

**EVALUASI UNIT POMPA TERHADAP PERUBAHAN DEBIT AIR
LIMPASAN DAN VOLUME *SUMP* PIT M PADA PT BUKIT
MAKMUR MANDIRI UTAMA *JOBSITE* PT KIDECO JAYA
AGUNG DESA BATU KAJANG KECAMATAN BATU SOPANG
KABUPATEN PASER PROVINSI KALIMANTAN TIMUR**

SKRIPSI



OLEH :

YANDI PRAYOGA
DBD 114 070

**KEMENTERIAN PENDIDIKAN DAN KEBUDAYAAN
UNIVERSITAS PALANGKA RAYA
FAKULTAS TEKNIK
JURUSAN/PROGRAM STUDI TEKNIK PERTAMBANGAN
2021**

**EVALUASI UNIT POMPA TERHADAP PERUBAHAN DEBIT AIR
LIMPASAN DAN VOLUME SUMP PIT M PADA PT BUKIT
MAKMUR MANDIRI UTAMA *JOBSITE* PT KIDECO JAYA
AGUNG DESA BATU KAJANG KECAMATAN BATU SOPANG
KABUPATEN PASER PROVINSI KALIMANTAN TIMUR**

SKRIPSI

**Sebagai Salah Satu Persyaratan
Memperoleh Gelar Sarjana Strata 1
Pada Jurusan/Program Studi Teknik Pertambangan**



OLEH :

**YANDI PRAYOGA
DBD 114 070**

**KEMENTERIAN PENDIDIKAN DAN KEBUDAYAAN
UNIVERSITAS PALANGKA RAYA
FAKULTAS TEKNIK
JURUSAN/PROGRAM STUDI TEKNIK PERTAMBANGAN
2021**

SURAT PERNYATAAN BEBAS PLAGIARISME

Saya yang bertanda tangan di bawah ini :

NAMA : YANDI PRAYOGA

NIM : DBD 114 070

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, 17 Maret 2021

Penulis,



YANDI PRAYOGA
NIM. DBD 114 070

HALAMAN PERSEMBAHAN

فَإِذَا فَرَغْتَ فَانصَبْ (الشرح: ٧)

"Maka apabila engkau telah selesai (dari sesuatu urusan), tetaplah bekerja keras (untuk urusan yang lain)," (Al-Qur'an surat Al-Insyirah: 7)

Untuk kedua orang tua saya yang sangat saya sayangi, terima kasih atas doa dan kasih sayang kalian yang tak terhingga sepanjang masa, terima kasih untuk pengorbanan dan jerih payah kalian dalam mendukung saya untuk mewujudkan cita-cita dan impian, kelak dengan cita-cita dan impian ini semoga dapat membahagiakan kalian.



Saya juga persembahkan skripsi ini untuk yang selalu bertanya:
"kapan Skripsi-mu selesai?"



Terlambat lulus atau lulus tidak tepat waktu bukan sebuah kejahatan, dan juga bukan sebuah aib. Alangkah kerdilnya jika mengukur kepintaran seseorang hanya dari siapa yang paling cepat lulus. Bukankah sebaik-baik Skripsi adalah Skripsi yang selesai? Baik itu selesai tepat waktu maupun tidak tepat waktu.

Untuk diri sendiri, terima kasih karena telah berjuang sejauh ini dengan melawan *Eqp*, serta *Mood* yang tidak menentu selama penulisan Skripsi ini. Dan Secara Khusus akan saya persembahkan juga untuk pendamping hidup saya.

- Kelak -

Masa Pandemi Covid-19

HALAMAN PENGESAHAN

SKRIPSI

EVALUASI UNIT POMPA TERHADAP PERUBAHAN DEBIT AIR LIMPASAN DAN VOLUME SUMP PIT M PADA PT BUKIT MAKMUR MANDIRI UTAMA JOBSITE PT KIDECO JAYA AGUNG DESA BATU KAJANG KECAMATAN BATU SOPANG KABUPATEN PASER PROVINSI KALIMANTAN TIMUR

OLEH :

YANDI PRAYOGA
DBD 114 070

Telah dipertahankan di depan Tim Penguji pada 17 Maret 2021 dan dinyatakan telah memenuhi syarat untuk diterima

Tim Dosen Penguji,

1. HEPRYANDI LUWYK DJANAS USUP, S.T., M.T.
NIP. 19810211 200604 1 001
2. YOSSA YONATHAN HUTAJULU, S.T., M.T.
NIP. 19841022 201504 1 001
3. FAHRUL INDRAJAYA, S.T., M.T.
NIP. 19791215 200812 1 001
4. NENY SUKMAWATIE, S.Hut., M.P.
NIP. 19760614 200801 2 020
5. Ir. YULIAN TARUNA, M.Si.
NIP. 19580705 198903 1 019

Ketua

Sekretaris

Anggota

Anggota

Anggota

Menyetujui,

**Ketua Jurusan
Teknik Pertambangan**

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

Mengetahui,

**Dekan
Fakultas Teknik**

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

SARI

Dalam proses *mine dewatering* perusahaan menggunakan *multistage pumps* yaitu sistem pemompaan yang menggunakan lebih dari satu pompa disusun secara seri. Air yang masuk ke area penambangan memiliki pengaruh yang sangat 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 lagi dengan rencana perusahaan. Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi kondisi unit pompa agar pada pemompaan selanjutnya dapat diketahui kelayakan dari unit pompa tersebut. Metode penelitian yang digunakan adalah kuantitatif deskriptif dengan menggunakan metode gumbel dan metode *discharge*. Penelitian menunjukkan bahwa total debit air yang masuk kedalam pit m sebesar 152.172,36 m³/hari. Total volume *sump* sebesar 1.247.772 m³, jumlah volume tersebut melebihi batas dari *critical level* yang sudah ditentukan. Pada pemompaan aktual didapatkan debit sebesar 0,159 m³/detik dengan total *head* dari 1 line pemompaan sepanjang 271,59 m. Pada hasil simulasi debit air, agar *sump* dapat terhindar banjir hanya mampu selama 4 hari untuk bertahan tanpa hujan. Serta pada hasil simulasi hari pengeringan *sump* didapatkan 11 hari pompa bekerja agar volume debit dapat kembali ke nilai awal. Hasil evaluasi menunjukkan bahwa unit pompa masih dalam kondisi layak untuk digunakan.

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

ABSTRACT

In the process of mine dewatering the company uses multistage pumps which are pumping systems that use more than one pump arranged in series. Water entering the mining area has a very large influence on changes in sump conditions, such as sedimentation due to mud material carried by runoff water, thus impacting the capacity and volume of sump landfills are reduced. Changes in sump conditions that are increasingly rampant resulted in the amount of water discharge that can be accommodated to be no longer in accordance with the company's plan. This study aims to evaluate the condition of pump units so that in the next pumping can be known the feasibility of the pump unit. The research method used is quantitative descriptive by using gumbel method and discharge method. Research shows that the total discharge of water entering the pit m is 152,172.36 m³/day. The total volume of sump is 1,247,772 m³, the amount of that volume exceeds the limit of the critical level that has been determined. In the actual pumping obtained discharge of 0.159 m³/s with a total head of 1 line of pumping along 271.59 m. In the simulation of water discharge, so that sump can be avoided flooding can only be able for 4 days to survive without rain. As well as the simulation results of sump drying day obtained 11 days pump work so that the discharge volume can return to the initial value. The evaluation results showed that the pump unit is still in a decent condition to use.

Keywords : Mine Dewatering, Runoff, Sump Volume, Pump Unit

KATA PENGANTAR

Segala puji syukur Penulis panjatkan kehadirat Illahi Robbi yang melimpahkan rahmat dan hidayah-Nya, serta selalu diberikan kesehatan jasmani dan rohani sehingga Penulis dapat menyelesaikan Skripsi dengan judul “Evaluasi Unit Pompa Terhadap Perubahan Debit Air Limpasan Dan Volume Sump Pit M PT. Bukit Makmur Mandiri Utama (BUMA) *Jobsite* PT. Kideco Jaya Agung, Desa Batu Kajang, Kecamatan Batu Sopang, Kabupaten Paser, Kalimantan Timur”. Dengan waktu penelitian selama \pm 2 bulan mulai dari tanggal 6 Maret – 2 Mei 2019.

Pada kesempatan ini izinkanlah Penulis untuk menyampaikan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada :

1. Bapak Ir. Waluyo Nuswantoro, M.T, selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Palangka Raya.
2. Bapak Fahrul Indrajaya, S.T., M..T, selaku Ketua Jurusan/Program Studi Teknik Pertambangan Universitas Palangka Raya.
3. Bapak Hepriyandi Luwyk Djanas Usup, S.T., M.T., IPP, selaku dosen pembimbing I.
4. Bapak Yossa Yonathan Hutajulu, S.T., M..T, selaku Sekretaris Jurusan Teknik Pertambangan Universitas Palangka Raya, dan selaku dosen pembimbing II.
5. Bapak Aviadi Herupurnomo, selaku *Project Manager* PT. Bukit Makmur Mandiri Utama (BUMA).
6. Bapak Muhammad Iddin Arake, selaku *Deputy* COO (Kepala Teknik Tambang) PT. Kideco Jaya Agung.

7. Bapak Eko Priyadi, selaku *Supervisor COAL* PT. Bukit Makmur Mandiri Utama (BUMA).
8. Bapak Marzuki, selaku Pembimbing Lapangan I dan juga selaku *Superintendent Prd.* PT. Bukit Makmur Mandiri Utama (BUMA).
9. Bapak Gustaf Pandjaitan, selaku Pembimbing Lapangan II dan juga selaku *Supervisor HRM* PT. Bukit Makmur Mandiri Utama (BUMA).
10. Ibu Elsa Pujiati, selaku HR PT. Bukit Makmur Mandiri Utama (BUMA).

Atas segala bantuan dan bimbingan serta kerjasama yang telah diberikan selama melaksanakan Skripsi, maka penulis ucapkan banyak terima kasih dan hanya dapat memanjatkan do'a semoga kebaikan tersebut dapat dibalas dengan berlipat ganda disuatu hari nanti. *Amin*

Palangka Raya, 17 Maret 2021

Penulis,


YANDI PRAYOGA
NIM. DBD 114 070

DAFTAR ISI

	<u>Halaman</u>
HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PERNYATAAN BEBAS PLAGIARISME	ii
HALAMAN PERSEMBAHAN	iii
HALAMAN PENGESAHAN.....	iv
SARI	v
ABSTRACT	vi
KATA PENGANTAR.....	vii
DAFTAR ISI.....	ix
DAFTAR TABEL.....	xi
DAFTAR GAMBAR.....	xii
DAFTAR LAMPIRAN	xiii
DAFTAR ISTILAH	xiv
BAB I PENDAHULUAN	
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	2
1.3 Maksud dan Tujuan	2
1.4 Manfaat Penelitian	3
1.5 Batasan Masalah	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	
2.1 Penelitian Terdahulu.....	5
2.2 Siklus Hidrologi.....	6
2.3 Sistem Penyaliran Tambang	8
2.3 Faktor yang Mempengaruhi Sistem Penyaliran Tambang...	9
2.4 <i>Dewatering</i>	18
2.5 Kolam Penampungan (<i>sump</i>).....	19
2.6 Pompa dan Pipa	22
BAB III METODE PENELITIAN	
3.1 Gambaran Umum Wilayah Penelitian	37
3.2 Struktur Organisasi Perusahaan	42
3.3 Kondisi Geologi.....	43
3.4 Alat dan Bahan.....	46
3.5 Tata Laksana Penelitian	47
3.6 Diagram Alir Pelaksanaan	49
3.8 Waktu Penelitian.....	51
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	
4.1 Hasil Penelitian.....	52
4.2 Pembahasan	75

	<u>Halaman</u>
BAB IV PENUTUP	
5.1 Kesimpulan	80
5.2 Saran	81
 DAFTAR PUSTAKA	

DAFTAR TABEL

<u>Tabel</u>		<u>Halaman</u>
2.1	Parameter Statistik Untuk Menentukan Jenis Distribusi.....	9
2.2	Wilayah Luas di bawah Kurva Normal Uji <i>Smirnov</i> <i>Kolmogorov</i> untuk $\alpha=0,0$	13
2.3	Nilai Kritis (Do) <i>Smirnov Kolmogorov</i>	13
2.4	Periode Ulang Hujan untuk Sarana Penyaliran Pada Daerah Tambang.....	14
2.5	Hubungan Antara Derajat Curah Hujan dan Intensitas Curah Hujan	16
2.6	Harga Koefisien Limpasan.....	17
2.7	Data Yang Diperlukan Untuk Pemilihan Pompa	24
2.8	Koefisien Kekasaran Pipa <i>Hazen - William</i>	30
2.9	Hubungan Diameter Pipa Dengan Kapasitas Aliran	34
3.1	Waktu Penelitian	51
4.1	Perhitungan Nilai Statistik Hujan Tahun 2009-2018	53
4.2	Rekapitulasi Distribusi	55
4.3	Resiko Hidrologi Dengan Periode Ulang Hujan	56
4.4	Perhitungan Distribusi Probabilitas Gumbel.....	57
4.5	Distribusi Curah Hujan Metode Gumbel	58
4.6	Intensitas Hujan Rencana PUH 2, 5, 10 dan 25 Tahun.....	59
4.7	Harga Koefisien Limpasan.....	61
4.8	Dimensi <i>Sump</i> Pit M	64
4.9	Debit 1 <i>Line</i> Pompa Multiflo 420EX	67
4.10	Debit Total 4 <i>Line</i> Pompa Multiflo 420EX.....	68
4.11	Perbandingan Debit Pompa.....	71
4.12	Perbandingan RPM dan Efisiensi Pompa	71
4.13	Perbandingan Antara Debit Rencana dan Aktual, Serta <i>Head Loss</i> Rencana dan Aktual	71
4.14	Simulasi Debit Air Yang Dikeluarkan	73
4.15	Simulasi Lama Hari Pengeringan <i>Sump</i>	74

DAFTAR GAMBAR

<u>Gambar</u>		<u>Halaman</u>
2.1	Siklus Hidrologi.....	8
2.2	<i>Sump</i> dan Pompa Multiflo 420 EX.....	20
2.3	Pengukuran Debit Pompa Dengan Metode <i>Discharge</i>	25
2.4	<i>Reciprocating Pump</i>	27
2.5	<i>Centrifugal Pump</i>	27
2.6	Pompa <i>Axial Pump</i>	28
2.7	Contoh <i>Pump Performance Curve</i> Merk Multiflo.....	31
2.8	Contoh <i>System Resistance Curve</i>	32
3.1	Data Curah Hujan Rata-rata Tahun 2009-2018.....	42
3.2	Bagan Alir Penelitian.....	50
4.1	Lokasi Penelitian Pit M.....	60
4.2	Kondisi <i>Sump</i> Pada Pit M.....	63
4.3	<i>Layout</i> Pemompaan Aktual PT. BUMA.....	65
4.4	Pompa Pada <i>Sump</i> Pit M.....	65
4.5	Kolam Pengendapan (<i>Settling Pond</i>).....	65
4.6	Pipa HDPE Yang Digunakan PT. BUMA.....	66
4.7	Pengukuran Diameter Pipa HDPE.....	66
4.8	Pengukuran Debit Pompa.....	67
4.9	Kurva Karakteristik Pompa <i>Primer</i> MF-420EX.....	70
4.10	Kurva Karakteristik Pompa <i>Booster</i> MF-420EX.....	70

