

**KAJIAN TEKNIS SISTEM PENIRISAN PADA PIT TAMBANG BATUBARA PT.  
DIZAMATRA POWERINDO, KABUPATEN LAHAT –PROVINSI SUMATERA SELATAN**

**TECHNICAL ASSESSMENT DRAINAGE SYSTEM AT COAL MINING AREA PT.  
DIZAMATRA POWERINDO, LAHAT DISTRICT - SOUTH SUMATERA PROVINCE**

**M. Rully Saputra<sup>1</sup>, Taufik Arief<sup>2</sup>, Hartini Iskandar<sup>3</sup>**

<sup>1,2,3</sup>Jurusan Teknik Pertambangan, Fakultas Teknik, Universitas Sriwijaya  
Jl. Raya Palembang – Prabumulih KM.32 Indralaya, Sumatera Selatan, Indonesia  
E-mail : m\_rullysaputra@yahoo.com

**ABSTRAK**

*PT. Dizamatra Powerindo adalah perusahaan yang bergerak di bidang eksploitasi batubara yang menggunakan sistem tambang terbuka. Pada saat musim penghujan, dasar tambang yang berada pada elevasi +44 mdpl selalu tergenang oleh air dan hal ini diperparah oleh dimensi sump yang tidak memenuhi kualifikasi secara teknis dan ekonomis. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengeluarkan air yang masuk ke dalam tambang PT. Dizamatra Powerindo sehingga tidak mengganggu proses penambangan. Penelitian ini dilakukan dengan mengolah dan menganalisis data-data seperti data curah hujan, suhu, faktor jenis tanah, catchment area sehingga didapatkan hasil berupa sistem penirisan yang paling ideal untuk daerah penelitian. Dari analisa, didapatkan bahwa volume air yang masuk ke dalam tambang sebesar 17.396,182 m<sup>3</sup> dengan volume sump aktual 13.914,1 m<sup>3</sup> sehingga diperlukan penambahan volume sump menjadi 16.375 m<sup>3</sup>. Sistem penirisan dengan menggunakan saluran terbuka membentuk catchment area baru sebesar 250.847 m<sup>2</sup> sehingga volume air limpasan yang masuk ke dalam tambang berkurang sebesar 2.566,08 m<sup>3</sup>/hari sehingga waktu untuk mengeringkan air di sump akan lebih cepat. Selain itu saluran terbuka juga dapat mengurangi resiko terjadinya erosi di areal penambangan akibat pergerakan air limpasan permukaan.*

Kata kunci: penirisan, sump, catchment area

**ABSTRACT**

*PT. Dizamatra Powerindo is a company engaged in the exploitation of coal using open pit mining system. During the rainy season, basic mine located at an elevation of +44 masl is inundated by water and this is compounded by the sump dimensions are not qualified technically and economically. The purpose of this research is to remove the water that goes into the mine, PT. Dizamatra Powerindo so it does not interfere with the mining process. The research was conducted by processing and analyzing data such as rainfall data, temperature, soil type factor, the catchment area so that the results obtained in the form of the most draining system ideal for the study area. From the analysis, it was found that the volume of water that comes into the mine amounted to 17.396,182 m<sup>3</sup> with actual sump volume of 13.914.1 m<sup>3</sup> necessitating the addition of sump volume becomes 16.375 m<sup>3</sup>. Draining the system using an open channel forming new catchment area of 250.847 m<sup>2</sup> so that the volume of runoff water that enters the mine was reduced by 2.566,08 m<sup>3</sup>/day so time to drain the water in the sump will be faster. In addition, open channels can also reduce the risk of erosion in the mining area due to the movement of surface water runoff.*

