

Perencanaan Sistem Penyaliran Tambang Batubara Dalam Perancangan Main Sump Block B PT Harmoni Panca Utama Jobsite PT Tambang Damai, Kalimantan Timur

Feraldo Sandrio^{1,*}, Drs. Rusli HAR, M.T.^{1,**}

¹Jurusan Teknik Pertambangan Fakultas Teknik Universitas Negeri Padang

*feraldosandrio@outlook.com

**ruslihar@ft.unp.ac.id

Abstract. PT Harmoni Panca Utama jobsite Tambang Damai is a company engaged in the mining business with the type of mineral being mined is coal, which is located in East Kalimantan Province, East Kutai Regency. Mining operations carried out at PT Harmoni Panca Utama (HPU) jobsite PT Tambang Damai (TD) use the open pit method. This method will result information about potential to become water catchment area, which is from ground water and run-off. The planned drainage system in the coal mining area of PT Harmoni Panca Utama is using combination methods there is mine drainage and mine dewatering, namely efforts to prevent, dry and remove water that enters the mining area. The mine drainage system plan is designed based on mining progress. Based on analysis of annual rainfall data, obtaining a planned rainfall of 117,67 mm/day. In the mine drainage system plan in the catchment area or catchment area with surface water runoff entering the mine opening of 20.74 m³/s and a total groundwater discharge of 0.001 m³/s. In the main sump, there are 2 open channels or trapezoidal open channels. The sludge settling pond/settling pond is planned to be 4 compartments with a capacity of 1,500 m³ each.

Keywords: Catchment Area, Rainfall, Sump, Sediment Pond, Slurry Pump

1 Pendahuluan

Operasi penambangan yang dilakukan di PT Harmoni Panca Utama (HPU) jobsite PT Tambang Damai (TD) menggunakan metode open pit atau biasa disebut dengan metode tambang terbuka. Metode tersebut merupakan metode yang dapat menyebabkan terbentuknya beberapa cekungan yang luas sehingga hal ini yang berdampak menjadi sebuah tampungan, yang mana dari debit air limpasan maupun air tanah.

Lokasi penambangan PT HPU secara administratif terletak di Kecamatan Teluk Pandan Kabupaten Kutai Timur, Provinsi Kalimantan Timur, Indonesia. Penambangan PT HPU di Block B berlangsung pada wilayah *diversion* dan akan memotong lapisan akuifer yang ada di bawah permukaan.

Meningkatnya target produksi *overburden* dan *coal* pada tahun 2023 memberikan pengaruh terhadap bukaan *sequence* yang malah semakin melebar dan mengikuti kemenerusan batubara hal ini yang menjadi faktor pembentukan cekungan yang luas. Cekungan yang luas berpotensi tertahannya aliran, baik dari debit limpasan (run off) maupun debit air tanah. Hal tersebut dapat

mengganggu dalam operasional *in PIT*, sehingga akan menyebabkan kegiatan yang berulang dalam penanganan hal tersebut.

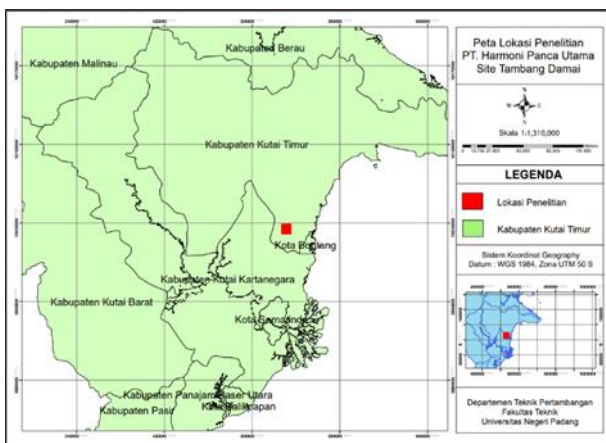
Plan sequence PIT 2023 pada Block B *overburden* 15,000,000 BCM dengan luas bukaan 57.16 Ha, hal ini menyebabkan *workspace* akan menyempit dan dapat mempengaruhi tidak tercapainya target produksi. Hal yang perlu diperhatikan dalam *workspace* yang terbatas salah satunya adalah sistem penyaliran tambang. Harapannya *mine drainage* pada *workspace* terbatas tidak ada penanganan berulang dalam tertahannya aliran air pada *front*.

Berdasarkan pengamatan di lapangan, perihal tidak terkajinya suatu penyaliran tambang pada di lokasi, yang mengakibatkan peletakan *sump* menjadi tidak efektif. Hal ini juga menyambung belum adanya *main sump permanent* di Block B, yang berakibat tidak standarnya penyaliran tambang yang berdampak pada operasional penambangan. Berdasarkan *design yearly* dan *life of mine* pada Block B, Penambangan akan *continue develop* ke selatan, dan seiring dengan terjadinya kemajuan-kemajuan yang terjadi di penambangan mengakibatkan debit limpasan semakin besar, sehingga perlu adanya

pengkajian penyaliran tambang di Block B. Pengkajian ini tidak serta merta hanya menentukan peletakkan *mine sump*, namun melainkan adanya pengkajian upaya pemompaan air pada sump yang mana air tersebut harus sudah melalui baku mutu sebelum dikeluarkan, perancangan *sediment pond*, berapa jumlah pompa efektif yang digunakan.

2 Lokasi penelitian

Lokasi penambangan PT Harmoni Panca Utama *Jobsite* Tambang Damai *District* Tanito Coal berada di Provinsi Kalimantan Timur, Kabupaten Kutai Timur, Kecamatan Teluk Pandan, dengan luasan konsesi IPPKH sebesar 3814 Ha. Secara geografis wilayah penambangan PT Harmoni Panca Utama *Jobsite* Tambang Damai terletak pada posisi 0°13'14.5" LU dan 117°16'50.6" BT yang dapat dilihat pada Gambar 1 dengan memiliki batas-batas wilayah utara berbatasan dengan desa teluk pandan dan suka rahmat, wilayah selatan berbatasan dengan desa danau redan, wilayah timur berbatasan dengan desa suka rahmat dan kota bontang, wilayah barat berbatasan dengan Kabupaten Kutai Kartanegara.

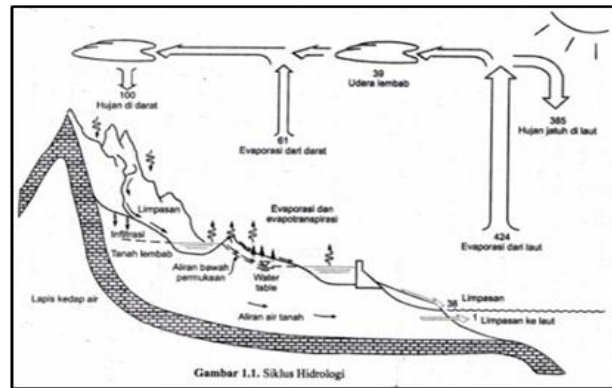


Gambar 1. Peta Lokasi Penelitian.

3 Kajian teori

3.1 Kondisi hidrologi

Siklus air adalah siklus yang berkesinambungan di mana air bergerak dari titik tertinggi ke tanah titik terendah. Uap air bergerak dan masuk ke atmosfer, setelah itu melewati fase kondensasi dan berubah menjadi tetesan air dalam bentuk awan. Kemudian tetes-tetes air itu jatuh dan membentuk hujan ke daratan dan juga permukaan laut. Hujan yang sebagian turun di permukaan bumi, beberapa air hujan yang sampai ke permukaan bumi diserap oleh tanah (*infiltrate*) dan lain sebagainya mengalir ke atas permukaan bumi (*surface run off* atau permukaan limpasan). Proses hidrologi siklus dijelaskan dalam Gambar 2 berikut.



Gambar 2. Hidrologi Siklus.

