

**ANALISIS DIMENSI *SUMP* PIT M
PT BUKIT MAKMUR MANDIRI UTAMA
JOB SITE PT KIDECO JAYA AGUNG DESA BATU KAJANG
KECAMATAN BATU SOPANG KABUPATEN PASER
PROVINSI KALIMANTAN TIMUR**

SKRIPSI



OLEH:

**FAJRUL HUDA HAYATSYAH NURLIS
DBD 114 050**

**KEMENTERIAN PENDIDIKAN, KEBUDAYAAN,
RISET, DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS PALANGKA RAYA
FAKULTAS TEKNIK
TEKNIK PERTAMBANGAN
2021**

**ANALISIS DIMENSI *SUMP* PIT M
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:

FAJRUL HUDA HAYATSYAH NURLIS
DBD 114 050

**KEMENTERIAN PENDIDIKAN, KEBUDAYAAN,
RISET, DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS PALANGKA RAYA
FAKULTAS TEKNIK
TEKNIK PERTAMBANGAN
2021**

SURAT PERNYATAAN BEBAS PLAGIARISME

Yang bertanda tangan di bawah ini:

NAMA : FAJRUL HUDA HAYATSYAH NURLIS

NIM : DBD 114 050

JURUSAN/PRODI : 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.

Palangka Raya, Juli 2021

Penulis,



FAJRUL HUDA HAYATSYAH NURLIS
NIM. DBD 114 050

HALAMAN PERSEMBAHAN

“Barang siapa bertawakal kepada Allah maka Dia akan menjadikan jalan keluar baginya, dan memberinya rezeki dari jalan yang tidak ia sangka, dan barang siapa yang bertawakal kepada Allah maka cukuplah Allah baginya, Sesungguhnya Allah melaksanakan kehendak-Nya, Dia telah menjadikan untuk setiap sesuatu kadarnya”

(Q.S. Ath-Thalaq Ayat 2-3.)

Dengan mengucapkan syukur Alhamdulillah, atas Karunia serta Rahmat-Nya ku persembahkan Skripsi ini untuk orang-orang yang ku sayang:

- Ayah Mama tercinta, yang menjadi motivator terbesar dalam hidupku, yang tak pernah lelah mendo’akan dan menyayangiku, atas semua pengorbanan dan kesabaran mengantarkanku sampai saat ini. Tak pernah cukup ku membalas cinta Ayah dan Mama kepadaku. Terima kasih, Yah, Mah.
- Untuk Kakak dan Adik yang aku sayangi, semoga pendidikanmu berjalan lancar dan dapat menyelesaikannya dengan baik, Aamiin.
- Keluarga besar yang selalu mengingatkanku akan pentingnya sebuah pendidikan.
- Sahabat-sahabat seperjuanganku di Jurusan/Program Studi Teknik Pertambangan dan teman-teman yang tak bisa ku sebutkan satu-persatu. Terima kasih.

Kamu, yang Insyaa Allah menjadi masa depanku, terima kasih atas dukungannya selama ini, menemaniku hingga saat ini. Terima kasih.

HALAMAN PENGESAHAN

SKRIPSI

ANALISIS DIMENSI *SUMP* PIT M PT BUKIT MAKMUR MANDIRI UTAMA JOBSITE PT KIDECO JAYA AGUNG DESA BATU KAJANG KECAMATAN BATU SOPANG KABUPATEN PASER PROVINSI KALIMANTAN TIMUR

Oleh

FAJRUL HUDA HAYATSYAH NURLIS
NIM. DBD 114 050

Telah Dipertahankan Di Depan Tim Penguji pada Tanggal 12 Juli 2021
Dan Dinyatakan Telah Memenuhi Syarat untuk Diterima

1. Ir. YULIAN TARUNA M, Si.
NIP. 19580705 198903 1 019

Ketua

2. NENY SUKMAWATIE, S.Hut., M.P.
NIP. 19760614 200801 2 020

Sekretaris

3. HEPYANDI LUWYK DJANAS USUP, S.T., M.T.
NIP. 19810211 200604 1 001

Ketua

4. NOVERIADY, S.T., M.T.
NIP. 19861125 201903 1 007

Anggota

Mengetahui,
Dekan Fakultas Teknik
Universitas Palangka Raya



Menyetujui,
Ketua Jurusan/Prodi Teknik Pertambangan
Fakultas Teknik
Universitas Palangka Raya

FAHRUL INDRAJAYA, S.T., M.T.
NIP. 19791215 200812 1 001

SARI

Kondisi *sump* pit M PT Bukit Makmur Mandiri Utama jobsite PT Kideco Jaya Agung tidak dalam kondisi maksimal sehingga mengalami *over flow* dan mengganggu proses produksi penambangan pada pit M. Sumber air yang memasuki area penambangan pit M adalah air hujan dan air limpasan. Sebagian besar air yang masuk ini langsung mengalir menuju *sump* sehingga *sump* pit M mengalami *over flow*. Air yang masuk ke *sump* akan berpengaruh terhadap perubahan kondisi *sump* tersebut, seperti 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 dangkal mengakibatkan jumlah debit air dapat ditampung *over flow*. Penelitian skripsi dengan judul “Analisis Dimensi *Sump* Pit M PT Bukit Makmur Mandiri Utama Jobsite PT Kideco Jaya Agung, Desa Batu Kajang, Kecamatan Batu Sopang, Kabupaten Paser, Provinsi Kalimantan Timur”, memiliki rumusan masalah bagaimana kondisi awal dimensi *sump* dalam menampung debit air total yang masuk ke front penambangan dan bagaimana dimensi *sump* yang optimal untuk menampung debit air yang masuk ke front penambangan. Tujuan penelitian ini adalah menjelaskan kondisi awal dimensi *sump* yang digunakan untuk menunjang produksi pada tahun 2019 dan menganalisis dimensi *sump* yang dibutuhkan untuk menampung seluruh debit air yang masuk ke front penambangan. Penelitian ini menggunakan metode kuantitatif atau proses menemukan pengetahuan yang menggunakan data berupa angka sebagai alat menganalisis keterangan mengenai apa yang ingin diketahui. Adapun sumber data yang digunakan adalah data-data primer dan sekunder. Berdasarkan hasil penelitian, didapat luas dasar sebesar 1.612,64 m² dan luas permukaan atas *sump* sebesar 76.195,56 m² dengan kedalaman *sump* yaitu 44 m, volume *sump* saat penelitian sebesar 1.247.772 m³ dan volume air sisa berdasarkan perhitungan yaitu 443.377,44 m³. Maka didapat total dimensi *sump* sekitar 1.691.149,44 m³. engoptimalan dimensi *sump* dilakukan 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* tidak melewati batas critical level sebesar 1.232.685 m³. Adapun saran yang dapat penulis berikan berdasarkan analisis yang dilakukan di lokasi penelitian perlu dilakukan pengurangan material lumpur dari hasil sedimentasi dan lama hari pengeringan *sump* lebih dimaksimalkan dengan kerja unit pompa agar kedalaman kolam tetap terjaga dan tampak selalu bersih sehingga ketinggian air tidak mencapai atau melewati *critical level*.

Kata kunci: Dimensi, *sump*, pit, *over flow*, *critical level*.

ABSTRACT

The condition of the sump pit M PT Bukit Makmur Mandiri Utama jobsite PT Kideco Jaya Agung isn't in maximum condition so that it experiences overflow and disrupts the mining production process at pit M. The sources of water entering the pit M mining area are rainwater and runoff water. Most of this incoming water flows directly to the sump so that the sump pit M experiences overflow. Water entering the sump will affect changes in the condition of the sump, such as the slope due to mud material carried by runoff water, so that the volume of water does not match the planned sump capacity. Changes in the condition of the shallower sump resulted in the amount of water discharge that could be accommodated over flow. Thesis research with the title "Dimensional Analysis of Sump Pit M PT Bukit Makmur Mandiri Utama Jobsite PT Kideco Jaya Agung, Batu Kajang Village, Batu Sopang District, Paser Regency, East Kalimantan Province", has a problem formulation how the initial condition of the sump dimensions in accommodating the total water discharge that enters the mining front and what is the optimal sump dimension to accommodate the water discharge entering the mining front. The purpose of this study is to explain the initial conditions of the sump dimensions used to support production in 2019 and analyze the dimensions of the sump needed to accommodate all water discharges that enter the mining front. This research uses quantitative methods or the process of finding knowledge that uses data in the form of numbers as a tool to analyze information about what you want to know. The data sources used are primary and secondary data. Based on the results of the study, the base area of the sump was 1,612.64 m² and the upper surface area of the sump was 76,195.56 m² with a sump depth of 44 m, the sump volume at the time of the study was 1,247,772 m³ and the volume of residual water based on calculations was 443,377.44 m³. So the total sump dimensions are around 1,691,149.44 m³. The optimization of the sump dimensions was carried out on the simulation calculation of the discharged water, it was found that the maximum rainy day limit so that the sump was protected from flooding was 4 days. And on the simulation results of the sump drying day, it is known that the length of the day for drying is 11 days the pump works so that the volume of the discharge at the sump does not exceed the critical level limit of 1,232,685 m³. The suggestions that the author can give based on the analysis carried out at the research site need to reduce the mud material from the sedimentation results and the length of the sump drying day is maximized by working with the pump unit so that the depth of the pool is maintained and always looks clean so that the water level does not reach or pass the critical level.

Keywords: Dimension, sump, pit, over flow, critical level.

KATA PENGANTAR

Puji syukur Alhamdulillah Penulis panjatkan kehadiran Illahi Robbi yang melimpahkan rahmat dan hidayah-Nya, serta selalu diberikan kesehatan jasmani dan rohani sehingga Penulis dapat menyelesaikan Proposal Tugas Akhir dengan judul “Analisis Dimensi Sump Pit M PT Bukit Makmur Mandiri Utama *Jobsite* PT Kideco Jaya Agung, Desa Batu Kajang, Kecamatan Batu Sopang, Kabupaten Paser, Provinsi Kalimantan Timur”.

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

1. Dekan Fakultas Teknik Universitas Palangka Raya, Bapak Ir. Waluyo Nuswantoro, M. T.
2. Ketua Jurusan Teknik Pertambangan Universitas Palangka Raya, Bapak Fahrul Indrajaaya, S.T., M.T.
3. Sekretaris Jurusan Teknik Pertambangan, Bapak Yossa Yonathan Hutajulu, S.T., M.T.
4. Dosen Pembimbing Akademik penulis, Ibu Lisa Virgiyanti, S.T., M.T.
5. Dosen Pembimbing I Penulis, Bapak Ir. Yulian Taruna, M. Si.
6. Dosen Pembimbing II Penulis, Ibu Neny Sukmawatie, S.Hut., M.P.
7. Seluruh Dosen dan Pegawai/Staff Jurusan Teknik Pertambangan Universitas Palangka Raya.
8. Bapak Marzuki, selaku Pembimbing Lapangan I dan juga selaku *Superintendent Prd.* PT. Bukit Makmur Mandiri Utama (BUMA).

9. Bapak Gustaf Panjaitan, selaku Pembimbing Lapangan II dan juga selaku *Supervisor HRM* PT. Bukit Makmur Mandiri Utama (BUMA).
10. Seluruh *Staff* dan Karyawan PT. Bukit Makmur Mandiri Utama (BUMA).
11. Rekan-rekan Mahasiswa Jurusan Teknik Pertambangan, serta semua pihak yang telah memberikan bantuan sehingga tersusunnya proposal skripsi ini.

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

Penulis menyadari sepenuhnya bahwa dalam penyusunan laporan Tugas Akhir ini masih jauh dari kesempurnaan karena keterbatasan pengetahuan dan buku literatur yang penulis miliki. Untuk itu penulis sangat mengharapkan kritik dan saran yang membangun dari pembaca demi kesempurnaan laporan ini.

Penulis berharap agar laporan ini bermanfaat bagi kita semua, khususnya kepada teman-teman mahasiswa/i Jurusan Teknik Pertambangan Universitas Palangka Raya.

Palangka Raya, Juli 2021

Penulis

Fajrul Huda Hayatsyah Nurlis

NIM. DBD 114 050

GLOSARIUM

- Sump : Kolam yang digunakan untuk mengumpulkan air pada area tambang yang berada pada titik terendah.
- Mud : Lumpur.
- Catchment Area : Luasan daerah tangkapan hujan
- Debit : Jumlah air yang melewati pipa, puritan, atau sungai dalam suatu periode waktu tertentu dan dinyatakan dalam satuan m^3 /detik atau liter/detik.
- Curah Hujan : Ketinggian air hujan yang jatuh pada tempat yang datar dengan asumsi tidak meresap dan tidak mengalir.
- Intensitas Curah Hujan : Jumlah curah hujan yang dinyatakan dalam tinggi hujan atau volume hujan tiap satuan waktu.
- Q_{pompa} : Debit maksimum pompa.
- Critical Level : Batas level bahaya.

