

**PERENCANAAN SISTEM PENYALIRAN
PADA *SUMP* TOBA DI *PIT* TUTUPAN
PT. PAMAPERSADA NUSANTARA
JOBSITE PT. ADARO INDONESIA
KABUPATEN TABALONG
PROVINSI KALIMANTAN SELATAN**

SKRIPSI



OLEH :

ELLA ELIANY
DBD 112 102

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

**PERENCANAAN SISTEM PENYALIRAN
PADA *SUMP* TOBA DI *PIT* TUTUPAN
PT. PAMAPERSADA NUSANTARA
JOBSITE PT. ADARO INDONESIA
KABUPATEN TABALONG
PROVINSI KALIMANTAN SELATAN**

SKRIPSI

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



OLEH :

**ELLA ELIANY
DBD 112 102**

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

SURAT PERNYATAAN BEBAS PLAGIARISME

Saya yang bertandatangan dibawah ini :

NAMA : ELLA ELIANY

NIM : DBD 112 102

JURUSAN : TEKNIK PERTAMBANGAN

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

Palangka Raya, Januari 2020

Penulis,



6000
ENAM RIBURUPAH

ELLA ELIANY
DBD 112 102

HALAMAN PENGESAHAN

SKRIPSI

**PERENCANAAN SISTEM PENYALIRAN
PADA SUMP TOBA DI PIT TUTUPAN
PT. PAMAPERSADA NUSANTARA
JOBSITE PT. ADARO INDONESIA
KABUPATEN TABALONG
PROVINSI KALIMANTAN SELATAN**

Oleh

ELLA ELIANY
DBD 112 102

Telah dipertahankan di depan Tim Penguji pada Januari 2020
Dan dinyatakan telah memenuhi syarat untuk diterima

Susunan Tim Penguji,

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

Ketua

2. **NENY SUKMAWATIE, S.Hut., MP**
NIP. 19760614 200801 2 020

Sekretaris

3. **FAHRUL INDRAJAYA, ST**
NIP. 19791215 200812 1 001

Anggota

4. **NOVALISAE, ST., MT.**
NIP. 19881110201903 2 015

Anggota

5. **LISA VIRGIYANTI, ST., MT**
NIP. 19770904 200801 2 011

Anggota

Mengetahui,



Ketua Jurusan
Teknik Pertambangan

FAHRUL INDRAJAYA, ST., MT
NIP. 19791215 200812 1 001



HALAMAN PERSEMBAHAN

*Mengucap syukur kepada
Tuhan didalam nama Yesus Kristus
yang sudah menyertai dalam kemalasan, pengumpulan dan dalam segala musim selama pengerjaan
skripsi ini.*

AKHIRNYA JILD JUGA.

Teruntuk yang selalu mendukung dalam doa dan orang-orang yang selalu bertanya "kapan lulus?"

ORANGTUA

Terimakasih untuk dukungan moril dan materil, serta segala wejangan dan petuah. Kepada Bapak terkasih **Ir. EKA SUBRATA**, dan Ibu tercinta **NIVA SIOLA, S.Pd.**

ADIK

Terimakasih kepada kedua adik yang sebenarnya tidak ada andil dalam pengerjaan skripsi, tapi ikut meramaikan dalam masa pengerjaan. Kepada **RUDY PUTRA SUBRATA** dan **FREDY JAYA KUSUMA.**

SELURUH DOSEN DAN STAFF JURUSAN TEKNIK PERTAMBANGAN SERTA PEMBIMBING LAPANGAN TERHORMAT

Terimakasih sedalamnya teruntuk para dosen atas bimbingan, tuntunan, ilmu, nasihat dan bantuan yang telah diberikan. Kepada seluruh staff yang membantu dalam banyak hal.

Terimakasih yang sedalamnya teruntuk Pembimbing Lapangan Pak **LINDA AGUNG SAPUTRO**, Pak **ARLANGGA VIDI BASWARA**, Pak **BENY SINAGA**, Pak **DAUS**, Pak **CAHYO**, Kak **YAYU**, dan Kak **NANDI** untuk bimbingan, bantuan dan tuntunan ilmu yang sudah diberikan kepada penulis selama melaksanakan penelitian di **PT. Pamapersada Nusantara, Jobsite Adaro.**

Kepada Pak **BUDI** sekeluarga untuk semua bantuan dan kebaikan selama berada di Tanjung, penulis sangat berterimakasih.

SAHABAT DAN TEMAN SEPERJUANGAN TERKASH

Terimakasih kepada sodari kembar beda ibu dan bapak:

DEONESYA MARIA R.S, tempat berbagi ampas dan drama kehidupan.

Teman Nongki-Sahabat bertumbuh lewat teguran halus dan kasar, **EMERALD**.

Kepada **Teman-teman MB & Pejuang 7 + 1**
untuk pengalaman berteman, berjuang, dan berbagi
hal-hal yang bermakna bahkan hal absurd bersama.

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur penulis panjatkan kehadiran Tuhan Yesus Kristus, karena atas berkat dan karunia-Nya penulis masih diberikan kesehatan jasmani dan rohani, sehingga laporan Skripsi dengan judul “Perencanaan Sistem Penyaliran Pada Sump Toba Di *Pit* Tutupan PT. Pamapersada Nusantara *jobsite* PT. Adaro Indonesia Kabupaten Tabalong Provinsi Kalimantan Selatan” dapat diselesaikan dengan baik dan lancar.

Pada kesempatan ini perkenankanlah penulis mengucapkan terimakasih yang sebesar-besarnya kepada :

1. Bapak Ir.Waluyo Nuswantoro, MT. selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Palangka Raya.
2. Bapak Ir.Yulian Taruna, M.Si. , selaku Dosen Pembimbing I Skripsi.
3. Ibu Neny Sukmawatie, S.Hut, MP, Dosen Pembimbing II Skripsi.
4. Bapak Fahrul Indrajaya, ST., MT, Selaku Ketua Jurusan Teknik Pertambangan Universitas Palangka Raya dan Dosen Penguji I Skripsi.
5. Ibu Novalisae, ST, MT, selaku Dosen Penguji II Skripsi.
6. Ibu Lisa Virgiyanti, ST., MT, selaku Pembimbing Akademik, Koordinator Skripsi dan dan Dosen Penguji III Skripsi.
7. Seluruh Bapak dan Ibu Dosen, Staff/karyawan Jurusan Teknik Pertambangan Fakultas Teknik Universitas Palangka Raya.

8. Bapak Linda Agung Saputro, ST., selaku pembimbing dalam penyusunan dan penelitian laporan Skripsi di PT. Pamapersada Nusantara *Job Site* PT. Adaro.
9. Seluruh Staff dan Karyawan *Department Engineering* PT. Pamapersada Nusantara *Job Site* PT. Adaro.
10. Kedua orang tua dan saudara terkasih yang selalu mendukung penulis baik berupa moril dan moral, memotivasi serta selalu mendoakan penulis.
11. Rekan-rekan Mahasiswa Jurusan Teknik Pertambangan, serta semua pihak yang telah memberikan bantuan pada pengerjaan Skripsi ini sehingga dapat dilaksanakan dan diselesaikan.

Penulis menyadari sepenuhnya bahwa dalam penyusunan Skripsi ini masih jauh dari kesempurnaan karena keterbatasan pengetahuan dan kemampuan yang penulis miliki. Akhir kata dengan segala kerendahan hati, penulis sangat mengharapkan saran, masukan, dan kritik yang membangun untuk penyempurnaan Skripsi ini nantinya.

Palangka Raya, Januari 2020


Penulis

SARI

Penelitian ini dilakukan di *Pit* Tutupan PT. Pamapersada Nusantara Jobsite PT. Adaro Indonesia, Kabupaten Tabalong, Provinsi Kalimantan Selatan. Sistem penambangan yang diterapkan PT. Pamapersada Nusantara merupakan sistem penambangan terbuka. Hal menyebabkan pit berpotensi besar untuk menjadi tempat tergenangnya air. Tujuan dari penelitian ini adalah merencanakan sistem penyaliran yang digunakan terhadap proses pengendalian air di lokasi penelitian yang terkena kemajuan tambang, secara khusus pada *Sump* Toba.

Proses perencanaan sistem penyaliran memiliki beberapa tahapan perhitungan dan analisis antara lain: 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.

Berdasarkan analisis data curah hujan tahun 2007-2016, diperoleh curah hujan rencana dengan menggunakan distribusi Log Pearson III yaitu 110,175 mm untuk periode ulang 2 tahun, dan 142,512 mm untuk periode ulang 5 tahun. Daerah tangkapan hujan pada lokasi penelitian *sump* Toba memiliki luas area sebesar 6,658 km². Kombinasi *Metode drainage* dan *mine dewatering* akan digunakan dalam rancangan tahun 2017. Metode *mine drainage* yang digunakan pada rancangan adalah dengan pembuatan saluran terbuka. Saluran terbuka tersebut berfungsi mencegah air masuk ke pit, dan mengalirkan air ke *sump* Toba. Dimensi saluran yang direncanakan yaitu berbentuk trapesium sesuai debit air rencana yang dialirkan. Terdapat 62 pembagian *catchment area* untuk saluran terbuka pada *Sump* Toba. Metode *mine dewatering* yang digunakan adalah dengan membuat kolam penampungan yang berfungsi untuk menampung air yang masuk ke dalam front kerja. Kolam penampungan (*sump*) dirancang agar mampu menampung volume 2 hari hujan tanpa dilakukan pemompaan. Kapasitas desain rencana *Sump* Toba sebesar 750.720 m³. Selanjutnya air pada *sump* dipompa menuju ke *outer drainage* dan *settling pond* Komodo. 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

This research was conducted at the Tutupan Pit of PT. Pamapersada Nusantara Jobsite PT. Adaro Indonesia, Tabalong Regency, South Kalimantan Province. The mining system implemented by PT. Pamapersada Nusantara is an open mining system. This causes the pit to have a bigger potential to become a waterlogging place. The purpose of this study is to plan a drainage system that is used for the water control process at the research site affected by mine progress, specifically at the Toba Sump.

The process of planning the drainage system has several stages of calculation and analysis including: calculation of plan rainfall for a certain period, calculation of plan discharge based on catchment area and rainfall intensity, calculation of channel dimensions in the pit, calculation of the number of culverts needed, calculation of pool capacity (sump), as well as the determination of the number of pumps used to drain water in reservoirs.

Based on the analysis of rainfall data for 2007-2016, a rainfall plan was obtained using the Log Pearson III distribution of 110,175 mm for a 2-year return period, and 142,512 mm for a 5-year return period. The rain catchment area at the Toba sump research site has an area of 6.658 km². The combination of drainage and mine dewatering methods will be used in the 2017 design. Mine drainage method used in the design is by making an open channel. The open channel serves to prevent water from entering the pit, and drain water to the Toba sump. The planned channel dimension is trapezoidal according to the planned flow of water. There are 62 catchment area distributions for open channels on Sump Toba. Mine dewatering method used is to create a reservoir that serves to collect water that enters the work front. The sump is designed to be able to accommodate a volume of 2 rain days without pumping. The design capacity of the Sump Toba plan is 750.720 m³. Furthermore, the water in the sump is pumped to the outer drainage and settling pond of the Komodo dragon. 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

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..... | 3 |
| 1.3 Maksud dan Tujuan | 3 |
| 1.3.1 Maksud..... | 3 |
| 1.3.2 Tujuan | 4 |
| 1.4 Manfaat Penelitian | 4 |
| 1.5 Batasan Masalah | 5 |
| | |
| BAB II TINJAUAN PUSTAKA | 6 |
| 2.1 Penelitian terdahulu | 6 |
| 2.1.1 Subiakto,2016 | 6 |
| 2.1.2 Fitri Nauli, 2014..... | 7 |
| 2.2 Sistem Penyaliran Tambang Terbuka | 8 |
| 2.2.1 Mine Drainage | 9 |
| 2.2.2 Mine Dewatering | 9 |
| 2.3 Faktor yang Mempengaruhi Sistem Penyaliran | 10 |
| 2.3.1 Sistem Penambangan | 10 |
| 2.3.2 Curah Hujan..... | 11 |
| 2.3.3 Daerah Tangkapan Hujan (Catchment Area)..... | 11 |
| 2.3.4 Air Limpasan | 12 |
| 2.3.5 Debit Limpasan (Run Off)..... | 13 |
| 2.3 Hidrologi | 13 |
| 2.4.1 Siklus Hidrologi..... | 13 |

| | | |
|----------------|--|-----------|
| 2.4.2 | Analisis Data Curah Hujan..... | 15 |
| 2.4.3 | Curah Hujan Rencana..... | 17 |
| 2.4.4 | Intensitas Hujan Rencana..... | 21 |
| 2.4.5 | Periode Ulang Hujan (PUH)..... | 21 |
| 2.4.6 | Resiko Hidrologi..... | 22 |
| 2.5 | Analisis Air Limpasan..... | 22 |
| 2.5.1 | Laju Aliran Puncak..... | 23 |
| 2.5.2 | Nilai Koefisien Limpasan (C)..... | 23 |
| 2.6 | Perencanaan Saluran Terbuka | 23 |
| 2.6.1 | Kriteria Perencanaan..... | 24 |
| 2.6.2 | Perhitungan Debit Aliran Rencana(Qr)..... | 26 |
| 2.6.3 | Perhitungan Penampang dan debit saluran)..... | 29 |
| 2.6.4 | Perhitungan Dimensi dan Kemiringan Saluran..... | 30 |
| 2.7 | Kebutuhan Gorong Gorong (<i>Culvert</i>) | 31 |
| 2.8 | Kolam Penampungan | 34 |
| 2.7.1 | Volume Air Total..... | 35 |
| 2.9 | Sistem Pemompaaan | 35 |
| 2.9.1 | Pompa..... | 35 |
| 2.9.2 | Pipa..... | 38 |
| 2.9.3 | Perhitungan <i>Head</i> Pompa..... | 40 |
| 2.9.4 | Pump Performance Curve..... | 42 |
| BAB III | METODE PENELITIAN | 44 |
| 3.1 | Gambaran Umum Wilayah Penelitian | 44 |
| 3.1.1 | Sejarah Perusahaan | 44 |
| 3.1.2 | Lokasi dan Kesampaian Daerah..... | 46 |
| 3.2 | Kondisi Geologi..... | 48 |
| 3.2.1 | Fisiografi Regional..... | 48 |
| 3.2.2 | Kondisi Geologi Daerah Penelitian | 53 |
| 3.3 | Alat dan Bahan..... | 55 |
| 3.4 | Tata Laksana Penelitian | 55 |
| 3.4.1 | Langkah Kerja..... | 55 |
| 3.4.2 | Metode Penelitian | 57 |
| 3.6 | Bagan Alir Pelaksanaan Skripsi | 59 |
| 3.7 | Waktu Penelitian | 60 |

| | | |
|---------------|--|------------|
| BAB IV | HASIL DAN PEMBAHASAN | 61 |
| 4.1 | Hasil | 61 |
| 4.1.1 | Analisis Data Curah Hujan | 64 |
| 4.1.2 | Perencanaan Penyaliran | 72 |
| 4.1.2.1 | Perencanaan Saluran Terbuka..... | 72 |
| 4.1.2.2 | Kebutuhan Gorong-Gorong (<i>Culvert</i>)..... | 106 |
| 4.1.2.3 | Perencanaan Kapasitas Desain Kolam Terbuka (<i>Sump</i>).. | 112 |
| 4.1.3 | Perencanaan Pemompaan dan Pemipaan | 116 |
| 4.2 | Pembahasan..... | 124 |
| 4.2.1 | Curah Hujan Rencana Daerah Penelitian..... | 124 |
| 4.2.1 | Perencanaan Sistem Penyaliran..... | 126 |
| 4.2.2.1 | Perencanaan Dimensi Saluran Terbuka | 126 |
| 4.2.2.2 | Kebutuhan Gorong-Gorong (<i>Culvert</i>)..... | 130 |
| 4.2.2.3 | Perencanaan Kapasitas Desain Kolam Terbuka..... | 131 |
| 4.2.5 | Perencanaan Sistem Pemompaan dan Pemipaan | 132 |
| BAB V | PENUTUP..... | 134 |
| 5.1 | Kesimpulan..... | 134 |
| 5.2 | Saran..... | 135 |

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN

DAFTAR TABEL

| | | |
|------------|--|-----|
| Tabel 2.1 | Syarat Penggunaan Jenis Sebaran | 21 |
| Tabel 2.2 | PUH Rencana Untuk Sarana Penyaliran | 22 |
| Tabel 2.3 | Kemiringan Saluran Berdasarkan Jenis Material | 25 |
| Tabel 2.4 | Hubungan Kemiringan Saluran dan Jarak Pematah Arus | 26 |
| Tabel 2.5 | Komponen Penampang dan debit Saluran | 29 |
| Tabel 3.1 | Waktu Penelitian Skripsi | 60 |
| Tabel 4.1 | Curah Hujan Maksimum | 65 |
| Tabel 4.2 | Curah Hujan Total | 66 |
| Tabel 4.3 | Perhitungan Parameter Statistik | 66 |
| Tabel 4.4 | Perhitungan Parameter Statistik Logaritma | 67 |
| Tabel 4.5 | Hasil Pengukuran Dispersi | 68 |
| Tabel 4.6 | Rekapitulasi Curah Hujan Rencanan Empat Jenis Distribusi | 71 |
| Tabel 4.7 | Parameter Syarat Penentuan Jenis Metode Distribusi | 72 |
| Tabel 4.8 | Data Awal Diketahui Area CA Jalur A | 76 |
| Tabel 4.9 | Intensitas Hujan Area CA Jalur A | 76 |
| Tabel 4.10 | Hasil Perhitungan Debit | 84 |
| Tabel 4.11 | Hasil Perhitungan Dimensi Saluran Samping | 105 |
| Tabel 4.12 | Hasil Perhitungan Kebutuhan <i>Culvert Sump</i> Toba Jalur A | 112 |
| Tabel 4.13 | Hasil Rekomendasi Perencanaan Kapasitas Sump Toba | 116 |
| Tabel 4.14 | Head Velocity | 119 |
| Tabel 4.15 | Head Belokan | 120 |
| Tabel 4.16 | Head Belokan Total | 120 |
| Tabel 4.17 | Dynamic Head | 121 |
| Tabel 4.18 | Head Total Pompa | 121 |
| Tabel 4.19 | Total Head Berdasarkan Perbedaan Debit Pompa | 122 |

DAFTAR GAMBAR

| | | |
|------------|---|-----|
| Gambar 2.1 | Kolam Terbuka | 10 |
| Gambar 2.2 | Siklus Hidrologi | 15 |
| Gambar 2.3 | Pematah Arus | 26 |
| Gambar 2.3 | Pola Jaringan Saluran Terbuka | 17 |
| Gambar 2.4 | Kemiringan Lahan | 28 |
| Gambar 2.5 | Penampang Saluran Bentuk Trapesium | 30 |
| Gambar 2.6 | Penampang Saluran Bentuk Lingkaran | 32 |
| Gambar 2.7 | Sistem Kolam Penampungan | 33 |
| Gambar 2.8 | Contoh <i>Pump Performance Curve</i> | 43 |
| Gambar 3.1 | Bagan Alir Penelitian | 59 |
| Gambar 4.1 | Alur Sistem Penyaliran Tambang Air Tambang <i>Sump</i> Toba | 63 |
| Gambar 4.2 | Alat Penakar Hujan Manual | 64 |
| Gambar 4.3 | Gelas Ukur | 65 |
| Gambar 4.4 | Peletakan Pompa Booster..... | 124 |

DAFTAR LAMPIRAN

- LAMPIRAN A Data Curah Hujan
- LAMPIRAN B Tabel Pendukung Perhitungan Curah Hujan Rencana
- LAMPIRAN C Tabel Pendukung Perhitungan Saluran Terbuka
- LAMPIRAN D Tabel Perhitungan Dimensi Saluran Terbuka, Desain Saluran Terbuka
- LAMPIRAN E Tabel Kebutuhan *Culvert* di dalam Pit, dimensi gorong-gorong
- LAMPIRAN F Desain Dimensi *Sump* Toba
- LAMPIRAN G *Performance Curva Pump* Multiflo 420-EX dan Warman 8/6 AH
- LAMPIRAN H Spesifikasi Pompa dan Pipa
- LAMPIRAN I Peta Kesampaian Daerah, Peta Geologi Regional, Bagan Alir Saluran Terbuka, Peta Catchment Area *Sump* Toba

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

PT. Pamapersada Nusantara adalah perusahaan kontraktor *jobsite* PT. Adaro Indonesia yang mana bergerak dibidang usaha penambangan batubara yang terletak di Kabupaten Tabalong, Provinsi Kalimantan Selatan. Dalam kegiatan penambangannya PT. Pamapersada Nusantara menggunakan sistem tambang terbuka. Karena sistem tambang terbuka sangat erat kaitannya dengan cuaca dan terbentuknya daerah cekungan sehingga menyebabkan terkumpulnya air pada daerah yang berbentuk cekungan tersebut atau *front* penambangan. Seperti diketahui air yang menggenang pada area penambangan dapat mengganggu proses produksi.

