

**PERENCANAAN SISTEM PENYALIRAN TAMBANG
PADA PIT 3 PT. KHATULISTIWA MAKMUR PERSADA
MUARA BUNGO JAMBI**

TUGAS AKHIR



**Untuk Memenuhi Sebagian Persyaratan
Memperoleh Gelar Sarjana Teknik**

**Ardiansyah Saputra
18717.2010**

**PROGRAM STUDI S1 TEKNIK PERTAMBANGAN
JURUSAN TEKNIK PERTAMBANGAN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS NEGERI PADANG
2015**

LEMBAR PERSETUJUAN TUGAS AKHIR

JUDUL :

“PERENCANAAN SISTEM PENYALIRAN TAMBANG PADA PIT 3

PT. KHATULISTIWA MAKMUR PERSADA

MUARA BUNGO JAMBI”

Nama : Ardiansyah Saputra
NIM/BP : 18717/2010
Program Studi : S1 Teknik Pertambangan
Jurusan : Teknik Pertambangan
Fakultas : Teknik

Padang, 06 Mei 2015

Telah diperiksa dan disetujui oleh :

Pembimbing I



Drs. Tamrin Kasim, MT
NIP.19530810 198602 1 001

Pembimbing II



Drs. Syamsul Bahri, MT
NIP.19570101 198303 1 006

Mengetahui,
Ketua Jurusan Teknik Pertambangan
Fakultas Teknik Universitas Negeri Padang



Drs. Bambang Heriyadi, MT
NIP.19641114 198903 1 002

LEMBAR PENGESAHAN TIM PENGUJI

**Dinyatakan Lulus Setelah Dipertahankan di Depan Tim Penguji Tugas Akhir
Program Studi S1 Teknik Pertambangan
Fakultas Teknik Universitas Negeri Padang**

Judul : Perencanaan Sistem Penyaliran Tambang Pada
PIT 3 PT. Khatulistiwa Makmur Persada
Muara Bungo Jambi

Nama : ARDIANSYAH SAPUTRA

NIM/BP : 18717/2010

Program Studi : S1 Teknik Pertambangan

Jurusan : Teknik Pertambangan

Fakultas : Teknik

Padang, 06 Mei 2015

Tim Penguji :

	Nama	Tanda Tangan
1. Ketua	: Drs. Tamrin Kasim, MT	1..... 
2. Sekretaris	: Drs. Syamsul Bahri, MT	2..... 
3. Anggota	: Heri Prabowo, ST, MT	3..... 
4. Anggota	: Fadhilah, S.Pd, M.Si	4..... 
5. Anggota	: Yoszi Mingsi A, ST, MT	5..... 



KEMENTERIAN PENDIDIKAN DAN KEBUDAYAAN
UNIVERSITAS NEGERI PADANG
FAKULTAS TEKNIK

JURUSAN TEKNIK PERTAMBANGAN

Jl. Prof. Dr. Hamka Kampus UNP Air Tawar Padang 25131

Telp. FT: (0751)7055644, 445118 Fax .7055644

Homepage: <http://ft.unp.ac.id/pertambangan> E-mail: mining@ft.unp.ac.id



SURAT PERNYATAAN TIDAK PLAGIAT

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : ARDIANSYAH SAPUTRA
NIM/TM : 18717/2010
Program Studi : SI - TEKNIK PERTAMBANGAN
Jurusan : Teknik Pertambangan
Fakultas : FT UNP

Dengan ini menyatakan, bahwa Skripsi/Tugas Akhir/Proyek Akhir saya dengan Judul
PERENCANAAN SISTEM PENYALURAN TAMBANG
PADA PIT 3 PT. KHATULISTIWA MAKMUR PERSADA
MUARA BUNGO JAMBI

Adalah benar merupakan hasil karya saya dan bukan merupakan plagiat dari karya orang lain. Apabila suatu saat terbukti saya melakukan plagiat maka saya bersedia diproses dan menerima sanksi akademis maupun hukum sesuai dengan hukum dan ketentuan yang berlaku, baik di institusi UNP maupun di masyarakat dan negara. Demikianlah pernyataan ini saya buat dengan penuh kesadaran dan rasa tanggung jawab sebagai anggota masyarakat ilmiah.

Diketahui oleh,
Ketua Jurusan Teknik Pertambangan



NIP. 19641114 198903 1 002

Saya yang menyatakan,



ARDIANSYAH SAPUTRA

RINGKASAN

Ardiansyah Saputra, 2015. “Perencanaan system penyaliran tambang pada pit 3 PT. Khatulistiwa Makmur Persada Muara Bungo Jambi” *Skripsi*. Padang: Program Studi S1 Teknik Pertambangan, Jurusan Teknik Pertambangan, Fakultas Teknik Universitas Negeri Padang.

Penelitian ini membahas tentang konsekuensi dari sistem penambangan terbuka yang aktivitas penambangannya sangat dipengaruhi oleh keadaan cuaca, terutama curah hujan. Pada kondisi seperti ini aktivitas tambang terbuka akan membentuk sebuah cekungan besar yang dapat menyebabkan terbentuknya genangan air jika tidak ditanggulangi. Belum adanya perencanaan mengenai penyaliran tambang pada bukaan-bukaan pit dipenambangan sebelumnya, menyebabkan kerja alat bertambah sehingga menambah biaya penambangan. Oleh karena itu untuk meminimalisir resiko-resiko tersebut dilakukan perencanaan awal mengenai penyaliran tambang.

Jenis penelitian yang dilakukan adalah penelitian *empiris* yaitu dengan melakukan pengujian langsung ke lapangan (*trial and error*) dengan menggabungkan teori-teori yang pernah dipelajari dengan data yang diambil langsung di lapangan. Penelitian dilakukan di pit 3 PT. Khatulistiwa Makmur Persada. Data-data yang diambil berupa data primer yang didapat dengan melakukan pengukuran langsung dilapangan berupa data luasan daerah tangkapan hujan, elevasi masing-masing lokasi penataan dan debit air dan pompa. Sedangkan data sekunder didapat dari perusahaan berupa data curah hujan dan topografi daerah.

Dari hasil penelitian yang dilaksanakan dapat disimpulkan perencanaan yang dilakukan berupa penataan bentuk dan lokasi saluran terbuka yang terdiri dari 3 saluran terbuka berbentuk trapezium dengan kemiringan talud 1 : 1,5. Saluran pertama terletak di pinggir jalan angkut menuju pit dengan dimensi, lebar dasar saluran 0,24 m, lebar permukaan 0,6 m dan kedalaman saluran 0,16 m. Saluran 2 terletak di bagian barat pit untuk mengalirkan air limpasan dan air dari pemompaan pada sumuran, dengan dimensi, lebar dasar saluran 0,42 m, lebar permukaan saluran 1 m dan kedalaman saluran 0,3 m. Saluran 3 merupakan saluran menuju ke *settling pond* dengan dimensi, lebar dasar saluran 0,6 m, lebar permukaan saluran 1,4 m dan kedalaman saluran 0,34 m. Perencanaan sumuran yang dibuat untuk menampung air yang berada pada pit dibuat dengan volume sumuran 2400 m³. Untuk perencanaan pompa dibutuhkan 3 pompa dengan debit 79,66 m³/jam. Sedangkan untuk perencanaan settling pond dibuat dengan volume perencanaan 3888,5 m³.

Kata Kunci: Penyaliran, Saluran Terbuka, Sumuran , *Settling Pond*

ABSTRACT

Ardiansyah Saputra, 2015. “Perencanaan system penyaliran tambang pada pit 3 PT. Khatulistiwa Makmur Persada Muara Bungo Jambi” *Skripsi*. Padang: Program Studi S1 Teknik Pertambangan, Jurusan Teknik Pertambangan, Fakultas Teknik Universitas Negeri Padang.

This study discusses the consequences of a system of open pit mining which activity is influenced by weather conditions, especially rainfall. Under these conditions, the activity of an open pit mine will form a large basin that can cause the formation of puddles if not addressed. The lack of planning regarding the mine dewatering plan in openings pit mining earlier, causing increased work tool that adds to the cost of mining. Therefore, to minimize these risks do the initial planning regarding the mine dewatering.

Type of research is an empirical study by testing directly into the field (trial and error) by combining theories ever studied with data taken directly in the field. The study was conducted in pit 3 PT. Khatulistiwa Makmur Persada. The data were taken in the form of primary data obtained by direct measurement in the form of a data field catchment area, the elevation of each location structuring and discharge of water and pumps. While secondary data obtained from the company in the form of rainfall data and the topography of the area.

From the research carried out it can be concluded the planning was done by structuring the form and location of the open channel which consists of 3 open channels trapezium-shaped with a slope embankments 1 : 1,5. The first channel is located on the outskirts of road transport to the pits with dimensions, base width of channel 0,24 m, surface width of 0,6 m and a depth of 0,16 m channel. Channel 2 is located in the western part of the pit to drain water runoff and water from the pumping wells with dimensions, the width of the channel base of 0,42 m, the surface width 1 m and a depth of 0,3 m channel. Channel 3 is the channel leading to the settling pond with dimensions, base width of 0,6 m channel, the surface of the channel width of 1,4 m and a depth of 0,34 m channel. Planning sump are made to accommodate the water that was in the pit made with the volume of 2400 m³ sump. For the planning required pump 3 pumps with discharge 79,66 m³/hour. As for planning settling pond created by the planning 3888,5 m³ volume.

Key word: Dewatering, Open Chanel, Sump, Settling Pond

KATA PENGANTAR

Puji syukur kehadiran Allah SWT atas segala limpahan rahmat dan karunia-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi dengan judul “Perencanaan system penyaliran tambang pada pit 3 PT. Khatulistiwa Makmur Persada Muara Bungo, Jambi”.

Selama pengurusan permohonan izin penelitian sampai pembuatan draft skripsi ini, penulis mendapatkan banyak bantuan ilmu dan pengalaman dari berbagai pihak, untuk itu penulis mengucapkan terima kasih kepada :

1. Teristimewa kepada kedua orang tua dan keluarga besar penulis yang telah memberikan do'a dan dorongan baik moril maupun material yang selalu menjadi penyemangat penulis.
2. Drs. Tamrin Kasim, MT selaku Pembimbing I penulis dalam melaksanakan penelitian Tugas Akhir.
3. Drs. Syamsul Bahri, MT, selaku Pembimbing II penulis dalam melaksanakan penelitian Tugas Akhir.
4. Bapak Drs. Bambang Heriyadi, MT, selaku Ketua Jurusan Teknik Pertambangan Fakultas Teknik Universitas Negeri Padang.
5. Seluruh Dosen Teknik Pertambangan Universitas Negeri Padang.
6. Bapak Sigit Arie Wijaya, selaku *Project Manager* PT. Khatulistiwa Makmur Persada.
7. Bapak Timo Hendarto, selaku kepala teknik tambang PT. Khatulistiwa Makmur Persada.
8. Bapak Aris Lukman Iskandar, selaku pembimbing di lapangan.

