

**EVALUASI UNIT POMPA TERHADAP VOLUME AIR
YANG MASUK DAN TARGET PEMOMPAAN *SUMP
PIT* III TIMUR BANKO BARAT PT BUKIT ASAM Tbk
TANJUNG ENIM KABUPATEN MUARA ENIM
PROVINSI SUMATERA SELATAN**

SKRIPSI

**Sebagai Salah Satu Persyaratan
Memperoleh Gelar Sarjana Strata I
Pada Jurusan Teknik Pertambangan**



OLEH :

**CHARLES MARTUA SAMOSIR
DBD 114 097**

**KEMENTERIAN PENDIDIKAN, KEBUDAYAAN, RISET DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS PALANGKARAYA
FAKULTAS TEKNIK
JURUSAN/PROGRAM STUDI TEKNIK PERTAMBANGAN
2021**

SURAT PERNYATAAN BEBAS PLAGIARISME

Saya yang bertanda tangan di bawah ini :

NAMA : CHARLES MARTUA SAMOSIR

NIM : DBD 114 097

JURUSAN : TEKNIK PERTAMBANGAN

Menyatakan bahwa penyusunan Skripsi ini adalah hasil penelitian saya sendiri, terkecuali kutipan-kutipan yang telah saya jelaskan sumbernya di daftar pustaka. Apabila terdapat pelanggaran dalam Penulisan dan Penyusunan Skripsi ini, saya bersedia untuk menerima sanksi sesuai aturan dan ketentuan yang berlaku.

Demikian pernyataan ini saya buat dalam keadaan sehat, sadar tanpa ada tekanan dan paksaan dari siapa pun.

Palangka Raya, Juli 2021

Penulis,

CHARLES M. SAMOSIR

NIM. DBD 114 097

HALAMAN PERSEMBAHAN

← ..Sebuah awal dari perjuangan untuk menggapai masa depan... →

Untuk yang pertama Skripsi ini ku persembahkan kepada Almarhum **Bapa** juga buat **Mama, Jonggi, Tina** dan Siampudan kami **Nael**. Bersyukur memiliki kalian yang tetap memberikan semangat dan tak pernah berhenti percaya bahwa aku bisa.

Dan juga terimakasih yang teramat dalam untuk kamu yang selalu menemani dan mensupport bahkan disaat terendah sekalipun sehingga Skripsi ini dapat ku selesaikan. **FWB**

Begitu juga dengan sahabat-sahabat **Joorox Squad** yang bukan hanya memberikan semangat, bahkan sampai menjemput kerumah. Teman disaat senang mudah dicari, tapi kalian ada meskipun disaat sulit. Kayanya sudah banyak kususahin klean. Pokoknya the best lah kawan kaya kalian.

Dan juga terimakasih kepada **Bapak/Ibu Gembala GPDI Tangkiling** yang selalu meberikan motivasi dan doa hingga Skripsi ini dapat ku selesaikan.

Dan masih banyak lagi yang tidak tersebutkan oleh ku. Namun pada intinya

Tuhan Yesus Sangat Baik Dalam Hidup Ku.

HALAMAN PENGESAHAN

SKRIPSI

**EVALUASI UNIT POMPA TERHADAP VOLUME AIR YANG MASUK
DAN TARGET PEMOMPAAN *SUMP PIT* III TIMUR BANKO BARAT
PT BUKIT ASAM Tbk TANJUNG ENIM KABUPATEN MUARA ENIM
PROVINSI SUMATERA SELATAN**

OLEH :

CHARLES MARTUA SAMOSIR

DBD 114 097

Telah dipertahankan di depan Tim Penguji pada 12 Juli 2021 dan dinyatakan

telah memenuhi syarat untuk diterima

Tim Dosen Penguji,

- | | | |
|---|-------------------|-------|
| 1. <u>NENY SUKMAWATIE, S.Hut., M.P.</u>
NIP. 19760614 200801 2 020 | Ketua | |
| 2. <u>NENY FIDAYANTI, S.T., M.Si.</u>
NIP. 19830129 201202 2 005 | Sekretaris | |
| 3. <u>DODY A.K. WIJAYA S.Hut., M.Si.</u>
NIP. 19831207 201212 1 001 | Anggota | |
| 4. <u>Ir. YULIAN TARUNA, M.Si.</u>
NIP. 19580705 198903 1 019 | Anggota | |

**Mengetahui,
Dekan
Fakultas Teknik**

**Menyetujui,
Ketua Jurusan
Teknik Pertambangan**

Ir. Waluyo Nuswantoro, M.T.
NIP. 19651119 199302 1 001

Fahrul Indrajaya, S.T., M.T.
NIP. 19791215 200812 1 001

SARI

Dalam proses *mine dewatering* perusahaan menggunakan *direct single stage pumps* yaitu sistem pemompaan yang dilakukan dari titik terendah hingga ke titik tertinggi (*outlet*) secara langsung menggunakan satu pompa. Air yang masuk ke area penambangan memiliki pengaruh besar terhadap perubahan kondisi *sump*, misalnya sedimentasi akibat material lumpur yang terbawa oleh air limpasan, sehingga berdampak pada kapasitas dan volume tampungan *sump* yang berkurang. Perubahan kondisi *sump* yang semakin landai mengakibatkan jumlah debit air yang dapat ditampung menjadi tidak sesuai rencana perusahaan. Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi kondisi unit pompa agar pemompaan selanjutnya dapat diketahui kelayakan dari unit pompa tersebut. Metode penelitian yang digunakan adalah kuantitatif deskriptif dengan menggunakan metode gumbel dan metode *currentmeter*. Penelitian menunjukkan bahwa total debit air yang masuk kedalam *pit* III Timur sebesar 34.295,69 m³/hari. Total volume *sump* sebesar 155.571,83 m³, jumlah volume tersebut melebihi batas *critical level* yang sudah ditentukan. Pada pemompaan aktual didapatkan debit sebesar 0,1898 m³/detik dengan total *head* 98,81 m untuk pompa DnD200 dan debit sebesar 0,0969 m³/detik dengan total *head* 83,73 m. Target pemompaan pada bulan Maret 2019 adalah 587.407 m³. Hasil simulasi hari pengeringan *sump* didapatkan 44 hari pompa bekerja agar volume debit kembali ke nilai awal. Hasil evaluasi menunjukkan bahwa unit pompa tidak mampu mencapai target pemompaan. Dengan menambah jam kerja pompa sebanyak 18 jam perhari, maka lama pengeringan *sump* menjadi 31 hari. Dengan menambah 1 unit pompa DnD200 maka lama pengeringan *sump* menjadi 28 hari.

Kata Kunci : *Mine Dewatering, Air Limpasan, Volume Sump, Target Pemompaan, Unit Pompa*

ABSTRACT

In the mine dewatering process, the company uses direct single stage pumps, namely a pumping system that is carried out from the lowest point to the highest point (outlet) directly using one pump. Water entering the mining area has large influence on changes in sump conditions, for example sedimentation due to mud material carried by runoff water, so that it has an impact on the capacity and volume of the sump reservoir which is reduced. Changes in the condition of the sump which are increasingly sloping have resulted in the amount of water that can be accommodated being no longer in accordance with the company's plan. This study aims to evaluate the condition of the pump unit so that the next pumping can determine the feasibility of the pump unit. The research method used is descriptive quantitative using the Gumbel method and the current meter method. The research shows that the total water discharge that enters the East Pit III is 34,295.69 m³/day. The total volume of the sump is 155,571.83 m³, the total volume exceeds the limit of the critical level that has been determined. In actual pumping, the discharge is 0.1898 m³/second with a total head of 98.81 m for the DnD200 pump and a discharge of 0.0969 m³/second with a total head of 83.73 m. The pumping target in March 2019 is 587,407 m³. The simulation results of sump drying days obtained 44 days the pump worked so that the discharge volume could return to its initial value. The evaluation results show that the pump unit is not able to achieve the pumping target. By increasing the pump working hours by 18 hours per day, the sump drying time becomes 31 days. By adding 1 unit of DnD200 pump, the sump drying time will be 28 days

Keywords : Mine Dewatering, Runoff Water, Sump Volume, Pumping

Target, Pump Unit

KATA PENGANTAR

Segala puji dan syukur penulis panjatkan kehadirat Tuhan yang maha esa, karena berkat dan kasih-Nya, penulis dapat menyelesaikan laporan tugas akhir ini dengan baik. Penulisan laporan tugas akhir ini berdasarkan hasil penelitian di lapangan yang dilakukan di PT. Bukit Asama, Tbk pada tanggal 11 Februari 2019 hingga 8 April 2019 dengan judul ” **Evaluasi Unit Pompa Terhadap Volume Air Yang Masuk Dan Target Pemompaan Sump Pit III Timur Banko Barat PT. Bukit Asam Tbk Tanjung Enim Kabupaten Muara Enim Provinsi Sumatera Selatan**”.

Kegiatan ini merupakan kebutuhan dan kewajiban mahasiswa Teknik Pertambangan Universitas Palangka Raya untuk menyelesaikan studi perkuliahan dan meraih gelar Sarjana. Selain itu, tugas akhir ini diharapkan mampu memperkenalkan lingkungan kerja dan mempersiapkan mahasiswa agar berkualifikasi siap terjun ke dunia kerja.

Dalam penyelesaian laporan ini, penulis banyak mendapatkan bantuan dan bimbingan dari berbagai pihak. Oleh karena itu, pada kesempatan ini penulis mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada :

1. Tuhan Yang Maha Esa, yang telah memberikan Kelancaran dalam segala hal.
2. Orang Tua dan seluruh keluarga yang telah memberi dukungan Doa, moral dan materi dalam penyelesaian laporan Tugas Akhir ini.
3. Bapak Ir. Waluyo Nuswantoro, M.T selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Palangka Raya.
4. Bapak Fahrul Indrajaya S.T., M.T selaku Ketua Jurusan Teknik Pertambangan Universitas Palangka Raya.
5. Ibu Neny Sukmawatie, S.Hut., M.P selaku dosen pembimbing akademik sekaligus dosen pembimbing 1
6. Ibu Neny Fidayanti, S.T., M.Si selaku dosen pembimbing 2

7. Bapak Dody Ariyantho Kusuma Wijaya, S,Hut., M.Si selaku dosen penguji 1
8. Bapak Ir. Yulian Taruna M.Si selaku dosen penguji 2
9. Bapak Prayoga Aditya, selaku Asisten Manajer Penanganan Air Tambang sekaligus pembimbing lapangan selama melakukan kegiatan Tugas Akhir di PT. Bukit Asam, Tbk.
10. Ibu Sri Mulyaningsih, selaku Administrasi Diklat PT. Bukit Asam, Tbk
11. Teman-teman dan rekan mahasiswa Jurusan Teknik Pertambangan Universitas Palangka Raya.

Seperti kata pepatah bahwa tiada gading yang tak retak, penulis menyadari sepenuhnya di dalam laporan ini masih banyak terdapat kekurangan baik dalam penulisan ataupun keterbatasan pengetahuan penulis. Oleh karena itu, penulis memohon maaf sekaligus mengharapkan masukan berupa saran dan kritik yang membangun dari pembaca. Sehingga laporan Tugas Akhir ini nantinya dapat bermanfaat bagi kita semua.

Palangka Raya, Juli 2021

Penulis

CHARLES MARTUA SAMOSIR
DBD 114 097

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
SURAT PERNYATAAN BEBAS PLAGIARISME	ii
HALAMAN PERSEMBAHAN	iii
HALAMAN PENGESAHAN	iv
SARI	v
ABSTRACT	vi
KATA PENGANTAR	vii
DAFTAR ISI	ix
DAFTAR GAMBAR	xii
DAFTAR TABEL	xiii
DAFTAR LAMPIRAN	xiv

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Tujuan Penelitian	2
1.4 Manfaat	2
1.5 Batasan Masalah.....	3

BAB II KAJIAN PUSTAKA

2.1 Peneliti Terdahulu	4
2.2 Siklus Hidrologi	6
2.3 Sistem Penyaliran Tambang.....	7
2.4 Faktor Yang Mempengaruhi Sistem Penyaliran	8
2.4.1 Curah Hujan	8
2.4.2 Periode Ulang Hujan	13
2.4.3 Intensitas Curah Hujan (I).....	14
2.4.4 Daerah Tangkapan Hujan	15
2.4.5 Air Limpasan.....	15
2.5 <i>Dewatering</i> dan <i>Sequence</i> Penambangan	17
2.5.1 Konsep <i>Dewatering</i> Tambang	17
2.5.2 <i>Dewatering</i> Dan Langkah Penambangan.....	18
2.5.3 <i>Dewatering</i> Dan Pembentukan <i>Sump</i>	18
2.6 Kolam Penampungan (<i>Sump</i>)	19
2.6.1 Volume <i>Sump</i>	21
2.6.1 Dimensi <i>Sump</i>	22
2.7 Pompa Dan Pipa	22

2.7.1	Sistem Pemompaan	22
2.7.2	Faktor-Faktor Yang Mempengaruhi Kapasitas Pompa.....	24
2.7.3	<i>Head</i> Pompa.....	27
2.7.4	<i>Pump Curve</i> (Grafik Pompa)	30
2.7.5	Perencanaan Instalasi Pompa Dan Tata Letak Pompa	32
2.7.6	Instalasi Pipa	33
2.7.7	Kapasitas Aliran Dan Kecepatan Aliran	35
2.7.8	Daerah Operasi.....	35
2.7.9	<i>Head</i> Total Pompa.....	36

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

3.1	Profil Dan Sejarah Perusahaan.....	37
3.2	Lokasi Dan Kesampain Daerah.....	38
3.3	Gambaran Umum Wilayah Penelitian	38
3.4	Kondisi Geologi	40
3.4.1	Fisiografi	40
3.4.2	Stratigrafi	41
3.4.3	Geologi Daerah Penelitian	47
3.5	Alat dan Bahan.....	49
3.6	Tata Laksana	50
3.6.1	Langka Kerja.....	50
3.6.2	Metode Penelitian.....	51
3.7	Bagan Alir	53
3.8	Waktu Penelitian	54

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1	Hasil	55
4.1.1	Volume Air Yang Masuk Kedalam <i>Sump Pit</i> III Timur	55
4.1.1.1	Curah Hujan	55
4.1.1.2	Intensitas Curah Hujan.....	56
4.1.1.3	<i>Catchman Area</i>	56
4.1.1.4	Debit Limpasan Permukaan (<i>Run Off</i>).....	57
4.1.1.5	Debit Air Tanah	58
4.1.1.6	Perkiraan Volume Air Pada <i>Sump Pit</i> III Timur.....	59
4.1.2	Kapasitas <i>Sump Pit</i> III Timur Banko Barat.....	60
4.1.2.1	Kondisi Pada <i>Sump Pit</i> III Timur.....	60
4.1.2.2	Rancangan Dimensi <i>Sump Pit</i> III Timur.....	60
4.1.2.3	Volume Air Aktual Pada <i>Sump Pit</i> III Timur	61
4.1.2.4	Evaluasi Unit Pompa Pada <i>Sump Pit</i> III Timur	62
a.	Sistem Pemompaan Dalam Proses <i>Dewatering</i>	62
b.	Sistem Pemompaan Dalam Proses <i>Dewatering</i>	62
c.	Pemompaan Aktual <i>Outlet</i> Pada <i>Pit</i> III Timur.....	63
d.	<i>Head Loss</i> Total Pompa.....	64

e. Grafik Efisiensi Pompa	67
f. Simulasi Debit Air Yang Dikeluarkan dan Simulai Lama Hari Pengeringan <i>Sump</i>	68
4.2 Pembahasan.....	76
4.2.1 Volume Air Yang Masuk Kedalam <i>Sump Pit III</i> Timur	76
4.2.1.1 Curah Hujan	76
4.2.1.2 Intensitas Curah Hujan.....	77
4.2.1.3 <i>Catchman Area</i>	78
4.2.1.4 Debit Limpasan Permukaan (<i>Run Off</i>).....	79
4.2.1.5 Debit Air Tanah	79
4.2.1.6 Perkiraan Volume Air Pada <i>Sump Pit 3</i> Timur	79
4.2.2 Kapasitas <i>Sump Pit 3</i> Timur Banko Barat.....	79
4.2.2.1 Kondisi Pada <i>Sump Pit III</i> Timur.....	79
4.2.2.2 Rancangan Dimensi <i>Sump Pit III</i> Timur.....	79
4.2.2.3 Volume Air Aktual Pada <i>Sump Pit III</i> Timur	80
4.2.2.4 Evaluasi Unit Pompa Pada <i>Sump Pit III</i> Timur	80
a. Sistem Pemompaan Dalam Proses <i>Dewatering</i>	80
b. Sistem Pemimpanan Dalam Proses <i>Dewatering</i>	81
c. Pemompaan Aktual <i>Outlet</i> Pada <i>Pit III</i> Timur.....	81
d. <i>Head Loss</i> Total Pompa	82
e. Grafik Efisiensi Pompa	83
f. Simulasi Debit Air Yang Dikeluarkan dan Simulai Lama Hari Pengeringan <i>Sump</i>	83

BAB V KESIMPULAN

5.1 Kesimpulan	85
5.2 Saran.....	86

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Siklus Hidrologi	7
Gambar 2.2	<i>Sump</i> Dan Pompa	19
Gambar 2.3	Grafik Penentuan Volume Sumuran Air Tambang	21
Gambar 2.4	Alat Pengukur Kecepatan Aliran Air OTT Z400	25
Gambar 2.5	<i>Centrifugal Pump</i>	27
Gambar 2.6	Contoh <i>Pump Performance Curve</i> Merk Multiflo	30
Gambar 2.7	Contoh <i>System Resistance Curve</i>	31
Gambar 3.1	Peta Lokasi PT. Bukit Asam, Tbk.....	39
Gambar 3.2	Penampang Litologi <i>Pit 3</i> Timur Banko Barat	47
Gambar 3.3	Bagan Alir Pelaksanaa Tugas Akhir	53
Gambar 4.1.a	<i>Hillman Automatic Rainrecorder</i>	55
Gambar 4.1.b	Kertas Grafik	55
Gambar 4.2	Peta <i>Catchmant Area</i>	56
Gambar 4.3	Pengambilan Data Debit Air Tanah	59
Gambar 4.4	Kondisi <i>Sump Pit III</i> Timur.....	60
Gambar 4.5	Rancangan Dimensi <i>Sump</i>	61
Gambar 4.6	<i>Sump Pit 3</i> Timur Banko Barat	61
Gambar 4.7	Penyambungan Pipa HDPE.....	63
Gambar 4.8	Pengukuran Debit Aktual <i>Outlet</i> Pompa.....	63
Gambar 4.9	Pompa Sulzer 385kW dan DnD200	65
Gambar 4.10	Grafik Efisiensi Pompa Sulzer 385kW	67
Gambar 4.11	Grafik Efisiensi Pompa DnD200.....	67

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1	Parameter Statistik untuk Menentukan Jenis Distribusi.....	7
Tabel 2.2	Wilayah Luas di bawah Kurva Normal Uji <i>Smirnov Kolmogorov</i> untuk $\alpha=0,05$	12
Tabel 2.3	Nilai Kritis (Do) <i>Smirnov Kolmogorov</i>	13
Tabel 2.4	Periode Ulang Hujan untuk Sarana Penyaliran Pada Daerah Tambang.....	14
Tabel 2.5	Hubungan Antara Derajat Curah Hujan dan Intensitas Curah Hujan.....	15
Tabel 2.6	Harga Koefisien Limpasan	16
Tabel 2.7	Data yang diperlukan untuk Pemilihan Pompa.....	24
Tabel 2.8	Koefisien kekasaran pipa <i>Hazen – Williams</i>	29
Tabel 2.9	Hubungan Diemeter Pipa dengan Kapasitas Aliran.....	33
Tabel 3.1	Waktu Penelitian	54
Tabel 4.1	Harga koefisien limpasan.....	57
Tabel 4.2	Perhitungan volume aktual <i>sump Pit III Timur</i>	62
Tabel 4.3	Simulasi Debit Air Yang Dikeluarkan	69
Tabel 4.4	Simulasi Lama Hari Pengeringan <i>Sump</i>	71
Tabel 4.5	Simulasi Lama Hari Pengeringan <i>Sump</i> Dengan Penambahan Jam Kerja Pompa	74
Tabel 4.6	Simulasi Lama Hari Pengeringan <i>Sump</i> Dengan Penambahan 1 Unit Pompa.....	75

DAFTAR LAMPIRAN

- Lampiran A Peta Kesampaian Daerah
- Lampiran B Peta Geologi Regional
- Lampiran C Peta Geologi Daerah Penelitian
- Lampiran D Data Curah Hujan Pit 3 Timur Bangko PT. Bukit Asam Tbk Tahun 2009 – 2018
- Lampiran E Parameter Statistik Untuk Menentukan Distribusi Curah Hujan Rencana
- Lampiran F Perhitungan Curah Hujan Rencana Menggunakan Metode Distribusi Probabilitas Gumbel Tipe I
- Lampiran G Perhitungan Intensitas Curah Hujan Menggunakan Rumus Manonobe
- Lampiran H Perkiraan Volume Air Yang Masuk Ke Dalam *Sump Pit* 3 Timur
- Lampiran I Perkiraan Volume *Sump* Dengan Pemompaan Pada *Sump Pit* 3 Timur Banko Barat
- Lampiran J Perhitungan Debit Aktual Pompa
- Lampiran K Perhitungan *Head* Pompa
- Lampiran L Spesifikasi Pompa
- Lampiran M Grafik Efisiensi Pompa

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Masalah yang sering dihadapi pada kegiatan penambangan tambang terbuka adalah tingginya curah hujan yang dapat menghambat kegiatan operasional penambangan. Untuk itu perlu adanya sistem penyaliran pada lokasi penambangan, sebagai salah satu kegiatan penunjang yang dilakukan pada aktivitas penambangan.