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PENGESAHAN	ii
SURAT PERNYATAAN BEBAS PLAGIARISME	iii
HALAMAN PERSEMBAHAN	iv
SARI	v
ABSTRACT	vi
KATA PENGANTAR	vii
GLOSARIUM	ix
DAFTAR ISI	x
DAFTAR TABEL	xii
DAFTAR GAMBAR	xiii
DAFTAR LAMPIRAN	xiv
BAB I PENDAHULUAN	
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Tujuan	2
1.4 Batasan Masalah	2
1.5 Manfaat	3
BAB II KAJIAN PUSTAKA	
2.1 Penelitian Terdahulu	4
2.2 Pertambangan	5
2.3 Tahapan Kegiatan Pertambangan	6
2.4 Batubara	9
2.5 Sirkulasi Air	11
2.6 Limpasan Permukaan	13
2.6.1 Faktor – Faktor yang Mempengaruhi Limpasan Permukaan	14
2.6.2 Pengukuran Debit Limpasan Permukaan	19
2.6.3 Rancangan Limpasan	20
2.6.4 Metode Pendugaan Limpasan Permukaan	21
2.6.5 Volume dan Laju Limpasan Permukaan	22
2.7 Sistem Penyaliran Tambang	23
2.7.1 Metode Penyaliran Tambang	23
2.7.2 Faktor-faktor Yang Mempengaruhi Sistem Penyaliran Tambang	26
2.8 Sedimentasi	29
2.9 Analisis Data Curah Hujan	29
2.10 <i>Dewatering</i> dan <i>Sequence</i> Penambangan	34
2.11 Siklus Hidrologi	36
2.12 Kolam Penampungan (<i>Sump</i>)	38
BAB III METODE PENELITIAN	
3.1 Gambaran Umum Wilayah Penelitian	40
3.1.1 Profil dan Sejarah Perusahaan	40

3.1.2	Lokasi dan Kesampaian Daerah	42
3.1.3	Keadaan Iklim dan Curah Hujan	44
3.2	Struktur Organisasi Perusahaan	46
3.3	Kondisi Geologi	46
3.3.1	Kondisi Geologi Regional	46
3.3.2	Kondisi Geologi Daerah Penelitian	50
3.4	Alat dan Bahan	51
3.5	Tata Laksana Penelitian	52
3.5.1	Langkah Kerja	52
3.5.2	Metode	53
3.6	Waktu Penelitian	55
3.7	Bagan Alir	58
BAB IV	HASIL DAN PEMBAHASAN	
4.1	Hasil Penelitian	58
4.1.1	Kondisi Awal Dimensi Sump	58
4.1.2	Kondisi Sump Optimal	72
4.2	Pembahasan	75
4.2.1	Kondisi Awal Dimensi Sump	75
4.2.2	Kondisi Sump Optimal	76
BAB V	PENUTUP	
5.1	Kesimpulan	78
5.2	Saran	80
	DAFTAR PUSTAKA	
	LAMPIRAN	

DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
Tabel 2.1 Kelas kemiringan dan nilai skor kemiringan lereng	18
Tabel 2.2 Periode Ulang Hujan untuk Sarana Penyaliran Pada Daerah Tambang	30
Tabel 2.3 Parameter Statistik untuk Menentukan Jenis Distribusi	31
Tabel 2.4 Hubungan Antara Derajat Curah Hujan dan Intensitas Curah Hujan	34
Tabel 2.5 Koefisien Limpasan	37
Tabel 3.1 Waktu Penelitian	56
Tabel 4.1 Perhitungan Nilai Statistik Hujan Tahun 2009-2018	61
Tabel 4.2 Rekapitulasi Distribusi	63
Tabel 4.3 Resiko Hidrologi dengan Periode Ulang Hujan	64
Tabel 4.4 Perhitungan Distribusi Probabilitas Gumbel	64
Tabel 4.5 Distribusi Curah Hujan Metode Gumbel	66
Tabel 4.6 Intensitas Hujan Rencana PUH 2, 5, 10 dan 25 tahun	67
Tabel 4.7 Harga Koefisien Limpasan	68
Tabel 4.8 Dimensi Sump Pit M	71
Tabel 4.9 Simulasi Debit Air Yang Dikeluarkan	74
Tabel 4.10 Simulasi Lama Hari Pengeringan Sump	75

DAFTAR GAMBAR

Gambar		Halaman
Gambar 2.1	Siklus Air.....	12
Gambar 2.2	Topografi Desa Batu Kajang	18
Gambar 3.1	Histogram Curah Hujan Rata-rata Tahun 2009-2018	45
Gambar 3.2	Struktur Organisasi Perusahaan.....	46
Gambar 3.3	Bagan Alir	58
Gambar 4.1	Lokasi Penelitian Pit M	59
Gambar 4.2	Kondisi Sump Pada Pit M	71
Gambar 4.3	Bentuk Sump Pada Pit M	72

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran A Peta

Lampiran B Curah Hujan PT Bukit Makmur Mandiri Utama

Lampiran C Hari Hujan dan Jam Hujan Periode 2009-2018 PT Bukit
Makmur Mandiri

Lampiran D Perhitungan Debit Air Limpasan

Lampiran E Perhitungan Debit Air Hujan Masuk Sump

Lampiran F Perhitungan Debit Air Tanah

Lampiran G Volume dan Kapasitas Sump Pit M

Lampiran H Perhitngan Debit Air Hujan Masuk Sump

Lampiran I Perhitungan Debit Air Tanah

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Sump berfungsi sebagai penampung segala jenis air yang masuk ke dalam pit tambang terbuka. Keberadaan air tambang tidak dapat diabaikan, karena dampak yang akan ditimbulkannya erat hubungannya pada kegiatan usaha penambangan yang akan mempengaruhi operasional perusahaan.

Kondisi sump pit M tidak dalam kondisi maksimal sehingga mengalami over flow dan mengganggu proses produksi penambangan pada pit M. Sumber air yang memasuki area penambangan pit M adalah air hujan dan air limpasan. Sebagian besar air yang masuk ini langsung mengalir menuju sump sehingga sump pit M mengalami over flow.

Air yang masuk ke sump akan berpengaruh terhadap perubahan kondisi sump tersebut, seperti 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 dangkal mengakibatkan jumlah debit air dapat ditampung over flow.

Berdasarkan latar belakang tersebut, maka penulis memilih judul “Analisis Dimensi Sump Pit M PT Bukit Makmur Mandiri Utama *Jobsite* PT Kideco Jaya Agung, Desa Batu Kajang, Kecamatan Batu Sopang, Kabupaten Paser, Provinsi Kalimantan Timur”.

1.2 Rumusan Masalah

Yang menjadi rumusan masalah dalam penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Bagaimana kondisi awal dimensi sump dalam menampung debit air total yang masuk ke *front* penambangan?
2. Bagaimana dimensi sump yang optimal untuk menampung debit air yang masuk ke *front* penambangan?

1.3 Tujuan

Tujuan dari penelitian ini yaitu:

1. Menjelaskan kondisi awal dimensi sump yang digunakan untuk menunjang produksi pada tahun 2019.
2. Menganalisis dimensi sump yang dibutuhkan untuk menampung seluruh debit air yang masuk ke *front* penambangan.

1.4 Batasan Masalah

Dalam penelitian ini yang menjadi batasan masalah yaitu:

1. Penelitian dilakukan pada 06 Maret – 02 Mei 2019 di Pit M.
2. Penelitian hanya difokuskan pada dimensi sump temporary.
3. Perhitungan air limpasan berdasarkan data aktual perusahaan.
4. Perhitungan debit air yang dikeluarkan (flowrate) berdasarkan pada data aktual pemompaan.

1.5 Manfaat

Adapun manfaat yang diharapkan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Bagi Perguruan Tinggi
 - a. Dapat menjalin hubungan baik dengan perusahaan.
 - b. Sebagai sarana berbagi dan menambah pengetahuan.
2. Bagi Mahasiswa
 - a. Dapat menambah pengetahuan dan pengalaman mengenai dunia pertambangan pada umumnya secara langsung dari lapangan.
 - b. Memperoleh pengalaman sehingga dapat mengetahui apa saja yang perlu dilakukan di lingkungan kerja kedepannya.
 - c. Mengetahui serta menambah wawasan dan pengetahuan berdasarkan hasil penelitian mengenai *sump* serta rancangannya.
3. Bagi Perusahaan
 - a. Dapat digunakan sebagai salah satu alternatif dalam rekrutmen tenaga kerja.
 - b. Dengan hasil pengamatan ini, saran dari peserta Tugas Akhir diharapkan dapat digunakan sebagai bahan masukan bagi pihak perusahaan.

BAB II

KAJIAN PUSTAKA

2.1 Penelitian Terdahulu

Peneliti akan memaparkan beberapa kajian terdahulu atau penelitian terdahulu yang memiliki keterkaitan dengan penelitian yang peneliti lakukan. Adapun tujuan dari kajian terdahulu ini adalah untuk menentukan posisi penelitian serta menjelaskan perbedaannya, sehingga sangat berguna untuk perbandingan peneliti. Dengan demikian, diharapkan dalam penelitian ini dapat diperhatikan mengenai kekurangan dan kelebihan antara penelitian terdahulu dengan penelitian yang dilakukan.

Wibawa F.S., 2015, menyatakan bahwa penelitian berfokus pada curah hujan, sistem penyaliran tambang, saluran terbuka, *sump*, dan pompa. Kegiatan penambangan pada pit *bottom* blok D1-D2 Pit Roto Selatan berpotensi menjadi kantong air, terutama saat hujan. Saat penelitian belum ada rancangan *mine dewatering* yang mendukung penambangan batubara di pit Roto Selatan Blok D1-D2. Oleh karena itu dibuatlah suatu kolam penampungan (*sump*) pada level terendah berdasarkan data curah hujan tahun 2004-2013, diperoleh curah hujan rencana adalah 101,73 mm/hari, intensitas curah hujan sebesar 35,27 mm/jam dengan periode ulang hujan 3 tahun dan resiko hidrologi sebesar 86,83%. Daerah tangkapan hujan pada lokasi penelitian dibagi menjadi 7 daerah tangkapan hujan. Dari hasil perancangan, terdapat 7 saluran terbuka yang akan mengalirkan air

tambang diarahkan menuju *sump* D1. Sump D1 dirancang agar mampu menampung volume 5 hari hujan tanpa dilakukan pemompaan. Sump dibuat 3 jenjang dengan tinggi masing-masing jenjang 8 m.

Putri M.R.A., 2015, menyatakan bahwa hal terpenting dalam perencanaan *sump* adalah curah hujan, erosi, sedimentasi dan air tanah. Dalam studi kali ini digunakan uji RAPS untuk menguji konsistensi data. Untuk menghitung debit air yang masuk ke tambang, dihitung curah hujan rancangan dengan metode *Log Person* Tipe III dengan kala ulang 2 tahun, yang merupakan umur tambang. Perhitungan debit saluran dihitung menggunakan rumus rasional yaitu $Q=0,278.C.I.A$. Agar saluran yang digunakan tetap lancar maka diperlukan perhitungan sedimentasi pada setiap saluran. Setelah itu menentukan dimensi tiap saluran yang masuk ke *sump* dan juga dimensi *sump*. Untuk mengeluarkan air yang ada di *sump* maka diperlukan pompa, yang dipompakan ke *settling pond*. Untuk menentukan lamanya pemompaan maka digunakan simulasi perhitungan pemompaan. Dengan total debit limpasan $0,4406 \text{ m}^3/\text{dt}$ dengan sedimentasi total sebesar $5,527 \text{ m}^3$ maka dimensi *sump* yang dibutuhkan adalah, $P = 34 \text{ m}$, $L = 15 \text{ m}$, $H_{\text{sump}} = 4 \text{ m}$.

2.2 Pertambangan

Menurut beberapa ahli, definisi pertambangan yaitu:

- a. Undang-Undang Minerba No.4 Tahun 2009

Pertambangan adalah sebagian atau seluruh tahapan kegiatan dalam rangka penelitian, pengelolaan dan pengusahaan mineral atau batubara

yang meliputi penyelidikan umum, eksplorasi, studi kelayakan, konstruksi, penambangan, pengolahan dan pemurnian, pengangkutan dan penjualan, serta kegiatan pascatambang.

b. Kamus istilah teknik pertambangan umum, 1994

Ilmu pengetahuan, teknologi dan bisnis yang berkaitan dengan industry pertambangan mulai dari prospeksi eksplorasi, evaluasi, penambangan, pengolahan, pemurnian sampai dengan pemasarannya.

c. Hartman, 1987

Kegiatan, pekerjaan dan industri yang berhubungan dengan ekstraksi mineral

2.3 Tahapan Kegiatan Pertambangan

Proses kegiatan pencarian sampai dengan pemanfaatan batubara, dibagi dalam beberapa tahapan, yaitu:

1. Penyelidikan Umum (Prospeksi)

Merupakan tahapan kegiatan pertambangan untuk mengetahui kondisi geologi regional dan indikasi adanya mineralisasi. Penyelidikan umum merupakan tahapan awal untuk mengetahui adanya bahan galian batubara suatu daerah tertentu.

2. Eksplorasi

Yaitu tahapan kegiatan usaha pertambangan untuk memperoleh informasi secara terperinci dan teliti tentang lokasi, bentuk, dimensi, sebaran, kualitas dan sumber daya terukur dari bahan galian, serta informasi mengenai lingkungan sosial dan lingkungan hidup.

3. Studi Kelayakan

Tahapan ini untuk memperhitungkan nilai-nilai ekonominya dengan mempertimpakan aspek-aspek teknis pertambangan lingkungan, K-3, nilai tambah, konservasi bahan galian. Untuk aspek pengembangan wilayah dan masyarakat serta perencanaan awal penutupan pasca tambang. Intinya studi untuk menyakinkan bahwa usaha pertambangan batubara akan layak buat

4. Persiapan/Konstruksi (Development)

Dilakukan untuk mempersiapkan fasilitas penambangan sebelum operasi penambangan dilakukan. Pekerjaan tersebut seperti pembuatan akses jalan tambang, pelabuhan, perkantoran, bengkel, mes karyawan, fasilitas komunikasi dan pembangkit listrik untuk keperluan kegiatan penambangan, serta fasilitas pengolahan bahan galian.

5. Penambangan(Eksploitasi)

Penambangan bahan galian dibagi alas tiga bagian yaitu tambang terbuka, tambang bawah tanah dan tambang bawah air. Tambang terbuka dikelompokkan atas quarry strip mine, open cut, tambang alluvial, dan tambang semprot. Tambang bawah tanah dikelompokkan atas room and pillar, longwall, caving, open stope, supported stope, dan shrinkage. Sistem penambangan dengan menggunakan kapal keruk dapat dikelompokkan menjadi tambang bawah air, walaupun relatif dangkal.