9. Seluruh Staff PT. Khatulistiwa Makmur Persada yang telah banyak membantu dalam penyelesaian Tugas Akhir ini.
10. Rekan – Rekan Mahasiswa Teknik Pertambangan Fakultas Teknik Universitas Negeri Padang.
11. Semua pihak yang telah banyak membantu dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini, yang tidak dapat disebutkan satu persatu.

Penulis menyadari bahwa dalam penyusunan Tugas Akhir ini tidak lepas dari kesalahan dan kekurangan, karena itu penulis mengharapkan saran serta kritik yang sifatnya membangun guna memperbaiki isi dari Tugas Akhir ini.

Akhir kata penulis berharap semoga penulisan Tugas Akhir ini dapat bermanfaat bagi para pembaca sekalian. Terima Kasih.

Padang, April 2015

Penulis

Ardiansyah Saputra

Nim: 2010/18717

DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PERSETUJUAN	ii
HALAMAN PENGESAHAN	iii
SURAT PERNYATAAN TIDAK PLAGIAT	iv
RINGKASAN	v
ABSTRACT	vi
KATA PENGANTAR	vii
DAFTAR ISI	ix
DAFTAR TABEL	xi
DAFTAR GAMBAR	xii
DAFTAR LAMPIRAN	xiii
 BAB I. PENDAHULUAN	
A. Latar Belakang Masalah.....	1
B. Identifikasi Masalah.....	3
C. Pembatasan Masalah	3
D. Perumusan Masalah	3
E. Tujuan Penelitian	4
F. Manfaat Penelitian	4
 BAB II. TINJAUAN PUSTAKA	
A. Tinjauan Umum	5
1. Sejarah Singkat PT. Khatulistiwa Makmur Persada	5
2. Letak Geografis dan Kesampaian Daerah.....	6
3. Geologi Regional	8
B. Kajian Teori	14

1. Siklus Hidrologi (<i>Hydrological Cycle</i>).....	14
2. Metode Penyaliran Tambang	16
3. Faktor-Faktor Penting dalam Sistem Penyaliran Tambang	21
4. Saluran Terbuka	29
5. Sumuran (<i>Sump</i>)	33
6. Pompa	35
7. Kolam Pengendapan Lumpur.....	38

BAB III. METODOLOGI PENELITIAN

A. Jenis Penelitian.....	43
B. Objek Penelitian.....	43
C. Instrumentasi Penelitian.....	44
D. Teknik Pengumpulan Data.....	44
E. Teknik Analisis Data.....	47
F. Waktu dan Jadwal Kegiatan.....	47

BAB IV. ANALISA DATA DAN PEMBAHASAN

A. Pengumpulan Data	48
B. Pengolahan Data	49
C. Hasil Penelitian	72
D. Pembahasan.....	76

BAB V. KESIMPULAN DAN SARAN

A. Kesimpulan	86
B. Saran	87

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN

DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
1. Cadangan Batubara PT. Khatulistiwa Makmur Persada	14
2. Periode Ulang Hujan Rencana	23
3. Keadaan Curah Hujan dan Intensitas Curah Hujan	25
4. Beberapa Koefisien Limpasan	29
5. Kemiringan Dinding Saluran Sesuai Bahan.....	32
6. Koefisien Kekerasan Dinding Saluran Menurut Manning.....	32
7. Uraian Kegiatan dan Waktu Pelaksanaan	47
8. Pengukuran Debit Air Tanah	54
9. Pengukuran Debit Pompa.....	56
10. Curah Hujan Rencana Pit 3 KMP AKS	73
11. Debit Air Limpasan.....	75
12. Hasil Perhitungan Dimensi Saluran Terbuka.....	79

DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
1. Kesampaian Daerah PT. Khatulistiwa Makmur Persada.....	7
2. Lembar Geologi IUP PT. Khatulistiwa Makmur Persada.....	10
3. Log Lithology <i>Bore Hole</i> H003 pada Pit 3 PT. Khatulistiwa Makmur Persada.....	12
4. Grafik Curah Hujan 10 Tahun Terakhir di IUP PT. Khatulistiwa Makmur Persada.....	13
5. Siklus Hidrologi	15
6. Bentuk-Bentuk Metode <i>Mine Drainage</i>	19
7. Bentuk-Bentuk Metode <i>Mine Drainage</i>	20
8. Bentuk-Bentuk Penampang Saluran	31
9. Grafik Penentuan Volume Sumuran Air Tambang.....	34
10. Zona-Zona dalam Kolam Pengendapan	40
11. Bagan Alir Penelitian	46
12. Pengukuran Kenaikan Muka Air Tanah pada Pit 3	54
13. Dimensi Rancangan Kolam Pengendapan Lumpur	69
14. Daerah Tangkapan Hujan pada Pit 3.....	75
15. Penampang Saluran Terbuka	79
16. Dimensi <i>Sump</i>	81
17. Dimensi dan Arah Aliran Air dalam Kolam Pengendapan	83
18. Dimensi Kolam Pengendapan Lumpur	84

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran	Halaman
A. Data Curah Hujan	89
B. Analisa Curah Hujan	92
C. Spesifikasi Pompa.....	105
D. Produktivitas Alat Berat.....	106
E. Spesifikasi Alat Gali KPL.....	110
F. Denah Saluran Terbuka, <i>Sump</i> dan <i>Settling Pond</i>	111

BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Pertambangan merupakan rangkaian kegiatan dalam rangka upaya pencarian, penambangan, pengolahan, pemanfaatan dan penjualan bahan galian (mineral, batubara, panas bumi dan migas). Pada saat ini perkembangan industri pertambangan berkembang makin pesat dari tahun ketahun, diikuti dengan kebutuhan bahan bakar yang semakin tinggi pula. Untuk memenuhi kebutuhan bahan bakar tersebut manusia terus menggali sumberdaya alam yang ada pada lapisan bumi yang dapat dimanfaatkan untuk mensejahterakan kehidupan rakyat.

Salah satu sumberdaya alam yang dapat dimanfaatkan saat ini adalah batubara. Batubara merupakan sumber daya alam dengan jumlah cadangan yang memadai serta cukup potensial di Indonesia. Batubara merupakan batuan sedimen yang terbentuk dari endapan organik tumbuh-tumbuhan.

PT. Khatulistiwa Makmur Persada merupakan salah satu kontraktor penambangan yang melakukan kegiatan penambangan batubara dengan menggunakan sistem tambang terbuka (*surface mining*) dengan metode *open pit mining*. Sebagai konsekuensi dari sistem penambangan terbuka, maka aktivitas penambangannya sangat dipengaruhi oleh keadaan cuaca, terutama curah hujan. Pada kondisi seperti ini, aktivitas tambang terbuka akan membentuk sebuah cekungan yang besar.

Air yang masuk ke lokasi penambangan yang sebagian besar berasal dari air hujan dan rembesan air tanah akan terkonsentrasi di cekungan paling rendah. Untuk mengurangi biaya dan resiko dari tergenangnya air pada cekungan terendah tersebut diperlukan perhitungan dan perencanaan yang matang dalam menganalisa bagaimanakah dimensi saluran dan *sump* yang memadai dan apakah pompa yang sudah ada cukup untuk memompakan air pada *sump* sehingga meminimalisir terjadinya resiko air pada *sump* yang meluap. Air yang melebihi kapasitas *sump* jika tidak ditangani akan menghambat aktifitas penambangan. Maka dari itu sistem penyaliran sangat berperan untuk mengendalikan air yang masuk ke daerah penambangan, sehingga aktivitas penambangan dapat berjalan lancar dengan biaya produksi yang rendah. Pengendalian ini sangat diperlukan terutama disaat musim penghujan.

Dari observasi yang penulis lakukan di PT. Khatulistiwa Makmur Persada, peneliti menemukan belum adanya perencanaan mengenai *dewatering* pada bukaan-bukaan pit dipenambangan sebelumnya. Hal ini menyebabkan penambahan kerja alat yang seharusnya melakukan kegiatan pengupasan *overburden* dan pengambilan batubara menjadi pengeringan pit karena tergenangnya air pada bukaan tambang. Oleh karena itu untuk meminimalisir resiko-resiko tersebut penulis mengambil judul Perencanaan Sistem Penyaliran Tambang pada pit 3 PT. Khatulistiwa Makmur Persada Muara Bungo, Jambi.

B. Identifikasi Masalah

Adapun identifikasi masalah dalam melakukan penelitian adalah :

1. Belum adanya perencanaan sistem penyaliran tambang pada pit baru.
2. Lokasi pit yang diapit oleh 2 *sump* bekas tambang.
3. Belum lengkapnya data perusahaan mengenai penyaliran, seperti data *catchment area*, curah hujan dan lain-lain.

C. Batasan Masalah

Masalah-masalah yang dibahas dalam skripsi ini adalah :

1. Jumlah air yang masuk ke dalam tambang.
2. Kemampuan pompa yang dibutuhkan untuk mengeluarkan air dari dalam tambang.
3. Dimensi *sump*, paritan dan *settling pond* yang sesuai untuk menampung dan mengalirkan air.

D. Rumusan Masalah

Adapun rumusan masalah dalam penulisan adalah :

1. Berapakah dimensi saluran terbuka yang dapat menampung dan mengalirkan air limpasan?
2. Berapa unit pompa yang dibutuhkan untuk mengeluarkan air dari *sump*, serta spesifikasi pompa yang seperti apa yang efisien untuk dipakai?
3. Berapakah dimensi *sump* yang dapat menampung air pada lokasi tambang?
4. Berapa dimensi *settling pond* yang dapat dipakai oleh PT. Khatulistiwa Makmur Persada?

E. Tujuan Penelitian

Adapun tujuan penulis dalam melakukan penelitian ini adalah :

1. Mengetahui dimensi saluran terbuka yang sesuai untuk menampung dan mengalirkan air limpasan pada pit 3 PT. Khatulistiwa Makmur Persada.
2. Mengetahui spesifikasi pompa yang digunakan dan mengetahui jumlah pompa yang dibutuhkan untuk pengeringan *sump* di pit 3.
3. Mengetahui dimensi *sump* yang sesuai untuk menampung air di pit 3.
4. Mengetahui dimensi *settling pond* yang sesuai untuk menampung dan mengalirkan air dari *sump*.

F. Manfaat Penelitian

Adapun manfaat dalam penulisan ini adalah :

1. Bagi Penulis

Meningkatkan kemampuan dan keterampilan dalam menganalisis suatu masalah serta dapat menuangkan ide-ide kritis dalam bentuk karya tulis ilmiah.

2. Bagi Mahasiswa

Dapat menjadi data dalam melakukan penelitian selanjutnya serta menjadi referensi penulisan.

3. Bagi Perusahaan

Penelitian yang dilakukan oleh penulis dapat menjadi pertimbangan untuk rencana teknis sistem penyaliran tambang.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

A. Tinjauan Umum

1. Sejarah Singkat PT. Khatulistiwa Makmur Persada

PT. Khatulistiwa Makmur Persada merupakan salah satu perusahaan yang bergerak di bidang pertambangan dan telah berinvestasi di kabupaten Bungo, bahan galian yang digali adalah Batubara.