Air yang masuk ke area penambangan memiliki pengaruh yang sangat besar. Air hujan yang langsung masuk ke *sump* dan air limpasan akan berpengaruh terhadap perubahan kondisi *sump* tersebut, misalnya kelandaian akibat material lumpur yang terbawa oleh air limpasan, sehingga volume air menjadi tidak sesuai dengan kapasitas *sump* yang sudah direncanakan. Perubahan kondisi *sump* yang semakin landai mengakibatkan jumlah debit air dapat ditampung menjadi tidak sesuai dengan rencana perusahaan. Seperti yang terjadi pada *pit* III timur banko barat debit yang seharusnya dapat dikeluarkan dengan rencana 3 hari pemompaan, kini harus dikeluarkan dalam 1 hari pemompaan, jika tidak *sump* akan melebihi batas normal daya tampung dan berada pada level kritis (*critical level*) yang dapat menyebabkan banjir.

Berdasarkan permasalahan tersebut penulis mengangkat judul “Evaluasi Unit Pompa Terhadap Volume Air Yang Masuk Dan Target Pemompaan *Sump Pit* III Timur Banko Barat PT. Bukit Asam Tbk Tanjung Enim Kabupaten Muara Enim Provinsi Sumatera Selatan” sehingga dapat mengevaluasi kelayakan dari unit pompa supaya diharapkan menjadi bahan pertimbangan untuk rencana pemompaan berikutnya.

1.2 Rumusan Masalah

Adapun rumusan masalah yang akan dibahas dari skripsi ini sebagai berikut :

1. Berapa total debit dan total volume air yang masuk pada *Sump Pit* III Timur Banko Barat di PT. Bukit Asam Tbk?
2. Bagaimana hasil evaluasi terhadap target volume pemompaan *sump Pit* III Timur Banko Barat?

1.3 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan dari skripsi ini adalah :

1. Mengetahui total debit dan total volume air yang masuk pada *Sump Pit* III Timur Banko di PT. Bukit Asam Tbk.
2. Mengevaluasi target pemompaan pada *Pit* III Timur Banko Barat PT. Bukit Asam Tbk.

1.4 Manfaat

Dengan adanya kegiatan penelitian tugas akhir ini ada beberapa manfaat yang dapat diperoleh, diantaranya adalah :

1. Bagi Peneliti

- Mengetahui proses dan kegiatan dari *mine dewatering* dan *water management*.
- Dapat menerapkan ilmu pengetahuan yang di dapatkan pada bangku perkuliahan.

2. Bagi Perusahaan

- Mengetahui hasil evaluasi proses *mine dewatering*, terutama pada unit pompa yang digunakan perusahaan.
- Sebagai bahan masukan maupun saran mengenai kegiatan *mine dewatering*.

3. Bagi Jurusan

- Sebagai laporan dari kegiatan penelitian tugas akhir.
- Sebagai bahan uji literatur bagi mahasiswa Jurusan Teknik Pertambangan Universitas Palangka Raya.

1.5 Batasan Masalah

Pada tugas akhir ini, batasan masalah yang dilakukan adalah hanya pada :

1. Penelitian tidak membahas mengenai air asam tambang.
2. Peneliti hanya membahas mengenai *mine dewatering* pada *Sump Pit 3* Timur Banko PT. Bukit Asam Tbk
3. Perhitungan debit air yang dikeluarkan berdasarkan data aktual pompa
4. Penelitian tidak membahas kolam pengendapan lumpur.
5. Penelitian tidak membahas masalah biaya.

BAB II

KAJIAN PUSTAKA

2.1 Penelitian Terdahulu

Dalam penulisan tugas akhir ini peneliti menggali informasi dari penelitian-penelitian sebelumnya sebagai bahan perbandingan, baik mengenai kekurangan dan kelebihan yang sudah ada. Selain itu, peneliti juga menggali informasi dari buku-buku maupun dari skripsi dan juga jurnal dalam rangka mendapatkan informasi yang ada sebelumnya ataupun tentang teori yang berkaitan dengan judul yang penulis gunakan untuk memperoleh landasan teori ilmiah.

Sri Simatupang, 2015 dengan Penelitian Evaluasi Sistem Penirisan Tambang dilaksanakan pada PT. Pamapersada Nusantara Distrik TOPB yang berlokasi di Desa Buhut Jaya, Kabupaten Kapuas Provinsi Kalimantan Tengah. Dalam penelitian tersebut, pompa yang digunakan adalah pompa Multiflow 420 EEX dengan sistem *single stage pump*. Pompa tersebut memiliki debit aktual sebesar 897 m³/jam (1264 Rpm), dengan total *head* 132,2 m dan efisiensi sebesar 72 %. Pada penelitian tersebut ditemukan bahwa RPM dan efisiensi pompa tidak sesuai *plan* dan secara teoritis lebih besar daripada aktual. Hal ini dikarenakan pemasangan pipa yang tegak dan terdapat belokan pipa sehingga mesin pompa akan bekerja ekstra untuk memindahkan air.

Yohanes Gultom, 2016 dengan Evaluasi Kapasitas Pompa Pada Sistem Penirisan Tambang Banko Barat Pit 1 Timur PT. Bukit Asam (Persero) Tbk. Menyatakan bahwa pada musim penghujan air akan menggenangi *front* penambangan sehingga akan menyebabkan terhentinya kegiatan penambangan batubara. Untuk menanggulangi air yang masuk maka diperlukan pompa dengan jumlah dan kapasitas yang memadai untuk memompakan air. Berdasarkan perhitungan total debit air yang masuk ke *sump pit* 1 timur sebesar 70.572,95 m³/hari sedangkan kapasitas dua unit pompa Sulzer 385 kW yang digunakan pada *sump pit* 1 timur yaitu sebesar 9,1 dan 10 m³/menit dengan total debit pemompaan sebesar 24.066 m³/hari belum mampu mengendalikan air yang masuk ke tambang. Ketidaksesuaian antara besarnya debit air yang masuk dengan besarnya debit air yang dipompakan merupakan dasar diperlukannya penambahan dua unit pompa dan pengoptimalan pengoperasian pompa yang telah beroperasi.

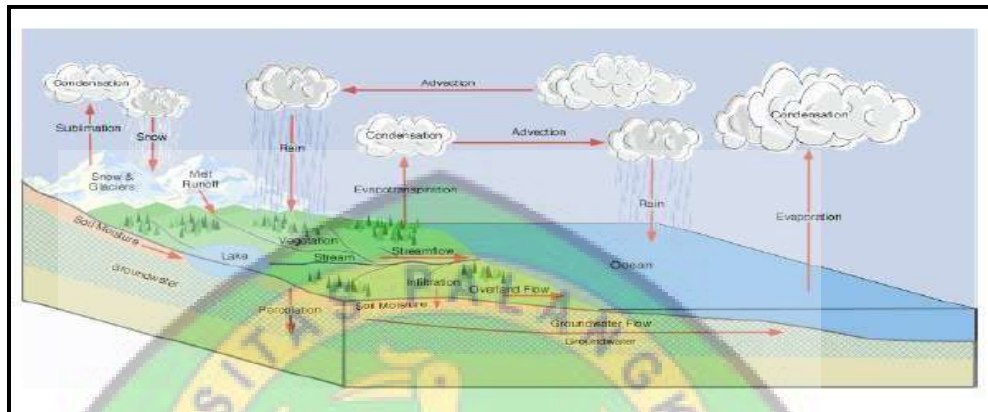
Fridiyandra A, 2014 dengan penelitian yang dilaksanakan pada PT. Konsorium Indomineratama Waspadakarsa Lahat Sumatera Selatan menyatakan curah hujan rencana tahun 2014 adalah 612,217 mm/bulan dengan intensitas curah hujan sebesar 0,71 mm/jam. *Catchment area* total tahun 2014 sebesar 30,3 Ha. Debit limpasan permukaan pada tahun 2014 sebesar 0,0598 m³/detik. Debit air tanah yang didapat sebesar 0,001 m³/detik. Dimensi *main sump* yang dibutuhkan adalah 27 m x 27 m x 8 m. Debit pemompaan yang didapat sebesar 350 m³/jam atau 0,097 m³/detik dan *Total Head* sebesar 54,92 m.

2.2 Siklus Hidrologi

Di bumi terdapat kira-kira sejumlah 1,3-1,4 milyar km³ air : 97,5% adalah air laut, 1,75% berbentuk es dan 0,73% berada di daratan sebagai air sungai, air danau, air tanah dan sebagainya. Hanya 0,001% berbentuk uap di udara (Sumber : Suyono S & Takaeda K, 2006). Air di bumi ini mengulangi terus menerus sirkulasi penguapan, presipitasi dan pengaliran keluar (*outflow*). Air menguap ke udara dari permukaan tanah dan laut, berubah menjadi awan sesudah melalui beberapa proses dan kemudian jatuh sebagai hujan atau salju ke permukaan laut atau daratan. Sebelum tiba ke permukaan bumi sebagian langsung menguap ke udara dan sebagian tiba ke permukaan bumi. Sebagian akan tertahan oleh tumbuh-tumbuhan di mana sebagian akan menguap dan sebagian lagi akan jatuh atau mengalir melalui dahan-dahan ke permukaan tanah.

Sebagian air hujan yang tiba ke permukaan tanah akan masuk ke dalam tanah (*infiltrasi*). Bagian lain yang merupakan kelebihan akan mengisi lekuk-lekuk permukaan tanah, kemudian mengalir ke daerah-daerah yang rendah, masuk ke sungai-sungai dan akhirnya ke laut. Dalam perjalanan ke laut sebagian akan menguap dan kembali ke udara. Sebagian air yang masuk ke dalam tanah keluar kembali segera ke sungai-sungai (disebut aliran intra : *interflow*). Tetapi sebagian besar akan tersimpan sebagai air tanah (*groundwater*) yang akan keluar sedikit demi sedikit dalam jangka waktu yang lama ke permukaan tanah di daerah-daerah yang rendah (disebut *groundwater runoff* : limpasan air tanah). Jadi sungai itu

mengumpulkan 3 jenis limpasan, yakni limpasan permukaan (*surface runoff*), aliran intra (*interflow*) dan limpasan air tanah (*groundwater runoff*) yang akhirnya akan mengalir ke laut. Singkatnya ialah : uap dari laut dihembus ke atas daratan, jatuh ke daratan sebagai presipitasi.



Gambar 2.1 Siklus Hidrologi (Sumber : Soemarto, 1995)

2.3 Sistem Penyaliran Tambang

Sistem penyaliran tambang adalah suatu usaha atau kegiatan yang dilakukan untuk mencegah masuknya air atau mengeluarkan air yang telah masuk ke *front* penambangan. Kegiatan ini dimaksudkan untuk mencegah terganggunya aktivitas penambangan akibat adanya air dalam jumlah yang berlebihan terutama pada saat musim penghujan. (Suyono, 2012 : V-4)

Salah satu hal yang dihadapi jika sistem penambangan yang diterapkan adalah sistem tambang terbuka yaitu penanganan air yang melimpas di permukaan tanah, baik air hujan maupun air tanah. Penanganan masalah ini dapat dilakukan dengan memilih sistem penyaliran yang sesuai dengan metode penambangan yang diterapkan. Penanganan masalah air pada tambang terbuka dapat dibedakan menjadi 2, yaitu sebagai berikut :

1. *Mine drainage* yaitu upaya untuk mencegah masuknya air ke daerah penambangan. Hal ini umumnya dilakukan untuk penanganan air tanah dan air yang berasal dari sumber air permukaan, seperti air sungai, rawa, danau dan lainnya.
2. *Mine dewatering* yaitu upaya mengeluarkan air yang berada pada daerah penambangan. Upaya ini terutama untuk menangani air yang berasal dari hujan.

2.4 Faktor Yang Mempengaruhi Sistem Penyaliran Tambang

Ada beberapa faktor yang mempengaruhi sistem penyaliran adalah sebagai berikut :

2.4.1 Curah Hujan

Curah hujan merupakan uap air atmosfer yang terkondensasi dan jatuh dalam bentuk tetesan air. Besarnya curah hujan dapat dinyatakan dalam mm. Curah hujan 10 mm berarti tinggi hujan yang jatuh pada areal seluas 1 m² adalah 10 liter. Data curah hujan yang dianalisis adalah curah hujan harian maksimum dalam satu tahun selama 10 sampai 20 tahun.

Dalam analisis frekuensi data curah hujan guna memperoleh nilai hujan rencana dikenal dengan beberapa distribusi probabilitas. Probabilitas adalah suatu nilai yang digunakan untuk mengukur tingkat terjadinya suatu kejadian yang acak. Penentuan jenis distribusi probabilitas yang sesuai dengan data dilakukan dengan mencocokkan parameter data tersebut dengan syarat masing-masing jenis distribusi.

Tabel 2.1 Parameter Statistik untuk Menentukan Jenis Distribusi

No	Distribusi	Persyaratan
1	Normal	Cs ≈ 0 Ck ≈ 3
2	Log Normal	Cs = Cv ³ + 3Cv Ck = Cv ⁸ + 6Cv ⁶ + 15Cv ⁴ + 16Cv ² + 3
3	Gumbel	Cs = 1,14 Ck = 5,4
4	Log Pearson III	Selain dari nilai di atas

(Sumber: Bambang Triatmodjo, 2008 dalam Kamiana I Made, 2012 : 27)

Dari data diatas didapat perhitungan parameter statistik sebagai berikut :

1. Mean / Nilai Tengah / Rata-rata

$$\bar{x} = \frac{\sum_{i=1}^n x_i}{n} \dots\dots\dots (2.1)$$

2. Simpangan Baku / Standard Deviasi

$$S = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n-1}} \dots\dots\dots (2.2)$$

3. Koefisien Variansi / (Variation Coefficient)

$$Cv = \frac{S}{\bar{x}} \dots\dots\dots (2.3)$$

4. Asimetri / Kemencengan / (Skewness)

$$Cs = \frac{n \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^3}{(n-1).(n-2).S^3} \dots\dots\dots (2.4)$$

5. Kurtosis

$$Ck = \frac{n^2 \cdot \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^4}{(n-1).(n-2).(n-3).S^4} \dots\dots\dots (2.5)$$

Persamaan Distribusi Probabilitas Normal adalah sebagai berikut:

$$X_T = x + K_T \cdot S \dots\dots\dots (2.6)$$

Keterangan :

X_T = Perkiraan harga untuk periode ulang T

$$\bar{x} = \text{Rata-rata variasi} = \frac{\sum X}{n}$$

K_T = Faktor frekuensi untuk periode ulang bergantung nilai T

S = Standar deviasi dari X

n = Jumlah sampel

$$S = \sqrt{\frac{\sum (X_i - \bar{x})^2}{n-1}} \dots\dots\dots (2.7)$$

Persamaan Distribusi Probabilitas Log Normal adalah sebagai berikut :

$$\text{Log } X_T = \text{Log } \bar{x} + K_T \cdot S_{\text{Log } x} \dots\dots\dots (2.8)$$

Keterangan :

Log X_T = Nilai Logaritma hujan rencana dengan periode ulang tertentu (mm)

$$\text{Log } \bar{x} = \frac{\sum \log x}{n} \dots\dots\dots (2.9)$$

n = Jumlah data

K_T = Variabel standart, besarnya dari T

$S_{\text{Log } x}$ = Standar deviasi dari log x

$$S_{\text{Log } x} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (\log X_i - \log \bar{x})^2}{n-1}} \dots\dots\dots (2.10)$$

Persamaan Distribusi Probabilitas Gumbel tersebut adalah berikut:

$$X_t = \bar{x} + S \cdot K \dots\dots\dots (2.11)$$

Keterangan :

X_t = Curah hujan rencana dengan periode ulang tertentu T (mm/hari)

X = Curah hujan rata-rata (mm)

S = Standar deviasi dari data curah hujan

$$\sqrt{\frac{\sum(X_i - \bar{x})^2}{n-1}} \dots\dots\dots(2.12)$$

Dimana :

n = Jumlah sampel

K = Faktor Frekuensi Gumbel

$$K = (Y_t - Y_n) / S_n \dots\dots\dots(2.13)$$

Y_t = Reduksi variat dari variabel yang diharapkan terjadi pada PUH

$$Y_t = -\ln((-\ln T - 1)) / T \dots\dots\dots(2.14)$$

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

S_n = Reduksi standart deviasi.

Dari beberapa probabilitas yang ada akan diuji untuk mengetahui apakah persamaan distribusi probabilitas yang dipilih dapat mewakili distribusi sampel data yang dianalisa. Terdapat 2 metode pengujian distribusi probabilitas yaitu metode Chi-Kuadrat dan metode Smirnov-Kolmogorof. Dalam penelitian pengujian menggunakan metode Smirnov-Kolmogorof yang akan dibahas. Berikut ini prosedur menggunakan metode Smirnov Kolmogorof :

- Urutkan data dari besar ke kecil atau sebaliknya dan tentukan peluangnya dari masing-masing data tersebut.

- Tentukan nilai variabel reduksi $\{f(t)\}$ dan tentukan peluang teoritis $\{P'(X_i)\}$ dari nilai $f(t)$ dengan tabel.

$$f(t) \frac{x-x}{s} \dots\dots\dots(2.15)$$

- Dari kedua nilai peluang tersebut tentukan selisih antara pengamatan dan peluang teoritis.

$$D \text{ maks} = \text{Maks} \{P(X_i) - P'(X_i)\} \dots\dots\dots(2.16)$$

- Berdasarkan tabel nilai kritis Smirnov Kolmogorof tentukan harga D_0 .

Lihat Tabel 2.2 dan Tabel 2.3.

