memiliki koefisien kemiringan ( $C_s > 0$ ) dan koefisien keruncingan ( $C_k > 3$ ). Persamaan untuk Distribusi Log Normal adalah [6] :

Standar Deviasi

$$S = \left[ \frac{\sum (X_i - X)^2}{n-1} \right]^{1/2} \quad (1)$$

Koefisien Kemiringan

$$G = \left[ \frac{\sum_{i=1}^n n (X_i - X)^3}{(n-1)} \right]^{1/3} \quad (2)$$

Logaritma debit dengan periode ulang yang dikehendaki dihitung dengan rumus :

$$X_t = X + K_t \times S_d \quad (3)$$

Dimana :

$X_t$  = Curah hujan dalam periode ulang T tahun (mm)

$X$  = Curah hujan rata rata (mm)

$K_t$  = Standar variabel untuk periode ulang tahun

$S_d$  = Standar deviasi data hujan harian maksimum

### B. Periode ulang hujan

Periode ulang hujan mengacu pada rentang waktu (tahun) di mana hujan dengan intensitas yang sama kemungkinan besar akan terjadi lagi. Penetapan periode ulang ini disesuaikan dengan perkiraan umur suatu tambang

### C. Hujan Rencana

Hujan rencana adalah intensitas hujan maksimum yang diperkirakan dapat terjadi selama masa penggunaan fasilitas penirisan tersebut. Penetapan hujan rencana dilakukan berdasarkan analisis frekuensi data curah hujan dan dinyatakan dalam periode ulang tertentu.

### D. Intensitas Curah Hujan

Penentuan intensitas hujan dihitung dengan menggunakan persamaan Mononobe yaitu [6] :

$$I = I = \frac{R_{24}}{24} \left( \frac{24}{T_c} \right)^{2/3} \quad (4)$$

dimana :

$I$  = Intensitas curah hujan yang dipengaruhi oleh waktu konsentrasi (mm)

$R_{24}$  = Curah hujan rencana per hari (24 jam)

$T_c$  = Waktu konsentrasi

### E. Daerah Tangkapan Hujan

Penentuan luas daerah tangkapan hujan didasarkan pada peta topografi wilayah yang akan diteliti, dengan

menampilkan arah aliran air menggunakan *software Surfer* yang kemudian diekspor ke AutoCAD. Selanjutnya, dibentuk poligon tertutup sesuai dengan kecenderungan arah aliran air yang terlihat di daerah penelitian dan dihitung luasnya.

F. Debit Air Limpasan (*run-off*)

Penentuan besarnya debit air limpasan maksimum ditentukan dengan menggunakan rumus Rasional yaitu [7] :

$$Q = 0,278 \times C \times I \times A \tag{5}$$

dimana :

Q = Debit air limpasan m<sup>3</sup>/detik

C = Koefisien limpasan tanpa satuan

A = Luas daerah tangkapan hujan (km<sup>2</sup>)

Koefisien limpasan adalah angka yang menunjukkan rasio antara besarnya limpasan permukaan dengan intensitas curah hujan yang terjadi di daerah tangkapan hujan. Koefisien limpasan tiap-tiap daerah berbeda, dapat dilihat pada tabel 1.

Tabel 1. Koefisien Limpasan (C)

Surface cover/land use	C
1 Coal Seam, Haul Road, Pit Floor & Loading point	1.00
2 Active Dumping Area	0.75
3 Clearing Area	0.70
5 Rehab Area Before Re-vegetated / Fresh rehab area	0.65
5 Re-vegetated Rehab Area	0.55
6 Natural Rainforest	0.50

Modified from: KPC Design Flood Estimation Manual

G. Analisa Sedimentasi

Analisis sedimentasi yang digunakan adalah dengan menggunakan metode USLE (*Universal Soil Loss Equation*).

Dimana,

A = Banyaknya tanah tererosi per satuan luas per satuan waktu

R = Faktor Erosivitas

K = Faktor Erodibilitas

LS = Faktor Panjang – kemiringan lereng

C = Faktor Tanaman penutup lahan dan manajemen tanaman

P = Faktor tindakan konservasi praktis

Klasifikasi laju erosi mengacu pada S-GNH-00 tentang Perhitungan Laju Sedimentasi di Area Tambang sebagai berikut.

Tabel 2. Laju Sedimentasi di Area Tambang

Area	Laju Sedimentasi (ton/ha/th)
Disposal OB / Pit	1000 - 1200
Disposal Soil	800 - 1000
Disposal Revegetasi	600 - 800
Original / Hutan	500 - 600

Sumber: PT. Berau Coal

III. METODOLOGI PENELITIAN

H. Studi Literatur

Pengumpulan data dari berbagai sumber seperti jurnal ilmiah, buku, laporan penelitian, dan peraturan perundang-undangan terkait perencanaan *Water Monitoring Point* (WMP) yang fokus pada aspek hidrologi, lingkungan dan K3.