PT. Khatulistiwa Makmur Persada memperoleh Izin Usaha Pertambangan (IUP) Operasi Produksi berdasarkan Keputusan Bupati Bungo dengan Nomor 357/DESDM/2009 Secara administrative wilayah tersebut berada di Desa Sungai Beringin Kecamatan Pelepat Kabupaten Bungo Provinsi Jambi.

Kegiatan penambangan yang diterapkan adalah sistem tambang terbuka dengan metode *open pit* dan pada akhir penambangannya akan dilakukan sistem *back filling* terhadap lahan bekas tambang. Kegiatan operasi produksi batubara yang dilaksanakan PT. Khatulistiwa Makmur Persada dimaksudkan agar dapat memanfaatkan sumberdaya batubara yang ada agar dapat memenuhi kebutuhan dalam negeri ataupun luar terutama di sektor industri.

Adapun tujuan dari kegiatan operasi produksi batubara yang akan dilaksanakan PT. Khatulistiwa Makmur Persada di Desa Sungai Beringin Kecamatan Pelepat Kabupaten Bungo Provinsi Jambi adalah:

- a. Meningkatkan sub sektor pertambangan Batubara.
- b. Memanfaatkan sumberdaya seoptimal mungkin dengan harapan dapat meningkatkan taraf hidup dan kesejahteraan masyarakat khususnya disekitar lokasi rencana penambangan.
- c. Turut berperan serta mendorong pertumbuhan ekonomi daerah khususnya Kabupaten Bungo.

2. Letak Geografis dan Kesampaian Daerah

a. Letak Geografis

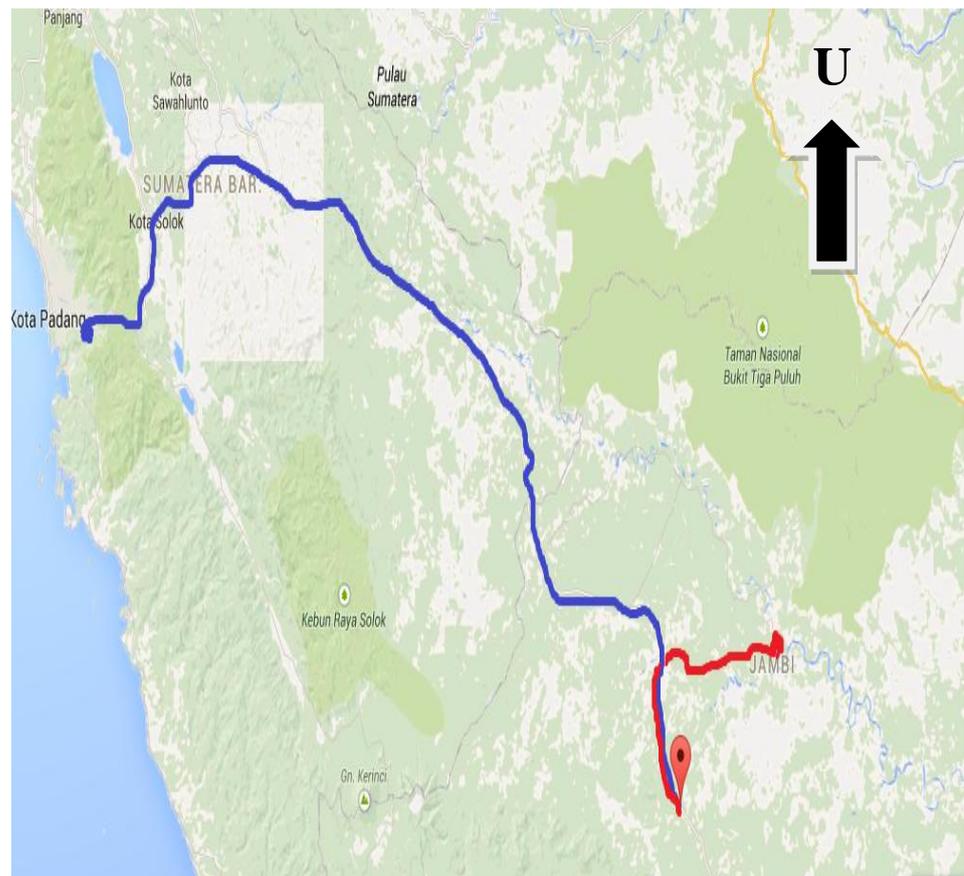
Secara administratif wilayah Izin Usaha Penambangan (IUP) PT. Khatulistiwa Makmur Persada memiliki luas areal total sebesar 293 Ha. Dimana IUP milik PT. Khatulistiwa Makmur Persada sebesar 120 Ha dan IUP PT. Altra yang sekarang diambil alih oleh PT. Khatulistiwa Makmur Persada seluas 173 Ha. IUP tersebut termasuk ke dalam wilayah Desa Sungai Beringin, Kecamatan Pelepat, Kabupaten Bungo, Propinsi Jambi. Secara geografis daerah ini terletak antara $1^{\circ} 43' 4,86''$ LS- $1^{\circ} 43' 18,81''$ LS dan $102^{\circ} 07' 2,40''$ BT- $102^{\circ} 07' 5,80''$ BT.

b. Kesampaian Daerah

PT. Khatulistiwa Makmur Persada dapat ditempuh melalui 2 rute utama menuju kota Muara Bungo dengan menggunakan bus: Dari Padang kearah Muara Bungo melalui Solok dan Darmasraya dengan jarak tempuh 310 km dan jarak tempuh sekitar 6-7 jam.

Dari Jambi, Bandar Udara Sultan Thaha kearah Muaro Bungo dengan jarak tempuh 290 km dengan waktu tempuh 5 jam.

Dari Kota Muara Bungo yang merupakan Ibukota Kabupaten Bungo, maka daerah penambangan ini bisa dicapai melalui jalan aspal ke arah Bangko (jalan lintas Sumatra tengah) sekitar 26 km, kemudian melalui jalan desa dari simpang posko polisi (PT. Rudi Split) ke desa Rantau Kelayang sejauh 3 km, selanjutnya dari desa Rantau Kelayang menuju ke kantor PT. Khatulistiwa Makmur Persada sejauh 8 km seperti terlihat pada gambar 1 di bawah ini.



Gambar 1. Kesampaian daerah PT. Khatulistiwa Makmur Persada

3. Geologi Regional

a. Topografi

Secara umum di sekitar lokasi penambangan mempunyai topografi berupa daerah perbukitan dan rawa-rawa dengan ketinggian menerus dari barat ke timur dengan daerah landai menempati sisi bagian utara dan selatan, yaitu daerah yang diapit oleh 2 danau yang merupakan areal bekas tambang. Di sisi barat juga terdapat aliran sungai beringin yang berujung ke sungai batang pelepat, ketinggian rata-rata daerah tambang ± 50 m dari permukaan laut.

b. Struktur Geologi

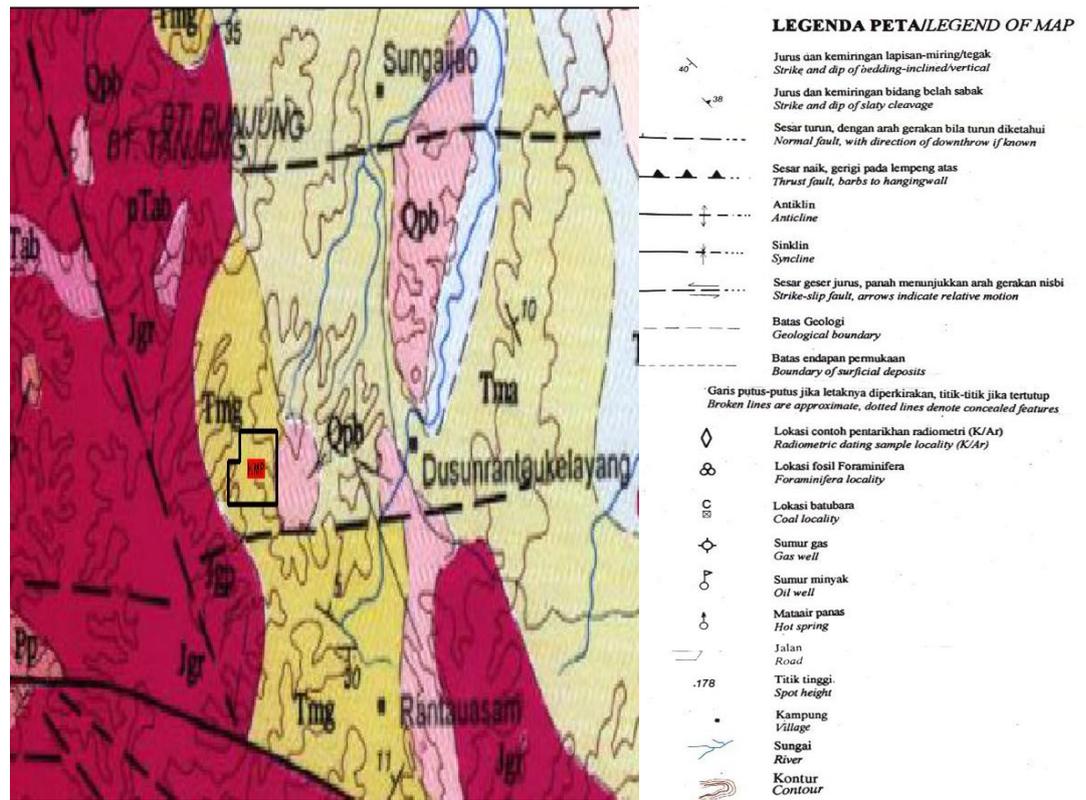
Struktur geologi regional pulau Sumatra merupakan bagian dari pola struktur geologi yang dikontrol oleh pergerakan lempeng samudra Hindia-Australia. Salah satu pengaruh dari tumbukan itu adalah terbentuknya cekungan-cekungan di pulau Sumatera dengan zona penekungan yang masih aktif terletak dibagian barat pulau Sumatera.

Cekungan Sumbagsel merupakan salah satu dari cekungan yang terbentuk dimana klasifikasi tektonik cekungan di Indonesia termasuk cekungan belakang. Selama zaman tersier paparan Sunda mengalami dua gerak rotasi yang berlawanan arah dengan jarum jam.

Secara garis besar struktur geologi regional meliputi:

- 1) Zona sesar Semangko (sesar Sumatera) yang merupakan hasil tumbukan konvergen antara lempeng samudra Hindia ke arah timur laut dengan Sumatera, akibat timbul gerak *rotasi right lateral* antara lempeng samudra Hindia dan pulau Sumatera.
- 2) Perlipatan dengan arah barat laut tenggara akibat efek pilihan gaya kopel Sesar Semangko.
- 3) Sesar-sesar yang berasosiasi dengan perlipatan dan sesar pra-tercier yang mengalami peremajaan.

Formasi batuan yang terdapat pada daerah penambangan PT. Khatulistiwa Makmur Persada merupakan Formasi Gumai (Tmg), yang terdiri dari batu lempung dan serpih dengan interkalasi batugamping, batulanau, batupasir, batulanau tufaan dan nodul-nodul gampingan. Lingkungan pengendapan adalah laut terbuka yang agak dalam (neritik) pada saat genangan air laut. Formasi gumai berumur Miosen Awal sampai Tengah, seperti terlihat pada gambar 2 dibawah ini.