Tabel 2.2 Wilayah Luas di Bawah Kurva Normal Uji Smirnov

Kolmogorov untuk $\alpha=0,05$

T	$\alpha=0,05$	T	$\alpha=0,05$	T	$\alpha=0,05$	T	$\alpha=0,05$
-3,4	0,0003	-1,4	0,0735	0,5	0,7088	2,5	0,9946
-3,3	0,0004	-1,3	0,0885	0,6	0,7422	2,6	0,9960
-3,2	0,0006	-1,2	0,1056	0,7	0,7734	2,7	0,9970
-3,1	0,0008	-1,1	0,1251	0,8	0,8023	2,8	0,9978
-3,0	0,0011	-1,0	0,1469	0,9	0,8289	2,9	0,9984
-2,9	0,0016	-0,9	0,1711	1,0	0,8591	3,0	0,9989
-2,8	0,0022	-0,8	0,1977	1,1	0,8749	3,1	0,9992
-2,7	0,0030	-0,7	0,2266	1,2	0,8944	3,2	0,9994
-2,6	0,0040	-0,6	0,2578	1,3	0,9115	3,3	0,9996
-2,5	0,0054	-0,5	0,2912	1,4	0,9265	3,4	0,9997
-2,4	0,0071	-0,4	0,3264	1,5	0,9394		
-2,3	0,0094	-0,3	0,3632	1,6	0,9505		
-2,2	0,0122	-0,2	0,4013	1,7	0,959		
-2,1	0,0158	-0,1	0,4404	1,8	0,9678		

(Sumber : Suripin, 2003)

Tabel 2.3 Nilai Kritis (Do) Smirnov Kolmogorov

N	A			
	0,2	0,1	0,05	0,01
5	0,45	0,51	0,546	0,67
10	0,32	0,37	0,41	0,49
15	0,27	0,3	0,34	0,4
20	0,23	0,26	0,29	0,36
25	0,21	0,24	0,27	0,32
30	0,19	0,22	0,24	0,29
35	0,18	0,20	0,23	0,27
40	0,17	0,19	0,21	0,25
45	0,16	0,18	0,20	0,24
50	0,15	0,17	0,19	0,23
n>50	1,07/n	1,22/n	1,36/n	1,63/n

(Sumber : Suripin, 2003)

2.4.2 Periode Ulang Hujan

Periode ulang hujan adalah periode (tahun) dimana suatu hujan dengan tinggi intensitas yang sama kemungkinan bisa terjadi lagi. Perhitungan periode ulang dapat dilakukan dengan menggunakan rumus sebagai berikut :

$$P = 1 - \left(1 - \frac{1}{T_r}\right)^{T_l} \dots\dots\dots (2.17)$$

Keterangan :

P = Resiko hidrologi.

T_r = Periode ulang.

T_l = Umur Tambang (umur sump).

Penetapan periode ulang hujan sebenarnya lebih ditekankan pada masalah kebijakan dan resiko yang perlu diambil sesuai dengan perencanaan. Menurut Kite, G.W. (1977), Acuan untuk menentukan PUH dapat dilihat pada tabel 2.4.

Tabel 2.4 Periode Ulang Hujan untuk Sarana Penyaliran pada Daerah
Tambang

Keterangan	Periode ulang hujan (tahun)
Daerah terbuka	0,5
Sarana tambang	2-5
Lereng tambang & penimbunan	5-10
Sumuran utama	10-15
Penyaliran keliling tambang	25
Pemindahan aliran sungai	100

(Sumber : Kamiana I Made, 2012)

2.4.3 Intensitas Curah Hujan (I)

Intensitas curah hujan adalah jumlah hujan per satuan waktu yang relative singkat, biasanya satuan yang digunakan adalah mm/jam. Intensitas curah hujan biasanya dinotasikan dengan huruf "I". Keadaan curah hujan dan intensitas menurut Takeda dapat diklasifikasikan sebagai berikut :

Untuk menentukan intensitas dengan daerah yang terdistribusi tidak merata diperlukan persamaan monnobe. Berikut ini rumus mononobe :

$$I = \frac{R_{24}}{24} \left(\frac{24}{t} \right)^{2/3} \dots\dots\dots (2.18)$$

Dimana :

I = Intensitas curah hujan (mm/jam)

R_t = Curah hujan maksimum (mm)

t = Lama hujan (jam)

Pengelompokkan keadaan dan intensitas curah hujan berdasarkan pada lamanya hujan yang turun pada satuan waktu tertentu dan banyaknya curah hujan yang turun.

Tabel 2.5 Hubungan Antara Derajat Curah Hujan dan Intensitas Curah Hujan

Derajat Hujan	Intensitas hujan (mm/menit)	Kondisi
Hujan lemah	0,02-0,05	Tanah basah semua
Hujan normal	0,05-0,25	Bunyi hujan terdengar
Hujan deras	0,25-1,00	Air tergenang diseluruh permukaan dan terdengar bunyi dari genangan
Hujan sangat deras	>1,00	Hujan seperti ditumpahkan dan seluran pengairan meluap

(Sumber : Suwandhi, 2004 : 10)

2.4.4 Daerah Tangkapan Hujan (*Catchment Area*)

Daerah tangkapan hujan merupakan suatu daerah yang dapat mengakibatkan air limpasan permukaan mengalir kesuatu tempat (daerah penambangan) yang lebih rendah. Penentuan luas daerah tangkapan hujan berdasarkan peta topografi daerah yang diteliti.

2.4.5 Air Limpasan

Air limpasan adalah bagian dari curah hujan yang mengalir diatas permukaan tanah menuju sungai, danau atau laut. Aliran itu terjadi karena curah hujan yang mencapai permukaan bumi tidak dapat terinfiltrasi, baik yang disebabkan karena intensitas curah hujan atau faktor lain, sebagai berikut :

a. Aspek-aspek yang berpengaruh dalam air limpasan :

1) Curah hujan = Intensitas curah hujan dan frekuensi hujan

- 2) Tanah = Jenis dan bentuk topografi
 3) Tutupan = Kepadatan, jenis dan macam vegetasi
 4) Luas daerah aliran

b. Perkiraan debit air limpasan

Rumus untuk memperkirakan debit air limpasan maksimal :

$$Q = 0,00278 \cdot C \cdot I \cdot A \dots\dots\dots(2.19)$$

Keterangan :

Q = Debit air limpasan maksimum dengan periode ulang
 Hujan tertentu (m^3 /detik)

C = Koefisien limpasan.

I = Intensitas curah hujan dengan periode ulang hujan
 Tertentu (mm/jam)

A = Luas daerah tangkapan hujan (Ha)

c. Koefisien limpasan (C)

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

Tabel 2.6 Harga Koefisien Limpasan

Kemiringan	Kegunaan Lahan	Koefisien Limpasan
< 3%	Sawa, Rawa	0,2
	Hutan, Perkebunan	0,3
	Perumahan dengan Kebun	0,4
3% - 5%	Hutan, perkebunan	0,4
	Perumahan	0,5
	Tumbuhan yang jarang	0,6

Bersambung ...

Lanjutan Tabel 2.6

	Tanpa tumbuhan, daerah Penumbuhan	0,7
> 15%	Hutan	0,6
	Perumahan, kebun	0,7
	Tumbuhan yang jarang	0,8
	Tanpa tumbuhan, daerah tambang	0,9

(Sumber : Sayoga, Rudi, 1999)

2.5 Dewatering Dan Sequence Penambangan

2.5.1 Konsep Dewatering Tambang

Dewatering merupakan suatu upaya pengeluaran air dari dalam tambang ke luar tambang dengan menggunakan sistem pemompaan. Sehingga air di dalam tambang tersebut tidak mengganggu aktivitas produksi. Dalam desain *dewatering*, pertama-tama dilakukan penghitungan luasan tangkapan hujan (*catchment area*) total. Desain luasan *catchment area* selalu meminimalkan air hujan yang memungkinkan masuk ke area *pit*. Berdasarkan desain, kemudian ditentukan desain posisi *sump*. Menentukan posisi *sump* merupakan bagian utama dalam desain jangka panjang. Kedalaman level terdalam yang akan ditambang (*bottom pit*), *Stripping Ratio (SR)* merupakan beberapa parameter utama untuk menentukan posisi *sump*.

Parameter utama dalam menentukan volume *sump*, tentu saja volume air yang masuk ke dalam *sump* tersebut. Simulasi penghitungan luasan *catchment area* terhadap intensitas hujan rencana menunjukkan volume air yang harus ditanggung sebuah *sump*. Sehingga bila terjadi air di luar *pit* melimpas masuk ke area *pit*, menimbulkan *sump* terbebani volume air yang tidak direncanakan.

Berdasarkan pertimbangan volume air yang masuk dan berapa yang harus dipompakan dalam *sump*, maka ditentukan berapa volume air yang harus

dipompakan dalam satuan waktu tertentu. Berdasarkan spesifikasi alat dan desain pemipaan kemudian ditentukan pompa yang akan digunakan dan berapa jumlahnya.

2.5.2 Dewatering Dan Langkah Penambangan

Output dalam aktivitas *dewatering* adalah volume air yang dipindahkan, dan sebagai parameter utama adalah debit yang dihasilkan. Faktor yang paling berpengaruh untuk menghasilkan debit yang optimal adalah panjang pipa sampai ke *outlet*. Aktivitas harus cermat memperhitungkan *utilisasi* pompa yang hilang akibat proses lepas-sambung pipa.

Sejalan perkembangan tambang, tambang menjadi semakin dalam dan air tetap akan terkumpul pada lokasi terdalam. Hal ini berakibat naiknya *static head* yang harus dilawan pompa, yang berakibat pula pada turunnya debit pompa.

2.5.3 Dewatering Dan Pembentukan Sump

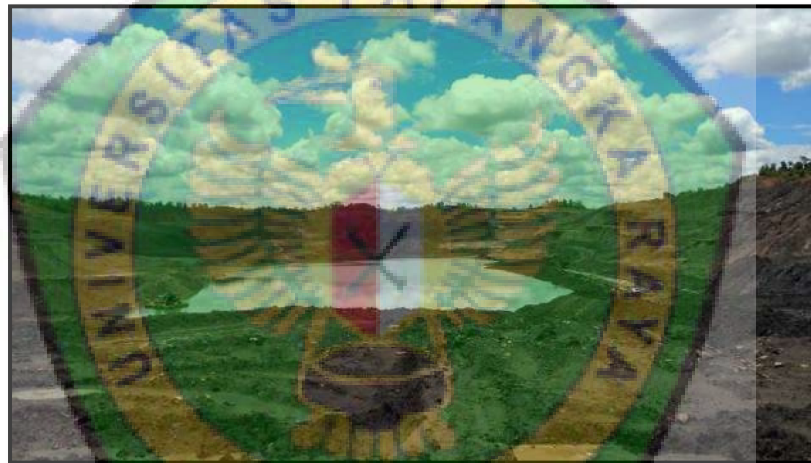
Sistem perencanaan *dewatering* merupakan suatu sistem yang digunakan untuk memperkirakan kebutuhan pompa selama kurun waktu tertentu. Dengan menggunakan sistem ini akan dapat diprediksi kebutuhan pompa di masa mendatang serta masalah *dewatering* yang mungkin terjadi apabila kebutuhan pompa tersebut tidak teratasi contohnya akan timbul banjir. Sistem ini terdiri dari tiga bagian utama yaitu total air yang berada di *sump*, total kemampuan pompa, serta prediksi elevasi air. Masing- masing sistem terdiri dari parameter-parameter sebagai berikut :

- a. Total air yang berada di sump meliputi curah hujan, intensitas curah hujan dan *catchment area*.

- b. Total kemampuan pompa meliputi jenis dan debit pompa, jumlah pompa dan jam kerja pompa.
- c. Prediksi elevasi air.

2.6 Kolam Penampungan (*Sump*)

Kolam penampungan merupakan tempat yang dibuat untuk menampung air sebelum air tersebut dipompakan. Kolam penampung ini juga dapat berfungsi sebagai tempat mengendapkan lumpur. Tata letak kolam penampung dipengaruhi oleh sistem drainase tambang yang digunakan serta disesuaikan dengan letak geografis daerah tambang dan kestabilan lereng tambang.



(Sumber : Dokumentasi Lapangan Tanggal 25 Februari 2019)

Gambar 2.2 *Sump Pit* 3 Timur Banko Barat

Berdasarkan tata letak kolam penampung (*sump*), sistem penirisan tambang dapat dibedakan menjadi :

1. Sistem penirisan terpusat

Pada sistem ini *sump* akan ditempatkan pada setiap jenjang atau *bench*. Sistem pengaliran dilakukan dari jenjang paling atas menuju jenjang- jenjang yang berada di bawahnya, sehingga akhirnya air akan terpusat pada *main sump* untuk kemudian dipompakan keluar tambang.

2. Sistem penirisan tidak memusat

Sistem ini diterapkan untuk daerah tambang yang relatif dangkal dengan keadaan geografis daerah luar tambang yang memungkinkan untuk mengalirkan air secara langsung dari sump ke luar tambang.

Berdasarkan penempatannya, *sump* dapat dibedakan menjadi beberapa jenis, antara lain:

1. *Travelling Sump*

Sump ini dibuat pada daerah *front* tambang. Tujuan dibuatnya *sump* ini adalah untuk menanggulangi air permukaan. Jangka waktu penggunaan *sump* ini relatif singkat dan selalu ditempatkan sesuai dengan kemajuan tambang.

2. *Sump Jenjang*

Sump ini dibuat secara terencana baik dalam pemilihan lokasi maupun volumenya. Penempatan *sump* ini adalah pada jenjang tambang dan biasanya di bagian lereng tepi tambang. *Sump* ini disebut sebagai *sump* permanen karena dibuat untuk jangka waktu yang cukup lama dan biasanya dibuat dari bahan kedap air dengan tujuan untuk mencegah meresapnya air yang dapat menyebabkan longsornya jenjang.

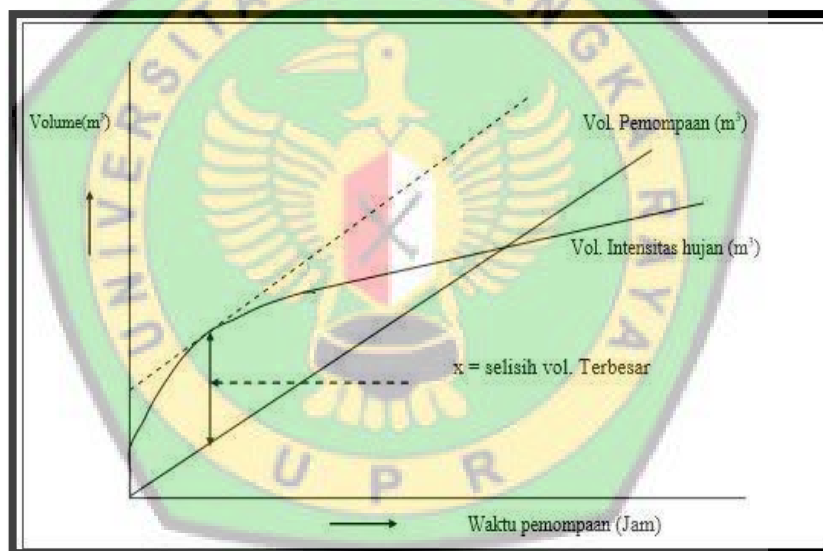
3. *Main Sump*

Sump ini dibuat sebagai tempat penampungan air terakhir. Pada umumnya *sump* ini dibuat pada elevasi terendah dari dasar tambang.

2.6.1 Volume Sump

Penentuan volume *sump* diperoleh dari perhitungan selisih terbesar antara volume *input* dan volume *output*. Dimana volume input bergantung pada banyaknya debit air limpasan yang masuk ke dalam *sump*, lamanya durasi hujan (rata-rata durasi hujan) di lokasi penambangan, sedangkan volume *output* berasal dari volume keluar pemompaan yang bergantung pada kapasitas pompa dan waktu pemompaan. Untuk menghitung volume *sump* yang dibutuhkan kita dapat menggunakan persamaan berikut ini :

$$V_{sump} = V_{input} - V_{output} \dots \dots \dots (2.20)$$



Sumber : Kaltim Prima Coal Hydraulic Design Guidelines

Gambar 2.3 Grafik Penentuan Volume Sumuran Air Tambang

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

2.6.2 Dimensi Sump

Sumuran digunakan sebagai tempat penampungan air sementara sebelum dipompakan keluar tambang, sehingga dimensi sump bergantung pada volume air yang masuk dan volume air yang dipompakan.

Untuk mendapatkan dimensi sumuran terlebih dahulu kita menentukan volume sump dengan persamaan :

$$\text{Volume} = ((\text{Luas permukaan sump} + \text{luas dasar sump}) \times \frac{1}{2}) \times \text{Tinggi} \dots\dots(2.21)$$

Dimana :

Luas permukaan *sump* (m²) = Panjang atas x Lebar atas

Luas dasar *sump* (m²) = Panjang bawah x Lebar bawah

Tinggi (m) = Kedalaman

2.7 Pompa dan Pipa

2.7.1 Sistem Pemompaan

Penyaliran dengan sistem pemompaan adalah mengeluarkan air yang terkumpul pada sumuran penampung sementara (*sump*) menggunakan pompa. Hal yang perlu diperhatikan dalam penggunaan pompa yaitu :

1. Klasifikasi Pompa
 - a. Pompa Sentrifugal

Berdasarkan besar tekanan yang dihasilkan maka pompa sentrifugal dapat dikelompokkan menjadi tiga jenis :

1) Pompa Tekanan Rendah

Ciri khusus dari pompa tekanan rendah yaitu mempunyai sudut-sudut kipas, tidak terdapat sudut-sudut penghantar dan ketinggian pemompaan maksimum mencapai 30 meter.

2) Pompa Tekanan Menengah

Ciri khusus dari pompa ini yaitu mempunyai lubang isap ganda sehingga didapat hasil yang lebih besar dan tinggi kenaikan pemompaan maksimum mencapai 80-130 meter pada kecepatan putar maksimum 2.850 rpm.

3) Pompa Tekanan Tinggi

Ciri khusus dari pompa jenis ini yaitu memiliki beberapa buah kipas yang sama bentuknya yang berutan pada suatu poros.

b. Pompa Aliran Campur

Tekanan julang (*head pressure*) pompa jenis ini dihasilkan sebagai akibat dari gaya sentrifugal dan desakan sudut terhadap zat cairnya.

c. Pompa Aksial

Tekanan julang (*head pressure*) pompa aksial dihasilkan oleh kipas diakibatkan oleh sudut terhadap zat cair masuk dan keluar adalah aksial.

2. Spesifikasi Pompa

Dalam memilih suatu pompa untuk suatu maksud tertentu, diperlukan data seperti tabel berikut :

Tabel 2.7 Data yang Diperlukan untuk Pemilihan Pompa

No.	Data yang diperlukan	Keterangan
1	Kapasitas	Diperlukan juga keterangan mengenai kapasitas maksimum dan minimum
2	Kondisi isap	Tinggi isap dari permukaan air isap ke level pompa. Tinggi fluktuasi permukaan air isap. Tekanan yang bekerja pada permukaan air isap. Kondisi pipa isap.
3	Kondisi keluar	Tinggi permukaan air keluar ke level pompa. Tinggi fluktuasi permukaan air keluar. Kondisi
4	Head total Pompa	Harus ditentukan berdasarkan kondisi-kondisi diatas.
5	Jenis zat cair	Air tawar, air laut, minyak, zat cair khusus (zat kimia), temperatur, berat jenis, viskositas, kandungan zat padat, dan lain-lain.
6	Jumlah Pompa	
7	Kondisi kerja	Kerja terus-menerus, terputus-putus, jumlah jam kerja seluruhnya dalam setahun.
8	Penggerak	Motor listrik, motor bakar torak, turbin uap.
9	Poros tegak atau Mendatar	Hal ini kadang-kadang ditentukan oleh pabrik pompa yang bersangkutan berdasarkan instalasinya.
10	Tempat instalasi	Pembatasan-pembatasan pada ruang instalasi, ketinggian diatas permukaan laut, diluar atau di dalam gedung, fluktuasi temperatur.

2.7.2 Faktor – faktor yang Mempengaruhi Pemilihan Kapasitas Pompa

Pompa bekerja dengan menciptakan perbedaan tekanan tersebut sedemikian rupa sehingga fluida cair tersebut dapat berpindah tempat dari *inlet* menuju *outlet*. Faktor – faktor yang mempengaruhi pemilihan kapasitas pompa, antara lain sebagai berikut :

a. Debit yang dihasilkan pompa

Perkiraan debit pemompaan aktual dapat dilakukan dengan menggunakan metode *currentmeter*.