Keywords: Drainage, sump, catchment area

## 1. PENDAHULUAN

Indonesia merupakan negara yang memiliki iklim tropis yang terdiri dari dua musim yaitu musim kemarau dan musim penghujan. Pada musim penghujan dimana curah hujan yang tinggi dapat mengakibatkan terjadinya banjir, erosi, dan tanah longsor. Erosi yang terjadi pada suatu daerah menunjukkan terjadinya kerusakan pada daerah tersebut dimana aktivitas manusia yang tidak terkontrol pada umumnya merupakan faktor utama penyebab kerusakan tersebut. Bentuk aktivitas manusia dapat berupa pengolahan tanah untuk perkebunan, perambahan hutan, pemukiman, pertambangan, dan lain-lain. PT. Dizamatra Powerindo merupakan salah satu perusahaan yang bergerak di bidang pertambangan batubara yang berlokasi di Kecamatan Merapi, Kabupaten Lahat Provinsi Sumatera Selatan. Sistem penambangan yang diterapkan saat ini adalah dengan menggunakan sistem tambang terbuka. Sebagai konsekuensinya maka aktivitas penambangan sangat dipengaruhi oleh keadaan cuaca terutama curah hujan. PT. Dizamatra Powerindo melakukan eksploitasi batubara pertama kali pada tahun 2010 dengan target produksi 300.000 ton/tahun. Sementara untuk rencana produksi tahun 2014 mengalami peningkatan produksi menjadi 400.000 ton/tahun. Dengan adanya penambahan jumlah produksi ini maka area yang akan terganggu akibat aktivitas penambangan ini akan bertambah luas pula. Selain itu perluasan ini akan menyebabkan bertambahnya luas *catchment area* yang saat ini 299.300 m<sup>2</sup> dan penambahan jumlah volume air limpasan yang akan masuk ke dalam area penambangan. Pada saat musim penghujan, *sump* yang berada pada elevasi + 44 mdpl selalu tergenang air karena kondisi *sump* yang tidak sesuai dengan standar dan hanya menggunakan daerah yang memiliki elevasi terendah kemudian dijadikan *sump* tanpa adanya perencanaan yang matang sebelumnya. Kondisi ini diperparah dengan banyaknya lumpur yang mengendap di dasar tambang akibat sedimentasi oleh air limpasan hujan.

Rumusan masalah dari penelitian ini adalah menentukan berapa besar debit air yang masuk ke dalam area penambangan baik berupa air limpasan hujan maupun air tanah. Berapa kapasitas pompa ideal agar air yang masuk ke dalam tambang tidak mengganggu aktivitas penambangan.

Tujuan dari penelitian ini adalah mengetahui berapa total debit air limpasan maupun air hujan yang masuk ke dalam area penambangan sehingga dapat memperkirakan berapa besar kapasitas pompa yang diperlukan untuk mengeluarkan air yang masuk ke dalam tambang.

Dasar teori dari penelitian ini adalah besarnya volume air yang masuk ke dalam tambang akan berpengaruh terhadap perencanaan penirisan tambang tersebut di kemudian hari. Untuk memperhitungkan volume air yang masuk ke dalam tambang, langkah yang dapat dilakukan yakni mencari volume air limpasan dijumlahkan dengan volume air tanah dan kemudian dikurangkan dengan volume evapotranspirasi pada daerah tersebut. Limpasan merupakan semua air yang mengalir berasal dari air hujan yang bergerak dari tempat yang lebih tinggi menuju ke tempat yang lebih rendah tanpa memperhatikan asal atau jalan yang di tempuh sebelum mencapai suatu saluran[1]. Untuk mencari volume air limpasan dapat menggunakan rumus rasional.

$$Q = C I \times A \tag{1}$$

Curah hujan merupakan banyaknya hujan yang terjadi pada suatu daerah yang dihitung dalam mm. Curah hujan juga merupakan faktor yang sangat penting dalam seorang teknisi dalam merencanakan sistem penirisan, karena besar kecilnya curah hujan pada suatu daerah akan berpengaruh pula terhadap besar kecilnya air yang harus ditanggulangi[2]. Intensitas curah hujan merupakan banyaknya curah hujan yang dinyatakan dalam tinggi hujan atau volume hujan pada satuan luas tiap satuan waktu, yang terjadi pada satu kurun waktu air hujan akan terkonsentrasi pada suatu cekungan[3]. Selanjutnya dapat menjumlahkan air limpasan dengan volume air tanah. Air tanah merupakan seluruh air yang berada di bawah permukaan tanah di lajur/zona jenuh air (*zone of saturation*)[1]. Daerah di bawah tanah yang terisi air disebut daerah saturasi. Pada daerah saturasi, setiap pori tanah dan batuan berisi oleh air, yang merupakan air tanah (*groundwater*). Batas atas daerah saturasi yang banyak mengandung air dan daerah belum saturasi/jenuh yang masih mampu menyerap air. Jadi, daerah saturasi berada di bawah daerah *unsaturated*[4]. Untuk mengetahui debit air tanah dapat dihitung dengan menggunakan persamaan sebagai berikut:

