

**ANALISIS SISTEM PENYALIRAN TAMBANG PADA
SUMP RAJA AMPAT DAN SANUR
DI PT. PAMAPERSADA NUSANTARA *JOB SITE*
PT ADARO INDONESIA KABUPATEN TABALONG
PROVINSI KALIMANTAN SELATAN**

SKRIPSI

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



OLEH :

**DEVISTA ANGELA CLAUDIA BABOE
DBD 112 078**

**KEMENTERIAN PENDIDIKAN DAN KEBUDAYAAN
UNIVERSITAS PALANGKA RAYA
FAKULTAS TEKNIK
JURUSAN TEKNIK PERTAMBANGAN
2020**

HALAMAN PERSEMBAHAN

Sebab Tuhan, Dia sendiri akan berjalan di depanmu. Dia sendiri akan menyertai engkau, Dia tidak akan membiarkan engkau & tidak akan meninggalkan engkau. Janganlah takut & janganlah patah hati.

"Terima kasih Tuhan Yesus atas Berkat-Mu, Kasih Karunia-Mu, dan Kekuatan serta Pertolongan-Mu dalam segala hal yang Kau rencanakan di kehidupanku."

Kupersembahkan Tugas Akhir ini teruntuk :

Ayahanda dan Ibunda Tercinta

Yang telah berjuang dengan penuh keikhlasan dan kesabaran, yang telah menorehkan segala kasih sayang dengan penuh rasa ketulusan tak kenal lelah dan batas waktu. Teristimewa untuk kedua Orang Tua terkasih hati yaitu Bapak (Jhony Baboe) dan Mama (Lydia Meiske). Terimakasih atas pengorbanan, doa restu tiada hentinya, serta kekuatan dalam setiap nasihat yang telah diberikan kepada penulis.

Saudara dan Saudari serta Keponakan Tersayang

Terimakasih Adik tersayang Febrico, Ferry, Devina dan seluruh Keluarga besar. Terimakasih atas limpahan cinta kasih, doa, ketulusan, dan dukungan kepada penulis.

Seluruh Dosen dan staff Jurusan Teknik Pertambangan serta Pembimbing Lapangan Terhormat

Dedikasi yang sedemikian besar bagi kampus dan dunia pendidikan, terutama dalam Jurusan Teknik Pertambangan UPR. Terimakasih sedalamnya teruntuk para dosen tercinta atas bimbingan, tuntunan, ilmu, nasihat dan bantuan yang telah diberikan. Terimakasih yang sedalamnya teruntuk Pembimbing Lapangan Pak Linda Agung Saputro, Pak Beny Sinaga, Pak Daus, Pak Arlangga, Pak Riza, Pak Puekman, Mas Cahyo, Mas Yayu, dan Mas Nandi untuk bimbingan, bantuan dan tuntunan ilmu yang sudah diberikan kepada penulis selama melaksanakan penelitian di PT. Pamapersada Nusantara *Jobsite* Adaro.

Sahabat dan Teman Seperjuangan Terkasih

Indahnya hari tak mungkin lengkap tanpa kehadiran para sahabat dan teman-teman. Teruntuk sahabat terkasih dan seluruh teman-teman seangkatan, seperjuangan, sependeritaan *Mining Engineering* 2012. Terimakasih atas ketulusan dalam persahabatan selama ini dan semoga selamanya.

Karena masa depan sungguh ada, dan harapanmu tidak akan hilang. (Amsal 23:18)

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
SURAT PERNYATAAN BEBAS PLAGIARISME	ii
HALAMAN PENGESAHAN	iii
HALAMAN PERSEMBAHAN	iv
KATA PENGANTAR	v
SARI	vii
ABSTRACT	viii
DAFTAR ISI	ix
DAFTAR TABEL	xii
DAFTAR GAMBAR	xiv
DAFTAR LAMPIRAN	xv
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang Masalah	1
1.2 Rumusan Masalah.....	2
1.3 Maksud dan Tujuan	3
1.3.1 Maksud	3
1.3.2 Tujuan	3
1.4 Manfaat	3
1.5 Batasan Masalah	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 Penelitian terdahulu	5
2.2 Sistem Penyaliran Tambang Terbuka	5
2.3 Siklus Hidrologi	7
2.4 Sistem Penirisan Tambang (<i>Mine Dewatering</i>).....	9
2.5 Faktor yang Mempengaruhi Sistem Penyaliran	11
2.6 Analisis Hidrologi	17
2.6.1 Daerah Tangkapan Hujan.....	17
2.6.2 Analisis Frekuensi dan Distribusi Probabilitas.....	17
2.6.3 Intensitas Curah Hujan.....	25
2.6.4 Analisis Air Limpasan (<i>Run Off</i>).....	26
2.6.5 Nilai Koefisien Limpasan (C).....	26

2.7	Analisis Hidrolika	27
2.7.1	Perencanaan Saluran Penyaliran di Dalam <i>Pit</i>	27
2.7.2	Kriteria Perencanaan.....	17
2.7.3	Dimensi Saluran Terbuka.....	30
2.7.4	Perhitungan Dimensi dan Kemiringan Saluran	33
2.8	<i>Mine Dewatering System</i>	34
2.8.1	Kolam Penampungan (<i>Sump</i>).....	34
2.8.2	Volume Air Total	36
2.9	Sistem Pemompaaan	37
2.9.1	Prinsip Kerja Pompa Multiflo 420	40
2.9.2	Perhitungan <i>Head</i> Pompa.....	40
2.9.3	<i>Pump Performance Curve</i>	43
2.9.4	Faktor-Faktor Yang Mempengaruhi Sistem Pemompaan ..	46
2.9.5	Penyambungan Pipa	49
BAB III	METODE PENELITIAN	51
3.1	Gambaran Umum Wilayah Penelitian	51
3.1.1	Lokasi dan Kesampaian Daerah.....	51
3.1.2	Iklm dan Curah Hujan.....	52
3.2	Kondisi Geologi.....	53
3.2.1	Fisiografi Regional.....	53
3.2.2	Stratigrafi Regional	53
3.2.3	Struktur Geologi Regional	57
3.3	Geologi Daerah Penelitian	59
3.3.1	Morfologi Daerah Penelitian.....	59
3.3.2	Litologi Batuan Daerah Penelitian	60
3.3.3	Struktur Geologi Daerah Penelitian	61
3.4	Alat dan Bahan	63
3.5	Tata Laksana Penelitian	63
3.5.1	Langkah Kerja.....	63
3.5.2	Metode Penelitian	66
3.6	Bagan Alir	68
3.7	Waktu Penelitian	69
BAB IV	HASIL DAN PEMBAHASAN	71
4.1	Hasil.....	71
4.1.1	Perhitungan Curah Hujan Rencana.....	71

4.1.2	Perencanaan Saluran Terbuka dan Kebutuhan <i>Culvert</i> ...	78
4.1.3	Perencanaan Kapasitas Kolam Penampungan	106
4.1.4	Perencanaan Pemopaaan	111
4.2	Pembahasan.....	118
4.2.1	Perhitungan Curah Hujan Rencana.....	118
4.2.2	Perencanaan Saluran Terbuka dan Kebutuhan <i>Culvert</i> ...	
4.2.3	Perencanaan Kapasitas Kolam Penampungan.....	123
4.2.4	Perencanaan Pemompaan	124
BAB V	PENUTUP.....	
5.1	Kesimpulan.....	126
5.2	Saran.....	127

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1	Harga Koefesien Limpasan	15
Tabel 2.2	Parameter Statistk untuk Menentukan Jenis Distribusi	19
Tabel 2.3	PUH Rencana untuk Sarana Penyaliran	24
Tabel 2.4	Derajat Curah Hujan dan Intensitas Curah Hujan	26
Tabel 2.5	Kemiringan Saluran Berdasarkan Jenis Material	29
Tabel 2.6	Hubungan Kemiringan Saluran dan Jarak Pematah Arus	30
Tabel 2.7	Komponen Penampang dan Debit Saluran.....	31
Tabel 2.8	Konstantan <i>Hazen-Williams</i> Berbagai Jenis Pipa.....	43
Tabel 3.1	Waktu Penelitian Tugas Akhir	70

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Siklus Hidrologi	9
Gambar 2.2	Kolam Terbuka	10
Gambar 2.3	Kemiringan Lahan	16
Gambar 2.4	Pematah Arus	30
Gambar 2.5	Penampang Saluran Bentuk Trapesium	32
Gambar 2.6	Penampang Saluran Bentuk Lingkaran	33
Gambar 2.7	Sistem Kolam Penampungan	35
Gambar 2.8	Contoh <i>Pump Performance Curve</i>	45
Gambar 2.9	Contoh <i>System Resistance Curve (SRC)</i>	47
Gambar 2.10	Grafik <i>SRC Vs Performance Curve</i>	48
Gambar 3.1	Fisiografi Pulau Kalimantan	53
Gambar 3.2	Stratigrafi Cekungan Barito	55
Gambar 3.3	Model Struktur Regional PT. Adaro	59
Gambar 3.4	<i>Layout</i> Litologi Daerah <i>Pit</i> Tutupan.....	61
Gambar 3.5	Struktur Homoklin Kemiringan Tenggara.....	62
Gambar 3.6	Kenampakan Lipatan Berupa <i>Dragfold</i>	63
Gambar 3.7	Bagan Alir Penelitian	69

DAFTAR LAMPIRAN

- LAMPIRAN A Data Curah Hujan
- LAMPIRAN B Tabel Pendukung Perhitungan Saluran Terbuka
- LAMPIRAN C SOP (*Standard Operasional Prosedure*) *Drainage* dan *Mine Dewatering* dalam PAMA *Production Management System* (PPMS)
- LAMPIRAN D Tabel Perhitungan Dimensi Saluran Terbuka dan Kebutuhan *Culvert* di dalam *Pit*
- LAMPIRAN E Spesifikasi Pompa dan Pipa

HALAMAN PERYATAAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Devista Angela Claudia Baboe

NIM : DBD 112 078

Jurusan : Teknik Pertambangan

Jenjang : Strata 1 (S-1)

Menyatakan bahwa Saya tidak melakukan kegiatan plagiat dalam penyusunan Tugas

Akhir yang berjudul :

“ANALISIS SISTEM PENYALIRAN TAMBANG PADA *SUMP RAJA AMPAT DAN SANUR* DI PT. PAMAPERSADA NUSANTARA *JOB SITE* PT. ADARO INDONESIA KABUPATEN TABALONG PROVINSI KALIMANTAN SELATAN”

Tugas Akhir ini merupakan hasil penyusunan sendiri, terkecuali kutipan-kutipan yang telah saya jelaskan sumbernya di Daftar Pustaka.

Palangka Raya, Maret 2020

Penulis,

DEVISTA ANGELA CLAUDIA BABOE
NIM. DBD 112 078

SARI

PT. Pamapersada Nusantara merupakan salah satu kontraktor PT. Adaro Indonesia selaku pemegang PKP2B yang melakukan kegiatan penambangan batubara pada daerah tambang *Pit* Tutupan. Penambangan batubara PT. Pamapersada Nusantara menggunakan sistem penambangan tambang terbuka (*surface mining*) dimana pada kegiatan penambangan ini menghasilkan suatu daerah bukaan tambang di permukaan kerja (*front*), sehingga pada saat hujan sangat berpotensi menjadi tempat berkumpulnya air. Tujuan dari penelitian ini adalah merencanakan sistem penyaliran yang digunakan terhadap proses pengendalian air di lokasi penelitian yang terkena kemajuan tambang (wilayah barat).

Proses perencanaan sistem penyaliran pada tambang terbuka membutuhkan berbagai perhitungan, diantaranya: perhitungan curah hujan rencana pada periode tertentu, perhitungan debit rencana berdasarkan *catchment area* dan intensitas hujan, perhitungan dimensi saluran di dalam pit, perhitungan jumlah *culvert* yang diperlukan, perhitungan kapasitas kolam penampungan (*sump*), serta penentuan jumlah pompa yang digunakan untuk mengeringkan air pada kolam penampungan.

Perhitungan curah hujan rencana ditentukan menggunakan distribusi Log Pearson III, diperoleh curah hujan rencana sebesar 114,433 mm untuk periode ulang 2 tahun dan 147,474 mm untuk periode ulang 5 tahun. Daerah tangkapan hujan pada lokasi penelitian dibagi menjadi tiga daerah tangkapan hujan, yaitu DTH I di *Sump* Raja Ampat = 422,17 ha, DTH II di *Sump* Sanur = 161,44 ha. Dimensi saluran yang direncanakan yaitu berbentuk trapesium sesuai debit air rencana yang dialirkan.

Kolam penampungan (*sump*) dirancang agar mampu menampung volume 3 hari hujan tanpa dilakukan pemompaan. Kapasitas desain rencana *Sump* Raja Ampat sebesar 548,40 m³, *Sump* Sanur sebesar 188,306 m³. Selanjutnya air pada *sump* dipompa menuju ke *outer drainage* dan *settling pond*. Metode yang diterapkan adalah *Direct Multistage Pump*. Pompa primer yang direncanakan adalah merk Multiflo 420 EX sedangkan pompa *booster* yang dipakai adalah merk Warman 8/6 Tipe AH dengan menggunakan jenis pipa HDPE TYCO PE100.

Kata Kunci : Curah Hujan, Saluran Terbuka, *Culvert*, *Sump*, Pompa

ABSTRACT

PT. Pamapersada Nusantara is a contractor of PT. Adaro Indonesia as the PKP2B holder who conducts coal mining activities in the Tutupan Pit mining area. Coal mining of PT. Pamapersada Nusantara uses a surface mining system which in this mining activity produces a mine opening area on the work surface (front), so that when it rains it has the potential to become a gathering place for water. The purpose of this study is to plan a drainage system that is used for the water control process at the study site affected by mine progress (western region).

The process of planning a drainage system at an open pit requires a variety of calculations, including: calculation of rainfall plans for a certain period, calculation of the discharge plan based on catchment area and rainfall intensity, calculation of the dimensions of the channel in the pit, calculation of the number of culverts needed, calculation of the capacity of the reservoir (sump)), as well as the determination of the number of pumps used to dry water in the pool.

The calculation of rainfall plan is determined using the Pearson Log Log distribution, obtained rainfall plan is 114,433 mm for the 2-year return period and 147.474 mm for the 5-year return period. The rain catchment area at the study site was divided into three rain catchment areas, namely DTH I in Sump Raja Ampat = 422.17 ha, DTH II in Sump Sanur = 161.44 ha. The planned channel dimension is trapezoidal according to the planned flow of water.

The sump is designed to be able to accommodate a volume of 3 rainy days without pumping. The design capacity of Raja Ampat Sump is 548.40 m³, Sanur Sump is 188,306 m³. Then the water in the sump is pumped to the outer drainage and settling pond. The method applied is the Direct Multistage Pump. The planned primary pump is the Multiflo 420 EX brand while the booster pump used is the Warman 8/6 Type AH brand by using a type of HDPE TYCO PE100 pipe.

Keywords: Rainfall, Open Canal, Culvert, Sump, Pump

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Pit Tutupan merupakan proyek penambangan batubara milik PT. Adaro Indonesia yang dikerjakan oleh PT. Pampersada Nusantara. Kegiatan penambangan batubara di PT. Adaro menggunakan sistem tambang terbuka (*open pit*). Sistem tambang terbuka pada kegiatan penambangan akan menghasilkan daerah bukaan tambang pada permukaan kerja (*front* tambang), sehingga pada saat hujan sangat berpotensi menjadi tempat berkumpulnya air. Jika terjadi genangan air yang membanjiri area kerja tambang maka hal tersebut akan menghambat aktivitas kegiatan dalam penambangan.

Salah satu faktor penting yang perlu diperhatikan secara serius agar kegiatan penambangan dapat berjalan sesuai dengan rencana adalah masalah penanganan air. Air yang masuk ke dalam *pit* memiliki pengaruh besar terkait dengan kondisi kerja, keselamatan, produktivitas dan lingkungan. Untuk itu perlu adanya sistem penyaliran pada lokasi penambangan. Sistem penyaliran tambang adalah suatu usaha yang diterapkan pada daerah penambangan untuk mengeringkan atau mengeluarkan air yang masuk ke daerah penambangan.