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran

A.1	Peta Kesampaian Daerah
A.2	Peta Geologi Lembar Balikpapan
A.3	Peta Geologi Regional Daerah Penelitian
A.4	Peta <i>Catchment Area</i> PIT M
B	Curah Hujan PT. Bukit Makmur Mandiri Utama
C	Hari Hujan dan Jam Hujan
D	Debit Air Limpasan
E	Debit Air Hujan Masuk <i>Sump</i>
F	Debit Air Tanah
G	Volume dan Kapasitas <i>Sump</i>
H	Spesifikasi Pompa MF420EX
I	Debit Pompa Multiflo 420EX
J	Head Total Pompa
K	Simulasi Debit Air Yang Dikeluarkan
L	Simulasi Lama Hari Pengeringan <i>Sump</i>

DAFTAR ISTILAH

- Catchmen Area*** : Luas daerah tangkapan hujan suatu wilayah yang apabila terjadi hujan, maka air tersebut akan mengalir ke daerah yang lebih rendah.
- Critical Level*** : Batas normal daya tampung *sump* yang ditetapkan oleh *department engineering* agar tetap berada pada level yang di tentukan.
- Evaporation*** : Proses di mana air yang ada di laut, rawa, sungai dan lainnya menguap karena adanya pemanasan dari sinar matahari. Dalam hal ini, air diubah menjadi uap air atau gas, sehingga bisa naik ke atmosfer
- Hydrological Cycle*** : Serangkaian peristiwa yang berlangsung secara terus-menerus dan membentuk suatu siklus yang dikenal dengan siklus hidrologi.
- Head (Julang)*** : Energi yang diperlukan untuk mengalirkan sejumlah air pada kondisi tertentu. Semakin besar debit air yang dipompa, maka *head* juga akan semakin besar.
- Infiltrasi*** : Proses masuknya air secara vertikal ke dalam tanah melalui permukaan tanah akibat adanya gaya gravitasi.
- Line Pompa*** : Jalur pipa pada proses pemompaan yang menghubungkan antara pompa *primer* dengan pompa *booster* menuju ke *settling pond* pada proses *mine dewatering*.
- Multi Stage Pumps*** : Sistem pemompaan yang menggunakan lebih dari satu unit pompa yang disusun secara seri.
- Mine Drainage*** : 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.

- Mine Dewatering*** : Upaya untuk mengeluarkan air yang berada pada daerah penambangan. Upaya ini terutama untuk menangani air yang berasal dari hujan.
- MF-420EX** : Pompa merk Multiflow dengan series 420EX yang digunakan oleh perusahaan.
- RunOff*** : Aliran air yang mengalir di atas permukaan tanah karena penuhnya kapasitas infiltrasi tanah.
- Settlingpond*** : Tempat menampung air tambang sekaligus untuk mengendapkan partikel-partikel padatan yang ikut bersama air dari lokasi penambangan.
- Sump*** : Sumuran (kolam penampungan) untuk menampung air yang ada di lokasi penambangan.
- Transpirasi*** : Proses ini serupa dengan evaporasi, hanya saja proses penguapan ini terjadi pada jaringan makhluk hidup, seperti tumbuh-tumbuhan.

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

PT. Bukit Makmur Mandiri Utama (BUMA) merupakan salah satu perusahaan kontraktor di Indonesia. Salah satu *Jobsite* PT. BUMA berada di area yang dikelola oleh PT. Kideco Jaya Agung di Desa Batu Kajang Kecamatan Batu Sopang, Kabupaten Paser, Provinsi Kalimantan Timur. Perusahaan menggunakan sistem tambang terbuka dengan metode *open pit* sehingga seluruh rangkaian kerja penambangan dipengaruhi oleh iklim dan cuaca. Dalam kegiatan penambangan khususnya dalam proses *mine dewatering* perusahaan menggunakan lebih dari satu pompa, pompa utama (*primer*) ditempatkan pada *sump* dan pompa kedua (*booster*) pada tandem. Dimana penempatan pompa terhubung secara seri (berurutan), dan aliran dikendalikan dari saluran keluar suatu tingkat menuju saluran masuk tingkat berikutnya.

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. 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 Perubahan Debit Air Limpasan dan Volume *Sump* Pit M” sehingga dapat mengevaluasi kelayakan dari unit pompa supaya diharapkan menjadi bahan pertimbangan untuk rencana pemompaan berikutnya.

1.2 Rumusan Masalah

Dalam Skripsi ini rumusan masalah yang akan dibahas sebagai berikut :

1. Berapa total debit air limpasan yang masuk kedalam Pit M pada saat penelitian di PT. Bukit Makmur Mandiri Utama?
2. Bagaimana hasil evaluasi unit pompa terhadap perubahan air limpasan dan volume *Sump* pada Pit M?

1.3 Maksud dan Tujuan

1.3.1 Maksud

Maksud dari penelitian ini adalah untuk mengevaluasi kelayakan unit pompa akibat adanya perubahan air limpasan yang terjadi di pit m dan juga volume *sump* agar dapat memberikan solusi yang sesuai untuk pemompaan selanjutnya.

1.3.2 Tujuan

Adapun tujuan dari penelitian ini adalah :

1. Mengetahui total debit air limpasan yang masuk dan volume *sump* saat ini.
2. Mengevaluasi kelayakan unit pompa yang digunakan dalam proses *mine dewatering* yang diterapkan oleh PT. Bukit Makmur Mandiri Utama.

1.4 Manfaat Penelitian

Dengan adanya kegiatan penelitian Skripsi ini ada beberapa manfaat yang diperoleh, adapun manfaat dari penelitian ini adalah :

1. Bagi Peneliti

- Mengetahui proses dan kegiatan dalam proses *mine dewatering* dalam sistem penyaliran, sehingga menambah pengalaman dalam dunia penambangan.
- Dapat menerapkan ilmu pengetahuan yang didapatkan pada bangku perkuliahan dan juga untuk mendapatkan gelar Sarjana Teknik.

2. Bagi Perusahaan

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

3. Bagi Jurusan

- Sebagai laporan dari kegiatan penelitian Skripsi.
- Sebagai bahan uji literatur bagi mahasiswa Jurusan/Program Studi Teknik Pertambangan Universitas Palangka Raya.

1.5 Batasan Masalah

Dalam penelitian yang dilakukan, peneliti membatasi masalah sebagai berikut :

1. Penelitian dilakukan pada 06 Maret – 02 Mei 2019 di Pit M PT. Bukit Makmur Mandiri Utama *Jobsite* PT. Kideco Jaya Agung;
2. Penelitian ini hanya di fokuskan pada proses *mine dewatering* yang dilakukan oleh perusahaan;

3. Perhitungan debit air yang dikeluarkan (*flowrate*) pompa berdasarkan pada data aktual pemompaan;
4. Perhitungan *head loss* pompa hanya berdasarkan pada 1 *line* pompa, dari 4 *line* pompa yang tersedia.



BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Penelitian Terdahulu

Dalam Skripsi 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.

David Junisa, 2012 dengan Evaluasi Sistem Penirisan Tambang Blok Air Getuk Garuk PT. Danau Mashitam Bengkulu Tengah. Menyatakan bahwa pada saat hujan, air akan terkonsentrasi di dasar tambang dan bisa menghambat aktivitas penambangan di level terendah. Oleh karena itu dibuatlah suatu kolam penampungan (*sump*) pada level terendah tersebut agar air yang masuk ke tambang lebih dahulu terkonsentrasi pada kolam penampungan tersebut dan sebelum meluap air tersebut dipindahkan keluar tambang dengan sistem pemompaan.

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

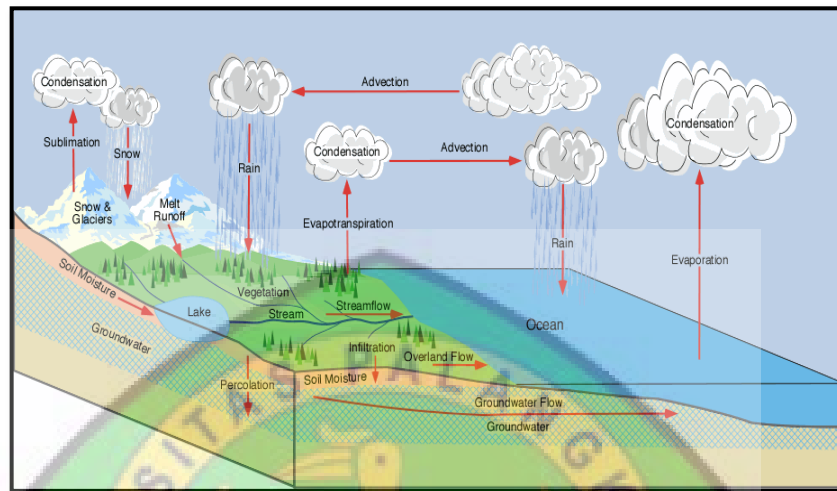
perhitungan total debit air yang masuk ke *sump* pit 1 Timur sebesar 70.572,95 m³/hari sedangkan kapasitas dua unit pompa Sulzer 385 kW yang digunakan pada *sump* pit 1 Timur yaitu sebesar 9,1 dan 10 m³/menit dengan total debit pemompaan sebesar 24.066 m³/hari belum mampu mengendalikan air yang masuk 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.

Lisra Padallingan, 2017 menyampaikan bahwa, air limpasan yang masuk kedalam *sump* adalah 4,4 m³/detik atau 15.840 m³/hari (lama hujan 1 jam) dan durasi pemompaan 360 m³/jam, dengan volume *sump* aktual sebesar 4.469 m³ belum mampu menampung debit limpasan yang masuk, oleh karena itu dibuat volume *sump* rencana sebesar 17.556 m³. Debit limpasan sebesar 15.840 m³/hari dengan debit pemompaan aktual 360 m³/jam apabila menggunakan 1 unit pompa maka durasi pemompaan yaitu 44 jam, oleh karena itu dibutuhkan penambahan pompa. Jumlah pompa yang akan digunakan untuk mengeluarkan air dari lokasi penambangan selama 1 hari dengan menggunakan pompa Warman 8/6 adalah 3 unit pompa.

2.2 Siklus Hidrologi

Sebagian besar atau sekitar 2/3 permukaan bumi kita ini ditutupi oleh air yang jumlahnya mencapai 1,33-1,4 miliar m³ yang terdiri dari air laut (97,5%), es (1,75%), air sungai, air danau dan air tanah (0,073%) serta uap yang ada di udara (0,001%). Air di bumi ini mengulangi sirkulasi yaitu penguapan, presipitasi dan pengaliran keluar (*Outflow*). Serangkaian peristiwa yang berlangsung secara terus-menerus dan

membentuk suatu siklus yang dikenal dengan siklus hidrologi (*Hydrological cycle*). Perubahan bentuk air menjadi uap ini disebabkan oleh energy panas dari matahari akan terkondensasi pada lapisan atmosfer bumi dan akan terjadi presipitasi. Presipitasi ini dapat berbentuk hujan jika perubahan suhu mencapai di bawah titik beku (*freezing point*). Air hujan akan memulai siklus baru dalam bentuk aliran di permukaan bumi (*run off*) maupun melalui media seperti vegetasi yang menahan butiran air (*interseption*). Beberapa bagian air akan mengalir ke daerah yang lebih rendah dan sebagian air akan mengalami penguapan langsung (*evaporation*). Air juga akan meresap ke tumbuhan (*transpiration*) serta sebagian air masuk ke dalam tanah melalui rongga antar butiran tanah (*infiltration*). Air yang masuk ke dalam tanah akan keluar kembali ke sungai-sungai (*interflow*). Adanya pengaruh gaya gravitasi akan menarik air akibat kelebihan kelengasan tanah. Pada kedalaman dan zona tertentu, pori-pori tanah dan batuan akan mengalami kejenuhan. Batas atas zona jenuh air ini disebut muka air tanah (*groundwater*). Air tanah ini akan mengalir sebagai aliran air tanah, dan akhirnya sampai ke permukaan sebagai mata air (*spring*). Air tanah (*groundwater*) akan keluar sedikit demi sedikit dalam jangka waktu yang lama ke permukaan tanah di daerah-daerah yang rendah (*groundwater run off* : limpasan air tanah). Jadi air yang masuk ke sungai ada beberapa jenis air limpasan, yakni limpasan permukaan (*surface run off*), aliran intra (*interflow*) dan limpasan air tanah (*groundwater run off*) yang akhirnya akan mengalir ke laut. Siklus hidrologi ini akan terjadi sepanjang masa dan menyebabkan volume air di bumi relatif tetap. Siklus ini merupakan konsep dasar tentang keseimbangan air secara global.



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.

2.3 Faktor Yang Mempengaruhi Sistem Penyaliran Tambang

Ada beberapa faktor yang mempengaruhi sistem penyaliran adalah sebagai berikut :

2.3.1 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. Untuk menentukan jenis distribusi dapat dilihat pada tabel 2.1.

Tabel 2.1 Parameter Statistik untuk Menentukan Jenis Distribusi

No	Distribusi	Persyaratan
1	Normal	Cs ≈ 0 Ck ≈ 3

Bersambung...

Lanjutan Tabel 2.1

No	Distribusi	Persyaratan
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 / rerata

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

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

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

5. Kurtosis

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

Persamaan Distribusi Probabilitas Normal adalah sebagai berikut :

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

Keterangan :

X_T = Perkiraan harga untuk periode ulang T

\bar{x} = 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

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

Persamaan Distribusi Probabilitas Log Normal adalah sebagai berikut :

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

Keterangan :

$\text{Log } X_T$ = 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

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

$$\sqrt{\frac{\sum_{n-1}^n (\log X - \log x)^2}{n-1}} \dots\dots\dots (2.10)$$

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 (D_0) *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

Bersambung...

Lanjutan Tabel 2.3

N	A			
	0,2	0,1	0,05	0,01
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)

2.3.2 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 table 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
-----------------------------	------

Bersambung...

Lanjutan Tabel 2.4

Keterangan	Periode ulang hujan (tahun)
Sumuran utama	10-15
Penyaliran keliling tambang	25
Pemindahan aliran sungai	100

2.3.3 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 “T”. 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 dapat dilihat pada tabel 2.5.

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)

2.3.4 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.

2.3.5 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 :

$$Q = 0,278 \cdot C \cdot I \cdot A \dots\dots\dots (2.19)$$

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 (km^2)

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. Harga koefisien limpasan dapat dilihat pada tabel 2.6.

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
	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)

2.4 Dewatering

2.4.1 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.

2.4.2 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.

2.4.3 Sistem Perencanaan *Dewatering*

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.

2.5 Kolam Penampungan (*Sump*)

Kolam penampungan merupakan tempat yang dibuat untuk menampung air sebelum air tersebut dipompakan. Kolam penampung ini juga dapat berfungsi sebagai *aruhi* oleh *letak* geogr



(Sumber : Dokumentasi lapangan tanggal 30 Maret 2019)

Gambar 2.2 *Sump* dan Pompa Multiflow 420 EX

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.