I. Pengumpulan Data Lapangan

Survei lapangan : Melakukan survey langsung di area perencanaan WMP 04 GT dengan mengambil data rona awal (pH dan TSS) di sekitar area rencana WMP 04 GT. Lalu juga melakukan *tracking* aliran air dari rencana *outlet* WMP 04 GT menuju badan sungai untuk memastikan dimensi aliran sesuai dengan rencana debit WMP 04 GT nantinya.

J. Analisis Data

1. Data hidrologi:

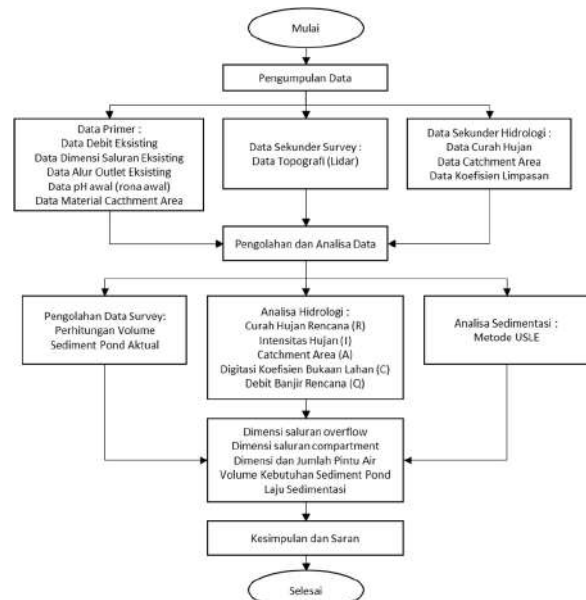
Analisis curah hujan dari data intensitasi hingga menentukan debit banjir rencana. Serta melakukan perhitungan laju analisa sedimentasi dengan metode USLE.

2. Analisis hidrolika:

Perhitungan rencana dimensi saluran terbuka, saluran tertutup (*culvert*) dan pintu air (*culvert steel pipe*).

3. Data Lidar

Melakukan perhitungan rencana kebutuhan kolam *sediment pond* dengan menggunakan kontur *original*



Gambar 1. Bagan Alir Penelitian

IV. HASIL DAN ANALISIS

A. Penentuan Catchment Area

Luas *catchment area* pit, disposal serta area terganggu lainnya perlu dihitung untuk mengetahui besarnya volume limpasan yang masuk ke *sediment pond* WMP 04 GT, fasilitas penyaliran air lainnya seperti kebutuhan pompa, dimensi drainase (*open channel*), gorong-gorong, dan lain-

lain.

Berdasarkan *design* yang disampaikan, pembagian *catchment area* menuju WMP 04 GT secara keseluruhan adalah sebagai berikut:

*Catchment area*

- Pit / IPD / Void FGH : 25,48 Ha
  - OPD FGH : 13,62 Ha
  - OPD N : 48,72 Ha
  - Pit / IPDL : 63,94 Ha
  - *Sediment pond & Original* : 49,31 Ha
- Total CA menuju WMP 04 GT : 201,07 Ha

Sumber aliran menuju WMP 04 GT berasal dari limpasan hujan (*direct run-off*) area disposal dan pemompaan area *pit* penambangan. Namun saat operasional Pit FGH sudah selesai, akan dilakukan penimbunan kembali dan menjadi *void* pada Pit FGH sehingga akan menjadi limpasan hujan (*direct run-off*)

**B. Analisis Intensitas Hujan Rencana**

Analisis debit banjir rencana berfungsi untuk memperkirakan besarnya debit banjir yang akan terjadi di area penambangan GMO. Dalam kajian ini, kala ulang yang digunakan untuk perhitungan kapasitas *sediment pond* yaitu kala ulang hujan 50 tahun.

Sementara itu untuk perhitungan kapasitas *sump* dan pemompaan kala ulang yang digunakan adalah 10 tahun. Berdasarkan data curah hujan *Site* GMO, diperoleh hasil analisis curah hujan yang dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Analisis Intensitas Hujan Rencana

Data Curah Hujan Rencana		Intensitas Curah Hujan Metode Mononobe						
Kala Ulang (Tr)	Xt (mm)	1 Jam	2 Jam	3 Jam	4 Jam	6 Jam	24 Jam	
CH-Max Rerata	85,72	29,72	18,72	14,29	11,79	9,00	3,57	
CH-Rerata Bulanan	11,62	4,03	2,54	1,94	1,60	1,22	0,48	
CH-Max	141,00	48,88	30,79	23,50	19,40	14,80	5,88	
1	22,12	7,67	4,83	3,69	3,04	2,32	0,92	
2	85,72	29,72	18,72	14,29	11,79	9,00	3,57	
5	108,72	37,69	23,74	18,12	14,96	11,42	4,53	
10	120,75	41,86	26,37	20,13	16,61	12,68	5,03	
15	126,68	43,92	27,67	21,11	17,43	13,30	5,28	
20	130,68	45,31	28,54	21,78	17,98	13,72	5,45	
50	141,86	49,18	30,98	23,64	19,52	14,89	5,91	
100	149,31	51,76	32,61	24,89	20,54	15,68	6,22	

**C. Analisis Sedimentasi**

Analisis sedimentasi dilakukan terhadap rencana kolam *sediment pond* WMP 04 GT. Sumber material sedimen berasal dari limpasan disposal Pit / IPD/ Void FGH, OPD FGH, OPDN, IPDL serta area original *sediment pond* WMP 04 GT.