6. Pengolahan/Metalurgi

Bahan galian yang sudah selesai ditambang pada umumnya harus diolah terlebih dahulu di tempat pengolahan. Hal ini disebabkan antara lain oleh tercampurnya pengotor bersama bahan galian, adanya spesifikasi tertentu untuk dipasarkan mempengaruhi harga jual yang relatif lebih rendah jika dibandingkan dengan yang sudah diolah. Selain itu, bahan galian perlu diolah agar dapat mengurangi volume dan ongkos angkut, meningkatkan nilai tambah bahan galian, dan untuk mereduksi senyawa kimia yang tidak dikehendaki pabrik peleburan.

7. Pemasaran

Jika bahan galian sudah selesai diolah maka dipasarkan ke tempat konsumen. Biasanya, antara perusahaan pertambangan dan konsumen terjalin ikatan jual beli kontrak jangka panjang, dan penjualan sesaat.

8. Reklamasi

Merupakan kegiatan untuk merehabilitasi lingkungan yang rusak akibat penambangan dengan cara penanaman kembali atau penghijauan. Reklamasi perlu dilakukan karena Penambangan dapat mengubah lingkungan fisik, kimia dan biologi seperti bentuk lahan dan kondisi tanah, kualitas dan aliran air, debu, getaran, pola vegetasi dan habitat fauna, dan sebagainya. Perubahan ini harus dikelola untuk menghindari dampak lingkungan yang merugikan seperti erosi, sedimentasi, drainase yang buruk, masuknya gulma/hama/penyakit tanaman, pencemaran air permukaan/air tanah oleh bahan beracun dan lain-lain.

2.4 Batubara

Batubara (Anggayana, 2002) adalah sedimen organik bahan bakar hidrokarbon padat yang terbentuk dari tumbuh-tumbuhan yang telah mengalami dekomposisi secara *biokimia*, kimia dan fisika dalam kondisi bebas oksigen yang berlangsung pada tekanan serta temperatur tertentu pada kurun waktu yang sangat lama.

Adanya kandungan senyawa anorganik seperti aluminium dan silikon oksida menghasilkan abu pada hasil pembakaran batubara. Proses *destilasi* akan menghasilkan tar, air, dan gas. Hidrogen merupakan komponen utama dari gas yang dihasilkan, walaupun amonia, gas karbon monoksida dan dioksida, benzen dan beberapa uap gas hidrokarbon juga terbentuk.

Batubara terbentuk dari sisa-sisa tumbuhan purba dan kemudian mengendap selama berjuta-juta tahun dan mengalami proses pematubaraan (*coalification*) dibawah pengaruh fisika, kimia, maupun geologi. Oleh karena itu, batubara termasuk dalam kategori bahan bakar fosil. Secara ringkas ada 2 tahap proses pematubaraan yang terjadi, yaitu:

1. Tahap *Biokimia* atau *Diagenetik* (Penggambutan) dimulai saat tumbuhan yang telah mati mengalami penguraian (*deposisi*) dan menjadi humus. Humus ini kemudian diubah menjadi gambut oleh bakteri *anaerobic* dan *fungi* hingga *lignit* (gambut) terbentuk. Yang berperan dalam proses perubahan ini adalah kadar air, tingkat *oksidasi* dan gangguan biologis yang dapat menyebabkan proses dekomposisi dan kompaksi material organik serta membentuk gambut.

2. Tahap *Geokimia* atau *Malihan*, meliputi proses perubahan dari *lignit* menjadi *bituminus* dan akhirnya *antrasit*.

Secara lebih rinci, proses pembentukan batubara dapat dijelaskan sebagai berikut:

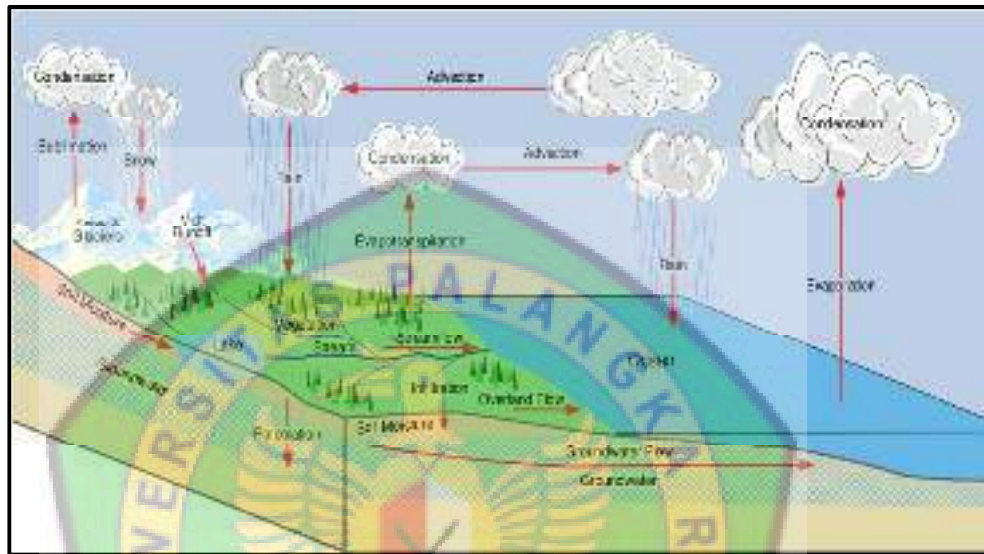
1. Penguraian, bagian-bagian tumbuhan yang lunak akan diuraikan oleh bakteri *anaerob*.
2. Pengendapan, tumbuhan yang telah mengalami proses penguraian selanjutnya akan mengalami pengendapan, biasanya di lingkungan yang berair. Akumulasi dari endapan ini dengan endapan-endapan sebelumnya akhirnya akan membentuk lapisan gambut.
3. *Dekomposisi*, lapisan gambut akan mengalami perubahan melalui proses *biokimia* dan mengakibatkan keluarnya air dan hilangnya sebagian unsur karbon dalam bentuk karbon dioksida, karbon monoksida, dan metana. Secara relatif, unsur karbon akan bertambah dengan adanya pelepasan unsur atau senyawa tersebut.
4. Geoteknik, lapisan gambut akan mengalami kompaksi akibat adanya gaya tektonik dan kemudian akan mengalami perlipatan dan patahan. Batubara *low grade* dapat berubah menjadi batubara *high grade* apabila gaya tektonik yang terjadi adalah gaya tektonik aktif, karena dapat menyebabkan terjadinya intrusi atau keluarnya magma. Selain itu, lingkungan pembentukan batubara yang berair juga dapat berubah menjadi area darat dengan adanya gaya tektonik *setting* tertentu.

2.5 Sirkulasi Air

Jumlah air di bumi kira-kira 1,3-1,4 miliar km³ yang mana 97,5% adalah air laut, 1,75% berbentuk es dan 0,73% berada di daratan sebagai air sungai, air danau, air tanah dan sebagainya. Hanya 0,001% berbentuk uap di udara. Air di bumi ini mengulangi sirkulasi yaitu penguapan, presipitasi dan pengaliran keluar (*Outflow*). Serangkaian peristiwa yang berlangsung secara terus-menerus dan membentuk suatu siklus hidrologi (*Hydrological cycle*). Perubahan bentuk air menjadi uap ini disebabkan oleh energi panas dari matahari akan terkondensasi pada lapisan atmosfer bumi dan akan terjadi presipitasi. Presipitasi 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*).

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 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.



(Sumber : Suyono Sosrodarsono & Kensaku Takeda, 2003 : 1)

Gambar 2.1 Siklus Air

Berdasarkan hal-hal tersebut diatas maka berkembanglah ilmu hidrologi, yang mempelajari sirkulasi air itu sendiri yaitu:

1. Presipitasi

Presipitasi adalah peristiwa uap air yang terkondensasi dan jatuh ke bumi dengan bentuk hujan, salju, es dan embun.

2. Evaporasi dan Transpirasi (Evaporation)

Evaporasi adalah proses pertukaran molekul air di permukaan menjadi molekul uap air di atmosfer akibat panas, sedangkan transpirasi adalah proses penguapan pada tumbuh-tumbuhan melalui sel-sel stomata.

3. Infiltrasi

Curah hujan yang mencapai permukaan tanah akan bergerak sebagai limpasan permukaan atau disebut infiltrasi.

2.6 Limpasan Permukaan

Limpasan permukaan adalah aliran air yang mengalir di atas permukaan karena penuhnya kapasitas infiltrasi tanah. Limpasan merupakan unsur penting dalam siklus air dan salah satu penyebab erosi (Robert E. Horton, 1933).

Limpasan yang muncul di permukaan sebelum mencapai saluran disebut sumber tidak langsung. Ketika limpasan mengalir di tanah, limpasan tersebut dapat mengambil kontaminan tanah seperti minyak bumi, pestisida, atau pupuk. Bila sumber tidak langsung mengandung kontaminan semacam itu, limpasan tersebut disebut polusi sumber tidak langsung (L. Davis Mackenzie dan Susan J. Masten, *Principles of Environmental Engineering and Science* ISBN 0-07-235053-9)

Limpasan permukaan atau aliran permukaan adalah bagian dari curah hujan yang mengalir diatas permukaan tanah dan mengangkut partikel-partikel tanah. Limpasan terjadi karena intensitas hujan yang jatuh di suatu daerah melebihi kapasitas infiltrasi, setelah laju infiltrasi terpenuhi air akan mengisi cekungan-cekungan pada permukaan tanah. Setelah cekungan-cekungan tersebut penuh, selanjutnya air akan mengalir (melimpas) diatas permukaan tanah (*surface run – off*). Jika aliran air terjadi di bawah permukaan tanah disebut juga sebagai aliran di bawah permukaan dan jika

yang terjadi adalah aliran yang berada di lapisan *equifer* (air tanah), maka disebut aliran air tanah. Air limpasan permukaan di bedakan menjadi: *sheet* dan *rill surface run-off* akan tetapi jika aliran air tersebut sudah masuk ke sistem saluran air atau kali, maka disebut sebagai *stream flow run-off*. Limpasan permukaan akan terjadi apabila syarat-syarat terjadi terpenuhinya limpasan permukaan adalah:

1. Terjadi hujan atau pemberian air ke permukaan.
2. Intensitas hujan lebih besar dari pada laju dan kapasitas infiltrasi tanah dan Topografi
3. Topografi dan kelerengan tanah memungkinkan untuk terjadinya aliran air di atas permukaan tanah.

2.6.1 Faktor – Faktor yang Mempengaruhi Limpasan Permukaan

Menurut Sosradarsono dan Takeda (1978:135) (dalam Ziliwu 2000:12) mengemukakan bahwa: "Limpasan permukaan terjadi ketika jumlah curah hujan melampaui laju infiltrasi, setelah laju infiltrasi terpenuhi, air mulai mengisi cekungan atau depresi pada permukaan tanah". Setelah pengisian selesai maka air akan mengalir dengan bebas dipermukaan tanah. Faktor-faktor yang mempengaruhi limpasan permukaan dibagi menjadi dua kelompok, yaitu elemen meteorologi dan elemen sifat fisik daerah pengaliran.

Elemen meteorologi meliputi jenis presipitasi, intensitas hujan, durasi hujan, dan distribusi hujan dalam daerah pengaliran, sedangkan elemen sifat fisik daerah pengaliran meliputi tata guna lahan (*land*

use), jenis tanah dan kondisi topografi daerah pengaliran (*catchment*). Elemen sifat fisik dapat dikategorikan sebagai aspek statis sedangkan elemen meteorologi merupakan aspek dinamis yang dapat berubah terhadap waktu, adapun faktor - faktor yang mempengaruhi limpasan permukaan sebagai berikut.

1. Hujan

Hujan, yang meliputi tipe, lama, intensitas dan sebaran hujan sangat menentukan limpasan permukaan yang terjadi di suatu daerah aliran sungai (DAS) jumlah (volume) dan debit limpasan yang terjadi di suatu DAS sangat berkaitan dengan intensitas dan lamanya hujan yang terjadi di DAS yang bersangkutan.

2. Laju dan Kapasitas Infiltrasi Tanah

Menurut Mawardi (2012:131) Laju dan kapasitas infiltrasi dapat di tentukan menggunakan metode percobaan lapangan (langsung) menggunakan infiltrometer, atau dapat di perkirakan menurut rumus empiris yang telah ada seperti rumus empiris yang sudah dikembangkan.

3. Kondisi DAS

Kondisi DAS, meliputi ukuran bentuk DAS ,topografi meliputi datar (0-8%), landai (0-15%), bergelombang (15-25%), berbukit (25-40%), bergunung (> 40%) geologi, dan penggunaan lahan. Limpasan permukaan akan semakin menurun sebanding dengan semakin bertambahnya luas DAS, luas DAS ini

menentukan musim atau saat kapan suatu puncak limpasan permukaan akan terjadi. Suatu DAS yang berbentuk memanjang dan sempit kemungkinan akan menghasilkan limpasan permukaan yang lebih kecil dibandingkan dengan DAS yang lebih besar dan kompak untuk luas DAS yang sama. Hal ini disebabkan DAS yang berbentuk sempit dan memanjang mempunyai waktu konsentrasi yang lebih lama dan curah hujanya terutama intensitasnya juga tidak sering merata sepanjang DAS yang berbentuk memanjang.