Dalam mendukung kemajuan tambang di *Pit* Tutupan pada Tahun 2017, diperlukan adanya perencanaan sistem penyaliran tambang pada *sump* utama yang terkena sekuen tambang. Arah penambangan batubara

direncanakan ke arah Barat yaitu *sump* Raja Ampat yang terletak di RL -200 dan *sump* Sanur yang terletak di RL -8. Perencanaan sistem penyaliran yang diterapkan yaitu membuat saluran terbuka di dalam *pit* dan mengalirkan air tambang menuju *sump* sebelum dipompakan ke luar tambang. Upaya ini dimaksudkan untuk mencegah terganggunya aktivitas penambangan akibat adanya air dalam jumlah yang berlebihan.

Berdasarkan latar belakang permasalahan di atas, maka penulis tertarik untuk mengambil judul Tugas Akhir “**ANALISIS SISTEM PENYALIRAN TAMBANG PADA *SUMP* RAJA AMPAT DAN *SUMP* SANUR DI PT. PAMAPERASADA NUSANTARA *JOBSITE* PT. ADARO, DESA MABURAI KECAMATAN MURUNG PUDAK KABUPATEN TABALONG PROVINSI KALIMANTAN SELATAN**”.

1.2 Rumusan Masalah

Perumusan masalah pada analisa teknis pelaksanaan sistem penirisan tambang pada aktivitas operasional penambangan adalah :

1. Berapa perhitungan curah hujan rencana pada *Sump* Raja Ampat dan *Sump* Sanur di PT.Pamapersada Nusantara ?
2. Berapakah dimensi rencana saluran terbuka dan kebutuhan *culvert* rencana di dalam *Pit* Tutupan yang mengarah ke *Sump* Raja Ampat dan *Sump* Sanur di PT. Pamapersada Nusantara ?
3. Bagaimana sistem pemompaan yang digunakan pada PT. Pamapersada Nusantara ?

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan penyusunan Tugas Akhir ini yaitu :

1. Mengetahui perhitungan curah hujan rencana pada *Sump* Raja Ampat dan *Sump* Sanur di PT. Pamapersada Nusantara
2. Menghitung dimensi rencana saluran terbuka dan kebutuhan *culvert* rencana di dalam Pit Tutupan yang mengarah ke *Sump* Raja Ampat dan *Sump* Sanur di PT. Pamapersada Nusantara
3. Menganalisis sistem pemompaan yang digunakan di PT. Pamapersada Nusantara

1.4 Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian Tugas Akhir ini adalah sebagai berikut :

1. Mengetahui perhitungan curah hujan rencana pada *Sump* Raja Ampat dan *Sump* Sanur di PT. Pamapersada Nusantara.
2. Mengetahui perhitungan dimensi rencana saluran terbuka dan kebutuhan *culvert* rencana di dalam Pit Tutupan yang mengarah ke *Sump* Raja Ampat dan *Sump* Sanur di PT. Pamapersada Nusantara.
3. Mengetahui sistem pemompaan yang digunakan di PT. Pamapersada Nusantara.

1.5 Batasan Masalah

Dalam penelitian ini penulis membatasi permasalahan pada :

1. Pembahasan dibatasi pada wilayah blok barat *Pit* Tutupan PT. Pamapersada Nusantara yaitu *Sump* Raja Ampat dan *Sump* Sanur.

2. Pembahasan mengenai sistem penyaliran yang dibuat berdasarkan peta rencana desain tambang tahun 2017 di *Pit* Tutupan PT. Pamapersada Nusantara.
3. Pembahasan mengenai sistem pemompaan di PT. Pamapersada Nusantara hanya sampai outlet pompa.
4. Penulis tidak membahas tentang kolam pengendapan.



BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Penelitian Terdahulu

Dalam penulisan ini peneliti mencari referensi dari penelitian sebelumnya berupa jurnal maupun tugas akhir sebagai bahan perbandingan, baik mengenai kekurangan atau kelebihan yang sudah ada. Dengan adanya penelitian terdahulu, maka dapat menjadi suatu referensi sebagai acuan perbandingan tentang teori yang berkaitan dengan judul yang digunakan dan melanjutkan kemajuan dalam penelitian berikutnya.

Penelitian terdahulu dilakukan di PT. Muara Alam Sejahtera yang merupakan perusahaan tambang batubara yang terletak di Kabupaten Lahat. Kegiatan aktivitas penambangan menggunakan sistem *open pit* yaitu kegiatan penambangan membentuk jenjang dan cekungan ke bawah yang sangat berpotensi sebagai tempat akumulasi air yang masuk ke tambang. Selain itu berdasarkan rencana penambangan perusahaan akan memperluas permukaan kerjanya memperdalam elevasi *pit bottom* dari 20 m dpl menjadi 0 m dpl.

Namun rencana ini tidak memperhitungkan efek air tambang yang menjadi penghambat jam kerja efektif pada aktivitas penambangan. Dibutuhkan penanggulangan air yang telah masuk ke tambang tanpa melakukan perubahan design hal ini disebabkan perusahaan telah mengitung SR (*Stripping Ratio*) maksimum. Salah satu cara pengoptimalannya adalah

dengan menggunakan metode *mine dewatering* yaitu proses pengeluaran air yang telah masuk ke tambang dengan menggunakan *sump* dan pompa. Oleh sebab itu untuk mengoptimalkan produksi penambangan di PT. Muara Alam Sejahtera hingga tahun 2016 maka dibutuhkan analisa pompa kapasitas DnD 200 – 5Hx.

Kegunaan analisa pompa di blok barat PT. Muara Alam Sejahtera sebagai tolak ukur sistem *dewatering*. Dimana air masuk terkumpul di *sump* harus dapat dikeluarkan dari tambang hingga kering dan mencapai batas *sump* yang telah direncanakan, untuk itu diperlukan pengoptimalan kapasitas maximum pompa. Pompa yang digunakan oleh PT. Muara Alam Sejahtera adalah pompa merek DnD 200 – 5Hx dengan pipa HDPE (*High Density Polyethylene*) dengan debit aktual $828 \text{ m}^3/\text{jam}$, diameter dalam pipa hisap dan output adalah 10 inch dan rencana panjang pipa adalah 372 dengan 62 rangkaian pipa dimana tiap rangkaian panjangnya 6 m. Head total yang dibutuhkan pompa DnD 200 – 5Hx adalah 108,02, efisiensi 76%, dan daya 409,93 Kw. Sedangkan rencana jam kerja pompa adalah 415 jam/bulan jika pompa bekerja 18 jam/hari maka waktu yang dibutuhkan untuk mengeringkan air dalam satu bulan adalah 24 hari.

2.2. Sistem Penyaliran Tambang Terbuka

Sistem penyaliran tambang adalah suatu usaha yang dilakukan pada daerah penambangan untuk mengeringkan atau mengeluarkan air yang telah masuk ke lokasi penambangan. Kegiatan ini dimaksudkan untuk mencegah terganggunya aktivitas penambangan akibat adanya air dalam

tambang yang berlebihan. Pengendalian masalah air pada tambang terbuka dapat dibedakan menjadi 2 (dua) yaitu :

1. *Mine Drainage*, merupakan upaya untuk mencegah masuknya air ke tempat penggalian. Cara yang dapat dilakukan yaitu dengan metode *siemens* dan *electro osmosis*, metode pemotongan air tanah, serta metode kombinasi dengan lubang bukaan bawah tanah.
2. *Mine Dewatering*, merupakan upaya untuk mengeluarkan air yang telah masuk ke dalam tambang dimana air akan dikumpulkan dalam suatu *sump* untuk kemudian dipompa keluar. Cara yang dapat digunakan yaitu sistem saluran di dalam *pit* berupa paritan , sistem kolam terbuka (*open sump*) menggunakan sumuran tunda maupun sistem pemompaan. (Hartono, *Sistem Penyaliran Tambang Terbuka*, 2010).

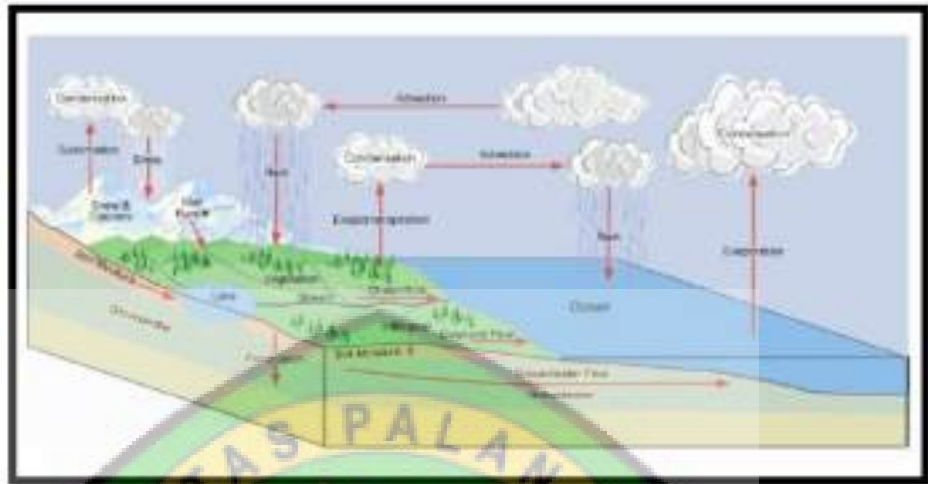
2.3. Siklus Hidrologi

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

sebagian akan menguap dan sebagian lagi akan jatuh atau mengalir melalui dahan-dahan ke permukaan tanah.

Sebagian air hujan yang tiba ke permukaan tanah akan masuk ke dalam tanah (infiltrasi). Bagian lain yang merupakan kelebihan akan mengisi lekuk-lekuk permukaan tanah, kemudian mengalir ke daerah-daerah yang rendah, masuk ke sungai-sungai dan akhirnya ke laut. Tidak semua butir air yang mengalir akan tiba ke laut. Dalam perjalanan ke laut sebagian akan menguap dan kembali ke udara. Sebagian air yang masuk ke dalam tanah keluar kembali segera ke sungai-sungai (disebut aliran intra : *interflow*). Tetapi sebagian besar akan tersimpan sebagai air tanah (*groundwater*) yang akan keluar sedikit demi sedikit dalam jangka waktu yang lama ke permukaan tanah di daerah-daerah yang rendah (disebut *groundwater runoff* : limpasan air tanah). Jadi sungai itu mengumpulkan 3 jenis limpasan, yakni limpasan permukaan (*surface runoff*), aliran intra (*interflow*) dan limpasan air tanah (*groundwater runoff*) yang akhirnya akan mengalir ke laut. Singkatnya ialah: uap dari laut dihembus ke atas daratan (kecuali bagian yang telah jatuh sebagai presipitasi ke laut), jatuh ke daratan sebagai presipitasi (sebagian jatuh langsung ke sungai-sungai dan mengalir langsung ke laut). Sebagian dari hujan atau salju yang jatuh di daratan menguap dan meningkatkan kadar uap di atas daratan. Bagian yang lain mengalir ke sungai dan akhirnya ke laut. Seperti telah dikemukakan di atas, sirkulasi yang kontinu antara air laut dan air daratan berlangsung terus. Sirkulasi air ini disebut siklus hidrologi (*hydrological*

cycle). Lihat Gambar 2.1. (Suyono Sosrodarsono & Kensaku Takeda, 2003 : 1)



Gambar 2.1 Siklus Hidrologi
(Sumber : Suyono Sosrodarsono & Kensaku

2.4. Sistem Penirisan Tambang (*Mine Dewatering*)

Mine Dewatering merupakan upaya untuk mengeluarkan air yang telah masuk ke tempat penggalian. *Mine Dewatering* adalah teknik mengontrol banjir/genangan air yang ada di tambang, dimana air yang masuk ke dalam tambang harus dikeluarkan dengan menggunakan pompa hingga banjir/genangan mengering. *Mine Dewatering* secara umum terbagi atas beberapa , yaitu :

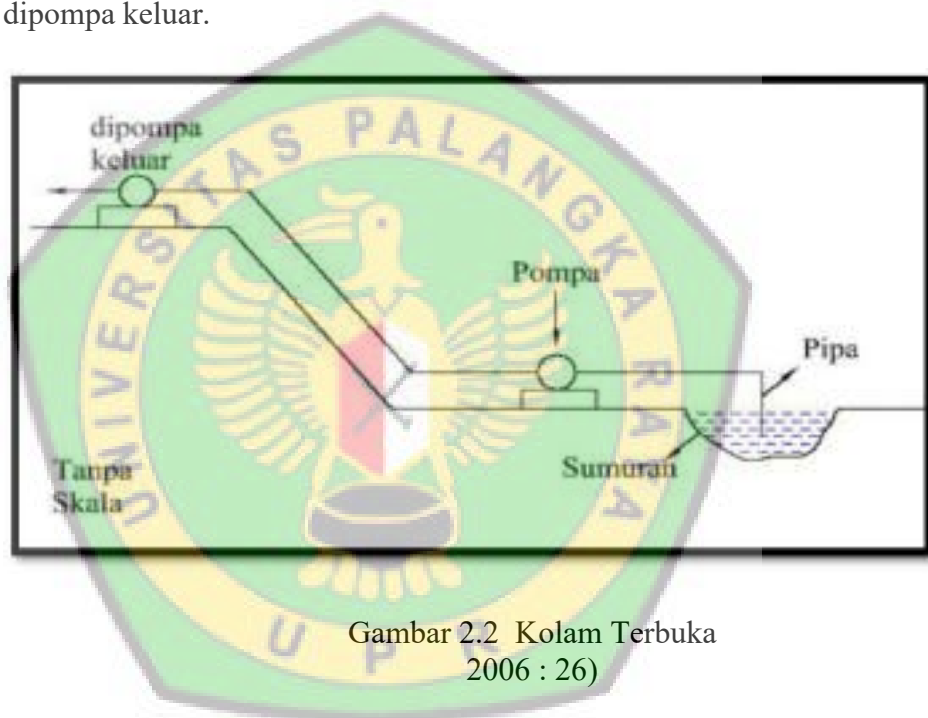
a. Cara Paritan

Penyaliran dengan cara paritan ini merupakan cara yang paling mudah, yaitu dengan pembuatan paritan (saluran) pada lokasi penambangan. Pembuatan parit ini bertujuan untuk menampung air limpasan yang menuju lokasi penambangan. Air limpasan akan masuk ke

saluran–saluran yang kemudian dialirkan ke suatu kolam penampung atau di buang langsung ke tempat pembuangan dengan memanfaatkan gaya gravitasi.

b. Sistem Kolam Terbuka

Sistem ini diterapkan untuk membuang air yang telah masuk ke daerah penambangan. Air dikumpulkan pada sumur (*sump*), kemudian dipompa keluar.