Analisis sedimentasi dilakukan dengan metode USLE, dimana asumsi laju erosi disposal atau pit untuk total *catchment area* menuju WMP 04 GT adalah 1000 ton/Ha/tahun dan area original / *sediment pond* adalah 500 ton/ha/tahun. Koefisien limpasan disposal untuk total *catchment area* WMP 04 GT yang digunakan adalah 0,90 dan area *original* adalah 0.60. Analisis sedimentasi pada *sediment pond* WMP 04 GT ditunjukkan pada Tabel 4 sebagai berikut.

Berdasarkan perhitungan, volume sedimentasi pada *sediment pond* WMP 04 GT adalah 110.750 m<sup>3</sup>/tahun (LOM)

dengan *maintenance* per 1 tahun, dimana pada tahun kedua kapasitas *sediment pond* akan berkurang menjadi 74%

Untuk mempermudah proses *maintenance sediment*, perlu dibentuk jalan akses menuju *sediment pond* dan *settling pond* WMP 04 GT. Dengan besarnya perkiraan volume sedimentasi yang dihasilkan, maka perlu dilakukan monitoring sedimentasi aktual pada kolam sediment. Untuk selanjutnya periode *maintenance* bisa dievaluasi sesuai dengan hasil monitoring dan kondisi sedimentasi di lapangan. Berdasarkan data analisis sedimentasi, tampungan *sediment pond* tidak akan efektif untuk menampung limpasan dari *catchment area* WMP 04 GT Ketika memasuki tahun ke 3. Untuk perhitungan detail akan dilampirkan pada Tabel 5.

**D. Analisis Kebutuhan Kapasitas Sediment Pond WMP 04 GT**

WMP 04 GT akan dibangun di sisi timur Pit dan OPD FGH, dimana akan menerima limpasan dari *catchment area* sebesar 201,07 Ha. *Sediment pond* WMP 04 GT dibentuk dengan memanfaatkan *creek* dan bukit *original* yang di-blok dengan timbunan / *embankment* dengan *top* elevasi +18 sebagai tampungan *sediment pond* nya. Selain volume limpasan, kapasitas tampung *sediment pond* juga harus dapat menampung volume sedimentasi yang terakumulasi pada kolam *sediment pond*.

Tabel 4. Perhitungan analisis kebutuhan *sediment pond*

No	Deskripsi	Unit	WMP 04 GT
			LOM
1	Debit Pit / IPD FGH (Run-off)		
	c. Catchment Area (A)	km <sup>2</sup>	0,26
2	Debit Disposil OPD N (Run-off)		
	c. Catchment Area (A)	km <sup>2</sup>	0,50
3	Debit Disposil OPD FGH (Run-off)		
	c. Catchment Area (A)	km <sup>2</sup>	0,13
4	Debit Disposil Pit L West / IPD L (Run-off)		
	c. Catchment Area (A)	km <sup>2</sup>	0,64
5	Debit Area Original (Run-off)		
	c. Catchment Area (A)	km <sup>2</sup>	0,49
	<b>Total Debit</b>	<b>m<sup>3</sup>/s</b>	<b>10,98</b>
2	Sedimentasi		
	Disposil		
	a. Laju Sedimentasi	ton/ha/thn	1000
	b. Total Catchment	ha	153,00
	c. Berat Jenis	kg/m <sup>3</sup>	1,60
	d. Volume Sedimentasi	m <sup>3</sup>	95.625
	Original		
	a. Laju Sedimentasi	ton/ha/thn	500
	b. Total Catchment	ha	49
	c. Berat Jenis	kg/m <sup>3</sup>	1,60
	d. Volume Sedimentasi	m <sup>3</sup>	15.313
3	Perhitungan Volume Desain Dimensi Pond		
	Ek		1,3
	Volume Pemompaan		
	Volume Limpasan Pit, Disposil dan Sediment Pond	m <sup>3</sup>	118.602
	Volume Sedimentasi	m <sup>3</sup>	110.938
	<b>Volume Desain Kolam</b>	<b>m<sup>3</sup></b>	<b>298.402</b>

Berdasarkan perhitungan, kebutuhan kapasitas *sediment pond* WMP 04 GT adalah 296.402 m<sup>3</sup>. *Design* WMP 04 GT yang diajukan oleh *Mid Term Mine Planning* sudah memadai untuk menangkap limpasan WMP 04 GT.