Dalam menunjang kelancaran dan keberhasilan dalam aktivitas penambangan batubara, tidak terlepas dari pekerjaan dalam hal penyaliran. Penyaliran dilakukan untuk mengeluarkan air agar tidak mengganggu aktivitas penambangan tersebut. Karena jika terjadi genangan air yang membanjiri area kerja tambang akan menghambat kegiatan penambangan yang pasti akan mempengaruhi tercapainya target produksi dan alat-alat mekanis akan dapat mengalami kerusakan dan pengaruh terhadap kestabilan lereng.

Penyaliran tambang merupakan suatu tindakan teknis penunjang sistem penambangan dengan tujuan untuk mencegah, mengeringkan dan mengeluarkan air yang masuk atau menggenangi suatu daerah penambangan. Hal yang vital dalam penyaliran tambang adalah sistem pemompaan yang diterapkan dalam penyaliran tersebut. Dalam sistem pemompaan, debit air yang masuk harus diimbangi dengan debit pemompaan sehingga debit air yang masuk kedalam *sump* dapat dikendalikan.

PT. Pamapersada Nusantara *Jobsite* PT. Adaro Indonesia pada tahun 2017, memiliki project dengan 1 (Satu) Pit, yakni Pit Tutupan. Luas Pit Tutupan sekitar 2000 Ha.

Pada Pit Tutupan sendiri terdapat 11 *sump* dalam menunjang produksi *overburden* maupun batubara. Dari 11 *Sump* di atas tersebut, *Sump* Toba yang kemudian penulis tentukan untuk dibahas sebagai bahan penyelesaian skripsi karena memiliki luas area tangkapan besar dan kompleks.

Berdasarkan latar belakang di atas maka penulis mengangkat judul **“Perencanaan Sistem Penyaliran Pada *Sump* Toba di Pit Tutupan PT. Pamapersada Nusantara *Jobsite* PT. Adaro Indonesia Kabupaten Tabalong Provinsi Kalimantan Selatan”**.

1.2 Rumusan Masalah

Rumusan masalah yang dibahas dalam penelitian Skrispi ini adalah sebagai berikut :

1. Berapa nilai curah hujan rencana pada area penelitian?
2. Berapa dimensi rencana saluran terbuka, jumlah kebutuhan gorong-gorong pada Pit Tutupan yang mengarah ke *Sump* Toba dan kapasitas rencana dari *Sump* Toba di PT. Pamapersada Nusantara?
3. Berapa kebutuhan pompa untuk *Sump* Toba PT. Pamapersada Nusantara?

1.3 Maksud Dan Tujuan

1.3.1 Maksud

Maksud dari pelaksanaan Skrispi adalah sebagai berikut:

1. Sebagai salah satu syarat pada kurikulum pembelajaran pada program S1 Teknik Pertambangan, Universitas Palangka Raya (UPR), Provinsi Kalimantan Tengah.
2. Merencanakan sistem penyaliran tambang PT. Pamapersada Nusantara *Jobsite* PT. Adaro Indonesia, Kabupaten Tabalong, Provinsi Kalimantan Selatan.

1.3.2 Tujuan

Tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Mengetahui nilai curah hujan rencana pada area penelitian.
2. Merancang dimensi rencana saluran terbuka, kebutuhan gorong-gorong pada Pit Tutupan yang mengarah ke *Sump* Toba dan kapasitas rencana dari *Sump* Toba di PT. Pamapersada Nusantara.
3. Menganalisis kebutuhan pompa untuk *Sump* Toba PT. Pamapersada Nusantara.

1.4 Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian Skripsi ini adalah sebagai berikut :

1. Bagi Akademik

Sebagai bahan referensi bagi penelitian yang berhubungan dengan sistem penyaliran tambang terbuka batubara .

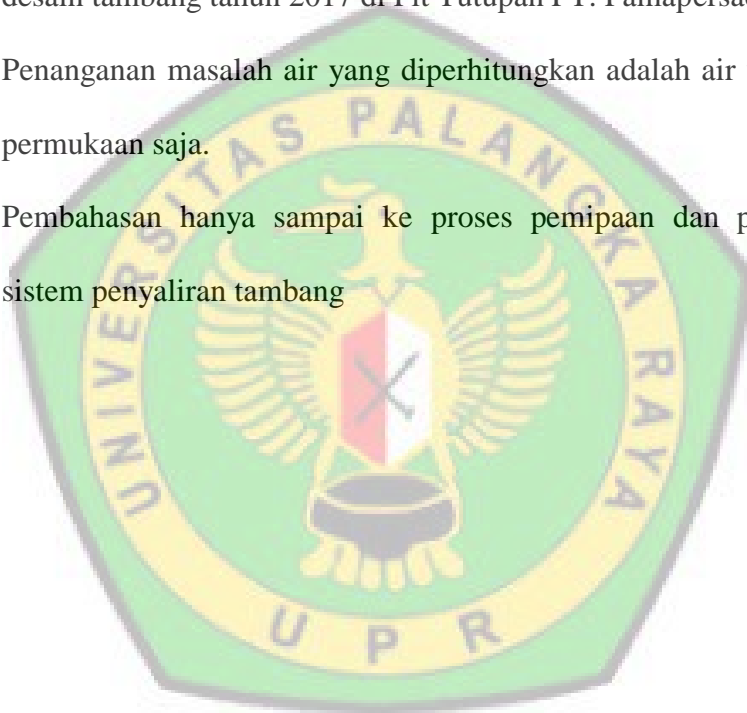
2. Bagi Perusahaan

Sebagai bahan masukan kepada perusahaan berupa saran rekomendasi dalam perencanaan sistem penyaliran tambang.

1.5 Batasan Masalah

Dalam penelitian ini penulis membatasi permasalahan pada:

1. Pembahasan mengenai sistem penyaliran tambang Pit Tutupan yang mengarah ke *Sump* Toba.
2. Perencanaan sistem penyaliran yang dibuat berdasarkan peta rencana desain tambang tahun 2017 di Pit Tutupan PT. Pamapersada Nusantara.
3. Penanganan masalah air yang diperhitungkan adalah air yang berasal dari permukaan saja.
4. Pembahasan hanya sampai ke proses pemipaan dan pemompaan pada sistem penyaliran tambang



BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Penelitian Terdahulu

2.1.1 Subiakto, 2016

Penelitian terdahulu tersebut diperoleh kesimpulan sebagai berikut, dimana total volume air yang masuk ke *sump pit* 1 Utara Banko Barat yaitu sebesar 26.604 m³/jam. *Sump pit* 1 Utara Banko Barat dengan volume sebesar 211.560 m³, sehingga *sump* masih mampu menampung air limpasan yang masuk ke *sump pit* 1 utara. Pada *sump pit* 1 Utara Banko Barat menggunakan 3 unit pompa dengan total debit pemompaan sebesar 1.050 m³/jam, dan untuk alternatif pengeringan sump, diperlukan penambahan 2 unit pompa Sulzer WPP53-200 dengan jam jalan pompa 21 jam/hari dan berdasarkan dimensi saluran terbuka actual dan hasil perhitungan secara teoritis, bahwa saluran terbuka sudah memenuhi syarat dan perlu memperhatikan perawatan saluran agar mengantisipasi terjadinya pendangkalan. Dimensi kolam pengendapan yang ada pun sudah cukup baik untuk menampung air pemompaan dan air limpasan sehingga sudah memenuhi syarat ketika air yang keluar diharapkan cukup layak untuk memasuki aliran sungai dan tidak membahayakan lingkungan.

2.1.2 Fitri Nauli, 2014

Pada penelitian ini jumlah pompa dianalisis 6 pompa *Multiflo MF- 420 E*, untuk mengeringkan $0,76\text{m}^3/\text{detik}$ air pada sumuran A, debit pemompaan $864\text{ m}^3/\text{jam}$ dengan jam pemompaan 20 jam/hari. Head pompa yang dapat disediakan adalah sebesar 100 m yang. Pipa yang digunakan adalah pipa HDPE dengan diameter dalam 338mm dan diameter luar 355mm serta memiliki nilai kekasaran pipa 152,3. Sumuran B akan digunakan 2 Pompa *Multiflo MF-420E* untuk menstabilkan permukaan air pada elevasi -41,5 dengan debit pemompaan $300\text{ m}^3/\text{jam}$, setelah dilakukan perhitungan kembali pada sumuran B' untuk menurunkan permukaan air dari elevasi -41,5 ke elevasi -46,5 digunakan 6 Pompa *Multiflo MF-420 E*, debit pemompaan $864\text{ m}^3/\text{detik}$. Untuk mencegah air limpasan mengganggu aktivitas penambang yang di lakukan di utara-barat dibuat sumuran A' Kapasitas tampungan air pada sumuran A' 259.908 m^3 , dengan dimensi yang diasumsikan panjang atas 270m, lebar atas 235m, panjang bawah 240m, lebar bawah 215m dan kedalaman sumuran 6 m. Pada perhitungan luas kolam pengendapan didapat luas minimum 268m^2 dan luas aktual 330m^2 sudah bisa dikatakan layak, sehingga tidak perlu membuat kolam pengendapan baru atau perubahan dimensi kolam pengendapan.

2.2 Sistem Penyaliran Tambang Terbuka

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

Sumber air yang masuk ke lokasi penambangan dapat berasal dari air permukaan tanah maupun air di bawah tanah. Air permukaan tanah merupakan air yang terdapat dan mengalir di permukaan tanah. Jenis air ini meliputi, air limpasan permukaan, air sungai, rawa atau danau yang terdapat di daerah tersebut, air buangan (limbah), dan mata air. Sedangkan air di bawah tanah merupakan air yang terdapat di bawah permukaan tanah. Secara hidrologis air di bawah tanah dapat dibedakan menjadi air pada daerah jenuh dan air pada daerah tak jenuh. Daerah tak jenuh pada umumnya terdapat pada bagian teratas dari lapisan tanah dicirikan oleh gabungan antara material padatan, air dalam bentuk air adsorpsi, air kapiler, dan air infiltrasi serta gas/udara. Daerah ini dipisahkan dari daerah jenuh oleh jaringan kapiler. Air yang berada pada daerah jenuh disebut air tanah.

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

2.3.1 Mine Drainage

Merupakan upaya untuk mencegah masuknya air ke daerah

penambangan. Hal ini umumnya dilakukan untuk penanganan air tanah dan air yang berasal dari sumber air permukaan.

2.3.2 Mine dewatering

Merupakan upaya untuk mengeluarkan air yang telah masuk ke daerah penambangan. Upaya ini terutama untuk menangani air yang berasal dari air hujan. Dalam penelitian ini akan lebih ditekankan pada *mine dewatering* ini. Beberapa metode penyaliran *mine dewatering* adalah sebagai berikut:

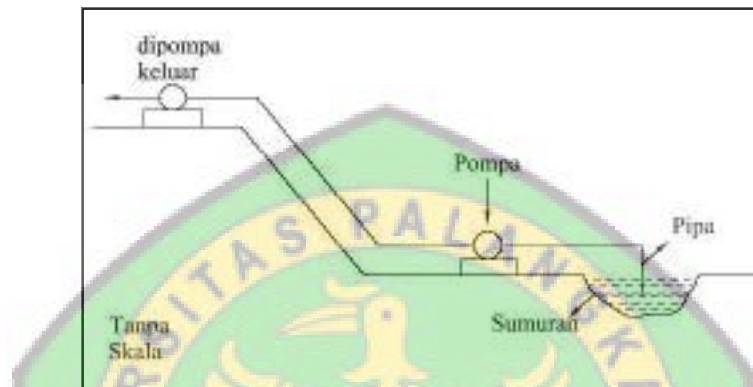
A. Metode Paritan/Saluran Terbuka

Penyaliran dengan metode paritan (*open chanel flow*) 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. Berikut ciri-ciri Saluran terbuka:

1. Aliran dengan permukaan bebas
2. Mengalir dibawah gaya gravitasi, dibawah tekanan udara atmosfir.
3. Mengalir karena adanya slope dasar saluran

B. Metode Kolam Terbuka

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



Gambar 2.1. Kolam Terbuka
(Sumber : Arafah HK, 2006 : 26)

2.3 Faktor-faktor Yang Mempengaruhi Sistem Penyaliran

Ada beberapa faktor yang mempengaruhi sistem penyaliran adalah sebagai berikut:

2.3.1 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).

2.3.2 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/m.

2.3.3 Daerah Tangkapan Hujan (Catchment Area)

Air hujan yang mempengaruhi secara langsung suatu sistem penyaliran tambang adalah air hujan yang mengalir di atas permukaan tanah (air permukaan) ditambah sejumlah pengaruh air tanah.

Air hujan (air permukaan) yang mengalir ke areal penambangan tergantung pada kondisi daerah tangkapan hujan yang dipengaruhi oleh daerah sekitarnya. Luas daerah tangkapan hujan dapat ditentukan berdasarkan analisis peta topografi, berdasarkan kondisi daerahnya seperti adanya daerah perkebunan, lokasi penimbunan, serta kondisi kemiringan.

2.3.4 Air Limpasan

Bila curah hujan melampaui kapasitas penyerapan (Infiltrasi), maka besarnya limpasan permukaan akan segera meningkat sesuai dengan peningkatan intensitas curah hujan, akan tetapi besarnya air limpasan ini tidak sebanding dengan peningkatan curah hujan karena disebabkan oleh efek penggenangan di permukaan tanah. Air limpasan disebut juga dengan air permukaan tanah. Besarnya air limpasan adalah besarnya curah hujan dikurangi besarnya penyerapan dan penguapan. Besarnya air limpasan tergantung pada banyak faktor, sehingga tidak semuanya air yang berasal dari curah hujan akan menjadi sumber bagi suatu sistem penyaliran (drainage).

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 kepermukaan 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.

2.3.5 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 kepermukaan 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.

2.4 Hidrologi

2.4.1 Siklus Hidrologi

Di bumi terdapat kira-kira sejumlah 1,3-1,4 milyar km^3 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 tagah, 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 Takeda, 2003 : 1)

2.4.2 Analisis Data Curah Hujan

A. 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 .

B. 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.

2.4.3 Curah Hujan Rencana

Berdasarkan data curah hujan daerah harian, perlu ditentukan kemungkinan terulangnya curah hujan harian maksimum yang dipergunakan sebagai penentu perhitungan debit banjir rencana. Semakin pendek data yang tersedia, semakin besar penyimpangan yang terjadi. Frekuensi hujan adalah besarnya kemungkinan suatu besaran hujan dilampaui dalam suatu periode ulang tertentu (Suripin, 2004:32).

Secara sistematis metode analisis frekuensi perhitungan hujan rencana ini dilakukan dengan cara menghitung parameter statistik, menentukan jenis

distribusi curah hujan, menghitung curah hujan rencana dan melakukan pengujian kecocokan distribusi curah hujan.

A. Parameter Statistik (Pengukuran Dispersi)

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) :

- a. Nilai Rata-Rata Varian(\bar{x})

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

- b. Standar Deviasi (Sd)

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

- c. Koefisien Kemencengan(Cs)

$$Cs = \frac{n \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^3}{(n-1).(n-2).Sd^3} \dots\dots\dots (2.3)$$

- d. Koefisien Kurtosis (Ck)

$$Ck = \frac{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^4}{Sd^4} \dots\dots\dots (2.4)$$

- e. Koefisien Variasi (Cv)

$$Cv = \frac{Sd}{\bar{x}} \dots\dots\dots (2.5)$$

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)

B. 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).

a. Distribusi Probabilitas *Gumbel*

Langkah perhitungan Distribusi Probabilitas *Gumbel* adalah :

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

$$K_T = \frac{Y_T - Y_n}{S_n} \dots\dots\dots (2.6)$$

3. Menghitung nilai curah hujan rencana (X_T).

$$X_T = \bar{x} + K_T \cdot Sd \dots\dots\dots (2.7)$$

b. Distribusi Probabilitas Normal

Langkah perhitungan Distribusi Probabilitas Normal adalah :

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

$$X_T = \bar{x} + K_T \cdot Sd \quad \dots\dots\dots (2.8)$$

c. Distribusi Probabilitas Log Normal

Langkah perhitungan Distribusi Probabilitas Log Normal adalah :

1. Menghitung parameter statistik logaritma ($\log \bar{x}$) dan ($Sd \log x$).
2. Menghitung nilai Faktor Koreksi (K_T) berdasarkan tabel faktor (K_T) dipengaruhi fungsi dari koefisien kemencengan C_s (Tabel B.5 Lampiran B).
3. Menghitung nilai curah hujan rencana logaritma ($\log X_T$).

$$X_T = \log \bar{x} + K_T \cdot Sd \log x \quad \dots\dots\dots (2.9)$$

d. Distribusi Log *Pearson* Tipe III

Langkah perhitungan Distribusi Probabilitas Log *Pearson* adalah :

1. Menghitung parameter statistik logaritma yaitu log rata-rata varian ($\log \bar{x}$) , log standar deviasi ($Sd \log x$) dan log koefisien kemencengan ($C_s \log x$).
2. Menghitung nilai Faktor Koreksi (K_T) berdasarkan tabel nilai variabel standar (Tabel B.6 Lampiran B).
3. Menghitung nilai curah hujan rencana logaritma ($\log X_T$).

Penentuan jenis distribusi probabilitas dipilih dengan mencocokkan parameter data dengan syarat penggunaan jenis sebaran yang sesuai seperti pada Tabel 2.1. berikut ini.

Tabel 2.1. Syarat Penggunaan Jenis Sebaran

| No | Jenis distribusi | Syarat |
|----|-----------------------|-------------------------------------|
| 1 | Metode Gumbel | $C_k \leq 5,4002$ |
| | | $C_s \leq 1,1396$ |
| 2 | Metode Log Person III | $C_s \neq 0$ |
| | | $C_k < 1.5 C_s (\ln \bar{x})^2 + 3$ |
| 3 | Metode log Normal | $C_s > 3C_v + C_v^3$ |
| | | $C_k = 0$ |
| 4 | Metode Normal | $C_s = 0$ |
| | | $C_k = 0$ |

(Sumber : Soewarno, Hidrologi, 2000)

2.4.4 Intensitas Hujan Rencana

Intensitas hujan adalah curah hujan jangka pendek yang menunjukkan tingkat kekerasan hujan. Intensitas hujan rencana digunakan dalam perhitungan debit air limpasan guna penentuan suatu penampang saluran terbuka. Penentuan intensitas hujan rencana dilakukan dengan pengolahan data dengan pendekatan rumus empiris, menggunakan rumus *Mononobe*.

$$I = \frac{R_{24}}{24} \times \left(\frac{24}{t}\right)^{\frac{2}{3}} \dots\dots\dots (2.14)$$

Keterangan:

I = Intensitas Curah Hujan (mm/jam)

R_{24} = Curah Hujan Maksimum Harian dalam 24 Jam (mm)

t = Durasi Lamanya Hujan atau Waktu Konsentrasi (jam)

2.4.5 Periode Ulang Hujan (PUH)

Penentuan Periode Ulang Hujan (PUH) rencana ditetapkan sesuai dengan umur tambang dan kondisi lapangan sesuai dengan penggunaannya.

Tabel 2.2. PUH Rencana Untuk Sarana Penyaliran

| Kondisi | Periode Ulang Hujan |
|--------------------------------------|---------------------|
| Daerah terbuka | 0,5 |
| Sarana tambang | 2 – 5 |
| Lereng-lereng tambang dan penimbunan | 5 – 10 |
| Sumuran terbuka | 10 – 25 |
| Penyaliran keliling tambang | 25 |
| Pemindahan aliran sungai | 100 |

(Sumber : Suyono, Sistem Penyaliran Tambang, 2011)

2.4.6 Resiko Hidrologi

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

$$Pr = 1 - \left(1 - \frac{1}{T_r}\right)^{T_L} \dots\dots\dots (2.15)$$

Keterangan:

Pr = Resiko Hidrologi

T_r = Periode Ulang

T_L = Umur Tambang

2.5 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).

2.5.1 Laju Aliran Puncak

Ada beberapa metode untuk memperkirakan laju aliran puncak (debit banjir). Metode Rasional adalah rumus metode umum yang dapat digunakan untuk menghitung debit air limpasan maksimum (Suyono, 2011).

$$Q = 0,278 \cdot C \cdot I \cdot A \dots\dots\dots (2.16)$$

Keterangan:

Q = Debit Puncak Limpasan Permukaan(m³/detik)

C= Angka Koefisien Limpasan (tanpa satuan)

I = Intensitas Curah Hujan(mm/jam), dapat dihitung dengan menggunakan Rumus 2.14.