Gambar 2.2 Kolam Terbuka
2006 : 26)

c. Sistem Adit

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

2.5. Faktor – Faktor yang Mempengaruhi Sistem Penyaliran Tambang

Ada beberapa faktor yang harus dipertimbangkan dalam merancang sistem penyaliran tambang antara lain adalah sebagai berikut :

a. Sistem Penambangan

Sistem penambangan yang digunakan pada daerah lokasi penelitian adalah sistem penambangan terbuka dengan metode *strip mine*. Kondisi dan keadaan lapangan pada areal telah banyak mengalami perubahan terutama keadaan topografinya akibat penambangan. Saat ini topografi Pit Bisa terdiri dari topografi sedang dan topografi rendah sebagai akibat dari penggalian batubara. Keadaan ini sangat mempengaruhi dalam melakukan studi sistem penyaliran air di tambang (*mine dewatering*).

b. Curah Hujan

Curah hujan adalah besarnya air hujan yang jatuh ke permukaan bumi pada satu satuan luas permukaan pada suatu jangka waktu tertentu. Curah hujan merupakan salah satu faktor penting dalam suatu sistem penyaliran air ditambang, karena besar kecilnya curah hujan akan mempengaruhi besar kecilnya air limpasan. 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. Dengan demikian apabila diketahui curah hujan 1 mm berarti curah hujan tersebut adalah sama dengan 1 liter/m².

c. Daerah Tangkapan Hujan (*Catchment Area*)

Daerah tangkapan hujan (*catchment area*) adalah batas luasan dimana aliran air akan mengalir menuju daerah terendah atau dalam hal ini dapat berupa saluran penyaliran (paritan) maupun sumur bukaan tambang (*sump*). Luas daerah tangkapan hujan pada suatu peta dapat diukur dengan menarik hubungan dari titik-titik tertinggi disekeliling tambang membentuk poligon tertutup dan melihat kemungkinan arah mengalirnya air (C.D. Soemarto, 1987). Luasnya dapat dihitung dengan menggunakan program komputer (contohnya : program *autocad*).

d. Air Limpasan (*Surface Run Off*)

Air limpasan adalah bagian dari curah hujan yang mengalir diatas permukaan tanah menuju sungai, danau atau laut (Asdak,1995 dalam Suyono, 2011). Air hujan yang jatuh kepermukaan tanah yang langsung masuk ke dalam tanah disebut *infiltrasi*. Sedangkan ada sebagian air hujan yang langsung mengalir diatas permukaan tanah

Sumber utama air limpasan permukaan pada suatu tambang terbuka adalah air hujan. Jika curah hujan yang relatif tinggi pada daerah tambang maka perlu penanganan air hujan yang baik (sistem penyaliran), agar produktifitas tambang tidak menurun. Faktor-faktor yang mempengaruhi air limpasan antara lain :

A. Faktor Hidrologi

- a. Jenis presipitasi yaitu hujan dan salju. Hujan mempengaruhi secara langsung, sedangkan salju tidak mempengaruhi secara langsung.
- b. Intensitas curah hujan yang bergantung kepada kapasitas infiltrasi dimana jika air hujan yang jatuh ke permukaan tanah melampaui kapasitas infiltrasi maka air limpasan akan meningkat.
- c. Lamanya curah hujan dalam waktu yang panjang akan memperbesar limpasan.

B. Faktor Fisik

- a. Kondisi penggunaan tanah atau lahan misalnya : air yang jatuh di daerah vegetasi yang kurang lebat, kemudian mengisi rongga-rongga tanah yang terbuka akan cepat mengalami infiltrasi.
- b. Jenis tanah dan bentuk butir adalah faktor yang mempengaruhi kapasitas infiltrasi.
- c. Faktor lain yang mempengaruhi limpasan seperti pola aliran sungai dan daerah pengaliran secara tidak langsung serta drainase buatan lain.

e. Debit Limpasan (*Run Off*)

Air limpasan adalah bagian dari curah hujan yang mengalir diatas permukaan tanah menuju sungai, danau atau laut (Asdak,1995 dalam

Suyono, 2012). Air hujan yang jatuh ke permukaan tanah yang langsung masuk ke dalam tanah disebut infiltrasi. Aliran itu terjadi karena curah hujan yang mencapai permukaan bumi tidak dapat terinfiltrasi, baik yang disebabkan karena intensitas curah hujan atau faktor lain misalnya kelerengan, bentuk dan kekompakan permukaan tanah serta vegetasi.

Dari sekian banyak faktor yang paling banyak atau besar pengaruhnya adalah kondisi penggunaan lahan dan kemiringan atau perbedaan ketinggian daerah, faktor-faktor ini digabungkan dan dinyatakan oleh suatu angka yang disebut koefisien limpasan (tabel 2.1). Penentuan besar debit air limpasan maksimum ditentukan dengan metode "Rasional".

Metode ini hanya berlaku untuk menghitung debit limpasan curah hujan yang dinyatakan dengan rumus :

$$Q = 0,278 \cdot C \cdot I \cdot A \dots\dots\dots (2.1)$$

(Sumber : Suyono, 2012 : V-10)

Keterangan :

Q= Debit aliran limpasan ($m^3/detik$)

C= Koefisien limpasan (Lihat Tabel 2.1)

I= Intensitas curah hujan (mm/jam)

A= Luas daerah tangkapan Hujan (Km^2)

Tabel 2.1 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 : Anonim, 2002 : 22)

Waktu konsentrasi (T_c) adalah waktu yang dibutuhkan untuk terakumulasinya semua air limpasan pada pintu keluaran (outlet) dari suatu daerah tangkapan hujan. Untuk menentukan nilai T_c dihitung dengan rumus:

a. Waktu Konsentrasi

$$t_c = t_0 + t_f \dots\dots\dots (2.2)$$

b. Waktu Pengaliran Air Pada Permukaan Tanah

$$t_0 = 1,44 \left(n_d \cdot \left(\frac{l}{\sqrt{s}} \right) \right)^{0,467} \dots\dots\dots (2.3)$$

c. Waktu Pengaliran Pada Saluran

$$t_f = \frac{L_d}{V} \dots\dots\dots (2.4)$$

Untuk mengetahui kecepatan aliran air rencana (V_{aliran}), dapat digunakan rumus *Bayern* yaitu sebagai berikut :

$$V = 72 \times \left(\frac{H}{L}\right)^{0,6} \text{ km/jam} \dots\dots\dots (25.)$$

Penentuan kemiringan lahan (s) pada lokasi pembangunan saluran diperoleh dari hasil pengukuran di lapangan.

$$s = \frac{\text{elevasi}_1 - \text{elevasi}_2}{L} \times 100\% \dots\dots\dots (2.6)$$



Gambar 2.3. Kemiringan Lahan

(Sumber : Departemen Pekerjaan Umum, 2006 :14)

Keterangan :

t_c = waktu konsentasi (jam)

t_f = waktu yang diperlukan untuk mengalir disepanjang saluran

t_0 = waktu yang dibutuhkan untuk mengalir di permukaan untuk mencapai inlet (*overload flow time, inlet time*)

l = Panjang jalur aliran hingga masuk ke inlet saluran

L_d = Panjang Saluran

n_d = Koefesien Kekasaran

V = Kecepatan Saluran

2.5 Analisis Hidrologi

2.5.1 Daerah Tangkapan Hujan (*Catchment Area*)

Daerah tangkapan hujan adalah luasnya permukaan, yang apabila terjadi hujan, maka air hujan tersebut akan mengalir ke daerah yang lebih rendah menuju ke titik pengaliran. Penentuan luas daerah tangkapan hujan berdasarkan peta topografi daerah yang akan diteliti. Daerah tangkapan hujan ini dibatasi oleh pegunungan dan bukit-bukit yang diperkirakan akan mengumpulkan air hujan sementara. Setelah daerah tangkapan hujan ditentukan, maka diukur luasnya pada peta kontur, yaitu dengan menarik hubungan dari titik-titik yang tertinggi disekeliling tambang membentuk poligon tertutup, dengan melihat kemungkinan arah mengalirnya air, maka luas dapat dihitung dengan menggunakan planimeter, millimeter blok, maupun dengan bantuan software sehingga didapatkan luas daerah tangkapan hujan dalam m^2 .

2.5.2 Analisis Frekuensi dan Distribusi Probabilitas

Tujuan analisis frekuensi data hidrologi adalah berkaitan dengan besaran peristiwa-peristiwa ekstrim yang berkaitan dengan frekuensi kejadiannya melalui penerapan distribusi kemungkinan. Frekuensi hujan adalah besarnya kemungkinan suatu besaran hujan disamai atau dilampaui. Sebaliknya, kala ulang (*return period*) adalah waktu hipotetik dimana

hujan dengan suatu besaran tertentu akan disamai atau dilampaui. (Suripin, 2003 : 32)

Dalam analisis frekuensi suatu kejadian (hujan atau debit) diperlukan seri data (hujan atau debit) selama beberapa tahun. Pengambilan seri data untuk tujuan analisis frekuensi dapat dilakukan dengan 2 metode yaitu (I Made K, 2012 :15-16) :

a. Seri Parsial (*Partial Duration Series*)

Metode ini digunakan apabila data yang tersedia kurang dari 10 tahun runtut waktu. Dalam metode ini, ditetapkan dulu batas bawah seri data. Kemudian semua besaran data yang lebih besar dari batas bawah diambil menjadi bagian seri data. Pengambilan batas bawah dapat dilakukan dengan system peringkat. Caranya adalah mengambil semua besaran data yang lebih besar kemudian diurut dari besar ke kecil. Akibat dari metode pengambilan seri data parsial adalah dimungkinkannya dalam satu tahun diambil data lebih dari satu.

b. Data Maksimum Tahunan (*Annual Maximum Series*)

Metode ini digunakan apabila data yang tersedia lebih dari 10 tahun runtut waktu. Dalam metode ini, hanya data maksimum yang diambil untuk setiap tahunnya atau hanya ada 1 data setiap tahun.

A. Perhitungan Curah Hujan Rencana

Dalam perencanaan sistem penyaliran tambang untuk air permukaan pada suatu tambang, curah hujan rencana merupakan suatu

kriteria utama karena berguna dalam menentukan debit air yang masuk ke Pit penambangan (Suyono, 2012 : V-3).

Curah hujan rencana (X_T) adalah hujan dengan periode ulang tertentu (T) diperkirakan akan terjadi disuatu daerah pengaliran (I Made K, 2012 : 14).

Dalam analisis frekuensi data curah hujan guna memperoleh nilai hujan rencana dikenal dengan beberapa distribusi probabilitas yang sering digunakan yaitu gumbel, normal, log normal dan log pearson III.

Penentuan jenis distribusi probabilitas yang sesuai dengan data dilakukan dengan mencocokkan parameter data tersebut dengan syarat masing-masing jenis distribusi seperti pada tabel 2.1

Tabel 2.2 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	$C_s = 1,14$ $C_k = 5,4$
4	Log Pearson III	Selain dari nilai di atas

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

Parameter statistik yang digunakan dalam analisis data hidrologi yaitu perhitungan dispersi. Macam pengukuran dispersi berdasarkan parameter statistik antara lain sebagai berikut (C.D. Soemarto, 1999) :

1) Nilai Rata-Rata Varian (\bar{x})

$$(\bar{x}) = \frac{\sum_{i=1}^n x_i}{n} \dots\dots\dots (2.7)$$

2) Standar Deviasi (Sd)

$$Sd = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{(n-1)} \dots\dots\dots (2.8)$$

3) Koefisien Kemencengan (Cs)

$$Cs = \frac{n \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^3}{(n-1)(n-2)Sd^3} \dots\dots\dots (2.9)$$

4) Koefisien Kurtosis (Ck)

$$Ck = \frac{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^4}{Sd^4} \dots\dots\dots (2.10)$$

5) Koefisien Variasi (Cv)

$$Cv = \frac{Sd}{\bar{x}} \dots\dots\dots (2.11)$$

Untuk parameter statistik logaritma , nilai x_i dikalikan dengan logaritma.

Keterangan : x_i = Besarnya Curah Hujan Daerah (mm)

\bar{x} = Rata-Rata Curah Hujan Maksimum Daerah (mm)

a. Analisis Jenis Sebaran

Dengan menganalisis jenis-jenis distribusi curah hujan diiperoleh curah hujan dengan periode ulang tertentu. Curah hujan tersebut digunakan dalam perhitungan untuk mendapatkan nilai debit rencana. Jenis distribusi yang bisa digunakan dalam analisis hidrologi yaitu Distribusi Probabilitas *Gumbel* tipe I, Distribusi Normal, Distribusi Log Normal, dan Distribusi Log *Pearson* Tipe III (Soewarno, 2000).

1) Distribusi Probabilitas *Gumbel*

Langkah perhitungan Distribusi Probabilitas *Gumbel* adalah :

- Menghitung parameter statistik nilai rata rata varian (\bar{x}) dan Standar Deviasi (Sd).
- Menghitung Nilai Faktor Koreksi (K_T) berdasarkan Tabel Y_T , Reduksi Variat (Y_n), dan Deviasi Standar (Sn) pada Lampiran

$$K_T = \frac{Y_T - Y_n}{S_n}$$

Menghitung nilai curah hujan rencana (X_T).

$$X_T = \bar{x} + K_T \cdot S_d \quad \dots\dots\dots (2.13)$$

2) Distribusi Probabilitas Normal

Langkah perhitungan Distribusi Probabilitas Normal adalah :

- Menghitung nilai parameter statistik (\bar{x}) dan (Sd).
- Menghitung nilai Faktor Koreksi (K_T) berdasarkan tabel nilai variabel reduksi *Gauss* (Tabel B.4 Lampiran B).
- Menghitung nilai curah hujan rencana (X_T).

$$X_T = \bar{x} + K_T \cdot S_d \quad \dots\dots\dots (2.14)$$

3) Distribusi Probabilitas Log Normal

Langkah perhitungan Distribusi Probabilitas Log Normal adalah :

- Menghitung parameter statistik logaritma ($\log \bar{x}$) dan (Sd log x).
- Menghitung nilai Faktor Koreksi (K_T) berdasarkan tabel faktor (K_T) dipengaruhi fungsi dari koefisien kemencengan C_s
- Menghitung nilai curah hujan rencana logaritma ($\log X_T$).

$$X_T = \log \bar{x} + K_T \cdot Sd \log x \dots\dots\dots (2.15)$$

4) Distribusi Log *Pearson* Tipe III

Langkah perhitungan Distribusi Probabilitas Log *Pearson* adalah :

- Menghitung parameter statistik logaritma yaitu log rata-rata varian ($\log \bar{x}$), log standar deviasi ($Sd \log x$) dan log koefisien kemencengan ($Cs \log x$).
- Menghitung nilai Faktor Koreksi (K_T) berdasarkan tabel nilai variabel standar.
- Menghitung nilai curah hujan rencana logaritma ($\log X_T$).

b. Pengujian Kecocokan Jenis Sebaran

Untuk menguji kecocokan suatu jenis sebaran digunakan dua jenis pengujian, yaitu uji sebaran Chi-Kuadrat (*Chi Square Test*) dan uji sebaran *Smirnov-Kolmogorov* (Suripin, 2004).

1) Uji sebaran Chi-Kuadrat (*Chi Square Test*)

Langkah-langkah perhitungan dengan metode uji chi-kuadrat yaitu:

- Mengurutkan data dari besar ke kecil atau sebaliknya.
- Menghitung jumlah kelas (n) dan kelas distribusi (K).

$$\text{Kelas distribusi (K)} = 1 + 3,322 \log n \dots\dots\dots (2.16)$$

- Menghitung Derajat Kebebasan (DK) dengan banyaknya parameter (p) dan nilai chi-kuadrat (Xh^2) berdasarkan tabel uji chi-kuadrat pada Lampiran B dengan derajat signifikan (α) 5%.

Derajat Kebebasan (DK) = $K - (p + 1)$ (2.17)

- Menentukan nilai curah hujan awal (X_{awal}) berdasarkan data

curah hujan (ΔX) dan kelas distribusi (K).

- Mnghitung nilai uji chi-kuadrat (X_h^2) berdasarkan rumus :

$$X_h^2 = \sum_{i=1}^n \frac{(O_i - E_i)^2}{E_i} \dots\dots\dots (2.18)$$

Dengan : E_i = Jumlah Nilai Teoritis pada Sub Kelompok i

O_i = Jumlah Nilai Pengamatan pada Sub Kelompok i

- Bandingkan nilai X_h^2 . Syarat yang harus dipenuhi yaitu X_h^2 hasil hitungan $< X_h^2$ berdasarkan Tabel B.7 Lampiran B.

2) Uji Sebaran *Smirnov – Kolmogorov*

Langkah perhitungan dengan metode uji *smirnov – kolmogorov* :

- Urutkan data (X_i) dari besar k kecil atau sebaliknya.
- Tentukan peluang empiris $P(X_i)$ dan peluang teoritis masing-masing data $P'(X_i)$.

$$P(X_i) = \frac{i}{n+1} \text{ dan } P'(X_i) = \frac{i}{n-1} \dots\dots\dots (2.19)$$

Dengan : n = Jumlah Data

i = Nomor Urut Data

- Hitung selisih (ΔP_i) antara peluang empiris dan peluang teoritis.
- - Bandingkan nilai ΔP . Syarat yang harus dipenuhi yaitu $\Delta P_i < \Delta P$ kritis.