Tabel 5. Perhitungan analisis sedimentasi WMP 04 GT

No	Deskripsi	Unit	Lokasi WMP 04 GT					
			Operasional	LOM				
				Maintenance 1 Thn	Maintenance 2 Thn	Maintenance 3 Thn	Maintenance 4 Thn	Maintenance 5 Thn
1	<b>Sedimentasi</b>							
	Void							
	a. Laju Sedimentasi	ton/ha/thn			800			
	b. Total Catchment	ha			26			
	c. Berat Jenis	kg/m <sup>3</sup>			1,6			
	<b>d. Volume Sedimentasi</b>	<b>m<sup>3</sup></b>			<b>13.000</b>			
	<b>Original</b>							
	a. Laju Sedimentasi	ton/ha/thn	600		600			
	b. Total Catchment	ha	49,00		49			
	c. Berat Jenis	kg/m <sup>3</sup>	1,60		1,6			
	<b>d. Volume Sedimentasi</b>	<b>m<sup>3</sup></b>	<b>18.375</b>		<b>18.375</b>			
	<b>Disposal</b>							
	a. Laju Sedimentasi	ton/ha/thn	1000		1000			
	b. Total Catchment	ha	127		127			
	c. Berat Jenis	kg/m <sup>3</sup>	1,60		1,60			
<b>d. Volume Sedimentasi</b>	<b>m<sup>3</sup></b>	<b>79.375</b>		<b>79.375</b>				
2	<b>Volume Desain Dimensi Pond</b>							
	Fk		1,3		1,30			
	Volume Limpasan Pit, Void, Disposal dan Original	m <sup>3</sup>	135.680		154.183			
	Volume Sedimentasi	m <sup>3</sup>	97.750	110.750	221.500	332.250	443.000	553.750
	<b>Volume Desain Kolam</b>	<b>m<sup>3</sup></b>	<b>233.430</b>	<b>264.933</b>	<b>375.683</b>	<b>486.433</b>	<b>597.183</b>	<b>707.933</b>

Berikut dokumentasi untuk rencana area *sediment pond* di WMP 04 GT.



Gambar 2. Lokasi rencana sediment Pond WMP WMP 04 GT

#### E. Analisis Kebutuhan Drainase dan Culvert menuju WMP 04 GT

Terdapat beberapa drainase dan *culvert* yang perlu dipasang untuk menunjang operasional dan aliran air dari Pit FGH, OPD FGH, OPD North dan IPD L agar dapat mengalir menuju rencana *sediment pond* WMP 04 GT, sebagai berikut:

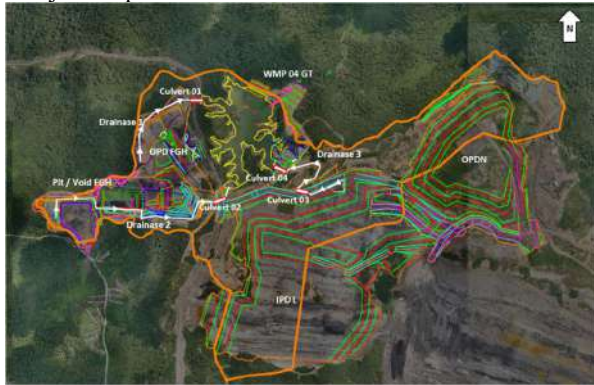
- **Drainase-1** : Drainase kaki disposal OPD FGH  
Dibentuk pada kaki disposal OPD FGH di elevasi +35. Drainase kaki disposal OPD FGH dibentuk mengelilingi disposal untuk menangkap limpasan air dari OPD FGH hingga elv +45 untuk selanjutnya dialirkan melalui *culvert* menuju *sediment pond* WMP 04 GT. Lokasi Drainase-1 ditunjukkan pada Gambar 3.
- **Drainase-2** : Drainase IPD FGH dan Void FGH menuju *sediment pond*  
Limpasan IPD FGH dan Void akan di alirkan menuju drainase di elevasi +19 menuju *culvert 02* yang berada di bawah *hauling road* sehingga nantinya akan mengalir

menuju *sediment pond* WMP 04 GT. Lokasi Drainase-2 ditunjukkan pada Gambar 3.

- **Drainase-3** : Drainase pengarah limpasan OPDN dan IPD L menuju *ex-waterfill*  
Limpasan OPDN dan IPD L yang menuju ke WMP 04 GT adalah hanya disposal elevasi +40 ke bawah. Sementara itu, limpasan disposal dari elevasi +80 ke elevasi +40 akan diarahkan menuju WMP 02 GT. Karena lokasi *ex-waterfill* dan *dam block* merupakan area revegetasi, perlu dilakukan pengarah aliran air disposal elv +40 ke bawah menuju *ex-waterfill* selanjutnya menuju *sediment pond* WMP 04 GT agar limpasan tidak mengganggu area revegetasi. Lokasi Drainase-3 ditunjukkan pada Gambar 3.
- **Culvert-01** : *Crossing* OPD FGH  
*Culvert-01* merupakan lokasi *culvert existing* yang berada di *hauling road* KM 1,8. *Culvert-01* mengalirkan limpasan OPD FGH menuju *sediment pond* WMP 04 GT di sisi timur. Akan dilakukan *review* terkait kapasitas *culvert-01* apakah masih memadai. Lokasi *culvert-01* ditunjukkan pada Gambar 3.
- **Culvert-02** : *Crossing* IPD FGH  
*Culvert-02* merupakan lokasi *culvert existing* yang berada di bawah *hauling road* sesuai ditunjukkan pada Gambar 3. *Culvert-02* nantinya akan diutilisasi untuk mengalirkan limpasan IPD FGH , menuju *sediment pond* WMP 04 GT di sisi timur. Akan dilakukan *review* terkait kapasitas *culvert-02* apakah masih memadai. Lokasi *culvert-02* ditunjukkan pada Gambar 3.
- **Culvert-03** : *Mineroad* IPDL  
Merupakan lokasi *culvert existing* yang berada di bawah *mineroad* IPDL sesuai ditunjukkan pada Gambar 3. *Culvert 03* nantinya akan mengalirkan limpasan IPDL menuju drainase 3 dan *culvert 04*.