Sumber: Arsip PT. Khatulistiwa Makmur Persada

Gambar 2. Lembar Geologi IUP PT. Khatulistiwa Makmur Persada

c. Stratigrafi

Dari data hasil eksplorasi lapangan mengindikasikan bahwa pada IUP Khatulistiwa Makmur Persada sebagian besar daerah ini di kontrol oleh arus turbulen, dibuktikan dengan terdapatnya singkapan yang tidak menerus.

Batubara pada daerah penelitian memiliki kualitas yang cukup baik dengan deskripsi megaskopis sebagai berikut: hitam kusam-hitam opak, belahan membata, kilap kusam-luster, cleat 1–3 mm terisi getah damar dan pirit.

Struktur geologi pada IUP Khatulistiwa Makmur Persada ini didominasi oleh struktur lipatan baik sinklin maupun antiklin. Hal ini disebabkan sebagian besar batumannya didominasi oleh batulempung yang relative lunak sehingga ketika ada tegasan maka batuan akan terlipat bukan patah. Kemudian juga terdapat sesar-sesar minor.

Stratigrafi pada IUP Khatulistiwa Makmur Persada, dari muda ke tua yaitu pada permukaan terdapat *soil* atau lapisan tanah berumur resen, kemudian di bawahnya endapan alluvial muda yang berisi lapukan batuan asal serta kerikil-kerikil kuarsa hasil transportasi, lalu di bawahnya batulempung putih kemerahan yang bersifat lunak, batulempung abu-abu, batu pasir halus sampai kasar, batulempung bersifat lanauan, batulanau coklat-hitam(*blacksilt*), batubara, batulanau hitam, batulanau pasiran, dan batupasir lanauan seperti terlihat pada log bor gambar 3 dibawah ini.

		PT. K.M.P <i>Geology and Exploration Division</i>		Bore Hole ID : H003 PIT : harmaini Northing : Easting : Date : 13-14/ 12 - 2014	
PT. Khatulistiwa Mitra Persada Elevation		Geologist : MARHAT Master Drill : hermanto			
Depth (m)	Thickness (m)	Lithology	DESCRIPTION		
0,00					
1,75	1,75		Soil	Redish brown, roots, clay minerals	
2,30	0,55		Mudstone	Brownies grey, clay minerals	
2,80	0,50		Mudstone	Light grey, clay minerals	
3,35	0,55		Sandclay	grey, med grain, hard, med sorted, qz minerals, clays	
6,10	2,75		Mudstone	Brownies grey, clay minerals	
7,50	1,40		Sandclays	grey, fine grain, hard, med sorted, qz minerals,clays	
9,65	2,15		Mudstone	Brownies grey, clay minerals	
10,10	0,45		Coally Shalle	Black, dull, carbonaceous, laminated, clay minerals	
11,40	1,30		Sandyclays	grey, med grain, hard, med sorted, qz minerals,clays	
11,55	0,15		Coally Shalle	Black, dull, carbonaceous, laminated, clay minerals	
11,70	0,15		COAL	Black, bright minor dull,	
12,05	0,35		Coally Shalle	Black, dull, carbonaceous, laminated, clay minerals	
19,05	7,00		Mudstone	Brownies grey, clay minerals	
19,65	0,60		Sandstone	grey, fine grain, hard, med sorted, qz minerals	
20,15	0,50		COAL	Black, bright minor dull,	
20,30	0,15		Coally Shalle	Black, dull, carbonaceous, laminated, clay minerals	
21,80	1,50		COAL	Black, bright minor dull,	
22,05	0,25		Coally Shalle	Black, dull, carbonaceous, laminated, clay minerals	
22,50	0,45		COAL	coklate, brittle minor dull, concolidal, massive	
23,65	1,15		Coally Shalle	Black, dull, carbonaceous, laminated, clay minerals	
25,95	2,30		Sandstone	grey, fine grain, hard, med sorted, qz minerals	
27,15	1,20		Mudstone	Light grey, clay minerals	

Sumber: Arsip PT. Khatulistiwa Makmur Persada

Gambar 3. Log Lithology *Bore Hole* H003 pada Pit 3 PT.

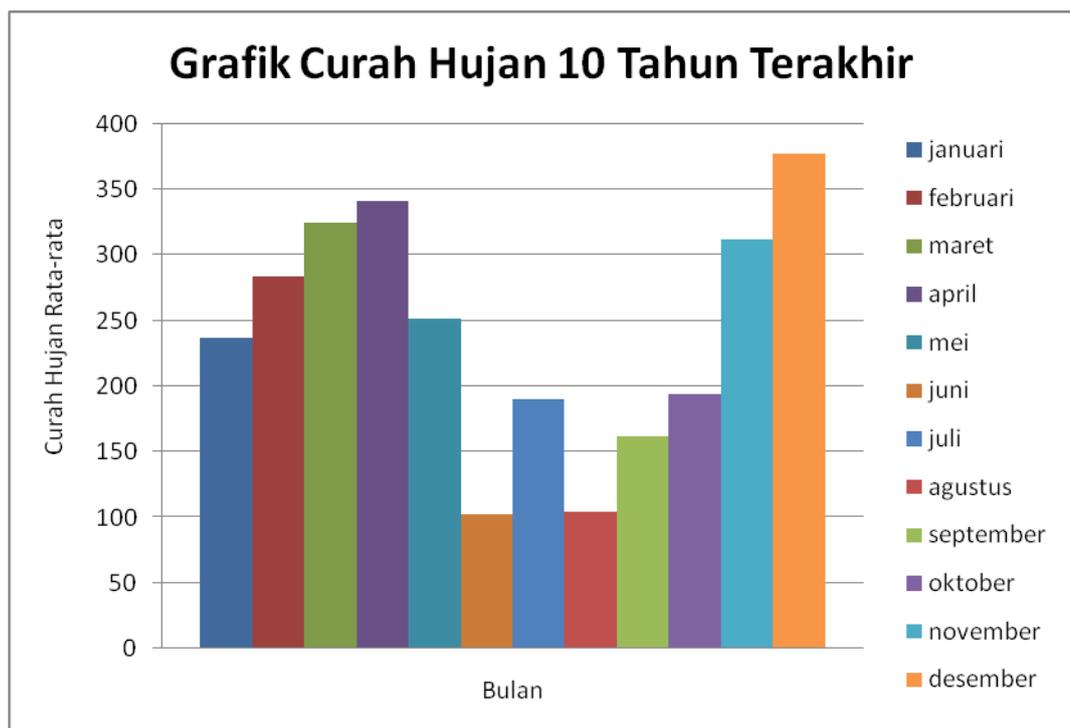
Khatulistiwa Makmur Persada

d. Iklim dan Curah Hujan

Daerah Terusan dan sekitarnya beriklim tropis dengan suhu minimum 23°C dan suhu maksimum 34°C. Antara bulan Desember

sampai dengan bulan Maret, angin yang bertiup dari arah Timur Laut membawa uap air hingga mengakibatkan terjadinya hujan. Sedangkan musim kemarau berlangsung antara bulan Mei sampai dengan bulan Desember karena adanya angin yang bertiup dari arah Barat Daya melalui pegunungan Bukit Barisan yang membawa angin kering.

Berdasarkan pendataan curah hujan yang didapat pada IUP PT. Khatulistiwa Makmur Persada curah hujan rata-rata per tahun di daerah tersebut berkisar 2881,1 mm/tahun seperti terlihat pada gambar 4 di bawah ini.



Gambar 4. Grafik Curah Hujan Rata-Rata 10 Tahun Terakhir di IUP PT. Khatulistiwa Makmur Persada

e. Cadangan Batubara

Secara keseluruhan cadangan batu bara yang dimiliki oleh PT. Khatulistiwa Makmur Persada memiliki nilai kalori 6000-7000 kcal/kg dengan sr rata-rata 14 : 1. Dengan total 415523,3 ton batubara yang sudah tertambang \pm 299032,9 ton dan \pm 116490,4 ton belum tertambang seperti terlihat pada tabel 1 berikut.

Tabel 1. Cadangan Batubara PT. Khatulistiwa Makmur Persada

Lokasi	Jumlah cadangan (ton)	Keterangan
Pit 1 kmp	133874,3	Tertambang
Pit 2 kmp	28811,64	Tertambang
Pit 3 kmp	136347	Tertambang
Pit 4 kmp	92800,63	Proses
Pit 3 kmp aks	23689,77	Proses

Sumber : Mineplan PT. Khatulistiwa Makmur Persada

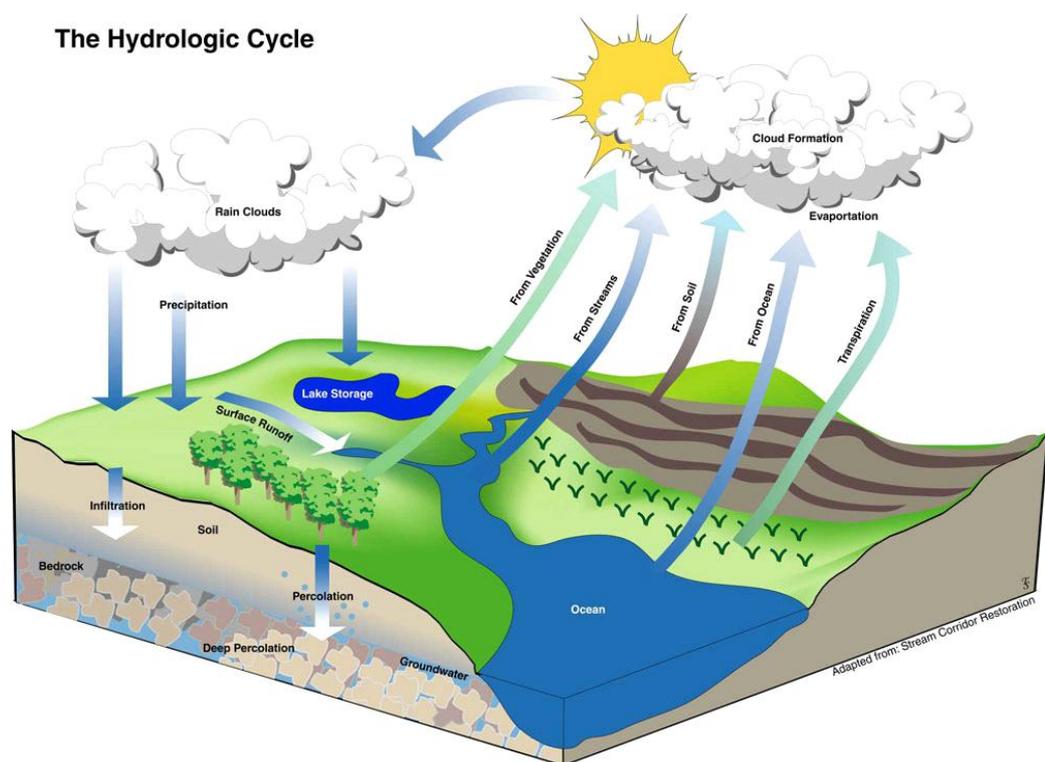
B. Kajian Teori

1. Siklus Hidrologi (*Hydrological Cycle*)

Keberadaan air di bumi mengalami proses alam yang berlanjut dan berputar sehingga membentuk suatu siklus atau daur ulang. Dengan demikian jumlah air yang ada di bumi merupakan satu kesatuan yang utuh dan bersifat tetap. Proses pengurangan dan pengisian kembali sumber-sumber air di bumi dari suatu tempat ke tempat yang lain membutuhkan waktu yang lama dan diatur dalam suatu siklus tertutup yang disebut dengan siklus hidrologi yang melibatkan elemen-elemen:

presipitasi, evaporasi, transpirasi, evapotranspirasi, infiltrasi, dan limpasan di permukaan (*surface run off*).