B. 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.

Penentuan periode ulang hujan dilakukan dengan menyesuaikan data dan keperluan pemakaian saluran yang berkaitan dengan umur tambang serta tetap memperhitungkan resiko hidrologi (*Hidrology Risk*).

Penetapan periode ulang hujan sebenarnya lebih ditekankan pada masalah kebijakan dan resiko yang perlu diambil sesuai dengan perencanaan. Menurut Kite G.W. (1977), acuan untuk menentukan PUH dapat dilihat pada tabel 2.3

Tabel 2.3 PUH Rencana Untuk Sarana Penyaliran

Keterangan	Periode ulang hujan
Daerah terbuka	0,5
Sarana tambang	2 – 5
Lereng–lereng tambang dan penimbunan	5 – 10
Sumuran utama	10 – 25
Penyaliran keliling tambang	25

Pemindahan aliran sungai	100
--------------------------	-----

(Sumber : Kartosudjono Winardjo, 1994 dalam Sufriadi S, 2006 : 3-3)

C. Resiko Hidrologi

Resiko hidrologi adalah kemungkinan suatu kejadian akan terjadi minimal satu kali pada periode ulang tertentu (Suyono, 2011).

$$Pr = 1 - \left(1 - \frac{1}{T_r}\right)^{T_L} \dots\dots\dots (2.20)$$

- Dengan : Pr = Resiko Hidrologi
- T_r = Periode Ulang
- T_L = Umur Tambang

2.5.3 Intensitas Curah Hujan

Intensitas curah hujan adalah jumlah hujan yang jatuh dalam areal tertentudalam jangka waktu yang relatif singkat, dinyatakan dalam mm/det, mm/menit, atau mm/jam. Untuk mengetahui nilai intensitas curah hujan di suatu tempat, maka digunakan alat pencatat curah hujan. Intensitas curah hujan biasanya dinotasikan dengan huruf I dengan satuan mm/jam, yang artinya tinggi/kedalaman yang terjadi adalah sekian mm dalam periode waktu 1 jam.

$$\frac{R_{24}}{24} \times \left(\frac{24}{t}\right)^{\frac{2}{3}} \dots\dots\dots (2.21)$$

- Dengan : I = Intensitas Curah Hujan (mm/jam)
- R₂₄ = Curah Hujan Maksimum Harian dalam 24 Jam (mm)
- t = Durasi Lamanya Hujan atau Waktu Konsentrasi (jam)

Tabel 2.4 Derajat Curah Hujan Dan Intensitas Curah hujan

Derajat Hujan	Intensitas Curah Hujan (mm/menit)	Kondisi
Hujan Sangat Lemah	<0,02	Tanah agak basah atau dibasahi sedikit

Hujan Lemah	0,02 – 0,05	Tanah menjadi basah
Hujan Normal	0,05 – 0,25	Bunyi curah hujan terdengar
Hujan Deras	0,25 – 1,00	Air hujan tergenang di seluruh permukaan lahan dan terdengar bunyi dari genangan
Hujan Sangat Deras	> 1,00	Hujan seperti ditumpahkan saluran dan drainase meluap

(Sumber : Anonim, 2002 : 3)

2.5.4 Analisis Air Limpasan (*Run Off*)

Dalam perencanaan sistem *dewatering* tambang, bagian air hujan yang menjadi perhatian adalah aliran permukaan (*surface runoff*), sedangkan untuk pengendalian banjir tidak hanya aliran permukaan tetapi juga air limpasan (*run off*) (Suripin, 2004:74).

2.5.5. Nilai Koefisien Limpasan (C)

Koefisien limpasan (C) adalah bilangan yang menunjukkan perbandingan antara besar air limpasan terhadap besarnya curah hujan. Koefisien limpasan di daerah penambangan dipengaruhi oleh macam jenis permukaan dan luas daerah tangkapan hujan, dimana setiap permukaan (*surface*) mempunyai koefisien limpasan masing-masing. Angka nilai koefisien limpasan dapat dilihat pada tabel yang terlampir pada Lampiran.

2.6 Analisis Hidrolika

2.6.1. Perencanaan Saluran Penyaliran di Dalam *Pit*

Salah satu sistem yang diterapkan dalam perencanaan sistem penyaliran tambang adalah adanya ketersediaan sistem penyaliran air di dalam *pit* tambang. Sistem penyaliran air ini berupa pembentukan saluran terbuka di samping jalan tambang (*paritan*) dan pemasangan saluran gorong-gorong (*culvert*) di bawah permukaan jalan tambang.

Tujuan dari saluran penyaliran yaitu untuk mengalirkan air tambang menuju ke tempat penampungan agar jalan tambang dapat terpelihara dengan baik. Dalam tahapan perencanaan saluran penyaliran, tinjauan pustaka yang akan digunakan adalah mengacu kepada studi pedoman konstruksi dan bangunan Pd. T-02-2006-B dengan judul “Perencanaan Sistem *Drainase* Jalan” yang diprakarsai Departemen Pekerjaan Umum (PU) Tahun 2006.

2.6.2. Kriteria Perencanaan

Adapun kriteria yang perlu diperhatikan dalam melakukan perencanaan saluran terbuka menurut Departemen Pekerjaan Umum (2006:14-17) yaitu:

1. Perencanaan saluran terbuka secara hidrolika, jenis aliran yang terjadi adalah aliran terbuka (*open channel*), yaitu pengaliran air dengan permukaan bebas. Perencanaan ini digunakan untuk perencanaan saluran samping jalan maupun gorong-gorong (*culvert*).
2. Perencanaan saluran dilakukan melalui perhitungan cara coba-coba (*trial and error*) yang mana perhitungan ini dipakai untuk

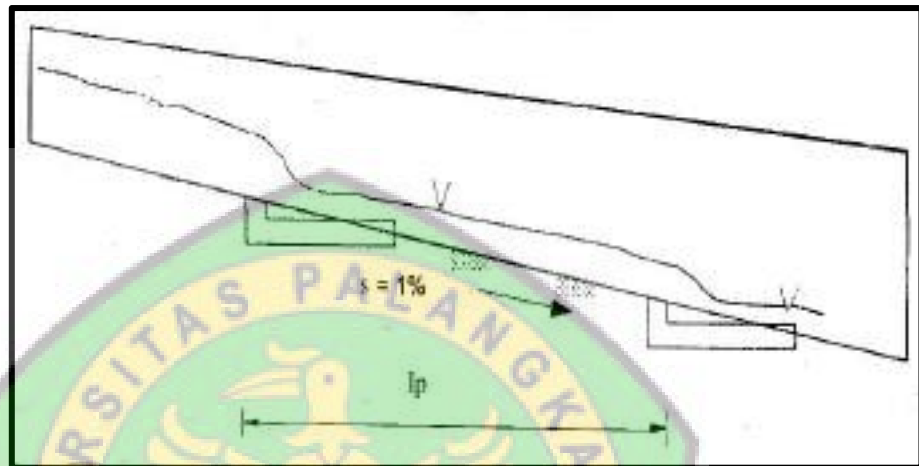
- menentukan dimensi saluran yang sesuai dengan kriteria berdasarkan besar debit rencana yang masuk ($Q_{\text{saluran}} = Q_{\text{rencana}}$).
3. Dimensi saluran harus mempertimbangkan batasan kecepatan (V) dan kemiringan saluran (s) dan yang diijinkan.
 4. Kecepatan pengaliran saluran (V_{saluran}) dihitung berdasarkan ketentuan V_{min} dan V_{maks} ijin dimana $V_{\text{min}} \text{ ijin} \leq V_{\text{saluran}} \leq V_{\text{maks}} \text{ ijin}$. $V_{\text{min}} \text{ ijin}$ adalah kecepatan ijin terkecil yang tidak menimbulkan pengendapan (sedimentasi) sedangkan $V_{\text{maks}} \text{ ijin}$ adalah kecepatan ijin pengaliran terbesar yang diharapkan tidak akan menyebabkan erosi di permukaan saluran. Menurut *Van Te Chow* (1988), $V_{\text{min}} \text{ ijin}$ dapat ditentukan sebesar 0,75 m/det dan saluran alam $V_{\text{maks}} \text{ ijin}$ ditentukan sebesar $\pm 2,0$ m/det.
 5. Tipe dan jenis bahan saluran didasarkan atas kondisi tanah dasar dan kecepatan abrasi air.
 6. Kemiringan saluran (s) ditentukan berdasarkan bahan yang digunakan. Hubungan antara bahan yang digunakan dengan kemiringan saluran arah memanjang ditunjukkan pada Tabel 2.5 dibawah ini.

Tabel 2.5. Kemiringan Saluran (s) Berdasarkan Jenis Material

No	Jenis Material	Kemiringan Saluran (S %)
1.	Tanah Asli	0 - 5
2.	Kerikil	5 - 7,5
3.	Pasangan	7,5

(Sumber : Departemen Pekerjaan Umum, 2006 : 15)

7. Pematah arus untuk mengurangi kecepatan aliran diperlukan untuk saluran yang panjang dan mempunyai kemiringan (s) cukup besar yang ditunjukkan pada Gambar 2.4. Pemasangan jarak pematah arus (I_p) harus sesuai tabel yang terlampir pada Tabel 2.6.



Gambar 2.4 Pematah Arus

(Sumber : Departemen Pekerjaan Umum, 2006 :15)

Tabel 2.6. Hubungan Kemiringan Saluran (s) dan Jarak Pematah Arus (I_p)

s (%)	6	7	8	9	10
I_p (m)	16	10	8	7	6

(Sumber : Departemen Pekerjaan Umum, 2006 :15)

8. Pada perencanaan sistem saluran terbuka, penggunaan waktu konsentrasi (t_c) dalam perhitungan debit rencana dipilih waktu terpanjang yang dibutuhkan dalam menyalurkan aliran air.

2.6.4. Dimensi Saluran Terbuka

Drainase saluran terbuka adalah sistem saluran yang permukaannya terpengaruh dengan udara luar (atmosfir). Drainase saluran

terbuka biasanya mempunyai luasan yang cukup dan digunakan untuk mengalirkan air hujan atau air limbah yang tidak membahayakan. Ada beberapa macam bentuk dari saluran terbuka, ada yang bentuknya trapesium, segi empat, segitiga, setengah lingkaran, ataupun kombinasi dari bentuk-bentuk tersebut.

Komponen penampang dan debit saluran yang diperhitungkan dalam perencanaan saluran ditunjukkan pada Tabel 2.6 di bawah ini.

Tabel 2.7 Komponen Penampang dan Debit Saluran

Komponen	Jenis Penampang	
	Trapeسيوم	Lingkaran/ Gorong-gorong
Dimensi		
Lebar atas (B)	$B = b + (2 \cdot m \cdot H \text{ total})$ (2.22)	$b = 2\sqrt{h(d - h)}$ (2.30)
Lebar dasar (b)	$b = m \times h$ (2.23)	
Kemiringan Talud (m)	Kemiringan talud pada penampang saluran trapesium tergantung dari besarnya ditunjukkan pada tabel <i>De Vos</i> di Tabel C.4 Lampiran C	
Tinggi Jagaan (W)	$W = \sqrt{0,5 \times h}$ (2.24)	$W = 0,2 \times d$ (2.31)
Tinggi Muka Air (h)	H, dilakukan dengan cara iterasi (coba-coba)	$h = 0,8 \times d$ (2.32)
Faktor Kemiringan (z)	$1 : 1 \rightarrow z = h$ $1 : 1,5 \rightarrow z = 1,5h$ $1 : 2 \rightarrow z = 2h$	Sudut pusat (θ) dalam radian $180^\circ = \pi = 3,14$
Penampang Basah		
Luas (A)	$A = (b + z) h$ (2.25)	$A = \frac{1}{2}(\theta - \sin\theta)d^2$ (2.33)
Keliling (P)	$P = b + 2h\sqrt{z^2 + 1}$ (2.26)	$P = \frac{1}{2}\theta \cdot d$ (2.34)
Jari-jari Hidrolis (R)	$R = \frac{A}{P}$ (2.27)	$R = \frac{1}{4} \left(1 - \frac{\sin\theta}{\sin\frac{\theta}{2}} \right) \cdot d$ (2.35)
Kecepatan (V)	$V = \frac{1}{n} \times R^{\frac{2}{3}} \times S^{\frac{1}{2}}$ (2.28)	Rumus no 2.28
Debit (Qs)	$Q = A \times V$ (2.29)	Rumus no 2.29

- Kapasitas gorong-gorong disarankan 80% dari debit hasil perhitungan untuk mengantisipasi benda yang terbawa aliran.

(Sumber : Departemen Pekerjaan Umum, 2006 :15)

Dengan keterangan :

b = Lebar Dasar Saluran (m)

B = Lebar Atas Saluran (m)

h = Kedalaman Saluran yang Tergenang Air (m)

h_{tot} = Kedalaman Total Saluran (m)

d = Diameter Saluran Berbentuk Lingkaran (m)

n = Angka Kekasaran *Manning* , dilihat pada Lampiran C

z = Perbandingan Kemiringan Talud

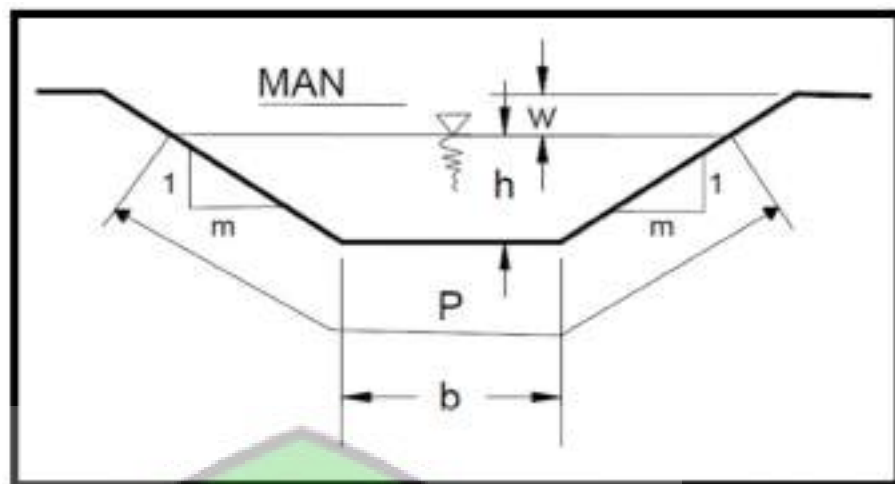
θ = Besar Sudut dalam Radial ($^{\circ}$)

v = Kecepatan Saluran (m/detik)

s = Kemiringan Saluran

a. Saluran Bentuk Tapesium

Saluran trapesium berfungsi untuk menampung dan menyalurkan limpasan air hujan dengan debit yang besar. Sifat alirannya terus-menerus dengan fluktuasi kecil. Bentuk saluran ini dapat digunakan pada daerah yang masih cukup tersedia lahan .