Bentuk topografi DAS seperti kelerengan, derajat kemiringan sistem drainase dan keberadaan cekungan penyimpanan air di permukaan berpengaruh pada volume dan debit limpasan permukaan. Suatu DAS dengan bentuk permukaan lahan datar dan terdapat cekungan penyimpanan air permukaan yang tak ber-outlet cenderung mempunyai limpasan permukaan yang lebih kecil dibandingkan dengan topografinya miring dan mempunyai pola dan sistem drainase (*stream*) yang sudah mapan. Sifat geologi tanah berpengaruh terhadap infiltrasi oleh karena itu berpengaruh pula terhadap limpasan.

4. Distribusi Curah Hujan

Faktor ini mempengaruhi hubungan antara hujan dan daerah pengaliran suatu volume hujan tertentu yang tersebar merata diseluruh daerah aliran intensitasnya akan berkurang apabila curah

hujan sebagian saja dari daerah aliran, dan menyebabkan terjadinya aliran permukaan lambat.

5. Kondisi Penggunaan Lahan

Aliran permukaan sangat dipengaruhi oleh kondisi penggunaan tanah dalam daerah pengaliran. Daerah hutan yang ditutupi tumbuhan yang lebat adalah sulit terjadi aliran permukaan karena besarnya intersepsi, evaporasi, transpirasi dan perkolasi. Jika daerah ini dijadikan daerah pembangunan dan dikosongkan, maka kesempatan untuk infiltrasi semakin kecil sehingga dapat memperbesar aliran permukaan.

6. Luas Daerah Pengaliran

Luas daerah pengaliran berpengaruh pada aliran permukaan, makin luas daerah pengaliran maka waktu aliran permukaan untuk mencapai titik pengukuran semakin lama.

7. Topografi

Menurut Summerfield 1991 (dalam Lihawa, 2011:12). Bahwa: "Faktor topografi pada umumnya dinyatakan dalam bentuk kemiringan lereng secara umum erosi akan meningkat dengan meningkatnya kemiringan dan panjang lereng, hal ini disebabkan oleh makin meningkatnya kemiringan lereng dan panjang lereng, maka kecepatan air permukaan semakin besar".

Pada daerah dengan kelerengan tinggi, tanah akan mudah pecah dan diangkut oleh air ke daerah bawahnya. Demikian pula

pada tanah yang kelereganya tinggi, daya rusak air akan lebih besar karna kecepatannya tinggi.

Tabel 2.1 Kelas kemiringan dan nilai skor kemiringan lereng

Kelas	Kemiringan	Klasifikasi
I	0 – 8	Datar
II	> 8 – 15	Landai
III	>15 – 25	Agak Curam
IV	> 25 – 45	Curam
V	> 45	Sangat Curam

Sumber: Pedoman Penyusunan Pola Rehabilitasi Lahan dan Konservasi Tanah, 1986

Kemiringan lereng merupakan ukuran kemiringan lahan relative terhadap bidang datar yang secara umum dinyatakan dalam persen atau derajat. Kecuraman lereng, panjang lereng dan bentuk lereng semuanya akan mempengaruhi besarnya erosi dan aliran permukaan.



Sumber : *Google Maps*

Gambar 2.2 Topografi Desa Batu Kajang

2.6.2 Pengukuran Debit Limpasan Permukaan

Debit aliran air di sungai keduanya merupakan informasi yang penting untuk analisis dan perencanaan pengolahan DAS. Informasi debit puncak (debit pada saat puncak banjir) sangat di perlukan untuk untuk perencanaan pengendalian banjir seperti *cheek dam*, pelimpah, saluran pembuangan air, waduk dan sebagainya. Salah satu cara untuk mendapatkan debit sungai adalah dengan melakukan pengukuran secara langsung dilapangan dengan mengukur penampang sungai dan kecepatan aliran airnya.

Pengukuran kecepatan aliran bisa di lakukan dengan 2 cara yakni pelampung atau dengan alat ukur kecepatan *propeller (current meter)* Pengukuran kecepatan menggunakan pelampung memang memberikan ketelitian yang rendah, karna hanya bisa mengukur kecepatan aliran di permukaan air. Oleh karna itu cara pelampung ini disarankan hanya untuk saluran yang tidak terlalu lebar dan dalam, dengan penampang yang hampir seragam dan aliran airnya tunak (*steady*). Untuk saluran atau sungai yang cukup lebar dan dengan dalam dan dengan bentuk geometri penampang yang tidak teratur, pengukuran kecepatan aliran dengan alat ukur kecepatan dalam bentuk propeller.

Pengukuran kecepatan dengan bangun ukur. Untuk saluran air yang tidak terlalu besar dan dalam, pengukuran debit aliran bisa menggunakan bangun ukur debit yang dipasang pada pengukuran

yang terpilih. Terdapat dua jenis bangunan ukur yakni tipe bending (*weir*) dan tipe saluran atau gorongan terbuka (*flume*) Pengukuran debit menggunakan bangunan ukur pada umumnya di lakukan pada saluran irigasi atau sungai yang tidak terlalu lebar serta mempunyai kelerengan aliran yang cukup (perbedaan elevansi antara bagian hulu dan hilir besar) sehingga air yang melewati ambang bendung (*crest*) akan berupa aliran terjun.

Jika alirannya yang melewati ambang berupa aliran ukur yang tenggelam bangunan ukur yang tidak akan bisa berfungsi dengan baik, karena terjadi kesalahan dan debit terukur tidak menggambarkan debit ukur air sesungguhnya. Walaupun kelihatanya sederhana karna hanya dengan mengukur kecepatan aliran dan luas penampang saluran atau sungai pengukuran debit ini akan menjadi sulit untuk memperoleh data debit.

Sebaran kecepatan aliran kearah horizontal maupun kedalamnya, oleh karna itu pengukuran kecepatan di lakukan di beberapa titik kedalam dan lebar salutkan atau sungai. Debit aliran Limpasan Permukaan saluran atua sungai yang di ukur merupakan jumlah perkalian dari kecepatan dan luas penampang aliran masing-masing segmen.

2.6.3 Rancangan Limpasan

Laju limpasan permukaan rancangan RPL merupakan laju limpasan permukaan maksimum yang mungkin terjadi dapat

diperhatikan berdasarkan curah hujan dan durasi, intensitas dan masa ulang (*recurrence period*) tertentu. Nilai limpasan permukaan ini sangat bermamfaat untuk dasar perencanaan bangunan, pelimbah dan lain-lain pada umumnya bangunan-bangunan tersebut di rancang (*design*) untuk mencapai umur teknik tertentu dan mampu bertahan untuk kejadian hujan atau banjir dengan masa ulang tertentu.

2.6.4 Metode Pendugaan Limpasan Permukaan

Pendugaan limpasan permukaan terdiri dari tiga hal, pertama tergantung pada jumlah air hujan per satuan waktu (intensitas maksimum). Kedua bergantung pada curah hujan tersebut yang menjadi limpasan permukaan (nilai faktor limpasan). Besarnya nilai faktor ini selain tergantung pada topografi terutama kemiringan lereng dan tekstur tanah, juga bergantung pada tipe penutup tanah serta pengelolanya. Selain itu besarnya debit permukaan di tentukan oleh faktor yang ketiga adalah luas areal tangkapan. Dalam pendugaan laju puncak limpasan di gunakan metode rasional.

Salah satu metode menghitung debit puncak maksimum Limpasan Permukaan yang telah di kemukakan oleh *soil conservation servis* (SCS) atau lebih dikenal dengan bilangan kurva merupakan metode memperhitungkan volume limpasan permukaan yang telah dibuat model pemogramanya komputernya SCS TR 20 SCS –TR 55 (*Soil Conservation Servis TR20, Soil Conservatioan Servis –TR55*) merupakan bagian dari aplikasi komputer yang menghitung dan

mengolah laju limpasasan permukaan rancangan untuk mengetahui limpasan permukaan tersebut.

Model ini sesuai dengan memprediksi debit puncak LP untuk DAS daerah pertanian maupun perkotaan dengan luas kurang dari 900 ha, kelerengan rata-rata sama atau lebih besar dari 0,5 %, mempunyai satu sistem aliran (sungai) dengan dua anak sungai yang mempunyai masa konsentrasi yang jauh berbeda antar keduanya. Limpasan Permukaan Rancangan (LPR) merupakan laju limpasan permukaan yang mungkin terjadi yang diperhitungkan berdasarkan hujan dan durasi, intensitas dan masa ulang hujan tertentu.

2.6.5 Volume dan Laju Limpasan Permukaan

Penentuan besarnya (volume) dan laju limpasan permukaan bisa dilakukan dengan berbagai metode, antara lain

1. Metode pengukuran langsung di lapangan : menggunakan plot percobaan dilapangan (berlaku lokal), dan mengamati hasil limpasan permukaan di outletnya, saluran pembuangan air (SPA).
2. Prediksi laju limpasan permukaan menggunakan rumus atau metode rasional: metode *soil conservation server* (SCS) dan metode lainnya, metode-metode tersebut bisa di gunakan untuk prediksi dalam unit hidrologi yang luas tanpa harus melakukan pengukuran langsung, menggunakan data hujan dan sist fisik hidrologi yang tersedia di das yang bersangkutan.

2.7 Sistem Penyaliran Tambang

Penirisan tambang adalah suatu usaha yang diterapkan pada suatu daerah penambangan yang dilakukan untuk mencegah masuknya air atau mengeluarkan air yang telah masuk ke dalam lubang bukaan tambang (pit) sehingga mengganggu aktivitas penambangan. Menurut Prahastini dan Gautama (2012), sistem penyaliran merupakan aspek penting dalam tambang terbuka dikarenakan bergantung kepada kondisi cuaca. Sistem penyaliran ini berkaitan erat dengan kondisi kerja, keselamatan pekerja, produktivitas dan lingkungan.

Menurut Hendratmoko (2006) dalam buku Diktat Sistem Penyaliran Tambang, penanganan masalah air pada tambang terbuka dapat dibedakan menjadi dua, yaitu:

1. *Mine Drainage*, merupakan upaya untuk mencegah masuknya air ke daerah penambangan. Pengupayaan tersebut umumnya dilakukan untuk penanganan air tanah dan air yang berasal dari sumur air permukaan (sungai, danau, dll).
2. *Mine Dewatering*, merupakan upaya untuk mengeluarkan/mengendalikan air yang telah masuk ke daerah penambangan, khususnya pada penanganan air hujan.

2.7.1 Metode Penyaliran Tambang

Penanganan masalah air dalam tambang terbuka dapat dibedakan menjadi dua macam, yaitu:

1. Metode *Mine Drainage*

Merupakan upaya untuk mencegah aliran air masuk ke lokasi penggalian. Hal ini umumnya dilakukan untuk penanganan air tanah. Ada beberapa cara untuk mencegah agar air tidak masuk ke lokasi penggalian, yaitu:

a. Siemens

Pada setiap jenjang (*bench*) dari kegiatan penambangan dipasang pipa ukuran 8 *inch*, disetiap pipa tersebut dibagian ujung bawah diberi lubang-lubang dimana pipa berlubang ini berhubungan dengan air tanah, sehingga pada pipa bagian bawah akan terkumpul air yang selanjutnya dipompa ke atas untuk selanjutnya air dibuang.

b. *Small Pipe With Vacuum Pump*

Lubang bor dibuat dengan diameter 6-8 *inch*, lubang tidak diberi casing, tetapi dimasukkan pipa berdiameter 2-2,5 *inch*. Pasir dimasukkan sebagai saringan sehingga yang masuk adalah material yang larut dalam air. Melalui *small pipe* ini lubang bor dibuat vakum dengan menggunakan pompa.

c. *Deep well Pump Method*

Digunakan untuk material yang mempunyai permeabilitas rendah dan *bench* yang tinggi. Lubang bor dibuat dengan diameter 6 *inch*, kemudian dipasang *casing*. Pompa dimasukkan kedalam lubang bor (*submercible pump*) yang

digerakkan dengan listrik. Pompa ini otomatis, jika tercelup ke dalam air maka mesin pompa akan hidup dengan sendirinya.

d. *Electro Osmosis*

Bilamana lapisan tanah terdiri dari lempung, maka pekerjaan pemompaan sangat sulit dilakukan karena adanya sifat kapilaris yang terdapat pada jenis tanah lempungan. Untuk mengatasi hal tersebut, maka dipergunakan metode ini. Pada metode ini digunakan batang anoda serta katoda. Bila elemen ini dialiri listrik, maka air pori yang terkandung dalam batuan akan mengalir menuju katoda yang kemudian terkumpul dan dipompa keluar.

2. Metode *Mine Dewatering*

Merupakan upaya untuk mengeluarkan air yang telah masuk ke daerah penambangan. Beberapa metode penyaliran *mine dewatering* adalah sebagai berikut.

a. Cara Paritan

Cara ini adalah cara yang paling murah, beberapa lubang parit dibuat pada lokasi penambangan guna menampung aliran air limpas (*run off*), sehingga tidak mengganggu pekerjaan penambangan. Beberapa macam bentuk saluran penirisan dapat dibuat guna melakukan pekerjaan penirisan, tetapi yang sederhana dan umum digunakan adalah saluran dengan bentuk trapesium, dengan kemiringan sisinya 1:1 (45°).

b. Penyaliran dengan *sump*

Cara penyaliran ini sangat umum diterapkan di tambang terbuka. Air yang masuk kedalam tambang dikumpulkan ke suatu *sump* yang biasanya dibuat di dasar tambang dan dari *sump* tersebut air dipompa keluar tambang.

c. Adit (*tunnel*)

Penirisan dengan menggunakan cara adit dilakukan pada tambang dengan sistem *open cut*, yang mempunyai jenjang majemuk (*multiple bench*). Disetiap jenjang dibuat adit, dan dari adit ini air buangan diteruskan ke *shaft* kemudian dari *shaft* dialirkan lagi ke adit terakhir di bagian bawah, dan langsung dibuang ke luar.