Gambar 2.4 Alat Pengukur Kecepatan Aliran Air OTT Z400

Dalam perkembangan metode *currentmeter*, dilakukan dengan memasukkan OTT Z400 kedalam pipa *outlet* untuk mencari kecepatan aliran pada *outlet*. Kemudian dimasukkan kedalam rumus.

Debit outlet pompa dapat dihitung menggunakan rumus sebagai berikut:

$$Q_{pompa} = \pi \cdot r^2 \cdot v$$

(Sumber : Ir. Sularso, MSME dan Prof. Dr. Haruo Tahara, 1987)

Keterangan :

Q_{pompa} = Debit aktual *outlet* pompa ($m^3/detik$)

r = Jari-jari pipa yang digunakan perusahaan (m)

v = Kecepatan aliran (m/s)

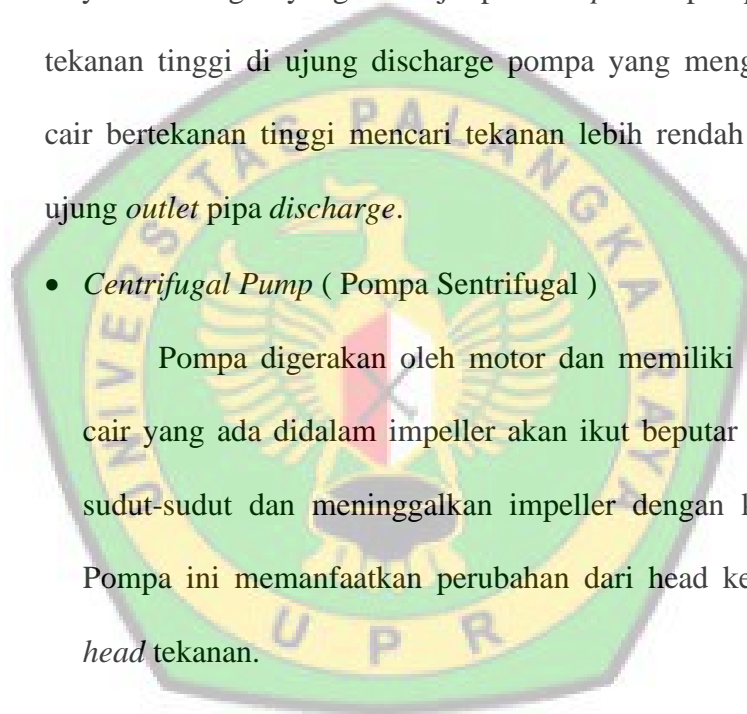
b. Prinsip Kerja Pompa

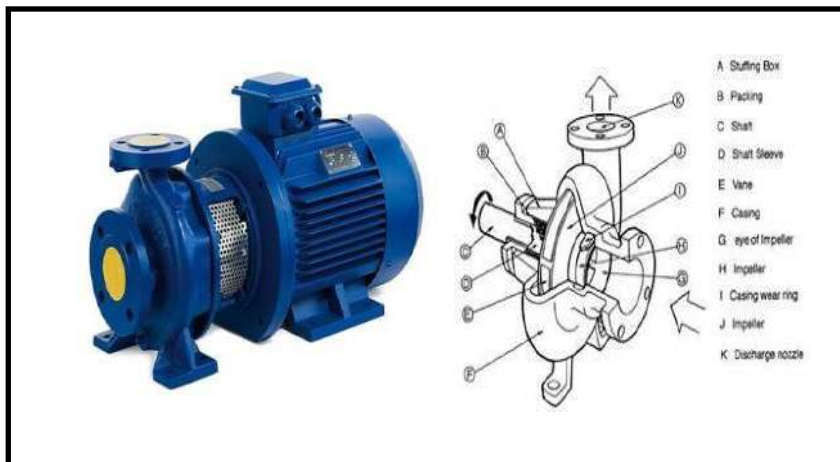
Pompa bekerja dengan mengikuti 2 tahapan, yaitu:

1. Pompa menciptakan tekanan sangat rendah pada muka *suction* pompa, sedangkan fluida cair yang di luar memiliki tekanan 1 atm. Dengan adanya perbedaan tekanan ini maka fluida cair akan mengalir melalui pipa *suction* menuju ke muka *suction* pompa yang memiliki tekanan yang lebih rendah.
2. Gaya sentrifugal yang bekerja pada *impeller* pompa menimbulkan tekanan tinggi di ujung *discharge* pompa yang mengakibatkan fluida cair bertekanan tinggi mencari tekanan lebih rendah yang terletak di ujung *outlet* pipa *discharge*.

- *Centrifugal Pump* (Pompa Sentrifugal)

Pompa digerakan oleh motor dan memiliki *Head* tinggi. Zat cair yang ada didalam *impeller* akan ikut beputar karena dorongan sudut-sudut dan meninggalkan *impeller* dengan kecepatan tinggi. Pompa ini memanfaatkan perubahan dari head kecepatan menjadi *head* tekanan.





(Sumber : Sularso dan Haruo Tahara, Buku Pompa dan Kompresor, 2005)

Gambar 2.5 Centrifugal Pump

2.7.3 Head pompa

Dalam pemompaan dikenal istilah *head* (julang), yaitu energi yang diperlukan untuk mengalirkan sejumlah air pada kondisi tertentu. Semakin besar debit air yang dipompa, maka *head* juga akan semakin besar. Untuk menghitung *head* pompa menggunakan rumus sebagai berikut :

$$H_t = H_p + H_s + H_f + H_{sh} + H_v \dots \dots \dots (2.23)$$

a. *Head Preasure* ($\frac{P}{\gamma}$)

Head preasure adalah besarnya kerugian tinggi tekanan yang disebabkan beda tekanan fluida pada sisi tekan dan sisi isap. *Head* tekanan dapat dihitung dengan rumus Bernoulli sebagai berikut :

$$\frac{P}{\gamma} = \left(\frac{P_{discharge} - P_s}{\gamma} \right) \dots \dots \dots (2.24)$$

Dimana:

$$\frac{P}{\gamma} = \text{Head tekanan}$$

$P_{\text{discharge}}$ = Tekanan fluida sisi tekan

P_s = Tekanan saat sisi isap

γ = Berat jenis fluida

b. *Static Head / Head potensial (H_s)*

Static Head adalah besarnya kerugian yang disebabkan oleh perbedaan tinggi antara permukaan air dengan tempat pembuangan.

$$H_s = h_2 - h_1 \dots\dots\dots(2.25)$$

c. *Velocity Head (H_v)*

Velocity Head adalah kerugian tinggi tekan yang diakibatkan oleh kecepatan pergerakan air yang melalui pompa.

$$H_v = \frac{V^2}{2g} \dots\dots\dots(2.26)$$

Dengan :

H_v = *Head velocity* (m/dtk)

v = kecepatan air yang melalui pompa (m/dtk)

g = gaya gravitasi bumi (m/dtk)

d. *Friction Head* (H_f)

Friction Head adalah kerugian tinggi tekanan akibat gesekan air yang melalui pipa dengan dinding pipa, yang dihitung berdasarkan persamaan “*Hazen-Williams*” .

$$HI = \left(\frac{3,35 \times Q \times 10^6}{C \times d^{2,63}} \right)^{1,852} \dots\dots\dots(2.27)$$

$$H_f = \left(\frac{HI \times L_{\text{pipa}}}{100} \right) \dots\dots\dots(2.28)$$

(Sumber: Ram S. Gupta. 1989. 11 : 559)

Dengan :

h_f = kerugian gesekan dalam pipa (m),

Q = laju aliran dalam pipa (m³/s),

L = panjang pipa (m),

C = koefisien kekasaran pipa *Hazen – Williams*

d = diameter pipa (m)

Adapun besarnya koefisien kekasaran pipa *Hazen-Williams* dapat dibaca pada tabel berikut ini :

Tabel 2.8 Koefisien Kekasaran Pipa *Hazen – Williams*

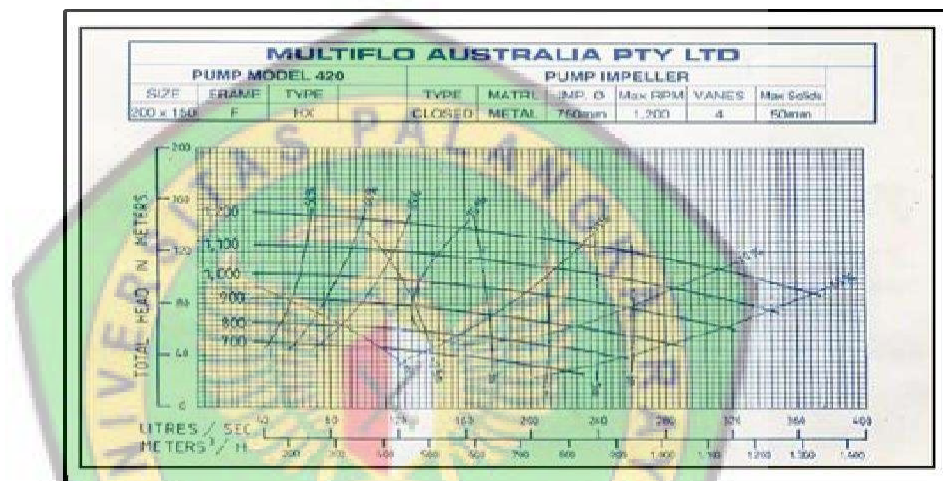
Material	Koefisien <i>Hazen-Williams</i> (C)
ABS - Styrene Butadiene Acrylonite	130
Aluminium	130 -150
Pipa Metal -sangat halus	130 – 140
Plastik	130 – 150
<i>Polyethylene, PE, Peh</i>	140
<i>Polivinil klorida, PVC, CPVC</i>	130
Pipa halus	140
Baja baru tak bergaris	140 – 150
Baja bergelombang	60
Baja dilas dan mulus	100
Baja membatu, terpaku spiral	90 – 110
Timah	130
<i>Vitrifikasi Clay</i>	110

(Sumber : Ram S. Gupta. 1989. 11 : 559)

2.7.4 Pump Curve (Grafik Pompa)

1. Pump Performance Curve

Setiap pompa memiliki grafik yang menunjukkan kinerja dari pompa yang dikenal dengan *Pump Performance Curve* (Grafik Kemampuan Pompa). Grafik kemampuan pompa merupakan grafik debit dan *head* kemampuan pompa juga tergambar nilai NPSHr, RPM, Daya yang dibutuhkan serta efisiensi pompa.

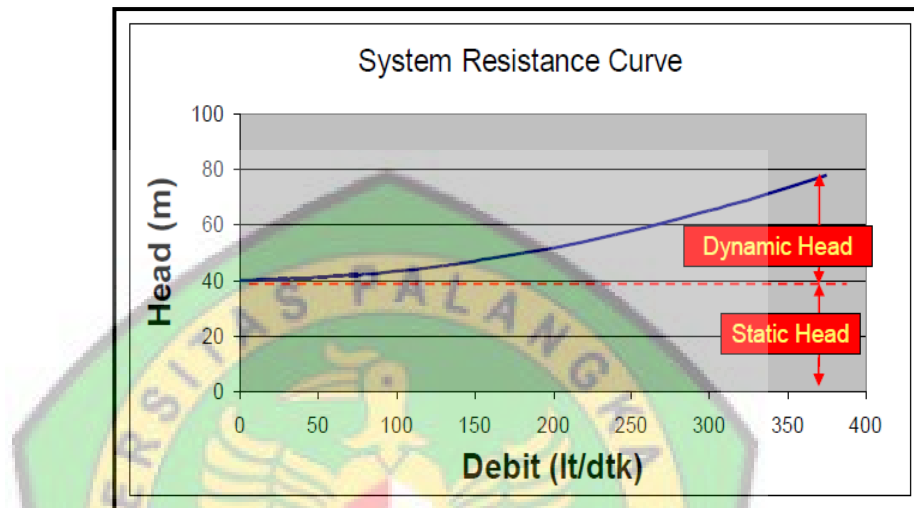


Gambar 2.6 Contoh *Pump Performance Curve* Merk Multiflo

Dari grafik diatas dapat terlihat bahwa besar debit yang dihasilkan oleh *centrifugal pump* tergantung dari total *head* yang tercipta pada sistem pemompaan itu. *Head* yang dimaksud di *performance curve* sebenarnya adalah nilai tekanan yang dinyatakan dalam m. *Head* diartikan sebagai besarnya hambatan/tekanan yang dialami pompa untuk mengalirkan larutan menuju ke *outlet*. Semakin besar *head* dalam sistem yang sama berarti pompa mengalirkan larutan lebih sedikit.

2. *System Resistance Curve*

Sebelumnya telah dibahas mengenai grafik *performance curve* yang berisi data kemampuan pompa, akan tetapi sebenarnya sistem pipa juga mempunyai grafiknya sendiri. Grafik tersebut disebut *System Resistance Curve (SRC)*. Berikut ini contoh grafik *SRC* (Gambar 2.4) :



Gambar 2.7 Contoh *System Resistance Curve*

Grafik tersebut juga harus ditampilkan untuk memberi gambaran hubungan dari total *head* yang harus dihadapi pompa pada debit yang berbeda – beda. Total *head* dibagi menjadi 2 jenis yaitu *static head* dan *dynamic head*. *Static head* dinyatakan sebagai beda tinggi antara permukaan air di pipa *suction* dengan lokasi paling tinggi pada pipa *outlet*. Sementara *dynamic head* adalah hambatan yang diakibatkan oleh *factor* Bergeraknya larutan di dalam pipa. Nilai *static head* untuk suatu *system* adalah tetap, sementara *dynamic head* berubah tergantung dari kecepatan aliran di pipa *discharge* yang dipengaruhi oleh kekasaran pipa, diameter pipa, kecepatan aliran dan panjang pipa. Tampak pada gambar di atas (Gambar 2.4),

semakin besar nilai debit yang melalui pipa maka semakin besar pula nilai total *head* yang tercipta pada sistem. Sistem yang bagus adalah sistem dengan nilai *dynamic head* yang kecil. Grafik *system resistance curve* berfungsi untuk melihat kemampuan pompa sebenarnya pada saat pompa terpasang pada sistem pipa. Untuk mendapatkan nilai titik kerja pompa yang direncanakan yang harus dilakukan adalah mencari perpotongan antara grafik *performance curve* dengan grafik *system resistance curve*.

2.7.5 Perencanaan Instalasi Pompa dan Tata Letak Pompa

Pompa tidak dapat bekerja sendiri tanpa fasilitas penunjang seperti pipa- pipa dan katup-katup. Jadi dalam merencanakan peralatan pompa harus diperhatikan benar-benar fasilitas penunjang ini. Ruang pompa harus direncanakan dengan memperhatikan jalan masuk mesin, tempat dan ruangan untuk membongkar dan memasang pompa, jalan untuk pemeliharaan dan pemeriksaan, papan tombol, pipa-pipa, penopang, saluran pembuang air, drainase ruangan, ventilasi, penerangan, keran pengangkat, dan lain-lain. Jika beberapa pompa akan dipasang di dalam ruangan yang sama perlu diperhatikan jarak antar pompa. Jarak terlalu dekat dapat menimbulkan pusaran di tadah isap hingga mengakibatkan performansi pompa yang buruk atau menyulitkan pada waktu operasi dan pemeliharaan. Karena itu sebagai pedoman dapat diambil jarak minimum 1,0 m atau biasanya lebih dari 1,5 m sebagai ruang bebas di sekeliling pompa.

2.7.6 Instalasi Pipa

Suatu instalasi pipa yang diterapkan pada suatu sistem pemompaan, harus mampu menyediakan semua sistem yang akan bekerja dengan baik. Instalasi pipa yang tidak efisien secara langsung akan mempengaruhi *head* total pompa dan memiliki korelasi langsung dengan kapasitas aliran dan dengan kapasitas aliran dan kecepatan aliran, yang mana kecepatan aliran tersebut sangat mempengaruhi *head* total dari pompa. Selain hal tersebut, pemilihan bahan untuk instalasi memegang peranan penting, karena pemilihan bahan yang sesuai akan mempermudah kondisi akan mempermudah kondisi operasional dari sistem pemompaan itu sendiri.

Pipa adalah saluran tertutup yang digunakan untuk mengalirkan fluida. Apabila dilakukan pemompaan volume tertentu air dengan menggunakan pipa berdiameter kecil, maka tahanan friksi di dalam pipa menjadi besar, sehingga kerugian energinya menjadi besar dan biaya penggerakannya bertambah. Patokan hubungan antara diameter dalam pipa drainase air dan kapasitas alirannya adalah seperti Tabel 2.9 di bawah ini.

Tabel 2.9 Hubungan Diameter Pipa dengan Kapasitas Aliran

Diameter Dalam Pipa		Kapasitas
Inch	Mm	M ³ /menit
2	50	0,17
4	100	1,13
6	150	2,85
8	200	4,25
10	250	7,10
12	300	11,4

(Sumber : Modul Teknologi Tambang Dalam. 2002. UPN

Veteran Yogyakarta)

Material jenis pipa yang digunakan untuk keperluan pemompaan diantaranya :

1. Golongan Metal : Besi, *Galvanized*, *Alumunium*, Tembaga, *Cast-Iron*, *Stainless Steel*
2. Golongan Non-Metal : PVC, Pipa-plastik (selang), *Asbestos-Cement*, *Spiral-Hose*, *Poly-Ethylene / HDPE*

2.7.7 Kapasitas Aliran dan Kecepatan Aliran

Untuk menghasilkan suatu kondisi operasional pada unit-unit operasi tertentu, penentuan kapasitas serta kecepatan aliran bergantung pada kapasitas pompa yang digunakan, perbedaan tinggi dari tempat pemasangan instalasi pipa, serta instalasi pipa itu sendiri.

2.7.8 Daerah Operasi

Daerah operasi sistem pemompaan pada kondisi tertentu sangat mempengaruhi performansi pompa dan pemilihan jenis pompa. Performansi pompa akan menurun jika pompa dioperasikan pada elevasi yang sangat tinggi dari bidang datar dan akan mempengaruhi pemilihan jenis pompa yang akan dioperasikan. Elevasi tersebut berpengaruh secara langsung pada penentuan *head static* dan potensial *head* dari titik isap (*reservoir*) dan titik keluar (daerah yang disuplai). Dalam hal ini, selisih *static head* (*head static*) dan selisih potensial *head* akan berpengaruh. Jika titik keluar lebih rendah dari titik isap (*reservoir*) maka pengaruh yang diberikan akan positif karena menghasilkan *head* total pompa yang lebih rendah, namun jika yang terjadi sebaliknya maka *head* total yang dihasilkan akan semakin besar.

2.7.9 *Head Total Pompa*

Sebagaimana telah dijelaskan sebelumnya, head total pompa merupakan variabel yang sangat menentukan dalam pengoperasian suatu pompa. Apabila suatu pompa yang digunakan pada suatu instalasi pemompaan tidak sesuai dengan spesifikasinya, maka sangat sulit untuk mengharapkan pompa tersebut dapat bekerja secara optimal. Sebagai penjelasan, apabila suatu pompa dengan spesifikasi pada medium head dari pompa tersebut, maka pompa tersebut akan mengalami hambatan dalam hal penentuan putaran pompa yang sudah tidak sesuai pula. Hal tersebut dapat mengakibatkan air yang disuplai tidak mampu memenuhi kebutuhan air, dan apabila konisi tersebut (pompa yang dipakai tidak sesuai) masih tetap dipertahankan, maka kerusakan teknis pada pompa dapat saja terjadi.

Mengingat pentingnya head total pompa dalam sistem pemompaan, maka penentuan total head pompa sebelum operasional perlu dipertimbangkan sedemikian rupa agar tidak terjadi kondisi operasional yang tidak diharapkan.