A= Luas Daerah Tangkapan Hujan (km²)

2.6.2 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 C.

2.6 Perencanaan Saluran Terbuka

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.

2.6.1 Kriteria Perencanaan

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

- A. 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*).
- B. 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 ($Q_{\text{saluran}} = Q_{\text{rencana}}$).

- C. Dimensi saluran harus mempertimbangkan batasan kecepatan (V) dan kemiringan saluran (s) dan yang diijinkan.
- D. 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.
- E. Tipe dan jenis bahan saluran didasarkan atas kondisi tanah dasar dan kecepatan abrasi air. Tipe penampang saluran dapat dilihat pada tabel yang terlampir pada Tabel C.4 Lampiran C.
- F. Kemiringan saluran (s) ditentukan berdasarkan bahan yang digunakan. Hubungan antara bahanyang digunakan dengan kemiringan saluran arah memanjang ditunjukkan pada Tabel 2.3 dibawah ini.

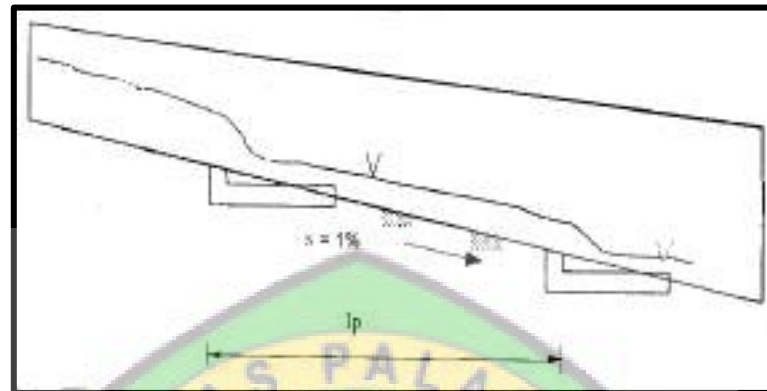
Tabel 2.3. Kemiringan Saluran (s) Berdasarkan Jenis Material

| 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)

- G. Pematah arus untuk mengurangi kecepatan aliran diperlukan untuk saluran yang panjang dan mempunyai kemiringan (Is) cukup besar yang

ditunjukkan pada Gambar 2.2. Pemasangan jarak pematah arus (I_p) harus sesuai tabel yang terlampir pada Tabel 2.4.



Gambar 2.2 Pematah Arus

(Sumber : Departemen Pekerjaan Umum, 2006 :15)

Tabel 2.4. Hubungan Kemiringan Saluran (s) dan Jarak Pematah Arus (I_p)

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

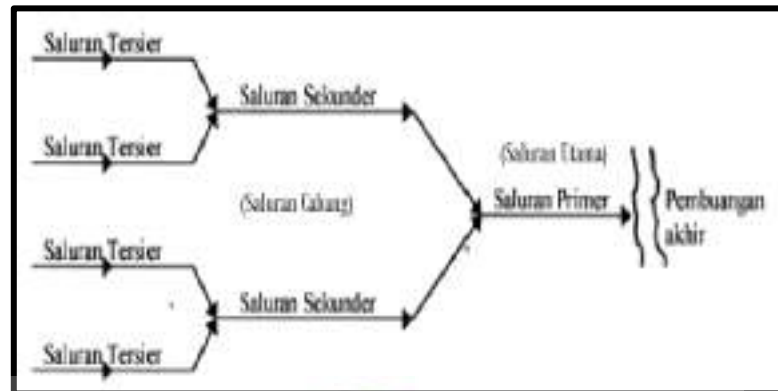
(Sumber : Departemen Pekerjaan Umum, 2006 :15)

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

2.6.2 Perhitungan Debit Aliran Rencana (Q_r)

Langkah perhitungan debit aliran rencana (Q_r) adalah sebagai berikut:

- Plot rute jalan *pit* sesuai peta topografi dan desain *final* tambang.
- Membuat perencanaan skema saluran terbuka untuk menunjukkan perencanaan arah aliran air yang jatuh pada permukaan (jalan maupun lereng tambang) menuju saluran terakhir.



Gambar 2.3. Pola Jaringan Saluran Terbuka

(Sumber : Departemen Pekerjaan Umum, 2006)

- C. Menentukan luas daerah tangkapan air (A) pada setiap saluran rencana yang telah ditentukan arah alirannya.
- D. Menentukan koefisien pengaliran (C) berdasarkan kondisi permukaan yang di tunjukkan pada Tabel C.3 Lampiran C.
- E. Menentukan nilai koefisien hambatan (n_d) berdasarkan kondisi permukaan yang di tunjukkan pada Tabel C.2 Lampiran C.
- F. Menghitung waktu konsentrasi (t_c) dalam perhitungan debit rencana pada saluran terbuka menggunakan rumus *Kerby* (1959) yaitu :

$$t_c = t_0 + t_f \dots\dots\dots (2.17)$$

$$t_0 = 1,44 \times \left(n_d \times \frac{1}{\sqrt{s}} \right)^{0,467} \dots\dots\dots (2.18)$$

$$t_f = \frac{L_{\text{saluran}}}{V_{\text{aliran}}} \dots\dots\dots (2.19)$$

Keterangan:

t_c = Waktu Konsentrasi (jam)

t_0 = Waktu Pengaliran di Permukaan Mencapai *Inlet* (jam)

t_f = Waktu Pengaliran pada Sepanjang Saluran (jam)

n_d = Koefisien manning

s = Kemiringan saluran

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

$$V = 72 \times \left(\frac{H}{L}\right)^{0,6} \text{ km/jam} \dots\dots\dots (2.20)$$

Keterangan:

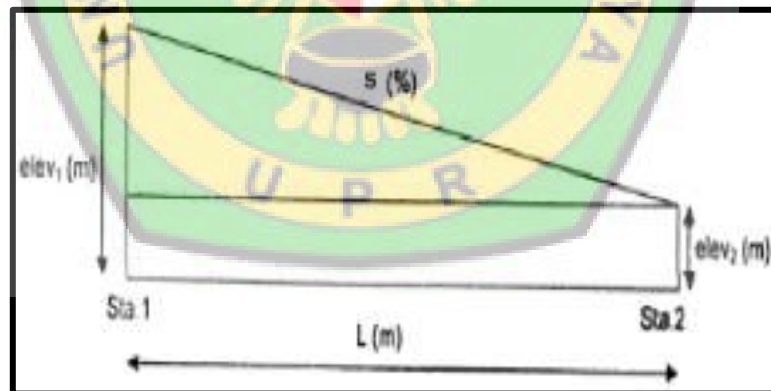
V = Kecepatan aliran air rencana (km/jam)

H = Beda elevasi (m)

L = Panjang lintasan

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

$$s = \frac{\text{elevasi}_1 - \text{elevasi}_2}{L} \times 100\% \dots\dots\dots (2.21)$$



Gambar 2.4. Kemiringan Lahan

(Sumber : Departemen Pekerjaan Umum, 2006 :14)

- G. Menghitung Intensitas curah hujan rencana (I) dengan metode Mononobe seperti yang tertera pada Rumus 2.14

H. Menghitung debit air rencana (Q_r) menggunakan metode Rasional seperti tertera pada Rumus 2.16

2.6.3 Komponen Perhitungan Penampang dan Debit Saluran (Q_s)

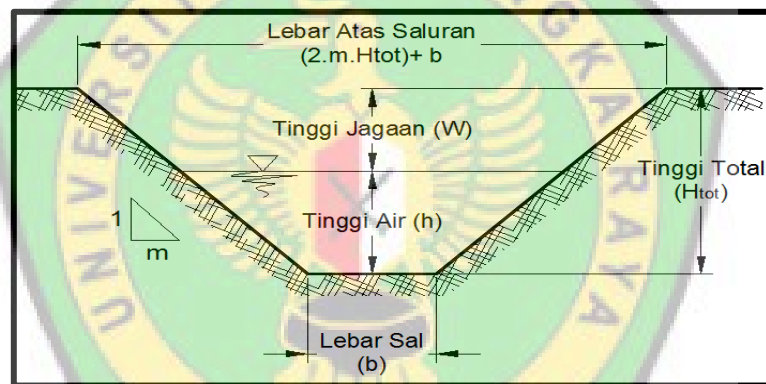
Komponen penampang dan debit saluran yang diperhitungkan dalam perencanaan saluran ditunjukkan pada Tabel 2.5 dibawah ini.

Tabel 2.5. Komponen Penampang dan Debit Saluran

| Komponen | Trapeسيوم |
|--|---|
| Lebar atas (B) | $B = b + (2 \cdot m \cdot H_{total})$ (2.22) |
| Lebar dasar (b) | $b = m \times h$ (2.23) |
| Kemiringan Talud (m) | Kemiringan talud pada penampang saluran trapesium tergantung dari besarnya ditunjukkan pada table <i>De Vos</i> di Tabel C.4 Lampiran C |
| Tinggi Jagaan (W) | $W = \sqrt{0,5 \times h}$ (2.24) |
| Tinggi Muka Air (h) | H, dilakukan dengan cara iterasi (coba-coba) |
| Faktor Kemiringan (z) | $1 : 1 \rightarrow z = h$ $1 : 1,5 \rightarrow z = 1,5h$ $1 : 2 \rightarrow z = 2h$ |
| Penampang Basah | |
| Luas (A) | $A = (b + z) h$ (2.25) |
| Keliling (P) | $P = b + 2h\sqrt{z^2 + 1}$ (2.26) |
| Jari-jari Hidrolis (R) | $R = \frac{A}{P}$ (2.27) |
| Kecepatan (V) | $V = \frac{1}{n} \times R^{\frac{2}{3}} \times S^{\frac{1}{2}}$ (2.28) |
| (Sumber : Departemen Pekerjaan Umum, 2006 :15) (2.29) | |

Dengan keterangan :

| | |
|--|--|
| B = Lebar Atas Saluran (m) | z = Perbandingan Kemiringan Talud |
| b = Lebar Dasar Saluran (m) | θ = Besar Sudut dalam Radial ($^{\circ}$) |
| h = Kedalaman Saluran yang Tergenang Air (m) | V = Kecepatan Saluran (m/detik) |
| h_{tot} = Kedalaman Total Saluran (m) | s = Kemiringan Saluran |
| | n = Angka Kekasaran <i>Manning</i> , dilihat pada Lampiran C |



Gambar 2.5. Penampang Saluran Bentuk Trapesium

(Sumber : Departemen Pekerjaan Umum, 2006:18)

2.6.4 Perhitungan Dimensi dan Kemiringan Saluran

- A. 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.
- B. 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.

- C. Cek debit saluran harus lebih besar atau sama dengan debit rencana. Jika tidak sesuai, maka perhitungan dimensi saluran harus direncanakan ulang ($Q_{\text{rencana}} = Q_{\text{saluran}}$) dengan mempertimbangkan nilai kecepatan di saluran (V) dan kemiringan saluran (s) telah memenuhi ijin.

2.7 Kebutuhan Gorong-Gorong (Culvert)

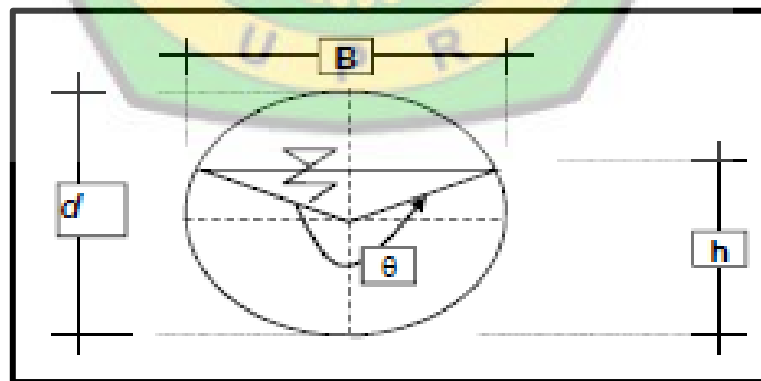
| Komponen | Lingkaran/Gorong-gorong |
|-----------------------|---|
| Lebar atas (B) | $b = 2\sqrt{h(d-h)}$ (2.30) |
| Lebar dasar (b) | - |
| Kemiringan talud (m) | - |
| Tinggi jagaan | $W = 0,2 \times d$ (2.31) |
| Tinggi muka air (h) | $h = 0,8 \times d$ (2.32) |
| Faktor kemiringan (z) | Sudut pusat (θ) dalam radian $180^\circ = \pi = 3,14$ |
| Penampang Basah | |
| Luas (A) | $A = \frac{d^2}{8} \cdot (\theta - \sin(\theta))$ (2.33) |
| Keliling (P) | $P = \frac{1}{2} \theta \cdot d$ (2.34) |

| | |
|---|--|
| Jari-Jari Hidrolis | $R = \frac{1}{4} \left(1 - \frac{\sin \theta}{\theta} \right) \cdot d$ (2.35) |
| Kecepatan (V) | Rumus no 2.28 |
| Debit (Qs) | Rumus no 2.29 |
| Kapasitas gorong-gorong disarankan 80% dari debit hasil perhitungan untuk mengantisipasi benda yang terbawa aliran. | |

(Sumber : Departemen Pekerjaan Umum, 2006 :18)

Keterangan :

- B = Lebar Atas Saluran (m) n = Angka Kekasaran *Manning* ,
b = Lebar Dasar Saluran (m) dilihat pada Lampiran C
h = Kedalaman Saluran yang z =
Tergenang Air (m) θ = Besar Sudut dalam Radial ($^{\circ}$)
 h_{tot} = Kedalaman Total Saluran (m) V = Kecepatan Saluran (m/detik)
d = s = Kemiringan Saluran

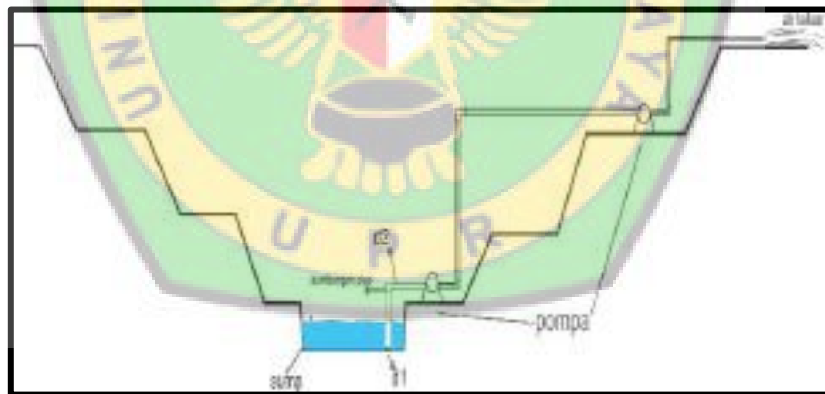


Gambar 2.6. Penampang Saluran Bentuk Trapesium

(Sumber : Departemen Pekerjaan Umum, 2006 : 20)

2.8 Kolam Penampungan

Kolam penampungan (*Sump*) merupakan salah satu sistem yang diterapkan dalam sistem penyaliran tambang sebagai kolam penampung sementara air limpasan yang telah masuk ke daerah penambangan. Cara penyaliran ini sangat umum diterapkan ditambang terbuka. Air yang masuk ke dalam tambang dikumpulkan ke suatu sumuran yang biasanya dibuat di dasar tambang (*sump*) dan dari sumuran tersebut air dipompa keluar tambang. Tata letak *sump* akan dipengaruhi oleh sistem *drainase* tambang yang disesuaikan dengan geografis dari daerah tambang. *Sump* ditempatkan pada elevasi terendah atau *floor* penambangan, jauh dari aktifitas penggalian batubara sehingga tidak mengganggu produksi penambangan.



Gambar 2.7. Sistem Kolam Penampungan

(Sumber : Panduan *Dewatering* Manual, 2006:42)

Dalam tahapan perencanaan kapasitas kolam penampungan (*sump*) maupun pemompaan tinjauan pustaka yang akan digunakan adalah mengacu kepada studi pedoman *Good Mining Practice* (GMP) Tahun 2006 dalam “Sistem Manajemen *Dewatering* Manual” yang diterapkan di PT. Pamapersada

Nusantara Distrik Adaro. Kapasitas *sump* dipengaruhi dari jumlah volume air yang masuk serta keluar dari *sump*.

Berdasarkan Standar Parameter *Drainage* Tambang (PPMS) PT. Pamapersada Nusantara Distrik Adaro pada Lampiran F. Dimensi *sump* minimal adalah ukuran *sump* yang mampu menampung air maksimal tanpa pemompaan selama 2 hari. *Sump* disesuaikan dengan keadaan kemajuan medan kerja (*front*) penambangan.

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

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

Keterangan:

B = Panjang Permukaan *Sump* (m)

b = Panjang Dasar *Sump* (m)

d = Tinggi *Sump*/Kedalaman *Sump* (m)

L = Lebar Permukaan *Sump* (m)

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

2.8.1 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) Volume Air Limpasan

1. Volume air limpasan

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

$$V_{\text{Air Limpasan}} = \text{Debit}_{\text{Air Limpasan}} \times \text{Durasi hujan} \dots\dots\dots (2.37)$$

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.

2.9 Sistem Pemompaan

Pada penyaliran tambang terbuka umumnya dilakukan sistem pemompaan. Penyaliran dengan adanya sistem pemompaan bertujuan 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.

2.9.1 Pompa

Salah satu peralatan yang hampir selalu ada di setiap kegiatan pertambangan adalah pompa yang digunakan untuk kegiatan dewatering. Pompa ini digunakan untuk mengeluarkan air yang masuk ke dalam lubang tambang, baik dari limpasan air hujan, air permukaan atau rembesan air tanah.

Mnurut Hartono (2010:161) dalam Sistem Penyaliran Tambang, beberapa hal yang perlu diketahui untuk menentukan kapasitas pompa, yaitu:

1. Debit yang dapat dihasilkan pompa

Biasanya dilakukan simulasi beberapa alternatif debit pompa dari beberapa macam pompa, yang kemudian dipilih debit pompa yang menghasilkan efisiensi maksimum.

2. *Head* (julang) total pompa

Energi yang harus disediakan untuk mengalirkan sejumlah air seperti yang direncanakan. *Head* total pompa meliputi *head* statis pompa, berbagai kerugian *head* pada pipa, katup (*friction loss*/kerugian gesekan), belokan, sambungan (*shock loss*).

A. Penentuan Pompa

Hal yang perlu diperhatikan dalam penggunaan pompa yaitu :

- a. Klasifikasi Pompa

1. Pompa Sentrifugal

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

- 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.

- 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.

- Pompa Tekanan Tinggi

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

- Pompa Aliran Campur

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

- Pompa Aksial



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

b. Spesifikasi pompa

Data yang diperlukan dalam pemilihan sesuai spesifikasi pompa adalah:

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

2.9.2 Pipa

Instalasi pipa air untuk kebutuhan pemompaan diarea tambang memerlukan pipa yang memiliki kekuatan dan ketahanan sehingga kerja dari sistem pemompaan akan berjalan secara maksimal

Pada umumnya pada sistem pemompaan tambang digunakan pipa HDPE. Dalam hal sifat, jenis pipa dengan bahan baku polyethylene berdensitas tinggi ini memiliki karakter seperti pipa besi dalam hal kekuatan. Dimana selain lebih fleksibel. Popularitas pipa jenis PE-100 untuk pertambangan juga sering dipilih karena berat material yang relatif ringan (dibandingkan pipa besi). Sehingga pengangkutan dan aplikasi pemasangannya dapat berjalan tanpa tambahan alat

berat dan sebagainya. Sehingga selain efektif, hal ini akan menghemat pengeluaran.

Dengan kelebihan desain tangguh pipa yang memiliki kekuatan maksimum dan menghasilkan aliran yang optimum, sehingga membuat pipa ini sebagai pilihan ideal untuk kebutuhan distribusi air yang besar. Kegiatan penambangan bisa jadi lebih ramah lingkungan saat kita menggunakan pipa HDPE. Terlebih jika hal ini ditunjang dengan pembuatan jalur pipa dan pengolahan limbah yang baik. Sehingga optimalisasi limbah dapat diantisipasi sebelum memberi dampak buruk bagi lingkungan sekitar.