2.7.2 Faktor-faktor Yang Mempengaruhi Sistem Penyaliran Tambang

Beberapa faktor yang mempengaruhi sistem penyaliran adalah sebagai berikut.

1. Curah Hujan

Curah hujan adalah jumlah air hujan yang turun pada suatu daerah dalam waktu tertentu. Curah hujan merupakan faktor yang sangat penting dalam perencanaan sistem penirisan, karena besar kecilnya curah hujan pada suatu daerah tambang akan mempengaruhi besar kecilnya air tambang yang harus ditanggulangi. Besar kecilnya curah hujan dapat dinyatakan sebagai volume air hujan yang jatuh pada satu areal tertentu dalam

jangka waktu relatif lama. Satuan curah hujan dinyatakan dalam millimeter. (Guru Geografi Indonesia, Pengertian Curah Hujan Dan Klasifikasi Hujan, 2017)

Angka–angka curah hujan yang diperoleh merupakan data yang tidak dapat digunakan secara langsung untuk perencanaan pembuatan sarana pengendalian air tambang, tetapi harus diolah terlebih dahulu untuk mendapatkan nilai curah hujan yang lebih akurat. Curah hujan merupakan data utama dalam perencanaan kegiatan penirisan tambang terbuka.

Pengamatan curah hujan dilakukan dengan alat pengukur curah hujan. Ada dua jenis alat pengukur curah hujan, yaitu alat ukur manual dan otomatis. Alat ini biasanya diletakkan ditempat terbuka agar air hujan yang jatuh tidak terhalang oleh bangunan atau pepohonan. Data tersebut berguna pada saat penentuan hujan rencana.

2. Daerah Tangkapan Hujan (*Catchment Area*)

Air hujan yang mempengaruhi secara langsung suatu sistem penyaliran tambang adalah air hujan yang mengalir di atas permukaan tanah (air permukaan) ditambah sejumlah pengaruh air tanah. Air hujan (air permukaan) yang mengalir ke areal penambangan tergantung pada kondisi daerah tangkapan hujan yang dipengaruhi oleh daerah sekitarnya.

Luas daerah tangkapan hujan dapat ditentukan berdasarkan analisa peta topografi, berdasarkan kondisi daerahnya seperti adanya daerah hutan, lokasi penimbunan, kepadatan alur drainase, serta kondisi kemiringan.

3. Air Limpasan Permukaan

Air hujan yang turun dari atmosfer jika tidak ditangkap oleh vegetasi atau oleh permukaan-permukaan buatan seperti atas bangunan atau lapisan kedap air lainnya, maka akan jatuh ke permukaan bumi dan sebagian akan menguap, berinfiltrasi atau tersimpan dalam cekungan-cekungan. Bila kehilangan seperti cara-cara tersebut telah terpenuhi, maka sisa air hujan akan mengalir di atas permukaan tanah menuju alur aliran terdekat (Suripin, 2004).

Metode untuk memperkirakan laju air limpasan permukaan yang umum dipakai adalah metode Rasional USSCS (1973) karena sangat simpel dan mudah penggunaannya namun terbatas dengan *Catchment area* ukuran kecil, yaitu kurang dari 300 ha (Goldman et.al., 1986 dalam Suripin, 2004). Persamaan matematik metode Rasional dinyatakan dalam bentuk (Suripin 2004):

$$Q_p = 0,002778 C I A$$

Dimana:

Q_p = Laju air limpasan permukaan ($m^3/detik$)

C = Koefisien aliran permukaan ($0 \leq C \leq 1$)

I = Intensitas hujan (mm/jam)

A = Luas *catchment area* (ha)

Metode Rasional dikembangkan berdasarkan asumsi bahwa hujan yang terjadi mempunyai intensitas seragam dan merata di seluruh *catchment area* selama paling sedikit sama dengan waktu konsentrasi (t_c) *catchment area*.

2.8 Sedimentasi

Sedimentasi merupakan pemisahan antara padatan dengan cairan yang berasal dari slurry encer. Pemisahan ini menghasilkan cairan jernih dan padatan dengan konsentrasi tinggi. Mekanisme dari sedimentasi dideskripsikan dengan observasi pada tes batch settling yaitu ketika partikel-partikel padatan dalam suatu slurry mengalami proses pengendapan dalam silinder kaca.

Sedimentasi merupakan pemisahan antara padatan dengan cairan yang berasal dari slurry encer. Pemisahan ini menghasilkan cairan jernih dan padatan dengan konsentrasi tinggi. Mekanisme dari sedimentasi dideskripsikan dengan observasi pada tes batch settling yaitu ketika partikel-partikel padatan dalam suatu slurry mengalami proses pengendapan dalam silinder kaca (Foust A.S., 1980).

2.9 Analisis Data Curah Hujan

Dalam perencanaan sistem penyaliran untuk air permukaan pada suatu tambang, diperlukan suatu prakiraan hujan, yaitu curah hujan rencana dengan periode ulang tertentu yang ditetapkan sebagai acuan dalam perancangan.

Untuk menentukan prakiraan curah hujan rencana, perlu dilakukan analisis frekuensi dari data curah hujan yang tersedia. Makin lama selang waktu pengukuran akan semakin akurat pula hasil analisis frekuensi. Data curah hujan yang akan dianalisis adalah besarnya curah hujan harian maksimum.

1. Periode Ulang Hujan

Periode ulang adalah waktu hipotetik dimana suatu kejadian dengan nilai tertentu, hujan rencana misalnya akan disamai atau dilampaui 1 kali dalam jangka waktu hipotetik tersebut. Misalnya hujan rencana dengan periode ulang 5 tahun = 10 mm, tidak berarti hujan sebesar 10 mm akan secara periodik 1 kali setiap 5 tahun, melainkan setiap tahunnya ada kemungkinan terjadi 1/5 kali terjadi hujan yang besarnya sama atau lebih dari 10 mm. Menurut Kite G.W.(1977), acuan untuk menentukan PUH dapat dilihat pada tabel berikut.

Tabel 2.2 Periode Ulang Hujan Untuk Sarana Penyaliran Pada Daerah Tambang.

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

Sumber : Kamiana I made “Buku ajaran drainase”, 2014.

Dari tabel diketahui bahwa Periode Ulang Hujan untuk beberapa daerah adalah berbeda satu dengan yang lainnya.

2. Curah Hujan Rencana

Dalam perencanaan sistem penyaliran untuk air permukaan pada suatu tambang, hujan rencana merupakan kriteria utama karena berguna dalam menentukan debit air yang masuk ke pit penambangan (Suyono, 2012 : V-3).

Hujan rencana adalah hujan maksimum yang mungkin terjadi selama umur dari sarana penirisan tersebut. Periode ulang hujan adalah hujan maksimum yang diharapkan terjadi pada setiap n tahun. Jika suatu data curah hujan mencapai harga tertentu (x) yang diperkirakan terjadi satu kali dalam n tahun, maka n tahun dapat dianggap sebagai periode ulang dari x . Dalam analisa frekuensi data curah hujan guna memperoleh nilai hujan rencana dikenal dengan beberapa distribusi probabilitas yang sering digunakan yaitu gumbel, normal, log normal dan log person III. Penentuan jenis distribusi probabilitas yang sesuai dengan data dilakukan dengan mencocokkan parameter data tersebut dengan syarat masing-masing jenis distribusi seperti pada tabel.

Tabel 2.3 Parameter statistik untuk menentukan jenis distribusi

No	Distribusi	Persyaratan
1	Normal	$C_s \approx 0$ $C_k \approx 3$
2	Log Normal	$C_s = C_v^3 + 3C_v$ $C_k = C_v^8 + 6C_v^6 + 15C_v^4 + 16C_v^2 + 3$
3	Gumbel	$C_s \leq 1,14$ $C_k \leq 5,4$
4	Log Pearson III	Selain dari nilai di atas

Sumber: Bambang Triatmodjo, 2008, I Made K, 2011 : 27.

Dari data di atas didapat perhitungan parameter statistik sebagai berikut:

1. Mean / nilai tengah / rerata

$$\bar{x} = \frac{\sum_{i=1}^n x_i}{n}$$

2. Simpangan Baku / Standard Deviasi

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

3. Koefisien Variansi / *Variation Coefficient*

$$Cv = \frac{S}{\bar{x}}$$

4. Asimetri / Kemencengan / *Skewness*

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

5. Kurtosis

$$Ck = \frac{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^4}{S^4}$$

Persamaan Distribusi Probabilitas Normal adalah sebagai berikut:

$$X_T = \bar{x} + K_T \cdot S$$

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

3. Intensitas Curah Hujan

Intensitas hujan adalah tinggi atau kedalaman air hujan per satuan waktu. Sifat umum air hujan adalah makin singkat hujan berlangsung intensitasnya kecendrungan makin tinggi dan makin besar periode ulangnya makin tinggi pula intensitasnya (Suripin, 2004). Untuk mengelola data curah hujan menjadi intensitas hujan digunakan cara statistik dari data pengamatan curah hujan yang terjadi. Apabila data hujan jangka pendek tidak tersedia, yang ada hanya data curah hujan harian, maka intensitas hujan dapat dihitung dengan rumus Mononobe seperti berikut (Suripin, 2004):

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

Dimana:

I = intensitas hujan (mm/jam)

t = lamanya hujan (jam)

R_{24} = Curah hujan maksimum harian (selama 24 jam) (mm)

Hubungan antara intensitas hujan, lama hujan, dan frekuensi hujan biasanya dinyatakan dengan lengkung Intensitas-Durasi-Frekuensi (IDF = Intensity Duration Frequency Curve), diperlukan data hujan jangka pendek, misalnya 5 menit, 10 menit, 30 menit, 60 menit dan jam-jaman untuk membentuk lengkung IDF.

Seandainya curah hujan harian di daerah penelitian diketahui tidak terdistribusi merata setiap tahun, maka menurut Mononobe (1992),

Intensitas curah hujan dapat dihitung dengan rumus perkiraan intensitas curah hujan untuk waktu lama waktu hujan.

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

Tabel 2.4 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 : Sayoga, 1993, Suwandhi, 2004 : 10)

2.10 Dewatering dan Sequence Penambangan

A. 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 perhitungan 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 perimbangan 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.

B. 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.

C. *Dewatering* Dan Pembentukan *Sump*

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

- a. Total air yang berada di *sump* meliputi curah hujan, intensitas curah hujan dan *catchment area*
- b. Total kemampuan pompa meliputi jenis dan debit pompa, jumlah pompa dan jam kerja pompa
- c. Prediksi elevasi air

2.11 Siklus Hidrologi

Hidrologi merupakan cabang ilmu yang mempelajari tentang gerakan air. Siklus hidrologi membentuk persamaan dimana masukan air total pada suatu ruang tertentu harus sama dengan keluaran total sebagai berikut:

$$Q_{\text{tot}} = Q_{\text{limpasan}} - Q_{\text{evapotranspirasi}} + Q_{\text{air tanah}}$$

Debit limpasan adalah besarnya frekuensi banjir (hidrograf banjir) pada suatu kawasan dapat menggunakan Metode Rasional. Persamaan Metode Rasional adalah sebagai berikut:

$$Q = 0,277 CiA$$

Dimana C adalah koefisien limpasan yang tergantung pada kondisi lapangan daerah tangkapan hujan dapat dilihat pada Tabel 2.5, i adalah intensitas curah hujan dan A adalah luas daerah tangkapan hujan.

Debit evapotranspirasi merupakan besarnya kemampuan gabungan dari evaporasi dan transpirasi. Untuk menentukan besar evapotranspirasi dapat dihitung dengan persamaan *Turc* sebagai berikut.

$$E_a = \frac{P}{\left[0,9 + \left(\frac{P}{L(T)}\right)^2\right]^{0,5}}$$

Dimana P adalah curah hujan tahunan dan L(T) adalah fungsi suhu $(300 + 25(T) + 0,05 (T)^3)$.

Tabel 2.5 Koefisien Limpasan

Kemiringan	Jenis	C
< 3% (datar)	Sawah, rawa	0,2
	Hutan, perkebunan	0,3
	Perumahan	0,4
3% - 15% (sedang)	Hutan, perkebunan	0,4
	Perumahan	0,5
	semak-semak agak jarang	0,6
	Lahan terbuka	0,7
>15% (curam)	Hutan	0,6
	Perumahan	0,7
	Semak-semak agak jarang	0,8
	Lahan terbuka daerah tambang	0,9

Debit air tanah adalah banyaknya air yang menempati lubang-lubang kecil pada lapisan tanah yang terletak pada zona air jenuh yang berada di bawah permukaan air tanah. Sedangkan daerah tidak jenuh sebaliknya berisi air dan udara. Dengan anggapan bahwa kondisi hidrologi menyediakan air kepada zone bawah tanah, maka lapisan-lapisan bawah tanah akan melakukan distribusi dan mempengaruhi gerakan air tanah

2.12 Kolam Penampungan (*Sump*)

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

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

1. Sistem penirisan terpusat, 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, 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, yaitu: (Suwandi, 2004)

1. Travelling Sump

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 Transit / Sump Jenjang

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

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

BAB III

METODE PENELITIAN

3.1 Gambaran Umum Wilayah Penelitian

3.1.1 Profil dan Sejarah Perusahaan

PT. BUMA merupakan perusahaan kontraktor pertambangan batubara. Berawal dari sebuah perusahaan kontraktor perkebunan dengan satu unit *Bulldozer (second)* type D85A, Johan Lensa merupakan perintis PT. BUMA yang memulai karir dalam sebuah proyek pertamanya pada tahun 1988 di Kota Singkil, Kabupaten Aceh Selatan.

