

Evaluasi Sistem Penyaliran Tambang Untuk Mendapatkan Sistem Penyaliran Ideal Tahun 2020 di Pit 1 Utara Bangko Barat, Jobsite TJMO, PT. Satria Bahana Sarana, Tanjung Enim, Sumatera Selatan

Ichsandhiyoni Lisna Kurniawan^{1,*}, Murad²

¹Jurusan Teknik Pertambangan Fakultas Teknik Universitas Negeri Padang

*ichsandik2407@gmail.com

**murad.83ys@gmail.com

Abstract. PT. Satria Bahana Sarana is a contractor company engaged in coal mining services located in Bangko Barat, Muara Enim district, South Sumatra province. PT Satria Bahana Sarana carries out the mining process using the open pit method. This method will cause the formation of a large basin so that it is very potential to become a water storage area. Based on field observations, there are many puddles of water around the mining front and haul roads, which can disrupt the mining process. Based on the analysis of rainfall data for 2010-2019, the planned rainfall was 482.82 mm/ day, with a return period of 2 years of rain. The method of solving the problem is done by analyzing several alternative solutions to problems related to handling the flow of water entering the pit, namely alternative I, a diversion channel that can minimize runoff discharge by 7,669 m³/ second. Alternative II for pump optimization of 6 units to compensate for the existing sump dimensions. Alternative III optimal sump dimensions to accommodate the total water discharge with a maximum volume 16,290 m³. Based on the analysis of the three alternatives, an effective and efficient alternative I, with the estimated cost of Rp. 54,352,224.00.

Keywords: Sistem Penyaliran Tambang, *Catchment Area*, Pompa, *Sump*, dan Saluran Terbuka

1 Pendahuluan

Indonesia memiliki cadangan batubara yang cukup besar dan tersebar hampir di seluruh wilayah nusantara, terutama di pulau Sumatera dan Kalimantan. Oleh karena itu, izin usaha pertambangan terbanyak datang dari perusahaan pertambangan batubara. Salah satunya adalah PT. Satria Bahana Sarana yang merupakan sebuah perusahaan di bidang pertambangan batubara sebagai kontraktor yang menjalankan *jobsite* di PT. Bukit Asam yang berlokasi di daerah Tanjung Enim, Kabupaten Muara Enim, Provinsi Sumatera Selatan.

Metode penambangan yang digunakan oleh PT. Satria Bahana Sarana yaitu menggunakan metode tambang terbuka/*open pit*. Penerapan metode *open pit* ini akan menyebabkan terbentuknya cekungan yang luas sehingga sangat potensial untuk menjadi daerah tampungan air, baik yang berasal dari air limpasan permukaan maupun air tanah^[1] Salah satunya di *pit* 1 Utara Bangko Barat penambangan batubara PT. Satria Bahana Sarana *jobsite* PT. Bukit Asam.

Pada saat kondisi cuaca ekstrim berupa curah hujan yang tinggi maka air yang berasal dari air limpasan akan menggenangi lantai dasar dan berpotensi menjadi salah satu penyebab berlumpurnya *front* penambangan dan menyebabkan terhentinya proses produksi untuk sementara waktu. *Pit* 1 Utara merupakan bagian dari *Front* penambangan pada *Site* Banko Barat dengan *Catchment Area* pada *Pit* 1 Utara sebesar 146 Ha. Hal ini menyebabkan air limpasan menuju *Sump Pit* 1 Utara juga besar.

Penyaliran tambang merupakan salah satu aspek penting pada tambang terbuka terkait dengan kondisi kerja, keselamatan, produktivitas dan lingkungan dimana penyaliran tambang bertujuan untuk meminimalkan air yang masuk ke dalam *front* penambangan serta mengeluarkan air dari area *front* penambangan (proses pemompaan).

PT. Satria Bahana Sarana akan melakukan aktivitas penimbunan material *overburden* dari *front* di wilayah Sumatera Selatan ke wilayah Utara yang merupakan zona *mine out*. Rencana penimbunan ini direncanakan berlangsung sepanjang tahun 2019. Aktivitas ini dilakukan karena

jumlah *overburden* yang meningkat, sementara ketersediaan lahan disposal di *pit* tidak bertambah. Dampak dari aktivitas ini yaitu terjadinya pendangkalan saluran terbuka akibat kemajuan tambang dan sedimentasi dari perluasan disposal. Selain itu dimensi *sump* dan sistem pemompaan yang ada juga belum mampu mengimbangi debit air yang masuk ke *pit*. Kapasitas *sump* sebelumnya adalah sebesar 55.000 m³ sedangkan debit air yang masuk mencapai 3.752 m³/jam sehingga perlu dilakukan upaya yang optimal untuk penanganan debit air yang masuk ke *pit* serta evaluasi dimensi *sump* dan saluran terbuka yang ideal agar dapat menampung debit limpasan secara optimal.

Dalam hal ini, diperlukan evaluasi sistem penyaliran tambang untuk tahun 2020, baik dari sistem pemompaan, dimensi *sump*, saluran terbuka dan desain kolam pengendapan lumpur (*settling pond*) dengan memperhitungkan debit air yang masuk ke *pit* berdasarkan analisis curah hujan, debit air tanah dan luas *catchment area* di *pit* 1 Utara Banko Barat PT. Satria Bahana Sarana. Evaluasi ini diharapkan dapat menanggulangi debit air yang masuk sehingga dapat mensinergikan produksi.

2 Deskripsi Perusahaan

Wilayah penambangan PT. Satria Bahana Sarana merupakan wilayah IUP PT Bukit Asam (Persero), Tbk yang terletak pada posisi 103°45' BT dan 103°50' BT dan 3°42'30" LS-4°47'30" atau garis bujur 9.583.200-9.593.200 dan lintang 360.600-367.000 dalam sistem koordinat internasional.