3.2 Teknis penyaliran tambang

Penyelesaian masalah pengaliran pada open pit mining dibagi menjadi dua yaitu *mine drainage* dan *mine dewatering*. *Mine drainage* adalah sarana untuk mencegah masuknya air ke dalam area lubang. Umumnya digunakan untuk pengolahan air dari sumber air pada area permukaan dan juga pada air tanah. Sedangkan *mine dewatering* merupakan upaya dalam membuang air mengalir ke dalam area tambang. Tes ini terdiri dari mengolah air yang masuk ke *sequence*.

3.3 Faktor mempengaruhi sistem penyaliran

3.3.1 Curah hujan

Sumber yang utama dari air permukaan pada suatu tambang terbuka yaitu air hujan. Jumlah air yang masuk ke seq tambang mempengaruhi geometri drainase, jumlah drainase, KPL dan pompa, tergantung pada sistem drainase yang digunakan. Untuk menentukan jadwal presipitasi dapat digunakan "distribusi gumbel", yaitu penentuan jadwal presipitasi yang dijalankan sebagian. Metode ini dapat digunakan menetapkan batas maksimum curah hujan.

3.3.2 Periode ulang

Adalah hujan yang berulang dengan nilai intensitas sama. Probabilitas hal ini sekali dalam pemulihan ditetapkan.

$$Pr = \left\{ 1 - \left(1 - \frac{1}{TL} \right)^{Tr} \right\} \times 100\% \quad (1)$$

Keterangan:

Pr = Dampak hidrologi

Tr = Ulang hujan *periodic*

TL = Waktu Penyaliran akan beroperasi (tahun)

3.3.2 Intensitas hujan

Intensitas merupakan nilai hujan atau sebagai tinggi hujan yang diberikan satuan yaitu satuan waktu.

$$I = \frac{R}{24} \times \left(\frac{24}{t}\right)^{\frac{2}{3}} \quad (2)$$

Keterangan:

I = Int hujan (mm/jam)

R = Curah hujan rencana (mm/hari)

T = Lamanya hujan (jam)

3.3.4 Daerah tangkapan (catchment area)

Daerah aliran sungai (DAS) merupakan daerah titik tertinggi tempat mengalirnya air hujan ke titik terendah daerah tersebut. Semakin besar daerah tangkapan air, semakin banyak air hujan yang jatuh ke daerah tersebut dan semakin banyak limpasan yang harus diperhatikan pada titik terendah. Sebaliknya, semakin kecil daerah tangkapan air, semakin sedikit air hujan yang jatuh ke daerah tersebut dan semakin sedikit limpasan yang harus diperhatikan pada titik terendah.

3.3.5 Air limpasan

Limpasan terjadi saat jumlah dari curah hujan sudah berlebihan atau melebihi tingkat penyerapan dari air yang menuju ke dalam tanah. Kemudian tingkat dari infiltrasi tercapai, air akan mulai melakukan pengisian atau mengisi depresi di dalam tanah. Saat air di kolam terisi, air bisa mengalir bebas di atas tanah.

$$Q = 0,278 \times C \times I \times A \quad (3)$$

Keterangan:

Q = Debit limpasan (m³/detik)

C = Koefisien *run-off*

I = Intensitas hujan (mm/jam)

A = Luasan dari *catchment area* (Km²)

3.3.6 Koefisien limpasan

Limpasan air tergantung pada banyak faktor, sehingga tidak semua air hujan merupakan sumber air untuk sistem drainase. Di antara banyak faktor, kondisi penggunaan lahan, kemiringan lahan, dan perubahan elevasi adalah yang paling berpengaruh.

3.3.7 Air tanah

Zona jenuh berkembang dari tabel air menjadi batuan kedap air. Karena tidak ada lapisan kedap air di atas tabel air tanah, zona saturasi yang disebut permukaan tekanan atmosfer terbentuk. Hal ini dapat dilihat pada tabel air di sumur akifer bebas. Faktanya, karena gaya kapiler, saturasi dengan mudah melebihi tabel air. Air di daerah jenuh disebut air tanah.

3.3.8 Rancangan penambangan

Sistem drainase yang digunakan harus disesuaikan dengan rencana penambangan agar sistem drainase mendukung penambangan.

3.4 Pemipaan dan pompa

3.4.1 Pipa

Sesuai standar yang digunakan pada PT HPU *Jobsite Tambang Damai* bahwa dalam proses *dewatering*, pipa yang digunakan adalah pipa dengan golongan non-metal yaitu pipa HDPE (*high density polyethylene*), dengan diameter 10 *inch*. Berdasarkan data yang diperoleh dari *Engineering Department*, untuk 1 batang pipa HDPE panjangnya 6 meter. Adapun kebutuhan pipa pada pompa untuk mengalirkan air dari *sump* menuju *outlet*, yaitu kurang lebih sepanjang 1,200 meter. Elevasi *inlet* pada *sump* berada pada -24,00 mdpl, sedangkan elevasi *outlet* pipa menuju *box control* berada pada 84 mdpl.

3.4.2 Pompa

Pompa dapat dipasang secara seri atau paralel. Pompa dipasang secara berurutan dengan mempertimbangkan *head* pompa yang digunakan harus cukup dalam menaikkan air hingga ketinggian tertentu. Pompa dipasang secara paralel mempertimbangkan *outlet* pompa yang digunakan tidak cukup untuk mengeluarkan air, sehingga dua atau lebih pompa harus dipasang secara paralel.

3.5 Main sump dan open channel

3.5.1 Main sump

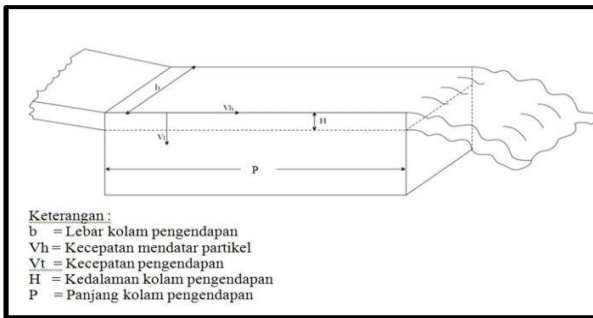
Cekungan pit bertindak sebagai *reservoir* sementara air dan lumpur sebelum dipompa keluar dari pit. Digolongkan dari fungsi dan letaknya, poros tambang dibagi tiga jenis yaitu *main sump*, *temporary sump* dan poros tembus. Sumur tembus adalah sumur yang dibuat pada tingkat tambang dan biasanya ditempatkan di lereng tepi tambang ketika memilih area yang direncanakan sesuai dengan lokasi dan volume, dan berfungsi sebagai luapan air karena keterbatasan pemompaan.

3.5.1 Open channel

Pembuatan saluran penambangan dilakukan pada saluran pembuangan air permukaan di daerah tersebut dan mengalir ke titik pengumpulan ataupun titik lainnya. Saluran penambangan juga dapat berfungsi sebagai tempat pengaliran air yang dihasilkan saat memompa area tambang (sungai).

3.6 Perhitungan persentase pengendapan

Analisa dari persentase pengendapan ditujukan guna menginformasikan apakah kolam pengendapan dapat berguna dalam pengendapan partikel padatan yang terkandung dalam debit air yang akan masuk ke tambang.



Gambar 3. Aliran Air di *Sediment Pond*.