$$Q = h \frac{\frac{L_1 + L_2}{2}}{\Delta t} \tag{2}$$

Evapotranspirasi merupakan gabungan dari evaporasi dan transpirasi. Evaporasi adalah proses pertukaran molekul air di permukaan menjadi molekul uap air di atmosfer akibat panas, sedangkan transpirasi adalah proses penguapan pada tumbuh-tumbuhan melalui sel-sel stomata[5]. Evapotranspirasi dapat dihitung dengan rumus Turc sebagai berikut:

$$E = \frac{P}{\left[0.9 + \left(\frac{P}{L(T)}\right)^2\right]^{0.5}} \quad (3)$$

Setelah didapatkan debit air yang masuk ke dalam tambang, maka selanjutnya dapat melakukan perencanaan volume *sump*, saluran, kolam pengendap lumpur, dan kapasitas pompa yang dibutuhkan untuk mengeluarkan air. Sump berfungsi sebagai tempat penampungan air sebelum dipompa keluar tambang. Dimensi sump tergantung dari jumlah air yang masuk serta keluar dari sump. Sump yang dibuat disesuaikan dengan keadaan kemajuan medan kerja (front) penambangan. Optimalisasi antara input (masukan) dan output (keluaran), maka dapat ditentukan volume dari sump. Sump ditempatkan pada elevasi terendah atau floor penambangan, jauh dari aktifitas penggalian batubara sehingga tidak akan mengganggu produksi batubara[6].

$$\text{Volume} = (\text{Luas atas} + \text{luas bawah}) \times 0.5 \text{ t} \quad (4)$$

Analisis pemompaan dilakukan untuk mengetahui kapasitas pompa yang akan dibutuhkan untuk mengeluarkan air yang masuk ke dalam tambang. Pompa berdasarkan jenis impelernya dapat dibedakan menjadi dua yakni pompa sentrifugal dan pompa aliran campur [7]. Dapat dilakukan dengan menghitung head yang ada. Head (julang) adalah energi yang diperlukan untuk mengalirkan sejumlah air pada kondisi tertentu. Semakin besar debit air yang dipompa, maka head pompa juga akan semakin besar[8]. Head total pompa ditentukan dari kondisi instalasi yang akan dilayani oleh pompa tersebut.

$$H = \frac{\Delta P}{\gamma} + \frac{\Delta V^2}{2g} + H_{st} + HL \quad (5)$$

Analisis perencanaan dimensi saluran dilakukan dengan menggunakan rumus manning[9]. Saluran yang direncanakan adalah saluran terbuka berbentuk trapesium, karena lebih mudah dalam pembuatan dan perawatannya.

$$V = \frac{1}{n} R^{2/3} S^{1/2} \quad (6)$$

Kolam pengendapan lumpur merupakan sarana untuk menghindari pencemaran perairan umum oleh air limpasan dari tambang yang mengandung material padat akibat erosi[9]. Kolam pengendapan yang akan dibuat harus memiliki dimensi tertentu agar mampu mengendapkan material sedimen dengan baik. Penentuan dimensi kolam pengendapan digunakan persamaan sebagai berikut:

$$\text{Volume KPL} = (\text{Luas atas} + \text{luas bawah}) \times 0.5 (\text{kedalaman}) \quad (7)$$