Gambar 1. Wilayah Izin Usaha Pertambangan (WIUP) PT. Bukit Asam^[2]

Lokasi penambangan PT. Satria Bahana Sarana terletak di Kecamatan Lawang Kidul, Kabupaten Muara Enim, Propinsi Sumatera Selatan yang berjarak kurang

lebih 15 km arah selatan kota Muara Enim dan 200 km arah barat daya kota madya Palembang. Daerah operasional penambangan Banko Barat adalah salah satu wilayah operasional PT Bukit Asam (Persero) Tbk yaitu sekitar 7 km dari Tanjung Enim ke arah timur. Secara administratif daerah Banko Barat termasuk daerah lokasi Kecamatan Lawang Kidul, Kabupaten Muara Enim, Propinsi Sumatera Selatan.



Gambar 2. Lokasi Kesempaian Daerah^[2]

3 Iklim dan Curah Hujan

Daerah ini terdiri dari dua musim yaitu musim hujan dan musim kemarau. Musim hujan terjadi pada bulan November sampai dengan bulan April dan musim kemarau terjadi pada bulan Mei sampai dengan bulan Oktober. Setelah dilakukan pengolahan data, didapatkan bahwa rata-rata curah hujan tahunan di PT. Satria Bahana Sarana adalah sebesar 3059,4 mm/tahun atau 254,95 mm/bulan, dengan nilai curah hujan maksimum 622 mm/bulan pada bulan Desember 2012 dan nilai minimum 0 mm/bulan pada bulan Agustus 2012. Data curah hujan di lokasi PT. Satria Bahana Sarana dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Data Curah Hujan UPTE Banko Barat 2010-2019^[2]

Tahun	Jan	Feb	Mar	Apr	Mei	Jun	Jul	Agt	Spt	Okt	Nov	Des	Jumlah
	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	
2010	511	468	374	367	368	97	79	161	234	96	286	112	3153
2011	186	164	194	267	171	71	38	29	60	187	195	346	1908
2012	174	356	218	122	155	124	36	0	39	182	387	622	2415
2013	417	345	366	315	582	76	454	147	252	193	279	466	3892
2014	322	454	446	138	215	176	127	158	15	26	319	441	2837
2015	521	505	409	433	315	114	179	141	181	299	349	531	3977
2016	439	446	365	380	258	106	148	129	148	244	315	475	3453
2017	115	502	218	332	336	66	139	119	215	304	237	300	2883
2018	479	448	248	318	113	55	8	194	68	310	372	344	2957
2019	408	431	367	337	193	85	108	76	144	217	336	417	3119
Jumlah	3572	4119	3205	3009	2706	970	1316	1154	1356	2058	3075	4054	
Rata-rata	357	412	321	301	271	97	132	115	136	206	308	405	
Total													30594
Jumlah hujan rata-rata per Tahun (mm/tahun)													3059,4

4 Kajian Teoritis

4.1 Metode Sistem Penyaliran Tambang

Air dalam jumlah yang besar merupakan permasalahan besar dalam pekerjaan penambangan, baik secara langsung maupun tidak langsung berpengaruh terhadap produktivitas. Pengertian dari sistem penyaliran tambang adalah suatu usaha yang diterapkan pada daerah penambangan untuk mencegah, mengeringkan, atau mengeluarkan air yang masuk ke daerah penambangan. Upaya ini dimaksudkan untuk mencegah terganggunya aktivitas penambangan akibat adanya air dalam jumlah yang berlebihan, terutama pada musim hujan.

Penanganan masalah air dalam suatu tambang terbuka dapat dibedakan menjadi dua yaitu^[3]:

- Mine Drainage*, merupakan upaya untuk mencegah masuknya air ke daerah penambangan. Hal ini umumnya dilakukan untuk penanganan air tanah dan air yang berasal dari sumber air permukaan.
- Mine Dewatering*, merupakan upaya untuk mengeluarkan air yang telah masuk ke daerah penambangan. Upaya ini terutama untuk menangani air yang berasal dari air hujan. B

4.2 Faktor yang Mempengaruhi Sistem Penyaliran Tambang

Dalam merencanakan sistem penyaliran tambang, terdapat beberapa hal yang dapat mempengaruhi, meliputi:

- Rencana Kemajuan Tambang, dalam tulisannya *Diktat Sistem Penyaliran Tambang* menyatakan bahwa dalam rencana kemajuan penambangan, selalu disertai dengan perubahan pola topografi. Hal ini disebabkan adanya penggalian tanah penutup dan bahan galian sehingga menyebabkan pola aliran air hujan di permukaan juga akan berubah-ubah. Selain itu, rencana kemajuan tambang nantinya akan mempengaruhi pola alir saluran yang akan dibuat, sehingga saluran tersebut menjadi efektif dan tidak menghambat sistem kerja yang ada^[4].
- Curah Hujan, merupakan data utama dalam perencanaan kegiatan penirisan tambang terbuka, karena besar kecilnya curah hujan pada suatu daerah tambang akan mempengaruhi besar kecilnya air tambang yang harus ditanggulangi. Faktor nilai curah hujan menjadi parameter yang sangat menentukan nilai dari debit limpasan permukaan selanjutnya^[3].
- Daerah Tangkapan Hujan (*Catchment Area*), *Catchment area* atau yang juga disebut sebagai *drainage basin*, *watershed* atau daerah aliran sungai (DAS) adalah suatu daerah yang dibatasi oleh punggung perbukitan atau titik tertinggi yang apabila terjadi hujan maka air hujan tersebut akan mengalir ke titik terendah di daerah tersebut. Penentuan *catchment area* pada suatu area penambangan dapat ditentukan dengan menganalisis peta topografi dan peta kemajuan penambangan. *Catchment area* didapat dengan cara

menghubungkan titik-titik tertinggi pada peta dengan memperhatikan arah aliran air di daerah tersebut hingga didapatkan sebuah *polygon* tertutup. Luas dari *polygon* tersebut dapat dihitung dengan menggunakan planimeter, millimeter block, atau dengan bantuan *software* [5].