- **Culvert-04** : Akses WMP 04 GT  
Merupakan lokasi *culvert existing* yang berada di bawah akses jalan IPDL sesuai ditunjukkan pada Gambar 3. Culvert 04 ini berfungsi untuk mengalirkan limpasan dari IPDL dan OPDN yang mengalir dari drainase 3.

Lokasi drainase dan *culvert* untuk kebutuhan penyaliran menuju *sediment pond* WMP 04 GT ditunjukkan pada Gambar 3 dan perhitungan kebutuhan drainase dan *culvert* ditunjukkan pada Tabel 6 berikut.



Gambar 3. Lokasi Drainase dan *Culvert* menuju WMP 04 GT

Tabel 6. Perhitungan Kebutuhan *Culvert* menuju WMP 04 GT

Sketsa Dimensi	Deskripsi	Culvert-01	Culvert-02	Culvert-03	Culvert-04
	Debit run-off	0,68	1,28	0,83	3,57
	Koefisien Reduksi	1,00	1,00	1,00	1,00
	Diameter culvert	0,90	0,90	0,90	0,90
	Jumlah culvert	1	1	1	1
	Kemiringan	0,01	0,01	0,01	0,01
	Debit culvert rencana	2,62	2,62	2,62	2,62

Tabel 7. Perhitungan Kebutuhan Dimensi Drainase menuju WMP 04 GT

No	Deskripsi	Simbol	Drainase-1	Drainase-2	Drainase-3	Unit
1	Debit Banjir Rencana					
	Limpasan (run-off)					
	Intensitas Hujan Rencana	I	20,13	20,13	20,13	mm/jam
	Durasi Hujan	jam	3,00	3,00	3,00	jam
	Catchment Area (A)	A	0,14	0,25	0,17	km <sup>2</sup>
	Koefisien Limpasan (C)	C	0,90	0,90	0,90	area terganggu
	Debit Limpasan Inflow	Q	0,68	1,28	0,83	m <sup>3</sup> /s
2	Dimensi Parit					
	Q outflow	Qout	0,68	1,28	0,83	m <sup>3</sup> /s
	Lebar bawah saluran	Lb	1,0	2,0	1,5	m
	Kedalaman saluran	H	1,0	2,0	1,0	m
	Lebar atas saluran	La	3,0	6,0	3,5	m

Berdasarkan perhitungan, kebutuhan dimensi Drainase menuju WMP 04 GT adalah sebagai berikut.

- Drainase-1 (Drainase OPD FGH) : lebar bawah 1 meter, kedalaman 1 meter, kemiringan Drainase 2%, dan dibentuk dengan *side slope* 45° mengelilingi OPD FGH menuju *Culvert-01*.
- Drainase-2 (Drainase OPDN IPD L menuju *ex-waterfill*) : lebar bawah 2 meter, kedalaman 2 meter, kemiringan Drainase 2%, dan dibentuk dengan *side slope* 45° mengalirkan air menuju *Culvert-02*.
- Drainase-3 (Drainase *hauling road*) : lebar bawah 1,5 meter, kedalaman 1 meter, kemiringan Drainase 2%, dan dibentuk dengan *side slope* 45° untuk mengalirkan air dari *ex-waterfill* menuju *Culvert-03* dan 04.

F. Analisis Kebutuhan Dimensi dan Elevasi Overflow dan *Settling Pond*

Untuk mengalirkan air dari kolam tampungan sediment *pond* menuju fasilitas *water treatment*, perlu dibentuk saluran terbuka atau gorong-gorong sebagai *inlet overflow* dengan dimensi yang memadai. Dimensi inlet *overflow* dan sekat antar kompartemen *overflow* dapat dibentuk dengan saluran terbuka maupun gorong-gorong. Kebutuhan dimensi inlet *overflow* dengan opsi saluran terbuka ditunjukkan pada Tabel 8 sedangkan kebutuhan dimensi inlet *overflow* dengan opsi gorong-gorong ditunjukkan pada Tabel 9 berikut.