2.5.1 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 :

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

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.

2.5.2 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 (m^2) = Panjang atas x Lebar atas

Luas dasar sump (m^2) = Panjang bawah x Lebar bawah

Tinggi (m) = Kedalaman

2.6 Pompa dan Pipa

2.6.1 Sistem Pemompaan

Sebagai suatu alat untuk memindahkan fluida dari satu tempat ketempat yang lain melalui gaya mekanik pompa adalah salah satu sarana penting dalam penyaliran tambang, baik tambang terbuka maupun tambang bawah tanah. Dengan menggunakan system pemompaan, air tambang yang umumnya telah dikumpulkan pada sumuran (*sump*) dialirkan keluar tambang 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 diperlukan data seperti tabel berikut :

Tabel 2.7 Data yang diperlukan untuk Pemilihan Pompa

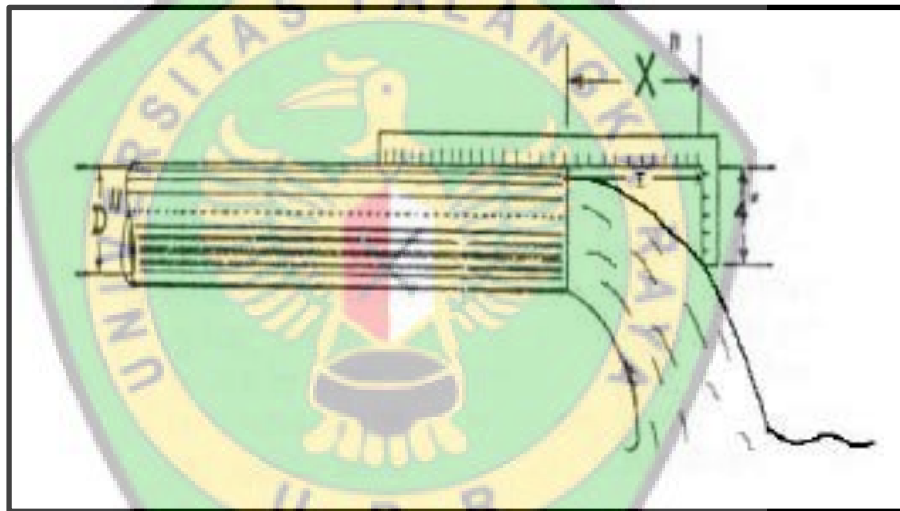
No.	Data yang diperlukan	Keterangan
1	Kapasitas	Diperlukan juga keterangan mengenai kapasitas maksimum dan minimum
2	Kondisi isap	Tinggi isap dari permukaan air isap ke level pompa. Tinggi fluktuasi permukaan air isap. Tekanan yang bekerja pada permukaan air isap. Kondisi pipa isap.
3	Kondisi keluar	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.

2.6.2 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 *Discharge*. Berikut cara pengukuran dengan menggunakan metode *discharge*.



Gambar 2.3 Pengukuran Debit Pompa dengan Metode *Discharge*

Dalam perkembangan metode *discharge*, dilakukan modifikasi pada alat ukur yaitu dengan mengubah panjang sisi yang pendek menjadi 300 mm.

Debit outlet pompa dapat dihitung dengan menggunakan rumus sebagai berikut :

$$Q = \left(\frac{X \cdot 3,14 \cdot D^2}{4 \cdot \sqrt{\frac{2Y}{g}}} \right) \times \text{efisiensi} \dots\dots\dots (2.22)$$

$$\text{Efisiensi} = 1 - (E/D)$$

Dimana:

Q = debit pompa (m^3/s)

X = panjang horizontal (m)

D = diameter pipa (m)

Y = panjang vertical (m)

E = panjang vertical posisi kosong pipa (m)

b. Prinsip Kerja Pompa

Pompa bekerja dengan mengikuti 2 tahapan, yaitu:

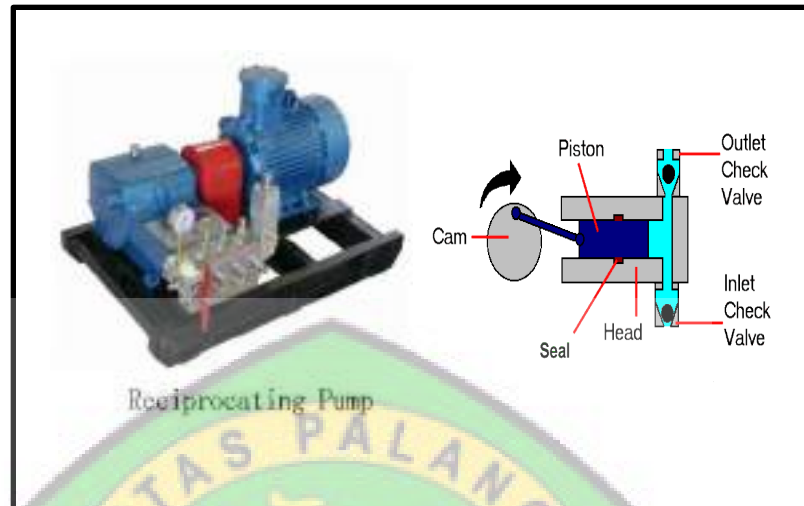
1. Pompa menciptakan tekanan sangat rendah pada muka *suction* pompa, sedangkan fluida cair yang di luar memiliki tekanan 1 atm. Dengan adanya perbedaan tekanan ini maka fluida cair akan mengalir melalui pipa *suction* menuju ke muka *suction* pompa yang memiliki tekanan yang lebih rendah.
2. Gaya sentrifugal 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*.

Sesuai prinsip kerjanya pompa dibedakan atas 3 mekanis, antara lain :

a) *Reciprocating Pump* (Pompa *Reciprocating*)

Bekerja berdasarkan torak maju mundur secara horizontal di dalam silinder. Keuntungan adalah efisien untuk kapasitas kecil dan

mengatasi kebutuhan *head* yang tinggi. Kerugiannya adalah beban yang berat serta perlu perawatan yang teliti.



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

Gambar 2.4 *Reciprocating Pump*

b) *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.

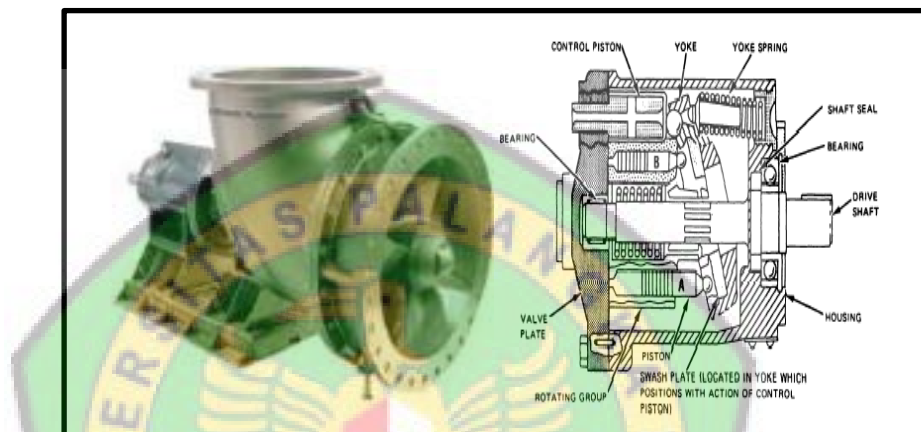


(Sumber : Sularso dan Haruo Tahara, Buku Pompa dan Kompresor, 2005)

Gambar 2.5 Centrifugal Pump

c) *Axial Pump* (Pompa Aksial)

Pada pompa aksial, zat cair mengalir pada arah aksial (sejajar poros) melalui kipas. Jenis pompa ini digunakan untuk head rendah.



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

Gambar 2.6 Pompa Axial Pump

2.6.3 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 :

$$H_t = \Delta H_p + H_s + H_f + H_v \dots\dots\dots(2.23)$$

a. *Head Pressure* $\left(\frac{P}{\gamma} \right)$

Head pressure 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 :

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

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 “*Hezen-Williams*” .

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

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

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

Dengan :

hf = 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 2.8 berikut ini :

Tabel 2.8 Koefisien kekasaran pipa *Hazen – Williams*

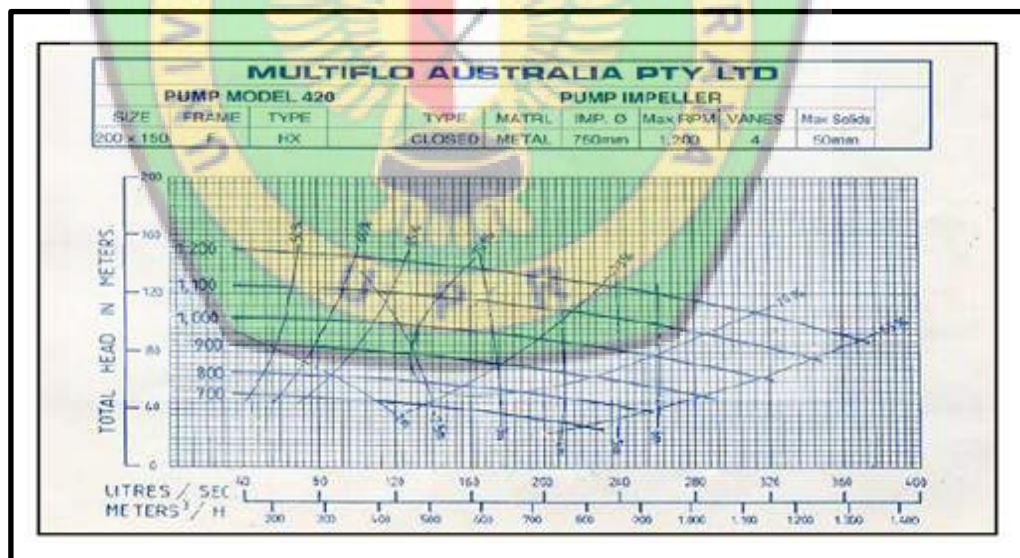
Material	Koefisien <i>Hazen-Williams</i> (C)
ABS - Styrene Butadiene Acrylonite	130
Aluminium	130 -150
Pipa Metal -sangat halus	130 – 140
Plastik	130 – 150
Polyethylene, PE, Peh	140
Polivinil klorida, PVC, CPVC	130
Pipa halus	140
Baja baru tak bergaris	140 – 150
Baja bergelombang	60
Baja dilas dan mulus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

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

2.6.4 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. *Pump Performance Curve* Merk Multiflo dapat dilihat pada gambar 2.8.



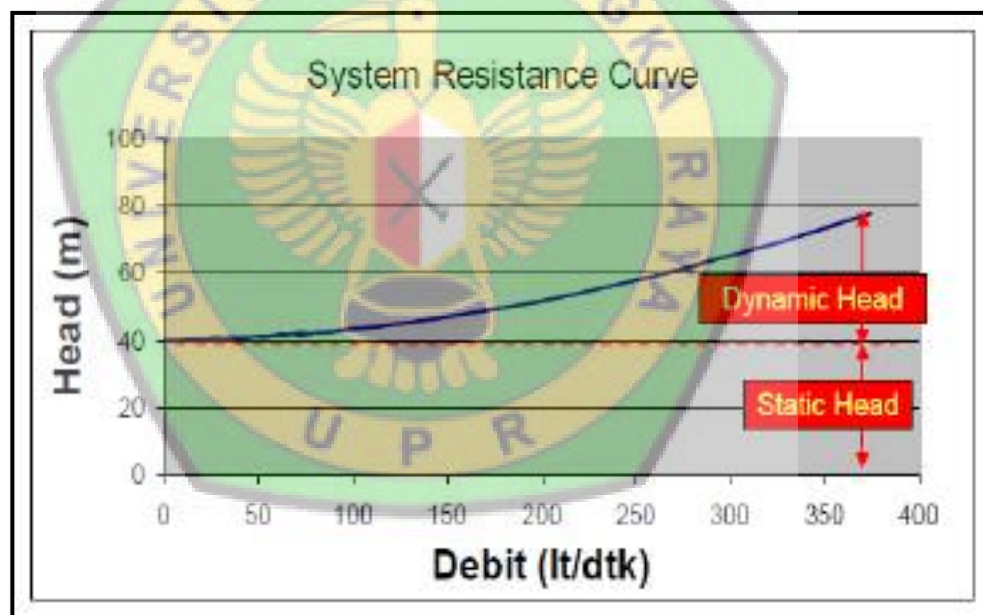
Gambar 2.7 Contoh *Pump Performance Curve* Merk Multiflo

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 2.9) :



Gambar 2.8 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 2.9), 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*.

2.6.5 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.

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

2.6.7 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.

2.6.8 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.

2.6.9 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 kondisi 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.

2.6.10 Tenaga Kerja/Operator Pompa

Pada kondisi operasional sistem pemompaan khususnya untuk pompa, peranan operator sangatlah mempengaruhi kinerja dari pompa-pompa yang digunakan.

BAB III

METODE PENELITIAN

3.1 Gambaran Umum Wilayah Penelitian

3.1.1 Profil PT. Bukit Makmur Mandiri Utama

PT. Bukit Makmur Utama merupakan perusahaan kontraktor pertambangan batubara. Berawal dari sebuah perusahaan kontraktor perkebunan kelapa sawit, dengan berbekal satu unit *Bulldozer (second)* type D 85 A, bapak Johan Lensa yang merupakan perintis PT. Bukit Makmur Mandiri Utama mulai meniti karir dalam sebuah proyek pertamanya pada Tahun 1988 di kota Singkil, Kabupaten Aceh Selatan. Pada akhir tahun 1988, mulailah proyek yang ke-II oleh Johan Lensa di Aceh Barat. Seiring dengan bertambahnya proyek yang dipercaya oleh *client*, maka Johan Lensa berupaya untuk menambah armada alat alat berat berupa Komatsu dengan Tipe D-60/6.

Pada saat yang bersamaan pak Johan Lensa kembali dipercayakan untuk membuka proyek perkebunan kelapa sawit ke-III di kota Waru, Kabupaten Paser, Kalimantan Timur. Tidak hanya mendapatkan proyek pada pulau Sumatera dan Kalimantan saja, pada akhir tahun 1989 John Lensa mendapat proyek ke-IV berupa perkebunan kelapa sawit dan Perumahan Transmigrasi di Sulawesi, tepatnya di Kota Sarudu Kabupaten Mamuju Sulawesi Selatan. Pada akhir tahun 1990 muncul proyek ke-V di Sumatra tepatnya di Kota Jambi, Kabupaten Muara Bungo. Menginjak tahun 1993 dimulailah proyek yang ke-VI di Kalimantan Selatan tepatnya di Indo Agri.

Seiring dengan bejalanya waktu serta kerja keras yang dijalani oleh Johan Lensa dari setiap site/proyek yang ada, disertai dengan adanya kerjasama yang baik dengan bapak Budikwanto-Kuesar yang saat itu menjadi sebagai Direktur Area di Diviasi III (Astra Agro Niaga-Pangkalan Bun). Johan Lensa dipercaya kembali untuk membuka proyek ke-VII di Pangkalan Bun dengan Bapak Sofyan sebagai site Manager disana.