- d. Air Limpasan (*surface run off*) adalah bagian dari curah hujan yang mengalir diatas permukaan tanah menuju sungai, danau, atau lautan[2]. Air limpasan berlangsung ketika jumlah curah hujan melebihi laju infiltrasi air ke dalam tanah. Setelah laju infiltrasi terpenuhi, air mulai mengisi cekungan-cekungan pada permukaan tanah. Setelah pengisian air pada cekungan tersebut selesai, air kemudian dapat mengalir di atas permukaan tanah dengan bebas. Untuk memperkirakan debit air limpasan dapat digunakan rumus rasional sebagai berikut[6] :

$$Q = 0,00278 \times C \times I \times A$$

Q = Debit air (m³/detik)

I = Intensitas curah hujan (mm/jam)

A = Luas daerah tangkapan hujan (Ha)

- e. Air Tanah, merupakan air yang terdapat dibawah permukaan tanah, khususnya yang berada di dalam zona jenuh air. Sedangkan air bawah tanah merupakan seluruh air yang terdapat di bawah permukaan tanah, mulai dari zona tidak jenuh (*unsaturated zone*) hingga zona jenuh air (*saturated zone*).

4.3 Komponen Sistem Penyaliran Tambang

Adapun komponen sistem penyaliran tambang antara lain sebagai berikut :

- Saluran Terbuka, berfungsi untuk menampung sementara serta mengalirkan air ke tempat lain. Bentuk penampang saluran umumnya dipilih berdasarkan debit air, material pengotor dan kemudahan dalam pembuatannya. [6]
- Sump* pada tambang berfungsi sebagai tempat penampungan air dan lumpur sementara sebelum dipompa ke luar tambang. [7]
- Pompa dan pipa digunakan untuk mengalirkan air keluar dari tambang, bila cara gravitasi tidak mampu lagi untuk digunakan. [8]
- Kolam pengendapan adalah suatu daerah yang dibuat khusus untuk menampung air tambang sebelum dibuang langsung menuju daerah pengaliran umum seperti sungai maupun danau. Kolam pengendapan berfungsi untuk mengendapkan lumpur atau material padatan yang bercampur dengan air limpasan yang disebabkan adanya aktivitas penambangan maupun karena erosi. [4]

5 Metode Penelitian

Jenis penelitian yang dilakukan adalah penelitian terapan (*applied research*) yaitu menggabungkan (*korelasional*) teori dan data lapangan untuk pemecahan

masalah. Data yang akan ditampilkan pada tugas akhir ini adalah data kuantitatif (berupa angka-angka) dan metode kuantitatif yang sering juga disebut metode tradisional, positivistik, ilmiah (*scientific*) dan metode *discovery*. Metode kuantitatif dinamakan metode tradisional, karena metode ini sudah cukup lama digunakan sehingga sudah mentradisi sebagai metode untuk penelitian[9].

Adapun yang menjadi objek penelitian adalah banyaknya air yang masuk kedalam *pit* 1 Utara Bangko Barat penambangan batubara PT. Satria Bahana Sarana *jobsite* TJMO, baik air yang berasal dari air limpasan permukaanupun air tanah.

Adapun langkah-langkah yang dilakukan pada penelitian ini adalah sebagai berikut :

- Teknik Pengambilan Data

Data penelitian menggunakan data primer dan data sekunder yang kemudian dikembangkan sesuai dengan tujuan penelitian. Data primer adalah data yang diperoleh dengan mengambil langsung di lapangan. Data primer yang diperlukan dalam penelitian ini yaitu data *cycle time* dan jumlah alat gali muat-angkut. Pengambilan data tersebut dapat dilihat pada persamaan (1) dan (2) untuk data *cycle time*, sedangkan untuk pengambilan data jumlah alat gali muat-angkut dapat dihitung secara langsung berapa alat yang bekerja di lapangan. Untuk data sekunder yang merupakan data yang diperoleh langsung dari tempat penelitian yang dilakukan. Adapun data sekunder yang diperlukan yaitu peta IUP perusahaan, stratigrafi, keadaan morfologi, curah hujan, jam kerja alat, rencana dan realisasi produksi pengupasan *overburden*.

6 Hasil dan Pembahasan

6.1 Data Penelitian

Data-data yang mendukung penelitian ini diantaranya sebagai berikut :

- Data *Catchment Area*

Daerah tangkapan hujan pada *pit* 1 Utara Bangko Barat dibatasi oleh tanggul-tanggul pada sisi utaranya. Keadaan tangkapan hujan berupa tanah gundul dengan kemiringan > 15°, sehingga koefisien limpasannya adalah 0,9. Air dari *catchment area* ini akan mengalir ke lokasi tambang dalam bentuk air limpasan. Pengamatan pada peta rencana penambangan tahun 2020 bertujuan untuk menentukan area yang lebih tinggi dan memiliki kemungkinan untuk menampung air hujan dan mengalirkannya ke lokasi tambang. Luas *catchment area pit* 1 Utara Bangko Barat pada penelitian ini diperoleh dengan menggunakan *software* tambang yaitu seluas 146,87 Ha (Lampiran A)[10].

- Data Curah Hujan

Penentuan curah hujan rencana menggunakan analisis *Annual Series*. Data yang ada diolah dengan menggunakan *Distribusi Gumbel*. Data-data curah

hujan yang telah dikumpulkan merupakan data curah hujan maksimum yang diambil dari tahun 2010-2019 (10 tahun terakhir) dapat dilihat pada Tabel 1.

c. Data Ketersediaan Pompa

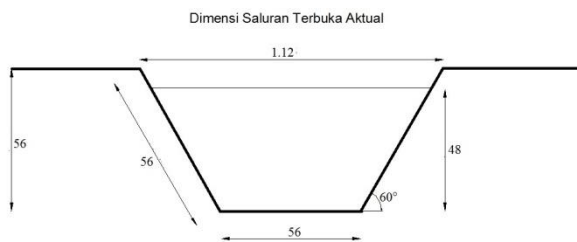
PT. Satria Bahana Sarana memiliki 2 unit pompa dengan model pompa seperti yang tercantum pada Tabel 2. Perhitungan-perhitungan selanjutnya yang melibatkan pompa seperti merencanakan dimensi *sump* dan saluran terbuka (*open channel*) penulis mempertimbangkan ketersediaan pompa yang ada di PT. Satria Bahana Sarana.