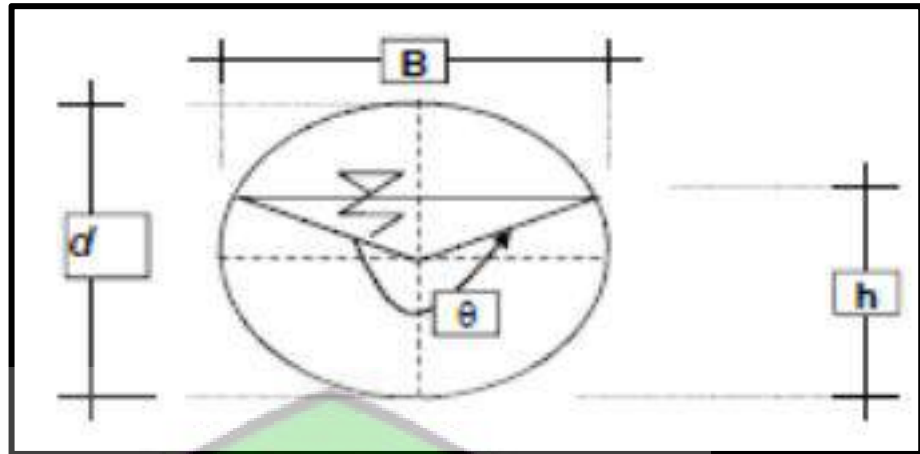
Gambar 2.5 Penampang Saluran Bentuk Trapesium
(Sumber : Departemen Pekerjaan Umum, 2006 : 20)

b. Saluran Bentuk Gorong-Gorong

Gorong-gorong adalah bangunan yang dipakai untuk membawa aliran air (saluran irigasi atau pembuang) melewati bawah jalan air lainnya (biasanya saluran), bawah jalan.

Gorong-gorong mempunyai potongan melintang yang lebih kecil daripada luas basah saluran hulu maupun hilir. Sebagian dari potongan melintang mungkin berada di atas muka air. Dalam hal ini gorong-gorong berfungsi sebagai saluran terbuka dengan aliran bebas.

Fungsi gorong-gorong adalah mengalirkan air dari sisi jalan kesisi lainnya. Untuk itu desainnya harus juga mempertimbangkan faktor hidrolis dan struktur supaya gorong-gorong dapat berfungsi mengalirkan air dan mempunyai daya dukung terhadap beban dan timbunan tanah.



Gambar 2.6 Penampang Saluran Bentuk Gorong-Gorong
(Sumber : Departemen Pekerjaan Umum, 2006 : 20)

2.6.5. Perhitungan Dimensi dan Kemiringan Saluran

1. Perhitungan dimensi saluran dapat disesuaikan dengan kondisi yang ada yaitu berdasarkan bahan yang digunakan sehingga terdapat batasan kecepatan dan kemiringan saluran serta ketersediaan ruang di tepi jalan.
2. Langkah awal perhitungan:
 - a. Penentuan awal bahan saluran

Penentuan bahan berdasarkan koefisien *Manning* pada Tabel Lampiran C, penentuan kecepatan (V), penentuan kemiringan saluran (s) berdasarkan kemiringan yang diijinkan pada Tabel 2.4, penentuan tinggi jagaan (W) saluran dengan Rumus 2.24 untuk saluran bentuk trapesium dan **Rumus 2.31** untuk saluran lingkaran.

b. Penentuan awal dimensi saluran

Menentukan perkiraan dimensi saluran sesuai ruang yang tersedia, menentukan kemiringan saluran terbuka berdasarkan bahan atau mengikuti kemiringan perkerasan jalan.

3. Cek debit saluran harus lebih besar atau sama dengan debit rencana.

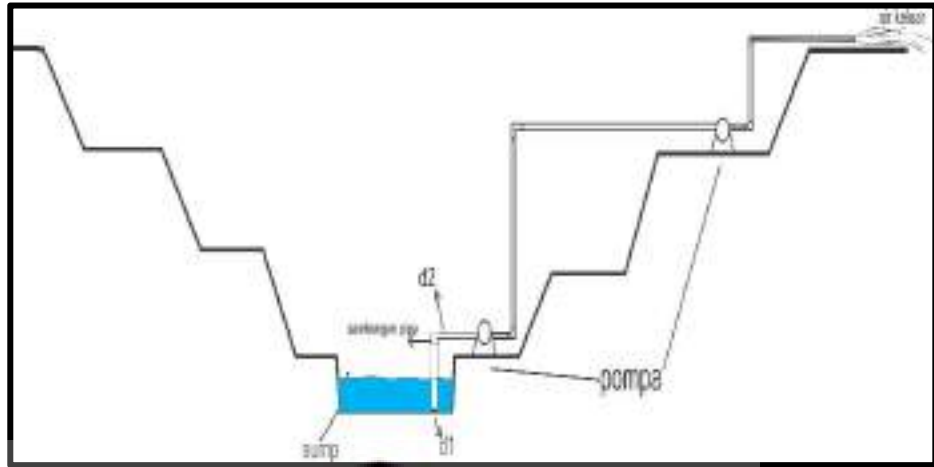
Jika tidak sesuai, maka perhitungan dimensi saluran harus direncanakan ulang ($Q_{(rencana)} = Q_{(saluran)}$) dengan mempertimbangkan nilai kecepatan di saluran (V) dan kemiringan saluran (s) telah memenuhi ijin.

2.7. Mine Dewatering System (Sistem Penyaliran Tambang)

Sistem penyaliran tambang yang diterapkan adalah sistem penyaliran konvensional dengan metode *open sump*, mekanisme sistem ini adalah dimana air yang masuk ke *front* penambangan di alirkan melalui saluran ke suatu *sump* lalu dipompa keluar daerah tambang dan dialirkan menuju Sungai.

2.7.1 Kolam Penampungan (Sump)

Kolam penampungan (*sump*) berfungsi sebagai tempat penampungan sementara air dan lumpur sebelum dipompa ke luar tambang. Kolam penampungan (*sump*) dibedakan menjadi dua macam, yaitu kolam penampungan (*sump*) permanen dan sementara. Kolam penampungan (*sump*) permanen adalah sumuran yang berfungsi selama penambangan berlangsung, dan umumnya tidak berpindah tempat. Sedang kolam penampungan (*sump*) sementara berfungsi dalam rentang waktu tertentu dan sering berpindah tempat.



Gambar 2.7 . Sistem Kolam Penampungan
(Sumber : Panduan *Dewatering* Manual, 2006:42)

Dimensi kolam penampungan (*sump*) tergantung pada kuantitas (debit) air limpasan, kapasitas pompa, volume, waktu pemompaan, kondisi lapangan seperti kondisi penggalian terutama pada lantai tambang (*floor*) dan lapisan batubara serta jenis tanah atau batuan di bukaan tambang. Setelah ukuran kolam penampungan (*sump*) diketahui tahap berikutnya adalah menentukan lokasi kolam penampungan (*sump*) di bukaan tambang (*Pit*). Pada prinsipnya sumuran diletakkan pada lantai tambang (*floor*) yang paling rendah, jauh dari aktifitas penggalian batubara, jenjang disekitarnya tidak mudah longsor, dekat dengan kolam pengendapan, mudah untuk dibersihkan.

Untuk menghitung volume air yang dapat ditampung *sump* dapat menggunakan rumus luas trapezium dikalikan lebar *sump* sebagai berikut:

$$\text{Volume Sump} = \left(\frac{1}{2} \times (t+b) \times d\right) \times L \dots\dots\dots (2.36)$$

(Negoro dkk, 2001:32 dalam Margareth, 2010 :13-14)

Keterangan :

t = panjang permukaan *sump* (m)

b = panjang dasar *sump* (m)

d = tinggi *sump*/kedalaman *sump* (m)

L = lebar permukaan *sump* (m)

2.7.2 Volume Air Total

Volume air total yang masuk ke dalam *sump* secara keseluruhan merupakan penjumlahan dari volume limpasan yang ditambah dengan volume air tanah (apabila dipengaruhi) kemudian mengalami pengurangan karena terjadi *evapotranspirasi* seperti yang ada dibawah ini.

$$\text{Volume Air Total} = (V_{\text{Air Limpasan}} + V_{\text{Air Tanah}}) - V_{\text{Penguapan}} \dots\dots\dots (2.37)$$

1. Volume Air Limpasan

Volume air limpasan dihitung berdasarkan dengan parameter debit limpasan dan waktu konsentrasi dengan rumus sebagai berikut :

$$V_{\text{Air Limpasan}} = \text{Debit Air Limpasan} \times \text{Durasi hujan} \dots\dots\dots (2.38)$$

2. Volume Air Tanah

Air tanah merupakan salah satu penyumbang air yang masuk ke dalam *sump* apabila daerah tersebut dipengaruhi oleh air tanah. Air tanah yang keluar melalui sela-sela struktur bebatuan di tambang dikenal dengan istilah *drain hole*. Untuk mengetahui pengaruh debit air tanah dalam penelitian dapat dilakukan suatu studi hidrologi dalam pertambangan contohnya adalah uji akuifer (*pumping test*) maupun pendekatan litologi pada daerah penambangan.

Analisis peta geologi dan observasi langsung (tinjauan ke lapangan) ke *pit* tambang yang masih aktif dapat dilakukan untuk mengetahui pengaruh air tanah terhadap proses penambangan.

$$V_{\text{Air Tanah}} = \text{Luas Aquifer terbuka} \times \text{Nilai Permeabilitas Batuan} \dots \dots \dots (2.39)$$

3. *Evapotraspirasi*

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

$$E = \frac{P}{\left[0,9 + \left(\frac{P}{L(T)}\right)^2\right]^{0,5}} \dots \dots \dots (2.40)$$

Dengan : E = *Evapotranspirasi* (m/jam)

P = Curah Hujan Tahunan Rata-Rata (mm/tahun)

T = Temperatur Rata-Rata (°C)

$$L(T) = \text{Fungsi Suhu} = 300 + 25T + 0.05T^3$$

2.8. Sistem Pemompaan

Pada proses dewatering tambang terbuka umumnya dilakukan dengan pemompaan. Penirisan dengan sistem pemompaan adalah mengeluarkan air yang terkumpul pada sumuran penampung sementara (*sump*) yang berada di dasar lubang bukaan tambang (*Pit*). Air yang terkumpul tersebut selanjutnya dipompa keluar. Penyaliran dapat dilakukan dengan sistem pemompaan langsung, menggunakan pompa

slurry dan dengan sistem pemompaan tidak langsung berupa fasilitas pompa yang terpasang terpisah untuk memompa air bersih (tidak berlumpur), dimana air tambang yang terkumpul diendapkan terlebih dahulu untuk memisahkan air jernih dengan endapan lumpur pada suatu sumur pengendap.

Hal yang perlu diperhatikan dalam penggunaan pompa yaitu :

1. Klasifikasi Pompa

- a. Pompa Sentrifugal

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

- 1) Pompa Tekanan Rendah

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

- 2) Pompa Tekanan Menengah

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

- 3) Pompa Tekanan Tinggi

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

b. Pompa Aliran Campur

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

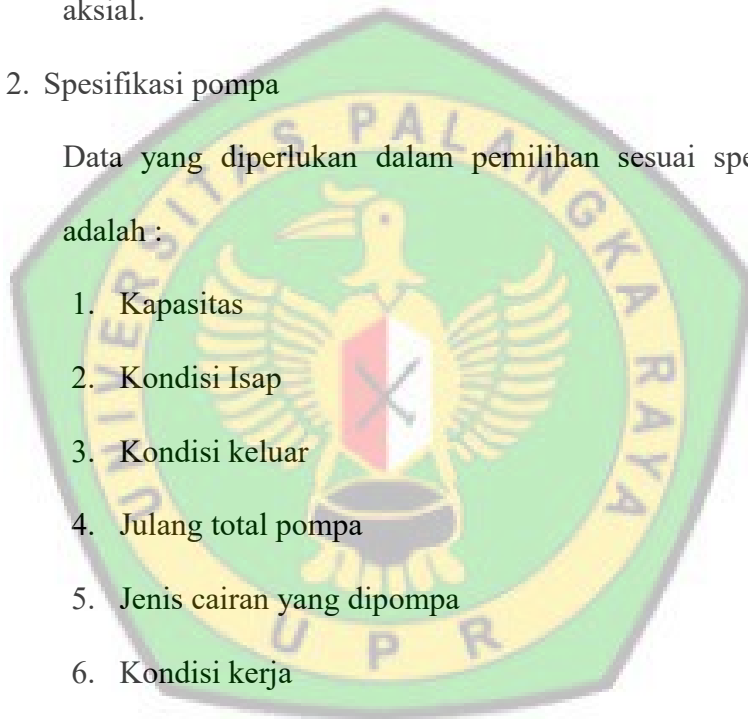
c. Pompa Aksial

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

2. Spesifikasi pompa

Data yang diperlukan dalam pemilihan sesuai spesifikasi pompa adalah :

1. Kapasitas
2. Kondisi Isap
3. Kondisi keluar
4. Julang total pompa
5. Jenis cairan yang dipompa
6. Kondisi kerja
7. Penggerak
8. Poros tegak dan mendatar
9. Tempat instalasi
10. Jumlah pompa



2.8.1 Prinsip Kerja Pompa Multiflo-420

Pompa digerakkan oleh *engine* diesel, daya dari *engine* diberikan kepada poros pompa melalui transmisi untuk memutar *impeller* yang dipasang pada poros tersebut.

Pada pompa *multiflo* terdapat tambahan *vacum pump* yang berfungsi sebagai pemancing air saat pertama kali pompa dihidupkan. Dengan *vacum pump* ini air dari sump akan masuk ke rumah pompa karena adanya perbedaan tekanan di dalam rumah pompa tersebut.

Karena timbul gaya *sentrifugal*, maka air akan mengalir dari tengah *impeller* keluar melalui saluran diantara sudut-sudut dan meninggalkan *impeller* dengan kecepatan tertentu/tinggi.

Air yang keluar dari *impeller* dengan kecepatan tinggi ini kemudian melalui saluran yang penampangnya makin membesar (*volute*) sehingga terjadi perubahan dari energi kecepatan menjadi energi tekanan. Maka air yang keluar dari *flens* pompa, head totalnya bertambah besar.

2.8.2. Perhitungan Head Pompa

Dalam pemompaan dikenal istilah julang (*head*) pompa, yaitu energi yang diperlukan untuk mengalirkan sejumlah air pada kondisi tertentu. Semakin besar debit air yang dipompa, maka head juga akan semakin besar. (Hartono, 2010 :170).

1. Head Statis Pompa (Julang Statis Pompa)

Merupakan *head* pompa yang diakibatkan oleh beda tinggi antara permukaan

air di inlet dan lokasi outlet.

Secara matematis didapat dengan menggunakan rumus :

$$H_s = t_2 - t_1 \dots\dots\dots (2.41)$$

Keterangan :

h_s = *Head* statis pompa (m)

t_2 = Elevasi air pada sisi keluar (m)

t_3 = Elevasi air pada sisi isap (m)

2. *Velocity Head* (Julang Kecepatan Keluar)

$$h_v = \frac{v^2}{2 \cdot g} \dots\dots\dots (2.42)$$

Keterangan :

h_v = *Velocity head* (m)

v = Kecepatan aliran fluida (air) dalam pipa (m/detik)

g = Gaya gravitasi (9,8 m/detik)

3. *Head Loss*

Head Loss terdiri atas :

- *Friction Loss* (H_f), yaitu kerugian karena gesekan

Menurut *Chow, Maidment, Mays*, (1988) perhitungan besarnya

head loss pada pipa dapat dihitung dengan persamaan *Hazen-*

William sebagai berikut :

$$H_f \text{ pipa} = h_L \times L_{\text{pipa}}$$

$$h_L = \left(\frac{3,35 \times 10^6 \times Q}{d^{2,63} \times C} \right)^{1,852} \dots\dots\dots (2.43)$$

Keterangan :

H_f = *Friction loss* pipa (m)

L_{pipa} = Panjang pipa (m)

h_L = *Head loss* pipa (m/100 m)

- Q = Debit pompa (liter/detik)
d = diameter dalam pipa (mm)
C = *Hazen William* constanta (Tabel 2.7)

Tabel 2.8. Konstanta *Hazen-Williams* Berbagai Jenis Pipa

No	Material Pipa	Inlet dia. mm	Nilai C
1	<i>Stainless Steel</i>	26,6	130
		303,3	142
2	<i>Galvanized pipe</i>	27,3	116
		155,3	129
3	<i>Steel pipe sch 40</i>	26,6	130
		303,3	142
4	<i>Copper</i>	23,0	141
		223,3	146
5	<i>Ductile cast iron uncoated K12</i>	81,5	118
		326,2	126
6	<i>Polyethylene class 6</i>	21,7	140
		278,0	140
7	<i>PVC class 15</i>	29,0	142
		138,7	151

(Sumber : Chow, Maidment, Mays, 1988)

- *Shock Loss* (hfs), yaitu kerugian karena belokan dan sambungan pada pipa.