Pada akhir tahun 1994, BUMA ditarik untuk berkecimpungan dalam bisnis kontraktor tambang, dengan langka awalnya sebagai subkontraktor PAMA di Kabupaten Berau Kalimantan Timur tepatnya di sungai Lati, saat itu BUMA masih bernama PT. Bukit Makmur Widya. Setelah selesai dengan proyek di sungai Lati, tahun 1995-1996, BUMA melanjutkan sebagai subkontraktor PAMA di Tenggarong (PT Fajar Bumi Sakti) dan pada tahun 1997 kembali melanjutkan di sungai Lati sampai tahun 1998, dimana PAMA hengkang dari Kabupaten Berau.

Akhirnya berkat kinerja dan performa yang baik dari BUMA, BUMA yang dulu dikenal dengan nama PT. Bukit Makmur Widya mulai berdiri sebagai kontraktor tunggal di sungai Lati. Setelah berhasil berkompetisi dengan kompetitor kontraktor lainnya selama 3 bulan, akhirnya BUMA memperoleh kepercayaan dari PT. Berau *Coal* untuk membuka *project Hauling* Suaran dan Binungan *Mine Site*. Seiring dengan menambahnya waktu, BUMA terus melakukan perluasan usaha / ekspansi dengan menambah 2 proyek tambang di Kota Samarinda tepatnya di Jongkang site BBE yang kemudian disusul dengan berdirinya Site Lanna di Sei Siring. Akhir tahun 2001 BUMA memperoleh prestasi yang membanggakan yaitu bendera BUMA menjadi kontraktor yang bergerak dibidang

jasa pertambangan batubara terbesar kedua. PT. Bukit Makmur Mandiri Utama merupakan salah satu perusahaan kontraktor yang bergerak di bidang pertambangan batubara. Saat ini PT. Bukit Makmur Mandiri Utama merupakan perusahaan terbesar kedua di Indonesia dalam bidang pertambangan batubara. PT. Bukit Makmur Mandiri Utama berdiri pada akhir tahun 1998 dan berpusat di Jakarta.

Bermula dari pengalamannya dalam bisnis alat-alat berat, yang dulunya dikenal dengan nama PT. Bukit Makmur Widya (BMW) Johan Lensa pemilik PT. Bukit Makmur Widya (BMW) bertekad untuk mengekspansi usahanya menjadi perusahaan sub-contracting, hingga akhirnya menjadi perusahaan kontraktor yang bergerak di bidang pertambangan batubara, yang sekarang dikenal dengan nama PT. Bukit Makmur Mandiri Utama atau BUMA. Semejak tanggal 6 November 2009, PT. Bukit Makmur Mandiri Utama beroperasi sebagai anak perusahaan dari PT. Delta Dunia Makmur Tbk. Dengan di dukung oleh keuangan perusahaan dari PT. Delta Dunia Makmur Tbk. Dengan didukung oleh keuangan perusahaan yang kuat, serta back up dari dealer alat berat utama dan pengalaman yang cukup luas, perusahaan akan membuktikan diri untuk menjadi kontraktor tambang pilihan di Indonesia. PT. Bukit Makmur Mandiri Utama berkontraktor pusat di Komplek Harmoni Mas Blok A No. 7,8,9 Jalan Jembatan Dua Jakarta Utara.

Dengan mendapatkan kepercayaan sebagai salah satu perusahaan kontraktor tambang yang besar di Indonesia, kini PT. Bukit Makmur Mandiri Utama telah banyak memiliki *Jobsite* aktif yang tersebar di Indonesia. Perusahaan tambang yang

sedang ditangani oleh PT. Bukit Makmur Mandiri Utama sebagai kontraktor perusahaan tambang tersebut :

1. PT. Bukit Makmur Mandiri Utama (BUMA) *Jobsite* Adaro, Tanjung Kalimantan Selatan;
2. PT. Bukit Makmur Mandiri Utama (BUMA) *Jobsite* Binungan, Berau Kalimantan Timur;
3. PT. Bukit Makmur Mandiri Utama (BUMA) *Jobsite* IBP, Kutai Kartanegara Kalimantan Timur;
4. PT. Bukit Makmur Mandiri Utama (BUMA) *Jobsite* IPR, Tabang Kutai Kartanegara Kalimantan Timur;
5. PT. Bukit Makmur Mandiri Utama (BUMA) *Jobsite* Kideco, Batu Kajang Kalimantan Timur;
6. PT. Bukit Makmur Mandiri Utama (BUMA) *Jobsite* Lati, Berau Kalimantan Timur;
7. PT. Bukit Makmur Mandiri Utama (BUMA) *Jobsite* SDJ, Sungai Danau, Kalimantan Selatan;
8. PT. Bukit Makmur Mandiri Utama (BUMA) *Jobsite* PADAIDI, Muara Teweh Kalimantan Tengah.

3.1.2 Lokasi dan Kesampaian Daerah

Secara administrasi lokasi penambangan batu bara PT. Bukit Makmur Mandiri Utama *site* PT. Kideco Jaya Agung termasuk wilayah Desa Batu Kajang, Kecamatan Batu Sopang, Kabupaten Paser, Provinsi Kalimantan Timur. Secara geografis

terletak pada $1^{\circ}50'00''$ - $1^{\circ}57'02''$ Lintang Selatan, dan. $115^{\circ}51'00''$ - $115^{\circ}56'00''$ Bujur Timur.

Untuk mencapai lokasi penelitian PT. Bukit Makmur Mandiri Utama *Jobsite* PT. Kideco Jaya Agung dapat ditempuh dengan cara :

- Dari Palangka Raya – Balikpapan dapat ditempuh selama \pm 1 jam dengan menggunakan pesawat melalui jalur udara;
- Dari Balikpapan – Penajam dapat ditempuh selama \pm 10 menit menggunakan *speed boat* melalui jalur laut;
- Dari Penajam - Batu Kajang dengan jarak tempuh \pm 150 km dapat ditempuh selama \pm 4 jam menggunakan kendaraan roda 4 (empat) dengan kondisi jalan beraspal;
- Dari Desa Batu Kajang ke area kerja PT. Bukit Makmur Mandiri Utama *Jobsite* PT. Kideco Jaya Agung *Pit M* memiliki jarak \pm 15 km yang dapat ditempuh selama 30 menit menggunakan Bus PT. Bukit Makmur Mandiri Utama.

3.1.3 Iklim dan Curah Hujan

Keadaan iklim dan curah hujan daerah penambangan wilayah Pit M dan daerah sekitarnya mempunyai iklim tropis dengan dua musim yaitu musim kemarau musim hujan. Suhu rata-rata maksimum berkisar antara 36°C sampai dengan 38°C , sedangkan suhu rata-rata minimum berkisar antara 33°C sampai 34°C berdasarkan data curah hujan 2007 - 2016 (PT. Bukit Makmur Mandiri Utama). Curah hujan maksimal dapat dilihat pada (Gambar 3.1) sebagai berikut :

RATA-RATA CURAH HUJAN (mm)										
BULAN	TAHUN									
	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018
JANUARI	26,00	35,00	8,50	73,00	47,00	73,00	46,00	35,00	55,00	31,00
FEBRUARI	34,00	48,00	34,50	62,00	71,00	28,00	89,00	57,00	46,00	79,00
MARET	54,00	67,00	7,00	59,00	83,00	36,00	26,00	83,00	71,00	99,00
APRIL	93,00	32,00	6,00	29,00	43,00	47,00	36,00	79,00	71,00	86,00
MEI	32,00	52,00	86,00	41,00	28,00	82,00	85,00	67,50	64,00	33,00
JUNI	23,00	75,00	17,00	46,00	51,00	54,00	73,50	65,00	30,00	26,00
JULI	32,00	36,00	47,00	25,00	55,00	55,00	7,00	35,50	35,00	59,00
AGUSTUS	14,00	29,00	18,00	16,00	22,00	65,00	7,00	7,94	22,00	45,00
SEPTEMBER	9,00	27,00	75,00	28,00	0,00	9,00	0,00	47,00	58,00	37,00
OKTOBER	49,00	24,00	25,00	45,00	0,00	37,00	28,00	95,00	35,00	64,00
NOVEMBER	34,00	88,50	62,00	57,00	44,00	48,00	69,00	75,00	95,00	72,00
DESEMBER	28,00	22,00	9,00	89,00	47,00	54,00	36,00	32,00	75,00	77,00
MAX	93,00	88,50	86,00	89,00	83,00	82,00	89,00	95,00	95,00	99,00
MIN	9,00	22,00	6,00	16,00	0,00	9,00	0,00	7,94	22,00	26,00
RATA-RATA	35,67	44,63	32,92	47,50	40,92	50,67	41,88	56,58	54,75	59,00
TOTAL	428,00	535,50	395,00	570,00	491,00	608,00	502,50	678,94	657,00	708,00
JUMLAH CURAH HUJAN TOTAL										5573,94
RATA-RATA HUJAN MAXIMUM										46,45
JUMLAH CURAH HUJAN MAXIMAL										899,50

(Sumber : Engineering Departemen PT Bukit Makmur Mandiri Utama)

Gambar 3.1 Data Curah Hujan Rata-rata Tahun 2009 – 2018

3.2 Struktur Organisasi Perusahaan

Struktur organisasi Departemen Engineer pada PT. Bukit Makmur Mandiri

Utama terdiri dari :

1. *Project Manager*

Bertanggung jawab penuh terhadap aktifitas karyawan serta mengawasi proses kerja dilokasi penambangan.

2. *Superintendent Engineer*

Bertanggung jawab atas prosesi data, perencanaan dan pengawasan penambangan.

3. *Mine Planer*

Bertanggung jawab terhadap perencanaan dan perancangan kegiatan penambangan berdasarkan *design* yang efisien dan aman, serta bertanggung jawab terhadap rencana pengembangan, pengawasan serta kontrol terhadap pelaksanaan penambangan di lapangan yang disesuaikan dengan *design* tambang yang telah dibuat.

4. *Surveyor*

Bertanggung jawab terhadap pengambilan data dengan menggunakan alat GPS Geodetik dalam pengukuran di lapangan, data hasil pengukuran tersebut kemudian ditransferkan ke dalam komputer dan selanjutnya diolah dengan menggunakan program *minescape*.

5. *Assistant Surveyor*

Bertugas membantu *surveyor* dalam pengambilan data di lapangan dan bertanggung jawab penuh terhadap penggunaan peralatan *total station* di lapangan.

6. *Geologist*

Bertanggung jawab terhadap pengumpulan data-data geologi dari lapangan. Seperti data pemboran, data singkapan dan data-data eksplorasi lainnya.

3.3 Kondisi Geologi

Kondisi Geologi Regional Lembar Balikpapan di PT. Bukit Makmur Mandiri Utama *Jobsite* PT. Kideco Jaya Agung berdasarkan Peta Geologi Regional terbagi menjadi tiga bagian yaitu terdiri dari :

a. Fisiografi

Pada Peta Geologi Regional Lembar Balikpapan memiliki wilayah berbukit-bukit yang tebentang dari barat ke timur serta daerah datar yang sempit terutama berada di Daerah Aliran Sungai (DAS) dan sungai kecil serta pesisir pantai. Pada peta di bagian timur terdapat selat Makasar.

b. Stratigrafi

Stratigrafi adalah susunan formasi lapisan batuan yang berurutan dari muda ke tua, pada Peta Geologi Regional Lembar Balikpapan terdiri dari beberapa formasi yaitu :

- Aluvium (*Qa*): Kerakal, kerikil, pasir, lempung dan lumpur sebagai endapan sungai, rawa, pantai dan delta. Tersebar disepanjang pantai timur Tanah Grogot, Teluk Adang dan Teluk Balikpapan.
- Formasi Kampungbaru (*Tpkb*): batulempung pasiran, pasir kuarsa, batulanau, sisipan batubara, napal, batugamping dan lignit. Tebal sisipan batubara dan lignit kurang dari 3 meter.
- Formasi Balikpapan (*Tmbp*): perselingan batupasir kuarsa, batulempung lanauan dan serpih dengan sisipan napal, batugamping dan batubara.
- Formasi Pulaubalang (*Tmpb*): perselingan batupasir kuarsa, batupasir dan batulempung dengan sisipan batubara.

- Formasi Warukin (*Tmw*): perselingan batupasir dan batulempung dengan sisipan batubara. Terendapkan dilingkungan delta. Tidak dijumpai fosil. Umur diduga berkisar antara Miosen Tengah-Miosen Akhir. Tebal formasi antara 300-500 meter. Formasi Warukin menindih selaras formasi Berai.
- Formasi Bebulu (*Tmbl*): batugamping dengan sisipan batulempung lanauan dan sedikit napal. Formasi ini menindih selaras formasi Pamaluan.
- Formasi Pamaluan (*Tomp*): batulempung dan serpih dengan sisipan napal, batupasir dan batugamping.
- Formasi Berai (*Tomb*): batugamping, napal dan serpih. Napal dan serpih menempati bagian bawah formasi, sedangkan bagian tengah dan atas dikuasai oleh batugamping. Tebal formasi sekitar 1100 meter.
- Formasi Tuyu (*Toty*): perselingan batupasir, greywacke, serpih dan batulempung. Formasi ini menindih selaras formasi Telakai.
- Formasi Telakai (*Tetk*): batulempung, batupasir lempungan dan serpih dengan sisipan batugamping dan napal. Tebal formasi 1700 meter dan menindih selaras formasi Kuaro.
- Formasi Kuaro (*Tek*): batupasir dan konglomerat dengan sisipan batubara, napal, batugamping dan serpih lempungan. Ketebalan formasi sekitar 700 meter dan menindih tak selaras formasi Pitap.
- Formasi Tanjung (*Tet*): perselingan batupasir, batulempung, konglomerat, batugamping dan napal dengan sisipan tipis batubara. Tebal formasi diperkirakan sekitar 1000-1500 meter. Formasi ini tertindih tak selaras formasi Pitap.

- Formasi Haruyan (*Kvh*): lava, breksi dan tufa.
- Olistolit Kintap (*Kok*): batugamping, padat, tidak berlapis, mengandung fosil *Orbitolina* sp., yang menunjukkan umur Kapur Tengah. Tebal satuan sekitar 200 meter.
- Formasi Pintap (*Ksp*): perselingan batupasir, greywacke, batulempung dan konglomerat. Tebal formasi diduga tidak kurang dari 1500 meter.
- Granit dan Diorit : Granit dan Diorit. Granit, kelabu muda, mengandung muskofit dan sedikit horeblend. Menerobos batuan pra-Tersier berupa retas. Diorit, kelabu muda, menghablur penuh, mineral utama biotit. Umur batuan terobosan ini diduga berumur Kapur Akhir.
- Kompleks Ultramafik : Serpentinit dan harzburgit. Serpentinit, kelabu kehijauan; padat; tersusun oleh mineral krisotil dan antigorit. Harzburgit, hijau gelap; terserpentitikan, tersusun oleh mineral olivin, piroksen dan serpentin. Umurnya diduga Jura.