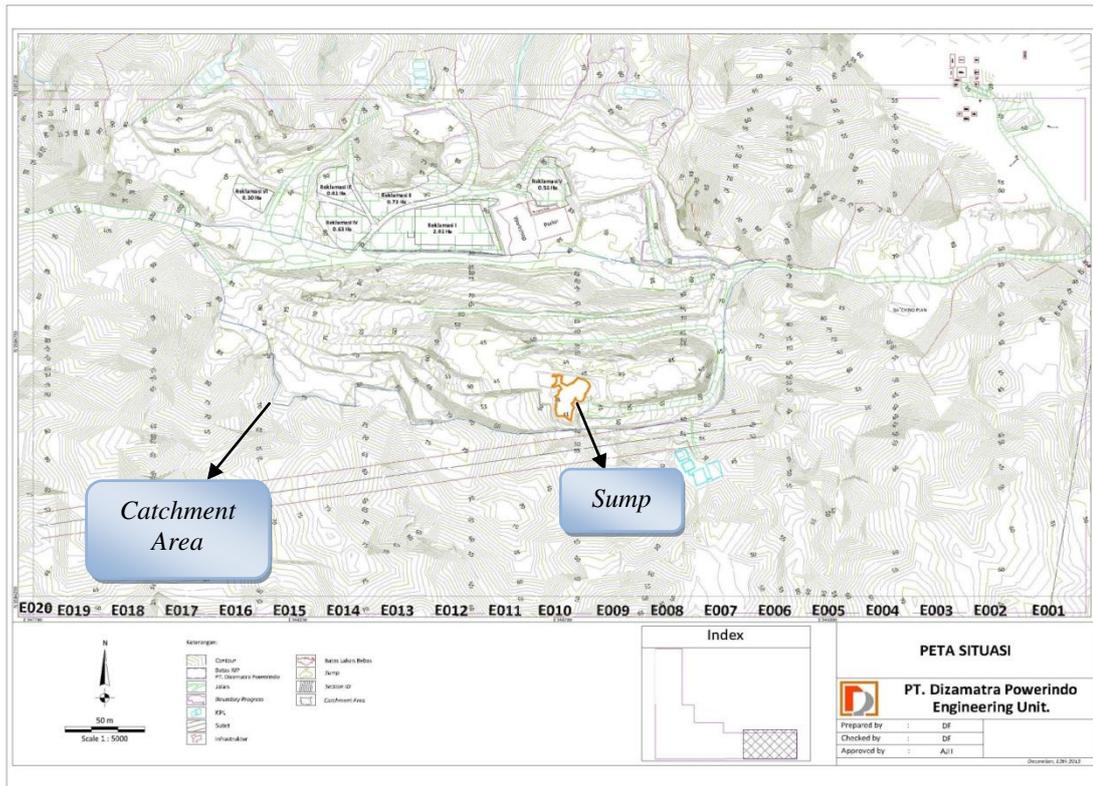
Tambang yang baik adalah tambang yang menggunakan *green mining concept*. Tidak hanya mengambil keuntungan sebesar-besarnya tetapi juga harus memperhatikan lingkungan sekitar baik yang berhubungan langsung dengan tambang maupun tidak[10].

## 2. METODE PENELITIAN

Wilayah Izin Usaha Pertambangan [6] Operasi Produksi PT. Dizamatra Powerindo secara geografis berada pada koordinat 103° 35' 54,30'' – 103° 38' 47,10'' Bujur Timur dan 3° 43' 18,60'' – 3° 45' 38,20'' Lintang Selatan. Secara administratif berada di Kecamatan Merapi Barat Kabupaten Lahat Provinsi Sumatera Selatan (Gambar 1).

Metode penelitian yang dilakukan agar proses pemecahan masalah di daerah penelitian lebih terarah dan mempermudah dalam langkah penulisan, maka dilakukan metode penelitian sebagai berikut:

1. Observasi lapangan, yaitu survey langsung ke lapangan guna menentukan gambaran awal dari permasalahan yang akan dibahas dalam penelitian sehingga dapat digunakan dalam menentukan *lay out* dan *draft* penelitian.
2. Pengambilan sampel data primer dan data sekunder.
  - a. Data primer, yaitu pengambilan data berupa besaran debit curah hujan, debit produksi aktual pompa.
  - b. Data sekunder, yaitu data yang dikumpulkan berdasarkan literatur dan berbagai referensi, seperti data curah hujan, determinasi tata guna lahan, *handbook* alat mekanis dan peta situasi daerah penelitian.
3. Pengolahan data, data-data yang diperoleh diolah dengan analisa matematis, empiris, dan statistik. serta disajikan dalam bentuk tabel, grafik dan perhitungan penyelesaian.