Waktu yang dibutuhkan oleh partikel untuk mengendap dengan kecepatan v_t (m/s) sejauh h (m) adalah:

$$t_v = \frac{h}{v_t} \quad (4)$$

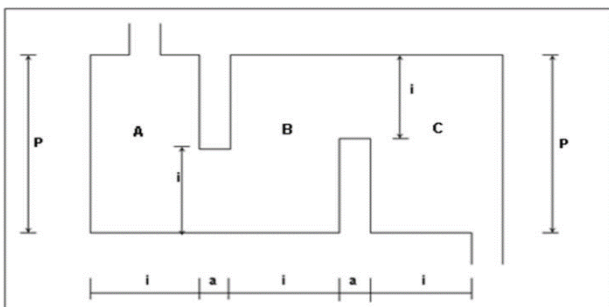
$$v_h = \frac{Q_{total}}{A} \quad (5)$$

Keterangan:

- t_v = Waktu partikel mengendap (detik)
- v_t = Kecepatan partikel mengendap (m/detik)
- h = Tinggi kolam (m)
- v_h = Kec mendatar partikel (m/detik)
- Q_{total} = Debit air ke KPL/*sump* ($m^3/detik$)

3.7 Bentuk kolam pengendapan

Persyaratan teknis yang harus dipenuhi agar tangki pengendapan lumpur dapat bekerja secara efektif yaitu membentuk kolam yang berkelok-kelok (*zigzag*) dan geometri kolam tailing harus sesuai dengan ukuran alat keruk. Berikut KPL yang memenuhi syarat teknis dapat dilihat dalam Gambar 4.



Gambar 4. KPL yang Memenuhi Syarat Teknis.

4 Metode penelitian

4.1 Jenis penelitian

Jenis penelitian ini adalah penerapan penelitian dengan melakukan eksperimen, yaitu merupakan suatu penggabungan (korelasi) teori dan data lapangan dalam memecahkan masalah. Informasi ini disajikan dalam tugas akhir adalah informasi kuantitatif (analisis statistik dan angka). Adapun metode penelitian yang dipakai menggunakan metode penelitian kuantitatif.

4.2 Teknik pengumpulan penelitian data

4.2.1 Studi literatur

Tinjauan literatur adalah pencarian literatur tentang topik pembahasan, termasuk penelitian tentang analisis produksi tambang, dengan menggunakan berbagai *trial* dan juga *error*, buku penyaliran, jurnal ilmiah atau laporan penelitian terserdi.

4.2.2 Pengamatan di Lapangan

Pengamatan langsung dilapangan meliputi orientasi lapangan bersama karyawan perusahaan untuk langkah awal penelitian, untuk mengidentifikasi masalah dan penentuan lokasi pengambilan data.

4.2.3 Pengolahan data

Output data ini nantinya dikonversikan menjadi acuan dalam menganalisis dimensi *sump* dan *sediment pond* juga bentuk penyaliran.

4.2.4 Penyusunan laporan

Penyusunan laporan merupakan tahap akhir dari kegiatan penelitian yang berdasarkan data yang telah diperoleh dari pengamatan, pengukuran, dan implementasi.

4.3 Teknik penganalisaan data

Ketika data untuk penelitian sudah lengkap, maka setelah itu dapat digunakan referensi referensi rumus-rumus melalui beberapa sumber atau literatur yang ada atau yang tersedia untuk melakukan penganalisaan data. Teknik penganalisaan atau analisis data yang dilakukan dalam penelitian ini yaitu antara lain:

1. Melakukan analisa waktu lamanya *sump* dan *sediment pond* dapat dipulihkan. Menganalisis luas *catchment area* tahun 2022, 2023 dan *life of mine* dengan bantuan *software* tambang.
2. Melakukan atau menggunakan rumus monobe dalam melakukan perhitungan intensitas hujan.
3. Penggunaan metode gumberl dalam menganalisis curah hujan rencana/rancangan.
4. Melakukan penganalisaan dari debit limpasan pada permukaan selama tahun 2022, dan 2023 dengan metode rasional.
5. Monitoring penurunan air *sump*.
6. Menghitung banyaknya debit air tanah tahun 2022, dan 2023 berdasarkan penurunan air *sump* secara berkala.
7. Menentukan rencana sistem pemompaan rancangan main *sump*.
8. Analisa besar dimensi main *sump* rancangan.
9. Melakukan analisis berapa besaran dari dimensi *open channel* atau saluran terbuka rancangan pada tahun 2022, dan 2023 dengan rumus manning.
10. Analisa besar dimensi *sediment pond* atau KPL.

5 Hasil dan pembahasan

5.1 Data

5.1.1 Curah hujan dan intensitas hujan rencana

Data curah hujan pada PT Harmoni Panca Utama (HPU) *jobsite* PT Tambang Damai (TD), jumlah hari hujan, dan rata-rata curah hujan perbulan dalam tiap tahun disajikan dalam satu tabel agar mempermudah dalam pengelompokan data. Penentuan curah hujan didasarkan pada data curah hujan rata-rata maksimum pada daerah pengamatan dengan menggunakan data curah hujan harian maksimum tahun 2016 sampai 2022.

Setelah dilakukan perhitungan maka didapatkan harga untuk curah hujan maksimal rata-rata yaitu 99,78 mm/hari dengan pertimbangan ulang hujan periodic selama lima tahun dan juga untuk resiko hidrologi didapatkan 67,23%. Data *rainfall* dan *rainhours* diperoleh dari *Department Engineering* PT HPU dengan lokasi area yaitu pada stasiun curah hujan di Blok B.

Menentukan jumlah curah hujan harian, penulis menggunakan data yaitu data dari rata-rata curah hujan maksimum harian, untuk memecahkan masalah yang mungkin muncul ketika jumlah curah hujan telah mencapai maksimum, sehingga membuka saluran atau membuka dasar sungai atau cekungan sedimen atau sisa-sisa yang ada di tambak. desain lubang galian terbuka Mempertimbangkan kualitas dan kuantitas limpasan air hujan yang maksimal.

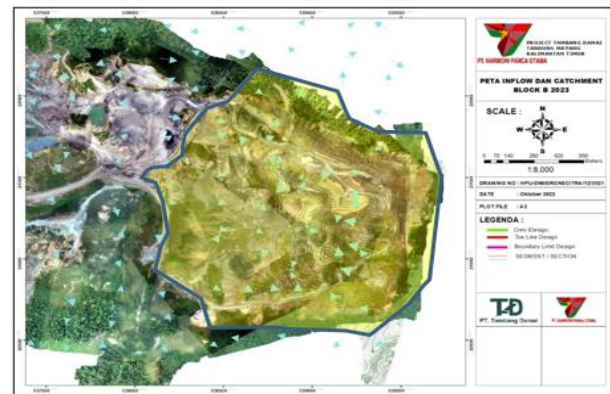
Tabel 1. Curah hujan harian maksimum.

Tahun	Curah Hujan (mm)												Curah Hujan Maksimum (mm)
	Jan	Feb	Mar	Apr	Mei	Jun	Jul	Agg	Sep	Okt	Nov	Des	
2016	24,0	3,8	117	15,0	87,0	39,0	41,5	27,0	87,0	22,0	123,0	61,0	117
2017	46,0	32,0	85,5	39,0	1,5	25,0	10,5	96,5	34,0	32,5	82,0	34,5	96,5
2018	53,0	50,0	66,5	39,3	34,0	95,0	15,6	45,0	50,0	50,0	47,0	50,7	95,0
2019	37,0	19,5	61,6	58,5	29,3	121	24,0	30,0	19,5	62,0	122,0	31,0	122,0
2020	52,0	19,5	41,0	23,0	50,0	23,3	34,1	35,0	31,0	37,0	41,0	40,0	52,0
2021	72,0	57,5	41,0	67,0	28,0	35,0	64,0	64,0	37,0	26,0	90,0	40,4	90,0
2022	22,9	11,3	15,5	15,0	12,0	27,0	53,0	22,0	126,0	35,0	44,0	34,65	126,0
Jumlah Curah Hujan Rata-Rata Maksimum													99,78