Berdasarkan perhitungan pada Tabel 8, kebutuhan dimensi inlet *overflow* dengan opsi saluran terbuka adalah dengan lebar bawah 5 meter, kedalaman 1,6 meter, lebar atas 8,2 meter, dan saluran dilapisi oleh *geomembrane* untuk menghindari potensi gerusan air. *Inlet overflow* dibentuk dengan opsi saluran terbuka, dengan elevasi dasar saluran pada elevasi +15.

Tabel 8. Kebutuhan dimensi inlet *overflow* opsi saluran terbuka

Keterangan	Simbol	Saluran Inlet	Unit
		WMP 04 GT	
<b>Dimensi Outlet</b>			
Qtotal (inflow)	Qinflow	10,982	m <sup>3</sup> /s
Slope	I	0,002	
Tipe Lining		<i>Geomembrane</i>	
K (strickler)	K	60,00	
m	m	1,00	
Lebar bawah saluran	Lb	5,00	m
A		5,75	m <sup>2</sup>
P		7,73	m
R		0,74	m
V		1,91	m/s
W (Freeboard)		0,70	m
H		1,6	m
Froude		4,53	
Jenis Aliran		superkritis	
Lebar atas	La	8,2	m

Berikut dokumentasi untuk pembentukan saluran inlet dengan opsi saluran terbuka di area WMP 04 GT.



Gambar 4. Pembentukan saluran inlet dengan opsi saluran terbuka

Tabel 9. Kebutuhan dimensi inlet *overflow* opsi gorong-gorong

Sketsa Dimensi	Deskripsi	Inlet Overflow	unit
		Gorong-Gorong	
	Debit run-off	10,98	m <sup>3</sup> /s
	Koefisien Reduksi	1,00	m
	Debit run-off	10,98	m <sup>3</sup> /s
	Diameter culvert	0,90	m
	Jumlah culvert	2	line
	Debit culvert rencana	11,69	m <sup>3</sup> /s
	Maka,	OK	

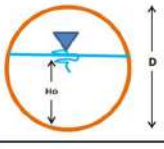
Berdasarkan perhitungan, jika inlet *overflow* dibentuk dengan opsi gorong-gorong maka diperlukan 2 line gorong-

gorong berdiameter 0,9 meter. Gorong-gorong juga harus di-install dengan elevasi dasar gorong-gorong pada elv +16.

G. Analisis Kebutuhan Pintu Air

Pintu air perlu dibentuk untuk mengalirkan air yang telah dikelola di WMP 04 GT menuju Sungai Berau yang berada di sisi utara. Pintu air di WMP 04 GT dapat dibentuk jenis pintu air *steel pipe culvert* (gorong-gorong). Perhitungan kebutuhan pintu air WMP 04 GT ditunjukkan pada Tabel 10 berikut.

Tabel 10. Kebutuhan Pintu Air WMP 04 GT

Sketsa Dimensi	Deskripsi	Pintu Air Outlet	
		WMP 03 GT	unit
	Debit run-off	10,98	m <sup>3</sup> /s
	Koefisien Reduksi	1,00	m
	Debit run-off	10,98	m <sup>3</sup> /s
	Diameter culvert	0,90	m
	Jumlah culvert	2	line
	Debit culvert rencana	11,69	m <sup>3</sup> /s
	Maka,	OK	

Berdasarkan analisis, kebutuhan pintu air WMP 04 GT adalah 2 line gorong-gorong berdiameter 0,9 meter. Pintu air direkomendasikan berada di elv +15 dan di outlet pintu air dibentuk *drop structure* untuk mencegah potensi gerusan. Berikut dokumentasi untuk pembentukan saluran inlet dengan opsi saluran terbuka di area WMP 04 GT.



Gambar 5. Pembentukan pintu air (*steel pipe culvert*)

H. Analisis Kebutuhan Channel Outlet WMP 04 GT

Perlu dibentuk *channel outlet* untuk mengarahkan limpasan dari pintu air WMP 04 GT menuju Sungai Berau di sisi utara dengan kebutuhan dimensi saluran mengacu pada Tabel 11 berikut.

Tabel 11. Kebutuhan *Channel Outlet* WMP 04 GT

Keterangan	Simbol	Saluran Outlet	
		WMP 04 GT	Unit
<b>Dimensi Outlet</b>			
Qtotol (inflow)	Qinflow	10,982	m <sup>3</sup> /s
Slope	I	0,002	
Tipe Lining		<i>Geomembrane</i>	
K (strickler)	K	60,00	
m	m	1,00	
Lebar bawah saluran		<b>5,00</b>	m
A		5,75	m <sup>2</sup>
P		7,73	m
R		0,74	m
V		<b>1,91</b>	m/s
W (Freeboard)		0,70	m
H		<b>1,6</b>	m
Froude		4,53	
Jenis Aliran		<b>superkritis</b>	
Lebar atas	La	<b>8,2</b>	m