A. Karakter Pipa HDPE

Kemudahan dalam instalasi yang dikombinasikan dengan ringannya memastikan terjadinya efisiensi dalam penanganan dan pemasangan di lapangan dibandingkan dengan menggunakan produk logam dan beton. Efisiensi dimaksud seperti: penanganan yang lebih mudah, jumlah tenaga kerja lebih sedikit, peralatan berat yang lebih sedikit serta keselamatan kerja yang lebih terjamin.

Dengan desain dan konstruksinya yang terukur, pipa HDPE adalah pilihan terbaik mengingat negara Indonesia berada di daerah patahan lempeng yang berpotensi mengalami gempa, pipa jenis ini memiliki fleksibilitas tinggi sehingga tahan terhadap gempa bumi selain itu juga memiliki ketahanan jangka panjang. Pipa jenis ini diketahui tahan terhadap

bahan kimia dan abrasi, tidak berkarat, rusak, ataupun menurun nilai penggunaannya dalam kondisi suhu beku.

Karakter Pipa jenis HDPE, sebagai berikut:

- a. Memiliki fleksibilitas tinggi (kekuatan tensil > 22 mPa dan elastisitas $> 700\%$).
- b. Memiliki kemampuan dalam menahan benturan (Impact Strength).
- c. Memiliki ketahanan akan temperatur rendah bahkan temperatur air beku.
- d. Metode penyambungan yang cepat dan mudah.
- e. Tahan terhadap korosi dan abrasi.
- f. Permukaan halus, akan meminimalisasi hilangnya tekanan.
- g. Sangat disarankan untuk distribusi air minum (bersahabat dengan lingkungan).
- h. Jangka waktu pemakaian 50 tahun.

2.9.3 Perhitungan *Head* Pompa

Dalam pemompaan dikenal istilah julang (*head*) pompa, yaitu energi yang diperlukan untuk mengalirkan sejumlah air pada kondisi tertentu.

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. Semakin besar debit air yang dipompa, maka head juga akan semakin besar. (Hartono, 2010 :170).

A. *Head Statis Pompa* (Julang Statis Pompa)

Merupakan *head* pompa akibat perbedaan tinggi antara muka air di sisi keluar dan di sisi isap.

Secara matematis didapat dengan menggunakan rumus :

$$h_s = t_2 - t_1 \dots\dots\dots (2.38)$$

Keterangan :

h_s = *Head* statis pompa (m)

t_2 = Elevasi air pada sisi keluar (m)

t_3 = Elevasi air pada sisi isap (m)

B. *Velocity Head* (Julang Kecepatan Keluar)

Pada pipa HDPE Tyco PE100 penentuan *velocity head* telah memiliki standar berupa tabel yang dapat dilihat pada Tabel D.1 Lampiran D. Pada tabel tersebut dijelaskan hubungan antara besar debit yang berasal dari pompa, dan *nominal pressure* yang menghasilkan *flow velocity* yang kemudian dihubungkan pada *velocity head*.

C. *Head Loss*

Head Loss terdiri atas :

1. *Friction Loss* (H_f), yaitu kerugian karena gesekan. Nilai friction terdapat dapat tabel D.2 Lampiran D, yang merupakan *database* dari nilai *friction loss*.
2. *Shock Loss* (h_{fs}), yaitu kerugian karena belokan dan sambungan pada. *Head loss* merupakan kerugian karena belokan pipa, maka besarnya tergantung dari jenis pipa yang digunakan. Pada jenis pipa HDPE, sama halnya seperti *velocity head* dan *friction loss*, *shock loss* terdapat tabel D.3 Lampiran D, yang menghubungkan besar derajat belokan terhadap kecepatan aliran dalam pipa.

D. *Head Total Pompa*

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

$$HT = h_s + h_v + H_f + H_{fs} \dots\dots\dots (2.39)$$

Keterangan:

H_t = *Head Total Pompa* (m)

h_s = *Head Statis Pompa* (m)

h_b = *Head Belokan Pompa* (m)

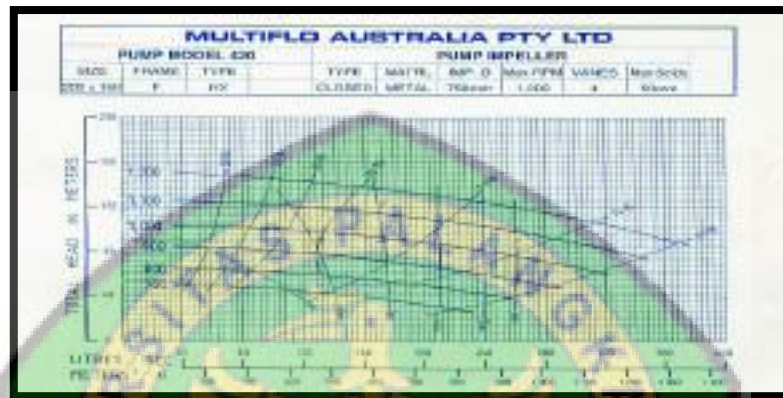
h_f = *Head Gesekan Pompa* (m)

h_v = *Head Kecepatan* (m)

2.9.4 *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 pengtesan 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 2.8. 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.

BAB III

METODE PENELITIAN

3.1 Gambaran Umum Wilayah Penelitian

3.1.1 Sejarah Perusahaan

PT. Pamapersada Nusantara sebelumnya adalah Divisi Rental di PT. United Tractors-Tbk. Sejak tahun 1994 Divisi tersebut mengembangkan diri dan berganti menjadi PT. Pamapersada Nusantara. PT. PAMA adalah kontraktor pertambangan nasional yang mengerjakan proyek-proyek pertambangan batubara di seluruh Indonesia, yaitu Sumatera dan Kalimantan. Dan salah satu proyek pertambangan batubara yang sedang dikerjakan sekarang adalah PAMA distrik Adaro yang berlokasi di Kalimantan Selatan.

Sekilas mengenai PT. Adaro Indonesia yang didirikan pada tanggal 11 November 1982, merupakan perusahaan owner yang saat ini tengah dikerjakan PT. Pamapersada Nusantara. Awalnya, eksplorasi dilakukan oleh sebuah perusahaan Spanyol, yang disebut Enadimsa (Empresa National Adaro De Investigation Mineral, S.A) nama 'Adaro' dipilih sebagai nama perusahaan oleh manajemen Enadimsa untuk menghormati keluarga terkenal yang telah terlibat dalam dunia pertambangan Spanyol selama beberapa abad. Enadimsa menjual seluruh sahamnya kepada beberapa perusahaan lain, seperti New Hope Corporation dari Australia (40,43%), PT. Asmico Bara Utama dari Indonesia (40%), PT, Harapan

Insani Indotama dari Indonesia (11%) dan Energi Misi dari Amerika Serikat (8,17%).

PT. Adaro Indonesia melakukan kegiatan eksplorasi dan penambangan batubara serta pemasaran hasil produksinya berdasarkan Perjanjian Kerjasama Pengusahaan Pertambangan Batubara (PKP2B) nomor (J2/J.i.DU/52/82) tanggal 16 November 1982 antara Adaro Indonesia dengan Perum Tambang Batubara sebagai *principal* dan pemegang kuasa pertambangan atas wilayah tersebut. Berdasarkan kontrak ini, Adaro Indonesia berhenti melakukan eksplorasi, penambangan, dan pemasaran batubara untuk jangka waktu 30 tahun sejak tahun pertama produksi komersial. Wilayah kontrak PT. Adaro Indonesia yang pada awalnya seluas 1.480 Km² ditiadakan berdasarkan hasil eksplorasi menjadi 335 Km² saja.

Lokasi PKP2B PT. Adaro Indonesia terletak di daerah administratif Kalimantan Selatan yang berada di Kabupaten Tabalong (Kecamatan Muara Harus, Murung Pundak, Upau, Tanta, dan Kelua), Kabupaten Balangan (Kecamatan Paringin, Lampihong, Awayan, dan Batumandi), dan Provinsi Kalimantan Tengah di Kabupaten Barito Timur (Kecamatan Kelanis, Murung Ilung, dan Pasar Panas). Secara Astronomis PT. Adaro Indonesia terletak pada koordinat 115°33'30" - 115°36'10" Bujur Timur dan 2°7'30" - 2°25'30" Lintang Selatan.

Berkat kualitas yang unggul yaitu sangat bersih dengan kadar abu rata-rata hanya sekitar 1% kadar belerang rata-rata 0,1% dan nilai

bakarnya yang tinggi. Ditambah hasil pembakaran batubara ini yang tidak menimbulkan masalah lingkungan, maka batubara ini dipasarkan dengan merek dgang “*Envirocoal*”.

Distribusi batubara PT. Adaro Indonesia ke luar daerah terlaksana melalui jalur angkutan yang sangat panjang dan cukup sulit. Dari dua kemungkinan rute angkutan batubara, yaitu rute ke Timur (memotong pegunungan Meratus ke pantai selatan Makasar) atau rute ke Barat (menuju Sungai Barito), dari hasil penyelidikan dan berbagai pertimbangan maka pelabuhan PT. Adaro Indonesia menjatuhkan pilihan untuk menggunakan rute angkutan darat ke Sungai Barito, batubara diangkut melalui jalan darat sejauh 76 KM dari tambang sampai dengan terminal tongkang di Kecamatan Kelanis di tepi Sungai Barito yang termasuk Wilayah Pemda Tingkat II Barito Timur, Provinsi Kalimantan Tengah.

3.1.2 Lokasi dan Kesampaian Daerah

Untuk menuju ke lokasi penambangan PT. Pamapersada Nusantara *Jobsite* PT. Adaro Indonesia 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 *Jobsite* PT. Adaro Indonesia.

A. Transportasi Udara

Untuk dapat sampai ke lokasi PT. Pamapersada Nusantara *Jobsite* PT. Adaro Indonesia 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.

B. Transportasi Darat

Pencapaian lokasi penelitian (PT. Pamapersada Nusantara *Jobsite* PT. Adaro Indonesia) 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.

C. Transportasi Sungai

Pemanfaatan transportasi sungai untuk menuju ke lokasi PT. Pampersada Nusantara *Jobsite* PT. Adaro Indonesia 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 Kondisi Geologi

3.2.1 Geologi Regional

A. Fisiografi

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. Daerah penelitian dari arah barat daya hingga timur laut secara sistematis terdapat dataran rendah, perbukitan bergelombang hingga pegunungan.

B. Stratigrafi

Daerah PT. Adaro Indonesia 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. Adaro Indonesia 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 tatanan stratigrafi geologi regional daerah penelitian sebagai berikut:

- a. Alluvium (*Qa*), terdiri atas kerakal, kerikil, pasir, lanau, lempung dan lumpur. Terdapat sebagai endapan sungai, rawa dan pantai.
- b. Formasi Dahor (*Tqd*), 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.
- c. Formasi Warukin (*Twm*), 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. Batubaranya 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.

- d. Formasi Berai (*Tomb*), 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.

- e. Formasi Tanjung (*Tet*), 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.
- f. Formasi Pitap (*Ksp*), terdiri atas perlingan konglomerat, batupasir wacke dan batulanau, bersisipan batugamping, breksi, batulempung, konglomerat dan basal. Konglomerat umumnya berlapis baik, komponennya basal, batulempung, ultramafic, rijang, batugamping, gabbro dan diabas. Formasi ini diduga berumur Kapur Akhir dan terendapkan di lingkungan laut dangkal. Tebal satuan ini antara 1000 – 1500 meter. Formasi ini menjemari dengan Formasi Haruyan.
- g. Olistolit Kintap (*Kok*), disusun oleh batugamping padat, berlapis buruk, mengandung fosil *Orbitolina cf. oculata*, *Orbitolina sp.*, dan *Orbitolina primitip*. Berumur Aptian – Albian dan terendapkan di lingkungan litoral dan laut dangkal.
- h. Batuan Gunungapi Haruyan (*Kvh*), Breksi gunungapi dan lava basal, berumur kapur akhir dan berkedudukan menjemari dengan formasi pitap, berumur kapur akhir

- i. Granit Belawayan (*Kgr*), Granit gabungan granodiorite dan diorite, berumur kapur awal.
- j. Batuan Malihan (*Mm*), Sekis horenlenda, sekis muskovit, filit, sekis klorit dan kuarsit muskovit, berumur jura tengah.

C. Struktur Geologi

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 timur

laut barat daya 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

A. Morfologi

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*, *sandyclay*, dan *claystone*.

B. Litologi

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 litologi. Urutan litologi dari yang tertua hingga yang termuda adalah sebagai berikut :

a. 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).

b. 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.

c. 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 Skripsi 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 Skripsi.
6. Kamera, berfungsi untuk mengambil gambar-gambar selama berada di lapangan untuk melengkapi data Skripsi.
7. Laptop, berfungsi untuk mengolah data-data yang telah diperoleh selama berada di lapangan maupun dari buku-buku referensi. Digunakan untuk pembuatan laporan, pengolahan dan analisis data.

3.4 Tata Laksana Penelitian

3.4.1 Langkah Kerja

Langkah-langkah kerja dalam penyusunan Skripsi ini meliputi :

- A. Tahap Persiapan

Pada tahap ini dilakukan penyusunan usulan Skripsi, mempelajari buku-buku literature dan buku petunjuk maupun buku panduan yang tersedia yang berkaitan dengan sistem penyaliran pada tambang.

B. Pengambilan Data Lapangan

Pengamatan secara langsung dilapangan terhadap mine drainage. Pengambilan data langsung (data primer) diantaranya adalah data pengukuran debit pompa aktual, elevasi outlet & inlet pompa, dan dimensi sump.

C. Tahap Pengelompokan dan Pengolahan Data

Pengolahan data dilakukan dengan cara mengumpulkan semua data yang diperoleh dari analisis data lapangan, kemudian data-data tersebut dikelompokkan sesuai dengan data yang diperlukan dalam bentuk laporan, tabel, grafik ataupun gambar.

D. Analisis Data

Analisa dilakukan terhadap hasil pengolahan data kemudian analisa pembahasan dilakukan dengan cara mengkorelasikan hasil pengolahan data dengan masalah yang diteliti

- a. Perencanaan desain saluran terbuka, dan *sump* yang dilakukan dengan memasukan data hasil pengolahan yaitu volume sump aktual, curah hujan rencana untuk menentukan besar intensitas hujan dan debit limpasan, serta debit pompa aktual. Kemudian dari data debit limpasan masuk digunakan sebagai data untuk merencanakan dimensi saluran tersier, saluran sekunder, saluran

primer, hingga air yang mengalir tersebut dihitung sebagai volume air yang kemudian diperlukan untuk mengetahui daya tampung *sump* rencana dan debit pompa sebagai air yang keluar.

- b. Analisis sistem pemompan yang dilakukan dengan memasukkan data-data hasil pengolahan yaitu debit pompa aktual, head total pompa, efisiensi, dan daya pompa. Kemudian dari nilai debit pemompaan secara aktual, untuk menentukan apakah pompa dioperasikan dengan kondisinya normalnya.

E. Hasil dan Pembahasan

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

F. Kesimpulan dan saran

Kesimpulan yang diperoleh merupakan nilai dari hasil analisis data pada perhitungan dan pada saat di lapangan. Serta saran sebagai rekomendasi kepada perusahaan untuk menyelesaikan permasalahan di lapangan yang terkait dengan hasil penelitian ini.

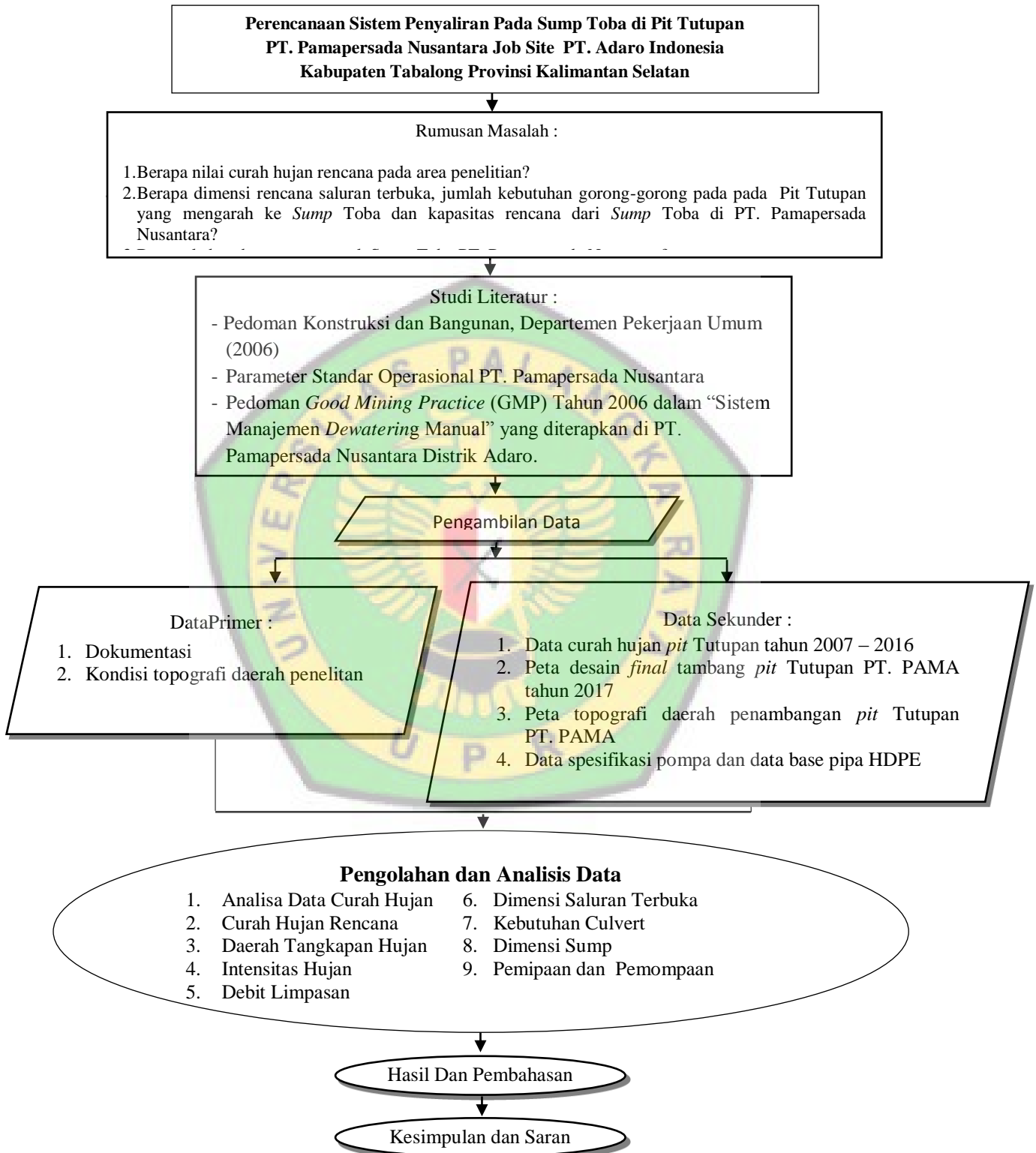
3.4.2 Metode Penelitian

Metode penelitian ini merupakan salah satu jenis penelitian yang spesifikasinya adalah sistematis, terencana, terstruktur dengan jelas dari awal hingga akhir penelitian. Umumnya pendekatan kuantitatif dalam pengambilan keputusan menggunakan model matematika. Dalam metode penelitian kuantitatif, masalah yang diteliti berdasarkan obyektif di lapangan yang diolah dalam bentuk data berupa angka sebagai alat menemukan

keterangan mengenai apa yang ingin kita ketahui. Data yang diperoleh, dicatat dan dikumpulkan, diolah dan dianalisis dengan parameter yang ada selanjutnya dijadikan sebagai perencanaan untuk periode selanjutnya.



3.5 Bagan Alir Pelaksanaan Skripsi



Gambar 3.1. Bagan Alir Penelitian

3.6 Waktu Penelitian

Pada Kegiatan Skripsi ini waktu pelaksanaan penelitian dengan rincian sebagai berikut :

Tabel 3.1 Waktu Pelaksanaan Skripsi

| No | Kegiatan | April-17 | | | | Mei-17 | | | | Juni-17 | | | | Juli-17 | | | | Agu-17 | | | | Nov-19 | | | | Jan-20 | | | |
|----|--|----------|-----|----|---|--------|-----|----|---|---------|-----|----|---|---------|-----|----|---|--------|-----|----|---|--------|-----|----|---|--------|-----|----|--|
| | | II | III | IV | I | II | III | IV | I | II | III | IV | I | II | III | IV | I | II | III | IV | I | II | III | IV | I | II | III | IV | |
| 1 | Penentuan Judul Proposal Skripsi | ■ | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 2 | Pengajuan Proposal Skripsi | | ■ | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 3 | Konsultasi Proposal Skripsi | | | ■ | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 4 | Seminar Proposal Skripsi | | | | ■ | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 5 | Perbaikan Proposal Skripsi | | | | | ■ | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 6 | Observasi Lapangan PT. Pamapersada Distrik Adaro | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 7 | Pengambilan dan Pengolahan Data | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 8 | Presentasi di Perusahaan PT. Pamapersada | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 9 | Pembuatan laporan | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 10 | Konsultasi Laporan Skripsi | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 11 | Seminar Skripsi | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 12 | Sidang Skripsi | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Hasil

PT. Pamapersada Nusantara *Jobsite* PT. Adaro Indonesia pada tahun 2017, memiliki project dengan 1 (Satu) Pit, yakni Pit Tutupan. Luas Pit Tutupan sekitar 2000 Ha.