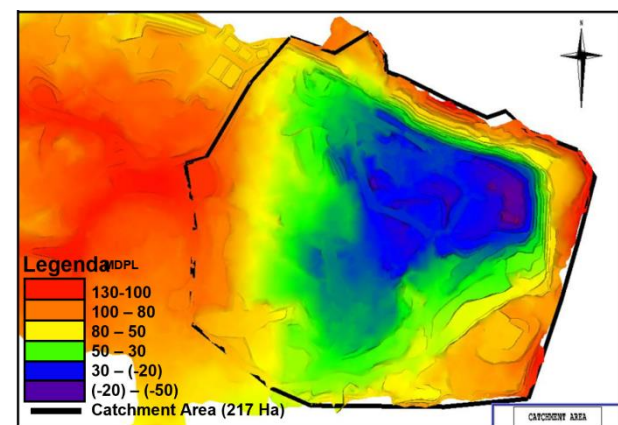
5.1.2 Catchment area daerah tangkapan hujan

Observasi lapangan secara langsung berfungsi untuk dapat mengetahui terkait arah drainase juga koefisien drainase yang sesuai untuk masing-masing DAS, sehingga harapannya dapat dirancang sistem drainase yang efektif dan efisien. Dengan pengamatan peta rencana penambangan tahunan, dilakukan upaya untuk mengidentifikasi daerah yang lebih tinggi yang memiliki kemungkinan menampung air hujan dan mengalirkannya ke area-area penambangan. Dalam penghitungan luas *catchment area*, dapat menggunakan *software* Surfer, dengan merekayasa arah aliran air berdasarkan topografi yang diperkirakan potensi daerah aliran air. Berdasarkan pengukuran yang dilakukan pada *software* tambang, didapatkan luas daerah *catchment area* pada PT

Harmoni Panca Utama (HPU) *Jobsite* PT Tambang Damai (TD) ini didapatkan seluas 217 Ha.



Gambar 5. Peta Catchment Area by Flow Direction.



Gambar 6. Peta Catchment Area by Topografi.

5.2 Analisis dan Pembahasan

5.2.1 Debit air limpasan

Nilai limpasan air dapat ditentukan setelah mengetahui daerah tangkapan air, nilai intensitas hujan dan nilai koefisien limpasan. Untuk menghitung debit aliran, metode yang masuk akal dapat digunakan dengan menggunakan persamaan di bawah ini:

$$Q = 0,00278 \times C \times I \times A \quad (6)$$

Dimana :

Q = Debit pada air limpasan (m³/detik)

C = Koefisien dari limpasan yang didapat

I = Intensitas dari besarnya curah hujan (mm/jam)

A = Luas dari daerah pada tangkapan hujan (Ha)

Maka perhitungan debit air limpasan pada *catchment area* 217.00 Ha seperti berikut:

$$\begin{aligned} Q &= 0,00278 \times 0,9 \times 38,20 \text{ mm/jam} \times 217 \text{ Ha} \\ &= 0,278 \times 0,9 \times 0,038 \text{ m/jam} \times 2,17 \text{ km}^2 \\ &= 20,74 \text{ m}^3/\text{detik} \end{aligned}$$

5.2.2 Debit air tanah

Perhitungan debit air tanah dilakukan berdasarkan pada pengamatan kondisi lapangan dengan cara melihat

perbedaan tinggi elevasi awal dan akhir yang terjadi pada sump block b. Dalam penghitungan debit air tanah, yaitu dengan *monitoring* elevasi pada area *sump* ketika cuaca sedang cerah dan keadaan pompa sedang tidak beroperasi, namun elevasi dari *sump* itu sendiri sedang mengalami kenaikan.

Tabel 2. Hasil ukur dari debit pada air tanah.

TANGGAL	Cuaca	Status Pompa	ELEVASI SUMP		Volume Awal (m ³)	Volume Akhir (m ³)	Netflow (m ³ /day)
			Elv awal	Elv Akhir			
1-Dec-22	Cerah	Not Running	-6.32	-6.34	113,846	143,124	29,278
2-Dec-22	Cerah	Not Running	-6.34	-6.45	113,482	118,116	4,634
10-Dec-22	Cerah	Not Running	-6.96	-7.01	102,377	133,549	31,172
24-Dec-22	Cerah	Not Running	-6.29	-6.45	114,394	121,506	7,112
25-Dec-22	Cerah	Not Running	-6.29	-6.45	121,506	126,704	5,198
26-Dec-22	Cerah	Not Running	-6.45	-6.47	126,704	127,268	564
27-Dec-22	Cerah	Not Running	-6.47	-6.48	127,268	128,065	797
31-Dec-22	Cerah	Not Running	-6.63	-6.65	130,342	131,058	716
Rata-Rata					949,919	1,029,390	79,471

Nilai debit air tanah dianalisa dengan cara pembagian selisih volume awal dan volume akhir dengan waktu pemompaan adalah 18 jam.

$$\begin{aligned}
 Q_{\text{air tanah}} &= \frac{\text{Selisih Penurunan}}{T_{\text{pemompaan}}} \quad (7) \\
 &= \frac{79,471 \text{ m}^3}{18 \text{ jam}} \\
 &= 4,415.06 \frac{\text{m}^3}{\text{jam}} \\
 &= 1.23 \text{ m}^3/\text{detik}
 \end{aligned}$$

5.2.3 Debit total

Debit total adalah debit secara menyeluruh yang masuk ke *sequence* tambang atau *pit* lalu tertampung di area *sump*. Adapun debit keseluruhan ini diantaranya penjumlahan debit limpasan air permukaan dengan debit air tanah. Berikut merupakan hasil perhitungan debit total pada daerah penelitian sebagai berikut :

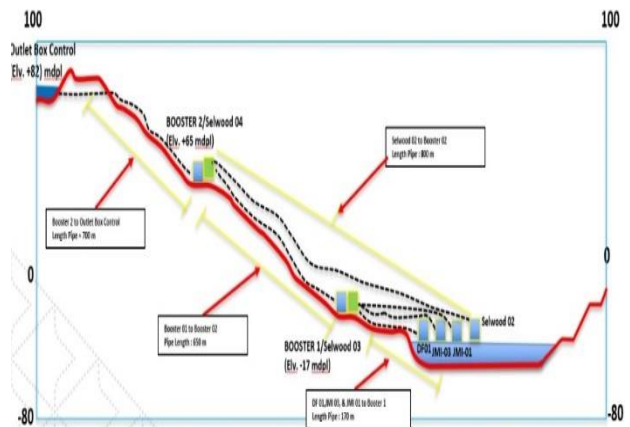
$$\begin{aligned}
 \text{Debit total} &= Q_{\text{air permukaan}} + Q_{\text{air tanah}} \quad (8) \\
 &= 20.74 \text{ m}^3/\text{detik} + 1.23 \text{ m}^3/\text{detik} \\
 &= 21.97 \text{ m}^3/\text{detik} \\
 &= 21.97 / \text{detik} \times 3,600 = 79,092 \text{ m}^3/\text{jam}
 \end{aligned}$$

5.2.4 Ketersediaan pompa PT Harmoni Panca Utama

PT Harmoni Panca Utama (HPU) *Jobsite* PT Tambang Damai (TD) memiliki 9 unit pompa. Dalam perhitungan selanjutnya terkait pompa, seperti desain sumur, dimensi saluran terbuka dan kolam pengendapan.

PT Harmoni Panca Utama (HPU) *Jobsite* PT Tambang Damai (TD) memiliki 1 buah pompa yang diletakkan pada *main sump* yaitu pompa New Dragflow-01 (Pc 50-113). Secara pengamatan di lapangan, pompa yang akan di plotting untuk dianalisa yaitu satu Pompa New Dragflow-01 (JMI 30 SS), yang terletak di *main sump* Pit B PT Harmoni Panca Utama (HPU) *jobsite* PT Tambang Damai (TD).

5.2.5 Rencana sistem pompa



Gambar 7. Formasi *Plan Pumping*.