Proses siklus hidrologi ini bermula dari panas dari matahari yang menguapkan air di permukaan bumi. Uap air akan memasuki atmosfer dan bergerak mengikuti gerakan udara. Beberapa bagian akan mengumpul dan jatuh sebagai hujan dan salju kemudian mengalir kembali ke laut, sebagian daripadanya akan tertinggal di darat. Begitupula hujan yang jatuh ke permukaan akan mengalir ke laut. Siklus ini diperlihatkan pada gambar 5 berikut.



Sumber: <http://sirojubininsan.blogspot.com/2012/03/pengertian-siklus-hidrologi-dan.html>

Gambar 5. Siklus Hidrologi

2. Metode 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 (*Rudi Sayoga Gautama, 1999, hal. 28*). Upaya ini dimaksudkan untuk mencegah terganggunya aktivitas penambangan akibat adanya air dalam jumlah yang berlebihan, terutama pada musim hujan. Selain itu, sistem penyaliran tambang ini juga dimaksudkan untuk memperlambat kerusakan alat serta mempertahankan kondisi kerja yang aman, sehingga alat-alat mekanis yang digunakan pada daerah tersebut mempunyai umur yang lama.

Sumber air yang masuk ke lokasi penambangan, dapat berasal dari air permukaan tanah maupun air bawah tanah. air permukaan tanah merupakan air yang terdapat dan mengalir di permukaan tanah. Jenis air ini meliputi, air limpasan permukaan, air sungai, rawa atau danau yang terdapat di daerah tersebut, air buangan (limbah), dan mata air. Sedangkan air bawah tanah merupakan air yang terdapat dan mengalir di bawah permukaan tanah. Jenis air ini meliputi air tanah dan air rembesan. Penanganan masalah air dalam suatu tambang terbuka dapat dibedakan menjadi dua yaitu :

a) *Mine Drainage*

Merupakan upaya untuk mencegah masuknya air ke daerah penambangan (*Rudi Sayoga Gautama, 1999, hal. 28*). Hal ini umumnya dilakukan untuk penanganan air tanah dan air yang berasal dari air permukaan. Beberapa metode *Mine drainage* :

1) Metode *Siemens*

Pada tiap jenjang dari kegiatan penambangan dibuat lubang bor kemudian ke dalam lubang bor dimasukkan pipa dan disetiap bawah pipa tersebut diberi lubang-lubang. Bagian ujung ini masuk ke dalam lapisan akuifer, sehingga air tanah terkumpul pada bagian ini dan selanjutnya dipompa ke atas dan dibuang ke luar daerah penambangan.

2) Metode Pemompaan Dalam (*Deep Well Pump*)

Metode ini digunakan untuk material yang mempunyai permeabilitas rendah dan jenjang tinggi. Dalam metode ini dibuat lubang bor kemudian dimasukkan pompa ke dalam lubang bor dan pompa akan bekerja secara otomatis jika tercelup air. Kedalaman lubang bor 50 - 60 meter.

3) Metode Elektro Osmosis

Pada metode ini digunakan batang anoda serta katoda. Bilamana elemen-elemen dialiri arus listrik maka air akan terurai, H⁺ pada katoda (disumur besar) dinetralisir menjadi air dan terkumpul pada sumur lalu dihisap dengan pompa.

4) *Small Pipe with Vacuum Pump*

Cara ini diterapkan pada lapisan batuan yang impermiabel (jumlah air sedikit) dengan membuat lubang bor. Kemudian di masukkan pipa yang ujung bawahnya diberi lubang-lubang. Antara pipa isap dengan dinding lubang bor diberi kerikil-kerikil kasar (berfungsi sebagai penyaring kotoran) dengan diameter kerikil lebih besar dari diameter lubang. Di bagian atas antara pipa dan lubang bor di sumbat supaya saat ada isapan pompa, rongga antara pipa lubang bor kedap udara sehingga air akan terserap ke dalam lubang bor.

5) *Metoda Pemotongan/Penggalian Airtanah*

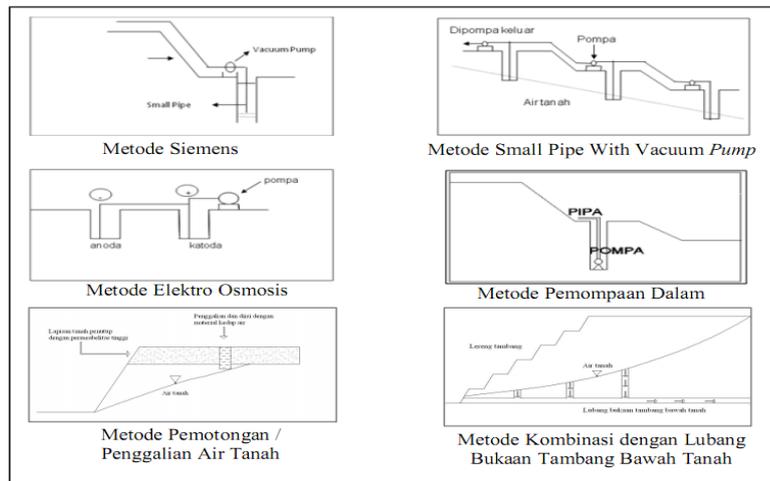
Metoda ini digunakan untuk mengatasi air tanah dimana lapisan akuifernya terletak pada permukaan atau pada lapisan atas. Cara ini dilakukan dengan menggali/memotong lapisan akuifer tersebut, sehingga air tanah tidak menerus kedalam pit, kemudian bekas galian diisi dengan material yang kedap air.

6) *Metoda Kombinasi dengan Lubang Bukaam Tambang Bawah Tanah*

Metoda ini dilakukan dengan membuat lubang bukaam tambang bawah tanah secara mendatar, kemudian pada lubang bukaam mendatar tersebut dibuat lubang bukaam secara vertikal keatas menembus lapisan akuifer untuk menurunkan muka air

tanah. Air akan mengalir secara gravitasi sehingga tidak dibutuhkan pemompaan.

Untuk lebih jelasnya tentang keenam metoda *mine drainage* ini dapat dilihat pada gambar 6 berikut.



Sumber: Rudi Sayoga Gautama, 1999, hal. 30

Gambar 6. Bentuk-Bentuk Metode *Mine Drainage*

b) *Mine Dewatering*

Merupakan upaya untuk mengeluarkan air yang telah masuk ke daerah penambangan (Rudi Sayoga Gautama, 1999, hal. 28). Upaya ini terutama untuk menangani air yang berasal dari air hujan. Beberapa metode *mine dewatering* adalah sebagai berikut:

1) Sistem Kolam Terbuka

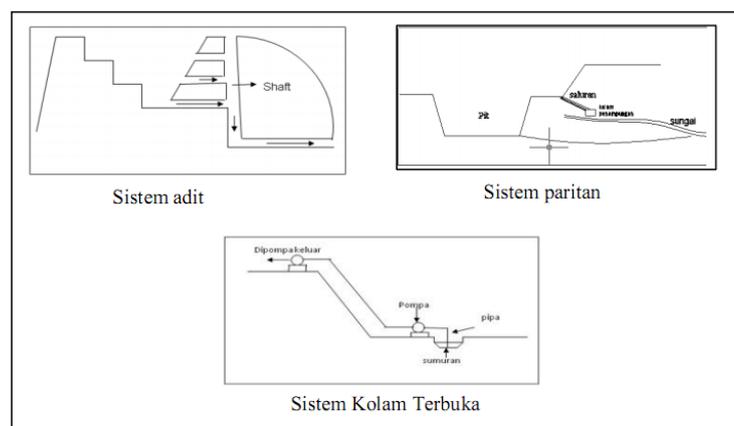
Sistem ini diterapkan untuk membuang air yang telah masuk ke daerah penambangan. Air dikumpulkan pada sumur (*sump*), kemudian di pompa keluar dan pemasangan jumlah pompa tergantung kedalaman penggalian.

2) Cara Paritan

Penyaliran dengan cara paritan ini merupakan cara yang paling mudah, yaitu dengan pembuatan paritan (saluran) pada lokasi penambangan. Pembuatan parit ini bertujuan untuk menampung air limpasan yang menuju lokasi penambangan. Air limpasan akan masuk ke saluran-saluran yang kemudian di alirkan ke suatu kolam penampung atau di buang langsung ke tempat pembuangan dengan memanfaatkan gaya gravitasi.

3) Sistem Adit

Cara ini biasanya digunakan untuk pembuangan air pada tambang terbuka yang mempunyai banyak jenjang. Saluran horisontal yang dibuat dari tempat kerja menembus ke shaft yang dibuat di sisi bukit untuk pembuangan air yang masuk ke dalam tempat kerja. Pembuangan dengan sistem ini biasanya mahal, disebabkan oleh biaya pembuatan saluran horisontal tersebut dan shaft.



Sumber: Rudi Sayoga Gautama, 1999, hal. 32

Gambar 7. Bentuk-Bentuk Metode *Mine Dewatering*

3. Faktor-Faktor Penting dalam Sistem Penyaliran Tambang

Faktor-faktor yang harus dipertimbangkan dalam merancang sistem penyaliran pada tambang terbuka adalah:

a. Curah Hujan

Hujan merupakan air yang jatuh ke permukaan bumi dan merupakan uap air di atmosfer yang terkondensasi dan jatuh dalam bentuk tetesan air. Sistem penyaliran tambang dewasa ini lebih ditujukan pada penanganan air permukaan, ini karena air yang masuk ke dalam lokasi tambang sebagian besar adalah air hujan.

Air tambang akan ditampung dalam sumuran (*sump*), selanjutnya dikeluarkan dengan pompa melalui jalur pemipaan ke kolam pengendapan (*Settling Pond*). Air limpasannya (*overflow*) akan dibuang atau dialirkan ke luar lokasi tambang atau ke sungai terdekat dan lumpur endapannya (*underflow*) dibersihkan secara berkala.

Curah hujan adalah jumlah atau volume air hujan yang jatuh pada satu satuan luas tertentu, dinyatakan dalam satuan mm. 1 mm berarti pada luasan 1 m² jumlah air hujan yang jatuh sebanyak 1 Liter. Sumber utama air permukaan pada suatu tambang terbuka adalah air hujan.

Curah hujan merupakan salah satu faktor penting dalam suatu sistem penyaliran, karena besar kecilnya curah hujan akan mempengaruhi besar kecilnya air tambang yang harus diatasi. Besar

curah hujan dapat dinyatakan sebagai volume air hujan yang jatuh pada suatu areal tertentu, oleh karena itu besarnya curah hujan dapat dinyatakan dalam meter kubik per satuan luas, secara umum dinyatakan dalam tinggi air (mm). Pengamatan curah hujan dilakukan oleh alat penakar curah hujan.