**Gambar 1. Peta Situasi PT. Dizamatra Powerindo, Lahat-Sumatera Selatan**

4. Analisis data, pengolahan data merupakan proses dari perubahan dari data lapangan yang disusun berdasarkan urutan, tabulasi, kemudian memunculkan nilai-nilai yang nantinya akan menjadi bahan analisis dalam perhitungan dan pembahasan lebih lanjut. Pada penelitian ini, data yang telah dihimpun langsung dari lapangan diolah dengan analisis secara teoritis dan empiris yang disajikan dalam bentuk besaran produksi teoritis lumpur. Setelah diperoleh data primer berupa besaran laju erosi yang terjadi selama setahun, maka data tersebut digabungkan dengan data debit air serta debit aktual pompa. Hasil perhitungan dapat menjadi acuan dalam memprediksi berapa lama *sump* mengalami pendangkalan.
5. Kesimpulan dan Saran, berdasarkan langkah-langkah yang telah dijalankan dalam proses penelitian, dihasilkan suatu pernyataan untuk menjawab rumusan masalah yang telah diangkat, serta menghasilkan saran bagi perusahaan agar hal-hal lainnya yang tidak menjadi objek bahasan dalam penelitian juga dapat dikembangkan dengan baik pula.

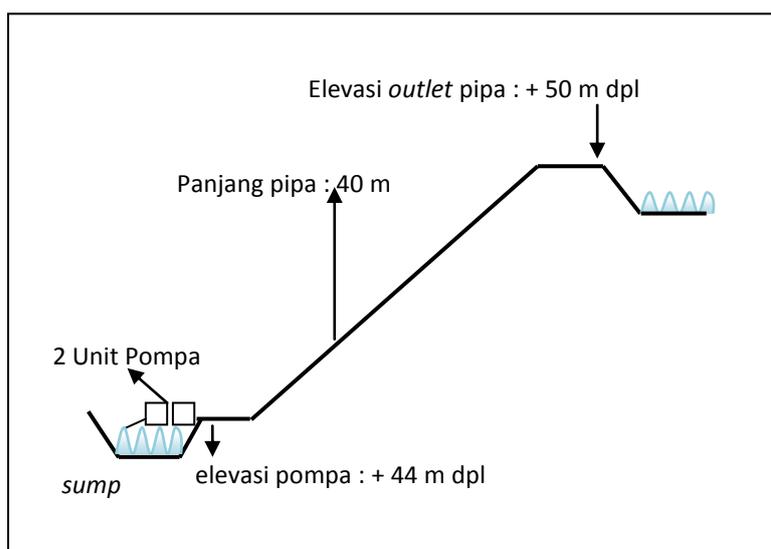
### 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengolahan data curah hujan (Tabel 1) dengan Metode Distribusi Gumbell menghasilkan curah hujan rencana selama 20 tahun sebesar 621,93 mm/bulan dengan intensitas curah hujan sebesar 2,45 mm/jam. Pemilihan curah hujan rencana selama 20 tahun dilakukan untuk menghindari terjadinya banjir pada lokasi tambang pada periode 20 tahun sekali. Sedangkan untuk luas *catchment area* yang telah dilakukan pengukuran didapatkan luas daerah tangkapan hujan pada bulan desember tahun 2013 sebesar 29,93 ha. Jadi total debit air yang masuk ke dalam *sump* sebesar 0,2013 m<sup>3</sup>/detik.

Setelah diketahui debit air yang masuk, barulah dapat melakukan perencanaan sistem penirisan yang paling ideal pada suatu daerah. Hal pertama yang dapat dilakukan yakni dengan merencanakan kebutuhan pompa. Pompa adalah suatu alat atau mesin yang digunakan untuk memindahkan cairan dari suatu tempat ke tempat yang lain melalui suatu media perpipaan dengan cara menambahkan energi pada cairan yang dipindahkan dan berlangsung secara terus menerus.