Pada daerah penelitian dijumpai formasi warukin (*Tmw*) dengan struktur batuan berupa perselingan batupasir dan batulempung dengan sisipan batubara yang terendapkan dilingkungan delta. Tidak dijumpai fosil. Umur diduga berkisar antara Miosen Tengah-Miosen Akhir. Tebal formasi antara 300-500 meter. Selain formasi warukin juga dijumpai formasi berai dengan struktur batuan berupa batugamping, napal dan serpih. Napal dan serpih menempati bagian bawah formasi, sedangkan bagian tengah dan atas dikuasai oleh batugamping. Tebal formasi sekitar 1.100 meter.

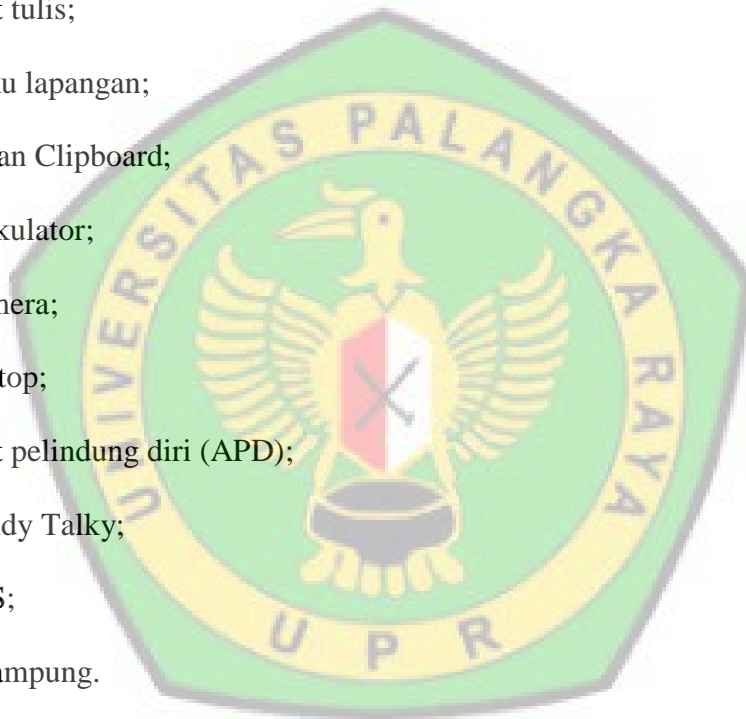
c. Struktur Geologi

Struktur geologi yang berkembang pada Peta Geologi Regional terdiri dari beberapa struktur geologi yang diantaranya adalah Antiklin, Siklin, Sesar, dan Kontak Geologi.

3.4 Alat dan Bahan

Adapun alat dan bahan yang dipergunakan selama melakukan Tugas Akhir dilapangan, antara lain sebagai berikut :

1. Alat tulis;
2. Buku lapangan;
3. Papan Clipboard;
4. Kalkulator;
5. Kamera;
6. Laptop;
7. Alat pelindung diri (APD);
8. Handy Talky;
9. GPS;
10. Pelampung.



3.5 Tata Laksana Penelitian

3.5.1 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.

3.5.2 Metode

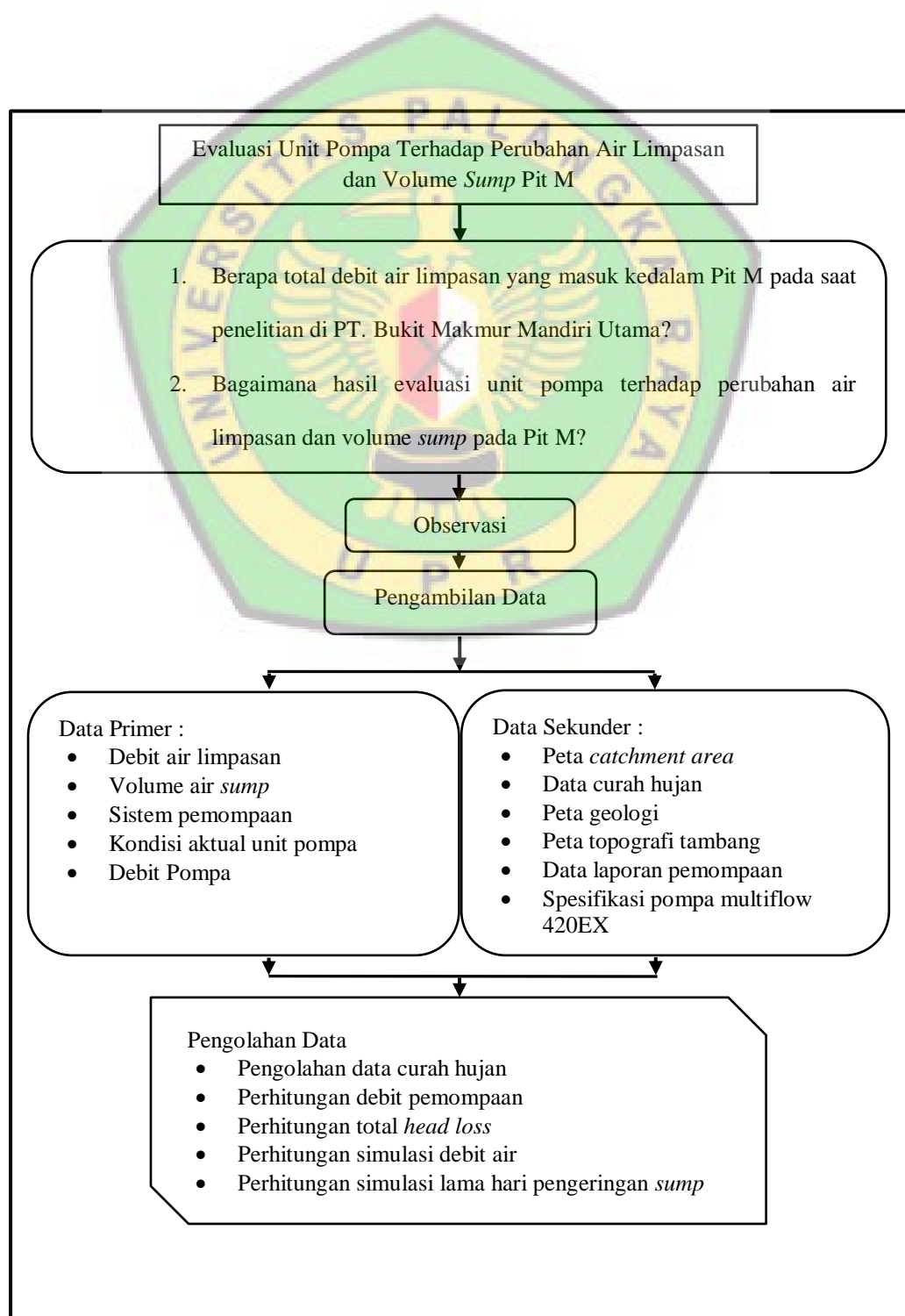
Metode yang digunakan dalam penelitian ini didasarkan pada metode kuantitatif deskriptif. Metode penelitian kuantitatif adalah penelitian ilmiah yang sistematis terhadap bagian-bagian dan fenomena serta hubungan-hubungannya.

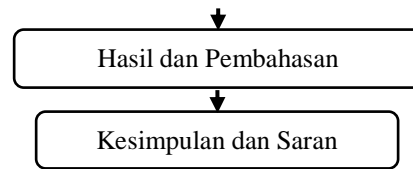
Tujuan penelitian kuantitatif adalah mengembangkan dan menggunakan model-model matematis, teori-teori yang berkaitan dengan kegiatan tertentu. Metode deskriptif merupakan metode penelitian yang berusaha menggambarkan objek sesuai apa adanya dan menggambarkan secara sistematis fakta serta karakteristik 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 Makmur Mandiri Utama *Jobsite* Kideco Jaya Agung. 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, Instansi yang terkait dengan penelitian. Data primer adalah data yang diambil peneliti di lapangan dan diolah peneliti.
4. Pengolahan data, yaitu pengolahan data dilakukan dengan melakukan beberapa perhitungan dan penggambaran yang selanjutnya disajikan dalam bentuk perhitungan.
5. Mengevaluasi data yang diperoleh dengan analisa matematis dan statistik serta disajikan dalam bentuk tabel, dan perhitungan penyelesaian.

3.6 Diagram Alir Pelaksanaan Tugas Akhir

Sistematika penelitian skripsi ini dapat dilihat (Gambar 3.2) dibawah ini :





Gambar 3.2 Bagan Alir Penelitian



3.7 Waktu Penelitian

Penelitian Tugas Akhir dilaksanakan ± 2 bulan dimulai tanggal 6 Maret – 2 Mei tahun 2019. Lama dan waktu pelaksanaan penelitian ini dapat berubah sesuai dengan ketentuan dan kebijakan perusahaan.

Tabel 3.1. Waktu Penelitian

No.	Kegiatan	Maret 2019				April 2019				Mei-Oktober 2019				November 2019				Januari-Desember 2020				Januari-Februari 2021				Maret 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	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																					■							
8	Konsultasi Perbaikan																					■	■	■	■	■			
9	Sidang Nol																											■	



BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Hasil Penelitian

4.1.1 Analisis Total Debit Air Masuk Sump Pit M

Untuk mengetahui besarnya curah hujan rencana yang terjadi, maka diperlukan data curah hujan harian selama beberapa tahun terakhir yang diperoleh dari *Engineering Depatement* PT. Bukit Makmur Mandiri Utama. Data curah hujan yang digunakan pada penelitian ini merupakan data curah hujan harian selama 10 tahun PT. Bukit Makmur Mandiri Utama, yaitu dari tahun 2009 sampai dengan tahun 2018. Penentuan data curah hujan maksimum ini menggunakan metode *partial series* yang merupakan metode terbaik dibandingkan dengan metode *annual maximum series*. Hal ini sesuai dengan pernyataan Suripin (2004) mengatakan bahwa metode *annual maximum series* merupakan metode yang kurang realistis sebab dalam metode ini, besaran data maksimum dalam tahun yang lain tidak diperhitungkan pengaruhnya dalam analisis. Oleh karena itu beberapa ahli menyarankan menggunakan metode *partial series*. Dalam analisa curah hujan ini, setelah dilakukan pengumpulan data diperoleh curah hujan maksimum selama 10 tahun terakhir untuk mengantisipasi debit air limpasan yang akan terjadi. **(Lampiran B)**

1. Analisis Curah Hujan

a. Curah Hujan

Analisis curah hujan rencana berguna untuk mengetahui periode ulang hujan yang terjadi pada daerah penelitian. Dalam analisis data curah hujan

rencana, penulis menggunakan distribusi metode gumbel karena telah memenuhi syarat dalam pemilihan metode distribusi. Dalam hal ini distribusi gumbel merupakan distribusi yang menggunakan harga-harga ekstrim dan digunakan untuk menganalisis data maksimum. Pada tabel dibawah ini hasil perhitungan menggunakan rekapitulasi statistik distribusi dan uji keselarasan *Smirnov-kolmogorov*. Perhitungan distribusi curah hujan maksimum dapat dilihat pada Tabel 4.1.

b. Parameter statistik (Pengukuran Dispersi)

Suatu kenyataan bahwa tidak semua nilai dari suatu variabel hidrologi terletak atau sama dengan nilai rata-ratanya, tetapi kemungkinan ada nilai yang lebih besar atau lebih kecil dari nilai rata-ratanya. (Sosrodarsono dan Takeda, 1993) Besarnya dispersi dapat dilakukan pengukuran dispersi yakni melalui perhitungan parameter statistik untuk $(X_i - X)$, $(X_i - X)^2$, $(X_i - X)^3$, $(X_i - X)^4$, terlebih dahulu.

Keterangan :

X_i = Besarnya curah hujan (mm)

X = Rata-rata curah hujan maksimum (mm)

Tabel 4.1 Perhitungan Nilai Statistik Hujan Tahun 2009-2018

No	Tahun	Rh Rencana (mm) (X_i)	Rh Rata-rata (X)	$(X_i - X)$	$(X_i - X)^2$	$(X_i - X)^3$	$(X_i - X)^4$
1	2018	99,00	89,95	9,050	81,902	741,218	6708,020
2	2016	95,00		5,050	25,503	128,788	650,378
3	2017	95,00		5,050	25,503	128,788	650,378
4	2009	93,00		3,050	9,302	28,373	86,537

Bersambung...

Lanjutan Tabel 4.1

5	2012	89,00	-0,950	0,903	-0,857	0,815
6	2015	89,00	-0,950	0,903	-0,857	0,815
7	2010	88,50	-1,450	2,103	-3,049	4,421
8	2011	86,00	-3,950	15,603	-61,630	243,438
9	2013	83,00	-6,950	48,303	-335,702	2333,132
10	2014	82,00	-7,950	63,203	-502,460	3994,556
Jumlah		899,50	0,000	273,225	122,610	14672,486

Hal-hal yang dilakukan dalam melakukan pengukuran statistik adalah sebagai berikut :

a) Mean/rerata

Mean adalah nilai rata-rata dari beberapa buah data. Nilai mean dapat ditemukan dengan membagi jumlah data dengan banyaknya data.

$$\bar{x} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n x_i}{n}} = \sqrt{\frac{899,500}{10}} = 89,95 \text{ mm/hari}$$

b) Simpangan Baku / Standar Deviasi

Simpangan baku (*Standard Deviation*) adalah ukuran perbesaran data. Simpangan ini bias diartikan jarak rata-rata penyimpangan antara hasil pengukuran dengan nilai rata-rata.

$$S = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n-1}} = \sqrt{\frac{273,225}{10-1}} = 5,131 \text{ mm}$$

c) Koefisien Variasi (*Variation Coefficient*)

Koefisien Variansi adalah perbandingan antara simpangan standar dengan nilai rata-rata.

$$Cv = \frac{S}{\bar{x}} = \frac{5,131}{89,95} = 0,057$$

d) Asimetri / Kemencengan / Skewness

Merupakan derajat atau ukuran dari ketidaksimetrisan (Asimetri) suatu distribusi data.

$$C_s = \frac{n \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^3}{(n-1)(n-2)S^3} = \sqrt{\frac{9 \times 122,610}{(10-1)(10-2) \cdot 5,131^3}} = 0,126$$

e) Ukuran Keruncingan

Merupakan derajat atau ukuran tinggi rendahnya puncak suatu distribusi normalnya data.

$$C_k = \frac{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^4}{(n-1)(n-2)(n-3)S^4} = \sqrt{\frac{9 \times 14672,486}{(9)(8)(7) \cdot 5,131^4}} = 2,118$$

Berdasarkan hasil dari perhitungan nilai statistik diketahui memiliki kecenderungan pada distribusi gumbel. Hasil rekapitulasi distribusi dapat dilihat pada tabel 4.2.

Tabel 4.2 Rekapitulasi Distribusi

Cs	Ck	Normal	Log Normal	Gumbel	Log Pearson tipe III
		Cs ≈ 0,00 Ck ≈ 3,00	Cs = 0,97 Ck = 70,71	Cs ≤ 1,4 Ck ≤ 5,4	Cs = Bebas Ck = Bebas
0,126	2,118	X	X	✓	X

c. Penentuan Periode Ulang Hujan

Penentuan periode ulang hujan dilakukan dengan menyesuaikan data dan keperluan pemakaian yang berkaitan dengan umur tambang serta tetap memperhitungkan resiko hidrologi (*Hidrology Risk*). Berdasarkan *departement engineering*, pada *sump* pit m direncanakan umur tambang sekitar 2 tahun, sesuai lama sisa kontrak kerja dengan perusahaan PT.