Pada tahun 1994 akhir, PT. BUMA mulai merambah dibisnis kontraktor tambang, dimulai 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 Trenggarong (PT. Fajar Bumi Sakti) dan pada tahun 1997 kembali melanjutkan di sungai Lati sampai tahun 1998, saat PAMA keluar 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 kontaktor tunggal di sungai Lati. Setelah bersaing dengan kontraktor lainnya selama 3 bulan, akhirnya BUMA

mendapat kepercayaan dari PT. Berau *Coal* untuk membuka *project Hauling* Suaran dan Binungan *Mine Site*.

Seiring berjalannya waktu, BUMA terus melakukan perluasan usaha dengan menambah 2 proyek tambang di Jongkang, Kota Samarinda *site* BBE kemudian disusul dengan berdirinya *site* Lanna di daerah Sei Siring, Samarinda. Akhir tahun 2001 BUMA memperoleh prestasi yang membanggakan yaitu bendera BUMA menjadi kontraktor yang bergerak dibidang jasa pertambangan batubara terbesar kedua. PT. BUMA merupakan salah satu perusahaan kontraktor yang bergerak di bidang pertambangan batubara. Saat ini PT. BUMA merupakan perusahaan terbesar kedua di Indonesia dalam bidang pertambangan batubara. PT. BUMA berdiri pada akhir tahun 1998 dan berpusat di Jakarta.

Pada tanggal 6 November 2009, PT. BUMA beroperasi sebagai anak perusahaan dari PT. Delta Dunia Makmur Tbk. Dengan di dukung oleh keuangan perusahaan dari PT. Delta Dunia Makmur Tbk. yang kuat, serta *backup* dari *dealer* alat berat utama dan pengalaman yang cukup luas, perusahaan akan membuktikan diri untuk menjadi kontraktor tambang pilihan di Indonesia.

PT. BUMA berkontraktor pusat di Komplek Harmoni Mas Blok A No. 7,8,9 Jalan Jembatan Dua Jakarta Utara dan memiliki 8 *jobsite* yang aktif yaitu:

1. PT. BUMA *Jobsite* PT. Adaro Energy, Tanjung Tabalong, Kalimantan Selatan.
2. PT. BUMA *Jobsite* Binungan, Berau Kalimantan Timur.
3. PT. BUMA *Jobsite* PT. Insani Bara Perkasa (IBP), Kabupaten Kutai Kartanegara, Kalimantan Timur.
4. PT. BUMA *Jobsite* PT. Indonesia Pratama (IPR), Tabang, Kutai Kertanegara, Kalimantan Timur.
5. PT. BUMA *Jobsite* Kideco, Batu Kajang Kalimantan Timur.
6. PT. BUMA *Jobsite* Lati, Berau Kalimantan Timur.
7. PT. BUMA *Jobsite* SDJ, Sungai Danau, Kalimantan Selatan.
8. PT. BUMA *Jobsite* Padaidi (PAD), Luwe Hulu, Lahei, Kalimantan Tengah.

3.1.2. Lokasi dan Kesempaan Daerah

Secara administratif lokasi penelitian termasuk dalam wilayah Desa Batu Kajang, Kabupaten Paser, Provinsi Kalimantan Timur yang memiliki batasan-batasan sebagai berikut:

- Utara : Kabupaten Kutai Barat dan Kabupaten Kutai Kartanegara
- Timur : Kabupaten Panajam Paser Utara dan Selat Makasar
- Selatan : Kabupaten Kota Baru Provinsi Kalimantan Selatan
- Barat : Kabupaten Tabalong Provinsi Kalimantan Selatan

Secara Geografis posisi PT. BUMA *Jobsite* PT. Kideco Jaya Agung terletak pada $1^{\circ}50'00''$ $1^{\circ}57'02''$ Lintang Selatan dan $115^{\circ}51'00''$ $-115^{\circ}56'00''$ Bujur Timur. Serta secara geografis lokasi penelitian terletak pada koordinat $369.095,05$ mE – $375.595,05$ mE dan $9.792.949,58$ mN – $9.786.949,58$ mN. Terdapat dua lokasi tambang pada PT. BUMA *Jobsite* PT. Kideco Jaya Agung, yang keduanya berada pada Middle Roto yaitu pit ABC yang elevasinya telah mencapai ± -103 mdpl dan luas daerah $\pm 508,02$ Ha dan pit M dengan elevasi ± -192 dan luasnya $403,82$ Ha.

Untuk mencapai lokasi penelitian dapat di tempuh dengan menggunakan transportasi sebagai berikut:

1. Palangkaraya - Balikpapan

Palangkaraya menuju Balikpapan dapat ditempuh melalui jalur udara dengan menggunakan pesawat. Waktu tempuh dicapai selama 60 menit.

2. Balikpapan - Pelabuhan Semayang

Bandara Sepinggang menuju pelabuhan Semayang, Balikpapan dengan jarak sekitar $17,5$ km ditempuh sekitar 30 menit menggunakan kendaraan roda empat dan roda dua dengan kondisi jalan beraspal.

3. Pelabuhan Semayang - Pelabuhan PPU

Sekitar 15 menit menyebrangi laut ke Pelabuhan Penajam menaiki *speedboat* dengan jarak tempuh kurang lebih $4,2$ km.

4. Pelabuhan PPU - Batu Kajang (Mess BUMA)

Ditempuh melalui perjalanan darat dengan kondisi jalan beraspal menggunakan kendaraan roda empat atau roda dua. Jarak antara Pelabuhan PPU dengan Batu Kajang kurang lebih 135 km, dengan waktu tempuh menggunakan kendaraan roda empat sekitar 4 jam.

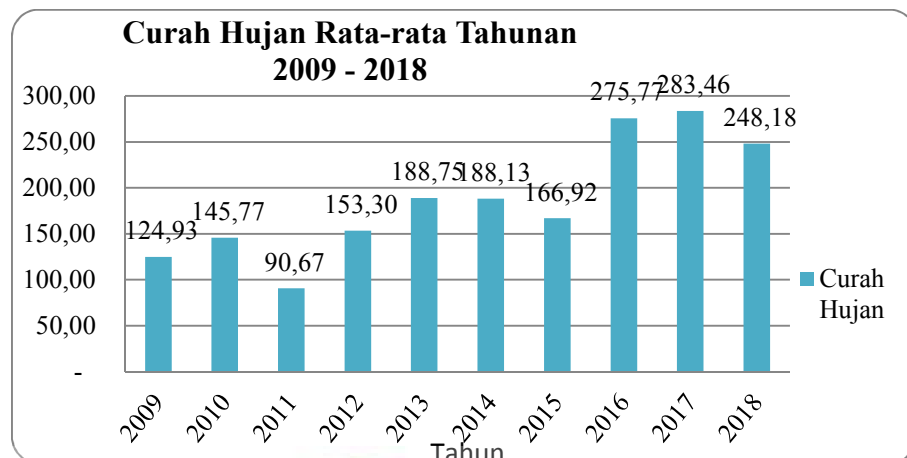
5. Batu Kajang - Lokasi Penelitian

Perjalanan ditempuh dengan waktu sekitar 35 menit. Jarak tempuh dari Batu Kajang menuju lokasi penelitian kurang lebih 8 km menggunakan bus karyawan PT. BUMA.

Peta Kesampaian Daerah dapat dilihat pada (*Lampiran A*).

3.1.3. Keadaan Iklim dan Curah Hujan

Iklim adalah kondisi rata-rata dari suatu daerah atau tempat selama bertahun-tahun, dimana iklim dipengaruhi oleh letak lintang, letak ketinggian, relief terhadap benua dan samudera, kondisi geografis lokal. Sedangkan cuaca adalah keadaan atmosfer pada waktu tertentu atau dalam periode yang pendek ditandai dengan fenomena meteorologis misalnya : tekanan udara suhu, kelembaban dan curah hujan.



(Sumber: *Engineering Departement* PT. BUMA)

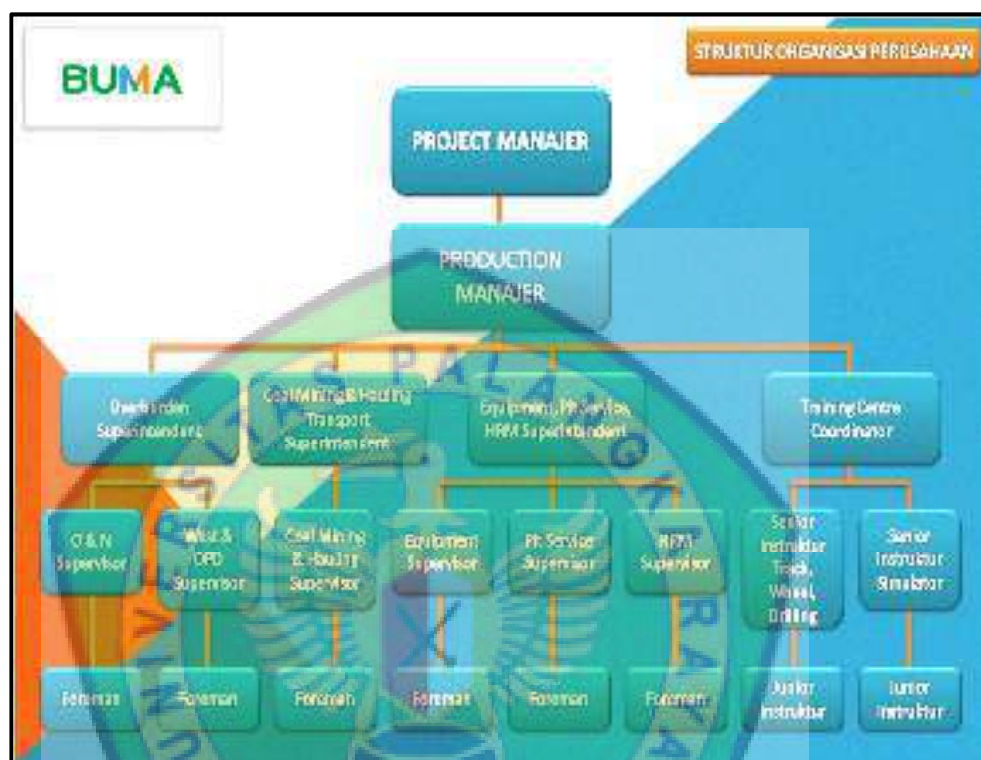
Gambar 3.1 Histogram Curah Hujan Rata-rata Tahun 2009 – 2018

Keadaan di daerah pertambangan di Indonesia pada umumnya memiliki iklim tropis dengan dua musim yaitu musim hujan biasanya terjadi pada bulan November sampai April dan musim kemarau biasanya terjadi pada bulan Mei sampai Oktober. Perkiraan suhu biasanya berkisar antara 33°-39°C. Namun dikarenakan terjadinya pemanasan global di bumi perubahan iklim dan curah hujan mulai sulit untuk diprediksi.

Curah hujan sangat mempengaruhi proses *loading*, *hauling* dan pengolahan dalam penambangan terbuka. Data curah hujan dapat digunakan untuk mengantisipasi waktu yang hilang karena cuaca saat hujan dengan membuat rencana kegiatan yang disesuaikan dengan kondisi cuaca.

3.2 Struktur Organisasi Perusahaan

Struktur organisasi Departemen Produksi PT. BUMA dapat di lihat pada gambar berikut.



Gambar 3.2 Struktur Organisasi Perusahaan

3.3 Kondisi Geologi

3.3.1 Kondisi Geologi Regional

Secara regional wilayah kuasa pertambangan PT. Kideco Jaya Agung termasuk berdasarkan Peta Geologi Lembar Balikpapan yang terbagi menjadi tiga bagian, yaitu:

a. Fisiografi

Pada peta geologi lembar Balikpapan memiliki wilayah berbukit-bukit yang terbentang 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 Makassar.

b. Stratigrafi

Hampir semua batuan pada peta geologi lembar Balikpapan mengalami deformasi, mulai dari yang pra-Tersier sampai Tersier Akhir. Dari proses tersebut terbentuk antiklin, sinklin dan sesar. Perlipatan pada batuan Tersier kemudian membentuk kemiringan antara 10° - 60° dan pada pra-Tersier lebih besar dari 40° . Arah sumbu lipatannya mulai utara-selatan sampai timur laut-barat daya.

Batuan terobosan, tersusun oleh sumbat dan retas dengan komposisi andesitg (Tma), basal (Tmb), andesit basal (Tmab) dan traktik (Tmk). Umur batuan ini diduga miosen akhir. Batuan yang berumur pra-Jura yaitu batuan ultrabasa mengalami alih tempat, perlipatan dan pensesaran. Proses tersebut juga diikuti oleh kegiatan magma, selanjutnya terjadi proses sedimen klastik dan vulkanik yang menyusun formasi Pitap dan formasi Haruyan yang merupakan batuan tetap-asal pada Kapur Akhir. Kegiatan tektonik pada bagian bawah Kapur Akhir menghasilkan pengalihan tempat batuan ultrabasa oleh sesar naik. Proses tersebut juga diikuti dengan kegiatan magma sehingga menghasilkan diorit, granit, dan granodiorit pada kapur akhir. Sejak Paleosen Awal sampai Eosen Awal terjadi erosi, pengangkatan, dan pendataran yang

menghasilkan sedimen darat kemudian menyusun formasi Kuaro dan formasi Tanjung.

Pada kala Oligosen hingga Awal Miosen terjadi penurunan terus menerus yang berlangsung sampai Miosen Awal. Bahan yang terendapkan berasal dari bagian selatan, barat dan utara cekungan. Fasies susut laut terbentuk dibagian terdalam cekungan tersebut. Dibagian selatan cekungan endapan mempunyai hubungan dengan perkembangan fasies karbonat yang menyusun formasi Berai bersamaan dengan perkembangan sedimen klastika kearah tengah cekungan hingga menyusun formasi Pamaluan.