Tabel 1. Data Curah Hujan Kec. Merapi Barat, Kab. Lahat

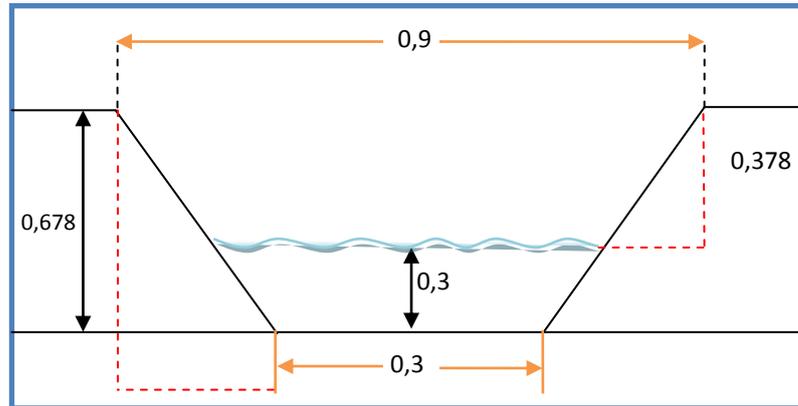
Tahun	Jan	Feb	Mar	Apr	Mei	Jun	Jul	Agst	Sep	Okt	Nov	Des	Jumlah	Rata-Rata	Min	Max
2002	479	430	99	293	85	76	129	148	107	406	291	573	3116	260	76	573
2003	268	463	388	283	96	10	165	83	151	279	251	506	2943	245	10	506
2004	404	488	136	420	61	102	138	58	156	266	274	630	3133	261	58	630
2005	524	399	497	443	259	215	145	160	218	305	329	439	3933	328	145	524
2006	365	518	192	435	251	116	80	24	37	90	249	374	2731	228	24	518
2007	466	152	51	269	80	85	41	238	150	261	229	438	2460	205	41	466
2008	709	93	246	499	499	72	35	260	106	277	212	371	3377	281	35	709
2009	405	339	293	352	37	144	69	137	155	248	276	472	2927	244	37	472
2010	568	705	356	340	298	195	113	353	215	328	564	274	4309	359	113	705
2011	259	188	340	486	96	386	80	53	127	244	228	619	3106	259	53	619
2012	338	516	297	208	239	82	143	74	67	320	360	781	3230	285	67	781
2013	605	398	446	464	215	138	300	145	156	320	281	-	2579	315	138	605
Rata <sup>2</sup>	449	391	278	374	185	135	120	144	137	279	295	498	3.153			
Min	259	92	51	208	37	10	35	24	37	90	212	274				
Max	709	705	497	498	499	386	300	353	218	406	564	781				



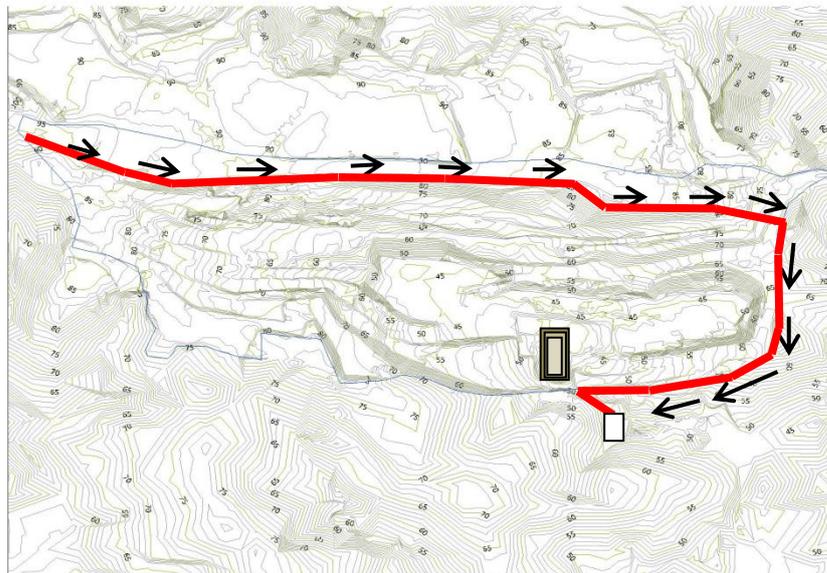
Gambar 2. Rencana Letak Pompa

Dengan menggunakan persamaan (5), *head* total yang mampu diatasi pompa untuk mengeluarkan debit rencana 870 m<sup>3</sup>/jam adalah sebesar 17,321 m, sedangkan *head* aktual sebesar 17 m. Untuk mengatasi air yang masih tersisa di dalam *sump* maka diperlukan penambahan satu unit pompa sykes CP220I yang dipasang secara paralel (Gambar 2).