Kideco Jaya Agung. Sehingga periode ulang yang digunakan dalam penelitian ini adalah periode ulang 2 tahun.

d. Resiko Hidrologi

Perhitungan resiko hidrologi dengan periode ulang 2 tahun sebagai berikut :

$$P_t = 1 - \left(1 - \frac{1}{2}\right)^2$$

$$P_t = 0,96875 \times 100\%$$

$$P_t = 96,88\%$$

Tabel 4.3 Resiko Hidrologi dengan Periode Ulang Hujan

PUH (T_t)	Resiko Hidrologi = $P_t(\%)$		T_L (tahun)
1.00	1.00000	100.00%	2
2.00	0.96875	96.88%	2
3.00	0.86831	86.83%	2
4.00	0.76270	76.27%	2
5.00	0.67232	67.23%	2
6.00	0.59812	59.81%	2
7.00	0.53734	53.73%	2

e. Perhitungan Curah Hujan

Dengan jumlah data (n) adalah curah hujan yang terdiri dari data curah hujan 10 tahun (2009 – 2018).

a) Perhitungan distribusi probabilitas

Perhitungan data curah hujan dengan menggunakan distribusi probabilitas gumbel, sebagai berikut :

Tabel 4.4 Perhitungan Distribusi Probabilitas Gumbel

Tahun	No. urut (m)	Rain Falls (mm) (Xi)	Reduksi Variat $Y_n = -\ln(-\ln(\frac{1}{p}))$	$Y_N = \frac{\sum Y_n}{n}$	$(Y_n - Y_N)^2$	Standar Deviasi $S_n = \sqrt{\frac{\sum (Y_n - Y_N)^2}{n-1}}$
2018	1	99,00	-0,875	0,50	1,876	1,00
2016	2	95,00	-0,533		1,058	
2017	3	95,00	-0,262		0,573	
2009	4	93,00	-0,012		0,257	
2012	5	89,00	0,238		0,066	
2015	6	89,00	0,501		0,000	
2010	7	88,50	0,794		0,089	
2011	8	86,00	1,144		0,421	
2013	9	83,00	1,606		1,234	
2014	10	82,00	2,351		3,443	
Total		1096	4,952		9,018	

$$P = \frac{m}{n+1}$$

$$P = \frac{1}{10+1}$$

$$P = 0,091$$

$$y = -\ln(-\ln(\frac{1}{p}))$$

$$y = -\ln(-\ln(\frac{1}{0,091}))$$

$$y = -0,875$$

$$y_n = \frac{\sum y}{n}$$

$$y_n = \frac{4,952}{10}$$

$$y_n = 0,50$$

$$(y - y_n)^2$$

$$(-0,875 - 0,50)^2 = 1,876$$

$$s_n = \sqrt{\frac{\sum(y-y_n)^2}{n-1}}$$

$$s_n = \sqrt{\frac{9,018}{10-1}}$$

$$s_n = 1,00$$

b) Perhitungan nilai variasi reduksi (yt) periode 2 tahun

$$Y_t = -\ln [-\ln ((2-1)/2)]$$

$$Y_t = 0,367$$

Perhitungan curah hujan menggunakan periode 2 tahun. Hal ini sesuai dengan kebijakan, keperluan pemakaian yang berkaitan dengan umur tambang, serta perhitungkan resiko hidrologi. Berikut ini adalah perhitungan curah hujan.

$$X_t = X_r + \frac{S}{s_n} (Y_t - Y_n)$$

$$X_t = 89,950 + \frac{5,131}{1,00} (0,367 - 0,495)$$

$$X_t = 89,290 \text{ mm/hari}$$

Tabel 4.5 Distribusi Curah Hujan Metode Gumbel

Periode	X_r	$S = \sqrt{\sum(X_i - X_r)^2 / (n-1)}$	s_n	Y_n	$(T-1/T)$	$Y_t = -\ln [-\ln ((T-1)/T)]$	$(Y_t - Y_n)$	X_t (mm/Hari) $= X_r + (S/s_n) * (Y_t - Y_n)$
1	89,950	5,131	1,001	0,495	-		-0,495	87,412
2	89,950	5,131	1,001	0,495	0,500	0,367	-0,129	89,290
5	89,950	5,131	1,001	0,495	0,800	1,500	1,005	95,100
10	89,950	5,131	1,001	0,495	0,900	2,250	1,755	98,946

f. Intensitas Curah Hujan

Untuk mendapatkan intensitas curah hujan dalam periode 1 jam dari data curah hujan harian maksimum digunakan rumus mononobe. Hal ini

disebabkan karena data curah hujan jangka pendek tidak tersedia, hanya ada data curah hujan harian. Sesuai dengan pernyataan Leobis (1992) bahwa intensitas hujan (mm/jam) dapat diturunkan dari data curah hujan harian (mm) empiris menggunakan metode mononobe. Hasil analisis dapat dilihat pada tabel berikut :

Tabel 4.6 Intensitas Hujan Rencana PUH 2, 5, 10 dan 25 tahun

t (Jam)	R24 (CH Maks. Dalam 24 jam)			
	R (2 tahun)	R (5 tahun)	R (10 tahun)	R (25 tahun)
	89,29	95,10	98,95	103,81
1	30,955	32,969	34,303	35,987
2	19,501	20,769	21,609	22,671
3	14,882	15,850	16,491	17,301
4	12,285	13,084	13,613	14,282
4,17	11,948	12,725	13,240	13,890
5	10,587	11,275	11,731	12,308
6	9,375	9,985	10,389	10,899
7	8,459	9,010	9,374	9,835
8	7,739	8,242	8,576	8,997
9	7,154	7,620	7,928	8,317
10	6,669	7,103	7,390	7,753
11	6,259	6,666	6,935	7,276
12	5,906	6,290	6,544	6,866
13	5,599	5,963	6,204	6,509
14	5,329	5,676	5,905	6,195
15	5,089	5,421	5,640	5,917
16	4,875	5,192	5,402	5,668
17	4,682	4,987	5,188	5,443
18	4,507	4,800	4,994	5,240
19	4,347	4,630	4,818	5,054
20	4,201	4,475	4,656	4,884
21	4,067	4,331	4,507	4,728
22	3,943	4,199	4,369	4,584
23	3,828	4,077	4,241	4,450
24	3,720	3,962	4,123	4,325

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

$$I = \frac{89,29}{24} \left(\frac{24}{4,17} \right)^{2/3}$$

$$I = 11,948 \text{ mm/jam}$$

g. Daerah Tangkapan Hujan (*Catchment Area*)

Catchment Area adalah luas permukaan yang apabila terjadi hujan, maka air hujan akan mengalir ke daerah yang lebih rendah. Luasan *catchment area* ini dapat mempengaruhi jumlah air yang akan masuk kedalam pit penambangan, karena akan menentukan besar kecilnya debit air limpasan. Situasi *catchment area* dapat dilihat pada (Lampiran A.4). Penentuan daerah tangkapan hujan dilakukan menggunakan *Minescape 5.7* dan *Archgis 10.5*, maka didapatkan total luas daerah tangkapan hujan sebesar 329 Ha (3,29 km²). Lokasi penelitian pit m dapat dilihat pada (Gambar 4.1).



Gambar 4.1 Lokasi penelitian Pit M

h. Debit Air Limpasan Permukaan yang Masuk Sump M

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

Tabel 4.7 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
	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)

Dari hasil perhitungan curah hujan rencana didapatkan nilai curah hujan harian sebesar 89,29 mm/hari dengan nilai intensitas curah hujan yaitu 11,948 mm/jam dengan jam hujan *maximum* sebesar 4,17 jam/hari (**Lampiran D**). Luas daerah tangkapan hujan, diketahui seluas 3,29 km², sehingga debit air limpasan dapat dihitung dengan menggunakan persamaan 2.19.

$$Q_{\text{Limpasan}} = 0,278 \cdot C \cdot I \cdot A$$

$$= 0,278 \times 0,9 \times 11,948 \times 3,29$$

$$= 9,83 \text{ m}^3/\text{detik}$$

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

$$Q_{\text{Limpasan}} = Q_L \times 3600 \text{ detik/jam} \times 4,17 \text{ jam/hari}$$

$$= 9,83 \text{ m}^3/\text{detik} \times 3600 \times 4,17$$

$$= 147.567,96 \text{ m}^3/\text{hari}$$

Perhitungan debit air hujan yang masuk, disesuaikan dengan luasan *sump* sebesar $76.195,56 \text{ m}^2$ atau $0,0761 \text{ km}^2$ (**Lampiran E**). Besarnya debit air hujan yang langsung masuk kedalam *sump* adalah :

$$Q_{\text{debit air hujan}} = 0,278 \times I \times A$$

$$= 0,278 \times 11,948 \text{ mm} \times 0,0761 \text{ km}^2$$

$$= 0,269 \text{ m}^3/\text{detik}$$

$$Q_{\text{debit air hujan}} = Q \times 3600 \text{ detik/jam} \times 4,17 \text{ jam/hari}$$

$$= 0,269 \text{ m}^3/\text{detik} \times 3600 \times 4,17$$

$$= 4.038 \text{ m}^3/\text{hari}$$

i. Debit Air Tanah yang Masuk *Sump* Pit M

Air tanah pada Pit M PT. Bukit Makmur Mandiri Utama tidak ditemukan, tetapi debit air tanah diasumsikan $0,001 \text{ m}^3/\text{detik}$ sesuai dengan yang ditetapkan oleh *engineering departement* PT. Bukit Makmur Mandiri Utama. Debit air tanah selama 1 jam sama dengan $3,6 \text{ m}^3/\text{jam}$ atau sama dengan $86,4 \text{ m}^3/\text{hari}$. (**Lampiran F**)

j. Total Debit Air yang Masuk *Sump* Pit M

Total debit air yang masuk *Sump* pit m 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 jam hujan *maximal* adalah 4,17 jam/hari, maka dapat dihitung sebagai berikut :

$$\begin{aligned} Q_{\text{total}} &= Q_{\text{limpasan}} + Q_{\text{debit air hujan masuk sump}} + Q_{\text{air tanah}} \\ &= 147.567,96 \text{ m}^3/\text{hari} + 4.038 \text{ m}^3/\text{hari} + 86,40 \text{ m}^3/\text{hari} \\ &= 152.172,36 \text{ m}^3/\text{hari} \end{aligned}$$

2. Analisis Kapasitas *Sump* Pit M

a. Kondisi Pada *Sump*

Kondisi pada *sump* pit m saat penelitian dapat dilihat pada (Gambar 4.2). Diketahui pada sisi kanan *sump* terdapat material tanah bercampur lumpur yang terbawa oleh air limpasan, dimana menyebabkan terjadinya sedimentasi pada *sump* yang mempengaruhi kapasitas dan volume tampungan air.



Gambar 4.2 Kondisi *Sump* Pada Pit M**b. Kapasitas *Sump***

Untuk mengatasi air hujan dan limpasan yang langsung masuk ke dalam lubang bukaan tambang maka akan dibuatkan *sump*, pada dasarnya *sump* ditempatkan di daerah terendah di dalam pit pada daerah *mined out* (batubara telah diambil) yang berguna untuk menampung air sementara sebelum dipompa keluar dari lokasi penambangan. Adapun ukuran dimensi *sump* pit m dapat dilihat pada tabel 4.8. **(Lampiran G)**

Tabel 4.8 Dimensi *Sump* Pit M

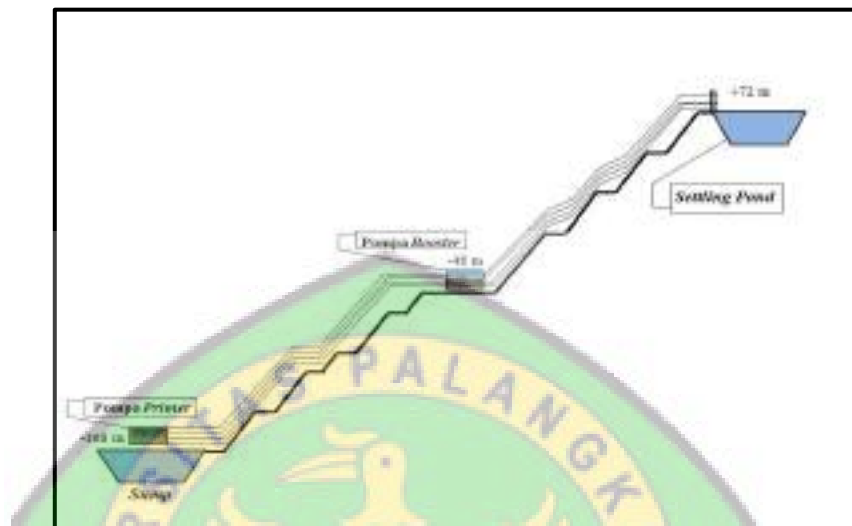
No.	Parameter	Nilai
1.	Elevasi tertinggi	-168 mdpl
2.	Elevasi terendah	-212 mdpl
3.	Kedalaman	44 m
4.	Luas permukaan atas <i>sump</i>	76.195,56 m ²
5.	Luas dasar <i>sump</i>	1.612,64 m ²
6.	Volume <i>sump</i> saat ini	1.247.772 m ³
7.	Kapasitas <i>sump</i> aktual	1.711.779,96 m ³

(Sumber: *Departement Engineering*)

4.1.2 Evaluasi Unit Pompa Pada *Sump* Pit M**A. Sistem Pemompaan Dalam Proses *Dewatering* Pada Pit M**

Sistem pemompaan yang digunakan pada pit m menggunakan *direct multi stage pump* yaitu sistem pemompaan yang menggunakan lebih dari satu pompa. Pada lokasi penelitian, pompa yang digunakan adalah 4 unit pompa Multiflo MF 420EX sebagai pompa *primer* yang berada pada elevasi -168 mdpl, serta 4 unit pompa Multiflo MF 420EX sebagai pompa *booster* yang berada pada elevasi -48 mdpl.

Sedangkan pada *outlet* pompa atau kolam pengendapan (*settling pond*) berada pada elevasi +72 mdpl.



Gambar 4.3 *Layout* Pemompaan Aktual PT. BUMA



Gambar 4.4 Pompa Multiflow 420EX Pada *Sump* Pit M



Gambar 4.5 Kolam Pengendapan (*Settling pond*)

B. Sistem Pemipaan Dalam Proses *Dewatering* Pada Pit M

Standar dan spesifikasi pipa yang digunakan oleh PT. Bukit Makmur Mandiri Utama, untuk pompa yang ada pada perusahaan adalah pipa dengan jenis HDPE (*High Density Polyethylene*) berdiameter 14 inch.