BAB III

METODE PENELITIAN

3.1 Profil dan Sejarah Perusahaan

PT. Bukit Asam (Persero) Tbk. Tanjung Enim mengawali kegiatan eksplorasi pada tahun 1915 sampai tahun 1918 dan mulai memproduksi pada tahun 1919 dengan menggunakan metode penambangan terbuka (*open pit*) di wilayah operasi pertama, yaitu di TAL (Tambang Air Laya). PT. Bukit Asam Tbk adalah Badan Usaha Milik Negara yang didirikan pada tanggal 2 Maret 1981 berdasarkan Peraturan Pemerintah No. 42 Tahun 1980 dengan Kantor Pusat di Tanjung Enim, Sumatera Selatan. Dalam rangka memenuhi kebutuhan tersebut, maka dikembangkan beberapa *site* di wilayah IUP PT. Bukit Asam (Persero), Tbk Tanjung Enim, antara lain Tambang Air Laya (TAL), Muara Tiga Besar (MTB) dan Banko Barat.

3.2 Lokasi dan Kesampaian Daerah

Lokasi pertambangan PT. Bukit Asam Tbk berada di wilayah Tanjung Enim, Kabupaten Muara Enim, Provinsi Sumatera Selatan dengan jarak \pm 186 km Barat Daya dari pusat kota Palembang. Wilayah IUP PT. Bukit Asam Tbk secara astronomis terletak pada posisi $103^{\circ} 45' 00''$ BT - $103^{\circ} 50' 10''$ BT dan $3^{\circ} 42' 30''$ LS - $3^{\circ} 47' 30''$ LS atau garis bujur 9.583.200 – 9.593.200 dan lintang 360.600 – 367.000 dalam sistem koordinat internasional. Lokasi tersebut dapat ditempuh dari kota Palangaka Raya dengan cara :

- a. Palangka Raya – Jakarta, dengan menggunakan pesawat, dapat ditempuh dalam waktu kurang lebih 1 jam 25 menit perjalanan.
- b. Jakarta – Palembang, dengan menggunakan pesawat, dapat ditempuh dalam waktu kurang lebih 1 jam 15 menit perjalanan.
- c. Palembang – Tanjung Enim, dengan menggunakan kendaraan roda 4 (empat), dapat ditempuh dalam waktu kurang lebih 4 jam 15 menit perjalanan.
- d. Menuju lokasi penelitian di Banko dapat menggunakan sarana transportasi perusahaan berupa kendaraan roda empat atau bus karyawan dengan waktu tempuh \pm 25 menit.

3.3 Gambaran Umum Wilayah Penelitian

Lokasi Penambangan PT Bukit Asam Tbk terletak di Tanjung Enim, Kecamatan Lawang Kidul, Kabupaten Muara Enim, Provinsi Sumatera

terletak pada posisi $103^{\circ} 45' \text{ BT} - 103^{\circ} 50' \text{ BT}$ dan $3^{\circ} 42' 30'' \text{ LS} - 4^{\circ} 47' 30''$ atau garis bujur 9.583.200 – 9.593.200 dan lintang 360.600 - 367.000 dalam sistem koordinat internasional.

Aliran sungai Muara Enim melalui daerah penambangan yang berbukit dan landai. Dasar sungai mempunyai elevasi terendah kurang lebih 40 m dari permukaan air laut dan elevasi tertinggi berada pada puncak Bukit Asam dengan elevasi kurang lebih 282 m diatas permukaan air laut.

3.4 Kondisi Geologi

3.4.1 Fisiografi

Daerah penyelidikan termasuk dalam Cekungan Sumatera Selatan, yang dipengaruhi oleh sistem penunjaman lempeng yang terdapat di sebelah barat Pulau Sumatera, yaitu antara Lempeng Eurasia dengan Lempeng India-Australia.

Berdasarkan konsep tektonik lempeng, kedudukan cekungan batubara tertier di Indonesia bagian barat berkaitan dengan sistem busur kepulauan. Dalam sistem ini dikenal adanya cekungan busur belakang, cekungan busur depan, dan cekungan intramontana atau cekungan antar busur.

Masing - masing cekungan tersebut memiliki karakteristik endapan batubara antara satu dengan yang lainnya. Sedangkan menurut Koesoemadinata dkk (1978), semua cekungan batubara tertier di Indonesia

digolongkan cekungan paparan karena berhubungan dengan kerak benua pada semua sisinya.

Pada peta geologi regional terdapat bahwa bagian utara lebih rendah dari pada bagian selatan dimana air sungai mengalir dari selatan ke utara

3.4.2 Stratigrafi

Pada dasarnya stratigrafi cekungan Sumatera Selatan terdiri dari satu siklus besar sedimentasi yang dimulai dari fase transgresi pada awal siklus dan fase regresi pada akhir siklusnya. Awalnya siklus ini dimulai dengan siklus *non-marine*, yaitu proses diendapkannya Formasi Lahat pada Oligosen Awal dan setelah itu diikuti oleh Formasi Talang Akar yang diendapkan di atasnya secara tidak selaras. Fase transgresi ini terus berlangsung hingga miosen awal, dan berkembang Formasi Batu Raja yang terdiri dari batuan karbonat yang diendapkan pada lingkungan *back reef*, *fore reef* dan intertidal. Sedangkan untuk fase transgresi maksimum diendapkan Formasi Gumai bagian bawah yang terdiri dari *shale* laut dalam secara selaras di atas Formasi Batu Raja. Fase regresi terjadi pada saat diendapkannya Formasi Gumai bagian atas dan diikuti oleh pengendapan Formasi Air Benakat secara selaras yang didominasi oleh litologi batupasir pada lingkungan pantai dan delta. Pada Pliosen Awal, laut menjadi semakin dangkal karena terdapat dataran delta dan *non-marine* yang terdiri dari perselingan batupasir dan claystone dengan sisipan berupa batubara. Pada saat Pliosen Awal ini menjadi waktu pembentukan dari Formasi Muara

Enim yang berlangsung sampai Pliosen Akhir yang terdapat pengendapan batuan konglomerat, batu apung dan lapisan batupasir *tuffa*.

1. Batuan Dasar (*Basement*)

Batuan dasar (pra tersier) terdiri dari batuan kompleks Paleozoikum dan batuan Mesozoikum, batuan metamorf, batuan beku, dan batuan karbonat. Batuan dasar yang paling tua, terdeformasi paling lemah, dianggap bagian dari lempengmikro Malaka, mendasari bagian utara dan timur cekungan. Lebih ke selatan lagi terdapat Lempeng-mikro Mergui yang terdeformasi kuat, kemungkinan merupakan fragmen kontinental yang lebih lemah. Lempeng-mikro Malaka dan Mergui dipisahkan oleh fragmen terdeformasi dari material yang berasal dari selatan dan bertumbukan. Bebatuan granit, vulkanik, dan metamorf yang terdeformasi kuat (berumur Kapur Akhir) mendasari bagian lainnya dari cekungan Sumatera Selatan. Morfologi batuan dasar ini dianggap mempengaruhi morfologi *rift* pada Eosen-Oligosen, lokasi dan luasnya gejala inversi/pensesaran mendatar pada Plio-Pleistosen, karbon dioksida lokal yang tinggi yang mengandung hidrokarbon gas, serta rekahan-rekahan yang terbentuk di batuan dasar (Ginger & Fielding, 2005).

2. Formasi Lahat

Formasi Lahat diperkirakan berumur Oligosen Awal (Sardjito dkk, 1991). Formasi ini merupakan batuan sedimen pertama yang diendapkan pada cekungan Sumatera Selatan. Pembentukannya hanya terdapat pada

bagian terdalam dari cekungan dan diendapkan secara tidak selaras. Pengendapannya terdapat dalam lingkungan darat/aluvial-fluvial sampai dengan *lacustrine*. Fasies batupasir terdapat di bagian bawah, terdiri dari batupasir kasar, kerikilan, dan konglomerat. Sedangkan fasies *shale* terletak di bagian atas (*Benakat Shale*) terdiri dari batu serpih sisipan batupasir halus, lanau, dan tufa. Sehingga *shale* yang berasal dari lingkungan *lacustrine* ini merupakan dapat menjadi batuan induk. Pada bagian tepi *graben* ketebalannya sangat tipis dan bahkan tidak ada, sedangkan pada bagian tinggian *intra-graben* sub cekungan selatan dan tengah Palembang ketebalannya mencapai 1000 m (Ginger & Fielding, 2005).

3. Formasi Talang Akar

Formasi Talang Akar diperkirakan berumur Oligosen Akhir sampai Miosen Awal. Formasi ini terbentuk secara tidak selaras dan kemungkinan *paraconformable* di atas Formasi Lahat dan selaras di bawah Formasi Gumai atau anggota Basal Telisa/Formasi Batu Raja. Formasi Talang Akar pada cekungan Sumatera Selatan terdiri dari batulanau, batupasir dan sisipan batubara yang diendapkan pada lingkungan laut dangkal hingga transisi. Bagian bawah formasi ini terdiri dari batupasir kasar, serpih dan sisipan batubara. Sedangkan di bagian atasnya berupa perselingan antara batupasir dan serpih. Ketebalan Formasi Talang Akar berkisar antara 460 – 610 m di dalam beberapa area cekungan.

4. Formasi Batu Raja

Formasi Batu Raja diendapkan secara selaras di atas Formasi Talang Akar pada kala Miosen Awal. Formasi ini tersebar luas terdiri dari karbonat *platforms* dengan ketebalan 20-75 m dan tambahan berupa karbonat *build-up* dan *reef* dengan ketebalan 60-120 m. Didalam batuan karbonatnya terdapat *shale* dan *calcareous shale* yang diendapkan pada laut dalam dan berkembang di daerah *platform* dan tinggian (Bishop, 2001). Produksi karbonat berjalan dengan baik pada masa sekarang dan menghasilkan pengendapan dari batugamping. Keduanya berada pada *platforms* di pinggiran dari cekungan dan *reef* yang berada pada tinggian *intra-basinal*. Karbonat dengan kualitas reservoir terbaik umumnya berada di selatan cekungan, akan tetapi lebih jarang pada bagian utara Subcekungan Jambi (Ginger dan Fielding, 2005). Beberapa distribusi *facies* batugamping yang terdapat dalam Formasi Batu Raja diantaranya adalah *mudstone*, *wackestone*, dan *packstone*. Bagian bawah terdiri dari batugamping kristalin yang didominasi oleh semen kalsit dan terdiri dari *wackestone* bioklastik, sedikit *plentic foram*, dan di beberapa tempat terdapat *vein*.

5. Formasi Gumai

Formasi Gumai diendapkan secara selaras di atas formasi Batu Raja pada kala Oligosen sampai dengan Miosen Tengah. Formasi ini tersusun oleh *fosilliferous marine shale* dan lapisan batugamping yang mengandung *glauconitic* (Bishop, 2001). Bagian bawah formasi ini terdiri dari serpih

yang mengandung *calcareous shale* dengan sisipan batugamping, napal dan batulanau. Sedangkan di bagian atasnya berupa perselingan antara batupasir dan *shale*. Ketebalan formasi Gumai ini diperkirakan 2700 m di tengah-tengah cekungan. Sedangkan pada batas cekungan dan pada saat melewati tinggian ketebalannya cenderung tipis.

6. Formasi Air Benakat

Formasi Air Benakat diendapkan selama fase regresi dan akhir dari pengendapan Formasi Gumai pada kala Miosen Tengah (Bishop, 2001). Pengendapan pada fase regresi ini terjadi pada lingkungan neritik hingga *shallow marine*, yang berubah menjadi lingkungan *delta plain* dan *coastal swamp* pada akhir dari siklus regresi pertama. Formasi ini terdiri dari batulempung putih kelabu dengan sisipan batupasir halus, batupasir abu-abu hitam kebiruan, glaukonitan setempat mengandung lignit dan di bagian atas mengandung tufaan sedangkan bagian tengah kaya akan fosil foraminifera. Ketebalan formasi ini diperkirakan antara 1000-1500 m.

7. Formasi Muara Enim

Formasi ini diendapkan pada kala Miosen Akhir sampai Pliosen dan merupakan siklus regresi kedua sebagai pengendapan laut dangkal sampai *continental sands*, delta dan batulempung. Siklus regresi kedua dapat dibedakan dari pengendapan siklus pertama (Formasi Air Benakat) dengan ketidakhadirannya batupasir glaukonit dan akumulasi lapisan batubara yang tebal. Pengendapan awal terjadi di sepanjang lingkungan rawa-rawa dataran

pantai, sebagian di bagian selatan Cekungan Sumatra Selatan, menghasilkan deposit batubara yang luas. Pengendapan berlanjut pada lingkungan *delta plain* dengan perkembangan secara lokal sekuen serpih dan batupasir yang tebal. Siklus regresi kedua terjadi selama kala Miosen akhir dan diakhiri dengan tanda-tanda awal tektonik Plio-Pleistosen yang menghasilkan penutupan cekungan dan *onset* pengendapan lingkungan *non marine*.

Batupasir pada formasi ini dapat mengandung glaukonit dan debris vulkanik. Pada formasi ini terdapat oksida besi berupa konkresi-konkresi dan *silisified wood*. Sedangkan batubara yang terdapat pada formasi ini umumnya berupa lignit. Ketebalan formasi ini tipis pada bagian utara dan maksimum berada di sebelah selatan dengan ketebalan 750 m (Bishop, 2001).

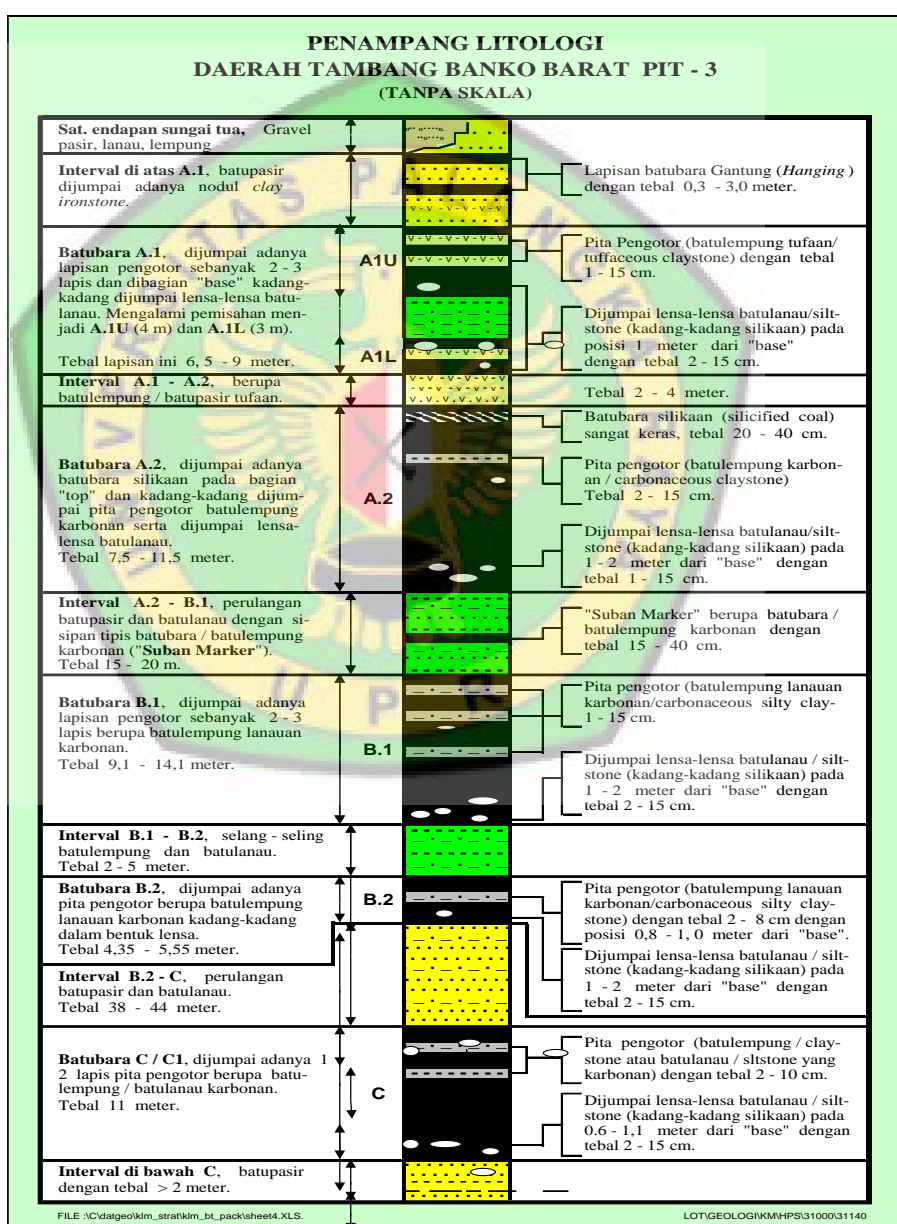
8. Formasi Kasai

Formasi ini diendapkan pada kala Pliosen sampai dengan Pleistosen. Pengendapannya merupakan hasil dari erosi dari pengangkatan Bukit Barisan dan Pegunungan Tigapuluh, serta akibat adanya pengangkatan pelipatan yang terjadi di cekungan. Pengendapan dimulai setelah tanda-tanda awal dari pengangkatan terakhir Pegunungan Barisan yang dimulai pada Miosen Akhir. Kontak formasi ini dengan Formasi Muara Enim ditandai dengan kemunculan pertama dari batupasir tufaan. Karakteristik utama dari endapan siklus regresi ketiga ini adalah adanya kenampakan

produk vulkanik. Formasi Kasai tersusun oleh batupasir kontinental dan lempung serta material piroklastik. Formasi ini mengakhiri siklus susut laut.

3.4.3 Geologi Daerah Penelitian

Untuk mengetahui lebih rinci dapat dilihat pada susunan stratigrafi dengan uraian sebagai berikut (Gambar 3.2) :



Gambar 3.2 Penampang Litologi Pit 3 Timur Banko Barat

Adapun penjelasan gambar diatas adalah sebagai berikut :

1. Lapisan Tanah Penutup (*overburden*)

Tanah penutup terdiri dari endapan sungai tua (pasir dan kerikil) batu lempung dan lapisan lanau yang *silisified*, juga terdapat *iron stone nodules* serta lapisan gantung (*hanging steam*). Dapat dijelaskan bahwa lapisan ini merupakan lapisan yang terdiri dari tanah liat, bentonite, dan campuran lumpur serta batu pasir halus, pada bagian ini dapat dijumpai nodul-nodul clay ironstone yang berbentuk cakram pada gantung batubara dengan ketebalan rata-rata diatas 0.25 m sampai 0.80 m.

2. Lapisan Batubara A1 (Mangus Atas)

Umumnya lapisan batubara ini dapat dicirikan dengan adanya material- material pengotor berupa tiga lapisan tanah liat yang disebut *clayband*, adapun ketebalan dari lapisan batubara A1 adalah 7,3 m.

3. Lapisan Interburden A1 – A2

Lapisan ini dicirikan oleh adanya material Tufaan berwarna putih dan abu-abu. Secara keseluruhan lapisan ini memperlihatkan adanya struktur *graded bedding* dengan batu pasir konglomerat pada bagian dasar, batu lanau, dan batu lempung.

4. Lapisan Batubara A2

Lapisan Batubara ini memiliki ketebalan 4,5 m.

5. Lapisan Interburden A2 – B

Lapisan ini dicirikan dengan batu lempung, serta sisipan batu pasir.

6. Lapisan Batubara B1

Lapisan Batubara ini memiliki ketebalan 12,7 m dan terdapat sisipan batu lempung.

7. Lapisan Interburden B1 – B2

Lapisan ini mengandung batu lempung dan batu lanau yang tipis.

8. Lapisan Batubara B2

Lapisan Batubara ini memiliki ketebalan 4,5 m.

9. Lapisan Interburden B2 – C

Lapisan ini mengandung batu lanau, batu pasir, dan sisipan batu lanau serta terdapat mineral Glaukonitan.