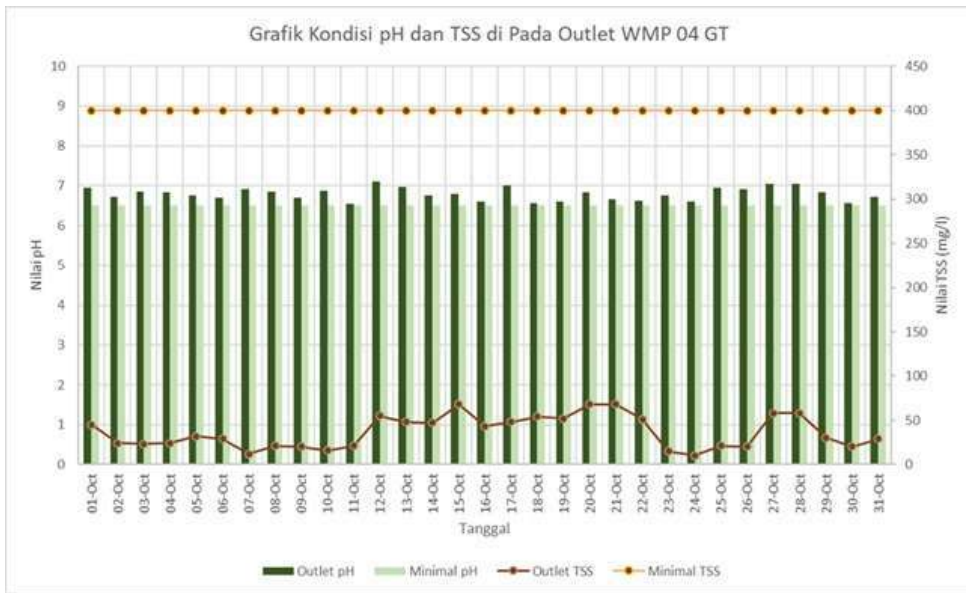
Berikut dokumentasi untuk pembentukan saluran outlet dengan opsi saluran terbuka di area WMP 04 GT.



Gambar 6. Pembentukan saluran outlet dengan opsi saluran terbuka

I. Kondisi pH dan TSS pada Outlet WMP 04 GT

Berdasarkan aturan Permen KLHK Nomor 5 Tahun 2022 tentang pengelolaan air limbah bagi usaha dan/ atau kegiatan pertambangan dengan menggunakan metode lahan basah buatan. Telah dijelaskan tentang batas ambang bawah terkait maksimal nilai pH yang diizinkan dilepas ke badan sungai dengan kategori baku mutu air limbah pertambangan batu bara dan lignit, yaitu sebesar 6-9. Lalu untuk nilai maksimal TSS yang diizinkan diilepas ke badan sungai dengan kategori baku mutu air limbah pertambangan batu bara dan lignit, yaitu 400 mg/l. Berikut dilampirkan pada Tabel 12 dan Grafik 1 terkait nilai pH dan nilai TSS yang dikeluarkan oleh WMP 04 GT menuju badan sungai pada periode Oktober 2024.



Gambar 7. Grafik Nilai pH dan TSS yang dikeluarkan oleh WMP 04 GT

Tabel 12. Nilai pH dan TSS yang dikeluarkan oleh WMP 04 GT

Tanggal Pengambilan Data	Site	Item Monitoring	Outlet pH	Minimal pH	Outlet TSS	Minimal TSS	Tanggal Pengambilan Data	Site	Item Monitoring	Outlet pH	Minimal pH	Outlet TSS	Minimal TSS
1-Oct-2024	GMO	WMP 04 GT	6,95	6,5	45	400	17-Oct-2024	GMO	WMP 04 GT	7,01	6,5	48	400
2-Oct-2024	GMO	WMP 04 GT	6,72	6,5	24	400	18-Oct-2024	GMO	WMP 04 GT	6,57	6,5	54	400
3-Oct-2024	GMO	WMP 04 GT	6,85	6,5	23	400	19-Oct-2024	GMO	WMP 04 GT	6,61	6,5	52	400
4-Oct-2024	GMO	WMP 04 GT	6,84	6,5	24	400	20-Oct-2024	GMO	WMP 04 GT	6,83	6,5	68	400
5-Oct-2024	GMO	WMP 04 GT	6,76	6,5	32	400	21-Oct-2024	GMO	WMP 04 GT	6,66	6,5	68	400
6-Oct-2024	GMO	WMP 04 GT	6,7	6,5	29	400	22-Oct-2024	GMO	WMP 04 GT	6,62	6,5	51	400
7-Oct-2024	GMO	WMP 04 GT	6,91	6,5	12	400	23-Oct-2024	GMO	WMP 04 GT	6,75	6,5	15	400
8-Oct-2024	GMO	WMP 04 GT	6,85	6,5	21	400	24-Oct-2024	GMO	WMP 04 GT	6,61	6,5	10	400
9-Oct-2024	GMO	WMP 04 GT	6,7	6,5	20	400	25-Oct-2024	GMO	WMP 04 GT	6,94	6,5	21	400
10-Oct-2024	GMO	WMP 04 GT	6,87	6,5	16	400	26-Oct-2024	GMO	WMP 04 GT	6,91	6,5	20	400
11-Oct-2024	GMO	WMP 04 GT	6,55	6,5	21	400	27-Oct-2024	GMO	WMP 04 GT	7,05	6,5	58	400
12-Oct-2024	GMO	WMP 04 GT	7,1	6,5	55	400	27-Oct-2024	GMO	WMP 04 GT	7,05	6,5	58	400
13-Oct-2024	GMO	WMP 04 GT	6,97	6,5	48	400	28-Oct-2024	GMO	WMP 04 GT	6,83	6,5	30	400
14-Oct-2024	GMO	WMP 04 GT	6,75	6,5	47	400	29-Oct-2024	GMO	WMP 04 GT	6,57	6,5	20	400
15-Oct-2024	GMO	WMP 04 GT	6,8	6,5	68	400	30-Oct-2024	GMO	WMP 04 GT	6,71	6,5	29	400
16-Oct-2024	GMO	WMP 04 GT	6,6	6,5	43	400	31-Oct-2024	GMO	WMP 04 GT	6,82	6,5	26	400