Pengolahan data curah hujan dimaksudkan untuk mendapatkan data curah hujan yang siap pakai untuk suatu perencanaan sistem penyaliran. Pengolahan data ini dapat dilakukan dengan beberapa metode, salah satunya adalah metode Gumbel, yaitu suatu metode yang didasarkan atas distribusi normal (distribusi harga ekstrim). Gumbel beranggapan bahwa distribusi variabel-variabel hidrologis tidak terbatas, sehingga harus digunakan distribusi dari harga-harga yang terbesar (*Rudi Sayoga Gautama, 1999, hal. 8*). Persamaan Gumbel tersebut adalah sebagai berikut:

$$X_r = \bar{X} + \frac{S_x}{S_n} (Y_t - Y_n)$$

Keterangan :

X_r = hujan harian maksimum dengan periode ulang tertentu (mm)

\bar{X} = curah hujan rata-rata (mm)

S_x = standar deviasi nilai curah hujan dari data

S_n = standar deviasi dari reduksi varian, (n)

Y_t = nilai reduksi variat dari variabel yang diharapkan terjadi pada periode ulang hujan (PUH)

Y_n = nilai rata-rata dari reduksi variat, tergantung dari jumlah data

Dari perumusan distribusi Gumbel di atas, hanya harga curah hujan rata-rata dan standar deviasi nilai curah hujan yang diperoleh dari hasil pengolahan data. Sedangkan harga-harga selain itu diperoleh dari tabel tetapan, dalam hubungannya dengan jumlah data dan periode ulang hujan.

b. Periode Ulang Hujan

Curah hujan biasanya terjadi menurut pola tertentu dimana curah hujan biasanya akan berulang pada suatu periode tertentu, yang dikenal dengan Periode Ulang Hujan. Periode ulang hujan adalah periode (tahun) dimana suatu hujan dengan tinggi intensitas yang sama kemungkinan bisa terjadi lagi. Kemungkinan terjadinya adalah satu kali dalam batas periode (tahun) ulang yang ditetapkan. Penetapan periode ulang hujan sebenarnya lebih ditekankan pada masalah kebijakan dan resiko yang perlu diambil sesuai dengan perencanaan. Acuan untuk menentukan periode ulang hujan (PUH) dapat dilihat pada tabel 2 berikut ini.

Tabel 2. Periode Ulang Hujan Rencana

Keterangan	Periode Ulang Hujan
Daerah Terbuka	0.5
Sarana Tambang	2-5
Lereng-lereng Tambang dan Penimbunan	5-10
Sumuran Utama	10-25
Penyaliran Keliling Tambang	25
Pemindahan Aliran Sungai	100

Sumber: Anonim, Sistem Pengeringan Tambang PT.BA, hal, 12

c. Intensitas Curah Hujan (I)

Intensitas curah hujan adalah jumlah hujan per satuan waktu yang relatif singkat, biasanya satuan yang digunakan adalah mm/jam. Intensitas curah hujan ditentukan berdasarkan rumus *mononobe* (*Drainase Perkotaan, Universitas Gunadarma, 1997 hal. 20*).

$$I = \frac{R_{24}}{24} \left(\frac{24}{t_c} \right)^{\frac{2}{3}}$$

Keterangan :

I = Intensitas curah hujan (mm/jam)

t_c = Lama waktu hujan atau waktu konstan (jam)

R₂₄ = Curah hujan maksimum (mm).

Untuk waktu konsentrasi ditentukan dengan menentukan titik terjauh pada daerah aliran ke titik kontrol yang ditentukan di bagian hilir suatu saluran. Rumus empiris yang dipakai untuk menentukan waktu konsentrasi yaitu rumus *Kirpich*.

$$T_c = 0,0195 \times L^{0,77} \times S^{-0,385}$$

Keterangan:

T_c = waktu konsentrasi (menit)

L = Jarak Terjauh dalam daerah Pengaliran

S = Kemiringan (slope) = H/L

H = Selisih ketinggian tempat (m)

Keadaan intensitas hujan diklasifikasikan menjadi beberapa keadaan hujan. Klasifikasi tersebut dapat dilihat pada tabel 3 berikut ini:

Tabel 3. Keadaan Curah Hujan dan Intensitas Curah Hujan

Keadaan Curah Hujan	Intensitas Curah Hujan		Kondisi
	1 jam	24 jam	
Hujan Sangat Ringan	< 1	< 5	Tanah agak basah.
Hujan Ringan	1-5	5-20	Tanah menjadi basah semuanya.
Hujan Normal	5-10	20-50	Bunyi curah hujan terdengar.
Hujan Lebat	10-20	50-100	Air tergenang diseluruh permukaan tanah dan bunyi keras kedengaran dari genangan.
Hujan Sangat Lebat	>20	>100	Hujan seperti ditumpahkan.

Sumber: Rudi Sayoga Gautama, 1999, hal. 4

d. Daerah Tangkapan Hujan

Daerah tangkapan hujan adalah luasnya permukaan, yang apabila terjadi hujan, maka air hujan tersebut akan mengalir ke daerah yang lebih rendah menuju ke titik pengaliran.

Air yang jatuh ke permukaan, sebagian meresap ke dalam tanah, sebagian ditahan oleh tumbuhan dan sebagian lagi akan mengisi liku-liku permukaan bumi, kemudian mengalir ke tempat yang lebih rendah. Semua air yang mengalir dipermukaan belum tentu menjadi sumber air dari suatu sistem penyaliran. Kondisi ini tergantung dari daerah tangkapan hujan dan dipengaruhi oleh

beberapa faktor, antara lain kondisi topografi, kerapatan vegetasi serta keadaan geologi. Penentuan luas daerah tangkapan hujan berdasarkan pada kontur ketinggian yang membentuk puncak gunung atau bukit, lembah antar gunung atau bukit dan mempertimbangkan arah aliran air serta aliran sungai yang ada di daerah yang akan diteliti.

Setelah daerah tangkapan hujan ditentukan, maka diukur luasnya pada peta kontur, yaitu dengan menarik hubungan dari titik-titik yang tertinggi disekeliling tambang membentuk poligon tertutup, dengan melihat kemungkinan arah mengalirnya air, maka luas dihitung dengan program Autocad. Batas daerah tangkapan hujan di tentukan berdasarkan kontur ketinggian yang membentuk puncak gunung atau bukit, lembah antar gunung atau bukit dan mempertimbangkan alur serta arah aliran sungai yang ada di daerah penelitian.

e. Air Limpasan

Air limpasan adalah bagian dari curah hujan yang mengalir diatas permukaan tanah menuju sungai, danau atau laut. Aliran air tersebut terjadi karena curah hujan yang mencapai permukaan bumi tidak dapat terinfiltrasi, baik yang disebabkan karena intensitas curah hujan atau faktor lain misalnya kelerengan, bentuk dan kekompakan permukaan tanah serta vegetasi.

1) Aspek-Aspek yang Berpengaruh

Curah hujan : curah hujan, intensitas curah hujan dan frekuensi hujan

Tanah : jenis dan bentuk topografi

Tutupan : kepadatan, jenis, dan macam vegetasi

Luas daerah aliran : luas daerah tangkapan hujan yang mengalirkan air limpasan masuk ke bukaan tambang.

2) Perkiraan Debit Air Limpasan

Untuk memperkirakan debit air limpasan maksimal digunakan rumus rasional (*Rudi Sayoga Gautama, 1999, hal. 28*), yaitu:

$$Q = 0,278 \times C \times I \times A$$

Keterangan :

Q = debit air limpasan maksimum (m^3/s)

C = koefisien limpasan

I = Intensitas Curah Hujan (mm/jam)

A = Luas daerah tangkapan hujan (km^2)

Pengaruh rumus ini mengasumsikan bahwa hujan merata diseluruh daerah tangkapan hujan, dengan lama waktu sama dengan waktu konsentrasi (t_c).

3) Koefisien Limpasan

Koefisien limpasan merupakan bilangan yang menunjukkan perbandingan besarnya limpasan permukaan, dengan intensitas curah hujan yang terjadi pada tiap-tiap daerah tangkapan hujan. Koefisien limpasan tiap-tiap daerah berbeda .

Dalam penentuan koefisien limpasan faktor-faktor yang harus diperhatikan adalah :

a) Kerapatan Vegetasi

Daerah dengan vegetasi yang rapat, akan memberikan nilai C yang kecil, karena air hujan yang masuk tidak dapat langsung mengenai tanah, melainkan akan tertahan oleh tumbuh-tumbuhan, sedangkan tanah yang gundul akan memberi nilai C yang besar.

b) Tata Guna Lahan

Lahan persawahan atau rawa-rawa akan memberikan nilai C yang kecil daripada daerah hutan atau perkebunan, karena pada daerah persawahan misalnya padi, air hujan yang jatuh akan tertahan pada petak-petak sawah, sebelum akhirnya menjadi limpasan permukaan.

c) Kemiringan Tanah

Daerah dengan kemiringan yang kecil ($<3\%$), akan memberikan nilai C yang kecil, dari pada daerah dengan kemiringan tanah yang sedang sampai curam untuk keadaan yang sama.

Tabel 4. Beberapa Harga Koefisien Limpasan

No	Kemiringan	Tata Guna Lahan	C
1	Datar <3%	a. Sawah dan rawa	0,2
		b. Hutan dan kebun	0,3
		c. Pemukiman dan taman	0,4
2	Menengah 3% - 5%	a. Hutan dan kebun	0,4
		b. Pemukiman dan taman	0,5
		c. Alang-alang, sedikit tanaman	0,6
		d. Tanah gundul, jalan aspal	0,7
3	Curam >15%	a. Hutan dan kebun	0,6
		b. Pemukiman dan taman	0,7
		c. Alang-sedikit tanaman	0,8
		d. Tanah gundul, jalan aspal, areal penggalian dan penimbunan	0,9

Sumber: Rudi Sayoga Gautama, 1999, hal. 29

4. Saluran Terbuka

Saluran terbuka berfungsi untuk menampung dan mengalirkan air ke tempat pengumpulan (kolam penampungan) atau tempat lain (Rudi Sayoga Gautama 1999, hal 28). Bentuk penampungan saluran, umumnya dipilih berdasarkan debit air, tipe material serta kemudahan dalam pembuatannya. Sumber air utama pada tambang terbuka adalah air hujan, walaupun kadang kontribusi air tanah juga tidak dapat diabaikan dalam menentukan debit air.

Dalam merancang bentuk saluran penyaliran, beberapa hal yang perlu diperhatikan antara lain, dapat mengalirkan debit air yang direncanakan dan mudah dalam penggalian saluran serta tidak lepas dari

penyesuaian dengan bentuk topografi dan jenis tanah. Bentuk dan dimensi saluran juga harus memperhitungkan efektifitas dan ekonomisnya.