10. Lapisan Batubara C

Lapisan Batubara ini memiliki ketebalan 11,5 m dengan sisipan tipis batu lempung dan dibawahnya terdapat batu lempung dan batu lanau.

3.5 Alat dan Bahan

Peralatan yang digunakan dalam penelitian antara lain :

a. Buku Lapangan (Catatan Harian)

Buku lapangan berfungsi untuk mencatat data–data penting diperlukan dalam penelitian.

b. Alat Tulis

Alat tulis berfungsi untuk mencatat data yang didapat di lapangan.

c. Kamera Digital

Kamera berfungsi untuk dokumentasi kegiatan pengambilan data laporan dan kegiatan lapangan.

d. Alat Pelindung Diri (APD)

Peralatan ini meliputi *safety shoes*, helm, dan rompi *reflector*.

e. Kalkulator

Kalkulator berfungsi sebagai alat bantu untuk menghitung secara akurat perhitungan data yang telah diambil.

f. Laptop

Laptop berfungsi untuk pengolahan laporan dan data-data yang telah diperoleh selama waktu pengamatan.

3.6 Tata Laksana

3.6.1 Langkah Kerja

Adapun langkah-langkah kerja dalam pelaksanaan skripsi ini adalah sebagai berikut :

1. Studi Literatur

Kegiatan ini dilakukan penyusunan *time frame* selama melakukan Tugas Akhir dan mempelajari buku-buku literatur yang berkaitan dengan Proses *Mine Dewatering*.

2. Data Lapangan Primer

Jenis kegiatan ini mencakup pengamatan langsung dari lapangan berupa debit air tanah, pengamatan jumlah air masuk berdasarkan keadaan *catchment area* aktual, koefisien limpasan,

menghitung debit air yang keluar dari pompa aktual, dan kapasitas pompa.

3. Data Lapangan Sekunder

Bentuk dari kegiatan ini adalah melakukan pengumpulan data curah hujan di area tambang pada periode tertentu, peta kesampaian daerah, peta geologi regional daerah penelitian, peta *catchment area*, data spesifikasi unit pompa yang aktual dipakai, data populasi pompa, dan data *sump*.

4. Analisa Data

Data-data yang diperoleh diolah dengan analisa matematis dan statistik serta disajikan dalam bentuk tabel, dan perhitungan penyelesaian.

5. Penyusunan Laporan

Data yang diperoleh kemudian diolah untuk selanjutnya dilakukan pembahasan sesuai dengan rumusan masalah.

3.6.2 Metode Penelitian

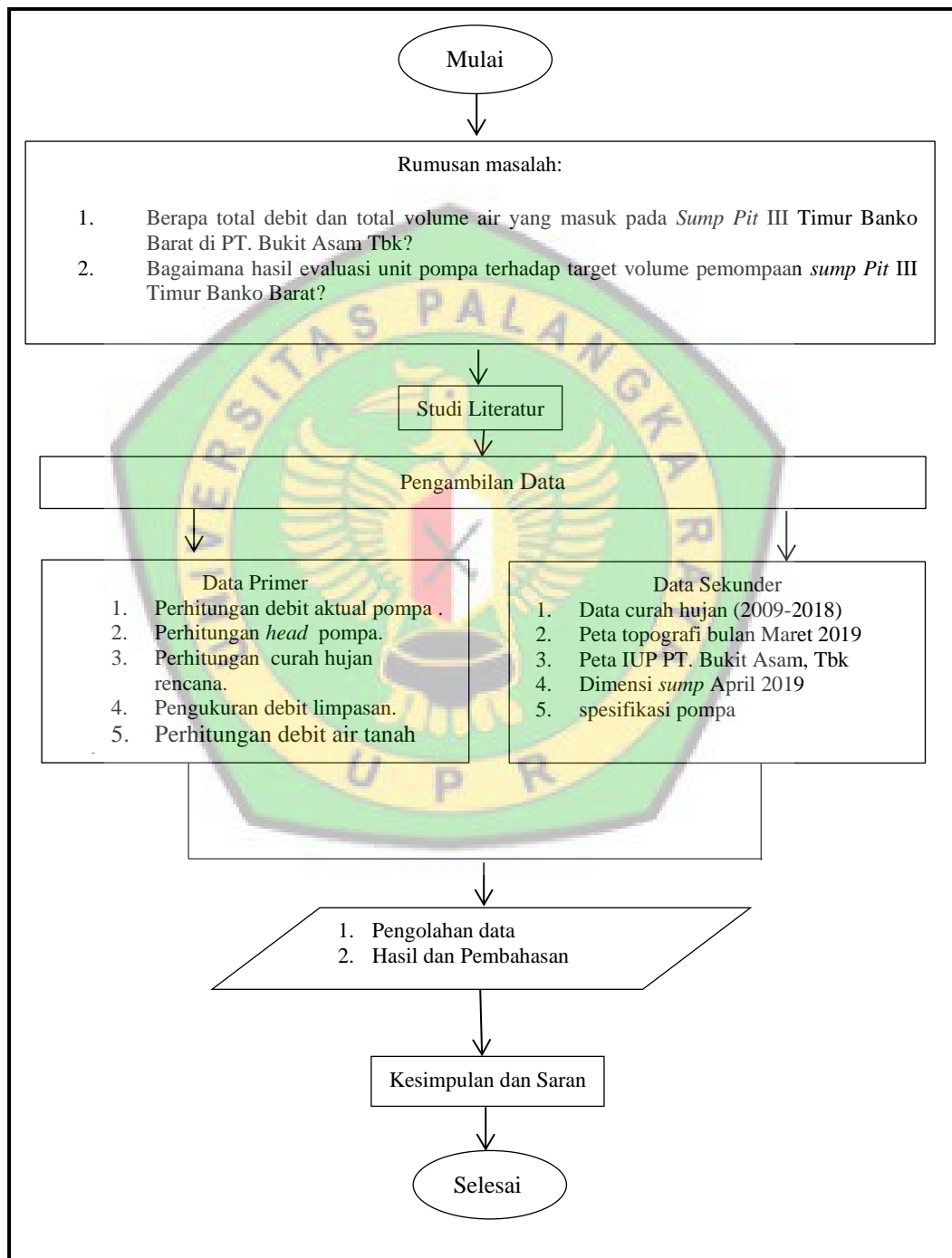
Metode yang digunakan dalam penelitian ini didasarkan pada metode kuantitatif deskriptif. Metode penelitian kuantitatif adalah penelitian ilmiah yang sistematis terhadap bagian-bagian dan fenomena serta hubungan-hubungannya. Tujuan penelitian kuantitatif adalah mengembangkan dan menggunakan model-model matematis, teori-teori yang berkaitan dengan kegiatan tertentu. Metode deskriptif merupakan metode penelitian yang berusaha menggambarkan objek sesuai apa adanya

dan menggambarkan secara sistematis fakta serta karakteristik objek yang diteliti secara tepat. Penelitian dilaksanakan melalui prosedur sebagai berikut :

1. Studi Literatur yaitu melakukan studi atau mencari referensi di perpustakaan dengan membaca literatur yang berkaitan dengan sistem penyaliran pada tambang. Literatur yang digunakan berasal dari buku, jurnal penelitian, laporan, internet serta makalah-makalah yang berhubungan dengan penelitian.
2. Melakukan studi lapangan, yaitu melakukan observasi langsung di lapangan terhadap proses *Mine Dewatering* di PT. Bukit Asam Tbk. Pengambilan data langsung di lapangan meliputi debit air limpasan, debit air tanah, menghitung debit pompa, serta kapasitas pompa.
3. Pengelompokan data, yaitu data yang diperoleh dari hasil studi literatur dan studi lapangan, kemudian dikelompokkan menjadi data sekunder dan data primer. Data sekunder adalah data penunjang yang didapat peneliti dari pihak perusahaan dan instansi yang terkait dengan penelitian. Data primer adalah data yang diambil peneliti dilapangan dan diolah peneliti.
4. Pengolahan data, yaitu pengolahan data dilakukan dengan melakukan beberapa perhitungan dan penggambaran yang selanjutnya disajikan dalam bentuk perhitungan.
5. Menganalisa data yang diperoleh dengan analisa matematis dan statistik dan disajikan ke bentuk tabel, dan perhitungan penyelesaian.

3.7 Bagan Alir Penelitian

Secara keseluruhan kegiatan penelitian dapat dijabarkan ke dalam bagan alir pada Gambar 3.3 sebagai berikut :



Gambar 3.3 Bagan Alir Pelaksanaan Tugas Akhir

3.8 Waktu Penelitian

Pelaksanaan penelitian berlangsung dari Tanggal 11 Februari 2019 – 11 April 2019 pada PT. Bukit Asam Tbk, Tanjung Enim, Kecamatan Lawang Kidul, Kabupaten Muara Enim, Provinsi Sumatera Selatan. Dengan rincian pelaksanaan kegiatan sebagai berikut.

Tabel 3.1 Waktu Penelitian

No.	Kegiatan	Februari 2019				Maret 2019				April 2019				Mei 2019-2021				Mei 2021				Juni 2021			
		I	II	III	IV	I	II	III	IV	I	II	III	IV	I	II	III	IV	I	II	III	IV	I	II	III	IV
1	Konsultasi	■																							
2	Seminar Proposal																	■							
3	Penelitian di Lapangan		■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■												
4	Pengambilan Data																								
5	Pengolahan Data													■	■	■	■								
6	Konsultasi Hasil Skripsi																	■	■	■	■	■	■	■	■
7	Seminar Hasil																								■

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Hasil

4.1.1 Volume Air yang masuk kedalam *Sump Pit* III Timur Banko

4.1.1.1 Curah Hujan

Data curah hujan yang digunakan pada penelitian ini adalah data curah hujan rata-rata selama 10 tahun di Satker Banko pada PT. Bukit Asam Tbk, yaitu dari tahun 2009 sampai dengan tahun 2018 dengan satuan mm/hari yang di ukur menggunakan alat pengukur curah hujan (Gambar 4.1) yang ada di *pit* tersebut. Berdasarkan perhitungan seperti yang terlampir di lampiran B, maka curah hujan harian rata-rata setiap bulannya adalah 120,92 mm/hari.



a. *Hillman Automatic Rainrecorder*

b. Kertas Grafik

(Sumber : Dokumentasi Lapangan)

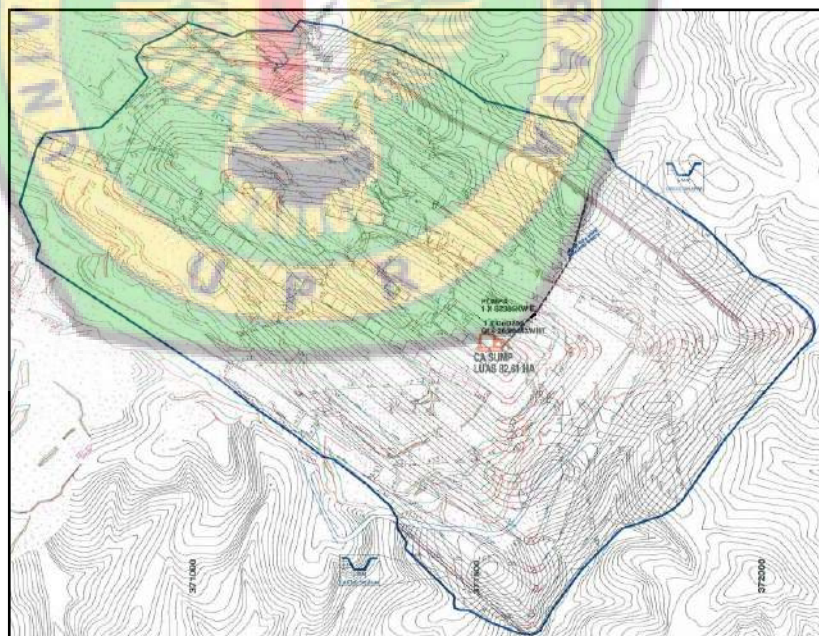
Gambar 4.1 Pengukuran Curah Hujan harian

4.1.1.2 Intensitas Curah Hujan

Berdasarkan data curah hujan yang ada dapat dihitung intensitas curah hujan yang ada per 10 tahunnya dengan periode ulang 2 tahun yang ada di *Pit III* Timur Banko PT. Bukit Asam Tbk, sehingga didapat intensitas curah hujan sebesar 32,468 mm/jam. (Lampiran D)

4.1.1.3 *Catchment Area*

Catchment area (daerah tangkapan hujan) diperlukan untuk mengetahui debit air yang masuk ke dalam tambang. Pada bulan Juli-Agustus 2017 luas *catchment area sump* adalah 84,27 Ha atau 0,8427 km². Data *catchment area* ini diperoleh dari satuan kerja rencana siklus hidrologi PT. Bukit Asam Tbk.



(Sumber: Satuan Kerja Renopshid)

Gambar 4.2 Peta *Catchment Area*

4.1.1.4 Debit Limpasan Permukaan (*Run Off*)

Berdasarkan hasil analisis yang didapatkan dari sebelumnya, kemudian diolah untuk menghitung produksi debit banjir maksimal dengan menggunakan metode rasional. Dengan koefisien limpasan berdasarkan kondisi wilayah tambang daerah studi adalah 0,9 (Tabel 4.1).

Tabel 4.1 Harga koefisien limpasan

Kemiringan	Kegunaan Lahan	Koefisien Limpasan
< 3%	Sawah, Rawa	0,2
	Hutan, Perkebunan	0,3
	Perumahan dengan Kebun	0,4
3% - 5%	Hutan, perkebunan	0,4
	Perumahan	0,5
	Tumbuhan yang jarang	0,6
	Tanpa tumbuhan, daerah penumbuhan	0,7
> 15%	Hutan	0,6
	Perumahan, kebun	0,7
	Tumbuhan yang jarang	0,8
	Tanpa tumbuhan, daerah tambang	0,9

(Sumber Dr. Ir. Suripin, M.Eng, 2004)

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

Keterangan :

C = Koefisien limpasan

I = Intensitas curah hujan (mm/jam)

A = Luas daerah tangkapan Hujan (Ha)

Dengan menggunakan rumus metode rasional diatas, sehingga pada lampiran E yang sudah dihitung dan didapat nilai debit limpasan sebesar $6,84074 \text{ m}^3/\text{detik}$ pada *sump Pit III Timur*.(Lampiran E).

Sehingga dengan perhitungan diatas, dapat pula dihitung total debit limpasan permukaan dan volume air yang masuk ke *sump* dalam 1 hari sebagaiberikut :

$$\begin{aligned} Q &= Q_L \times 3600 \text{ detik/jam} \times 1,39 \text{ jam/hari} \\ &= 6,84 \text{ m}^3/\text{detik} \times 3600 \times 1,39 \\ &= 34.227,36 \text{ m}^3/\text{hari} \end{aligned}$$

4.1.1.5 Debit Air Tanah

Berdasarkan penelitian didapatkan 4 sumber air tanah yang mengalir pada *sump pit III Timur Banko*. Maka di dapatkan total debit air tanah yang mengalir sebesar:

$$\begin{aligned} Q_{\text{air tanah}} &= Q_1 + Q_2 + Q_3 + Q_4 \\ &= 0,00004637 + 0,00019231 + 0,00006438 + 0,00048781 \\ &= 0,00079087 \text{ m}^3/\text{detik} = 68,33 \text{ m}^3/\text{hari} \text{ (Lampiran E)} \end{aligned}$$



(Sumber: Pengambilan Data Lapangan Penulis)

Gambar 4.3 Pengambilan Data Debit Air Tanah

4.1.1.6 Total Debit Air yang Masuk *Sump Pit* III Timur

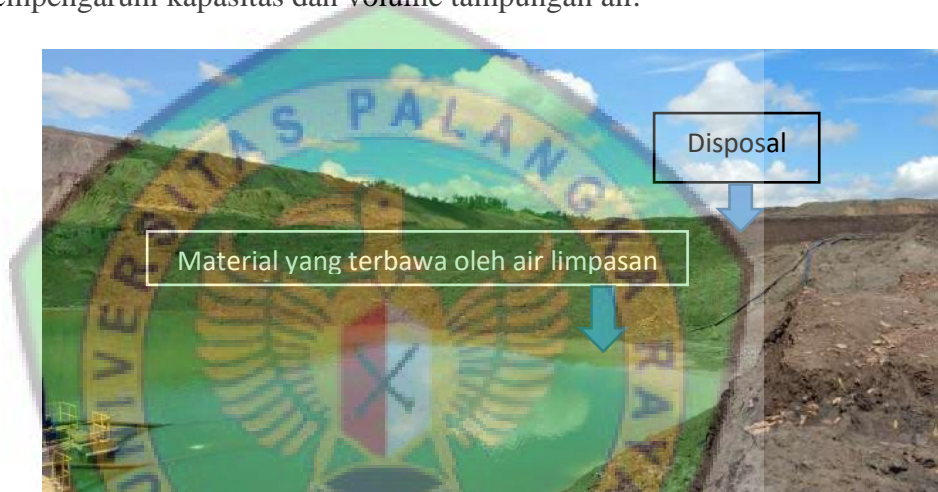
Total debit air yang masuk *Sump pit* III Timur Banko merupakan penjumlahan dari debit air limpasan, besar air hujan yang langsung masuk bukaan tambang, dan debit air tanah. Sehingga total debit air yang masuk ke dalam *sump* dengan asumsi rata-rata jam hujan adalah 1,39 jam/hari, maka dapat dihitung sebagai berikut :

$$\begin{aligned}
 Q_{\text{total}} &= Q_{\text{limpasan}} + Q_{\text{air tanah}} \\
 &= 34.227,36 \text{ m}^3/\text{hari} + 68,33 \text{ m}^3/\text{hari} \\
 &= 34.295,69 \text{ m}^3/\text{hari}
 \end{aligned}$$

4.1.2 Kapasitas *Sump Pit III Timur Banko Barat*

4.1.2.1 Kondisi Pada *Sump Pit III Timur*

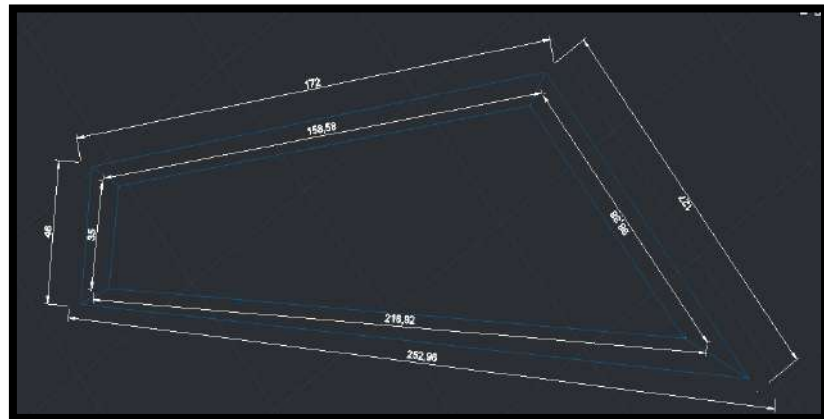
Kondisi pada *sump pit III Timur Banko Barat* saat penelitian dapat dilihat pada (Gambar 4.4). Diketahui pada sisi depan *sump* terdapat material tanah bercampur lumpur dari disposal yang terbawa oleh air limpasan, dimana menyebabkan terjadinya sedimentasi pada *sump* yang mempengaruhi kapasitas dan volume tampungan air.



Gambar 4.4 Kondisi *Sump Pit III Timur*

4.1.2.2 Rancangan Dimensi *Sump Pit III Timur Banko Barat*

Sump merupakan tempat menampung air limpasan maupun air tanah sebelum dilakukan pemompaan. Pada *Pit III Timur* memiliki elevasi terendah berada di elevasi -30 mdpl dan elevasi tertinggi berada di elevasi -20 mdpl. Sudut kemiringan pada *sump* adalah 60° . Panjang sisi atas adalah 172 m dan 252,98 m, sedangkan panjang sisi bawah adalah 158,58 m dan 218,82 m. Lebar sisi bawah adalah 35 m dan 98,38 m serta sisi atas 127 m dan 46 m. Berdasarkan perhitungan volume *sump* adalah $155.571,83 \text{ m}^3$.