Tabel 2. Data Ketersediaan Pompa PT. SBS

No	Nomor Unit	Pump Model	Keterangan
1	WP-01	Mitsubishi 6D15	Ready
2	WP-03	Mitsubishi 6D15	Ready

d. Dimensi Saluran Terbuka Aktual

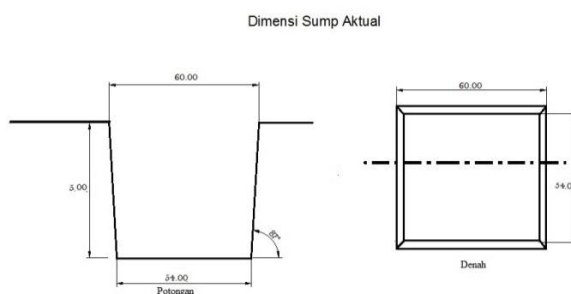
Saluran terbuka berbentuk trapesium dengan sudut 60°, kedalaman saluran (h) 0,56 m, kedalaman aliran (d) 0,48 m, panjang sisi luar saluran (a) 0,564 m lebar dasar saluran (b) 0,56 m, lebar atas saluran (B) 1,12 m.



Gambar 3. Dimensi Aktual Saluran Terbuka

e. Dimensi *Sump* Aktual

Dimensi *sump pit* 1 Utara Bangko Barat berbentuk trapesium dengan sudut 87°, panjang permukaan 60 m, lebar permukaan 60 m, panjang dasar sumuran 54 m, lebar dasar sumuran 54 m, kedalaman 5 m dengan kapasitas volume *sump* 16.290 m³.



Gambar 4. Dimensi *Sump* Aktual

6.1 Pengolahan Data

Data yang telah dikumpulkan akan diolah dimana pada pengolahan ini tertuju pada beberapa alternatif dalam perancangan system penyaliran tambang. Adapun alternatifnya antara lain sebagai berikut:

Alternatif I

a. Curah Hujan Rancangan

Pengolahan data curah hujan dimaksudkan untuk mendapatkan data curah hujan tiap selang waktu dan intensitas curah hujan yang siap pakai untuk perencanaan. Metode yang dipakai dalam pengolahan data curah hujan adalah Metode Analisa *Gumbell*.

$$X_t = X + k \cdot S \cdot \frac{(Y_t - Y_n)}{S_n}$$

Keterangan:

- X_t = Curah hujan rencana (mm/hari)
- X = Curah hujan rata-rata (mm/hari)
- Y_n = *Reduced mean*
- S_n = *Reduced standard deviation*
- k = *Reduced variate factor*
- Y_t = *Reduced variate*
- S = *Standard deviation*

Jumlah data dalam perhitungan curah hujan rencana periode ulang 2 tahun adalah 10 tahun, sehingga nilai Y_n dan S_n adalah sebagai berikut:

- Y_t = 0,3665 (Lampiran B)
- Y_n = 0,4996 (Lampiran C)
- S_n = 0,9833 (Lampiran D)

$$k = \frac{(0,3665 - 0,4996)}{0,9833} = -0,13536$$

Perhitungan hujan dalam periode ulang 2 tahun

$$X_t = 493,3 + (-0,13536 \times 77,4) = 482,82 \text{ mm/hari}$$

b. Debit Total Air yang Masuk

Debit total air yang masuk meliputi debit limpasan, debit air tanah dan debit evapotranspirasi. Masing-masing komponen tersebut dapat ditentukan dengan sebagai berikut :

Debit Limpasan, ditentukan dengan persamaan (1)

$$C = 0,9$$

$$A = 146,87 \text{ Ha}$$

$$I = 20,87 \text{ mm/jam}$$

$$Q = 0,00278 \times 0,9 \times 20,87 \times 146,87 = 7,669 \text{ m}^3/\text{detik}$$

Debit Air Tanah, ditentukan berdasarkan kenaikan muka air tanah.

Tabel 3. Kenaikan Muka Air Tanah

No	Kenaikan Muka Air Tanah (m)
----	-----------------------------

1	0,04
2	0,03
3	0,03
4	0,04
5	0,03
Rata-rata	0,034

$$Q = \frac{\bar{h} \left(\frac{L_1 + L_2}{2} \right)}{\Delta t}$$

Keterangan:

Q = Debit air tanah (m³/jam)

h = Rata-rata kenaikan permukaan air *sump* (m)

L₁ = Luas permukaan air pada saat pompa dimatikan (m²)

L₂ = Luas permukaan air pada saat pompa dihidupkan (m²)

Δt = Selisih waktu pompa dihidupkan dan dimatikan kembali (jam)

$$Q = \frac{0,034 \left(\frac{285 + 285}{2} \right)}{5} = 0,000503 \text{ m}^3/\text{detik}$$

Dengan Nilai debit Air Tanah yang diperoleh cukup rendah maka penulis mengabaikan debit air tanah dan evapotranspirasi, maka debit total air yang masuk sebesar 7,669 m³/detik.

c. Rancangan Saluran Terbuka

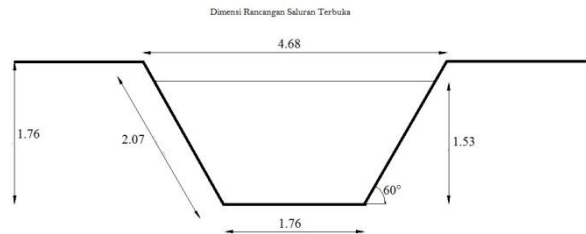
Saluran pengalihan ini mengalir debit limpasan sebesar 7,669 m³/detik. Material pembentuk saluran adalah tanah sehingga nilai koefisien kekerasan dinding (n) 0,030 dan gradien kemiringan dasar saluran 0,50%. Perhitungan kapasitas pengaliran suatu saluran terbuka dapat dilakukan dengan rumus *manning*, yaitu:

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

Dari perhitungan menggunakan rumus *manning*, diperoleh dimensi rancangan saluran terbuka sebagai berikut :

Tabel 4. Rancangan Saluran Terbuka

Rancangan Saluran Terbuka	
Q (m ³ /detik)	7,669
α (°)	60°
N	0,03
d (m)	1,53
h (m)	1,76
b (m)	1,76
A (m ²)	4,05
B (m)	4,68
a (m)	2,07



Gambar 5. Rancangan Saluran Terbuka

Alternatif II

Rencana Sistem Pemompaan

Pipa yang direkomendasikan adalah jenis pipa HDPE (*High Density Poly Ethnyl*) yaitu pipa HDPE diameter 6 inci untuk sisi *inlet* dan 6 inci untuk sisi *outlet*.