Pada Miosen Tengah terjadi susut laut yang menyebabkan terbentuknya endapan darat yang menyusun formasi Warukin, Pulaubalang dan Balikpapan. Saat Miosen Akhir terjadi lagi pengangkatan yang menyebabkan terjadinya sesar bongkah dan munculnya batuan tua, termasuk batuan replacement hingga terbentuk Tinggian Meratus. Akibatnya terbentuk cekungan Barito, Kutai dan anak cekungan Pasir yang disertai pengendapan.

Gerak tektonik kuat ini mengangkat tepi cekungan sebelah barat yang menghasilkan pengendapan sedimen klastik kearah timur yang diikuti dengan kegiatan vulkanik berupa penerobosan di Purukcahu dan pelelehan lava serta pengendapan tufa di daerah Lembak. Pengendapan sedimen klastika dilembar Balikpapan menghasilkan endapan delta dari formasi Kampungbaru.

c. Struktur Geologi

Struktur geologi pada peta geologi lembar Balikpapan terdiri dari beberapa formasi yaitu:

- 1) Formasi Warukin (Tmw): perselingan batupasir dan batulempung dengan sisipan batubara. Terendapkan di lingkungan delta. Tidak dijumpai fosil. Umur diduga berkisar antara Miosen Tengah-Miosen Akhir. Tebal formasi antara 300-500 meter. Formasi Warukin menindih selaras formasi Berai.
- 2) 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.
- 3) 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.
- 4) Formasi Haruyan (Kvh): lava, breksi dan tufa.
- 5) Formasi Pintap (Ksp): perselingan batupasir, greywacke, batulempung dan konglomerat. Tebal formasi diduga tidak kurang dari 1500 meter.

3.3.2 Kondisi Geologi Daerah Penelitian

a. Morfologi Daerah Penelitian

Secara regional wilayah pertambangan PT. Kideco Jaya Agung termasuk dalam sub cekungan pasir (*Pasir sub-bassin*) yang berupa daerah perbukitan rendah dengan ketinggian 80-175 m diatas permukaan laut, dan tersusun oleh satuan batuan yang berumur Pra-Tersier sampai Kuartar. Di Sebelah barat terdapat sungai Samurangau yang mengalir kearah timur. Sebagian besar endapan batu bara di daerah Paser terdiri dari batuan sedimen yang terbentuk oleh pengendapan *alluvial* pada cekungan Pasir.

Pada wilayah pertambangan PT. BUMA Jobsite PT. Kideco Jaya Agung terlihat adanya struktur geologi utama berupa struktur *siklin* yang memanjang dari Utara-Selatan sampai Timur laut-barat daya dengan kemiringan sayap lipatan antara 10^0 sampai 60^0 pada beberapa tempat hampir vertikal. Lipatan yang terdapat di daerah ini adalah *Asimetri* dimana lipatan bagian dalam lebih terjal dari bagian luar.

b. Litologi Daerah Penelitian

Kondisi litologi di lokasi penelitian berdasarkan Peta Geologi Regional Lembar Balikpapan (*S. Hidayat dan L. Umar, 1994*) termasuk dalam Formasi Warukin dan Formasi Berai. Dimana Formasi Warukin merupakan formasi pembawa batubara

dengan perselingan batupasir dan batulempung yang terendapkan di lingkungan delta.

c. Struktur Geologi Daerah Penelitian

Pada akhir Miosen tengah, pegunungan meratus mulai terbentuk dan menyebabkan pemisahan secara efektif batas timur cekungan dari lautan terbuka disebelah timurnya. Turunnya sebagian central cekungan serta naiknya inti kerak benua disebelah barat cekungan dan naiknya pegunungan meratus disebelah timur cekungan menyebabkan erosi aktif sehingga pengendapan sedimen dalam jumlah banyak membentuk urutan endapan *paralik* sampai *deltaic* dari Formasi Warukin dan Formasi Dahor. Orogenesa yang terjadi pada Plio-Plistosen mengakibatkan bongkah meratus bergerak kearah barat. Akibat pergerakan ini, sedimen-sedimen dalam cekungan barito tertekan sehingga membentuk struktur perlipatan.

Di lokasi penelitian ditemukan adanya hasil dari aktivitas geologi yang terjadi sehingga deposit batubara pada lokasi penelitian mengalami perlipatan (*fold*). Kemiringan (*dip*) batubara sekitar 30-45° dengan arah jurus/*strike* sekitar N150°E - N155°E.

3.4 Alat dan Bahan

Adapun peralatan yang digunakan selama pengamatan di lapangan antara lain:

1. GPS MAP 64s Garmin

2. *Handy Talky*
3. Kamera
4. Laptop
5. Buku tulis
6. Alat tulis
7. *Kalkulator* / Alat hitung
8. Alat Pelindung Diri (APD)
9. dan Perlengkapan pendukung lainnya dalam pengamatan ini.

3.5 Tata Laksana Penelitian

3.5.1 Langkah Kerja

1. Studi Literatur, dengan melakukan penyusunan *time frame* selama melakukan penelitian Tugas Akhir dan mempelajari buku-buku literatur yang berkaitan dengan Rancangan Dimensi *Sump Tambang*. Literatur yang digunakan berasal dari buku, jurnal penelitian, laporan, internet serta makalah-makalah yang berhubungan dengan penelitian.
2. Observasi lapangan dengan mengamati kondisi dan kegiatan secara langsung di lapangan, berkoordinasi dengan Pembimbing Lapangan untuk mengetahui prosedur pengamatan dan pengambilan data. Melaksanakan orientasi lapangan untuk mengetahui kondisi daerah pengamatan dan sekitarnya.

3. Pengambilan data yang diperoleh dari hasil studi literatur dan studi lapangan, kemudian dikelompokkan menjadi data sekunder dan data primer.
4. Pengumpulan Data Primer, menentukan daerah tangkapan atau *catchment area*, pengamatan jumlah air masuk berdasarkan keadaan *catchment area* aktual, air limpasan, menghitung debit air yang keluar dari pompa aktual.
5. Pengumpulan Data Sekunder berupa data curah hujan di area tambang pada periode tertentu, peta lokasi dan kesampaian daerah, peta geologi regional daerah penelitian, struktur organisasi perusahaan, dan data sump.
6. Analisis dan pengolahan data, dilakukan dengan analisa matematis dan statistik untuk selanjutnya disajikan dalam bentuk tabel dan perhitungan penyelesaian.
7. Penyusunan laporan, dilakukan setelah pengolahan data selesai dilakukan berdasarkan pembahasan yang sesuai dengan rumusan masalah.

3.5.2 Metode

Metode penelitian yang digunakan dalam penelitian ini yaitu metode penelitian kuantitatif dan deskriptif. Metode Penelitian kuantitatif adalah penelitian ilmiah yang sistematis terhadap bagian-bagian dan fenomena serta hubungan-hubungannya yang bersifat induktif, objektif dan diperoleh berupa angka-angka atau pernyataan

yang dinilai. Tujuan penelitian kuantitatif yaitu untuk mengembangkan dan menggunakan model-model matematis serta teori-teori yang berkaitan dengan kegiatan tertentu.

Penelitian deskriptif adalah metode penelitian yang menggambarkan dan menginterpretasi objek sesuai dengan apa adanya. Penelitian deskriptif juga sering disebut noneksperimen, karena pada penelitian ini tidak melakukan kontrol dan manipulasi variabel penelitian. Penelitian deskriptif pada umumnya dilakukan dengan tujuan untuk menggambarkan secara sistematis fakta dan karakteristik objek dan subjek yang diteliti secara tepat.

Metode pengambilan data yang akan digunakan sebagai referensi penyusunan laporan tugas akhir antara lain:

1. Metode Langsung (*Direct*)

Dilakukan dengan melakukan analisa langsung di lapangan maupun di laboratorium untuk mengumpulkan data-data primer. Kegiatan-kegiatan yang dilakukan pada metode ini adalah kegiatan pengenalan lapangan, pengambilan dokumentasi, perhitungan curah hujan rencana, perhitungan intensitas curah hujan rencana, penentuan luas catchment area berdasarkan peta topografi perusahaan, penghitungan perkiraan volume sump, perhitungan volume sump aktual, pengukuran debit pemompaan,

2. Metode Tidak Langsung (*Indirect*)

Mengumpulkan data-data sekunder, seperti profil

perusahaan, peta-peta perusahaan, data kondisi geologi, data curah hujan dari Stasiun Meteorologi Beringin, Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika Barito Utara dan pengambilan literatur dari beberapa sumber pustaka yang berkaitan dengan kegiatan penelitian.

3.6 Waktu Penelitian

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

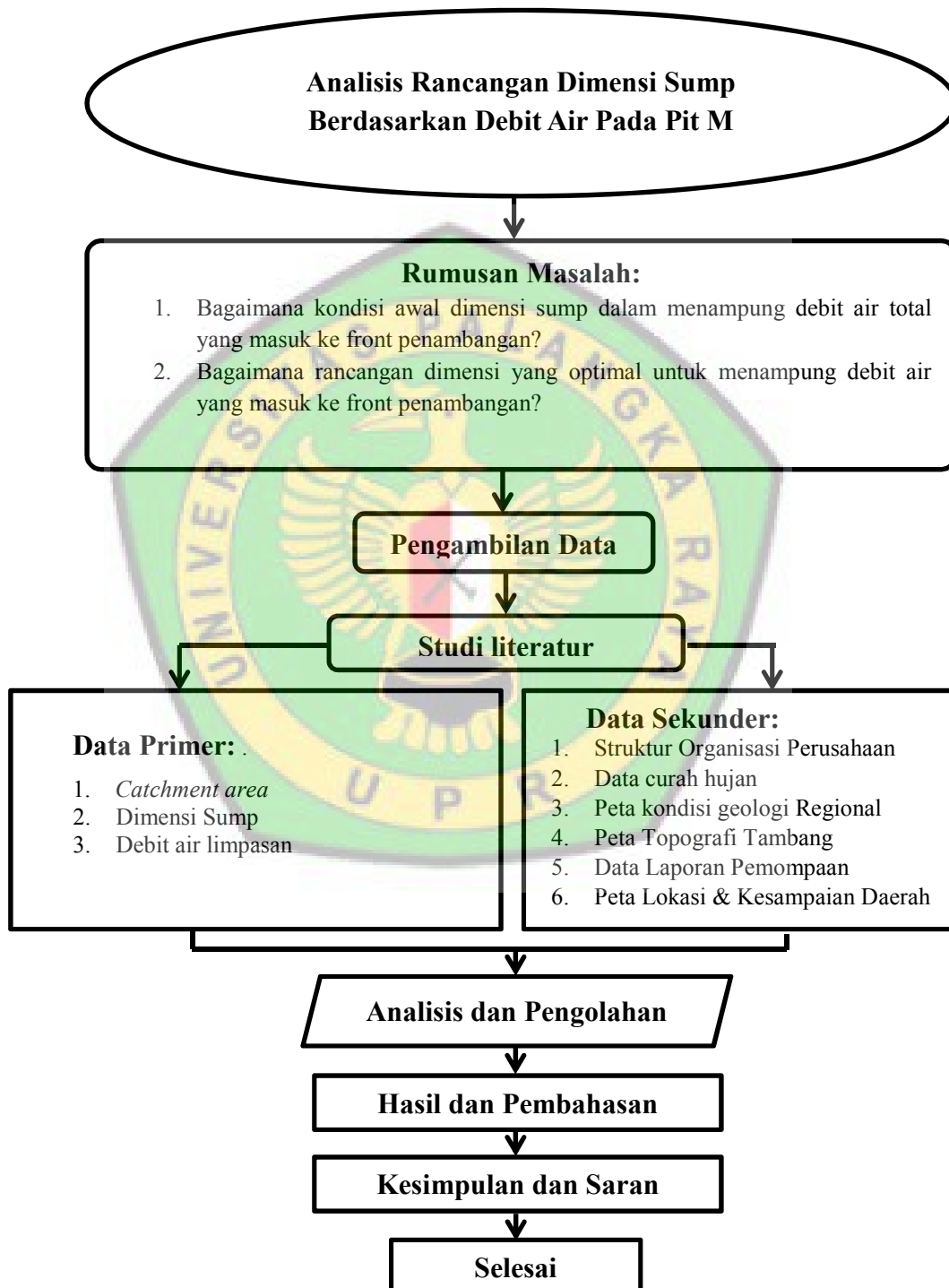


Tabel 3.1 Waktu Penelitian

No.	Kegiatan	Maret 2019				April 2019				Mei 2019				Oktober – Desember 2019				Januari – Desember 2020				Januari – Februari 2021				Maret 2021				April – Mei 2021				Juni 2021			
		I	II	III	IV	I	II	III	IV	I	II	III	IV	I	II	III	IV	I	II	III	IV	I	II	III	IV	I	II	III	IV	I	II	III	IV	I	II	III	IV
1	Studi Literatur	■	■	■	■																																
2	Observasi Lapangan		■	■	■																																
3	Pengambilan data		■	■	■																																
4	Pengolahan Data		■	■	■																																
5	Penyusunan Laporan Penelitian		■	■	■																																
6	Konsultasi Proposal Skripsi																					■	■	■	■												
7	Seminar Proposal Skripsi																									■											
8	Konsultasi Hasil Skripsi																													■	■	■	■	■	■	■	■
9	Seminar Hasil Skripsi																																				■
10	Sidang																																				

3.7 Bagan Alir

Berikut bagan alir kegiatan pengamatan mulai dari pengambilan data hingga penyusunan laporan.



Gambar 3.3 Bagan Alir

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Hasil Penelitian

4.1.1 Kondisi Awal Dimensi Sump

A. 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 *ArchiGIS 10.5*, maka didapatkan total luas daerah tangkapan hujan sebesar 329 Ha (3,29 km). Lokasi penelitian Pit M dapat dilihat pada (Gambar 4.1).