J. Pengecekan Aspek K3 di area pekerjaan WMP 04 GT

Untuk memastikan area pekerjaan di WMP 04 GT aman dari potensi KTA (Kondisi Tidak Aman) ataupun TTA (Tindakan Tidak Aman), maka oleh karena itu dilakukan lah beberapa pengecekan atau penerapan prosedur di area kerja. Beberapa prosedur yang di terapkan di area kerja WMP 04 GT yaitu :

1. Melakukan *control traffic management* dengan melakukan pemasangan rambu jalan di area kerja WMP 04 GT

2. Pengecekan *fatigue* kepada beberapa operator ataupun *driver* A2B di area WMP 04 GT untuk menghindari potensi terjadi nya TTA
3. Pengecekan standar penerangan di area kerja WMP 04 GT ketika di *shift* 2 (malam hari)

Berikut terlampir beberapa dokumentasi untuk penerapan prosedur K3 di area WMP 04 GT pada Gambar 8, Gambar 9 dan Gambar 10.



Gambar 8. Pemasangan Rambu Jalan di Area Kerja WMP 04 GT (*Control Traffic Management*)



Gambar 9. Pengecekan fatigue kepada beberapa operator ataupun driver A2B di area WMP 04 GT



Gambar 10. Pengecekan standar penerangan di area kerja WMP 04 GT ketika di shift 2

2. Nilai pH dan TSS yang keluar dari infrastruktur WMP 04 GT rata-rata sesuai dengan baku mutu yang telah diatur pada Permen KLHK Nomor 5 Tahun 2022 yaitu nilai pH berada di sekitar 6-9 dan nilai TSS di bawah 400 mg/l
3. Untuk pengendalian aspek K3, pada area kerja WMP 04 GT dilakukan penerapan beberapa prosedur yang bisa mengurangi potensi Kondisi Tidak Aman (KTA) dan Tindakan Tidak Aman (TTA) yaitu melakukan kontrol *traffic management* (melakukan pemasangan rambu dan lainnya), melakukan pengontrolan keamanan dan kenyamanan area kerja (dengan melakukan pengecekan tingkat penerangan di area kerja) dan melakukan pengecekan fatigue untuk memastikan operator A2B dalam kondisi fit dalam bekerja.

## V. KESIMPULAN DAN SARAN

Adapun kesimpulan dari kajian ini adalah sebagai berikut.

1. WMP 04 GT perlu dibentuk untuk mengakomodir limpasan dari operasional penambangan Pit FGH, OPD FGH, dan sebagian OPDN dan IPD L sisi utara dengan total luas *catchment area* sebesar 201 Ha. Dengan kebutuhan kapasitas *sediment pond* WMP 04 GT adalah 296.759 m<sup>3</sup>. Rencana saluran overflow di *sediment pond* dan *area settling pond* menggunakan saluran terbuka / tertutup dan menggunakan pintu air berbentuk *culvert steel pipe* di *outlet settling pond*.

## VI. DAFTAR PUSTAKA

- [1] Kaihuan, z. (2012). Research on Intrinsic Safety Method for Open-pit Mining. *Procedia Engineering*, 453-458.
- [2] Acharya, B. S. (2020). Acid mine drainage from coal mining in the United States – An overview. *Journal of Hydrology*, 125061.
- [3] Scheiber, I. (2018). Quantification of properties of different water sources in a mining operation. *Science of the Total Environment*, 587-599.
- [4] Asdak, Chay. 2010. *Hidrologi Pengelolaan Daerah Aliran Sungai*. Yogyakarta : Penerbit Gajah Mada University Press
- [5] Awang, S. (2004). *Perencanaan Jalan Tambang*. Bandung, : Universitas Islam Bandung
- [6] Bambang triatmodjo. (2008). *Hidrologi Terapan*, Beta Offset, Yogyakarta