Perhitungan Head Total Pompa :

Head pompa adalah energi yang harus disediakan untuk dapat mengalirkan sejumlah air. *Head* total pompa dapat dihitung dengan rumus:

$$HT = HS + HV + \Delta Hp + HF1 + HF2$$

Keterangan:

HT = *Head* total pompa, m

HS = *Head* statis, m

HV = *Head of velocity*, m

ΔHp = *Head of pressure*, m

HF1 = *Head of friction*, m

HF2 = *Head of bend*, m

Terdapat beberapa hal yang perlu diketahui sebelum melakukan perhitungan *head*, yaitu:

- 1) Viskositas fluida : 0,000001 m²/detik
- 2) Diameter pipa (satuan diameter pipa dalam inci, kemudian di konversikan ke meter untuk mempermudah perhitungan *head* pompa).
Diameter pipa sisi *inlet* (6 inci) = 0,15 m
Diameter pipa sisi *outlet* (6 inci) = 0,15 m
- 3) Untuk keperluan perhitungan head total yang membutuhkan kecepatan aliran air dalam pipa maka diasumsikan pompa menghasilkan debit 640 m³/jam atau 0,178 m³/detik dengan melihat spesifikasi pompa, dianggap bahwa pompa sedang bekerja pada *head* tertinggi dan titik efisiensi terbaik (Lampiran).

Maka didapat kecepatan aliran air (V):

$$v = \frac{Q}{A} = \frac{Q}{\frac{1}{4}\pi d^2} = \frac{Q}{\frac{1}{4}3,14(0,15m)^2}$$

$$V = 10,06 \text{ m/detik}$$

4) Gravitasi = 9,8 m/detik²

5) Koefisien kekasaran pipa HDPE (ε) = 0,0000015

Berikut perhitungan *head of static*, *head of velocity*, *head* perubahan diameter, *head of pressure*, *head of friction*, *head of bend*, *head of valve* pompa pada tahun 2019 sesuai dengan posisi pompa.

Tabel 5. Nilai *Head of Static*

Posisi	t1 (mdpl)	t2 (mdpl)	Head of Static (m)
Temporary Sump	37	53	16

Tabel 6. Nilai *Head of Velocity*

Posisi	v (m/detik)	g (m/detik ²)	Head of Velocity (meter)
Temporary Sump	10,06	9,8	5,168

Tabel 7. Nilai *Head of Pressure*

Posisi	Ha (m)	Hb (m)	Hpa (m)	Hpb (m)	ΔHp (m)
Sump	37	53	10,284	10,265	0,019

Tabel 8. Nilai *Head Gesekan*

Posisi	L (m)	D (m)	R	V (m/detik)	Hf1 (m)
Sump	229,475	0,15	1505274,22	10,06	71,42

Tabel 9. Nilai *Head Total Belokan pada Jaringan Pemipaan*

Elbow	Jumlah	Kecepatan (m/s)	Gravitasi (m/s ²)	Hf2 (m)
3 ⁰	1	10,06	9,8	0,003
47 ⁰	2			2,156
17 ⁰	2			0,235
27 ⁰	1			0,312
Total				2,718

Tabel 10. Nilai *Head Total Pompa*

No	Jenis Head	Nilai Head (m)
1	Hs	16
2	Hv	5,168
3	ΔHp	0,019
4	Hf1	71,42
5	Hf2	2,718
TOTAL		95,32

Perhitungan Debit Pompa

Debit pompa yang dibutuhkan dapat ditentukan setelah jumlah air limpasan yang terkumpul pada kolam (*sump*). Diketahui Jumlah debit air limpasan yang terkumpul pada sumuran (*sump*) berasal dari limpasan air permukaan dari zona *catchment area* yang masuk kedalam *pit*, sehingga jumlah air yang terkumpul pada sumuran (*sump*) adalah sebagai berikut:

$$Q_{pompa} = \frac{Q_{total}}{24 \times 3600 \times D}$$

Keterangan:

$$Q_{total} = \text{Debit limpasan} = 7,669 \text{ m}^3/\text{detik} = 662.601,6 \text{ m}^3/\text{hari}$$

$$D = \text{Lama waktu pemompaan} = 21 \text{ jam} = 0,875 \text{ hari}$$

$$Q_{pompa} = \frac{662.601,6}{24 \times 3600 \times 0,875}$$

$$Q_{pompa} = 8,76 \text{ m}^3/\text{detik}$$

$$Q_{pompa} = 31.536 \text{ m}^3/\text{jam}$$

Perhitungan Rencana Kebutuhan Pompa

Setelah debit pompa yang dibutuhkan dan *head* total diketahui maka dapat dilakukan pemilihan pompa yang sesuai dengan kebutuhan kemajuan tambang. Pompa yang digunakan adalah pompa *Mitsubishi 6D15*, dengan debit pemompaan 5.500 m³/jam dan waktu pemompaan selama 21 jam maka jumlah pompa yang dibutuhkan adalah sebagai berikut:

$$\begin{aligned} \text{Jumlah pompa} &= \frac{Q_{pompa}}{Q_{pompa \text{ maks}}} \\ \text{Jumlah pompa} &= \frac{31.536 \text{ m}^3/\text{jam}}{5.500 \text{ m}^3/\text{jam}} \\ \text{Jumlah pompa} &= 5,7 \text{ unit} \approx 6 \text{ unit} \end{aligned}$$