Gambar 4.6 Pipa HDPE yang digunakan pada PT. Bukit Makmur Mandiri Utama



Pompa Primer MF 420EX No.35	01 April 2019	Primer	1350	69%	0,294	0,62	2	30	2,51	0,158	569
		Booster	1480	60%							
	04 April 2019	Primer	1300	72%	0,294	0,62	2	30	2,51	0,158	569
		Booster	1400	66%							
Pompa Booster MF 420EX No.49	06 April 2019	Primer	1350	70%	0,294	0,62	2	30	2,51	0,158	569
		Booster	1400	70%							
	10 April 2019	Primer	1400	62%	0,294	0,65	3	30	2,63	0,166	597
		Booster	1400	80%							
	11 April 2019	Primer	1400	77%	0,294	0,62	2	30	2,51	0,158	569
		Booster	1380	70%							
13 April 2019	Primer	1420	62%	0,294	0,62	2	30	2,51	0,158	569	
	Booster	1220	45%								
Rata- rata	Bulan April	Primer	1370	69%	0,294	0,63	2,17	30	2,53	0,159	574
		Booster	1380	65%							

Berdasarkan tabel diatas, dapat diketahui bahwa pada 1 line pompa MF 420EX mendapatkan debit sebesar 574 m³/jam, atau setara dengan 10.332 m³/hari pada jam kerja aktual pompa. Debit total dari 4 line pompa dapat dilihat pada (Tabel 4.10).

Tabel 4.10 Debit Total 4 line Pompa Multiflo 420EX

PIT	Line Pompa		Debit Rata-rata m ³ /jam	Debit Rata-rata Pompa m ³ /hari	Total Debit m ³ /hari
M	1	Primer	MF420EX-59	574	10.332
		Booster	MF420EX-46		
	2	Primer	MF420EX-35	574	10.332
		Booster	MF420EX-49		
	3	Primer	MF420EX-62	574	10.332
		Booster	MF420EX-48		
	4	Primer	MF420EX-38	574	10.332
		Booster	MF420EX-51		

(Sumber: Pengolahan data)

- Perhitungan Total Head Pompa Primer – Booster (line 2)

Elevasi pompa primer berada pada -168 mdpl, elevasi pompa booster adalah -48 mdpl dan outlet pompa berada pada +72 mdpl. Pompa yang

digunakan adalah Multiflo MF-420EX. Pipa yang digunakan adalah pipa jenis *HDPE (High Density Polyethylene)* dengan panjang pipa *primer* adalah 594 m dan pipa *booster* adalah 891 m (panjang total 1.485 m), *Pressure Nominal (PN)* sebesar 16 bar, dan koefisien kekasaran pipa (*C*) sebesar 152,10. Langkah perhitungan *Total head primer – booster (Lampiran L)*.

Nilai *Head* pada 1 pompa *Primer MF-420EX*

- *Total Head* pada pemompaan dengan debit 0,159 m³/s

$$\text{Total Head} = H_s + \frac{P}{\gamma} + H_f + H_{f_2} + H_l + H_v$$

$$\text{Total Head} = 120 \text{ m} + 0 + 8,43 \text{ m} + 0 + 1,42 \text{ m} + 0,24 \text{ m}$$

$$\text{Total Head} = 130,09 \text{ m}$$

Nilai *Head* pada 1 pompa *Booster MF-420EX*

- *Total Head* pada pemompaan dengan debit 0,159 m³/s

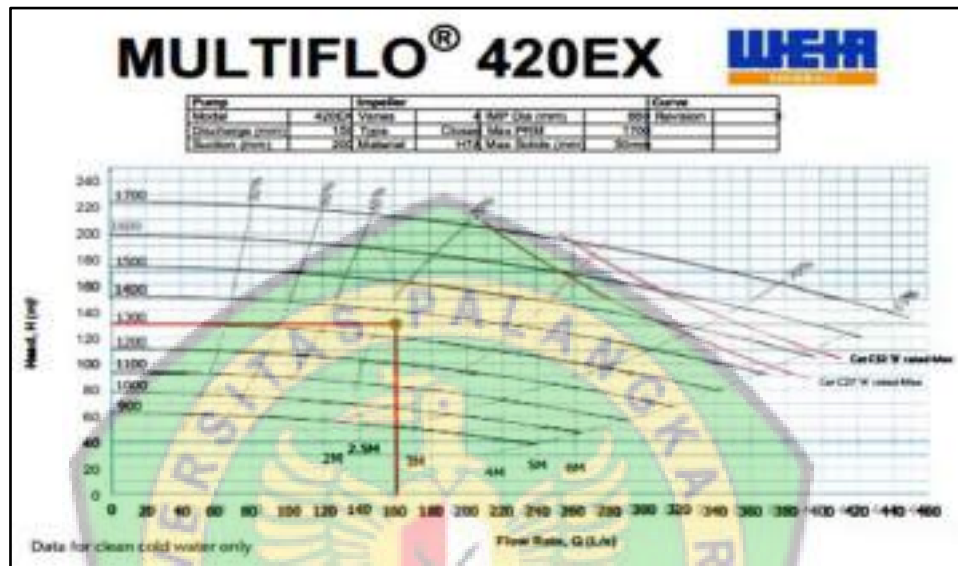
$$\text{Total Head} = H_s + \frac{P}{\gamma} + H_f + H_{f_2} + H_l + H_v$$

$$\text{Total Head} = 120 \text{ m} + 0 + 12,65 \text{ m} + 7,19 \text{ m} + 1,42 \text{ m} + 0,24 \text{ m}$$

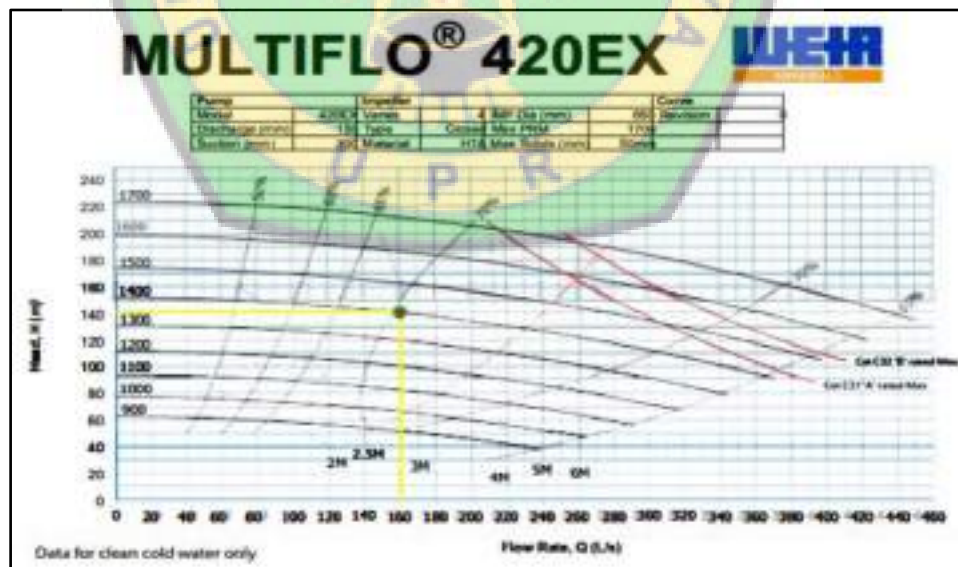
$$\text{Total Head} = 141,5 \text{ m}$$

Berdasarkan kurva karakteristik (Gambar 4.10) efisiensi kerja pompa *primer* sebesar 69% dengan rpm (*rotary per minute*) sebesar 1.370 rpm dengan *head* pompa 130,05 m. Pada pompa *booster* yang berfungsi sebagai pompa dorong, diketahui pada kurva karakteristik (Gambar 4.11), efisiensi kerja *booster* sebesar 65% dengan rpm (*rotary per minute*) sebesar 1.380 rpm dengan *head* pompa 141,5 m. Berdasarkan kurva karakteristik kedua pompa,

didapatkan debit pompa aktual sebesar $0,159 \text{ m}^3/\text{detik}$ atau sebesar $574 \text{ m}^3/\text{jam}$ dalam 1 line pemompaan.



Gambar 4.9 Kurva karakteristik pompa *primer* MF-420EX



Gambar 4.10 Kurva karakteristik pompa *booster* MF-420EX

D. *Head Loss Total* Pada Proses Pemompaan di *Line 2*

Proses pemompaan saat ini hanya mampu mengeluarkan rata-rata 10.332 m³/hari per unit pada jam kerja aktual selama 18 jam bekerja, masih belum cukup untuk memompa jumlah air yang ada pada sump. Berdasarkan perhitungan didapatkan data pada proses pemompaan sebagai berikut :

Tabel 4.11 Perbandingan Debit Pompa

Line Pompa	Rencana <i>Engineering Department</i>			Aktual		
	Debit m ³ /jam	Jam kerja pompa	Debit (m ³ /hari)	Debit m ³ /jam	Jam kerja pompa	Debit (m ³ /hari)
MF 420EX No.35 dan MF 420EX No.47	576	20	11.520	574	18	10.332

Tabel 4.12 Perbandingan RPM dan Effisiensi Pompa

Line Pompa	Kecepatan Putaran Mesin (RPM) Rencana <i>Engineering Department</i>	Effisiensi (%) Rencana <i>Engineering Department</i>	Kecepatan putaran mesin (RPM) Aktual	Effisiensi (%) Aktual
MF 420EX No.35 dan MF 420EX No.47	1100	70%	1370	69%
	1100	70%	1380	65%

Tabel 4.13 Perbandingan Antara Debit Rencana dan Aktual, serta *Head Loss* Rencana dan Aktual

Line Pompa	Debit Rencana m ³ /jam <i>Engineering Department</i>	Debit Aktual m ³ /jam	Total <i>Head Loss</i> Rencana <i>Engineering Department</i>	Total <i>Head Loss</i> aktual
MF 420EX No.35 dan MF 420EX No.47	576	574	269,5	271,5

E. Simulasi Debit Air Yang Dikeluarkan dan Simulasi Lama Hari

Pengeringan Sump

Simulasi debit air yang dikeluarkan dibuat dengan tujuan untuk menjaga *sump* agar tidak terjadi banjir dan tetap berada pada debit yang ada sekarang yaitu sebesar 1.247.772 m³. Sedangkan simulasi lama hari pengeringan, digunakan untuk mengetahui berapa hari lama pompa dapat bekerja untuk mempertahankan debit air di *sump* ke kondisi semula.

- Perhitungan Simulasi Debit Air

Kapasitas *Sump* pit m mampu menampung air sebanyak 1.711.779,96 m³. Berdasarkan dimensi *sump* diketahui total volume yang tersisa belum terisi air sekarang sebanyak 464.007,96 m³. Dari perhitungan total debit air yang masuk perhari ke *sump* pit m sebesar 152.172,36 m³, maka volume air sisa yang harus dikeluarkan dengan perhitungan sebagai berikut :

- Volume air sisa 1 hari

Diketahui :

$$\text{Kapasitas } sump = 1.711.779,96 \text{ m}^3$$

$$\text{Volume } sump \text{ tersisa} = 1.247.772 \text{ m}^3$$

$$V. \text{ Sump Tersisa} = \text{Kapasitas } sump - \text{Volume } sump$$

$$= 1.711.779,96 - 1.247.772$$

$$= 464.007,96 \text{ m}^3$$

$$\text{Total Debit Curah Hujan} = 152.172,36 \text{ m}^3/\text{hari}$$

$$\text{Debit 4 Line Pompa} = 41.328 \text{ m}^3/\text{hari}$$

Maka :

$$\begin{aligned} \text{V. Air sisa Hari Ke-1} &= \text{Debit Total CH} - \text{Debit 4 Line Pompa} \\ &= 152.172,36 - 41.328 \\ &= 110.844,36 \end{aligned}$$

- Volume air sisa 2 hari

$$\begin{aligned} \text{V. Air Masuk} &= \text{Debit Total CH} + \text{Volume Air Sisa H-1} \\ &= 152.172,36 + 110.844,36 \\ &= 263.131,92 \end{aligned}$$

Sehingga :

$$\begin{aligned} \text{V. Air sisa Hari Ke-2} &= \text{V. Air Masuk} - \text{Debit 4 Line Pompa} \\ &= 263.131,92 - 41.328 \\ &= 221.688,72 \end{aligned}$$

Perhitungan simulasi debit air yang dikeluarkan dicari sampai dengan mendapatkan nilai yang mendekati volume *sump* tersisa sebesar 464.007,96 m³. Berdasarkan perhitungan yang tertera, nilai debit yang didapatkan mendekati volume *sump* tersisa harus dikeluarkan dari *sump* agar tidak terjadi banjir adalah sebesar 443.377,44 m³. Untuk hasil perhitungan simulasi debit air yang dikeluarkan dapat dilihat pada tabel 4.14.

Tabel 4.14 Simulasi Debit Air Yang Dikeluarkan

Hari	Volume Sump Tersisa	Debit Total Curah Hujan	Volume air di Sump	Debit Total Pemompaan m ³ /Hari	Volume Air Sisa
0	464.007,96	152.172,36	-	-	-
1	464.007,96	152.172,36	152.172,36	41.328	110.844,36
2	464.007,96	152.172,36	263.016,72	41.328	221.688,72
3	464.007,96	152.172,36	373.861,08	41.328	332.533,08
4	464.007,96	152.172,36	484.705,44	41.328	443.377,44

(Sumber: Pengolahan data)

- 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 4.14, serta dengan cara mengurangkan antara volume air sisa pada *sump* dengan debit total pemompaan. Hal ini dilakukan untuk mengetahui di hari keberapa pemompaan dapat kembali ke debit semula. Berikut adalah perhitungan simulasi pengeringan pada *sump* pit m, untuk perhitungan lengkap dapat dilihat pada (Lampiran L).

- Pengeringan Hari Ke-1

$$\text{Volume air sisa pada } sump = 443.377,44 \text{ m}^3$$

$$\text{Debit 4 Line Pompa} = 41.328 \text{ m}^3/\text{hari}$$

Maka :

$$\begin{aligned} \text{Debit air sisa pemompaan} &= \text{Volume air sisa} - \text{Debit 4 Line Pompa} \\ &= 443.377,44 - 41.328 \\ &= 402.049,44 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

Pada Tabel 4.15 hasil simulasi lama hari pengeringan *sump* yang dibutuhkan pompa yaitu selama 11 hari untuk kembali ke debit semula.

Tabel 4.15 Simulasi Lama Hari Pengeringan *Sump*

Hari	Volume Air Sisa Pada <i>Sump</i>	Debit 4 Line Pompa m ³ /hari	Volume Air Tersisa
1	443.377,44	41.328	402.049,44
2	402.049,44	41.328	360.721,44
3	360.721,44	41.328	319.393,44
4	319.393,44	41.328	278.065,44
5	278.065,44	41.328	236.737,44
6	236.737,44	41.328	195.409,44

7	195.409,44	41.328	154.081,44
8	154.081,44	41.328	112.753,44
9	112.753,44	41.328	71.425,44
10	71.425,44	41.328	30.097,44
11	30.097,44	41.328	-11.230,56

(Sumber: Pengolahan data)

4.2 Pembahasan

4.2.1 Analisis Total Debit Air Masuk *Sump Pit M*

A. Analisis Curah Hujan

Berdasarkan perhitungan dispersi statistik dan kecocokan parameter distribusi, maka yang paling memenuhi syarat berdasarkan rekapitulasi statistik dan uji keselarasan *Smirnov-Kolmogorov* didapat bahwa distribusi Gumbel adalah metode distribusi yang sesuai untuk menghitung curah hujan rencana pada daerah penelitian.