5.2.6 Analisis head total pompa

Head adalah energi yang harus diterapkan untuk memompa sejumlah air tertentu. Total head pompa dapat dihitung dengan menggunakan rumus berikut:

$$HT = HV + HS + Hi + \Delta Hp + HF1 + HF2 + HF3 \quad (9)$$

Dimana:

- HT = merupakan Head total pompa (m)
- HV = merupakan Head of velocity (m)
- HS = merupakan Head statis (m)
- Hi = merupakan Head perubahan diameter (m)
- ΔHp = merupakan Head of pressure (m)
- HF1 = merupakan Head of friction (m)
- HF2 = merupakan Head of bend (m)
- HF3 = merupakan Head of valve (m)

Maka nilai head total dapat dilihat pada tabel berikut:

Tabel 3. Nilai *head total*.

Posisi	(Hs) (m)	(Hv) (m)	Hi (m)	(ΔHp) (m)	(Hfi) (m)	(Hfb) (m)	(Hfv) (m)	Head Total (meter)
Main Sump ke booster 1	23	0.13	0.18	0,028	0.223	0.659	0.012	24.024
Main Sump ke booster 2	105	0.06	0.17	0.129	5.046	0.659	0,005	111.064
Booster 1 ke Booster 2	82	0.09	0.25	0.100	0.481	0.659	0.812	84.392

5.2.7 Penentuan volume sump

Volume sump optimal diperoleh dari selisih jumlah air drainase permukaan ditambah jumlah air tanah dan jumlah harian yang dipompa. Pompa yang dipakai dalam mengeluarkan air dari bak pada PT HPU adalah pompa JMI350 SS (*Dragflow*). Waktu pengoperasian pompa adalah 18 jam perhari.

Tabel 4. Volume sump

Jenis Sump	Debit Air Permukaan	Debit Air Tanah	Debit Pompa	Volume Air Total	Volume Pompaan
Main Sump	447,984	26,490	1200	452,874	21,600

5.2.8 Penentuan dimensi sump

Untuk menampung volume air yang masuk sebesar 452,874 m³, diperlukana main sump dengan dimensi:
 Panjang dari permukaan sump = 220 m
 Lebar dari permukaan sump = 220m
 Panjang dari dasar sump = 210 m
 Lebar dasar sump = 210 m
 Kedalaman = 10 m

Volume Max yang ditampung oleh sump yaitu dimensi perhitungannya adalah:

$$\text{Volume} = \frac{(\text{luas permukaan sump} + \text{luas dasar sump})}{2} \times \text{kedalaman}$$

$$= \frac{\{(220 \text{ m} \times 220 \text{ m}) + (210 \text{ m} \times 210 \text{ m})\}}{2} \times 10 \text{ m}$$

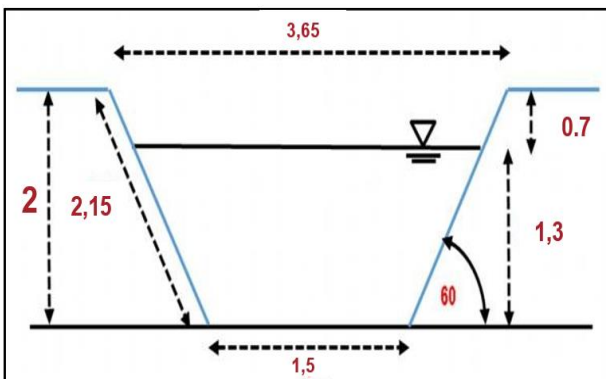
$$= 462,500 \text{ m}^3$$

Tabel 5. Dimensi sump.

Jenis Sump	Kedalaman	Kemiringan	Panjang dan Lebar Atas Sump	Panjang dan Lebar Bawah Sump	Volume yang dapat Ditampung (m ³)
Main sump	10 m	60°	220	210	462,500

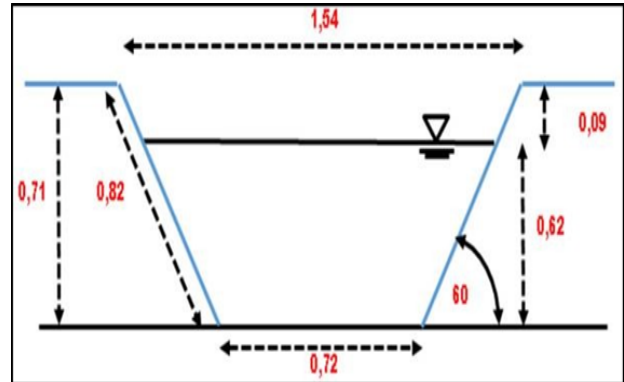
5.2.9 Perencanaan saluran terbuka open channel

Saluran terbuka I terletak di highwall rencana penambangan PT HPU jobsite PT Tambang Damai (TD). Saluran ini menampung air dari luar catchment area dengan total debit 1.46 m³/detik. Open Channel ini bertujuan untuk mengalirkan air menjauh dari area sequence menuju luar sequence. Memiliki grade 0,37 % dan koefisien kekasaran (n) 0,025.



Gambar 8. Bentuk dan Dimensi Saluran Terbuka I.

Saluran terbuka II terletak di sebelah barat selatan disposal Bwest. Saluran ini meminimalisir masuknya aliran air langsung ke kolam pengendapan dengan dialirkan menuju diversion total debit 0,61 m³/detik. Memiliki grade 0,25 % dan koefisien kekasaran (n) 0,025.



Gambar 9. Bentuk dan Dimensi Saluran Terbuka II.

Tabel 7. Dimensi saluran terbuka

Saluran	Q (m ³ /s)	S (%)	α (°)	N	d (m)	x (m)	h (m)	A (m)	b (m)	a (m)
I	5.864	0.37	60	0.025	1.3	0.5	2.00	3.2725	1.5	2.30
II	0,61	0.25	60	0.025	0.62	0.09	0.72	0.67	1.54	0.82

Dimana :

- Q = adalah debit yang dialirkan saluran (m³/detik)
- S = adalah kemiringan dasar saluran (%)
- A = adalah kemiringan dinding saluran (°)
- n = adalah koefisien kekasaran Manning
- d = adalah kedalaman aliran, meter
- x = adalah tinggi jagaan, meter
- h = adalah kedalaman saluran (m)
- b = adalah lebar dasar saluran, meter
- A = adalah luas penampang basah saluran (m)
- B = adalah lebar permukaan saluran, meter
- A = adalah panjang sisi luar saluran (m)

Perhitungan :

Saluran terbuka I (letak saluran terbuka pada sisi highwall rencana penambangan PT HPU).

n = 0.025
 A = 3.2725
 P = 5.177
 S = 0,37 %

Rumus Manning :

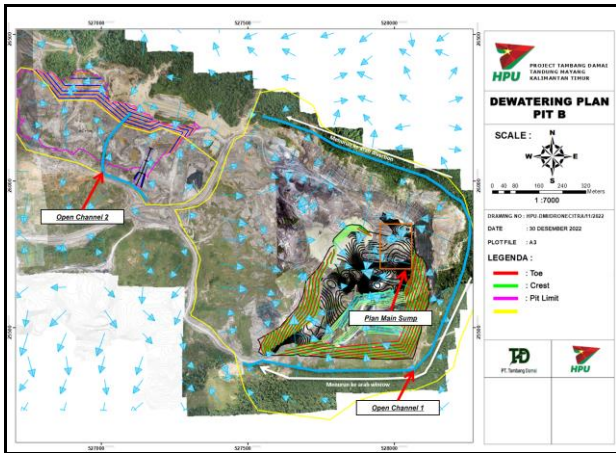
$$Q = 1/n \times A \times S^{1/2} \times R^{2/3} \quad (10)$$

$$Q = 1/0,025 \times (3.2725) \times (0.00371/2) \times (0.632)^{2/3}$$

$$= 5.864 \text{ m}^3/\text{detik}$$

Maka dimensi saluran terbuka/open channel :

- Panjang sisi luar saluran (a) = 2.15 m
- Lebar dasar saluran (b) = 1.5 m
- Lebar permukaan (B) = 3.65 m
- Kedalaman (h) = 2 m



Gambar 10. Peta Drainage and Dewatering Plan Block B.