Alternatif III

Perencanaan Sump

Volume *sump* yang optimum dapat dicari dari selisih antara volume air limpasan permukaan ditambah volume air tanah dengan volume pemompaan harian. Pompa yang digunakan untuk mengeluarkan air dari *sump* adalah pompa merk *Mitsubishi 6D15* dengan jumlah pompa sebanyak 1 unit (aktual di lapangan). Waktu operasi pompa yang direncanakan adalah 21 jam/hari. Berikut perhitungan volume *sump* tahun 2019:

$$\text{Debit air yang masuk} = 7,669 \text{ m}^3/\text{detik} = 7,669 \text{ m}^3/\text{detik} \times 3600 \times 24 \text{ jam} = 662.601,6 \text{ m}^3/\text{hari}$$

$$\text{Debit air yang keluar} = 8,76 \text{ m}^3/\text{detik} = 8,76 \text{ m}^3/\text{detik} \times 3600 \times 21 \text{ jam} = 662.256 \text{ m}^3/\text{hari}$$

$$\text{volume sump} = \text{debit air yang masuk} - \text{debit air yang keluar}$$

$$\text{vol sump} = 662.601,6 - 662.256$$

$$\text{vol sump} = 345,6 \text{ m}^3/\text{hari}$$

Sump yang direkomendasikan berbentuk trapesium dengan panjang sisi bawah yang lebih kecil dari panjang sisi atas. Volume *sump* (V) dengan bentuk tersebut dapat dituliskan sebagai berikut:

$$V = \left(\frac{\text{Luas Atas} + \text{Luas Bawah}}{2} \right) \times \text{kedalaman}$$

Diasumsikan:

$$X^2 = \text{Luas Penampang Atas (m}^2\text{)}$$

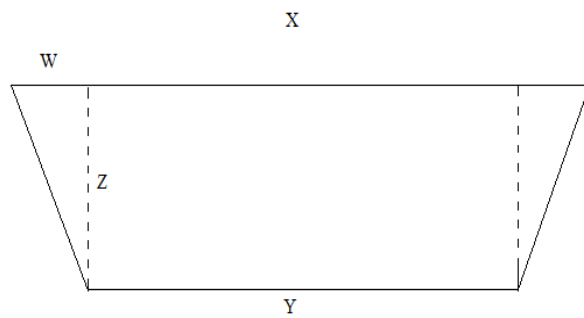
$$Y^2 = \text{Luas Penampang Bawah (m}^2\text{)}$$

$$X = \text{Panjang sisi persegi atas (m)}$$

$$Y = \text{Panjang sisi persegi bawah (m)}$$

$$Z = \text{Tinggi Kolam (m)}$$

Diketahui bahwa debit harian sepanjang tahun 2019 dari *catchment area* yang mengarahkan air ke *pit* penambangan yaitu sebesar 345,6 m³/hari. Ditentukan bahwa *sump* berbentuk trapesium, maka sudut kemiringan dinding *sump* adalah 60°. Tinggi kolam yang direkomendasikan adalah 5 meter. Maka, dapat ditentukan perpanjangangan sisi trapesium (W) adalah sebagai berikut:



Gambar 6. Visualisasi Dimensi Sump

$$V = \left(\frac{X^2 + Y^2}{2} \right) \times Z$$

$$W = \frac{5}{\tan 60^\circ} = 2,88$$

$$X = 2W + Y$$

$$X = 2(2,88) + Y = 5,76 + Y$$

Diketahui volume trapesium yaitu:

$$V = \left(\frac{X^2 + Y^2}{2} \right) \times z$$

$$V = \left(\frac{((5,76 + Y^2)^2 + Y^2)}{2} \right) \times 5$$

$$V = 2,5 (2Y^2 + 11,52Y + 33,18)$$

$$V = 5Y^2 + 28,85 Y + 83,23$$

Nilai V telah diketahui berdasarkan selisih antara volume air total yang masuk dikurangi volume pemompaan adalah 345,6 m³, sehingga persamaan di atas menjadi:

$$345,6 = 5Y^2 + 28,85 Y + 83,23$$

$$5Y^2 + 28,85 Y - 262,37 = 0$$

Untuk mencari Y dapat digunakan rumus persamaan kuadrat berikut.

$$Y = \frac{-b \pm \sqrt{b^2 - 4ac}}{2a}$$

Dimana :

$$a = 5$$

$$b = 28,85$$

$$c = -262,37$$

Dengan memasukkan nilai-nilai di atas maka dapat dicari ukuran luas bawah dimensi sump.

$$Y = \frac{-28,85 \pm \sqrt{28,85^2 - 4 \times 5 \times (-262,37)}}{2 \times 5}$$

$$Y = \frac{-28,85 \pm \sqrt{6.079,7255}}{10} = \frac{-28,85 + 77,97}{10} = \frac{49,12}{10}$$

$$Y = 4,91 \text{ m} \approx 5 \text{ m}$$

Maka didapatkan nilai x, yaitu:

$$X = 5,76 + Y$$

$$X = 5,76 + (4,91)$$

$$X = 10,67 \text{ m} \approx 11 \text{ m}$$

Maka untuk menampung volume air yang masuk sebesar 345,6 m³, perlu membuat dimensi sump sebagai berikut:

$$\text{Panjang permukaan sump} = 11 \text{ m}$$

$$\text{Lebar permukaan sump} = 11 \text{ m}$$

$$\text{Panjang dasar sump} = 5 \text{ m}$$

$$\text{Lebar dasar ump} = 5 \text{ m}$$

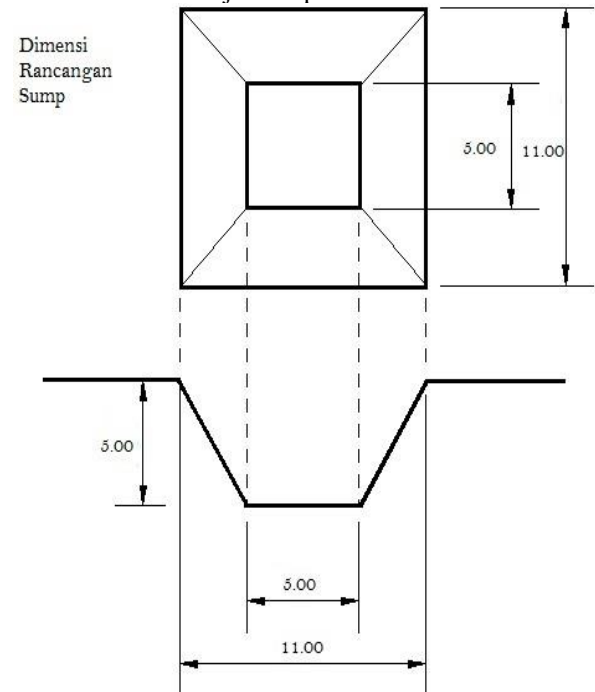
$$\text{Kedalaman} = 5 \text{ m}$$

Volume maksimal yang dapat ditampung oleh sump dapat dicari menggunakan Persamaan (35).

$$V = \left[\frac{(11 \text{ m} \times 11 \text{ m}) + (5 \text{ m} \times 5 \text{ m})}{2} \right] \times 5 \text{ m}$$

$$V = 365 \text{ m}^3$$

Adapun hasil desain dimensi sump dengan Software Autocad 2007 ditunjukkan pada Gambar 7.



Gambar 6. Rancangan Dimensi Sump

Rekomendasi dari 3 Alternatif

Analisis yang dilakukan dalam pemecahan permasalahan dari sistem penyaliran tambang terbuka pit 1 Utara Bangko Barat diantaranya rancangan *open channel* (saluran terbuka), rancangan jumlah pompa beserta debit pompa, dan rancangan sump. Dari ketiga alternatif tersebut yang efisien baik dari segi ekonomisnya yang dilakukan adalah rancangan *open channel* (saluran terbuka) dan perluasan dimensi sump. Dimana berdasarkan segi ekonomisnya, jika menggunakan alternatif kedua yaitu penambahan pompa maka diperlukan penambahan biaya lebih banyak dimana PT SBS hanya mempunyai 2 (dua) buah pompa dan memerlukan 4 (empat) buah pompa lagi. kemudian berdasarkan segi teknisnya dengan merancang debit pompa dan waktu kerja pompa yang nantinya akan menyebabkan pompa mengalami kerusakan untuk alternatif kedua sedangkan menggunakan alternatif ketiga yaitu merancang sump yang nantinya akan berpengaruh pada alat muat dan alat angkut yang digunakan. Berdasarkan segi ekonomis dalam perencanaan sistem penyaliran tambang dilakukan estimasi biaya yang akan dikeluarkan sebagai berikut:

- Estimasi Biaya Pembuatan Saluran Terbuka (*Open Channel*)

Untuk kegiatan pembuatan saluran terbuka peralatan yang digunakan adalah 1 unit *excavator* dan 3 unit *dump truck*.

Panjang saluran terbuka yang direncanakan = 2,07 m

Luas penampang saluran terbuka (A) = 4,05 m²

Volume saluran terbuka yang akan dibuat = 8,3835 m³

Total biaya operasi alat yang digunakan dalam pembuatan saluran terbuka yaitu : Biaya operasi keseluruhan = Biaya alat muat + Biaya alat angkut = Rp. 530.338,00 + (3 x Rp. 326.482,00) = Rp. 1.509.784,00

Jadi total biaya pembuatan saluran terbuka = Biaya keseluruhan x Lama pengerjaan = Rp. 1.509.784,00/jam x 36 jam = Rp. 54.352.224,00

b. Estimasi Biaya Pembuatan Sump

Biaya operasi alat yang digunakan untuk pembuatan sump dengan volume main sump adalah 365 m³. Alat yang digunakan adalah 1 unit *excavator* dan 6 unit *dump truck* dengan biaya keseluruhan penggalian sump:

Total biaya operasi alat yang digunakan dalam pembuatan sump yaitu :

Biaya operasi keseluruhan = Biaya alat muat + Biaya alat angkut = Rp. 530.338,00+ (6 x Rp. 326.482,00) = Rp. 2.489.230,00

Biaya Pembuatan sump = biaya keseluruhan x lama pengerjaan = Rp. 2.489.230,00/jam x 280 jam = Rp. 696.984.400,00

c. Estimasi Biaya Pemompaan

Pompa yang digunakan adalah pompa KSB DND-200 sebanyak 6 unit maka biaya pompa yang dibutuhkan adalah sebagai berikut:

Biaya Pompa = Biaya operasi pompa x jumlah unit pompa = Rp. 989.000,00 x 6 unit = Rp. 5.814.000,00/jam

PT SBS hanya mempunyai 2 (dua) buah pompa dan memerlukan 4 (empat) buah pompa lagi, dimana menurut keterangan teknisi penyaliran pada tambang PT SBS pompa dengan merek dan spesifikasi yang sama jika dibeli satuan pada saat sekarang dikatakan mahal bisa mencapai kisaran Rp.400.000.000,00 sampai dengan Rp.450.000.000,00, jika kita ambil satuan yg paling kecil maka :

Biaya pembelian pompa = harga pompa x pompa yang diperlukan = Rp. 400.000.000,00 x 4 unit = Rp. 1.600.000.000,00

6 Kesimpulan dan Saran

6.1. Kesimpulan

1. Debit air yang masuk ke *pit* 1 Utara Bangko Barat, Jobsite TJMO, PT. Satria Bahana Sarana tahun 2019 yaitu:

a. Debit air limpasan dari daerah tangkapan hujan/*catchment area* sebesar 7,669m³/detik.

b. Debit air tanah sebesar 0,00053 m³/detik, pada penelitian ini penulis mengabaikan nilai debit air tanah tersebut disebabkan nilai debit air tanah yang cukup kecil.

c. Dengan Nilai debit Air Tanah yang diperoleh cukup rendah maka penulis mengabaikan debit air tanah dan evapotranspirasi, maka debit air yang masuk sebesar 7,669 m³/detik.