Volume *sump* aktual adalah sebesar 13.914,1 m<sup>3</sup>, sedangkan volume air yang harus dikeluarkan sebesar 17.396,182 m<sup>3</sup>/hari. Permasalahan yang ada adalah dimensi *sump* yang lebih kecil dibandingkan dengan volume air yang masuk ke dalam *sump*. Untuk menanggulangi air yang masuk ini, cara yang dapat dilakukan adalah dengan rekayasa *sump* yang ada yakni dengan membuat *sump* menjadi lebih dalam ataupun lebih luas sehingga memiliki volume yang lebih besar pula. Dimensi *sump* yang direncanakan yakni dengan panjang dan lebar atas masing-masing 70 m x 59 m dengan kedalaman 5 m. Sedangkan panjang dan lebar bawah masing-masing 60 m x 49 m. Jadi volume *sump* yang direncanakan sehingga air tidak keluar dari kolam adalah sebesar 16.375 m<sup>3</sup> yang mampu menampung air 17.676 m<sup>3</sup>/hari.



Gambar 3. Dimensi Saluran Rencana

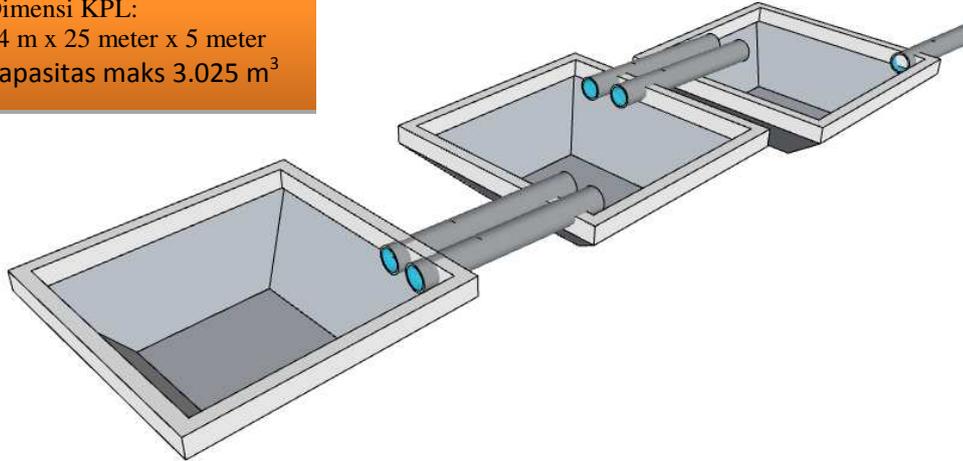


Gambar 4. Peta arah aliran saluran rencana

Tabel 2. Pengukuran Kadar Solid Terlarut

No.	Diameter Botol (cm)	Tebal solid (cm)	Volume Larutan (cc)	Volume Solid (cc)	Persen Solid
1	8	0,2	600	10,048	1,67%
2	8	0,1	600	5,024	0,84%
3	8	0,3	600	15,072	2,51%
4	8	0,1	600	5,024	0,84%
5	8	0,1	600	5,024	0,84%
6	8	0,2	600	10,048	1,67%
7	8	0,1	600	5,024	0,84%
8	8	0,1	600	5,024	0,84%
Rata – rata					1,26%

Dimensi KPL:  
34 m x 25 meter x 5 meter  
Kapasitas maks 3.025 m<sup>3</sup>



**Gambar 5. Dimensi Kolam Pengendap Lumpur**

Pembuatan saluran terbuka yang bertujuan untuk mengalihkan sejumlah air yang akan masuk ke dalam tambang ke luar daerah tambang. Perhitungan dimensi saluran dilakukan dengan metode *trial and error*. Dengan menggunakan persamaan (6), maka dimensi saluran tersebut harus bisa melewati air limpasan yang akan mengalir sehingga air dapat ditampung oleh saluran ini. Dimensi saluran yang direncanakan adalah sebagai berikut:

Lebar dasar saluran (b)	=	0,3 m
Tinggi antara dasar saluran (y)	=	0,3 m
Kemiringan dinding saluran (z)	=	1 : 1
Kemiringan dasar saluran (s)	=	2 %
Lebar permukaan saluran air (B)	=	0,9 m
Tinggi jagaan (f)	=	0,378 m
Kedalaman saluran (H)	=	0,678 m

Berikut ini adalah (Gambar 3) dimensi saluran rencana hasil perhitungan, langkah selanjutnya adalah menentukan arah aliran air (Gambar 4) yang masuk ke dalam saluran rencana yang kemudian akan diarahkan menuju ke *outlet* kolam penampungan lumpur.