Dalam sistem penyaliran itu sendiri terdapat beberapa bentuk penampang penyaliran yang dapat digunakan. Bentuk penampang penyaliran diantaranya bentuk segi empat, bentuk segi tiga dan bentuk trapesium. (Lihat Gambar 8) Beberapa macam penampang saluran :

a. Bentuk Segi Empat

Saluran terbuka berpenampang persegi empat pada umumnya merupakan saluran buatan terutama banyak digunakan untuk saluran drainase di perkotaan atau untuk *flume* (talang untuk jaringan irigasi). Dibanding dengan penampang trapesium, penggunaan saluran berpenampang persegi empat cenderung dihindari karena tebingnya yang tegak (vertikal). Dinding tegak memerlukan konstruksi yang lebih mahal daripada dinding yang mengikuti garis-garis kemiringan lereng alam tanah dimana saluran ditempatkan.

Lebar permukaan saluran (B) dan Lebar dasar saluran (b) = 2d

Luas penampang basah (A) = 2d²

Keliling Basah (P) = 4d

b. Bentuk Segi Tiga

Sudut tengah = 90°

Luas penampang basah (A) = d²

Jari-jari hidrolis (R) $R = \frac{d}{2\sqrt{2}}$

$$\text{Keliling basah (P)} = 2d \cdot \sqrt{2}$$

c. Bentuk Trapesium

Hal ini karena kemiringan tebing dapat disesuaikan dengan kemiringan lereng alam tanah yang ditempatinya. Untuk saluran buatan, factor ekonomis juga menjadi pertimbangan, oleh karena itu juga perlu dicari penampang hidrolis terbaiknya. Dalam menentukan dimensi saluran bentuk trapesium dengan luas maksimum hidrolis, luas penampang basah saluran (A), jari-jari hidrolis (R), kedalaman penampang aliran (d), lebar dasar saluran (b), penampang sisi saluran dari dasar kepermukaan (a), lebar permukaan saluran (B), dan kemiringan dinding saluran (m), mempunyai hubungan yang dapat dinyatakan sebagai berikut :

$$A = b \cdot d + m \cdot d^2$$

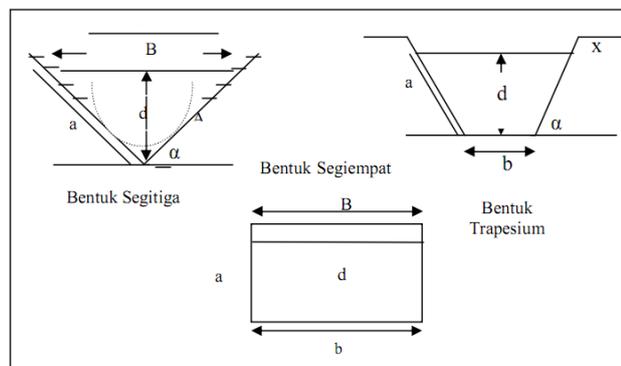
$$R = 0,5 \cdot d$$

$$B = b + 2m \cdot d$$

$$P = b + 2d\sqrt{1 + m^2} = 4.6$$

$$a = d/\sin\alpha$$

Penambahan tinggi jagaan adalah 15% dari d.



Sumber: Rudi Sayoga Gautama, 1999, hal.32

Gambar 8. Bentuk-Bentuk Penampang Saluran

Bentuk penampang saluran yang paling sering digunakan dan umum dipakai adalah bentuk trapesium, sebab mudah dalam pembuatannya, murah efisien dan mudah dalam perawatannya, serta stabilitas kemiringan dindingnya dapat disesuaikan menurut keadaan daerah.

Kemiringan dinding saluran tergantung pada macam material atau bahan yang membentuk tubuh saluran. Kemiringan dinding saluran yang sesuai dengan bahan yang membentuk tubuh saluran selain itu juga tergantung dari kekerasan materialnya dapat dilihat pada tabel 5 dan tabel 6 berikut.

Tabel 5. Kemiringan Dinding Saluran Sesuai Bahan

Bahan Saluran	Kemiringan dinding (m)
-batuan/cadas	-0
-tanah lumpur	0,25
-lempung keras/tanah	0,5-1
-tanah dengan pemasangan batuan	1
-lempung	1,5
-tanah berpasir lepas	2
-lumpur berpasir	3

Sumber: *Drainase perkotaan 1997, hal 77*

Tabel 6. Koefisien Kekerasan Dinding Saluran Menurut *Manning*

Type Dinding Saluran	N
Semen	0,010 – 0,014
Beton	0,011 – 0,016
Bata	0,012 – 0,020
Besi	0,013 – 0,017
Tanah	0,020 – 0,030
Gravel	0,022 – 0,035
Tanah yang ditanam	0,025 – 0,040

Sumber: *Rudi Sayoga Gautama, 1999, hal. 30*

Sedangkan kemiringan dasar saluran, ditentukan dengan pertimbangan bahwa, suatu aliran dapat mengalir secara alamiah tanpa terjadi pengendapan lumpur pada dasar saluran, dimana menurut Pflieger (1968) kemiringan antara 0,25 – 0,5 % sudah cukup untuk mencegah adanya pengendapan lumpur. Dalam hal ini maka harga $S = (0,25 \%)$ yang digunakan sebagai kemiringan dasar saluran terbuka.

Perhitungan kapasitas pengaliran suatu saluran dapat dihitung menggunakan rumus “Manning” (*Drainase perkotaan, 1997, hal. 33*), yaitu :

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

Keterangan :

Q = debit pengaliran maksimum (m³/detik)

A = luas penampang (m²)

S = kemiringan dasar saluran (%)

R = jari-jari hidrolis (meter)

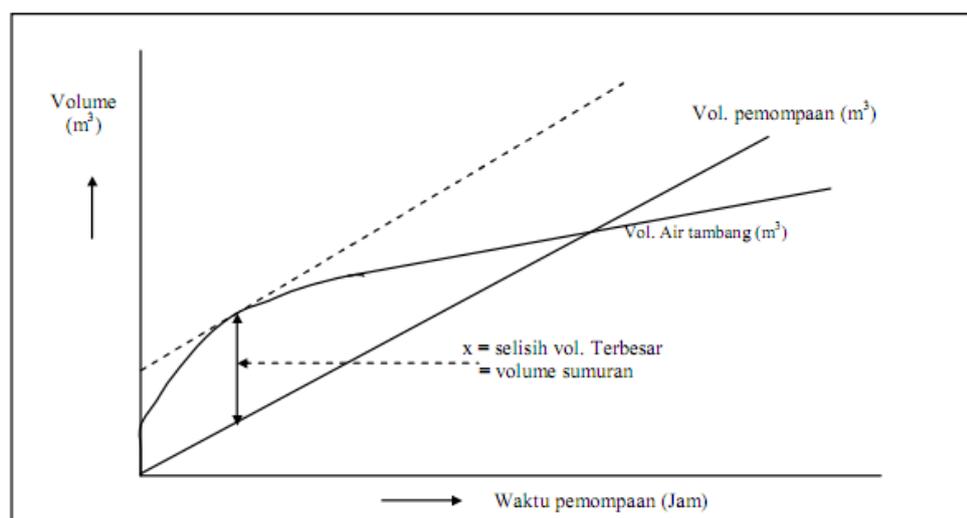
n = koefisien kekerasan dinding saluran menurut *Manning*

5. Sumuran (*Sump*)

Sumuran berfungsi sebagai tempat penampungan air sebelum dipompa keluar tambang. Dengan demikian dimensi sumuran ini sangat tergantung dari jumlah air yang masuk serta keluar dari sumuran. Dalam pelaksanaan kegiatan penambangan biasanya dibuat sumuran sementara yang disesuaikan dengan keadaan kemajuan medan kerja (front)

penambangan. Jumlah air yang masuk kedalam sumuran merupakan jumlah air yang dialirkan oleh saluran-saluran, jumlah limpasan permukaan yang langsung mengalir kesumuran serta curah hujan yang langsung jatuh kesumuran. Sedangkan jumlah air yang keluar dapat dianggap sebagai yang berhasil dipompa, karena penguapan dianggap tidak terlalu berarti. Dengan melakukan optimalisasi antara *input* (masukan) dan *output* (keluaran), maka dapat ditentukan volume dari sumuran.

Dimensi sumuran tambang tergantung pada kuantitas (debit) air limpasan, kapasitas pompa, waktu pemompaan, kondisi lapangan seperti kondisi penggalian terutama pada lantai tambang (*floor*) dan lapisan batubara serta jenis tanah atau batuan di bukaan tambang. Volume sumuran ditentukan dengan menggabungkan grafik intensitas hujan yang dihitung dengan teori Mononobe versus waktu, dan grafik debit pemompaan versus waktu, dapat dilihat pada gambar 9.



Sumber : Anonim, Sistem Pengeringan Tambang PT. BA, hal 36

Gambar 9. Grafik Penentuan Volume Sumuran Air Tambang

Setelah ukuran sumuran diketahui tahap berikutnya adalah menentukan lokasi sumuran pada bukaan tambang (Pit). Pada prinsipnya sumuran diletakkan pada lantai tambang (*Floor*) yang paling rendah, jauh dari aktifitas penggalian batubara, jenjang disekitarnya tidak mudah longsor, dekat dengan kolam pengendapan, dan mudah untuk dibersihkan.

6. Pompa

Pompa berfungsi untuk mengeluarkan air dari tambang. Sesuai dengan prinsip kerjanya.

a. Penentuan debit yang diperlukan

Debit pompa yang diperlukan dapat dihitung setelah jumlah air limpasan diketahui.

b. Julang Pompa (*Head Pump*)

Dalam pemompaan dikenal istilah julang (*head*), yaitu energi yang diperlukan untuk mengalirkan sejumlah air pada kondisi tertentu. Semakin besar debit air yang dipompa, maka *head* juga akan semakin besar. *Head* total pompa untuk mengalirkan sejumlah air seperti yang direncanakan dapat ditentukan dari kondisi instalasi yang akan dilayani oleh pompa tersebut, sehingga julang total pompa dapat dituliskan sebagai berikut (*Sularso dan Haruo Tahara, 1983, hal 26*):

$$H = h_s + h_p + h_f + \frac{v^2}{2g}$$

Keterangan :

H = *head* total pompa (m).

h_s = *head* statis pompa (m).

h_p = beda *head* tekanan pada kedua permukaan air (m).

h_f = *head* untuk mengatasi berbagai hambatan pada pompa dan pipa (m), meliputi *head* gesekan pipa, serta *head* belokan dan lain-lain.

$$\frac{v^2}{2g} = \text{head kecepatan (m)}$$

Perhitungan untuk masing-masing julang pompa (h_s , h_p dan h_f) adalah sebagai berikut :

1) *Head* Statis (h_s)

$$h_s = h_2 - h_1$$

Keterangan :

h_1 = elevasi sisi isap

h_2 = elevasi sisi keluar

2) *Head* Tekanan (h_p)

$$h_s = h_{p1} - h_{p2}$$

Keterangan :

h_{p1} = julang tekanan pada sisi isap

h_{p2} = julang tekanan pada sisi keluar

3) *Head* Gesekan (h_{f1})

$$h_{f1} = f \frac{Lv^2}{2Dg}$$

Keterangan :

f = koefisien gesek (tanpa satuan)

v = kecepatan aliran dalam pipa (m/detik)