5.2.10 Perencanaan Kolam Pengendapan Lumpur

Sebelum mengukur kolam *tailing*, perlu diketahui padatan dan kadar air air tambang yang masuk ke kolam *tailing*. Air yang mengalir ke kolam *tailing* merupakan limpasan dari pemompaan. Analisis kualitas air limbah yang dilakukan oleh PT HPU pada bulan Desember 2022 menunjukkan nilai TSS (Total Suspended Solids) aliran air sebesar 373 mg/liter. Diketahui dari pompa paralel debit yang masuk ke *box control* adalah 0,0972 m³/detik.

$$\rho = M/V \quad (11)$$

Dimana ρ adalah partikel padatan dengan nilai sebesar 1174 kg/m³:

$$\text{Residu tersuspensi} = 373 \text{ gr/m}^3 \times 0.0972 \text{ m}^3/\text{detik} = 36.255 \text{ gr/detik}$$

$$\text{VPM} = (36.255 \text{ gr/detik}) / (1174000 \text{ gr/m}^3) = 0,0000309 \text{ m}^3/\text{s}$$

Dari sample yang diambil 1L terlihat persentase pengendapan 60% air dan 40%. Untuk menghitung persen padatan >40% dapat menggunakan persamaan "stokes" seperti berikut:

$$V = (g \times D^2 \times (\rho_p - \rho_a)) / (18 \mu) \quad (12)$$

Dimana :

V = Kec partikel mengendap (m/s)

g = Merupakan percepatan dari gravitasi ((9,8 m/s²)

pp = Berat jenis partikel padatan (1730 kg/l)

pa = Berat jenis air (1.000 kg/l)

μ = Dinamika air

D = Diameter partikel padatan

Maka nilai dari percepatan pengendapan partikel dapat dihitung seperti berikut :

$$V_t = (g \times D^2 \times (\rho_p - \rho_a)) / (18 \mu)$$

$$V_t = (9.8 \times 0.0000625^2 \times (1174-1000)) / (18 \times 0.000801)$$

$$V_t = 0.00000462$$

$$V_t = 4.62 \times 10^{-6}$$

Tabel 8. Persen solid.

Debit Air Masuk	TSS	Residu Tersuspensi	Densitas padatan (ρ) kg/m ³	Volume padatan masuk (Vpm) (m ³ /s)	% solid	% Air
0.0972	373	36.255	1174	0.00000462	60%	40%

5.2.11 Perhitungan persentase Pengendapan

Waktu partikel daalm mengendap (t_v) dapat dihitung sebagai berikut:

$$t_v = h/v_t \quad (13)$$

$$t_v = 5/0.00000462$$

$$t_v = 108,225.1 \text{ detik}$$

$$t_v = 30 \text{ jam}$$

Waktu padatan untuk keluar dari kolam *sedpond*. Partikel padat dapat mengendap jika $t_v < t_h$. kecepatan air di kolam (Vh):

$$V_h = Q/A \quad (14)$$

Dimana :

Vh = kecepatan air dalam kolam

Q = debit air yang ditangani (m³/jam)

A = luas

A = p x l x t

Maka nilai kecepatan air dalam kolam yaitu:

$$V_h = 5400 / (p \times l \times t) \quad A \quad (15)$$

Untuk mencari t_h (waktu air dan padatan tersuspensi keluar dari *sedpond*), gunakan rumus:

$$t_h = P/V_h \text{ (detik)} \quad (16)$$

P merupakan panjang aliran di kolam pengendapan. Jika Panjang tiap kompartemen di setiap aliran sama dengan lebar kolam ditambah lebar sekat. Maka Nilai-P setiap kompartemen berbeda, dan karena itu waktu yang dibutuhkan material untuk meninggalkan *tailing* juga berbeda. KPL/Kolam Penataan yang dirancang memiliki 4 petak berukuran 40m x 30m x 5m:

$$P \text{ Kompertemen 1} = 30\text{m}$$

$$P \text{ Kompertemen 1} = 30\text{m} + 7\text{m} + 3\text{m} + 7\text{m} + 30\text{m} = 77\text{m}$$

$$P \text{ Kompertemen 3} = 30 + 7 + 3 + 7 + 30 + 7 + 3 + 7 + 30 \text{ (m)}$$

$$= 124 \text{ m}$$

$$P \text{ kompertemen 4} = 30 + 7 + 3 + 7 + 30 + 7 + 3 + 7 + 30 + 7 + 3 + 30$$

$$= 164 \text{ m}$$

Dalam hal ini adalah waktu yang diperlukan sedimen untuk keluar dari *sedpond* (t_h) sejauh Ptotal:

$$t_{h1} = P_1/V_h = (30 \text{ m}) / (0,00025 \text{ m/detik})$$

$$= 120.000 \text{ detik}$$

$$= 33,33 \text{ jam}$$

$$t_{h2} = P_2/V_h = (77 \text{ m}) / (0,00025 \text{ m/detik})$$

$$= 308.000 \text{ detik}$$

$$= 85,56 \text{ jam}$$

$$t_{h3} = P_3/V_h = (124 \text{ m}) / (0,00025 \text{ m/detik})$$

$$= 496.000 \text{ detik}$$

$$\begin{aligned}
 &= 137.78 \text{ jam} \\
 th_4 &= P_4/V_h = (164 \text{ m}) / (0,00025 \text{ m/detik}) \\
 &= 660.000 \text{ detik} \\
 &= 183,33 \text{ jam}
 \end{aligned}$$

Dari perhitungan, $t_v < t_h$. Dengan perbandingan antara waktu pengendapan dengan waktu keluar air dan *sediment*, dapat dihitung menggunakan rumus dalam menentukan persen pengendapan, yaitu:

$$\% \text{ pengendapan} = t_h / (t_h + t_v) \times 100 \quad (17)$$

$$\% \text{ pengendapan kompartemen 1} = 33,33 / (33,33 + 30) \times 100 = 52,62 \%$$

$$\% \text{ pengendapan kompartemen 2} = 85,56 / (85,56 + 30) \times (100 - 52,62) = 35\%$$

$$\% \text{ pengendapan kompartemen 3} = 137,78 / (137,78 + 30) \times (100 - 52,62 - 35) = 10,166\%$$

$$\% \text{ pengendapan kompartemen 4} = 183,33 / (183,33 + 30) \times (100 - 52,62 - 35 - 10,166) = 1,190\%$$

Dengan mengetahui laju presipitasi tiap kompartemen, maka dapat dihitung bahwa padatan yang masuk ke tiap kompartemen dengan aliran keluar sebesar $0,0972 \text{ m}^3/\text{detik}$ dan volume padatan masuk (v_{pm}) sebesar $0,0000309 \text{ m}^3/\text{detik}$ adalah sebagai berikut:

$$K_1 = 0,0000309 \text{ m}^3/\text{detik} \times 3.600 \times 18 \text{ jam} \times 52,62 \% = 1,05 \text{ m}^3/\text{hari}$$

$$K_2 = 0,0000309 \text{ m}^3/\text{detik} \times 3.600 \times 18 \text{ jam} \times 35 \% = 0,7 \text{ m}^3/\text{hari}$$

$$K_3 = 0,0000309 \text{ m}^3/\text{detik} \times 3.600 \times 18 \text{ jam} \times 10,166 \% = 0,2036 \text{ m}^3/\text{hari}$$

$$K_4 = 0,0000309 \text{ m}^3/\text{detik} \times 3.600 \times 18 \text{ jam} \times 1,19 \% = 0,0238 \text{ m}^3/\text{hari}$$

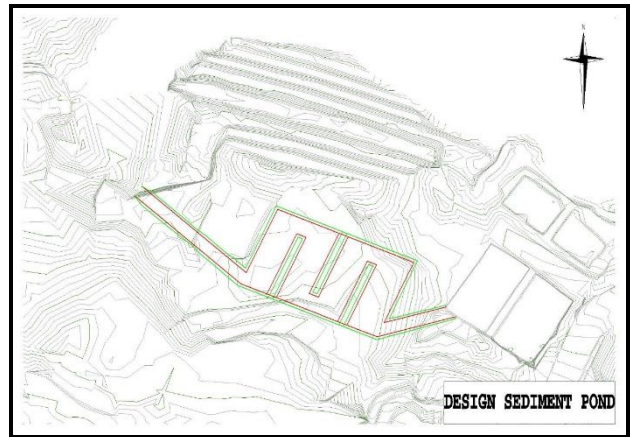
Tabel 9. Persentase pengendapan.