Sistem penyaliran yang diterapkan pada Pit Tutupan yang dikelola oleh PT. Pamapersada Nusantara *Jobsite* PT. Adaro Indonesia adalah kombinasi dari metode saluran terbuka (paritan) dan metode sistem kolam terbuka (*sump*) yang bertujuan mencegah air masuk ke area tambang.

Pada Pit Tutupan sendiri terdapat 11 *sump* dalam menunjang produksi *overburden* maupun batubara. Pit Tutupan dibagi menjadi 2 bagian, yaitu *high wall* dan *low wall*. Dari pembagian tersebut terbagi atas dua arah yaitu *high wall* bagian timur - *high wall* bagian barat dan *low wall* timur - *low wall* barat. Berikut daftar *sump* yang ada pada Pit Tutupan:

A. *High Wall* Bagian Timur

1. *Sump* Sentani
2. *Sump* Ranu Kumbolo
3. *Sump* Singkarak

B. *High Wall* Bagian Barat

1. *Sump* Senggigi
2. *Sump* Parangtritis

C. Low Wall Bagian Timur

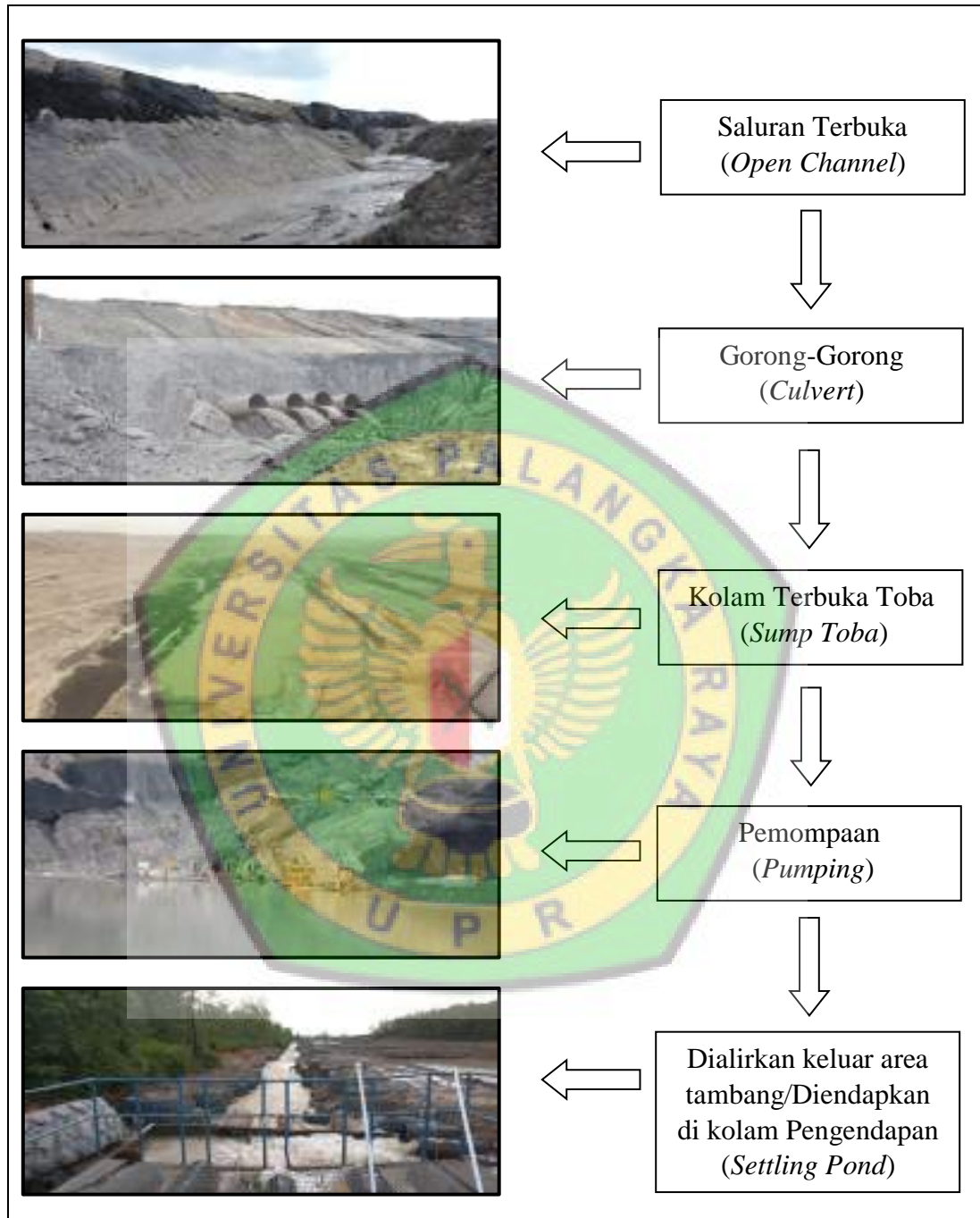
1. *Sump* Ranu Pane
2. *Sump* Toba

D. Low Wall Bagian Barat

1. *Sump* Pangandaran
2. *Sump* Raja Ampat
3. *Sump* Kuta
4. *Sump* Sanur

Dari 11 *Sump* di atas tersebut, penulis direkomendasikan untuk menjadikan *Sump* Toba sebagai bahan penelitian dalam penyelesaian skripsi.

Sump Toba merupakan salah satu *sump* yang berada pada elevasi terendah. Pemompaan yang dilakukan pada *sump* Toba, dialirkan menuju kolam pengendapan *outlet* Komodo untuk kemudian diberikan beberapa perlakuan yang bertujuan untuk memenuhi baku mutu air yang ditetapkan oleh pihak PT. Adaro Indonesia sebelum air dapat dialirkan keluar *area pit* yang kemudian diolah kembali oleh pihak PT. Adaro Indonesia selaku *owner* untuk memenuhi baku mutu yang ditetapkan oleh pemerintah.



Gambar 4.1. Alur Sistem Penyaliran Air Tambang Sump Toba
PT. Pamapersada Nusantara Jobsite Adaro Indonesia

Sumber : Dokumentasi Penulis Dilapangan (2017)

4.1.1 Analisis Data Curah Hujan

Dalam analisis data curah hujan, penulis menguji data curah hujan untuk menentukan metode perhitungan curah hujan yang akan dipakai diantara 4 metode yang ada: Metode distribusi *Normal*, metode distribusi *Gumbel*, metode distribusi *Log Normal* Dan metode distribusi *Log-Pearson III*. Data curah hujan yang dianalisis adalah seri data parsial dengan menganalisis data curah hujan maksimum setiap tahunnya (*annual maximum series*).

Data curah hujan yang digunakan dalam analisis data pada penelitian ini berupa data curah hujan maksimum yang didapat dengan penakar hujan manual tipe kolektor yang kemudian diukur jumlah air yang ada menggunakan gelas ukur (dalam satuan millimeter). Data yang digunakan dalam perhitungan curah hujan rencana dimulai dari tahun 2007 sampai tahun 2016.



Gambar 4.2. Alat Penakar Hujan Manual

Sumber : Dokumentasi Penulis Di Lapangan (2017)



Gambar 4.3. Gelas Ukur

Sumber : Dokumentasi Penulis (2017)

Data curah hujan harian maksimum serta data curah hujan total dapat dilihat pada tabel berikut:

Tabel 4.1. Curah Hujan Maksimum

| TAHUN | BULAN | | | | | | | | | | | | R24 Max |
|-----------------|---------|--------|---------|---------|---------|--------|--------|--------|---------|--------|---------|---------|---------|
| | Jan | Feb | Mar | Apr | May | Jun | Jul | Aug | Sep | Oct | Nov | Dec | |
| 2007 | 53.000 | 64.000 | 34.000 | 70.000 | 144.000 | 66.400 | 31.000 | 32.667 | 21.533 | 44.000 | 76.750 | 23.000 | 144.000 |
| 2008 | 204.000 | 34.500 | 71.500 | 66.500 | 54.500 | 14.000 | 37.500 | 31.000 | 29.000 | 85.000 | 85.000 | 86.000 | 204.000 |
| 2009 | 73.000 | 75.750 | 36.000 | 53.000 | 21.000 | 18.250 | 32.000 | 14.750 | 60.500 | 85.250 | 37.667 | 62.167 | 85.250 |
| 2010 | 13.667 | 33.000 | 64.500 | 126.333 | 17.333 | 18.000 | 54.500 | 62.333 | 59.000 | 47.333 | 66.000 | 43.167 | 126.333 |
| 2011 | 66.333 | 40.333 | 0.000 | 64.000 | 83.333 | 81.000 | 37.333 | 29.000 | 32.000 | 26.000 | 71.000 | 82.000 | 83.333 |
| 2012 | 47.000 | 47.000 | 64.500 | 126.333 | 17.333 | 27.500 | 47.500 | 78.167 | 13.167 | 38.667 | 87.667 | 123.250 | 126.333 |
| 2013 | 39.250 | 48.500 | 44.250 | 116.500 | 54.250 | 29.000 | 44.500 | 44.000 | 32.000 | 34.000 | 46.250 | 69.750 | 116.500 |
| 2014 | 22.250 | 56.500 | 80.750 | 51.250 | 61.000 | 61.700 | 37.500 | 53.900 | 18.000 | 35.000 | 51.000 | 58.000 | 80.750 |
| 2015 | 36.000 | 75.500 | 54.500 | 113.250 | 29.250 | 42.750 | 27.750 | 17.250 | 87.750 | 11.000 | 50.250 | 87.750 | 113.250 |
| 2016 | 29.500 | 88.500 | 103.250 | 82.000 | 71.250 | 63.750 | 76.500 | 15.000 | 102.500 | 97.500 | 102.500 | 75.500 | 103.250 |
| MAX 10 Tahun | 204.000 | 88.500 | 103.250 | 126.333 | 144.000 | 81.000 | 70.500 | 78.167 | 102.500 | 97.500 | 102.500 | 123.250 | 204.000 |

Tabel 4.2. Curah Hujan Total

| TAHUN | BULAN | | | | | | | | | | | | TOTAL |
|-----------------------|----------|---------|----------|----------|----------|----------|----------|---------|----------|----------|----------|----------|----------|
| | JAN | FEB | MAR | APR | MAY | JUN | JUL | AUG | SEP | OCT | NOV | DEC | |
| 2007 | 381.000 | 404.550 | 200.150 | 394.250 | 266.000 | 240.833 | 142.333 | 93.067 | 55.500 | 223.167 | 400.500 | 173.250 | 2974.600 |
| 2008 | 359.750 | 136.250 | 318.520 | 271.250 | 113.750 | 75.500 | 145.000 | 92.750 | 106.750 | 198.000 | 410.575 | 528.275 | 2756.370 |
| 2009 | 359.500 | 197.375 | 76.500 | 148.250 | 159.500 | 40.750 | 89.000 | 70.250 | 89.750 | 125.750 | 220.167 | 285.333 | 1862.125 |
| 2010 | 13.667 | 143.500 | 405.750 | 426.083 | 117.250 | 251.950 | 107.250 | 155.833 | 249.433 | 174.000 | 386.833 | 216.750 | 2648.300 |
| 2011 | 307.167 | 178.500 | 0 | 330.833 | 285.700 | 212.417 | 71.917 | 49.250 | 125.750 | 92.850 | 308.850 | 297.856 | 2261.089 |
| 2012 | 212.450 | 256.250 | 441.417 | 426.083 | 117.250 | 121.167 | 165.833 | 140.900 | 31.333 | 145.250 | 263.800 | 513.625 | 2835.358 |
| 2013 | 196.100 | 256.800 | 252.360 | 305.450 | 197.000 | 75.750 | 212.450 | 131.500 | 60.750 | 110.000 | 269.500 | 410.505 | 2478.165 |
| 2014 | 190.750 | 290.300 | 353.450 | 258.575 | 218.025 | 190.575 | 66.175 | 182.700 | 40.150 | 65.450 | 213.500 | 281.700 | 2351.350 |
| 2015 | 249.250 | 228.400 | 358.000 | 399.250 | 106.400 | 174.000 | 77.000 | 49.750 | 24.750 | 16.000 | 241.750 | 384.500 | 2309.050 |
| 2016 | 152.850 | 428.525 | 396.250 | 281.350 | 290.550 | 210.150 | 280.250 | 61.500 | 179.400 | 473.900 | 366.000 | 348.700 | 3469.425 |
| Rata-rata 10 Tahun | 242.2483 | 252.045 | 280.2397 | 324.1375 | 187.1425 | 159.3092 | 135.7208 | 102.75 | 96.35667 | 162.4367 | 308.1475 | 344.0494 | 2594.583 |

Secara sistematis metode analisis frekuensi perhitungan hujan rencana ini dilakukan sebagai berikut :

A. Menghitung Parameter Statistik(Pengukuran Dispersi)

Pengukuran dispersi dapat dilakukan yakni melalui perhitungan parameter statistik untuk $(x_i - \bar{x})$, $(x_i - \bar{x})^2$, $(x_i - \bar{x})^3$, dan $(x_i - \bar{x})^4$ terlebih dahulu.

Tabel 4.3. Perhitungan Parameter Statistik

| Tahun | Parameter statistik (Pengukuran Dispersi) | | | | | |
|--------|---|---------------------------|-------------------|---------------------|---------------------|---------------------|
| | Rh rencana x_i | Rh Rata-rata \bar{x} | $(x_i - \bar{x})$ | $(x_i - \bar{x})^2$ | $(x_i - \bar{x})^3$ | $(x_i - \bar{x})^4$ |
| 2007 | 144 | 118,3 | 25,70 | 660,49 | 16974,59 | 436247,04 |
| 2008 | 204 | 118,3 | 85,70 | 7344,49 | 629422,79 | 53941533,36 |
| 2009 | 85,25 | 118,3 | -33,05 | 1092,30 | -36100,60 | 1193124,75 |
| 2010 | 126,33 | 118,3 | 8,03 | 64,53 | 518,43 | 4164,69 |
| 2011 | 83,33 | 118,3 | -34,97 | 1222,67 | -42752,62 | 1494916,49 |
| 2012 | 126,33 | 118,3 | 8,03 | 64,53 | 518,43 | 4164,69 |
| 2013 | 110,5 | 118,3 | -1,80 | 3,24 | -5,83 | 10,50 |
| 2014 | 80,75 | 118,3 | -37,55 | 1410,00 | -52945,59 | 1988107,05 |
| 2015 | 113,25 | 118,3 | -5,05 | 25,50 | -128,79 | 650,38 |
| 2016 | 103,25 | 118,3 | -15,05 | 226,50 | -3408,86 | 51303,58 |
| Jumlah | 1183 | | 0,00 | 12114,27 | 512091,95 | 59114222,34 |

- a. Nilai Rata-Rata Varian(\bar{x})

$$\bar{x} = \frac{\sum_{i=1}^n x_i}{n} = 118.3 \text{ mm}$$

- b. Standar Deviasi (Sd)

$$Sd = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{(n-1)}} = \sqrt{\frac{12114,27}{(10-1)}} = 36.69 \text{ mm}$$

- c. Koefisien Skewness (Cs)

$$Cs = \frac{n \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^3}{(n-1) \cdot (n-2) \cdot Sd^3} = \frac{10 \times 512091,94}{(10-1) \times (10-2) \times 36,69^3} = 1,44 \text{ mm}$$

- d. Koefisien Kurtosis (Ck)

$$Ck = \frac{n^2 \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^4}{(n-1) \cdot (n-2) \cdot (n-3) \cdot Sd^4} = \frac{\frac{1}{10} \times 59114222,34}{(10-1) \cdot (10-2) \cdot (10-3) \cdot 36,69^4} = 6.47 \text{ mm}$$

- e. Koefisien variasi (Cv)

$$Cv = \frac{Sd}{\bar{x}} = \frac{36.69}{118.9} = 0.31 \text{ mm}$$

Tabel 4.4. Perhitungan Parameter Statistik Logaritma

| Tahun | Si (mm) | Log Xi | Rata-Rata Log Xi | Log Xi - Rata-Rata Log Xi | (Log Xi - Rata-Rata Log Xi) ² | (Log Xi - Rata-Rata Log Xi) ³ |
|---------|---------|--------|------------------|---------------------------|--|--|
| 2007 | 144 | 2.158 | 2.066303844 | 0.29298648 | 0.000857605 | 0.00106025 |
| 2008 | 204 | 2.310 | | -0.253236324 | 0.064128636 | 0.0162397 |
| 2009 | 85.25 | 1.931 | | -0.125699456 | 0.015800353 | -0.001986096 |
| 2010 | 116.33 | 2.102 | | 0.045124211 | 0.002036185 | 9.18811E-05 |
| 2011 | 83.33 | 1.921 | | -0.13557509 | 0.018386605 | -0.002491952 |
| 2012 | 116.33 | 2.102 | | 0.045124211 | 0.002036185 | 9.18811E-05 |
| 2013 | 116.5 | 2.066 | | 0.009932081 | 9.86462E-05 | 9.79763E-07 |
| 2014 | 80.75 | 1.907 | | -0.149251113 | 0.022275894 | -0.003124715 |
| 2015 | 113.25 | 2.054 | | 0.002355633 | 5.54901E-06 | -3.30714E-08 |
| 2016 | 183.25 | 2.014 | | -0.042503784 | 0.001806572 | -7.67861E-05 |
| \sum | 1183 | 20.564 | 2.22045E-15 | 0.136966291 | 0.009605209 | |
| Average | 118.3 | 2.056 | | 2.22045E-16 | | |

Pengukuran dispersi berdasarkan perhitungan parameter statistik logaritma (Log) antara lain sebagai berikut:

- a. Nilai Rata-Rata Varian ($\bar{\log x}$)

$$\log x = \frac{\sum_{i=1}^n \log x_i}{n} = \frac{20,564}{10} = 2,06 \text{ mm}$$

b. Standar Deviasi (Sd log x)

$$Sd (\log x) = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (\log x_i - \log \bar{x})^2}{n-1}} = \sqrt{\frac{0,010}{9}} = 0,12 \text{ mm}$$

c. Koefisien *Skewness* (Cs log x)

$$Cs (\log x) = \frac{\sum_{i=1}^n (\log x_i - \log \bar{x})^3}{(n-1) \cdot (n-2) \cdot (Sd \log x)^3} = \frac{10 \times 0,010}{(10-1) \cdot (10-2) \cdot (0,12)^3} = 0,71 \text{ mm}$$

d. Koefisien *Kurtosis* (Ck log x)

$$Ck (\log x) = \frac{n^2 \sum_{i=1}^n (\log x_i - \log \bar{x})^4}{(n-1) \cdot (n-2) \cdot (n-3) \cdot Sd^4} = \frac{\frac{1}{10} \times 0,0053}{(10-1) \cdot (10-2) \cdot (10-3) \cdot 0,12^4} = 4,55 \text{ mm}$$

e. Koefisien *Variasi* (Cv log x)

$$Cv (\log x) = \frac{Sd}{\log \bar{x}} = \frac{0,12}{2,06} = 0,06 \text{ mm}$$

Tabel 4.5. Hasil Pengukuran Dispersi

| No | Dispersi | Hasil Dispersi | |
|----|-----------|---------------------|-------------------------------|
| | | Parameter Statistik | Parameter Statistik Logaritma |
| 1 | \bar{x} | 118.300 | 2.056 |
| 2 | Sd | 36,688 | 0.123 |
| 3 | Cv | 0.310 | 0.060 |
| 4 | Cs | 1.440 | 0.711 |
| 5 | Ck | 6.474 | 4.554 |

B. Menentukan Jenis Distribusi Curah Hujan

a. Distribusi Probabilitas *Gumbel* Tipe I

Langkah perhitungan distribusi *gumbel* adalah sebagai berikut :

- Hitung parameter statistik seperti pada Tabel 4.3. diatas.
 - Nilai Rata-Rata Varian (\bar{x})= 118,300 mm
 - Standar Deviasi (Sd)= 36,688 mm
- Hitung Nilai Faktor Koreksi (K_T) menggunakan Persamaan 2.6 berdasarkan nilai Y_T , Y_n , dan S_n pada Tabel B.1, Tabel B.2 dan Tabel B.3 Lampiran B.
 - Dengan jumlah data (n) = 10, maka diperoleh