L = panjang pipa (m)

D = diameter pipa (m)

g = kecepatan gravitasi bumi (m/detik²)

4) *Head* Belokan (h_{f2})

$$h_{f2} = k \frac{v^2}{2g}$$

Keterangan :

k = koefisien kerugian pada belokan

$$k = \left[0,131 + 1,847 \left(\frac{D}{2R} \right)^{3,5} \right] \left(\frac{\theta}{90} \right)^{0,5}$$

Keterangan :

v = Kecepatan aliran dalam pipa (m/detik)

g = Kecepatan gravitasi bumi (m/s²)

R = jari-jari lengkung belokan (m)

θ = sudut belokan pipa

7. Kolam Pengendapan Lumpur

Kolam pengendapan adalah kolam yang dibuat untuk menampung dan mengendapkan air limpasan yang berasal dari daerah penambangan maupun daerah sekitar penambangan (*Anonim, Sistem Pengeringan Tambang PT. BA, 2002, hal. 63*). Setelah material padatan yang dibawa

oleh air berhasil diendapkan maka air akan dialirkan menuju saluran alami seperti sungai, maupun danau. Selain sebagai tempat pengendapan lumpur, kolam pengendapan juga dapat berfungsi sebagai tempat pengontrol kualitas dari air yang akan dialirkan keluar kolam pengendapan, baik itu kandungan materialnya, tingkat keasaman ataupun kandungan material lain yang dapat membahayakan lingkungan. Dengan adanya kolam pengendapan diharapkan semua air yang keluar dari daerah penambangan benar-benar air yang sudah memenuhi ambang batas yang diijinkan, sehingga nantinya dapat mengurangi dampak pencemaran lingkungan dari kegiatan penambangan.

a. Bentuk Kolam Pengendapan

Bentuk kolam pengendapan dapat bermacam-macam, disesuaikan dengan keperluan dan keadaan lapangan, namun secara sederhana kolam pengendapan dibuat berbentuk persegi panjang. Pada kolam pengendapan yang terpenting adalah adanya 4 zona penting yang membantu dalam proses pengendapan material padatan. Keempat zona tersebut adalah (*Anonim, Sistem Pengeringan Tambang PT. BA, 2002 hal. 64*):

1) Zona Masukan

Zona masukan adalah tempat masuknya aliran air berlumpur kedalam kolam pengendapan dengan anggapan campuran antara padatan dan cairan terdistribusi secara merata.

2) Zona Pengendapan

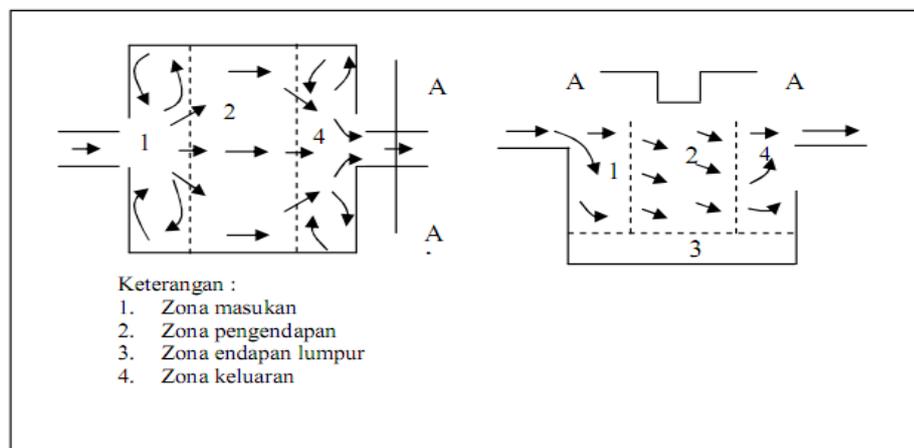
Tempat dimana partikel akan mengendap, material padatan disini akan mengalami proses pengendapan disepanjang saluran masing-masing cek dam.

3) Zona Endapan Lumpur

Tempat dimana partikel padatan dalam cairan mengalami sedimentasi dan terkumpul pada bagian bawah saluran pengendap.

4) Zona Keluaran

Tempat keluarnya buangan cairan yang relative bersih, zone ini terletak pada akhir saluran.



Sumber: Anonim, *Sistem Pengeringan Tambang*, 2002, hal 67

Gambar 10. Zona-Zona dalam Kolam Pengendapan

b. Ukuran Kolam Pengendapan

Luas kolam pengendapan dapat dihitung dengan menggunakan rumus (Anonim, *Sistem Pengeringan Tambang PT. BA*, 2002, hal. 69):

$$A = Q_{\text{total}}/v$$

Keterangan :

A = Luas kolam pengendapan (m²)

Q total = Debit air yang masuk kolam pengendapan (m³/s)

v = Kecepatan pengendapan (m/s)

Kecepatan pengendapan dapat dihitung dengan menggunakan hukum “Stokes” dan hukum “Newton”. Hukum “Stokes” berlaku bila padatnya kurang dari 40%, sedangkan bila lebih persen padatan lebih dari 40% berlaku hukum “Newton”

Hukum Stokes (*Anonim, Sistem Pengeringan Tambang PT. BA, 2002, hal. 81*) :

$$V = \frac{g D^2 (\rho_p - \rho_a)}{18m}$$

Keterangan :

V = kecepatan pengendapan partikel (m/detik)

g = percepatan gravitasi (m/detik²)

ρ_p = berat jenis partikel padatan

ρ_a = berat jenis air (kg/m³)

m = kekentalan dinamik air (kg/mdetik)

D = diameter partikel padatan (m)

Hukum Newton (*Anonim, Sistem Pengeringan Tambang PT. BA, 2002, hal. 81*) :

$$V = \left\{ \frac{4g D (\rho_p - \rho_a)}{3 F g \rho_a} \right\}^{0,5}$$

Keterangan :

V = kecepatan pengendapan partikel (m/detik)

g = percepatan gravitasi (m/detik²)

ρ_p = berat jenis partikel padatan

ρ_a = berat jenis air (kg/m³)

D = diameter partikel padatan (m)

F_g = nilai koefisien tahanan

Sedangkan untuk menentukan dimensi dari kolam pengendapan, seperti panjang, lebar dan kedalaman ditentukan dengan melihat spesifikasi alat yang digunakan untuk merawat kolam pengendapan tersebut.

c. Persentase Pengendapan

Perhitungan Presentase pengendapan ini bertujuan untuk mengetahui apakah kolam pengendapan yang akan dibuat dapat berfungsi untuk mengendapkan partikel padatan yang terkandung dalam air limpasan tambang.

Waktu yang dibutuhkan oleh partikel untuk mengendap dengan kecepatan ($v = \text{m/s}$) sejauh (h) adalah (*Anonim, Sistem Pengeringan Tambang PT. BA, 2002, hal. 85*) :

$$t_v = h/v \text{ (s)}$$

Keterangan :

t_v = waktu pengendapan partikel (menit)

v = kecepatan pengendapan partikel (m/s)

h = Kedalaman Saluran (m)

Jika :

$$v_h = \frac{Q_{total}}{A}$$

Keterangan :

V_h =kecepatan mendatar partikel (m/detik)

Q_{total} =Debit aliran yang masuk ke kolam pengendapan(
m³/detik)

A = Luas permukaan saluran (m²)

Waktu yang dibutuhkan partikel untuk keluar dari kolam pengendapan dengan kecepatan v_h adalah :

$$t_h = P/v_h \text{ (detik)}$$

Keterangan :

P = Panjang kolam pengendapan

Dalam proses pengendapan ini partikel mampu mengendap dengan baik jika t_v tidak lebih besar dari t_h . Sebab, jika waktu yang diperlukan untuk mengendap lebih kecil dari waktu yang diperlukan untuk mengalir ke luar kolam atau dengan kata lain proses pengendapan lebih cepat dari aliran air maka proses pengendapan dapat terjadi. Prosentase pengendapan, yaitu (*Anonim, Sistem Pengeringan Tambang PT. BA, 2002, hal. 83*):

$$= \frac{\text{waktu yang dibutuhkan air keluar}}{(\text{waktu yang dibutuhkan air keluar} + \text{waktu pengendapan})} \times 100\%$$

Dari perumusan di atas, dapat disimpulkan bahwa semakin besar ukuran partikel maka semakin cepat proses pengendapan serta semakin besar pula prosentase partikel yang berhasil diendapkan.

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

A. Kesimpulan

Dari hasil penelitian dan pembahasan maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut :

1. Untuk *mine drainage* dibuat saluran berbentuk trapesium dengan sudut kemiringan talud 1 : 1,5 dengan geometri masing-masing saluran sebagai berikut :

Saluran	Lebar dasar saluran (b) (meter)	Lebar permukaan saluran (B) (meter)	Kedalaman saluran (h) (meter)	Kedalaman Aliran (d) (meter)
1	0,25	0,7	0,16	0,14
2	0,45	1	0,3	0,24
3	0,6	1,5	0,4	0,534

2. Pompa yang digunakan dalam pemompaan merupakan pompa rakitan dengan debit 79,66 m³/jam dan *head* 15,43 m, dan untuk perencanaan pemompaan dibutuhkan 3 unit pompa dengan debit yang sama untuk memompakan air yang berada pada *sump* rencana.
3. Untuk *mine dewatering* direncanakan sumuran (*sump*) yang dibuat berbentuk persegi panjang dengan volume 2400 m³ dan dengan dimensi:

$$\text{Panjang atas (P1)} = 20 \text{ m} \qquad \text{Lebar bawah (L2)} = 15 \text{ m}$$

$$\text{Panjang bawah (P2)} = 20 \text{ m} \qquad \text{Tinggi sump (h)} = 8 \text{ m}$$

$$\text{Lebar atas (L1)} = 15 \text{ m}$$

4. Dimensi *settling pond* yang akan direncanakan memiliki volume 3.888,5 m³. Dengan kecepatan pengendapan rencana dari padatan yang berupa *clay* $3,05 \times 10^{-3}$ m/s, sehingga waktu yang dibutuhkan partikel untuk mengendap adalah 0,31 jam dan waktu yang dibutuhkan air untuk keluar dari kolam pengendapan adalah 0,7 jam.

B. Saran

1. Perlu dilakukan penelitian hidrogeologi agar didapat data untuk perencanaan system penyaliran tambang yang lebih baik.
2. Perlu dilakukan penimbunan secara merata di sepanjang pinggiran danau untuk memperkecil rembesan air tanah.

DAFTAR PUSTAKA

- Anonim. (2002). *Sistem Pengeringan Tambang*. PT. Tambang Batubara Bukit Asam
- Rudi Sayoga. (1999). *System Penyaliran Tambang*. Bandung : Institut Teknologi Bandung
- Soemarto, CD. (1995). *Hidrologi Teknik*. Jakarta : Erlangga
- Sularso & Tahara, H. (2006). *Pompa dan Kompresor*. Jakarta : PT Pradnya Pramita
- Tamrin Kasim. (2009). *Bahan Kuliah Sistem Penyaliran Tambang*. Padang : Universitas Negeri Padang