Gambar 4.1 Lokasi Penelitian Pit M

B. 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)

C. Analisis Curah Hujan

1. 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) dibawah ini.

2. 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, dengan X_i = Besarnya curah hujan (mm) dan 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
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 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 (*Standard Deviation*) adalah ukuran perbesaran data. Simpangan ini biasa 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*) 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.

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

e) Ukuran Keruncingan merupakan derajat atau ukuran tinggi rendahnya puncak suatu distribusi normalnya data.

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

Berdasarkan hasil dari perhitungan nilai statistik diketahui memiliki kecenderungan pada distribusi gumbel.

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

3. 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.

4. 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

5. Perhitungan Curah Hujan

Dengan jumlah data (n) adalah curah hujan yang terdiri dari data curah hujan 10 tahun (2009 – 2018). Pada data curah hujan di perlukan perhitungan sebagai berikut :

a) Perhitungan ditribusi probabilitas

Tabel 4.4 Perhitungan Distribusi Probabilitas Gumbel

Tahun	No. urut (m)	Rain Falls (mm) (X_i)	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 (y_t) 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 perhitungannya 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

Period e	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
25	89,950	5,131	1,001	0,495	0,960	3,199	2,703	103,806

6. 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

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

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

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

7. 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 C**)

Luas daerah tangkapan hujan, diketahui seluas 3,29 km.

Sehingga debit air limpasan dapat dihitung sebagai berikut :

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

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

Keterangan :

Q_{Limpasan} = Debit air limpasan (m^3/detik)

C = Koefisien limpasan

I = Intensitas curah hujan (mm/jam)

A = Luas daerah tangkapan hujan (km)

$$\begin{aligned} Q_{\text{Limpasan}} &= 0,278 \cdot C \cdot I \cdot A \\ &= 0,278 \times 0,9 \times 11,948 \times 3,29 \\ &= 9,83 \text{ m}^3/\text{detik} \end{aligned}$$

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

$$\begin{aligned} Q_{\text{Limpasan}} &= Q_L \times 3600 \text{ detik/jam} \times 4,17 \text{ jam/hari} \\ &= 9,83 \text{ m}^3/\text{detik} \times 3600 \times 4,17 \\ &= 147.567,96 \text{ m}^3/\text{hari} \end{aligned}$$

Perhitungan debit air hujan yang masuk, disesuaikan dengan luasan *sump* sebesar 76.195,56 m² atau 0,0761 km² (**Lampiran E**). Besarnya debit air hujan yang langsung masuk kedalam *sump* adalah :

$$\begin{aligned} Q_{\text{debit air hujan}} &= 0,278 \times I \times A \\ &= 0,278 \times 11,948 \text{ mm} \times 0,0761 \text{ km}^2 \\ &= 0,252 \text{ m}^3/\text{detik} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Q_{\text{debit air hujan}} &= Q \times 3600 \text{ detik/jam} \times 4,17 \text{ jam/hari} \\ &= 0,252 \text{ m}^3/\text{detik} \times 3600 \times 4,17 \\ &= 3.794 \text{ m}^3/\text{hari} \end{aligned}$$

8. 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 m³/detik

sesuai dengan yang ditetapkan oleh *engineering departement* PT Bukit Makmur Mandiri Utama. Debit air tanah selama 1 jam sama dengan 3,6 m³/jam atau sama dengan 86,4 m³/hari. **(Lampiran F)**

9. Total Debit yang Masuk *Sump* Pit M

Total debit 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:

$$\begin{aligned} Q_{\text{total}} &= Q_{\text{limpasan}} + Q_{\text{debit air hujan masuk sump}} + Q_{\text{air tanah}} \\ &= 147.567,96 \text{ m}^3/\text{hari} + 4.518 \text{ m}^3/\text{hari} + 86,40 \text{ m}^3/\text{hari} \\ &= 152.172,36 \text{ m}^3/\text{hari} \end{aligned}$$

D. Analisis Kondisi Hidrologi Serta Kapasitas *Sump* Pit M

1. Kondisi Hidrologi *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, menyebabkan terjadinya perubahan pada kondisi hidrologi *sump* yang mempengaruhi kapasitas dan volume tampungan air. Faktor yang menyebabkan berkurangnya kapasitas dan volume tampungan *sump* adalah sedimentasi material lumpur.



Gambar 4.2 Kondisi *Sump* Pada Pit M

2. 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 gunanya untuk menampung air sementara sebelum dipompa keluar dari lokasi penambangan. Adapun ukuran dimensi *sump* Pit M dapat dilihat pada tabel 4.8.

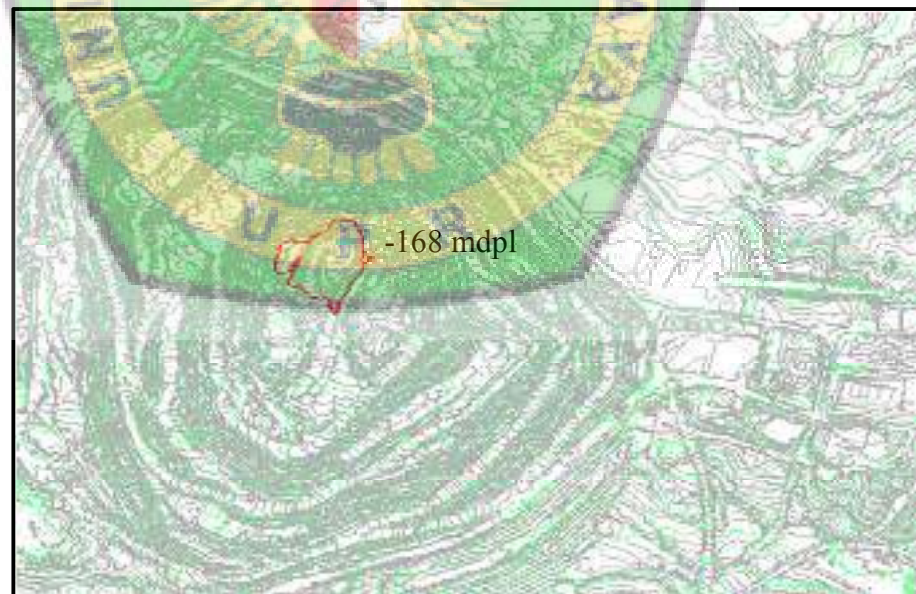
Tabel 4.8 Dimensi *Sump* Pit M

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*)

3. Perubahan Kondisi Hidrologi Daerah Penelitian

Pada daerah penelitian, lokasi sump sekarang berada pada kedalaman elevasi -168 mdpl. Berdasarkan data aktual, kondisi sump saat ini berada dalam keadaan melebihi batas *critical level* yang direncanakan. Pada sump Pit M volume sedimentasi yang terdiri dari lumpur sudah mencapai 1.110.557 m³, sedangkan volume air mencapai 137.215 m³ (**Lampiran G**). Pada saat penelitian total jumlah volume pada sump sebesar 1.247.772 m³, sudah melebihi batas *critical level* yang ditentukan. Sump yang ada pada saat ini adalah bekas front tambang batubara yang diubah menjadi tempat penampungan air, dimana elevasi terdalam pada penambangan terdahulu berada pada -212 mdpl.



Gambar 4.3 Bentuk *Sump* Pada Pit M

4.1.2 Kondisi Sump Optimal

A. Simulasi Debit Air yang Dikeluarkan

Simulasi debit air yang dikeluarkan dibuat dengan tujuan untuk mendapatkan kondisi *sump* yang optimal serta menjaga *sump* agar tidak terjadi banjir dan tetap berada pada debit yang ada sekarang yaitu sebesar 1.247.772 m³.

- 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. **(Lampiran H)**

- Volume air sisa 1 hari, diketahui :

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

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

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

$$= 1.711.779,96 - 1.247.772$$

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

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

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

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

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

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

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.

Tabel 4.9 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)

B. Simulasi Lama Hari Pengeringan *Sump*

Simulasi lama hari pengeringan digunakan untuk mengetahui berapa lama hari kerja untuk mempertahankan debit air di *sump* ke kondisi semula. Perencanaan pengeringan *sump* dilakukan dengan menghitung volume air sisa yang masuk ke *sump* (tabel 4.10) dengan mengurangkan antara volume air sisa pada *sump* dengan debit total pemompaan.

- Pengeringan Hari Ke-1

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

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

Maka :

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

Tabel 4.10 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 Kondisi Awal Dimensi Sump

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 km), 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 debit air yang masuk kedalam *Sump* Pit M adalah sebesar 152.172,36 m³/hari.

B. Analisis Kondisi Hidrologi Serta Kapasitas Sump Pit M

Berdasarkan kondisi Pit M saat penelitian, sump telah mengalami perubahan kondisi hidrologi yang disebabkan oleh terjadinya sedimentasi material lumpur dimana hal tersebut menyebabkan berkurangnya kapasitas dan juga volume tampungan sump.

C. Perubahan Kondisi Hidrologi Daerah Penelitian

Pada saat ini lokasi bekas front tambang batubara yang dijadikan *sump* berada dalam keadaan melebihi batas (*critical level*) disebabkan oleh banyaknya material lumpur yang menyebabkan perubahan pada lokasi *sump* dan sekitarnya. Kondisi seperti ini dapat mempengaruhi proses penambangan batubara.

4.2.2 Kondisi Sump Optimal

A. Simulasi Debit Air Dikeluarkan

Berdasarkan data dari *Departement Engineering* pada debit *sump* aktual Pit M sebesar $1.711.779,96 \text{ m}^3$, serta volume *sump* saat ini sebesar $1.247.772 \text{ m}^3$, dan volume *sump* tersisa yang belum terisi air sebesar $464.007,96 \text{ m}^3$.

Berdasarkan total debit air yang masuk pada Pit M yaitu sebesar $152.172,36 \text{ m}^3/\text{hari}$, dan debit total pemompaan sebesar $41.328 \text{ m}^3/\text{hari}$ maka dibuatlah simulasi debit air (**Lampiran I**) 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 $443.377,44 \text{ m}^3$, nilai yang mendekati volume *sump* tersisa sebesar $464.007,96 \text{ m}^3$. Jika nilai dalam simulasi debit melebihi dari nilai *sump* tersisa maka *sump* akan mengalami banjir, dikarenakan melebihi kapasitas dari yang telah ditetapkan.

B. Simulasi Pengeringan Sump

Berdasarkan nilai debit yang didapatkan dalam simulasi sebesar $443.377,44 \text{ m}^3$, maka dibuatlah simulasi lama hari pengeringan *sump* (**Lampiran I**) untuk mengetahui berapa hari air yang tersisa dapat dihabiskan, dari hasil perhitungan simulasi didapatkan hari pengeringan selama 11 hari pompa bekerja untuk menghabiskan air pada *sump* Pit M. (Tabel 4.10)



BAB V

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

1. Berdasarkan hasil penelitian, didapat luas dasar sebesar 1.612,64 m² dan luas permukaan atas sump sebesar 76.195,56 m² dengan kedalaman sump yaitu 44 m, volume sump saat penelitian sebesar 1.247.772 m³ dan perhitungan total debit air yang masuk perhari ke *sump* yaitu 443.377,44 m³. Maka didapat total dimensi sump sekitar 1.691.149,44 m³ telah melewati batas *critical level* sebesar 1.232.685 m³.
2. Pengoptimalan dimensi sump dilakukan 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 tidak melewati batas *critical level* sebesar 1.232.685 m³.

5.2 Saran

Adapun saran yang dapat penulis berikan berdasarkan analisis yang dilakukan di lokasi penelitian perlu dilakukan pengurangan material lumpur dari hasil sedimentasi dan lama hari pengeringan sump lebih dimaksimalkan dengan kerja unit pompa agar kedalaman kolam tetap terjaga dan tampak selalu bersih sehingga ketinggian air tidak mencapai atau melewati *critical level*.

DAFTAR PUSTAKA

- Anonim. 2006. *Pompa dan Sistem Pemompaan*. Jakarta: United Nations Environment Programme (UNEP).
- Bambang Triatmodjo. 2008. *Hidrologi Terapan*. Yogyakarta: Beta Offset.
- Budiarto. 1997. *Sistem Penirisan Tambang, Jurusan Teknik Pertambangan*. Fakultas Teknologi Mineral, Universitas Pembangunan Nasional Veteran. Yogyakarta.
- Gultom, Yohanes. 2016. *Evaluasi Kapasitas Pompa Pada Sistem Penirisan Tambang*. Jurusan Teknik Pertambangan Universitas Sriwijaya, Palembang.
- Junisa, David. 2012. *Evaluasi Sistem Penirisan Tambang*. Jurusan Teknik Pertambangan Universitas Sriwijaya, Palembang.
- Kamiana, I Made. 2011. *Teknik Perhitungan Debit Rencana Bangunan Air*. Yogyakarta: Graha Ilmu.
- Padalinggan, Lisra. 2017. (Skripsi) *Analisis Sistem Penyaliran Tambang Batubara*. Jurusan Teknik Pertambangan UPRI Makassar, Makassar.
- Ram Gupta. S. 1989. *“Hydrology & Hydraulic Engineering Systems”*. Pearson, New Jersey.
- Rudy S. Gautama. 1999. *Sistem Penyaliran Tambang, Jurusan Teknik Pertambangan ITB* Bandung, Bandung.
- Sularso, Haruo Tahara. 2000. *Pompa dan Kompresor : Pemilihan, Pemakaian dan Pemeliharaan*. PT. Pradnya Paramitha, Jakarta.
- Suripin. 2003. *Sistem Drainase Perkotaan yang Berkelanjutan*. Penerbit ANDI. Semarang.