- Y_T PUH 2, 5, 10 Tahun = 0,3668 ; 1,5004 ; 2,2510
- Nilai Reduksi Variat (Y_n) = 0,4952
- Nilai Deviasi Standar (S_n) = 0,9497

$$\text{➤ } K_{2 \text{ tahun}} = \frac{0,3668 - 0,4952}{0,9497} = -0,135$$

$$\text{➤ } K_{5 \text{ tahun}} = \frac{1,5004 - 0,4952}{0,9497} = 1,058$$

$$\text{➤ } K_{10 \text{ tahun}} = \frac{2,2504 - 0,4952}{0,9497} = 1,849$$

3. Hitung nilai curah hujan rencana menggunakan Persamaan 2.7:

$$\begin{aligned} 1. \text{ PUH 2 tahun} &= \bar{x} + K_T \cdot S_d \\ &= 118,3 + (-0,135 \times 36,688) = 113,340 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} 2. \text{ PUH 5 tahun} &= \bar{x} + K_T \cdot S_d \\ &= 118,3 + (1,058 \times 36,688) = 157,132 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} 3. \text{ PUH 10 tahun} &= \bar{x} + K_T \cdot S_d \\ &= 118,3 + (1,849 \times 36,688) = 186,129 \text{ mm} \end{aligned}$$

b. Distribusi Probabilitas Normal

Langkah perhitungan distribusi Normal adalah sebagai berikut :

1. Hitung parameter statistik seperti pada Tabel 4.3. diatas.

1. Nilai Rata-Rata Varian (\bar{x}) = 118,300 mm
2. Standar Deviasi (S_d) = 36,688 mm

2. Hitung Nilai Faktor Koreksi (K_T) berdasarkan nilai T dan umumnya sudah tersedia dalam tabel nilai variabel reduksi *Gauss* (*Variabel reduced Gauss*) pada Tabel B.4 Lampiran B.

$$K_T \text{ PUH 2, 5, 10 Tahun} = 0,000 ; 0,840 ; 1,280$$

3. Hitung nilai curah hujan rencana menggunakan Persamaan 2.8:

- PUH 2 tahun = $\bar{x} + K_T \cdot S_d$

$$= 118,3 + (0,000 \cdot 36,688) = 118,3 \text{ mm}$$

- PUH 5 tahun $= \bar{x} + K_T \cdot Sd$
 $= 118,3 + (0,840 \cdot 36,688) = 149,118 \text{ mm}$
- PUH 10 tahun $= \bar{x} + K_T \cdot Sd$
 $= 118,3 + (1,280 \cdot 36,688) = 165,261 \text{ mm}$

c. Distribusi Probabilitas Log Normal

Langkah perhitungan distribusi Log Normal adalah sebagai berikut:

1. Hitung parameter statistik logaritma seperti pada Tabel 4.3.

1. Nilai Rata-Rata Varian ($\text{Log } \bar{x}$) $= 2,056 \text{ mm}$
2. Standar Deviasi ($Sd \text{ Log } x$) $= 0,123 \text{ mm}$
3. Koefisien Kemencengan ($Cs \text{ Log } x$) $= 0,711 \text{ mm}$

2. Hitung Nilai Faktor Koreksi (K_T) untuk Koefisien Kemencengan (Cs) berdasarkan tabel nilai variabel standar yang terlampir pada Tabel B.6 Lampiran B.

$$K_T \text{ PUH } 2, 5, 10 \text{ Tahun} = -0,117 ; 0,776 ; 1,312$$

3. Hitung nilai curah hujan rencana menggunakan Persamaan 2.9:

- PUH 2 tahun ($\text{Log } x_2$) $= \text{Log } \bar{x} + K_T \cdot Sd \text{ Log } x$
 $= 2,056 + (-0,117 \cdot 0,123) = 2,059 \text{ mm}$
 Jadi, $CH_{\text{Rencana}} (x_2) = 114,433 \text{ mm}$

- PUH 5 tahun ($\text{Log } x_5$) $= \text{Log } \bar{x} + K_T \cdot Sd \text{ Log } x$
 $= 2,056 + (0,776 \cdot 0,123) = 2,169 \text{ mm}$
 Jadi, $CH_{\text{Rencana}} (x_5) = 147,474 \text{ mm}$

- PUH 10 tahun ($\text{Log } x_{10}$) $= \text{Log } \bar{x} + K_T \cdot Sd \text{ Log } x$
 $= 2,056 + (1,312 \cdot 0,123) = 2,235 \text{ mm}$
 Jadi, $CH_{\text{Rencana}} (x_{10}) = 171,726 \text{ mm}$

d. Distribusi Probabilitas Log Pearson Tipe III

Langkah perhitungan distribusi Log *Pearson* adalah sebagai berikut:

1. Hitung parameter statistik logaritma seperti pada Tabel 4.3.

- Nilai Rata-Rata Varian ($\text{Log } \bar{x}$) = 2,056 mm
- Standar Deviasi ($\text{Sd Log } x$) = 0,123 mm
- Koefisien Kemencengan ($\text{Cs Log } x$) = 0,711 mm

2. Hitung Faktor Koreksi (K_T) berdasarkan nilai T dan Cs Log x, umumnya sudah tersedia dalam tabel nilai faktor frekuensi k distribusi Log Normal 3 parameter pada Tabel B.5 Lampiran B.

$$K_T \text{ PUH } 2, 5, 10, 25 \text{ Tahun} = -0,116 ; 0,790 ; 1,333$$

3. Hitung nilai curah hujan rencana menggunakan Persamaan 2.9:

$$\begin{aligned} 1. \text{ PUH } 2 \text{ tahun } (\text{Log } x_2) &= \text{Log } \bar{x} + K_T \cdot \text{Sd Log } x \\ &= 2,056 + (-0,116 \cdot 0,123) = 2,042 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\text{Jadi, } CH_{\text{Rencana}}(x_2) = 110,175 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} 2. \text{ PUH } 5 \text{ tahun } (\text{Log } x_5) &= \text{Log } \bar{x} + K_T \cdot \text{Sd Log } x \\ &= 2,056 + (0,790 \cdot 0,123) = 2,154 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\text{Jadi, } CH_{\text{Rencana}}(x_5) = 142,512 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} 3. \text{ PUH } 10 \text{ tahun } (\text{Log } x_{10}) &= \text{Log } \bar{x} + K_T \cdot \text{Sd Log } x \\ &= 2,056 + (1,333 \cdot 0,123) = 2,221 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\text{Jadi, } CH_{\text{Rencana}}(x_{10}) = 166,279 \text{ mm}$$

Hasil perhitungan rekapitulasi curah hujan rencana maksimum

dengan empat jenis distribusi ditunjukkan pada Tabel 4.4 dibawah ini.

Tabel 4.6. Rekapitulasi Curah Hujan Rencana Empat Jenis Distribusi

| Periode Tahun | Proba. Normal | Proba. Log Normal | Proba. Gumbel | Proba. Log Pearson III |
|---------------|---------------|-------------------|---------------|------------------------|
| 2 | 118,300 | 114,433 | 113,340 | 110,175 |
| 5 | 149,118 | 147,474 | 157,132 | 142,512 |
| 20 | 165,261 | 171,726 | 186,129 | 166,279 |

Dalam penentuan distribusi curah hujan rencana yang akan dipilih dengan periode tahun, terdapat parameter yang harus dipenuhi. Berdasarkan perhitungan parameter statistika, jenis distribusi yang cocok dengan sebaran data curah hujan harian maksimum di wilayah penelitian adalah distribusi *Log Pearson Type III*. Berikut tabel yang akan menunjukkan syarat serta pemilihan jenis distribusi berdasarkan parameter distribusi statistic.

Tabel 4.7. Parameter Syarat Penentuan Jenis Metode Distribusi

| No | Distribusi | Persyaratan | Hasil | Keterangan |
|----|-----------------|--|-------------|----------------|
| 1 | Gumbel | $C_s \leq 1,1396$ | $C_s=1,441$ | Tidak Memenuhi |
| | | $C_k \leq 5,4002$ | $C_k=6,474$ | Tidak Memenuhi |
| 2 | Log Pearson III | $C_s \neq 0$ | $C_s=0,711$ | Memenuhi |
| | | $C_k < 1,5 \cdot C_s (\ln \bar{x})^2 + 3$ 4,603291648 | $C_k=4,555$ | Memenuhi |
| 3 | Normal | $C_s = 0$ | $C_s=1,441$ | Tidak Memenuhi |
| | | $C_k = 3$ | $C_k=6,474$ | Tidak Memenuhi |
| 4 | Log Normal | $C_s > 3 \cdot C_v + C_v^3$ 0,179970181 | $C_s=0,711$ | Tidak Memenuhi |
| | | $C_k = 0$ | $C_k=4,555$ | Tidak Memenuhi |

4.1.2 Perencanaan Penyaliran

4.1.2.1 Perencanaan Saluran Terbuka

Pembuatan paritan ini bertujuan untuk menampung air limpasan yang menuju lokasi penambangan. Air limpasan akan masuk ke saluran-saluran yang kemudian dialirkan ke dalam *Sump* Toba dengan memanfaatkan gaya gravitasi. Tahapan perencanaan saluran terbuka dilakukan dengan beberapa perhitungan dalam perencanaan pada *Sump* Toba pada PT. Pamapersada Nusantara *Jobsite* PT. Adaro Indonesia, yaitu sebagai berikut:

A. Penentuan Catchment Persaluran

Penentuan arah aliran air yang masuk ke lokasi penambangan dan pembagian daerah aliran (*catchment area*) berdasarkan alur-alur saluran yang direncanakan masuk menuju ke kolam penampungan (*sump*) dalam bentuk pembuatan suatu peta perencanaan saluran terbuka.

Tahapan ini juga ikut membantu dalam pembatasan jumlah air yang akan masuk kedalam *sump* yang kemudian akan berpengaruh pada dimensi kolam pengendapan (*settling pond*) tersebut. Pada Sump Toba dimana merupakan lokasi penelitian, terdapat 62 pembagian daerah aliran.

B. Pembuatan Diagram Alir Saluran Terbuka

Pembuatan diagram alir saluran terbuka dalam perencanaan adalah sebagai patokan arah aliran. Pada diagram alir ini akan terlihat pengklasifikasian saluran tersier dan saluran primer yang kemudian akan bermuara pada kolam pengendapan.

C. Menghitung Intensitas Hujan

Curah hujan rencana yang digunakan dalam perencanaan saluran terbuka berdasarkan jangka waktu penggunaannya adalah curah hujan dengan periode ulang 2 tahun yaitu sebesar 110,175 mm. Berikut contoh perhitungan intensitas hujan diwakili oleh saluran A1:

a Saluran A1

Data awal diketahui:

1. Luas *Catcment Area* : 0,0279 Km²

2. Beda Tinggi (h) : 2,28 m

3. Kecepatan Aliran Saluran (W) : 4,495 m/detik

4. Beda Elevasi Lintasan (H_o) → *Bench* : 0,5 m

→ *Slope* : 1,95 m

5. Panjang Aliran diatas saluran (I_o) → *Bench/ramp* : 50 m

→ *Slope* : 195.128 m

6. Panjang saluran (L) : 232,07 m

7. Curah Hujan Maksimum : 101,499 mm

8. Lebar *Ramp* (w) : 50 m

9. nd (saluran tanah) : 0,033

Maka perhitungan waktu konsentrasi (t_c) adalah sebagai berikut:

- **Perhitungan t_o *Slope*:**

$$s = \frac{\Delta h}{L} = \frac{1,95}{195,128} = 0,01 \approx 1\%$$

Sehingga dihitung nilai t_o untuk mengalir di *slope* adalah :

$$t_o = 1,44 \left(nd \frac{L}{\sqrt{s}} \right)^{0,467} = 1,44 \left(0,033 \frac{232,07}{\sqrt{0,01}} \right)^{0,467} = 10,073 \text{ menit}$$

- **Perhitungan t_o *Ramp* :**

$$L = w = 50 \text{ m}$$

$$\text{Grade Back Slope (s)} = 1\% = 0,01$$

Sehingga dihitung nilai t_o untuk mengalir di *ramp* adalah :

$$t_o = 1,44 \left(nd \frac{L}{\sqrt{s}} \right)^{0,467} = 1,44 \left(0,033 \frac{50}{\sqrt{0,01}} \right)^{0,467} = 5,332 \text{ menit}$$

Nilai t_o terbesar untuk perhitungan yaitu 10,073 menit = 0,168 jam

- **Perhitungan t_f Saluran :**

Kecepatan aliran air dihitung menggunakan rumus *bayern* yaitu :

$$V = 72 \times \left(\frac{H}{L}\right)^{0,6} = 72 \times \left(\frac{0,002}{0,232}\right)^{0,6} = 4,495 \text{ km/jam}$$

Nilai H didapat dari pengukuran di aplikasi *autoCAD*, beda tinggi untuk saluran Tersier A1 adalah $RL\ 96 - RL\ 48 = 48 \text{ m} = 0,048 \text{ km}$.

$$t_f = \frac{L}{V} = \frac{0,232}{4,495} = 0,052 \text{ jam}$$

- **Perhitungan Waktu Konsentrasi (t_c)**

$$t_c = t_o + t_f = 0,168 \text{ jam} + 0,052 \text{ jam} = 0,220 \text{ jam}$$

- **Perhitungan Intensitas Hujan (I_{24})**

Intensitas hujan dapat dihitung dengan rumus *Mononobe* yaitu :

$$I = \frac{R_{24}}{24} \left(\frac{24}{t_c}\right)^{\frac{2}{3}} = \frac{110,175}{24} \left(\frac{24}{0,220}\right)^{\frac{2}{3}} = 140,499 \text{ mm/jam}$$

Berikut tabel 4.8. dan tabel 4.9. data saluran Jalur A. Kemudian untuk perhitungan intensitas hujan dari saluran B hingga G akan dijelaskan pada Lampiran D.

Tabel 4.8. Data Awal Diketahui Area CA Jalur A

| KODE CA | (A) | | (h) | | (L) | | (W) | (h _a) | | (L _a) | |
|---------|---------|--------------------|----------------------|-------|-----------------|-------|--------------------------|-----------------------|-----------|--------------------------------|---------------|
| | Luas CA | | Beda Elevasi Paritan | | Panjang Saluran | | Kecepatan Aliran Saluran | Beda Elevasi Lintasan | | Panjang Aliran di atas Saluran | |
| | (Ha) | (km ²) | (m) | (km) | (m) | (km) | (km/jam) | Slope (m) | Bench (m) | Slope (m) | Bench/Ram (m) |
| A1 | 2,79 | 0,028 | 2,28 | 0,002 | 232,07 | 0,232 | 4,495 | 1,95 | 0,5 | 195,128 | 50 |
| A2 | 11,71 | 0,117 | 16 | 0,016 | 1036,35 | 1,036 | 5,895 | 12 | 0,5 | 147,854 | 50 |
| A3 | 9,33 | 0,093 | 9,14 | 0,009 | 925,16 | 0,925 | 4,510 | 12 | 0,65 | 75,876 | 65 |
| A4 | 11,62 | 0,116 | 12 | 0,012 | 786,45 | 0,786 | 5,854 | 24 | 0,5 | 184,539 | 50 |
| A5 | 16,39 | 0,164 | 54 | 0,054 | 933,49 | 0,933 | 13,028 | 72 | 0,5 | 293,97 | 50 |
| A6 | 45,42 | 0,454 | 48 | 0,048 | 1772 | 1,772 | 8,260 | 108 | 0,5 | 325,503 | 50 |
| A7 | 18,24 | 0,182 | 48 | 0,048 | 996,07 | 0,996 | 11,671 | 96 | 0,5 | 225,704 | 50 |
| A8 | 38,84 | 0,388 | 36 | 0,036 | 877,35 | 0,877 | 10,598 | 108 | 0,5 | 399,978 | 50 |
| A9 | 5,97 | 0,060 | 5,4 | 0,005 | 537,25 | 0,537 | 4,557 | 24 | 0,5 | 114,062 | 50 |
| A10 | 9,45 | 0,095 | 5 | 0,005 | 515,41 | 0,515 | 4,461 | 96 | 0,2521 | 204,04 | 25,21 |
| A11 | 3,52 | 0,035 | 24 | 0,024 | 386,26 | 0,386 | 13,594 | 24 | 0,5 | 59,65 | 50 |

Tabel 4.9. Intensitas Hujan Area CA Jalur A

| KODE CA | (S ₀) | | (T ₀) | | (T ₀) | | (t _r) | (t _c) | (I) |
|---------|----------------------------|-----------|---------------------|---------------|---------------------|-------------|-------------------|-------------------|------------|
| | Kemiringan Saluran Terbuka | | Waktu Overland Flow | | Waktu Overland Flow | | Waktu Mengalir | Waktu Konsentrasi | Intensitas |
| | Slope (%) | Bench (%) | Slope (Menit) | Bench (Menit) | Slope (Jam) | Bench (Jam) | (Jam) | (Jam) | (mm/Jam) |
| A1 | 1% | 1% | 9,634 | 5,100 | 0,161 | 0,085 | 0,052 | 0,212 | 107,361 |
| A2 | 8% | 1% | 5,190 | 5,100 | 0,086 | 0,085 | 0,176 | 0,388 | 71,801 |
| A3 | 16% | 1% | 3,252 | 5,765 | 0,054 | 0,096 | 0,205 | 0,301 | 85,000 |
| A4 | 13% | 1% | 5,156 | 5,100 | 0,086 | 0,085 | 0,134 | 0,522 | 58,890 |
| A5 | 24% | 1% | 5,523 | 5,100 | 0,092 | 0,085 | 0,072 | 0,594 | 54,052 |
| A6 | 33% | 1% | 5,400 | 5,100 | 0,090 | 0,085 | 0,215 | 0,809 | 44,009 |
| A7 | 43% | 1% | 4,295 | 5,100 | 0,072 | 0,085 | 0,085 | 0,894 | 41,161 |
| A8 | 27% | 1% | 6,239 | 5,100 | 0,104 | 0,085 | 0,083 | 0,187 | 116,900 |
| A9 | 18% | 1% | 3,797 | 5,100 | 0,063 | 0,085 | 0,118 | 1,012 | 37,898 |
| A10 | 47% | 1% | 4,002 | 3,704 | 0,067 | 0,062 | 0,116 | 0,182 | 118,828 |
| A11 | 40% | 1% | 2,337 | 5,100 | 0,039 | 0,085 | 0,028 | 1,040 | 37,205 |

D. Perhitungan Debit Rencana Jalur A (Qr)

Perhitungan debit rencana (Qr) untuk perencanaan saluran terbuka menggunakan Metode Rasional. Perhitungannya sebagai berikut:

a. Saluran Tersier A1

Diketahui:

Koefisien limpasan untuk kondisi daerah pengaliran tanpa tumbuhan, daerah tambang adalah $C = 0,9$ (Tabel C.3 Lampiran C)

$$I = 107,361 \text{ mm/jam}$$

$$A = 0,028 \text{ km}^2$$

$$\begin{aligned} Q &= 0,278 \cdot C \cdot I \cdot A \\ &= 0,278 \cdot 0,9 \cdot 107,361 \cdot 0,028 \\ &= 0,749 \text{ m}^3/\text{detik} \end{aligned}$$

b. Saluran Sekunder A2

Diketahui:

Koefisien limpasan untuk kondisi daerah pengaliran tanpa tumbuhan, daerah tambang adalah $C = 0,9$ (Tabel C.3 Lampiran C)

$$I = 71,801 \text{ mm/jam}$$

$$A = 0,117 \text{ km}^2$$

$$\begin{aligned} Q &= 0,278 \cdot C \cdot I \cdot A \\ &= 0,278 \cdot 0,9 \cdot 71,801 \cdot (0,028 + 0,117) \\ &= 2,605 \text{ m}^3/\text{detik} \end{aligned}$$

Saluran sekunder A2 mendapatkan limpasan air dari saluran tersier A1, maka debit rencana saluran sekunder A2 dihitung berdasarkan daerah tangkapan hujan pada saluran tersier A1 dan saluran sekunder A2.

c. Saluran Tersier A3

Diketahui:

Koefisien limpasan untuk kondisi daerah pengaliran tanpa tumbuhan, daerah tambang adalah $C = 0,9$ (Tabel C.3 Lampiran C)

$$I = 85,000 \text{ mm/jam}$$

$$A = 0,093 \text{ km}^2$$

$$\begin{aligned} Q &= 0,278 \cdot C \cdot I \cdot A \\ &= 0,278 \cdot 0,9 \cdot 85,000 \cdot 0,093 \\ &= 1,984 \text{ m}^3/\text{detik} \end{aligned}$$

d. Saluran Sekunder A4

Diketahui:

Koefisien limpasan untuk kondisi daerah pengaliran tanpa tumbuhan, daerah tambang adalah $C = 0,9$ (Tabel C.3 Lampiran C)

$$I = 58,890 \text{ mm/jam}$$

$$A = 0,116 \text{ km}^2$$

$$\begin{aligned} Q &= 0,278 \cdot C \cdot I \cdot A \\ &= 0,278 \cdot 0,9 \cdot 58,890 \cdot (0,028 + 0,117 + 0,093 + 0,116) \\ &= 5,223 \text{ m}^3/\text{detik} \end{aligned}$$

Saluran sekunder A4 mendapatkan limpasan air dari saluran tersier A3 dan saluran sekunder A2, maka debit rencana saluran sekunder A4 dihitung berdasarkan daerah tangkapan hujan pada saluran tersier A1, saluran sekunder A2, saluran tersier A3 dan saluran sekunder A4.

e. Saluran Sekunder A5

Diketahui:

Koefisien limpasan untuk kondisi daerah pengaliran tanpa tumbuhan, daerah tambang adalah $C = 0,9$ (Tabel C.3 Lampiran C)

$$I = 54,052 \text{ mm/jam}$$

$$A = 0,164 \text{ km}^2$$

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

$$= 0,278 \cdot 0,9 \cdot 54,052 \cdot (0,028 + 0,117 + 0,093 + 0,116 + 0,164)$$

$$= 7,011 \text{ m}^3/\text{detik}$$

Saluran sekunder A5 mendapatkan limpasan air dari saluran sekunder A4, maka debit rencana saluran sekunder A5 dihitung berdasarkan daerah tangkapan hujan pada saluran tersier A1, saluran sekunder A2, saluran tersier A3, saluran sekunder A4, dan saluran sekunder A5.

f. Saluran Sekunder A6

Diketahui:

Koefisien limpasan untuk kondisi daerah pengaliran tanpa tumbuhan, daerah tambang adalah $C = 0,9$ (Tabel C.3 Lampiran C)

$$I = 44,009 \text{ mm/jam}$$

$$A = 0,454 \text{ km}^2$$

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

$$= 0,278 \cdot 0,9 \cdot 44,009 \cdot (0,028 + 0,117 + 0,093 + 0,116 + 0,164 + 0,454)$$

$$= 10,709 \text{ m}^3/\text{detik}$$

Saluran sekunder A6 mendapatkan limpasan air dari saluran sekunder A5, maka debit rencana saluran sekunder A6 dihitung berdasarkan daerah tangkapan hujan pada saluran tersier A1, saluran sekunder A2, saluran tersier A3, saluran sekunder A4, saluran sekunder A5 dan saluran sekunder A6.

g. Saluran Sekunder A7

Diketahui:

Koefisien limpasan untuk kondisi daerah pengaliran tanpa tumbuhan, daerah tambang adalah $C = 0,9$ (Tabel C.3 Lampiran C)

$$I = 41,161 \text{ mm/jam}$$

$$A = 0,182 \text{ km}^2$$

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

$$= 0,278 \cdot 0,9 \cdot 41,161 \cdot (0,028 + 0,117 + 0,093 + 0,116 + 0,164 + 0,454 + 0,182)$$

$$= 11,895 \text{ m}^3/\text{detik}$$

Saluran sekunder A7 mendapatkan limpasan air dari saluran sekunder A6, maka debit rencana saluran sekunder A7 dihitung berdasarkan daerah tangkapan hujan pada saluran tersier A1, saluran sekunder A2, saluran tersier A3, saluran sekunder A4, saluran sekunder A5, saluran sekunder A6 dan saluran sekunder A7.

h. Saluran Tersier A8

Diketahui:

Koefisien limpasan untuk kondisi daerah pengaliran tanpa tumbuhan, daerah tambang adalah $C = 0,9$ (Tabel C.3 Lampiran C)

$$I = 116,900 \text{ mm/jam}$$

$$A = 0,388 \text{ km}^2$$

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

$$= 0,278 \cdot 0,9 \cdot 116,900 \cdot 0,388$$

$$= 11,360 \text{ m}^3/\text{detik}$$

i. Saluran Sekunder A9

Diketahui:

Koefisien limpasan untuk kondisi daerah pengaliran tanpa tumbuhan, daerah tambang adalah $C = 0,9$ (Tabel C.3 Lampiran C)

$$I = 37,898 \text{ mm/jam}$$

$$A = 0,060 \text{ km}^2$$

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

$$\begin{aligned}
 &= 0,278 \cdot 0,9 \cdot 37,898 \cdot (0,028 + 0,117 + 0,093 + 0,116 + 0,164 + \\
 &0,454 + 0,180,388+0,060) \\
 &= 15,201 \text{ m}^3/\text{detik}
 \end{aligned}$$

Saluran sekunder A9 mendapatkan limpasan air dari saluran sekunder A7 dan saluran tersier A8 maka debit rencana saluran sekunder A9 dihitung berdasarkan daerah tangkapan hujan pada saluran tersier A1, saluran sekunder A2, saluran tersier A3, saluran sekunder A4, saluran sekunder A5, saluran sekunder A6, saluran sekunder A7, saluran tersier A8 dan saluran sekunder A9.

j. Saluran Tersier A10

Diketahui:

Koefisien limpasan untuk kondisi daerah pengaliran tanpa tumbuhan, daerah tambang adalah $C = 0,9$ (Tabel C.3 Lampiran C)

$$I = 118,828 \text{ mm/jam}$$

$$A = 0,095 \text{ km}^2$$

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

$$= 0,278 \cdot 0,9 \cdot 118,828 \cdot 0,095$$

$$= 2,810 \text{ m}^3/\text{detik}$$

k. Saluran Primer A11

Diketahui:

Koefisien limpasan untuk kondisi daerah pengaliran tanpa tumbuhan, daerah tambang adalah $C = 0,9$ (Tabel C.3 Lampiran C)

$$I = 37,205 \text{ mm/jam}$$

$$A = 0,035 \text{ km}^2$$

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

$$= 0,278 \cdot 0,9 \cdot 37,205 \cdot (0,028 + 0,117 + 0,093 + 0,116 + 0,164 +$$

$$0,454 + 0,182 + 0,388 + 0,060 + 0,095 + 0,035)$$

$$= 16,130 \text{ m}^3/\text{detik}$$

Saluran primer A11 mendapatkan limpasan air dari saluran sekunder A9 dan dan saluran tersier A10 maka debit rencana saluran sekunder A9 dihitung berdasarkan daerah tangkapan hujan pada saluran tersier A1, saluran sekunder A2, saluran tersier A3, saluran sekunder A4, saluran sekunder A5, saluran sekunder A6, saluran sekunder A7, saluran tersier A8, saluran sekunder A9, saluran tersier A10 dan saluran primer A11.

Hasil untuk perhitungan debit rencana (Q) saluran terbuka pada jalur A dapat dilihat tabel 4.8. dibawah ini.

Tabel 4.10. Hasil Perhitungan Debit

| No. | KODE CA | (A) Luas CA | | (C) Koefisien Limpasan | (I) Intensitas | (Q) Debit Rencana |
|-----|---------|----------------|--------------------|------------------------------|-------------------|-------------------------|
| | | (Ha) | (km ²) | | mm/jam | (m ³ /dtk) |
| 1 | A1 | 2,79 | 0,028 | 0,9 | 107,361 | 0,749 |
| 2 | A2 | 11,71 | 0,117 | 0,9 | 71,801 | 2,605 |
| 3 | A3 | 9,33 | 0,093 | 0,9 | 85,000 | 1,984 |
| 4 | A4 | 11,62 | 0,116 | 0,9 | 58,890 | 5,223 |
| 5 | A5 | 16,39 | 0,164 | 0,9 | 54,052 | 7,011 |
| 6 | A6 | 45,42 | 0,454 | 0,9 | 44,009 | 10,709 |
| 7 | A7 | 13,24 | 0,182 | 0,9 | 41,161 | 11,895 |
| 8 | A8 | 38,84 | 0,388 | 0,9 | 116,900 | 11,360 |
| 9 | A9 | 5,97 | 0,060 | 0,9 | 37,898 | 15,201 |
| 10 | A10 | 9,45 | 0,095 | 0,9 | 118,828 | 2,810 |
| 11 | A11 | 3,52 | 0,035 | 0,9 | 37,205 | 16,130 |

E. Perhitungan Debit Saluran (Qs) Jalur A

Bentuk saluran yang direncanakan yaitu bentuk trapesium. Perhitungan yang digunakan ini berdasarkan Pedoman Konstruksi dan Bangunan, Departemen Pekerjaan Umum (2006:16).

a. Saluran Tersier A1

Data awal diketahui:

Debit Aliran: 0,749 m³/detik

$$\text{Kemiringan Saluran : } s = \frac{\Delta h_2 - \Delta h_1}{L} = \frac{120 - 180}{232,02} = \frac{2}{232,02} = 0,009$$

Koefisien Manning (n) : 0,03 (saluran tanah dibuat dengan *excavator*).

Perhitungan dimensi saluran samping adalah sebagai berikut:

1. Tinggi air (h)

Nilai tinggi air (h) dihitung dengan cara iterasi atau coba-coba (*trial and error*) berdasarkan pertimbangan nilai $Q_s \geq Q_r$, sehingga diperoleh nilai tinggi air (h) adalah 0,5 m.

2. Tinggi jagaan (W)

$$W = \sqrt{0,5 \times h} = \sqrt{0,5 \times 0,5} = 0,5 \text{ m}$$

3. Tinggi Total Saluran (H_{total})

$$H_{\text{total}} = h + W = 0,5 + 0,5 = 1 \text{ m}$$

4. Kemiringan Talud (m)

Kemiringan talud (m) berdasarkan (Tabel C.5 Lampiran C) untuk debit antara $0,75 - 1,50 \text{ m}^3/\text{detik}$, diperoleh $m = 1$

5. Lebar Dasar Saluran (b)

$\frac{b}{h}$ de vos berdasarkan (Tabel C.5 Lampiran C) untuk debit $0,75 - 1,50 \text{ m}^3/\text{detik} = 2$

$$b = \left(\frac{b}{h} \text{ de vos}\right) \times h = 2 \times 0,5 = 1 \text{ m}$$

6. Luas Penampang Saluran (A)

$$A = (b + m)h = (1 + 1) 0,5 = 1 \text{ m}^2$$

7. Keliling Penampang Basah (P)

$$P = b + 2h\sqrt{m^2 + 1} = 1 + 2 \times 0,5\sqrt{1^2 + 1} = 2,414 \text{ m}$$

8. Jari-Jari Hidrolis (R)

$$R = \frac{A}{P} = \frac{1}{2,414} = 0,414 \text{ m}$$

9. Kecepatan Rata-Rata (V)

Kecepatan rata-rata dihitung menggunakan rumus *Manning*:

$$V = \frac{1}{n} \times R^{\frac{2}{3}} \times S^{\frac{1}{2}} = \frac{1}{0,03} \times 0,414^{\frac{2}{3}} \times 0,009^{\frac{1}{2}} = 1,836 \text{ m/detik}$$

Kemiringan saluran (s) dari hasil pengukuran dilapangan:

$$s = \frac{\text{elev}_1 - \text{elev}_2}{L} \times 100\% = \frac{120 - 118}{0,232} \times 100\% = 0,862\%$$

10. Pengontrolan Kecepatan Aliran (V) dan Kemiringan Saluran (s)

$V = 1,836 \text{ m/detik}$ (memenuhi V maks ijin = $\pm 2,00 \text{ m/detik}$)

$s = 0,862\% = 1\%$ (memenuhi s ijin = $0 - 5\%$ untuk material tanah asli)

Berdasarkan pengontrolan nilai V dan s yang diijinkan maka perencanaan saluran dapat digunakan

11. Kapasitas Debit Saluran (Q_{saluran})

$$Q = A \times V = 1 \text{ m}^2 \times 1,836 \text{ m/det} = 1,836 \text{ m}^3/\text{det}$$

$$\text{Kontrol Debit} = Q_{\text{saluran}} \approx Q_{\text{hidrologi}} \rightarrow (\text{Aman})$$

b. Saluran Sekunder A2

Data awal diketahui:

Debit Aliran: $2,605 \text{ m}^3/\text{detik}$

$$\text{Kemiringan Saluran : } s = \frac{\Delta h_2 - \Delta h_1}{L} = \frac{120 - 104}{1036,35} = \frac{16}{1036,35} = 0,015$$

Koefisien Manning (n) : $0,03$ (saluran tanah dibuat dengan *excavator*).

Perhitungan dimensi saluran samping adalah sebagai berikut:

1. Tinggi air (h)

Nilai tinggi air (h) dihitung dengan cara iterasi atau coba-coba (*trial and error*) berdasarkan pertimbangan nilai $Q_s \geq Q_r$, sehingga diperoleh nilai tinggi air (h) adalah $0,6 \text{ m}$.

2. Tinggi jagaan (W)

$$W = \sqrt{0,5 \times h} = \sqrt{0,5 \times 0,6} = 0,548 \text{ m}$$

3. Tinggi Total Saluran (H_{total})

$$H_{\text{total}} = h + W = 0,6 + 0,548 = 1,148 \text{ m}$$

4. Kemiringan Talud (m)

Kemiringan talud (m) berdasarkan (Tabel C.5 Lampiran C) untuk debit antara 1,50 – 3,00 m³/detik, diperoleh m = 1

5. Lebar Dasar Saluran (b)

$\frac{b}{h}$ de vos berdasarkan (Tabel C.5 Lampiran C) untuk debit 1,50-3,00 m³/detik = 2,5

$$b = \left(\frac{b}{h} \text{ de vos}\right) \times h = 2,5 \times 0,6 = 1,5 \text{ m}$$

6. Luas Penampang Saluran (A)

$$A = (b + m)h = (1,5 + 1) 0,6 = 1,260 \text{ m}^2$$

7. Keliling Penampang Basah (P)

$$P = b + 2h\sqrt{m^2 + 1} = 1,5 + 2 \times 0,6\sqrt{1^2 + 1} = 3,197 \text{ m}$$

8. Jari-Jari Hidrolis (R)

$$R = \frac{A}{P} = \frac{1,260}{3,197} = 0,394 \text{ m}$$

9. Kecepatan Rata-Rata (V)

Kecepatan rata-rata dihitung menggunakan rumus *Manning* :

$$V = \frac{1}{n} \times R^{\frac{2}{3}} \times s^{\frac{1}{2}} = \frac{1}{0,03} \times 0,394^{\frac{2}{3}} \times 0,015^{\frac{1}{2}} = 2,226 \text{ m/detik}$$

Kemiringan saluran (s) dari hasil pengukuran dilapangan:

$$s = \frac{\text{elev}_1 - \text{elev}_2}{L} \times 100\% = \frac{120 - 104}{1036,35} \times 100\% = 1,544\%$$

10. Pengontrolan Kecepatan Aliran (V) dan Kemiringan Saluran (s)

$$V = 2,226 \text{ m/detik (memenuhi } V \text{ maks ijin} = \pm 2,00 \text{ m/detik)}$$

$$s = 1,544\% = 2\% \text{ (memenuhi } s \text{ ijin} = 0 - 5\% \text{ untuk material tanah asli)}$$

Berdasarkan pengontrolan nilai V dan s yang diijinkan maka perencanaan saluran dapat digunakan.

11. Kapasitas Debit Saluran (Q_{saluran})

$$Q = A \times V = 1,260 \text{ m}^2 \times 2,226 \text{ m/det} = 2,805 \text{ m}^3/\text{det}$$

$$\text{Kontrol Debit} = Q_{\text{saluran}} \approx Q_{\text{hidrologi}} \rightarrow (\text{Aman})$$

c. Saluran Tersier A3

Data awal diketahui:

$$\text{Debit Aliran: } 1,984 \text{ m}^3/\text{detik}$$

$$\text{Kemiringan Saluran : } s = \frac{\Delta h_2 - \Delta h_1}{L} = \frac{96 - 87}{925,16} = \frac{9}{925,16} = 0,010$$

Koefisien Manning (n) : 0,03 (saluran tanah dibuat dengan *excavator*).

Perhitungan dimensi saluran samping adalah sebagai berikut:

1. Tinggi air (h)

Nilai tinggi air (h) dihitung dengan cara iterasi atau coba-coba (*trial and error*) berdasarkan pertimbangan nilai $Q_s \geq Q_r$, sehingga diperoleh nilai tinggi air (h) adalah 0,6 m.

2. Tinggi jagaan (W)

$$W = \sqrt{0,5 \times h} = \sqrt{0,5 \times 0,6} = 0,548 \text{ m}$$

3. Tinggi Total Saluran (H_{total})

$$H_{total} = h + W = 0,6 + 0,548 = 1,148 \text{ m}$$

4. Kemiringan Talud (m)

Kemiringan talud (m) berdasarkan (Tabel C.5 Lampiran C) untuk debit antara 1,50 – 3,00 m³/detik , diperoleh m =1

5. Lebar Dasar Saluran (b)

$\frac{b}{h}$ de vos berdasarkan (Tabel C.5 Lampiran C) untuk debit 1,50-3,00 m³/detik = 2,5

$$b = \left(\frac{b}{h} \text{ de vos}\right) \times h = 2,5 \times 0,7 = 1,5 \text{ m}$$

6. Luas Penampang Saluran (A)

$$A = (b + m)h = (1,5 + 1) 0,6 = 0,394 \text{ m}^2$$

7. Keliling Penampang Basah (P)

$$P = b + 2h\sqrt{m^2 + 1} = 1,5 + 2 \times 0,6\sqrt{1^2 + 1} = 3,197 \text{ m}$$

8. Jari-Jari Hidrolis (R)

$$R = \frac{A}{P} = \frac{0,394}{3,197} = 0,394 \text{ m}$$

9. Kecepatan Rata-Rata (V)

Kecepatan rata-rata dihitung menggunakan rumus *Manning* :

$$V = \frac{1}{n} \times R^{\frac{2}{3}} \times s^{\frac{1}{2}} = \frac{1}{0,03} \times 0,394^{\frac{2}{3}} \times 0,010^{\frac{1}{2}} = 1,781 \text{ m/detik}$$

Kemiringan saluran (s) dari hasil pengukuran dilapangan:

$$s = \frac{\text{elev}_1 - \text{elev}_2}{L} \times 100\% = \frac{96 - 87}{925,16} \times 100\% = 0,973\%$$

10. Pengontrolan Kecepatan Aliran (V) dan Kemiringan Saluran (s)

$$V = 1,781 \text{ m/detik (memenuhi } V \text{ maks ijin} = \pm 2,00 \text{ m/detik)}$$

$s = 0,973\% = 1\%$ (memenuhi s ijin = 0 - 5% untuk material tanah asli)

Berdasarkan pengontrolan nilai V dan s yang diijinkan maka perencanaan saluran dapat digunakan.

11. Kapasitas Debit Saluran (Q_{saluran})

$$Q = A \times V = 0,394 \text{ m}^2 \times 1,781 \text{ m/det} = 2,244 \text{ m}^3/\text{det}$$

$$\text{Kontrol Debit} = Q_{\text{saluran}} \approx Q_{\text{hidrologi}} \rightarrow (\text{Aman})$$

d. Saluran Sekunder A4

Data awal diketahui:

Debit Aliran: $5,223 \text{ m}^3/\text{detik}$

$$\text{Kemiringan Saluran} : s = \frac{\Delta h_2 - \Delta h_1}{L} = \frac{96 - 84}{786,45} = \frac{12}{786,45} = 0,015$$

Koefisien Manning (n) : 0,03 (saluran tanah dibuat dengan *excavator*).

Perhitungan dimensi saluran samping adalah sebagai berikut:

1. Tinggi air (h)

Nilai tinggi air (h) dihitung dengan cara iterasi atau coba-coba (*trial and error*) berdasarkan pertimbangan nilai $Q_s \geq Q_r$, sehingga diperoleh nilai tinggi air (h) adalah 0,65 m.