Pembuatan kolam pengendapan lumpur bertujuan untuk menampung air dari tambang yang mengandung material lumpur sebelum di alirkan ke sungai pule yang dekat dengan tambang PT. Dizamatra Powerindo. Penentuan *settling pond* didasarkan atas kecepatan pengendapan vertical material, dalam kolam pengendapan, dan debit keluaran sepipe. Setelah dilakukan percobaan di *sump* PT. Dizamatra Powerindo diketahui bahwa persentasi kadar solid terlarut sebesar 1,26 % (Tabel 2). Dengan kadar solid tersebut dapat diketahui bahwa total debit air yang masuk ke dalam kolam penampungan lumpur sebesar 17.400 m<sup>3</sup>/hari dengan solid bawaan 219,24 m<sup>3</sup>/hari dan air 17.180,76 m<sup>3</sup>/hari. Prinsip pengendapan hanya memperkecil kecepatan horizontal, sehingga material yang tersuspensi mendapat kesempatan untuk mengendap. Setelah menggunakan perhitungan (9) maka dimensi 3 buah kolam pengendapan lumpur adalah 3.025 m<sup>3</sup> (Gambar 5).

#### 4. KESIMPULAN

Berdasarkan analisis dan perhitungan yang telah dilakukan, maka dapat disimpulkan:

- Debit total air ( $Q_{tot}$ ) yang akan masuk ke lokasi penambangan dapat dihitung dengan menjumlahkan antara debit air limpasan dan debit air tanah serta dikurangi dengan evapotranspirasi oleh tumbuhan di sekitar tambang adalah sebesar 17.396,182 m<sup>3</sup>/hari.
- Kapasitas pompa sykes CP220I saat ini memiliki debit sebesar 870 m<sup>3</sup>/jam belum mampu mengeluarkan seluruh air yang terakumulasi di dasar tambang sehingga diperlukan penambahan satu unit pompa sykes CP220I yang dipasang secara paralel.

- C. Kapasitas volume *sump* yang direncanakan adalah sebesar 17.675 m<sup>3</sup>. Dimensi *sump* yang direncanakan adalah 70 m x 59 m untuk panjang dan lebar permukaan *sump* dan 60 m x 49 m untuk panjang dan lebar dasar *sump* dengan kedalaman 5 m.
- D. Kolam penampungan yang direncanakan memiliki 3 buah kompartemen dengan tujuan agar lumpur yang dibawa oleh air hasil dari pemompaan tidak mengalami pengendapan. Volume Kolam penampungan lumpur untuk masing-masing KPL adalah sebesar 3.025 m<sup>3</sup>.

## 5. DAFTAR PUSTAKA

- [1]. Soemarto, C.D. (1995). *Hidrologi Teknik*. Edisi 2. Jakarta: Erlangga.
- [2]. Suyono. (2003). *Hidrologi untuk Pengairan*. Jakarta: PT. Pradnya Paramita.
- [3]. Soewarno, (1995). *Hidrologi*. Jilid I. Bandung: Nova.
- [4]. Effendi, H. (2003). *Telaah Kualitas Air bagi Pengelolaan Sumber Daya dan Lingkungan Perairan*. Yogyakarta: Kanisius.
- [5]. Gautama, R. S. (1999). *Sistem Penyaliran Tambang*. Bandung: Departemen Teknik Pertambangan ITB.
- [6]. William, H dan Kuchta, M. (1998). *Open Pit Mine Planning & Design*. Rotterdam: A.A. Balkema.
- [7]. Tahara, H. (2004). *Pompa dan Kompresor*. Cetakan pertama. Jakarta: PT. Pradnya Paramita.
- [8]. Kodoatie, J. R. (2005). *Hidrolika Terapan Aliran Pada Saluran Terbuka dan Pipa*. Yogyakarta: C.V andi Offset.
- [9]. Saroj, P. K. (1998). *Statistics For Geoscientists*. New Delhi: Concept Publishing.
- [10]. Suwandhi, A. (2004). *Perencanaan Sistem Penyaliran Tambang*. Yogyakarta: CV. Andi Offset.