(sumber :Satuan Kerja Renopshid)

Gambar 4.5 Rancangan Dimensi Sump

4.1.2.3 Volume Air Aktual Pada Sump Pit III Timur Banko Barat

Berdasarkan laporan evaluasi pada bulan Februari 2019, volume air aktual yang ada di *sump Pit III Timur Banko Barat* adalah sebesar 572.304 m³.



(Sumber : Dokumentasi Lapangan)

Gambar 4.6 Sump Pit III Timur Banko Barat

Volume ini diperoleh berdasarkan letak pompa, dimana data-data yang diperoleh dapat dilihat pada tabel 4.2 dibawah ini.

Tabel 4.2 Perhitungan volume aktual *sump Pit III Timur*

Perhitungan Volume <i>Sump</i>		
No	Parameter	Nilai
1	Elevasi Terendah (m)	-30
2	Elevasi Tertinggi (air) (m)	43,21
3	Total Volume <i>Sump</i> (m ³)	572.304 m ³

(Sumber : Satuan Kerja Renopshid)

4.1.2.4 Evaluasi Unit Pompa Pada *Sump Pit III Timur*

a. Sistem Pemompaan Dalam Proses *Dewatering Pit III Timur*

Sistem pemompaan yang digunakan pada *pit III Timur* menggunakan *direct single stage pump* yaitu sistem pemompaan yang dilakukan dari titik terendah hingga ke titik tertinggi yang disebut dengan *outlet* secara langsung dengan menggunakan 1 pompa. Pada lokasi penelitian, pompa yang digunakan adalah 2 unit pompa yaitu pompa Sulzer 385kW dan DnD200 yang berada pada elevasi +43 mdpl. Sedangkan pada *outlet* pompa berada pada elevasi +88 mdpl.

b. Sistem Pemipaan Pada Proses *Dewatering Pit III Timur*

Standar dan spesifikasi pipa yang digunakan oleh PT. Bukit Asam Tbk pada *pit III Timur Banko Barat*, untuk pompa yang ada pada perusahaan adalah pipa dengan jenis HDPE berdiameter 20 cm dan 34 cm.



(Sumber: Pengambilan Gambar oleh Penulis)

Gambar 4.7 Penyambungan Pipa HDPE

c. Pemompaan Aktual *Outlet* Pompa Pada *Pit* III Timur

Pompa yang di gunakan di *sump Pit* III Timur Banko Barat PT. Bukit Asam Tbk ada 2, yaitu pompa Sulzer 385K W dan pompa DnD200.

Perhitungan debit *outlet* suatu pompa dapat dihitung dengan pengukuran kecepatan aliran air pada *outlet* pompa, diameter pipa HDPE, *outlet* penuh atau tidak, jika tidak penuh maka akan dihitung berapa ruang kosong pada pipa *outlet* tersebut. Untuk pengukuran kecepatan aliran air pada *outlet* dapat dilihat seperti gambar 4.3 dibawah ini :



(Sumber : Dokumentasi Lapangan)

Gambar 4.8 Pengukuran debit aktual *outlet* pompa

Kemudian data-data yang telah didapatkan dihitung menggunakan rumus sebagai berikut :

$$Q_{pompa} = \pi \cdot r^2 \cdot v$$

(Sumber : Ir. Sularso, MSME dan Prof. Dr. Haruo Tahara, 1987)

Keterangan :

Q_{pompa} = Debit aktual *outlet* pompa (m³/detik)

r = Jari-jari pipa yang digunakan perusahaan (m)

v = Kecepatan aliran (m/s)

Dengan demikian berdasarkan data yang telah diperoleh, maka dapat kita hitung debit *outlet* pompa aktual yang digunakan pada *sump Pit III* Timur, dalam hal ini debit *outlet* pompa yang dihitung adalah Pompa SZ385KW E dengan debit *outlet* aktual pompa sebesar 0,09694 m³/detik atau 341,864 m³/jam dan DnD200 dengan debit *outlet* aktual pompa sebesar 0,1898 m³/detik atau 683,28 m³/jam. (Lampiran H)

d. Head Loss Total System Pompa

Pompa yang digunakan untuk mengeluarkan air tambang yaitu pompa sentrifugal, karena perawatan pompa sentrifugal lebih mudah dan mampu memompa cairan kental dan cairan yang bercampur padatan tanah/lumpur.

Air pemompaan akan mengalir menggunakan pipa hisap (*rubber horse*) DN 350 mm dengan panjang 6 meter kemudian keluar dari pipa buangan HDPE DN 250 untuk pompa Sulzer 385KW dan pipa DN 400 untuk pompa DnD200.



(Sumber: Pengambilan Gambar oleh Penulis)

Gambar 4.9 Pompa Sulzer 385kW dan DnD200

Pada pompa tersebut terdapat katub hisap yang berfungsi sebagai pelindung pompa dari kerusakan apabila terjadi arus balik. Selain katup hisap diujung sambungan pipa terdapat *reducer*.

Didapatkan *head* pompa sebagai berikut :

1. Perhitungan *Head Loss Total System* Pompa SZ385KW E

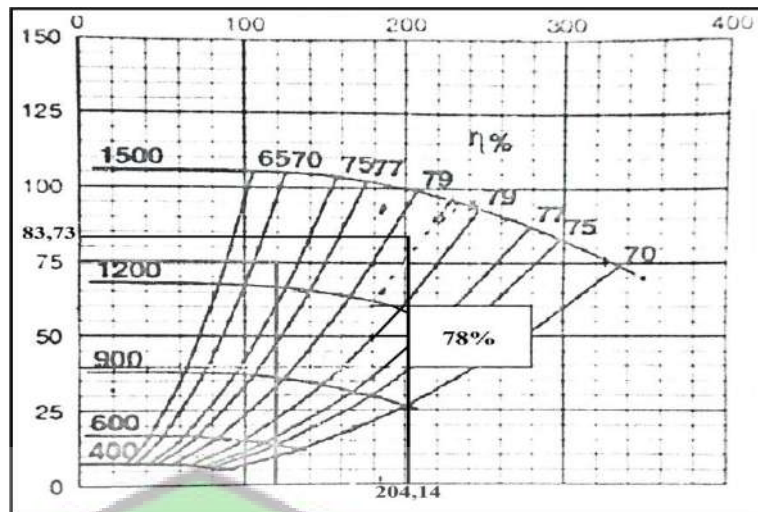
- | | |
|--|-------------------|
| a. <i>Static head</i> (H_s) | = 57 m |
| b. <i>Head</i> gesekan pipa keluar (H_f) (DN250) | = 10,68 m |
| | (DN200) = 12,71 m |
| c. <i>Head</i> kerugian pipa hisap (H_f) (DN350) | = 0,12 m |
| d. <i>Head</i> gesekan aksesoris (H_{fs}) | |
| ▪ Katup | = 1,05 |
| ▪ Pipa hisap (DN350) | = 0,5459 m |
| ▪ <i>Ball Valve</i> | = 0,77m |
| ▪ <i>Head</i> kecepatan di pipa keluar | = 0,57 m |
| ▪ <i>Head</i> kecepatan di pipa hisap | = 0,29 m |
| e. <i>Head</i> total pompa (H_{total}) | = 83,73m |

2. Perhitungan *Head Loss Total System Pompa DnD200*

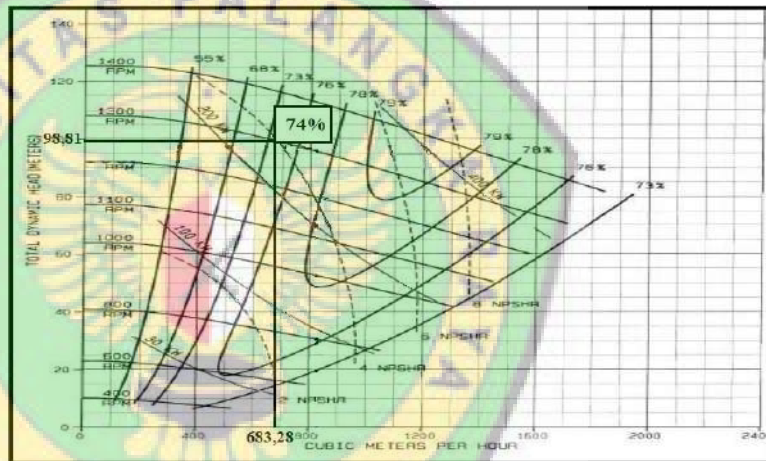
- a. *Static head* (H_s) = 57 m
- b. *Head* gesekan pipa keluar (H_f) DN400 = 35,11 m
- c. *Head* gesekan pipa hisap (H_f) DN350 = 3,26 m
- d. *Head* kerugian aksesoris
 - Katup = 0,38 m
 - Pipa hisap DN350 = 1,65 m
 - *Ball Valve* = 0,29 m
 - kecepatan di pipa keluar = 0,22 m
 - kecepatan di pipa hisap = 0,90 m
- e. *Head total pompa* (H_{total}) = 98,81 m

e. **Grafik Efisiensi Pompa**

Berdasarkan grafik efisiensi pompa (Gambar 4.10) efisiensi kerja pompa Sulzer 385kW sebesar 78% dengan rpm (*rotary per minute*) sebesar 1.370 rpm dengan *head* pompa 83,73 m. Pada pompa Dnd200, diketahui pada grafik efisiensi pompa (Gambar 4.11), efisiensi kerja pompa sebesar 74% dengan rpm (*rotary per minute*) sebesar 1.380 rpm dengan *head* pompa 98,81 m. Berdasarkan kurva karakteristik kedua pompa, didapatkan debit pompa aktual sebesar 204,14 m³/jam dan 683,28 m³/jam



Gambar 4.10 Grafik Efisiensi Pompa Sulzer 385kW



Gambar 4.11 Grafik Efisiensi Pompa Dnd200

f. Simulasi Debit Air Yang Dikeluarkan dan Simulasi Lama Hari Pengerinan Sump

Simulasi debit air yang dikeluarkan dibuat dengan tujuan untuk menjaga *sump* agar tidak terjadi banjir berdasarkan target pemompaan *Pit* III Timur Banko Barat yaitu sebesar 587.407 m³. Sedangkan simulasi lama hari pengerinan, digunakan untuk mengetahui berapa hari lama pompa dapat bekerja untuk mempertahankan debit air di *sump* ke kondisi semula.

- Perhitungan Simulasi Debit Air

Volume target pemompaan *Sump Pit* III Timur Banko Barat sebanyak 587.407 m³. Dari perhitungan total debit air yang masuk perhari ke *Sump Pit* III Timur Banko Barat sebesar 34.295,69 m³, maka volume air sisa yang harus dikeluarkan dengan perhitungan sebagai berikut :

- Volume air sisa 1 hari

Diketahui :

$$\text{Volume Target Pemompaan} = 587.407 \text{ m}^3$$

$$\text{Total Debit Curah Hujan} = 34.295,69 \text{ m}^3$$

$$\begin{aligned} \text{Total Debit Pompa} &= 1.075,84 \times 12,5 \\ &= 13.448 \text{ m}^3/\text{hari} \end{aligned}$$

Maka:

$$\begin{aligned} \text{V. Air sisa Hari Ke-1} &= \text{Debit Total CH} - \text{Total Debit Pompa} \\ &= 34.295,69 - 13.448 \\ &= 20.847,69 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

- Volume air sisa 2 hari

$$\begin{aligned} \text{V. Air Masuk} &= \text{Debit Total CH} + \text{Volume Air Sisa H-1} \\ &= 34.295,69 + 20.847,69 \\ &= 55.143,38 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

Sehingga :

$$\begin{aligned} V.\text{Air sisa Hari Ke-2} &= V.\text{Air Masuk} - \text{Total Debit Pompa} \\ &= 55.143,38 - 13.448 \\ &= 41.695,38 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

Perhitungan simulasi debit air yang dikeluarkan dicari sampai dengan mendapatkan nilai yang mendekati volume *sump* tersisa sebesar 587.407 m³. Berdasarkan perhitungan yang tertera, nilai debit yang didapatkan mendekati volume *sump* tersisa harus dikeluarkan dari *sump* agar tidak terjadi banjir adalah sebesar 583.735,52 m³. Untuk hasil perhitungan simulasi debit air yang dikeluarkan dapat dilihat pada tabel 4.3

Tabel 4.3 Simulasi Debit Air Yang Dikeluarkan

Hari	Target Volume Pemompaan	Debit Total Curah	Volume air di <i>Sump</i>	Debit Total Pemompaan m ³ /Hari	Volume Air Sisa
0	587.407	34.295,69	-	-	-
1	587.407	34.295,69	34.295,69	13.448	20.847,69
2	587.407	34.295,69	55.143,38	13.448	41.695,38
3	587.407	34.295,69	75.991,07	13.448	62.543,07
4	587.407	34.295,69	96.838,76	13.448	83.390,76
5	587.407	34.295,69	117.686,45	13.448	104.238,45
6	587.407	34.295,69	138.534,14	13.448	125.086,14
7	587.407	34.295,69	159.381,83	13.448	145.933,83
8	587.407	34.295,69	180.229,52	13.448	166.781,52
9	587.407	34.295,69	201.077,21	13.448	187.629,21
10	587.407	34.295,69	221.924,90	13.448	208.476,90
11	587.407	34.295,69	242.772,59	13.448	229.324,59
12	587.407	34.295,69	263.620,28	13.448	250.172,28
13	587.407	34.295,69	284.467,97	13.448	271.019,97
14	587.407	34.295,69	305.315,66	13.448	291.867,66
15	587.407	34.295,69	326.163,35	13.448	312.715,35

16	587.407	34.295,69	347.011,04	13.448	333.563,04
17	587.407	34.295,69	367.858,73	13.448	354.410,73
18	587.407	34.295,69	388.706,42	13.448	375.258,42
19	587.407	34.295,69	409.554,11	13.448	396.106,11
20	587.407	34.295,69	430.401,80	13.448	416.953,80
21	587.407	34.295,69	451.249,49	13.448	437.801,49
22	587.407	34.295,69	472.097,18	13.448	458.649,18
23	587.407	34.295,69	492.944,87	13.448	479.496,87
24	587.407	34.295,69	513.792,56	13.448	500.344,56
25	587.407	34.295,69	534.640,25	13.448	521.192,25
26	587.407	34.295,69	555.487,94	13.448	542.039,94
27	587.407	34.295,69	576.335,63	13.448	562.887,63
28	587.407	34.295,69	597.183,32	13.448	583.735,32

(Sumber : Pengolahan Data Penulis)

- Perhitungan Simulasi Lama Hari Pengeringan *Sump*

Perencanaan pengeringan *sump* dilakukan dengan cara menghitung volume air sisa yang masuk ke *sump* seperti yang tertera pada tabel 4.3, serta dengan cara mengurangi antara volume air sisa pada *sump* dengan debit total pemompaan. Hal ini dilakukan untuk mengetahui di hari seberapa pemompaan dapat kembali ke debit semula. Berikut adalah perhitungan simulasi pengeringan pada *sump pit* III Timur Banko Barat, untuk perhitungan lengkap dapat dilihat pada Lampiran

- Pengeringan Hari Ke-1

$$\text{Volume air sisa pada } \textit{sump} = 583.735,32 \text{ m}^3$$

$$\text{Total Debit Pompa} = 13.448 \text{ m}^3/\text{hari}$$

Maka :

$$\begin{aligned} \text{Debit air sisa pemompaan} &= V.\text{air sisa} - \text{Total Debit Pompa} \\ &= 583.735,32 - 13.448 \\ &= 570.287,32 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

Pada Tabel 4.4 hasil simulasi lama hari pengeringan *sump* yang dibutuhkan pompa yaitu selama 44 hari untuk kembali ke debit semula.

Tabel 4.4 Simulasi Lama Hari Pengeringan *Sump*

Hari	Volume Air Sisa Pada <i>Sump</i>	Debit 2 Pompa m ³ /hari	Volume Air Tersisa
1	583.735,32	13.448	570.287,32
2	570.287,32	13.448	556.839,32
3	556.839,32	13.448	543.391,32
4	543.391,32	13.448	529.943,32
5	529.943,32	13.448	516.495,32
6	516.495,32	13.448	503.047,32
7	503.047,32	13.448	489.599,32
8	489.599,32	13.448	476.151,32
9	476.151,32	13.448	462.703,32
10	462.703,32	13.448	449.255,32
11	449.255,32	13.448	435.807,32
12	435.807,32	13.448	422.359,32
13	422.359,32	13.448	408.911,32
14	408.911,32	13.448	395.463,32
15	395.463,32	13.448	382.015,32
16	382.015,32	13.448	368.567,32
17	368.567,32	13.448	355.119,32
18	355.119,32	13.448	341.671,32
19	341.671,32	13.448	328.223,32

20	328.223,32	13.448	314.775,32
21	314.775,32	13.448	301.327,32
22	301.327,32	13.448	287.879,32
23	287.879,32	13.448	274.431,32
24	274.431,32	13.448	260.983,32
25	260.983,32	13.448	247.535,32
26	247.535,32	13.448	234.087,32
27	234.087,32	13.448	220.639,32
28	220.639,32	13.448	207.191,32
29	207.191,32	13.448	193.743,32
30	193.743,32	13.448	180.295,32
31	180.295,32	13.448	166.847,32
32	166.847,32	13.448	153.399,32
33	153.399,32	13.448	139.951,32
34	139.951,32	13.448	126.503,32
35	126.503,32	13.448	113.055,32
36	113.055,32	13.448	99.607,32
37	99.607,32	13.448	86.159,32
38	86.159,32	13.448	72.711,32
39	72.711,32	13.448	59.263,32
40	59.263,32	13.448	45.815,32
41	45.815,32	13.448	32.367,32
42	32.367,32	13.448	18.919,32
43	18.919,32	13.448	5.471,32
44	5.471,32	13.448	-7.976,68

(Sumber : Pengolahan Data penulis)

Berdasarkan simulasi perhitungan lama hari pengeringan *sump*, didapatkan bahwa dibutuhkan 44 hari untuk 2 pompa bekerja selama 12,5 jam/hari agar dapat mengeringkan *sump*. Berdasarkan simulasi tersebut, saya memberikan beberapa rekomendasi kepada perusahaan agar tidak terjadi banjir ada *sump pit* III Timur Banko Barat :

1. Pengerukan Lumpur Pada *Sump*

Berdasarkan pengamatan dilapangan, kondisi aktual dilapangan

terjadi sedimentasi pada *sump*. Hal ini disebabkan oleh air limpasan yang membawa material lumpur pada saat hujan masuk kedalam *sump*. Disposal yang terlalu dekat dengan *sump* memiliki peran besar dalam sedimentasi ini. Hal ini berlangsung terus-menerus sehingga membuat berkurangnya kapasitas *sump*. Dengan dilakukan pengerukan lumpur maka akan menambah kapasitas *sump* yang ada pada saat ini sehingga mengurangi potensi banjir.

2. Pembuatan Tanggul Pada *Sump*

Pembuatan tanggul pada sekeliling *sump* juga dapat menambah kapasitas *sump* sehingga mengurangi potensi banjir. Tanggul dapat dibuat dari *overburden*, hal ini dapat juga mengurangi beban disposal karena *overburden* dimanfaatkan untuk tanggul.