Shock loss (Hfs) dihitung dengan menggunakan rumus :

$$Hfs = k \frac{v^2}{2g} \dots\dots\dots (2.44)$$

$$k = \left\{ 0,131 + 1,847 \left(\frac{d}{2.R} \right)^{3,5} \right\} \times \left(\frac{\theta}{90} \right)^{0,5} \dots\dots\dots (2.45)$$

$$R = \frac{d}{\tan \frac{1}{2}\theta} \dots\dots\dots (2.46)$$

Keterangan :

k = Koefisien tahanan, yang besarnya tergantung dari jenis sambungan dan sudut belokan

v = Kecepatan aliran dalam pipa (m/detik)

g = Gaya gravitasi (9,8 m/detik)

θ = Sudut belokan pipa (derajat)

R = Jari-jari lengkung belokan (m)

Head loss merupakan kerugian karena gesekan dan belokan pipa, maka besarnya tergantung dari jenis pipa yang digunakan

4. *Head* Total Pompa

Head total pompa di peroleh dengan menjumlahkan sesama kerugian-kerugian pompa sebagai berikut :

$$HT = h_s + h_v + H_f + H_{fs} \dots\dots\dots (2.)$$

Keterangan :

H_t = *Head* Total Pompa (m)

h_s = *Head* Statis Pompa (m)

h_b = *Head* Belokan Pompa (m)

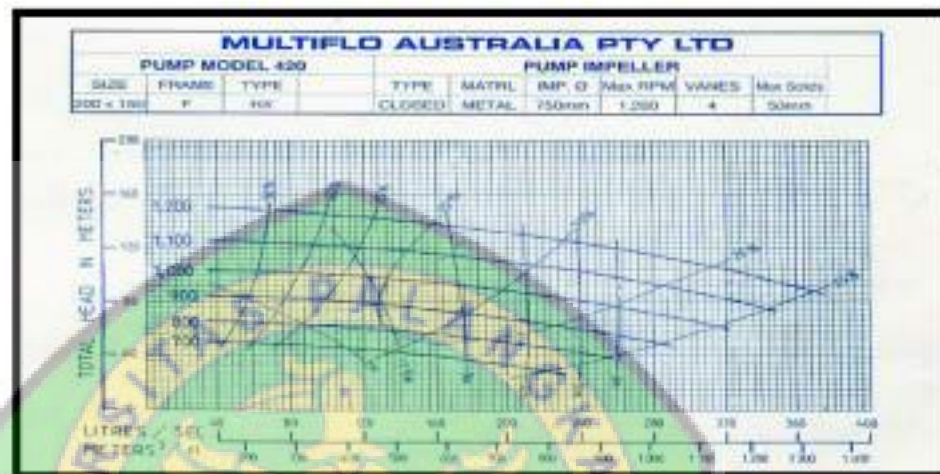
h_f = *Head* Gesekan Pompa (m)

h_v = *Head* Kecepatan (m)

2.8.3. *Pump Performance Curve* (Grafik Kemampuan Pompa)

Setiap pompa memiliki grafik yang menunjukkan kinerja dari pompa tersebut. Grafik tersebut dikenal dengan nama *Pump Performance Curve* (Grafik Kemampuan Pompa). Dalam grafik ini akan tergambar performa pompa terhadap debit dan pompa pada kecepatan

yang konstan. Grafik ini didapatkan dengan melakukan pengetesan terhadap setiap pompa dengan menggunakan air bersih. Jadi setiap pompa akan mempunyai grafik yang berbeda-beda, dan tidak ada 2 jenis pompa yang memiliki grafik yang sama.



Gambar 2.7. Contoh *Pump Performance Curve*

Sumber : Modul *Dewatering Manual* PT.Pamapersada (2007)

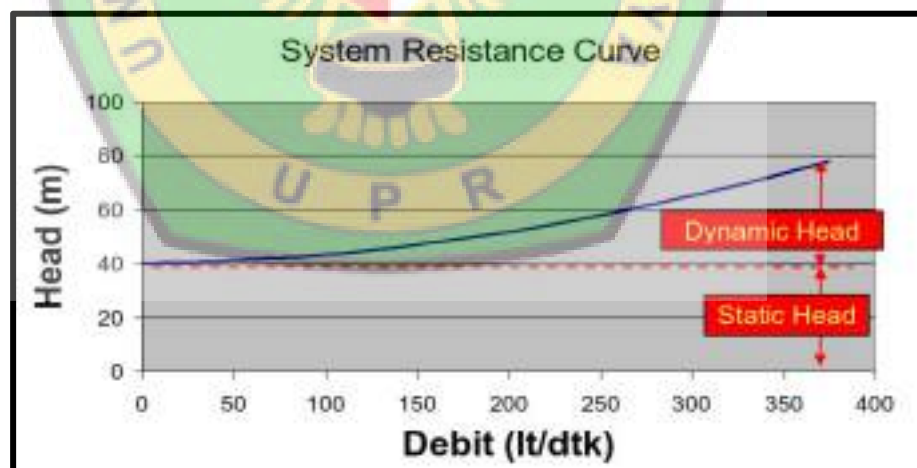
Dari grafik dapat terlihat bahwa besar debit yang dihasilkan oleh *centrifugal pump* tergantung dari total head yang tercipta pada sistem pemompaan itu. *Head* yang dimaksud di *performance curve* sebenarnya adalah nilai tekanan yang dinyatakan dalam meter. *Head* diartikan sebagai besarnya hambatan/tekanan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

Total *head* dibagi menjadi 2 (dua) jenis yaitu *static head* dan *dynamic head*. *Static head* dinyatakan sebagai beda tinggi antara permukaan air di pipa *suction* dengan lokasi paling tinggi pada pipa *outlet*. Sementara *dynamic head* adalah hambatan yang diakibatkan oleh

faktor Bergeraknya larutan di dalam pipa. Nilai *static head* untuk suatu sistem adalah tetap, sementara *dynamic head* berubah tergantung dari kecepatan aliran pipa *discharge* yang dipengaruhi oleh kekerasan pipa, kecepatan aliran dan panjang pipa. Untuk mendapatkan nilai titik kerja pompa yang direncanakan yang harus dilakukan adalah mencari perpotongan antara grafik *performance curve* dengan *grafic System Resistance Curve (SRC)*.

Faktor-faktor yang mempengaruhi *dynamic head* adalah :

1. Derajat kekasaran permukaan dalam pipa
2. Diameter dalam pipa
3. Kecepatan aliran
4. Panjang pipa

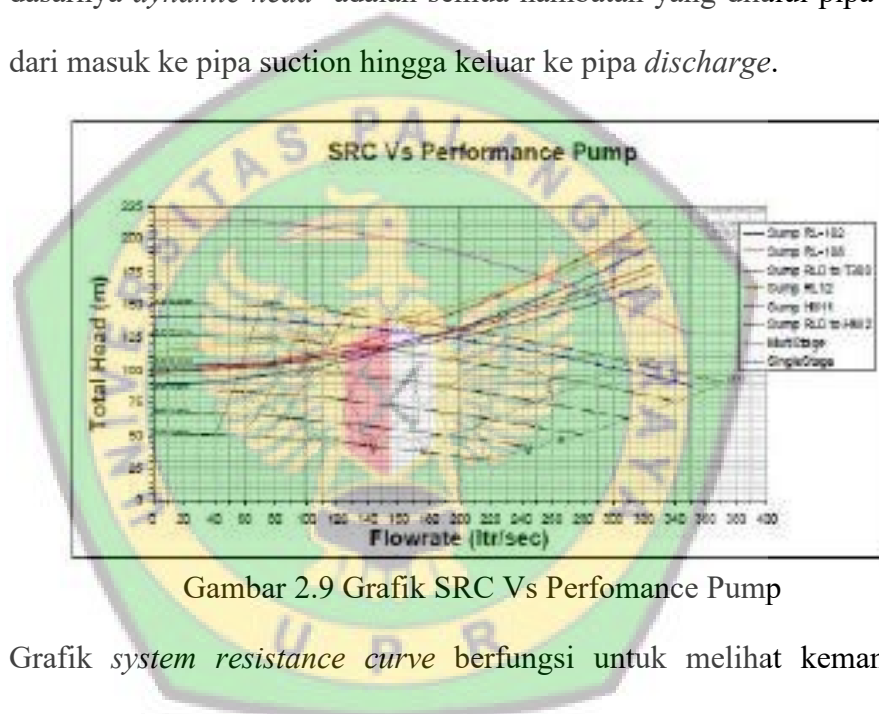


Gambar 2.8. Contoh *System Resistance Curve (SRC)*

Sumber : Modul *Dewatering Manual* PT.Pamapersada (2007)

Pada gambar di atas, semakin besar nilai debit yang melalui pipa maka semakin besar pula nilai *total head* yang tercipta pada sistem. Sistem yang bagus adalah sistem dengan nilai *dynamic head* yang kecil.

Pembahasan mengenai *dynamic head* dimulai dari saat air masuk ke pipa *suction* hingga air keluar melalui pipa *discharge*. Besar jalur pipa yang dilalui, panjang jalur pipa dan tipe material pipa yang digunakan mempengaruhi kecepatan aliran pipa sehingga akan mempengaruhi *dynamic head* yang dihasilkan. Kemudian banyaknya belokan dan *valve* yang dilalui juga akan memperbesar nilai *dynamic head*. Jadi pada dasarnya *dynamic head* adalah semua hambatan yang dilalui pipa mulai dari masuk ke pipa *suction* hingga keluar ke pipa *discharge*.



Gambar 2.9 Grafik SRC Vs Performance Pump

Grafik *system resistance curve* berfungsi untuk melihat kemampuan pompa sebenarnya pada saat pompa terpasang pada sistem pipa. Untuk mendapatkan nilai titik kerja pompa yang aktual yang harus dilakukan adalah mencari perpotongan antara grafik *performance curve* dengan grafik *system resistance curve*.

2.8.4 Faktor- Faktor Yang Mempengaruhi Sistem Pemompaan

A. Instalasi Pipa

Suatu instalasi pipa yang diterapkan pada suatu sistem pemompaan, harus mampu mensuplai semua sistem yang akan

bekerja. Untuk itu perencanaan instalasi pipa sangat menentukan keberhasilan suatu sistem pemompaan.

Instalasi pipa dimaksud di atas harus seefisien mungkin agar dalam pengoperasian pompa tidak mengalami hambatan. Hal ini dapat dijelaskan, karena suatu instalasi pipa yang tidak efisien secara langsung akan mempengaruhi head total pompa dan memiliki korelasi langsung dengan kapasitas aliran dan kecepatan aliran, yang mana kecepatan aliran tersebut sangat mempengaruhi head total dari pompa. Selain hal tersebut diatas, pemilihan bahan untuk instalasi memegang peranan penting, karena pemilihan bahan yang sesuai akan mempermudah kondisi operasional dari sistem pemompaan itu sendiri.

B. Kapasitas Aliran dan Kecepatan Aliran

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

C. Daerah Operasi

Daerah operasi sistem pemompaan pada kondisi tertentu sangat mempengaruhi performansi pompa dan pemilihan jenis pompa. Performansi pompa akan menurun jika pompa dioperasikan pada elevasi yang sangat tinggi dari bidang datar dan akan mempengaruhi pemilihan jenis pompa yang akan dioperasikan. Elevasi tersebut

berpengaruh secara langsung pada penentuan head statis dan potensial *head* dari daerah titik isap (*resevoir*) dan titik keluar (daerah yang disuplai). Dalam hal ini, selisih static head (*head statis*) dan selisih potensial head akan berpengaruh. Jika titik keluar lebih rendah dari titik isap (*resevoir*) maka pengaruh yang dihasilkan akan positif karena menghasilkan head total pompa yang lebih rendah namun jika yang terjadi sebaliknya maka head total yang di hasilkan akan semakin besar.

D. **Head Total Pompa**

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

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

E. Tenaga Kerja/Operator Pompa

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

(Sumber : Sufriadi Syamsu, 2006 : 3:16 – 3:18)

2.9 Penyambungan Pipa

Pipa adalah suatu media untuk mengalirkan air atau lumpur dari pompa ke tempat lain. Dalam system pemompaan unruk mengalirkan air sampai pada elevasi tertentu memerlukan pipa.

Di dalam kegiatan pertambangan sangat familiar dengan pipa *HDPE*, karena pipa tersebut mempunyai beberapa karakteristik yang memudahkan dalam penanganannya di lapangan. Pipa *HDPE* mempunyai kelebihan yaitu tahan karat, mampu menahan tekanan antara 6 sampai 16 *Bar*, lebih ringan, elastis sehingga pengangkutan dan aplikasi pemasangannya dapat berjalan tanpa tambahan alat berat dan sebagainya, selain itu lebih efektif, hal ini akan menghemat pengeluaran.

Ada dua jenis pipa yang biasa digunakan dilapangan yaitu pipa *flange* dan pipa polos. Untuk penyambungan pipa *flange* digunakan baut

untuk meyambungunya. Sedangkan untuk pipa polos penyambungannya menggunakan *butt welding*.

Butt welding merupakan proses penyambungan pipa dengan cara memanaskan ujung pipa dengan heater dan kemudian menyatukan ujung pipa tersebut dengan tekanan tertentu, sehingga pipa tersebut dapat tersambung dengan kuat.



BAB III

METODE PENELITIAN

3.1 Gambaran Umum Wilayah Penelitian

3.1.1 Sejarah Perusahaan

Sejarah berdirinya PT. Pamapersada Nusantara dimulai dengan pembentukan PT. Astra Motor Work pada tanggal 31 Oktober 1972, setelah beroperasi PT. Astra Motor Works berganti nama menjadi PT. United Tractors yang menjadi agen tunggal penyediaan jasa penyewaan alat-alat berat dengan salah satu rekannya Komatsu Ltd, Japan.

Pada tahun 1974, PT. United Tractors mendirikan sebuah divisi yang bernama Rental Division PT. United Tractors yang bergerak disektor Tambang Timah, Nikel, LNG, Eksplorasi Minyak hingga bidang Kontruksi dengan sifat pekerjaannya penyewaan alat berdasarkan jam operasi dengan jaminan availability, produktivitas alat dan effesiensi yang tinggi.

Pada tahun 1983, PT. United Tractors mulai terjun ke proyek borongan (*contracting*). Dalam pengerjaan proyeknya, PT. United Tractors dibayar berdasarkan hasil kerja fisik (aktual yang dihasilkan). Proyek *contracting* yang dikerjakan meliputi : Proyek batubara di PT. BA, Kidatin dan Proyek *Logging* di Kalimantan dan Sulawesi.

Pada tanggal 26 Agustus 1988, Plant Hire & Mining (PHM) PT. United Tractors mulai memperbesar kontribusi pelaksanaan proyek dengan melaksanakan *survey*, peledakan dan lain-lain dalam hal *engineering* dan operasional yang bergerak disektor: *earth moving*, penyewaan alat berat dan pendukungnya, *logging contracting* dan *mining contracting*.

Pada tanggal 27 September 1993, divisi ini berdiri menjadi sebuah perusahaan mandiri PT. Pamapersada Nusantara. Sebagaimana visinya yaitu : “To Be A Would Leader Mining Contractor With The Best “Present” (Productivity, (Engineering, Safety & Environment)” PT. Pamapersada Nusantara terus mengembangkan kompetensi intinya (*Bussiness Development, Mining Engineering, Project Management dan Safety and Environment*), Implementasi sistem manajemen yang berstandar Internasional dan senantiasa memelihara dan meningkatkan hubungan baik dengan para pelanggan dan masyarakat sekitar.

3.1.2 Lokasi dan Kesampaian Daerah

Untuk menuju ke lokasi penambangan PT. Pamapersada Nusantara dapat ditempuh dengan menggunakan via transportasi udara, sungai, dan darat. Berikut uraian masing-masing via transportasi yang biasa di gunakan sebagai akses menuju lokasi penambangan PT. Pamapersada Nusantara.