Komponen	Nilai
Kecepatan air dalam kolam (Vh) (m/s)	0.00025
P _{kompartemen 1} (m)	30
P _{kompartemen 2} (m)	77
P _{kompartemen 3} (m)	124
P _{kompartemen 4} (m)	164
Th 1 (menit)	33.33
Th 2 (menit)	85.56
Th 3 (menit)	137.78
Th 4 (menit)	183.33
% Pengendapan kompartemen 1	52.62%
% Pengendapan kompartemen 2	35%
% Pengendapan kompartemen 3	10.16%
% Pengendapan kompartemen 4	10.16%
Volume padatan yang masuk pada K1 (m ³ /hari)	1.05
Volume padatan yang masuk pada K2 (m ³ /hari)	0.7
Volume padatan yang masuk pada K3 (m ³ /hari)	0.203
Volume padatan yang masuk pada K4 (m ³ /hari)	0.023

5.2.12 Penentuan Letak dan Dimensi Settling Pond

Dalam penentuan lokasi cekungan pengendapan, beberapa ketentuan harus diperhatikan, antara lain bahwa cekungan pengendapan dilakukan di luar area penambangan agar tidak mengganggu kegiatan penambangan, di dataran rendah, dengan memperhatikan topografi area penambangan, dekat dengan alam. Saluran yang mengarah ke pembuangan.

Bentuk kolam endapan yang dirancang adalah persegi panjang. Kolam endapan dibuat melingkar sehingga kecepatan air dan material yang masuk dapat dikurangi, dengan laju aliran yang rendah, waktu keluar air dan material dari kolam tailing lebih lama, sehingga material memiliki waktu yang cukup untuk mengendap. Kolam sedpond direncanakan terdiri dari 4 bagian, *layout* kolam pengendapan dapat dilihat pada Gambar 11 berikut:



Gambar 11. Layout Kolam Pengendapan.

Penentuan dimensi *displacement* yang akan dibangun harus memperhitungkan luas properti yang tersedia dan data teknis ekskavator yang nantinya digunakan untuk pemeliharaan tambak serta alat yang digunakan oleh perusahaan PT Harmoni Panca Utama adalah Excavator Backhoe PC200LC-8 dengan spesifikasi sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
 \text{bucket capacity} &= 0,8 \text{ m}^3 \\
 \text{maximum digging depth} &= 6,62 \text{ m} \\
 \text{maximum digging radius} &= 9,875 \text{ m} \\
 \text{equipment width} &= 4 \text{ m}
 \end{aligned}$$

Berdasarkan spesifikasi tersebut, maka dari itu dapat direncanakan dimensi kolam pengendapan/*settling pond* sebagai berikut:

Tabel 10. Dimensi Kolam Pengendapan atau *settling pond*

No	Dimensi Kolam Pengendapan / <i>settling pond</i>	Nilai
1.	Lebar kolam	30 meter
2.	Panjang kolam	40 meter
3.	Lebar penyekat	3 meter
4.	Panjang penyekat	25 meter
5.	Banyak kompartemen	4 meter
6.	Lebar masing-masing kompartemen	10 meter
7.	Banyak penyekat	3 meter
8.	Kedalaman kolam	5 meter
9.	Kapasitas seluruh kompartemen	6,000 m ³
10.	Kapasitas tiap kompartemen	1,500 m ³

6 Kesimpulan dan saran

6.1 Kesimpulan

Setelah dilakukan penelitian mengenai perencanaan sistem penyaliran tambang dalam perencanaan *main sump* di Blok B PT Harmoni Panca Utama (HPU) *jobsite* PT Tambang Damai (TD) maka dapat disimpulkan sebagai berikut :

1. Luas *catchment area* pada Blok B PT Harmoni Panca Utama *jobsite* PT Tambang Damai (TD) yaitu seluas 217 ha.
2. Besarnya curah hujan rencana pada PT Harmoni Panca Utama yaitu sebesar 117,67 mm/hari, sedangkan intensitas hujan dengan periode ulang 5 tahun yaitu sebesar 38,20 mm/jam.
3. Debit air total yang masuk ke dalam *sequence* di Blok B PT HPU *jobsite* PT Tambang Damai (TD) yaitu sebesar 21,97 m³/detik yang mana debit air limpasan 20,74 m³/detik dan debit air tanah 1,23 m³/detik.
4. Dimensi *Sump*, *open channel* dan *settling pond* pada PT Harmoni Panca Utama yaitu:
 - a. Dimensi sump yang didapatkan untuk menampung volume air yang masuk sebesar 453,200 m³ yaitu sebagai berikut:
Panjang permukaan sump = 220m
Lebar permukaan sump = 220 m
Panjang dasar sump = 210 m
Lebar dasar sump = 210 m
Kedalaman = 10 m
 - b. Pada PT Harmoni Panca Utama terdapat 2 saluran terbuka yaitu saluran terbuka I dan saluran terbuka II. Saluran terbuka I memiliki dimensi masing – masing yaitu kemiringan dasar saluran (S) = 0,37 %, lebar dasar saluran (b) = 1,5 m, lebar permukaan (B) = 3,65 m, kedalaman saluran (h) = 2 m, kedalaman aliran (d) = 1,3 m, panjang sisi luar saluran (a) = 2,30 m, dengan debit yang dialirkan sebesar 5.864 m³/detik. Saluran terbuka II memiliki dimensi masing – masing yaitu kemiringan dasar saluran (S) = 0,25 %, lebar dasar saluran (b) = 1,54 m, lebar permukaan (B) = 1,54 m, kedalaman saluran (h) = 0,72 m, kedalaman aliran (d) = 0,62 m, panjang sisi luar saluran (a) = 0,82 m, dengan debit yang dialirkan sebesar 0,61 m³/detik
 - c. Kolam pengendapan atau *settling pond* dirancang 4 kompartemen dengan dimensi *settling pond* sebagai berikut:
Lebar kolam = 30 meter
Panjang kolam = 40 meter
Lebar penyekat = 3 meter
Panjang penyekat = 25 meter
Banyak kompartemen = 4
Lebar masing – masing kompartemen = 10 meter
Banyak penyekat = 3 buah
Kedalaman kolam = 5 meter
Kapasitas seluruh kompartemen = 6.000 m³
Kapasitas tiap kompartemen = 1.500 m³
 - d. Dalam perencanaan pompa pada PT Harmoni Panca Utama, jumlah pompa dan *head* total yang

harus diatasi pompa dan debit pompa yaitu: jumlah pompa yang digunakan yaitu sebanyak 9 unit dengan merk *New Dragflow-01 (Pc 200-113)*. *Head* total pompa pada *main sump* ke *booster* 1 sebesar 24,024. *Head* total pompa pada *main sump* ke *booster* 2 sebesar 111,064. *Head* total *booster* 1 ke *booster* 2 sebesar 84,392. *Booster* 2 ke *box control* sebesar 18,558. Debit pompa pada posisi *main sump* yaitu sebesar 350 m³/jam.