2. Kondisi sistem penyaliran tambang aktual yaitu:

a. Dimensi *sump* berbentuk trapesium dengan sudut 87°, panjang permukaan 60 m, lebar permukaan 60 m, panjang dasar sumuran 5 m, lebar dasar sumuran 54 m, kedalaman 54 m dengan kapasitas volume *sump* 16.290 m³.

b. Dimensi saluran terbuka berbentuk trapesium dengan sudut 60°, kedalaman saluran (h) 0,56 m, kedalaman aliran (d) 0,56 m, panjang sisi luar saluran (a) 0,564 m, lebar dasar saluran (b) 0,56 m, dan lebar atas saluran (B) 1,12 m.

c. Ketersediaan pompa sebanyak 2 unit pompa.

3. Berdasarkan analisis pada setiap alternatif pemecahan masalah didapat:

a. Alternatif I, rancangan bentuk dan ukuran saluran pengalihan berbentuk trapesium dengan sudut 60°, kedalaman saluran (h) 1,76 m, kedalaman aliran (d) 1,53 m, panjang sisi luar saluran (a) 2,07 m, lebar dasar saluran (b) 1,76 m, dan lebar atas saluran (B) 4,68 m. Saluran ini dapat meminimalisir air limpasan sebesar 7,669 m³/detik.

b. Alternatif II, debit pompa yang dibutuhkan sebesar 31.536 m³/jam dengan adanya optimalisasi pemompaan berdasarkan kebutuhan pompa yaitu sebanyak 6 unit pompa maka kapasitas aktual *sump* yang sudah ada dapat mengimbangi debit air yang masuk.

c. Alternatif III, rekomendasi rancangan bentuk dan ukuran *sump* yang optimal untuk menampung debit air yang masuk pada *pit* 1 Utara Bangko Barat yaitu berbentuk trapesium dengan sudut 60°, luas permukaan *sump* 60 m x 60 m, dasar *sump* 54 m x 54 m, kedalaman *sump* 5 m serta kapasitas tampung keseluruhan 16.290 m³. Adapun rekomendasi rancangan bentuk dan ukuran saluran terbuka setelah dilakukan perhitungan maka diperoleh kedalaman saluran (h) 5 m, kedalaman aliran (d) 5 m, panjang sisi luar saluran (a) 11 m, lebar dasar saluran (b) 5 m, dan lebar atas saluran (B) 11 m.

d. Berdasarkan analisis dari ketiga alternatif pemecahan masalah, didapatkan estimasi biaya untuk alternatif 1 (saluran pengalihan) Rp. 54.352.224,00, alternatif 2 (debit pompa dan jumlah pompa yang dibutuhkan) Rp. 1.600.000.000 untuk pembelian pompa baru dan Rp. 5.814.000,00/jam untuk biaya pengoperasian pompa per jam nya, alternatif 3 (perluasan *Sump*) Rp. 696.984.400,00, maka alternatif yang lebih efektif dan efisien untuk pemecahan masalah terkait sistem penyaliran tambang tahun 2020 di

Pit 1 Utara Bangko Barat, Jobsite TJMO, PT. Satria Bahana Sarana yaitu alternatif I dengan pertimbangan perusahaan tidak perlu melakukan perluasan dimensi *sump* maupun penambahan jumlah pompa.

6.2. Saran

1. Perlu adanya perencanaan sistem penyaliran tambang untuk kemajuan penambangan tahun-tahun berikutnya.
2. Dalam mengoperasikan pompa sebaiknya disesuaikan *operating speed* (RPM) pompa dengan *head* total yang diatasi, agar pompa bekerja pada titik efisiensi terbaik, hal tersebut berpengaruh terhadap umur pompa penggunaan *fuel* dan dll.
3. Penempatan *sump* harus berada disisi *highwall* agar air dapat mengalir secara gravitasi dan pompa dapat bekerja lebih optimal. Pada saat proses penggalian, *supervisor produksi* sebaiknya memperhatikan kemiringan lantai bukaan tambang sehingga air dapat mengalir dengan baik menuju *sump* agar tidak terjadi genangan air pada lantai bukaan tambang.

Daftar Pustaka

- [1]. Muhammad Endriantho dan Muhammad Ramli, "Perencanaan Sistem Penyaliran Tambang Terbuka Batubara." *Jurnal Penelitian Geosains*. **9(I)**. Hlm 29-40. (2013)
- [2]. Anonim, *Data-data Laporan dan Arsip*. PT. Bukit Asam UPTE, Sumatera Selatan, (2014)
- [3]. Asdak, C, *Hidrologi dan Pengelolaan Daerah Aliran Sungai*, Penerbit Gadjah Mada University Press, Yogyakarta, (2014)
- [4]. Awang Suwandhi, *Perencanaan Jalan Tambang*, Diktat Perencanaan Jalan Tambang, Jurusan Teknik Pertambangan UNISBA, Bandung, (2004)
- [5]. Lilik Eko Widodo, *Hidrologi, Hidrogeologi serta Penyaliran Tambang*. Bandung: Lap ITB, (2012)
- [6]. Rudy Sayoga Gautama, *Sistem Penyaliran Tambang*. Bandung: ITB Press, (2019)
- [7]. Eko Ramanditio Hermawan, dkk, Perencanaan Drainase Tambang Terbuka Pit *South Pinang* PT. Kaltim Prima Coal Sangatta Kalimantan Timur Periode Tambang 2014-2017. *Jurnal Pertambangan*, Fakultas Teknik Pengairan Brawijaya Malang, (2014)
- [8]. Sularso & Tahara, H, *Pompa dan Kompresor*. Jakarta: PT Pradnya Pramita, (2006)
- [9]. Sugiyono, "Metode Penelitian Kuantitatif, Kualitatif, dan R & D". Bandung: Alfabeta, (2011)
- [10]. Ichsandhiyoni Lisna Kurniawan, Murad, *Tugas Akhir*. Fakultas Teknik UNP, (2020)