3.1.2.1 Transportasi Udara

Untuk dapat sampai ke lokasi PT. Pamapersada Nusantara via transportasi udara dapat di tempuh melalui Banjarbaru. Penerbangan. Penerbangan dari Banjarbaru via bandara Syamsudin Noor ke Tabalong via Bandara Warukin yang merupakan bandara tersier yang di kelola oleh Pemda Kabupaten Tabalong bekerjasama dengan PELITA *Air Service*.

Pelayanan penerbangan ke Bandara Warukin dapat ditempuh dalam waktu \pm 45 menit dilayani oleh maskapai penerbangan milik PELITA *Air Service* menggunakan jenis pesawat cassa 212 berkapasitas 20 penumpang.

Pelayanan penerbangan dari Banjarbaru menuju Tabalong 1 (satu) kali dala sehari Senin sampai dengan Jumat, sedangkan Sabtu dan Minggu 2 (dua) kali dalam sehari.

3.1.2.2 Transportasi Darat

Pencapaian lokasi penelitian (PT. Pamapersada Nusantara) dari Palangka Raya via jalan dari melalui jalan Trans Kalimantan yang melewati Bukit Rawi, Buntok, Timpah, Tamiang Layang, Pasar Panas, hingga sampai di Tanjung. Perjalanan yang menggunakan moda transportasi

roda empat dapat di tempuh dalam waktu \pm 6 Jam dengan jarak sekitar 350 Km.

Jika perjalanan dimulai dari Banjarmasin dapat melalui jalan Trans Kalimantan yang melewati Martapura, Kandangan, Amuntai, Balangan dan Tabalong. Dengan roda empat dapat di tempuh dalam waktu \pm 4-5 Jam dengan jarak selitar 230 Km.

3.1.2.3 Transportasi Sungai

Pemanfaatan transportasi sungai untuk menuju ke lokasi PT. Pamapersada Nusantara melalui Sungai Barito hingga ke Kelanis. Aktivitas transportasi Sungai Barito dari Banjarmasin hingga ke hulu (Puruk Cahu) digunakan untuk kegiatan transportasi masyarakat, pengangkutan batubara oleh perusahaan, dan komoditi lain seperti kayu gelondongan, rotan dan karet. Untuk pelayanan masyarakat menggunakan jenis bis air, kapal motor dan speed boat, sedangkan untuk jangkauan pelayanan jarak pendek memakai jenis klotok.

3.2 Keadaan Geologi

3.2.1 Geologi Regional

3.2.1.1 Fisiografi Regional

Secara fisiografi, daerah penelitian termasuk ke dalam Cekungan Barito bagian Timur, yang dibatasi oleh

Pegunungan Schwaner pada bagian-bagian Barat, Pegunungan Meratus pada bagian Timur dan Cekungan Kutai pada bagian Utara.

3.2.1.2 Kerangka Tektonik Regional

Pulau Kalimantan merupakan pulau terbesar yang menjadi bagian dari Lempeng mikro Sunda, Lempeng Asia Tenggara ditafsirkan sebagai fragmen dari lempeng Eurasia yang melejit ke Tenggara sebagai akibat dari tumbukan kerak Benua India dengan kerak Benua Asia, yang terjadi kira-kira 40-50 juta tahun yang lalu. Fragmen dari lempeng Eurasia ini kemudian dikenal sebagai lempeng mikro Sunda yang meliputi semenanjung Malaya, Sumatera, Jawa, Kalimantan Selatan, dan Kalimantan Tengah. Adapun batas-batas penting di sebelah Timur adalah :

- a. Komplek subduksi Kapur Tersier awal yang berarah Timur Laut dimulai dari Pulau Jawa dan membenruk pegunungan Meratus sekarang.
- b. Sesar mendatar utama di Kalimantan Timur dan Utara.
- c. Jalur subduksi di Kalimantan Utara, Serawak, dan Laut Natuna, jalur ini dikenal dengan Lupar.

Pulau Kalimantan dibagi menjadi beberapa zona fisiografi, yaitu :

- a. Blok Schwaner yang dianggap sebagai bagian dari dataran Sunda.
- b. Blok Paternoster, meliputi pelataran Paternoster sekarang yang terletak dilepas pantai Kalimantan Tenggara dan sebagian di dataran Kalimantan yang dikenal sebagai sub cekungan pasir.
- c. Meratus Graben, terletak diantara blok Schwaner dan Paternoster, daerah ini sebagian dari cekungan Kutai.

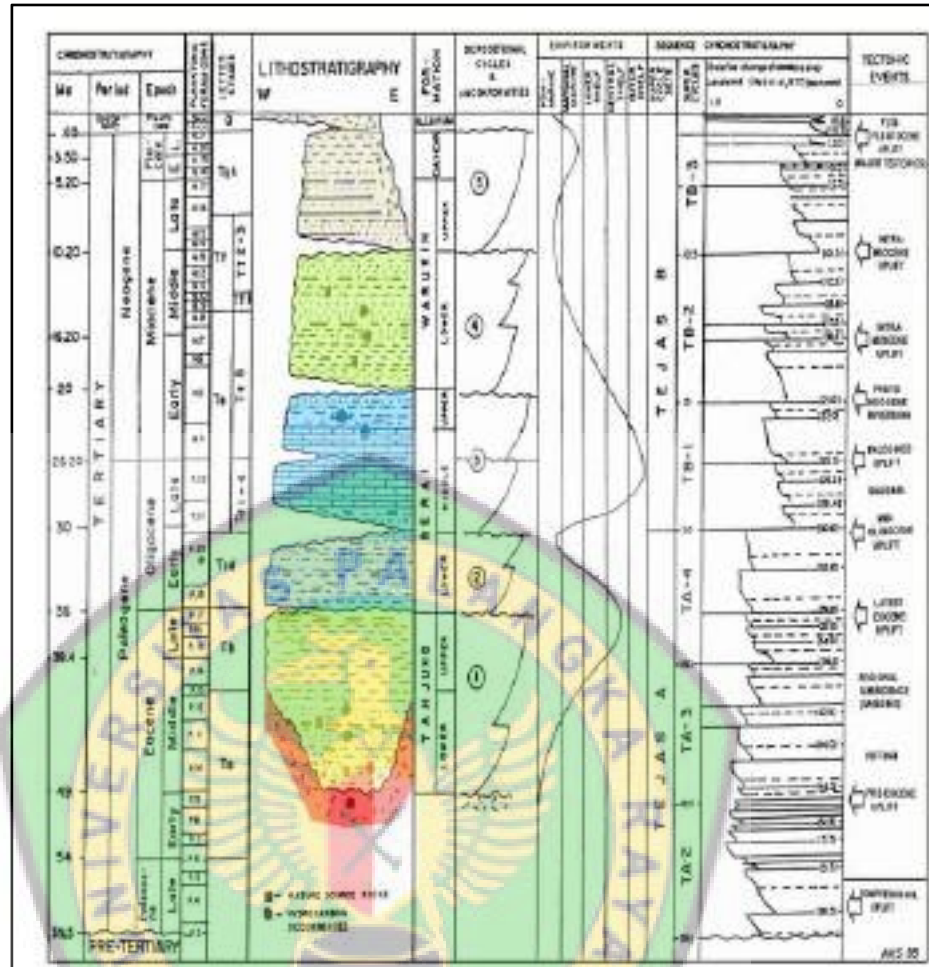
Secara keseluruhan system sedimentasi yang berlangsung pada cekungan ini melalui daur genang laut dan susut laut yang tunggal, dengan laut dan susut laut yang tunggal, dengan hanya ada beberapa subsiklus yang sifatnya lokal dan kecil. Formasi Tanjung yang berumur Eosen menutupi batuan dasar yang relative landau, sedimen-sedimennya memperlihatkan ciri endapan genangan laut yang diendapkan pada lingkungan deltaic air tawar sampai payau. Formasi ini terdiri dari batuan-batuan sedimen klastik berbutira kasar yang berselang-seling dengan serpih dan kadangkala batubara. Pengaruh genang laut marine bertambah selama Oligosen sampai Miosen awal yang mengakibatkan terbentuknya endapan-endapan batugamping dan napal (Formasi Berai).

Pada Miosen Tengah-Miosen akhir ini terjadi pengangkatan yang membentuk Tinggian Meratus, sehingga terpisahnya cekungan Barito.

3.2.1.3 Stratigrafi Regional

Daerah PT. Pamapersada Nusantara secara regional termasuk dalam cekungan Kutai. Cekungan Kutai ini, dibagi menjadi dua bagian, yaitu : Cekungan Barito yang terdapat di sebelah barat Pegunungan Maratus dan Cekungan Pasir yang terdapat di sebelah timur Pegunungan Meratus.

Secara khusus wilayah kerja penambangan PT. Pamapersada Nusantara terletak pada Cekungan Barito yang terletak di tepi bagian timur Sub-Cekungan Barito di dekat Pegunungan Meratus. Sub-Cekungan Barito merupakan bagian selatan Cekungan Kutai yang berupa suatu Cekungan luas dan meliputi Kalimantan bagian Selatan dan Timur selama zaman Terzier. Cekungan Barito terdiri dari empat formasi yang berumur eosin sampai plesitosen. Adapun urutan stratigrafi formasi cekungan berdasarkan waktu terbentuknya adalah :



Gambar 3.1 Formasi-formasi, *Paleofacies*, dan Periode Tektonik pada Cekungan Barito (Indonesian Basin Summaries, 2006)

1. Formasi Tanjung (Eosen – Oligosen Awal)

Formasi Tanjung merupakan formasi paling tua dari empat lapisan yang ada di daerah penambangan, berumur Eosen, ketebalannya mencapai 1.100 meter, terdiri dari (dari bawah ke atas) konglomerat yang merupakan komponen utama, mengandung sisipan batubara yang kurang berarti, lapisan ini ditutupi oleh batupasir, batulanau dan batulumpur (*mudstone*)

dibagian atasnya. Formasi ini diendapkan pada lingkungan litoral neritik.

2. Formasi Berai (Oligosen Akhir – Miosen Awal)

Formasi Berai disusun oleh batugamping berselingan dengan batulempung / serpih di bagian bawah, di bagian tengah terdiri dari batugamping masif dan pada bagian atas kembali berulang menjadi perselingan batugamping, serpih, dan batupasir. Formasi ini diendapkan dalam lingkungan lagoon-neritik tengah dan menutupi secara selaras Formasi Tanjung yang terletak di bagian bawahnya. Kedua Formasi Berai, dan Tanjung memiliki ketebalan 1100 m pada dekat Tanjung.

3. Formasi Warukin (Miosen Bawah – Miosen Tengah)

Formasi Warukin diendapkan di atas Formasi Berai dan ditutupi secara tidak selaras oleh Formasi Dahor.

Sebagian besar sudah tersingkap, terutama sepanjang bagian barat Tinggian Meratus, malahan di daerah Tanjung dan Kambitin telah tererosi. Hanya disebelah selatan Tanjung yang masih dibawah permukaan.

Formasi warukin terbagi atas dua anggota, yaitu Warukin bagian bawah (anggota klasik), dan Warukin bagian atas (anggota batubara). Kedua anggota tersebut

dibedakan susunan litologinya. Warukin bagian bawah (anggota klasik) berupa perselingan antara napal atau lempung gampingan dengan sisipan tipis batupasir, dan batugamping tipis di bagian bawah, sedangkan di bagian atas merupakan selang-seling batupasir, lempung, dan batubara. Batubara nya mempunyai ketebalan tidak lebih dari 5 meter, sedangkan batupasir bisa mencapai ketebalan lebih dari 30 meter. Warukin bagian atas (anggota batubara) dengan ketebalan \pm 500 meter, berupa perselingan batupasir, dan batulempung dengan sisipan batubara. Tebal lapisan batubara mencapai lebih dari 40 meter, sedangkan batupasir tidak begitu tebal, biasanya mengandung air tawar. Formasi Warukin diendapkan pada lingkungan neritik dalam (innerneritik) – deltaic dan menunjukkan fasa regresi.

4. Formasi Dahor (Miosen Atas – Pliosen)

Formasi Dahor merupakan perselingan antara batupasir, batubara, konglomerat, dan serpih yang diendapkan dalam lingkungan litoral – supra litoral. Setempat ditemukan batulempung lunak, lignit dan limonit. Formasi ini diendapkan pada lingkungan litoral hingga sublitoral dengan ketebalan sekitar 840 meter dan

berumur Miosen akhir sampai Pliosen. Hubungannya tidak selaras dengan Formasi Warukin yang terletak dibawahnya dan tidak selaras dengan endapan alluvial yang terdapat di bagian atasnya.

Pola struktur yang berkembang di pulau Kalimantan berarah Meratus (Timur laut-Barat daya). Pola ini tidak hanya terjadi pada struktur-struktur sesar tetapi juga pada arah sumbu lipatan. Perbukitan Tutupan yang berarah timur laut-barat daya dengan panjang sekitar 20 km terbentuk akibat pergerakan dua patahan anjakan yang searah. Salah satunya dikenal dengan nama *Dahai Thrust Fault* yang memanjang pada kaki bagian barat perbukitan Tutupan. Patahan lain bernama *Tanah Abang-Tepian Timur Thrust Fault* yang memanjang pada kaki bagian timur perbukitan Tutupan. Keberadaan patahan ini diketahui berdasarkan data seismik dan pemboran sumur minyak (*Asminco,1996*). Patahan lain yang tidak berhubungan dengan perbukitan Tutupan dan berarah timurlaut-baratdaya terdapat di daerah Wara dengan nama *Maridu Thrust Fault*. Patahan-patahan yang terjadi pada umumnya searah dengan bidang perlapisan sehingga tidak mengganggu penyebaran batubara. Pada kaki bagian timur perbukitan Tutupan juga terdapat struktur *antiklin* yang

diberi nama *Antiklin Tanah Abang-Tepian Timur*. Sumbu *antiklin* berarah utara-selatan dan searah dengan *Tanah Abang-Tepian Timur Thrust Fault*. *Antiklin-antiklin* umumnya memiliki sumbu berarah timurlaut-baratdaya seperti *antiklin Tanjung*, *antiklin Warukin* dan *antiklin Paringin*. Sedangkan struktur *sinklin* yang terdapat di daerah Tutupan dan Wara dinamakan *Sinklin Bilas*. Struktur geologi yang terdapat di daerah Paringin berupa *antiklin* yang dikenal dengan nama *antiklin Paringin*. *Antiklin Paringin* yang bentuknya tidak simetri memanjang sekitar 18 km searah timurlaut-baratdaya. Di bagian barat kemiringan lapisan batuan hampir vertikal.

3.2.1.4 Struktur Geologi Regional

Pola struktur yang berkembang di pulau Kalimantan berarah Meratus (Timur laut-Barat daya). Pola ini tidak hanya terjadi pada struktur-struktur sesar tetapi juga pada arah sumbu lipatan. Perbukitan Tutupan yang berarah timur laut-barat daya dengan panjang sekitar 20 km terbentuk akibat pergerakan dua patahan anjakan yang searah. Salah satunya dikenal dengan nama *Dahai Thrust Fault* yang memanjang pada kaki bagian barat perbukitan Tutupan. Patahan lain bernama *Tanah Abang-Tepian Timur Thrust Fault* yang memanjang pada kaki bagian

timur perbukitan Tutupan. Keberadaan patahan ini diketahui berdasarkan data seismik dan pemboran sumur minyak (Asminco,1996). Patahan lain yang tidak berhubungan dengan perbukitan Tutupan dan berarah timurlaut-baratdaya terdapat di daerah Wara dengan nama *Maridu Thrust Fault*. Patahan-patahan yang terjadi pada umumnya searah dengan bidang perlapisan sehingga tidak mengganggu penyebaran batubara. Pada kaki bagian timur perbukitan Tutupan juga terdapat struktur *antiklin* yang diberi nama *Antiklin Tanah Abang-Tepian Timur*. Sumbu *antiklin* berarah utara-selatan dan searah dengan *Tanah Abang-Tepian Timur Thrust Fault*. *Antiklin-antiklin* umumnya memiliki sumbu berarah timurlaut-baratdaya seperti *antiklin* Tanjung, *antiklin* Warukin dan *antiklin* Paringin. Sedangkan struktur *sinklin* yang terdapat di daerah Tutupan dan Wara dinamakan *Sinklin* Bilas. Struktur geologi yang terdapat di daerah Paringin berupa *antiklin* yang dikenal dengan nama *antiklin* Paringin. *Antiklin* Paringin yang bentuknya tidak simetri memanjang sekitar 18 km searah timurlaut-baratdaya. Di bagian barat kemiringan lapisan batuan hampir vertikal.