6.2 Saran

1. Sistem drainase tambang diperlukan untuk merencanakan kemajuan operasi penambangan dalam beberapa tahun ke depan.
2. Perlu dilakukannya kajian perencanaan sistem penyaliran tambang untuk kemajuan penambangan pada tahun-tahun berikutnya.
3. Saat menggunakan pompa, disarankan untuk menyesuaikan kecepatan operasi pompa (RPM) sesuai dengan ketinggian total yang dirawat agar pompa bekerja dengan efisiensi terbaik, yang akan memengaruhi masa pakai pompa yang digerakkan oleh bahan bakar.
4. Penempatan bukaan saluran pembuangan harus berada di sisi atas dinding agar air mengalir di bawah pengaruh gravitasi dan pompa bekerja secara optimal.
5. Agar *open channel* dan *sediment pond* PT Harmoni Panca Utama yang telah dirancang dapat berfungsi dengan baik dan optimal, maka perlu dilakukan *maintain open channel* dan *sediment pond* secara berkala.
6. Selama proses penggalian, pengawas produksi harus memperhatikan kemiringan dasar pit agar air dapat mengalir ke *sump* dengan baik, sehingga tidak terjadi genangan air di dasar pit.

Daftar Pustaka

- [1] Alviansyah, dan Novialdy. 2019. Perencanaan Desain Kolam Pengendapan Pada Bukit 7 PT. ANTAM Tbk UBP Bauksit, Tayan, Kabupaten Sanggau, Provinsi Kalimantan Barat. Jakarta: UIN Syarif Hidayatullah.
- [2] Arief, R.K, dkk. 2018. Kajian Teknis Sistem Penyaliran Tambang Terbuka Batubara PT. Nusa Alam Dhamasraya. Jurnal Bina Tambang Vol. 3, No. 3 Pp 1202-1212.
- [3] Bouwer, Herman, 1978. Ground Water Hidrology. New York: McGraw-Hill Book Company.
- [4] Budiarto. 1997. Sistem Penirisan Tambang. Teknik Pertambangan ITB.
- [5] Budi, I. P. E. A. 2012. Rancangan Sistem Penyaliran Tambang Pit 19d Untuk Yearly Plan 2012 PT. Indominco Mandiri Bontang Kalimantan Timur. Doctoral Dissertation, Upn" Veteran" Yogyakarta.
- [6] Chakti, A. M., & Rusli, H. A. R. 2021. Perencanaan Sistem Penyaliran Tambang, Studi Kasus: Pit Timur Bukit Wrangler PT. Antam Tbk. Unit Bisnis

- Pertambangan Nikel Sulawesi Tenggara. *Bina Tambang*, 6(2), 72-83.
- [7] Fenechia, D. 2017. Perencanaan sistim penyaliran tambang Pit Tambang Extention Barat (Tal Ext Barat) PT Pama Persada Nusantara Distrik Mtbu Tanjung Enim-Sumatra Selatan. SKRIPSI-2016.
- [8] Gautama, R.S. 1993. Pengantar Penirisan Tambang. Teknik Pertambangan ITB.
- [9] Gautama, R.S. 1999. Sistem Penyaliran Tambang. Teknik Pertambangan ITB.
- [10] Gautama, R.S. 2012. Pengelolaan Lingkungan Pada Kegiatan Pertambangan, Slide Presentasi. Teknik Pertambangan ITB.
- [11] Gautama, R.S dan Prahastini. 2012. Perancangan Aplikasi Untuk Sistem Penyaliran Tambang Terbuka. Teknik Pertambangan ITB.
- [12] Gumbel, E.J, V.M. 1954. Statistical theory of extreme values and some practical applications. *Applied Mathematics Series*; 33.
- [13] Gusman, J. R. 2013. Rancangan Sistem Penyaliran Tambang Batubara Di PT. Atoz Nusantara Mining, Kenagarian Tambang, Kecamatan IV Sumatera Barat. Doctoral Dissertation, Upn" Veteran" Yogyakarta.
- [14] Harist, M. R., Ningsih, R. R., & Abro, M. A. 2022. Perencanaan Sistem Penyaliran Tambang Untuk Mengatasi Overload Pada Sump Di Pit A1 Bima, Pt. Bima Putra Abadi Citranusa, Lahat, Sumatera Selatan. Doctoral dissertation, Sriwijaya University.
- [15] Iqra, M. A., & Prabowo, H. 2021. Kajian Teknis Pemeliharaan Settling Pond Pada Pengolahan Bjih Besi, PT. Kuatassi, Kabupaten Solok, Sumatera Barat. *Bina Tambang*, 6(5), 140-145.
- [16] Jati, V. D. K. 2014. Rancangan Sistem Penyaliran Tambang Pada Lokasi Penambangan Batubara Pit East-2 Site Lati Mine Operation PT. Berau Coal Kalimantan Timur. Doctoral Dissertation, Upn" Veteran" Yogyakarta.
- [17] Kusumandaru, F. 2012. Rancangan Sistem Penyaliran Tambang pada Endapan Batubara di Daerah Pulau Laut, Kotabaru, Provinsi Kalimantan Selatan, PT. Sebuku Tanjung Coal. Doctoral dissertation, UPN" Veteran" Yogyakarta.
- [18] Lidayul, D. 2016. Perencanaan Sumuran (Sump) Pada Sistem Penyaliran Tambang Terbuka Di PIT IV Tambang Batubara PT. Bara Energi Lestari, Kabupaten Nagan Raya, Aceh. Aceh: Universitas Syaih Kuala.
- [19] Prabowo, H. 2020. Menghitung Debit Air Limpasan di Pit Bukit Everest PT. Antam Tbk UBPB Sulawesi Tenggara. *Bina Tambang*, 5(3), 71-77.
- [20] Prabowo, H., Amran, A., & Arbain, A. 2018. Pengelolaan Air Asam Tambang Pada Tambang Terbuka Batubara PT. Bukit Asam, Tbk. in Seminar Nasional Sains dan Teknologi Lingkungan III 2018.
- [21] Prabowo, H., & Amran, A. 2018. Study Comparison Time Series Water Quality in The Upstream, Middle, And Downstream Of Batang Kuranji River.
- [22] Pratama, S. P., & Kasim, T. 2019. Perencanaan Sistem Penyaliran Tambang Batubara Bawah Tanah Seam C1 Blok Timur Site Sapan Dalam PT Nusa Alam Lestari Desa Salak, Sapan Dalam, Kota Sawahlunto, Sumatera Barat. *Bina Tambang*, 4(1), 390-399.
- [23] Prathama, A. T. 2014. Rancangan Teknis Sistem Penyaliran Tambang Pit K West Panel 3 Departement Hatari PT. Kaltim Prima Coal. Doctoral dissertation, UPN" Veteran" Yogyakarta.
- [24] Raflesia. 2016. Perencanaan Sistem Penyaliran Blok B Rawa Seribu PT Mandala Karya Prima Job Site PT. Mandiri Inti Perkasa Kalimantan Utara. Padang: Universitas Negeri Padang.
- [25] Suwandhi, A. 2004. Penirisan Tambang Tebuka. Teknik Pertambangan ITB.
- [26] Syafar, M. Z. V., Yusuf, M., & Abro, M. A. 2022. Perencanaan Teknis Sistem Penyaliran Tambang Batubara Tahun 2021 di PT Bara Alam Utama Kabupaten Lahat, Sumatera Selatan. Doctoral Dissertation, Sriwijaya University.
- [27] Syaifullah, A dan Tamrin, K. 2019. Evaluasi Sistem Penyaliran Tambang Batubara Pada PIT Block B di PT Minemex Indonesia Kabupaten Sarolangun. *Jurnal Bina Tambang Vol. 4, No. 1.*
- [28] Thamrin, dan Meinarni, 2016. Desain Kolam Pengendapan (Settling Pond). Makassar: Universitas Hasanuddin.