Pada penelitian ini nilai curah hujan rencana yang tertinggi menggunakan metode gumbel didapatkan nilai sebesar 89,29 mm/hari pada periode 2 tahun. Nilai intensitas hujan rata-rata sebesar 11,948 mm/jam dengan jam hujan maximum 4,17 jam, dan luas *catchment area* sebesar 329 Ha (3,29 km²), maka didapatkan debit air hujan yang langsung masuk kedalam *Sump* sebesar 0,269 m³/detik atau sama dengan 4.038 m³/hari. Debit air tanah selama 1 jam sama dengan 3,6 m³/jam atau sama dengan 86,40 m³/hari. Sehingga total volume debit air yang masuk kedalam *Sump Pit M* adalah sebesar 152.172,36 m³/hari.

B. Analisis Kapasitas *Sump Pit M*

Kondisi *sump* pit m 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 Evaluasi Unit Pompa Pada *Sump* Pit M

A. Sistem Pemompaan Dalam Proses *Dewatering* Pada Pit M

Pada dasarnya sistem pemompaan dibagi menjadi dua yaitu sistem pemompaan secara *direct single stage* dan *direct multi stage*. *Direct single stage* yaitu sistem pemompaan yang dilakukan dari titik terendah hingga ke titik tertinggi yang disebut dengan *settling pond (outlet)* secara langsung dengan menggunakan satu pompa.

Berdasarkan observasi lapangan yang dilakukan pada area penambangan diketahui sistem pemompaan yang digunakan pada *sump* Pit M merupakan sistem *direct multi stage pump* yaitu sistem pemompaan yang dilakukan dari titik terendah (permukaan air *sump*) kemudian di alirkan kearah tandem (letak pompa *booster*) hingga ke *settling pond (outlet)* secara bertahap dengan menggunakan lebih dari satu pompa yang biasa disebut pompa *booster*. Pompa yang digunakan adalah 4 pompa Multiflo MF 420EX sebagai pompa *primer* serta 4 pompa Multiflo MF 420EX sebagai pompa *booster*.

B. Sistem Pemipaan Dalam Proses *Dewatering* Pada Pit M

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-ethylene* (HDPE), PVC, maupun pipa plastik.

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

C. Pemompaan Aktual Pit M

Pada pengaplikasian pompa di *line 2* dengan RPM sebesar 1.370 pada pompa *primer* dan 1.380 pada pompa *booster* didapatkan hasil pemompaan sebesar 0,159 m³/detik atau sebesar 10.332 m³/hari dari hasil jam kerja pompa aktual. Hasil pemompaan tersebut diketahui dari perhitungan menggunakan metode *discharge*. Berdasarkan perhitungan nilai total *head* pada pompa *primer* ke *booster* didapatkan nilai total *head* sebesar 130,09 meter, sedangkan pada pompa *booster* ke *outlet* didapatkan nilai *head* total sebesar 141,5 meter, pada grafik pompa menunjukkan efisiensi pompa *primer* bernilai 69 % dan pompa *booster* 65%.

D. Head Loss Total Pada Proses Pemompaan di Line 2

Pada penelitian ini besarnya RPM mesin pompa terjadi karena material yang dihisap tercampur dengan material lumpur. Berdasarkan (Tabel 4.11) terjadinya perbedaan antara debit rencana dan aktual disebabkan oleh jam kerja dari pompa tidak sesuai dengan yang sudah direncanakan, sedangkan pada *head loss* rencana dan aktual diakibatkan karena adanya gesekan didalam pipa serta adanya belokan pada pipa.

Faktor yang menyebabkan berkurangnya kemampuan pompa antara lain, yaitu

:

a) Kandungan lumpur yang terbawa Air yang dipompa

Berdasarkan kondisi dilapangan air yang dipompa mengandung material padatan (mud). Ini dapat dilihat dari kandungan lumpur yang terbawa air pada saat pemompaan. Kondisi ini dapat menyebabkan berat jenis air yang dipompa bertambah, sehingga dapat menyebabkan beban saat pemompaan.

b) Terdapat kebocoran pipa

Karena jarak pompa primer ke tandem (letak *pompa booster*) sepanjang 594 meter serta pompa *booster* ke outlet pipa (*settling pond*) sepanjang 891 meter, maka total panjang pipa yang digunakan yaitu 1485 meter. Panjang pipa yang digunakan dalam 1 join (sambungan pipa) adalah 66 meter dalam setiap penyambungannya sehingga otomatis menyebabkan bayak terjadi kebocoran. Biasanya kebocoran terjadi pada sambungan antar pipa yang kurang baik, selain itu bisa juga disebabkan oleh aktivitas penggalian excavator yang tidak sengaja merobek pipa.

c) Penggunaan kecepatan putaran mesin (RPM)

Dari hasil pengamatan dilapangan penggunaan RPM pada saat pengoperasian pompa tidak dilakukan secara maksimal ini dimaksudkan untuk menjaga mesin pompa agar tidak cepat rusak. Besarnya head ditentukan dengan satuan meter (jarak). Dari head total kita dapat menentukan besarnya RPM yang akan digunakan pada saat pengoperasian pompa. Penentuan secara teori dapat dilakukan dengan membaca Performance Curva Pump sesuai dengan model dan tipe pompa yang dioperasikan. Dalam hal ini besarnya RPM yang digunakan secara tidak langsung akan mempengaruhi tingkat efisiensi

dan besar debit pompa (*flow rate*) yang dihasilkan saat pompa beroperasi. Selain *Head* total debit pompa (*flow rate*) maka Break Horse Power (BHP) atau daya poros pompa secara tidak langsung juga berpengaruh terhadap penentuan layak atau tidaknya pompa tersebut beroperasi pada suatu area kerja.

E. Simulasi Debit Air Yang Dikeluarkan dan Simulasi Lama Hari

Pengeringan Sump

Berdasarkan data dari *Departement Engineering* pada volume *sump* aktual pit m sebesar 1.711.779,96 m³, serta volume *sump* saat ini sebesar 1.247.772 m³, dan volume *sump* tersisa yang belum terisi air sebesar 464.007,96 m³.

Berdasarkan total debit air yang masuk pada pit m yaitu sebesar 152.172,36 m³/hari, dan debit total pemompaan sebesar 41.328 m³/hari maka dibuatlah simulasi debit air untuk mengetahui batas hari hujan *maximum*, agar *sump* terhindar dari banjir. Dalam simulasi debit air yang dikeluarkan (tabel 4.9) didapatkan batas hari hujan *maximum* adalah 4 hari, dengan nilai debit yang didapatkan sebesar 443.377,44 m³, nilai yang mendekati volume *sump* tersisa sebesar 464.007,96 m³. Jika nilai dalam simulasi debit melebihi dari nilai *sump* tersisa maka *sump* akan mengalami banjir, dikarenakan melebihi kapasitas dari yang telah ditetapkan.

Berdasarkan nilai debit yang didapatkan dalam simulasi sebesar 443.377,44 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 11 hari pompa bekerja untuk menghabiskan air pada *sump* pit m. (Tabel 4.15)

Berdasarkan hasil evaluasi unit pompa, dapat disimpulkan bahwa unit pompa yang berada pada *sump* pit m masih dalam kondisi yang baik serta layak untuk digunakan, hanya saja unit pompa mengalami sedikit penurunan performa yang tidak berpengaruh besar pada proses *mine dewatering*. Dalam perhitungan simulasi lama pengeringan *sump*, total unit pompa yang ada sekarang tidak mampu jika dipergunakan untuk mengeluarkan air dalam 1 hari kerja, disebabkan total debit air yang masuk lebih besar daripada total debit air yang sanggup dikeluarkan perhari oleh pompa, sehingga apabila perusahaan ingin menghabiskan air pada *sump* dalam 1 hari kerja maka harus ada penambahan unit pompa.



BAB V

PENUTUP

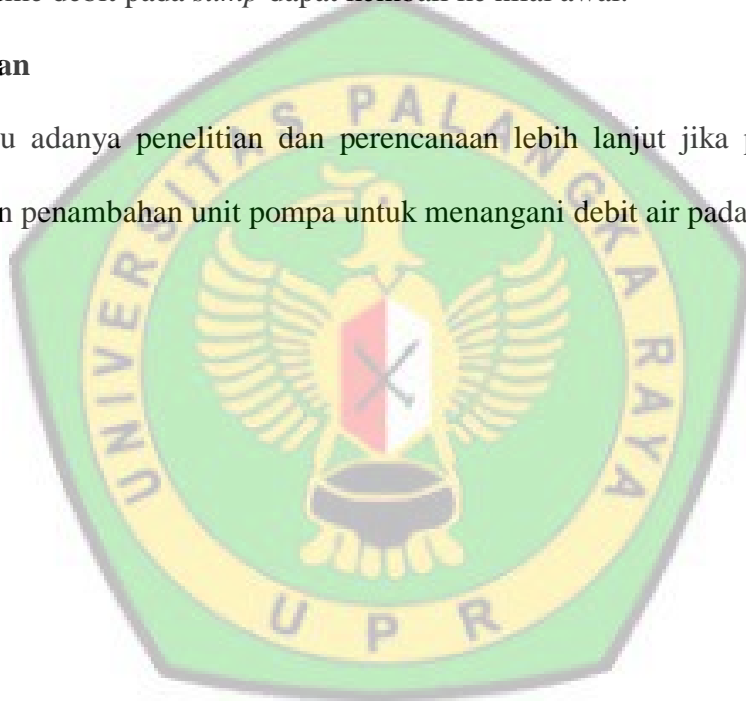
5.1 Kesimpulan

1. Total luas *catchmen area* pada pit m yaitu seluas 3,29 km² atau 329 Ha diperoleh debit air limpasan yang masuk pada *sump pit* m sebesar 147.567,96 m³/hari dengan lama hujan maksimum perhari selama 4,17 jam. Debit air hujan yang langsung masuk kedalam *sump* sebesar 4.518 m³/hari. Sedangkan debit air tanah tidak ditemukan, tetapi diasumsikan 0,001 m³/detik atau sebesar 86,4 m³/hari. Sehingga total debit air yang masuk kedalam pit m sebesar 152.172,36 m³/hari. Kondisi *sump* pit m 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. Material lumpur yang mengendap sudah mencapai 1.110.557 m³, sedangkan volume air sebesar 137.215 m³ dan volume total *sump* sebesar 1.247.772 m³. Jumlah volume pada *sump* tersebut sudah melebihi batas dari *critical level* yang sudah ditentukan.
2. Sistem pemompaan yang digunakan pada proses pemompaan di *sump* pit m adalah *multistage pump*. Dengan menggunakan dua pompa pada satu *line* yang berfungsi sebagai pompa *primer* dan pompa *booster*. Pada perhitungan pemompaan aktual di *line* ke-2, dimana pompa beroperasi selama 18 jam/hari didapatkan hasil debit pemompaan sebesar 0,159 m³/detik. Nilai dari total *head* pompa *primer* sebesar 130,09 m dan nilai dari total *head* pompa *booster*

sebesar 141,5 m. Nilai rata-rata RPM pada pompa *primer* sebesar 1.370 dan pada pompa *booster* 1.380 dengan efisiensi pompa *primer* 69% dan nilai dari efisiensi pompa *booster* 65%. Pada perhitungan simulasi debit air yang di keluarkan didapatkan batas hari hujan *maximum* agar *sump* terhindar dari banjir adalah selama 4 hari. Serta pada hasil simulasi hari pengeringan *sump* diketahui lama hari untuk pengeringan adalah 11 hari pompa bekerja agar volume debit pada *sump* dapat kembali ke nilai awal.

5.2 Saran

Perlu adanya penelitian dan perencanaan lebih lanjut jika perusahaan ingin melakukan penambahan unit pompa untuk menangani debit air pada *sump*.



DAFTAR PUSTAKA

- Anonim. 2006. *Pompa dan Sistem Pemompaan*. Jakarta: United Nations Environment Programme (UNEP).
- Bambang Triatmodjo. 2008. *Hidrologi Terapan*. Yogyakarta: Beta Offset.
- Chow, V. T. 1961. *A General Formula For Hydrologic Frequency Analysis Trans. Am. Geophys. Union*.
- Ersin, S. 1995. *Dasar-dasar Hidrologi*. Gadjah Mada University Press, Yogyakarta.
- Gautama, RS. 1999. *Sistem Penyaliran Tambang*. Jurusan Teknik Pertambangan, Institut Teknologi Bandung, Bandung.
- Gumbel, E. J. 1954. *Statistical Theory Of Extreme Value and some Practical Applications*. National Bureau Of Standards (U.S) Appl. Math. Ser., 33.
- Gultom, Y. 2016. *Evaluasi Kapasitas Pompa Pada Sistem Penirisan Tambang Banko Barat Pit 1 Timur PT. Bukit Asam (Persero) TBK Unit Penambangan Tanjung Enim Sumatera Selatan*. Jurusan Teknik Pertambangan, Universitas Sriwijaya, Palembang.
- Gultom, R. 2017. *Evaluasi Kapasitas Pemompaan Dalam Sistem Penyaliran Pada Pit 1 Timur Penambangan Banko Barat PT. Bukit Asam (Persero) TBK, Tanjung Enim, Sumatera Selatan*. Jurusan Teknik Pertambangan, Universitas Sriwijaya, Palembang.
- Hadisusanto, N. 2011. *Aplikasi Hidrologi*. Jogja Media Utama, Malang.
- Junisa, D. 2012. *Evaluasi Sistem Penirisan Tambang Blok Air Getuk Garuk PT. Danau Mashitam Bengkulu Tengah*. Jurusan Teknik Pertambangan Universitas Sriwijaya, Palembang.
- Kamiana, I. M. 2011. *Teknik Perhitungan Debit Rencana Bangunan Air*. Yogyakarta: Graha Ilmu.
- Listianty, H. N. 2014. *Evaluasi Pompa Sulzer 385 Kw (Engine) Sistem Penirisan Tambang Di Main Sump Pit 1 Barat Banko Barat PT. Bukit Asam (Persero) TBK Tanjung Enim*. Jurusan Teknik Pertambangan Universitas Sriwijaya, Palembang.

- Nofrizal, N. 2016. *Analisis Teknis Mine Dewatering Terhadap Rencana Tiga Bulan Penambangan Batubara Di Pit B Kec. Meureubo, Kab. Aceh Barat, Aceh*. Skripsi. Program Studi Teknik Pertambangan, Universitas Islam Bandung. Bandung.
- Padalinggan, L. 2017. *Analisis Sistem Penyaliran Tambang Batubara Pada Pit 6 Blok 2 Site Hajak Di PT. Unirich Mega Persada Kecamatan Tewed Baru, Kabupaten Barito Utara Provinsi Kalimantan Tengah*. Skripsi. Jurusan Teknik Pertambangan UPRI Makassar, Makassar.
- Ram Gupta. S. 1989. *“Hydrology & Hydraulic Engineering Systems”*. Pearson, New Jersey.
- Sularso, dan Tahara, Haruo. 2005. *Pompa dan Kompresor : Pemilihan, Pemakaian dan Pemeliharaan*. PT. Pradnya Paramitha, Jakarta.
- Suripin. 2003. *Sistem Drainase Kota Yang Berkelanjutan*. Yogyakarta: Penerbit Andi.