3.2.2 Kondisi Geologi Daerah Penelitian

3.2.2.1 Morfologi Daerah Penelitian

Keadaan morfologi di daerah tambang adalah mendatar dari ketinggian 30 meter permukaan laut dan kondisi berawa sedangkan daerah perbukitannya setinggi 200 meter dari permukaan dan dialiri banyak sungai-sungai kecil. Pada daerah yang lebih rendah dipenuhi dengan hutan. Morfologi lokasi tambang tutupan dan sekitarnya adalah bergelombang sedang sampai dataran dengan kemiringan lereng 16-25%. Dataran terdiri dari material jenis *sandstone*, *sandy clay*, dan *claystone*.

3.2.2.2 Stratigrafi Daerah Penelitian

Urutan stratigrafi yang tersingkap di daerah penelitian berupa Formasi Warukin bagian atas yang dicirikan dengan hadirnya batubara yang tebal dan litologi berukuran halus.

Berdasarkan ciri litologi dan umur geologi, maka daerah penelitian dapat dikelompokkan menjadi 3 (tiga) satuan litostratigrafi. Urutan litostratigrafi dari yang tertua hingga yang termuda adalah sebagai berikut :

1. Satuan Batupasir Kuarsa

Penamaan satuan ini berdasarkan peta litologi dominan yang berupa batupasir kuarsa yang berada pada

Formasi Warukin bagian atas. Di sumur Warukin Selatan ditemukan fosil *Lepidocyclina* (N) *Sumatraensis* dan *Spiroclypeus Margaritatus Datum* yang menunjukkan berumur Miosen Tengah. Hubungan stratigrafi antara satuan batupasir dengan batulempung yang berada di atasnya adalah selaras. Berdasarkan struktur sedimen, litologi, serta komposisi litologinya maka satuan batupasir kuarsa terendapkan pada sub lingkungan channel, *transitional lower delta plain* (Horne, 1978).

2. Satuan Batulempung

Umur satuan batuan ini berdasarkan kesebandingan dengan geologi regional yang berumur Miosen Tengah (Siregar dan Sunaryo, 1980). Satuan ini terendapkan di sub lingkungan *swamp-crevasse splay*, lingkungan *transitional lower delta plain* (Horne et al, 1978).

Hubungan stratigrafi antara satuan batupasir kuarsa dengan satuan batulempung yang berada di atasnya adalah selaras.

3. Satuan Batulempung Pasiran

Umur satuan ini adalah Miosen Tengah yang terendapkan pada daerah sub lingkungan *crevasse splay with interdistributary bay*. Hubungan stratigrafi

antara satuan batuan yang berada di atasnya adalah selaras.

3.3 Alat dan Bahan

Alat dan bahan yang digunakan dalam pengolahan data penelitian Tugas Akhir ini adalah :

1. Alat tulis, berfungsi untuk mencatat data-data yang diperlukan pada saat di lapangan.
2. Alat Pelindung Diri (APD)
3. Buku tulis, berukuran kecil untuk mencatat data-data penting selama ada di lapangan.
4. Data pengukuran, adalah data yang akan diolah dan dianalisis.
5. Kalkulator, berfungsi untuk menghitung data-data dalam penelitian Tugas Akhir.
6. Kamera, berfungsi untuk mengambil gambar-gambar selama berada di lapangan untuk melengkapi data Tugas Akhir.
7. Laptop, berfungsi untuk mengolah data-data yang telah diperoleh selama berada di lapangan maupun dari buku-buku referensi . Di gunakan untuk pembuatan laporan, pengolahan dan analisis data.

3.4 Metode

Metode penelitian yang digunakan oleh peneliti yaitu menggunakan metode analisis statistika penafsiran yaitu suatu penelitian yang sering dipakai dalam penelitian hidrologi untuk membuat peramalan dan penarikan kesimpulan mengenai suatu fenomena. Untuk melakukan

penafsiran diperlukan metode analisis deskriptif terlebih dahulu yaitu pengumpulan dan perhitungan data lapangan. Penelitian dilaksanakan melalui prosedur sebagai berikut :

1. Studi Literatur yaitu melakukan studi atau mencari referensi di perpustakaan dengan membaca literatur yang berkaitan dengan sistem penyaliran pada tambang. Literatur yang digunakan berasal dari buku, jurnal penelitian, laporan, internet serta makalah-makalah yang berhubungan dengan penelitian.
2. Melakukan studi lapangan
 - a. Observasi yaitu, melakukan pengamatan langsung di lapangan terhadap *mine drainage* di PT. Pamapersada Nusantara. Pengambilan data langsung di lapangan meliputi data pengukuran debit pompa, pengambilan elevasi outlet & inlet pompa.
3. Pengelompokan Data.

Selanjutnya data yang diperoleh dari hasil studi literatur dan studi lapangan, kemudian dikelompokkan menjadi data sekunder dan data primer. Data sekunder adalah data penunjang yang didapat peneliti dari pihak Perusahaan, Instansi yang terkait dengan penelitian. Data primer adalah data yang diambil peneliti dilapangan dan diolah peneliti.

4. Pengolahan Data

Pengolahan data dilakukan dengan melakukan beberapa perhitungan dan penggambaran yang selanjutnya disajikan dalam bentuk grafik-grafik atau rangkaian perhitungan.

5. Pembahasan

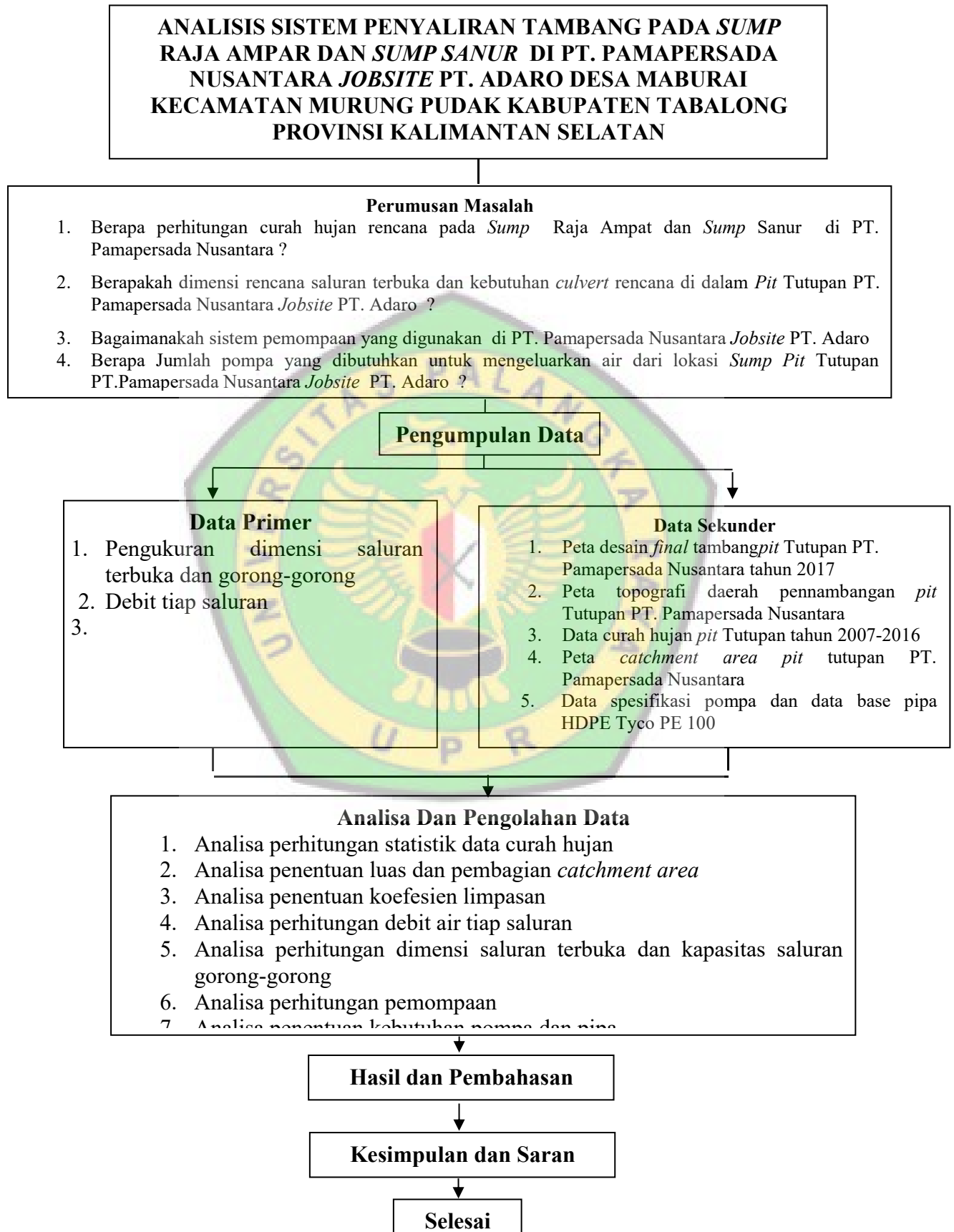
Melakukan analisis terhadap data-data hasil penelitian sehingga didapatkan solusi guna penyelesaian masalah yang ada.

6. Kesimpulan dan Saran

Sebagai rekomendasi kepada perusahaan untuk menyelesaikan permasalahan di lapangan yang terkait dengan hasil penelitian ini.



3.5 Diagram Alir Pelaksanaan Tugas Akhir



BAB V

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Selama penelitian di *pit* Tutupan PT. Pamapersada Nusantara mengenai perencanaan sistem penyaliran tambang, penulis menyimpulkan beberapa kesimpulan yang dapat diambil berdasarkan rumusan masalah pada penelitian, berikut kesimpulannya :

1. Curah hujan rencana dengan periode ulang hujan dua (2) tahun diperoleh sebesar 114,4319915 mm sedangkan untuk periode ulang lima (5) tahun sebesar 147,4737014 mm.
2. Dimensi saluran trapesium yang di ideal adalah 1 sampai 10 meter untuk lebar dasar, kedalaman berkisar antara 0,5 sampai 1 meter, lebar puncak di antara 2 sampai 12 meter, dan tinggi jagaan di antara 0,5 sampai 0,7 meter.
3. Sistem pemompaan yang digunakan di *Sump* Raja Ampat yaitu sistem *Direct Multistage Pumping* dengan menggunakan pompa primer Multiflo 420 dan 2 pompa booster Warman 8/6 yang terletak pada RL -200, RL - 112 dan RL -64, sedangkan sistem pemompaan yang digunakan di *Sump* Sanur yaitu sistem pemompaan *Singlestage Pumping* menggunakan pompa primer Multiflo 420 yang terletak pada RL - 8.

5.2 Saran

Berdasarkan hasil dari perencanaan sistem penyaliran di *pit* Tutupan PT. Pamapersada Nusantara, penulis memberikan beberapa saran, yaitu :

1. Untuk membantu pelaksanaan perencanaan sistem penyaliran tambang di *sump* blok barat *Pit* Tutupan digunakan perencanaan dimensi saluran terbuka, kebutuhan *culvert*, kapasitas desain *sump*, dan sistem pemompaan dan pemipaan yang direkomendasikan dalam perhitungan
2. Perlu adanya perawatan untuk infrastruktur pengendalian air pada *Pit* Tutupan secara berkala agar sistem penyaliran tersebut dapat berfungsi secara optimal dan baik.
3. Kemiringan gorong-gorong (*culvert*) sebaiknya dibuat dengan kemiringan 3% untuk mengurangi adanya endapan material pada gorong-gorong (*culvert*).



DAFTAR PUSTAKA

- Anggrahini, 2005. *Hidrolika Saluran Terbuka*. Srikandi, Surabaya.
- Anonim, 2013. *Geology Department*. PT. Adaro Indonesia, Jakarta.
- Anonim. 2013. *Operational Technical Mine Dewatering 3rd Edition*. PT. Pamapersada Nusantara, Jakarta.
- Anonim, 2006. *Panduan Dewatering Manual*. PT. Pamapersada Nusantara, Jakarta.
- Anonim, 2006. *Perencanaan Sistem Drainase Jalan*. Departemen Pekerjaan Umum, Yogyakarta.
- Asdak, C., 1995. *Hidrologi dan Pengelolaan Daerah Aliran Sungai*. Gadjah Mada University Press, Yogyakarta.
- BMKG Provinsi Kalimantan Selatan,. *Data Iklim Harian*. Kabupaten Tabalong.
- Botutihe, Z., 2005. *Perancangan Sistem Penyaliran Tambang Dalam Kaitannya dengan Rencana Penambangan Tahun 2005 hingga 2008 di Site Lati PT Berau Coal*. Skripsi, Departemen Teknik Pertambangan ITB, Bandung.
- Chow, Ven Te., et al., 1988. *Applied Hydrology*. (McGraw-Hill series in water resources and environmental engineering), Singapore.
- Endriantho dan Ramli, 2013. *Perencanaan Sistem Penyaliran Tambang Terbuka Batubara*. Universitas Hasanuddin, Jurnal Geosains, Vol 09 No 1.
- Gautama, R.S., 1999. *Laporan Kegiatan Tenaga Ahli Dalam Negeri Bidang Penirisan (Drainage) di Tambang Terbuka*, ITB, Bandung.
- Gautama, R.S., 1991. *Sistem Penyaliran Tambang*. Diktat Kuliah , Bandung.
- Hartono, dkk., 2010. *Sistem Penyaliran Tambang Terbuka*. Jurusan Teknik Pertambangan, Fakultas Teknologi Mineral, UPN, Yogyakarta.
- Kamiana, I Made. 2012. *Teknik Perhitungan Debit Rencana Bangunan Air*. Graha Utama. Yogyakarta.
- Margareth., 2010. *Kajian Sistem Penyaliran Tambang Terbuka di PT. Telen Orbit Prima*. Jurusan Teknik Pertambangan, Fakultas Teknik, Universitas Lambung Mangkurat.
- Soemarto, C D., 1999. *Hidrologi Teknik (Edisi Perbaikan)*. Erlangga, Jakarta.

- Soemarto, C D., 1987. *Hidrologi Teknik Penentuan Besar Debit Andalan*. Usaha Nasional, Surabaya.
- Soewarno, 2000. *Hidrologi Operasional*. Citra Aditya Bakti, Bandung.
- Sosrodarsono, S., Takeda, K., 1993. *Hidrologi Untuk Pengairan*. PT. Pradaya Paramitha, Jakarta.
- Suripin, 2004. *Sistem Drainase Perkotaan yang Berkelanjutan*. Andi, Yogyakarta.
- Suwandi, Awang., 2004. *Perencanaan Sistem Penyaliran Tambang*. Diklat Perencanaan Tambang Terbuka UNISBA.
- Suyono, dkk., 2011. *Perencanaan Tambang 2 (Hidrologi)*. Jurusan Teknik Pertambangan, Fakultas Teknologi Mineral, Universitas Veteran Yogyakarta.
- Wibawa, F., dan Kresno., 2013. *Rancangan Sump D1 Blok D1 - D2 Pit Roto Selatan PT. Pamapersada Nusantara Distrik Kideco Batu Kajang Kalimantan Timur*. Jurnal Teknologi Pertambangan. Vol. 1, No.1, Fakultas Teknologi Mineral,UPN. Yogyakarta