3. Penambahan Jam Kerja Pompa

Penambahan jam kerja alat dapat dilakukan untuk mengejar target pemompaan pada *sump pit* III Timur. Penambahan jam kerja dilakukan apabila performa pompa dalam kondisi baik. Berikut simulasi lama hari pengeringan dengan penambahan jam kerja pompa:

$$\begin{aligned} \text{Total Debit Pompa} &= 1.075,84 \times 18 \\ &= 19.365 \text{ m}^3/\text{hari} \end{aligned}$$

Tabel 4.5 Simulasi Lama Hari Pengeringan *Sump* Dengan Penambahan Jam Kerja Pompa

Hari	Volume Air <i>Sump</i>	Debit 2 Pompa	Volume Air Sisa
1	583.735,32	19.365	564.370,20
2	564.370,20	19.365	545.005,08
3	545.005,08	19.365	525.639,96
4	525.639,96	19.365	506.274,84
5	506.274,84	19.365	486.909,72
6	486.909,72	19.365	467.544,60
7	467.544,60	19.365	448.179,48
8	448.179,48	19.365	428.814,36
9	428.814,36	19.365	409.449,24
10	409.449,24	19.365	390.084,12
11	390.084,12	19.365	370.719,00
12	370.719,00	19.365	351.353,88
13	351.353,88	19.365	331.988,76
14	331.988,76	19.365	312.623,64
15	312.623,64	19.365	293.258,52
16	293.258,52	19.365	273.893,40
17	273.893,40	19.365	254.528,28
18	254.528,28	19.365	235.163,16
19	235.163,16	19.365	215.798,04
20	215.798,04	19.365	196.432,92
21	196.432,92	19.365	177.067,80
22	177.067,80	19.365	157.702,68
23	157.702,68	19.365	138.337,56
24	138.337,56	19.365	118.972,44
25	118.972,44	19.365	99.607,32
26	99.607,32	19.365	80.242,20
27	80.242,20	19.365	60.877,08
28	60.877,08	19.365	41.511,96
29	41.511,96	19.365	22.146,84
30	22.146,84	19.365	2.781,72
31	2.781,72	19.365	-16.583,40

(Sumber : Pengolahan Data penulis)

Berdasarkan simulasi lama hari pengeringan *sump* dengan penambahan jam kerja menjadi 18 jam/hari, target pemompaan dalam 1 bulan dapat tercapai pada hari ke 31.

4. Penambahan Unit Pompa

Penambahan 1 unit pompa DnD200 dengan jam kerja 12,5 jam/hari dapat mencapai target pemompaan pada *sump pit* III Timur.

Berikut simulasinya :

$$\begin{aligned} \text{Total Debit 3 Pompa} &= (683,28+683,28+341,864) \times 12,5 \\ &= 1708,424 \times 12,5 \\ &= 21.355,3 \text{ m}^3/\text{hari} \end{aligned}$$

Tabel 4.6 Simulasi Lama Hari Pengeringan *Sump* Dengan Penambahan 1 Unit Pompa

Hari	Volume Air Sisa Pada <i>Sump</i>	Debit 3 Pompa m ³ /hari	Volume Air Tersisa
1	583.735,32	21.355	562.380,02
2	562.380,02	21.355	541.024,72
3	541.024,72	21.355	519.669,42
4	519.669,42	21.355	498.314,12
5	498.314,12	21.355	476.958,82
6	476.958,82	21.355	455.603,52
7	455.603,52	21.355	434.248,22
8	434.248,22	21.355	412.892,92
9	412.892,92	21.355	391.537,62
10	391.537,62	21.355	370.182,32
11	370.182,32	21.355	348.827,02

12	348.827,02	21.355	327.471,72
13	327.471,72	21.355	306.116,42
14	306.116,42	21.355	284.761,12
15	284.761,12	21.355	263.405,82
16	263.405,82	21.355	242.050,52
17	242.050,52	21.355	220.695,22
18	220.695,22	21.355	199.339,92
19	199.339,92	21.355	177.984,62
20	177.984,62	21.355	156.629,32
21	156.629,32	21.355	135.274,02
22	135.274,02	21.355	113.918,72
23	113.918,72	21.355	92.563,42
24	92.563,42	21.355	71.208,12
25	71.208,12	21.355	49.852,82
26	49.852,82	21.355	28.497,52
27	28.497,52	21.355	7.142,22
28	7.142,22	21.355	-14.213,08

(Sumber : Pengolahan Data penulis)

Berdasarkan Simulasi lama hari pengeringan *sump* dengan penambahan 1 unit pompa DnD200, maka didapatkan waktu pengeringan *sump* selama 28 hari. Dengan penambahan 1 unit pompa dapat mencapai target pemompaan pada *sump pit* III Timur Banko Barat.

4.2 Pembahasan

4.2.1 Volume Air yang masuk kedalam *Sump Pit* III Timur Banko

4.2.1.1 Curah Hujan

Tingkat curah hujan pada wilayah penambangan PT. Bukit Asam Tbk setiap bulannya dari tahun 2009 sampai dengan tahun 2018 dengan satuan mm/hari yang diukur menggunakan alat penakar hujan yang ada di *pit*

tersebut. Dalam pengamatan kali ini, data curah hujan yang digunakan adalah data curah hujan tertinggi harian. Berdasarkan perhitungan seperti yang terlampir, maka curah hujan harian rata-rata setiap bulannya adalah 120,92 mm/hari.

Analisis curah hujan rencana berguna untuk mengetahui periode ulang hujan yang terjadi pada daerah pengaliran. Data curah hujan yang dianalisis adalah seri data maksimum karena curah hujan yang tersedia pada daerah pengamatan adalah data curah hujan harian maksimum.

Dalam analisis data curah hujan rencana (CHR) pada penelitian ini, penulis membandingkan nilai curah hujan rencana harian maksimum dari empat jenis distribusi probabilitas (Normal, Gumbel, Log Normal dan Log-Pearson III) dapat dilihat pada lampiran E dan lampiran F. Setelah dilakukan perhitungan curah hujan rencana dengan menggunakan 4 metode distribusi probabilitas, maka yang paling memenuhi syarat berdasarkan syarat penggunaan sebaran Distribusi Gumbel merupakan metode yang cocok untuk menghitung curah hujan rencana pada daerah penelitian.

Periode ulang adalah waktu hipotetik dimana suatu kejadian dengan nilai tertentu, hujan rencana misalnya akan disamai atau dilampaui 1 kali dalam jangka waktu hipotetik tersebut. Penentuan periode ulang hujan dilakukan dengan menyesuaikan data dan keperluan pemakaian saluran yang berkaitan dengan umur tambang serta tetap memperhitungkan resiko hidrologi (*Hidrology Risk*).

Pada penelitian ini periode ulang yang digunakan adalah periode ulang 2 tahun untuk sumuran utama (*sump*). Berdasarkan hasil perhitungan pada lampiran F menggunakan distribusi probabilitas Gumbel didapatkan nilai curah hujan rencana untuk periode ulang 2 tahun sebesar 116,65 mm/hari.

4.2.1.2 Intensitas Curah Hujan

Untuk mengetahui nilai debit air permukaan yang terjadi, maka dilakukan perhitungan periode ulang debit air permukaan suatu daerah. Perhitungan curah hujan dengan menggunakan data curah hujan dalam rentang waktu 10 tahun terakhir dari tahun 2009 hingga tahun 2018 yang didapat dari Satker Rencana Siklus Hidrologi dan laporan Skripsi Sebelumnya.

Dengan menggunakan rumus perhitungan intensitas curah hujan manonobe, maka didapat intensitas curah hujan sebesar 32,468 mm/jam.

4.2.1.3 Catchment Area

Catchment area atau yang lebih dikenal dengan daerah tangkapan hujan diperlukan untuk mengetahui debit air yang masuk ke dalam tambang. *Catchment area* menentukan seberapa luas wilayah tangkapan hujan pada *sump pit* III Timur Banko Barat, yang dapat ditentukan berdasarkan peta topografi ataupun dengan penentuan berdasarkan elevasi dan arah aliran air yang mengalir dipermukaan. Pada bulan februari sampai maret luas *catchment area sump pit* III Timur Banko Barat adalah 84,27 Ha atau 842.700 m². Data ini didapat dari Satker Rencana Siklus Hidrologi.

4.2.1.4 Debit Limpasan Permukaan (*Run Off*)

Dimana koefisien pengaliran limpasan berdasarkan kondisi wilayah tambang daerah studi adalah 0,9 (tanpa tumbuhan, daerah tambang) sebagai dasar dalam perhitungan debit limpasan.

Berdasarkan data-data yang diperoleh dalam pengolahan data sebelumnya, antara lain intensitas curah hujan sebesar 32,468 mm/jam, *catchment area* seluas 84,27 Ha maka dengan menggunakan rumus metode rasional maka diperoleh nilai debit limpasan pada *sump pit* III Timur Banko Barat sebesar 6,84074 m³/detik dapat dilihat pada lampiran E.

4.2.1.5 Debit Air Tanah

Berdasarkan penelitian didapatkan 4 sumber air tanah yang mengalir pada *sump pit* III Timur Banko. Perhitungan debit air tanah didapat dengan membagi volume botol yang dimasukkan air tanah dengan lama waktu botol penuh. Maka di dapatkan total debit air tanah yang mengalir sebesar 68,3312 m³/hari

4.2.2 Kapasitas *Sump Pit* III Timur Banko Barat

4.2.2.1 Kondisi Pada *Sump Pit* III Timur

Kondisi *sump pit* III Timur saat ini telah mengalami sedimentasi yang disebabkan oleh material tanah bercampur lumpur yang terbawa oleh air limpasan dimana hal tersebut menyebabkan berkurangnya kapasitas dan juga volume tampungan *sump*.

4.2.2.2 Rancangan Dimensi *Sump Pit III Timur Banko Barat*

Sump (sumuran) merupakan tempat menampung air limpasan maupun air tanah sebelum dilakukan pemompaan. Dimensi *sump* didapatkan dari Satuan Kerja Rencana Siklus Hidrologi berupa *design sump* dalam format DXF. Kemudian penulis melakukan perhitungan dengan aplikasi *autoCAD* untuk mendapatkan dimensi dari *sump*.

4.2.2.3 Volume Air Aktual Pada *Sump Pit III Timur Bangko Barat*

Volume air aktual yang ada di *sump Pit III Timur Bangko Barat* adalah sebesar 572.304 m³. Data ini diperoleh berdasarkan data laporan evaluasi pada bulan february 2019 dari Satuan Kerja Rencana Siklus Hidrologi PT. Bukit Asam Tbk. Dimana data ini berdasarkan letak pompa, kemudian elevasi tertinggi dan terendah atau permukaan air. Kemudian berdasarkan luas permukaan atas dan luas permukaan bawah dari *sump* tersebut sehingga dapat dilakukan perhitungan

4.1.2.4 Evaluasi Unit Pompa Pada *Sump Pit III Timur*

a. Sistem Pemompaan Dalam Proses *Dewatering* Pada *Pit III Timur*

Berdasarkan observasi lapangan yang dilakukan pada area penambangan diketahui sistem pemompaan yang digunakan pada *sump pit III Timur Banko Barat* merupakan sistem *direct single stage pump* yaitu sistem pemompaan yang dilakukan dari titik terendah hingga ke titik tertinggi yang disebut dengan *settling pond (outlet)* secara langsung dengan

menggunakan satu pompa. Pompa yang digunakan adalah 1 pompa Sulzer 385kW dan 1 pompa DnD200

Pada dasarnya sistem pemompaan dibagi menjadi dua yaitu sistem pemompaan secara *direct single stage* dan *direct multi stage*. *Direct multy stage* yaitu sistem pemompaan yang menggunakan lebih dari satu pompa.

b. Sistem Pemipaan Dalam Proses Dewatering Pada Pit III Timur

Pemipaan merupakan salah satu bagian penting dalam proses *dewatering*. Ada beberapa jenis material dari pipa, diantaranya sebagai berikut :

- a. Golongan Metal yang dapat berupa besi, alumunium, tembaga maupun *stenless steel*.
- b. Golongan Non-metal yang dapat berupa *poly-ethilene* (HDPE), PVC, maupun pipa plastik.

Sesuai standar yang diterapkan pada PT. Bukit Asam Tbk bahwa dalam proses *mine dewatering*, pipa yang digunakan adalah pipa dengan golongan non-metal yaitu pipa *HDPE* (*High Density Polyethylene*).

c. Pemompaan Aktual Pit III Timur Banko Barat

Perhitungan debit *outlet* pompa dilakukan dengan pengukuran kecepatan aliran air pada pipa *outlet* menggunakan alat pengukur kecepatan aliran air OTT Z400. Kemudian dilakukan pengukuran diameter dari pipa *outlet*. Sebelumnya dilakukan pengamatan terhadap pipa *outlet* apakah air mengisi penuh diameter pipa.

Data-data yang diperoleh kemudian diolah menggunakan rumus yang dapat dilihat pada lampiran H. Dimana data diambil nilai rata-rata pengukuran debit *outlet* pompa Pit III Timur, dalam hal ini debit *outlet* pompa yang dihitung adalah Pompa SZ385KW E dengan debit *outlet* aktual pompa sebesar $0,09694 \text{ m}^3/\text{detik}$ atau $341,864 \text{ m}^3/\text{jam}$ dan DnD200 dengan debit *outlet* aktual pompa sebesar $0,1898 \text{ m}^3/\text{detik}$ atau $683,28 \text{ m}^3/\text{jam}$ (Lampiran H).

d. Head Loss Total System Pada Proses Pemompaan

Tinggi tekan pompa dapat dibedakan menjadi dua, yaitu tinggi tekan statis dan tinggi tekan manometrik atau tinggi tekan total atau tinggi tekan efektif. Dimana tinggi tekan statis (*head static*) merupakan jarak vertikal antara muka air di tangki bawah, di mana air akan dipompa naik, dan muka air *outlet* yang merupakan keluaran dari air. Sedangkan tinggi tekan manometrik (*manometric head*) merupakan tinggi tekan total yang harus dipenuhi oleh pompa untuk menaikkan air setinggi-tinggi tekan statis.

Dimana berdasarkan pengolahan data didapatkan data-data sebagai berikut:

1. Perhitungan *Head Loss Total System* Pompa SZ385KW E

- a. *Static head* (H_s) = 57 m
- b. *Head* gesekan pipa keluar (H_f) (DN250) = 10,68 m
(DN200) = 12,71 m
- c. *Head* kerugian pipa hisap (H_f) (DN350) = 0,12 m
- d. *Head* gesekan aksesoris (H_{fs})

- Katup = 1,05
- Pipa hisap (DN350) = 0,5459 m
- *Ball Valve* = 0,77m
- *Head* kecepatan di pipa keluar = 0,57 m
- *Head* kecepatan di pipa hisap = 0,29 m
- e. *Head* total pompa (H_{total}) = 83,73m

2. Perhitungan *Head Loss Total System* Pompa DnD200

- a. *Static head* (H_s) = 57 m
- b. *Head* gesekan pipa keluar (H_f) DN400 = 35,11 m
- c. *Head* gesekan pipa hisap (H_f) DN350 = 3,26 m
- d. *Head* kerugian aksesoris
 - Katup = 0,38 m
 - Pipa hisap DN350 = 1,65 m
 - *Ball Valve* = 0,29 m
 - kecepatan di pipa keluar = 0,22 m
 - kecepatan di pipa hisap = 0,90 m
- e. *Head* total pompa (H_{total}) = 98,81 m

Dengan demikian berdasarkan data-data yang telah diperoleh tersebut dapat diketahui nilai *head loss total system* pada pompa SZ385KW E adalah sebesar 83,73 m dan Pompa DnD200 adalah sebesar 98,81 m.

e. Simulasi Debit Air Yang Dikeluarkan dan Simulasi Lama Hari Pengeringan Sump

Berdasarkan data dari Satker Renopshid target volume pemompaan

pada *sump pit* III Timur Banko Barat adalah 587.407 m³. Berdasarkan total debit air yang masuk pada *sump pit* III Timur Banko Barat yaitu sebesar 34.295,69 m³/hari, dan debit total pemompaan sebesar 13.448 m³/hari maka dibuatlah simulasi debit air untuk mengetahui batas hari hujan *maximum*, agar *sump* terhindar dari banjir.

Dalam simulasi debit air yang dikeluarkan didapatkan batas hari hujan *maximum* adalah 28 hari, dengan nilai debit yang didapatkan sebesar 583.735,32 m³, nilai yang mendekati target pemompaan volume *sump* sebesar 587.407 m³.

Berdasarkan nilai debit yang didapatkan dalam simulasi sebesar 583.735,32 m³, maka dibuatlah simulasi lama hari pengeringan *sump* untuk mengetahui berapa hari air yang tersisa dapat dihabiskan, dari hasil perhitungan simulasi didapatlah hari pengeringan selama 44 hari pompa bekerja untuk menghabiskan air pada *sump pit* III Timur Banko Barat.

Berdasarkan hasil evaluasi unit pompa, maka saya merekomendasikan saran dalam menangani tidak tercapainya target pemompaan. Berikut rekomendasi saya:

1. Melakukan pengerukan pada *sump* karena kapasitas telah berkurang akibat sedimentasi dari material yang dibawa hujan maupun air limpasan ke dalam *sump*.
2. Membuat tanggul pada *sump* sehingga kapasitas *sump* bertambah.
3. Penambahan jam kerja pompa dapat dilakukan dengan catatan

kondisi pompa dalam keadaan baik.

4. Penambahan 1 unit pompa DnD200 dapat mencapai target pemompaan bulanan pada *pit* III Timur Banko Barat.



BAB V

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

1. Curah hujan harian rata-rata setiap bulannya adalah 120,92 mm/hari berdasarkan pengolahan data curah hujan maksimum bulanan tahun 2009 sampai dengan tahun 2018, maka diperoleh intensitas curah hujan sebesar 32,468 mm /jam dengan luasan daerah tangkapan hujan sebesar 82,47 Ha dan diperoleh nilai debit limpasan sebesar 6,84074 m³/detik. Sehingga volume air yang masuk kedalam *sump* Pit 3 Timur Banko Barat 1 hari tanpa dilakukan kegiatan pemompaan sebesar 34.219,5 m³/hari. Volume *sump* sesuai rancangan adalah 155.571,83 m³, sedangkan realisasi dilapangan adalah 572.304 m³. Kondisi *sump pit* III Timur Banko Barat saat ini telah mengalami sedimentasi yang disebabkan oleh material tanah bercampur lumpur yang terbawa oleh air limpasan, hal ini berdampak pada kapasitas dan volume tampungan *sump* yang menjadi berkurang.
2. Sistem pemompaan yang digunakan pada proses pemompaan di *sump pit* III Timur Banko Barat adalah *singlestage pump*. Pada perhitungan pemompaan aktual dimana pompa beroperasi selama 12,5 jam/hari didapatkan hasil debit pemompaan sebesar 0,09694 m³/detik pada pompa Sulzer 385kW dan 0,1898 m³/detik pada pompa DnD200. Nilai dari *head loss* pada pompa Sulzer 385kW adalah 83,73 m dan

pompa DnD200 adalah 98,81 m. Dengan efisiensi pompa Sulzer 385kW 78% dan nilai dari efisiensi pompa DnD200 74%. Pada perhitungan simulasi debit air yang di keluarkan didapatkan batas hari hujan *maximum* agar *sump* terhindar dari banjir adalah selama 28 hari. Serta pada hasil simulasi hari pengeringan *sump* diketahui lama hari untuk pengeringan adalah 44 hari pompa bekerja agar volume debit pada *sump* dapat kembali ke nilai awal. Dengan menambah jam kerja pompa sebanyak 18 jam perhari, maka lama pengeringan *sump* menjadi 31 hari. Dengan menambah 1 unit pompa DnD200 maka lama pengeringan *sump* menjadi 28 hari.

5.2 Saran

1. Perlu penambahan jam kerja unit pompa untuk mengejar target pemompaan dengan catatan performa pompa baik.
2. Selain melakukan peningkatan perawatan terhadap pompa, perlu pula dilakukan pemeriksaan rutin pada pipa dan sambungan pipa agar tidak ada kebocoran atau keregangan pada sambungan.
3. Pada waktu pemindahan pipa HDPE dengan menggunakan alat berat excavator sebaiknya dilakukan secara hati-hati agar tidak merusak permukaan pipa, sehingga menimbulkan kebocoran pada saat pipa digunakan.
4. Perlu dilakukan pengerukan pada *sump* agar kapasitas *sump* dapat bertambah.