2. Tinggi jagaan (W)

$$W = \sqrt{0,5 \times h} = \sqrt{0,5 \times 0,65} = 0,570 \text{ m}$$

3. Tinggi Total Saluran (H_{total})

$$H_{\text{total}} = h + W = 0,65 + 0,570 = 1,220 \text{ m}$$

4. Kemiringan Talud (m)

Kemiringan talud (m) berdasarkan (Tabel C.5 Lampiran C) untuk debit antara 4,50 – 6,00 m³/detik , diperoleh m = 1,5

5. Lebar Dasar Saluran (b)

$\frac{b}{h}$ de vos berdasarkan (Tabel C.5 Lampiran C) untuk debit 4,50-6,00 m³/detik = 3,5

$$b = \left(\frac{b}{h} \text{ de vos}\right) \times h = 3,5 \times 0,65 = 2,275 \text{ m}$$

6. Luas Penampang Saluran (A)

$$A = (b + m)h = (2,275 + 1,5) 0,65 = 2,429 \text{ m}^2$$

7. Keliling Penampang Basah (P)

$$P = b + 2h\sqrt{m^2 + 1} = 2,275 + 2 \times 0,65\sqrt{1,5^2 + 1} = 4,619 \text{ m}$$

8. Jari-Jari Hidrolis (R)

$$R = \frac{A}{P} = \frac{2,429}{4,619} = 0,526 \text{ m}$$

9. Kecepatan Rata-Rata (V)

Kecepatan rata-rata dihitung menggunakan rumus *Manning* :

$$V = \frac{1}{n} \times R^{\frac{2}{3}} \times s^{\frac{1}{2}} = \frac{1}{0,03} \times 0,526^{\frac{2}{3}} \times 0,015^{\frac{1}{2}} = 2,683 \text{ m/detik}$$

Kemiringan saluran (s) dari hasil pengukuran dilapangan:

$$s = \frac{\text{elev}_1 - \text{elev}_2}{L} \times 100\% = \frac{96 - 84}{786,45} \times 100\% = 1,526\%$$

10. Pengontrolan Kecepatan Aliran (V) dan Kemiringan Saluran (s)

V = 2,683 m/detik (memenuhi V maks ijin = ± 2,00 m/detik)

s = 1,526% = 1% (memenuhi s ijin = 0 - 5% untuk material tanah

asli)

Berdasarkan pengontrolan nilai V dan s yang diijinkan maka perencanaan saluran dapat digunakan.

11. Kapasitas Debit Saluran (Q_{saluran})

$$Q = A \times V = 2,429 \text{ m}^2 \times 2,683 \frac{\text{m}}{\text{det}} = 6,518 \text{ m}^3/\text{det}$$

$$\text{Kontrol Debit} = Q_{\text{saluran}} \approx Q_{\text{hidrologi}} \rightarrow (\text{Aman})$$

e. Saluran Sekunder A5

Data awal diketahui:

Debit Aliran: $7,011 \text{ m}^3/\text{detik}$

$$\text{Kemiringan Saluran : } s = \frac{\Delta h_2 - \Delta h_1}{L} = \frac{78 - 24}{933,49} = \frac{54}{933,49} = 0,058$$

Koefisien Manning (n) : $0,03$ (saluran tanah dibuat dengan *excavator*).

Perhitungan dimensi saluran samping adalah sebagai berikut:

1. Tinggi air (h)

Nilai tinggi air (h) dihitung dengan cara iterasi atau coba-coba (*trial and error*) berdasarkan pertimbangan nilai $Q_s \geq Q_r$, sehingga diperoleh nilai tinggi air (h) adalah $0,65 \text{ m}$.

2. Tinggi jagaan (W)

$$W = \sqrt{0,5 \times h} = \sqrt{0,5 \times 0,65} = 0,570 \text{ m}$$

3. Tinggi Total Saluran (H_{total})

$$H_{\text{total}} = h + W = 0,65 + 0,570 = 1,220 \text{ m}$$

4. Kemiringan Talud (m)

Kemiringan talud (m) berdasarkan (Tabel C.5 Lampiran C) untuk debit antara $6,00 - 7,50 \text{ m}^3/\text{detik}$, diperoleh $m = 1,5$

5. Lebar Dasar Saluran (b)

$\frac{b}{h}$ de vos berdasarkan (Tabel C.5 Lampiran C) untuk debit 6,00-7,50 m³/detik = 4

$$b = \left(\frac{b}{h} \text{ de vos}\right) \times h = 4 \times 0,65 = 2,6 \text{ m}$$

6. Luas Penampang Saluran (A)

$$A = (b + m)h = (2,6 + 1,5) 0,65 = 2,641 \text{ m}^2$$

7. Keliling Penampang Basah (P)

$$P = b + 2h\sqrt{m^2 + 1} = 2,6 + 2 \times 0,65\sqrt{1,5^2 + 1} = 4,944 \text{ m}$$

8. Jari-Jari Hidrolis (R)

$$R = \frac{A}{P} = \frac{2,641}{4,944} = 0,534 \text{ m}$$

9. Kecepatan Rata-Rata (V)

Kecepatan rata-rata dihitung menggunakan rumus *Manning* :

$$V = \frac{1}{n} \times R^{\frac{2}{3}} \times s^{\frac{1}{2}} = \frac{1}{0,03} \times 0,534^{\frac{2}{3}} \times 0,058^{\frac{1}{2}} = 5,278 \text{ m/detik}$$

Kemiringan saluran (s) dari hasil pengukuran dilapangan:

$$s = \frac{\text{elev}_1 - \text{elev}_2}{L} \times 100\% = \frac{78 - 24}{933,49} \times 100\% = 5,785\%$$

10. Pengontrolan Kecepatan Aliran (V) dan Kemiringan Saluran (s)

V = 5,278 m/detik (tidak memenuhi V maks ijin = ± 2,00 m/detik)

s = 5,785% = 6% (tidak memenuhi s ijin = 0 - 5% untuk material tanah asli)

Berdasarkan nilai V dan s yang diijinkan, maka pada saluran yang direncanakan perlu adanya pematah arus dengan jarak pematah arus 16 m berdasarkan kemiringan 6% sesuai Tabel 2.4 untuk

mengurangi kecepatan aliran saluran (V) dengan kemiringan saluran (s) yang cukup besar.

11. Kapasitas Debit Saluran (Q_{saluran})

$$Q = A \times V = 2,641 \text{ m}^2 \times 5,278 \text{ m/det} = 13,937 \text{ m}^3/\text{det}$$

$$\text{Kontrol Debit} = Q_{\text{saluran}} \approx Q_{\text{hidrologi}} \rightarrow (\text{Aman})$$

f. Saluran Sekunder A6

Data awal diketahui:

Debit Aliran: $10,709 \text{ m}^3/\text{detik}$

$$\text{Kemiringan Saluran : } s = \frac{\Delta h_2 - \Delta h_1}{L} = \frac{72 - 24}{1772} = \frac{48}{1772} = 0,027$$

Koefisien Manning (n) : 0,03 (saluran tanah dibuat dengan *excavator*).

Perhitungan dimensi saluran samping adalah sebagai berikut:

1. Tinggi air (h)

Nilai tinggi air (h) dihitung dengan cara iterasi atau coba-coba (*trial and error*) berdasarkan pertimbangan nilai $Q_s \geq Q_r$, sehingga diperoleh nilai tinggi air (h) adalah 0,65 m.

2. Tinggi jagaan (W)

$$W = \sqrt{0,5 \times h} = \sqrt{0,5 \times 0,65} = 0,570 \text{ m}$$

3. Tinggi Total Saluran (H_{total})

$$H_{\text{total}} = h + W = 0,65 + 0,570 = 1,220 \text{ m}$$

4. Kemiringan Talud (m)

Kemiringan talud (m) berdasarkan (Tabel C.5 Lampiran C) untuk debit antara $9,00 - 11,00 \text{ m}^3/\text{detik}$, diperoleh $m = 1,5$

5. Lebar Dasar Saluran (b)

$\frac{b}{h}$ de vos berdasarkan (Tabel C.5 Lampiran C) untuk debit 9,00-11,00 m³/detik = 5

$$b = \left(\frac{b}{h} \text{ de vos}\right) \times h = 5 \times 0,65 = 3,25 \text{ m}$$

6. Luas Penampang Saluran (A)

$$A = (b + m)h = (3,25 + 1,5) 0,65 = 3,063 \text{ m}^2$$

7. Keliling Penampang Basah (P)

$$P = b + 2h\sqrt{m^2 + 1} = 3,25 + 2 \times 0,65\sqrt{1,5^2 + 1} = 5,594 \text{ m}$$

8. Jari-Jari Hidrolis (R)

$$R = \frac{A}{P} = \frac{3,063}{5,594} = 0,548 \text{ m}$$

9. Kecepatan Rata-Rata (V)

Kecepatan rata-rata dihitung menggunakan rumus *Manning* :

$$V = \frac{1}{n} \times R^{\frac{2}{3}} \times s^{\frac{1}{2}} = \frac{1}{0,03} \times 0,548^{\frac{2}{3}} \times 0,027^{\frac{1}{2}} = 3,849 \text{ m/detik}$$

Kemiringan saluran (s) dari hasil pengukuran dilapangan:

$$s = \frac{\text{elev}_1 - \text{elev}_2}{L} \times 100\% = \frac{72 - 24}{1772} \times 100\% = 2,709\%$$

10. Pengontrolan Kecepatan Aliran (V) dan Kemiringan Saluran (s)

V = 3,849 m/detik (memenuhi V maks ijin = ± 2,00 m/detik)

s = 2,709% = 3% (memenuhi s ijin = 0 - 5% untuk material tanah asli)

Berdasarkan pengontrolan nilai V dan s yang diijinkan maka perencanaan saluran dapat digunakan.

11. Kapasitas Debit Saluran (Q_{saluran})

$$Q = A \times V = 3,063 \text{ m}^2 \times 3,849 \text{ m/det} = 11,248 \text{ m}^3/\text{det}$$

$$\text{Kontrol Debit} = Q_{\text{saluran}} \approx Q_{\text{hidrologi}} \rightarrow (\text{Aman})$$

g. Saluran Sekunder A7

Data awal diketahui:

Debit Aliran: 11,895 m³/detik

$$\text{Kemiringan Saluran : } s = \frac{\Delta h_2 - \Delta h_1}{L} = \frac{120 - 72}{996,07} = \frac{54}{996,07} = 0,048$$

Koefisien Manning (n) : 0,03 (saluran tanah dibuat dengan *excavator*).

Perhitungan dimensi saluran samping adalah sebagai berikut:

1. Tinggi air (h)

Nilai tinggi air (h) dihitung dengan cara iterasi atau coba-coba (*trial and error*) berdasarkan pertimbangan nilai $Q_s \geq Q_r$, sehingga diperoleh nilai tinggi air (h) adalah 0,65 m.

2. Tinggi jagaan (W)

$$W = \sqrt{0,5 \times h} = \sqrt{0,5 \times 0,65} = 0,570 \text{ m}$$

3. Tinggi Total Saluran (H_{total})

$$H_{\text{total}} = h + W = 0,65 + 0,570 = 1,220 \text{ m}$$

4. Kemiringan Talud (m)

Kemiringan talud (m) berdasarkan (Tabel C.4 Lampiran C) untuk debit antara 11,00 – 15,00 m³/detik, diperoleh m = 1,5

5. Lebar Dasar Saluran (b)

$\frac{b}{h}$ de vos berdasarkan (Tabel C.5 Lampiran C) untuk debit 11,00-15,00 m³/detik = 6

$$b = \left(\frac{b}{h} \text{ de vos}\right) \times h = 6 \times 0,65 = 3,9 \text{ m}$$

6. Luas Penampang Saluran (A)

$$A = (b + m)h = (3,9 + 1,5) 0,65 = 3,486 \text{ m}^2$$

7. Keliling Penampang Basah (P)

$$P = b + 2h\sqrt{m^2 + 1} = 3,9 + 2 \times 0,65\sqrt{1,5^2 + 1} = 6,244 \text{ m}$$

8. Jari-Jari Hidrolis (R)

$$R = \frac{A}{P} = \frac{3,486}{6,244} = 0,558 \text{ m}$$

9. Kecepatan Rata-Rata (V)

Kecepatan rata-rata dihitung menggunakan rumus *Manning* :

$$V = \frac{1}{n} \times R^{\frac{2}{3}} \times s^{\frac{1}{2}} = \frac{1}{0,03} \times 0,558^{\frac{2}{3}} \times 0,048^{\frac{1}{2}} = 4,961 \text{ m/detik}$$

Kemiringan saluran (s) dari hasil pengukuran dilapangan:

$$s = \frac{\text{elev}_1 - \text{elev}_2}{L} \times 100\% = \frac{120 - 72}{933,49} \times 100\% = 4,819\%$$

10. Pengontrolan Kecepatan Aliran (V) dan Kemiringan Saluran (s)

$$V = 4,961 \text{ m/detik (memenuhi V maks ijin} = \pm 2,00 \text{ m/detik)}$$

$$s = 4,819\% = 5\% \text{ (memenuhi s ijin} = 0 - 5\% \text{ untuk material tanah asli)}$$

Berdasarkan pengontrolan nilai V dan s yang diijinkan maka perencanaan saluran dapat digunakan.

11. Kapasitas Debit Saluran (Q_{saluran})

$$Q = A \times V = 3,486 \text{ m}^2 \times 4,961 \text{ m/det} = 17,293 \text{ m}^3/\text{det}$$

$$\text{Kontrol Debit} = Q_{\text{saluran}} \approx Q_{\text{hidrologi}} \rightarrow (\text{Aman})$$

h. Saluran Tersier A8

Data awal diketahui:

Debit Aliran: $11,360 \text{ m}^3/\text{detik}$

$$\text{Kemiringan Saluran : } s = \frac{\Delta h_2 - \Delta h_1}{L} = \frac{120 - 84}{877,35} = \frac{36}{877,35} = 0,041$$

Koefisien Manning (n) : 0,03 (saluran tanah dibuat dengan *excavator*).

Perhitungan dimensi saluran samping adalah sebagai berikut:

1. Tinggi air (h)

Nilai tinggi air (h) dihitung dengan cara iterasi atau coba-coba (*trial and error*) berdasarkan pertimbangan nilai $Q_s \geq Q_r$, sehingga diperoleh nilai tinggi air (h) adalah 0,65 m.

2. Tinggi jagaan (W)

$$W = \sqrt{0,5 \times h} = \sqrt{0,5 \times 0,65} = 0,570 \text{ m}$$

3. Tinggi Total Saluran (H_{total})

$$H_{\text{total}} = h + W = 0,65 + 0,570 = 1,220 \text{ m}$$

4. Kemiringan Talud (m)

Kemiringan talud (m) berdasarkan (Tabel C.5 Lampiran C) untuk debit antara $11,00 - 15,00 \text{ m}^3/\text{detik}$, diperoleh $m = 1,5$

5. Lebar Dasar Saluran (b)

$\frac{b}{h}$ de vos berdasarkan (Tabel C.5 Lampiran C) untuk debit $11,00 - 15,00 \text{ m}^3/\text{detik} = 6$

$$b = \left(\frac{b}{h} \text{ de vos}\right) \times h = 6 \times 0,65 = 3,9 \text{ m}$$

6. Luas Penampang Saluran (A)

$$A = (b + m)h = (3,9 + 1,5) 0,65 = 3,486 \text{ m}^2$$

7. Keliling Penampang Basah (P)

$$P = b + 2h\sqrt{m^2 + 1} = 3,9 + 2 \times 0,65\sqrt{1,5^2 + 1} = 6,244 \text{ m}$$

8. Jari-Jari Hidrolis (R)

$$R = \frac{A}{P} = \frac{3,486}{6,244} = 0,588 \text{ m}$$

9. Kecepatan Rata-Rata (V)

Kecepatan rata-rata dihitung menggunakan rumus *Manning* :

$$V = \frac{1}{n} \times R^{\frac{2}{3}} \times S^{\frac{1}{2}} = \frac{1}{0,03} \times 0,588^{\frac{2}{3}} \times 0,041^{\frac{1}{2}} = 4,578 \text{ m/detik}$$

Kemiringan saluran (s) dari hasil pengukuran dilapangan:

$$s = \frac{\text{elev}_1 - \text{elev}_2}{L} \times 100\% = \frac{120 - 84}{877,35} \times 100\% = 4,103\%$$

10. Pengontrolan Kecepatan Aliran (V) dan Kemiringan Saluran (s)

$$V = 4,578 \text{ m/detik (memenuhi V maks ijin} = \pm 2,00 \text{ m/detik)}$$

$$s = 4,103\% = 4\% \text{ (memenuhi s ijin} = 0 - 5\% \text{ untuk material tanah asli)}$$

Berdasarkan pengontrolan nilai V dan s yang diijinkan maka perencanaan saluran dapat digunakan.

11. Kapasitas Debit Saluran (Q_{saluran})

$$Q = A \times V = 3,486 \text{ m}^2 \times 4,578 \text{ m/det} = 15,957 \text{ m}^3/\text{det}$$

$$\text{Kontrol Debit} = Q_{\text{saluran}} \approx Q_{\text{hidrologi}} \rightarrow (\text{Aman})$$

i. Saluran Sekunder A9

Data awal diketahui:

Debit Aliran: $15,201 \text{ m}^3/\text{detik}$

$$\text{Kemiringan Saluran : } s = \frac{\Delta h_2 - \Delta h_1}{L} = \frac{144 - 138}{537,25} = \frac{6}{537,25} = 0,011$$

Koefisien Manning (n) : 0,03 (saluran tanah dibuat dengan *excavator*).

Perhitungan dimensi saluran samping adalah sebagai berikut:

1. Tinggi air (h)

Nilai tinggi air (h) dihitung dengan cara iterasi atau coba-coba (*trial and error*) berdasarkan pertimbangan nilai $Q_s \geq Q_r$, sehingga diperoleh nilai tinggi air (h) adalah 0,75 m.

2. Tinggi jagaan (W)

$$W = \sqrt{0,5 \times h} = \sqrt{0,5 \times 0,75} = 0,612 \text{ m}$$

3. Tinggi Total Saluran (H_{total})

$$H_{\text{total}} = h + W = 0,75 + 0,612 = 1,362 \text{ m}$$

4. Kemiringan Talud (m)

Kemiringan talud (m) berdasarkan (Tabel C.5 Lampiran C) untuk debit antara 15,00 – 25,00 m³/detik, diperoleh m = 2

5. Lebar Dasar Saluran (b)

$\frac{b}{h}$ de vos berdasarkan (Tabel C.5 Lampiran C) untuk debit 15,00-25,00 m³/detik = 8

$$b = \left(\frac{b}{h} \text{ de vos}\right) \times h = 8 \times 0,75 = 6 \text{ m}$$

6. Luas Penampang Saluran (A)

$$A = (b + m)h = (6 + 2) 0,75 = 6,750 \text{ m}^2$$

7. Keliling Penampang Basah (P)

$$P = b + 2h\sqrt{m^2 + 1} = 6 + 2 \times 0,75\sqrt{2^2 + 1} = 9,354 \text{ m}$$

8. Jari-Jari Hidrolis (R)

$$R = \frac{A}{P} = \frac{6,750}{9,354} = 0,722 \text{ m}$$

9. Kecepatan Rata-Rata (V)

Kecepatan rata-rata dihitung menggunakan rumus *Manning* :

$$V = \frac{1}{n} \times R^{\frac{2}{3}} \times s^{\frac{1}{2}} = \frac{1}{0,03} \times 0,722^{\frac{2}{3}} \times 0,011^{\frac{1}{2}} = 2,689 \text{ m/detik}$$

Kemiringan saluran (s) dari hasil pengukuran dilapangan:

$$s = \frac{\text{elev}_1 - \text{elev}_2}{L} \times 100\% = \frac{144 - 138}{537,25} \times 100\% = 1,117\%$$

10. Pengontrolan Kecepatan Aliran (V) dan Kemiringan Saluran (s)

$V = 2,689 \text{ m/detik}$ (memenuhi V maks ijin = $\pm 2,00 \text{ m/detik}$)

$s = 1,117\% = 1\%$ (memenuhi s ijin = $0 - 5\%$ untuk material tanah asli)

Berdasarkan pengontrolan nilai V dan s yang diijinkan maka perencanaan saluran dapat digunakan.

11. Kapasitas Debit Saluran (Q_{saluran})

$$Q = A \times V = 6,750 \text{ m}^2 \times 2,689 \text{ m/det} = 18,148 \text{ m}^3/\text{det}$$

$$\text{Kontrol Debit} = Q_{\text{saluran}} \approx Q_{\text{hidrologi}} \rightarrow (\text{Aman})$$

j. Saluran Tersier A10

Data awal diketahui:

Debit Aliran: $2,810 \text{ m}^3/\text{detik}$

$$\text{Kemiringan Saluran} : s = \frac{\Delta h_2 - \Delta h_1}{L} = \frac{(-176) - (-181)}{515,41} = \frac{5}{515,41} = 0,010$$

Koefisien Manning (n) : 0,03 (saluran tanah dibuat dengan *excavator*).

Perhitungan dimensi saluran samping adalah sebagai berikut:

1. Tinggi air (h)

Nilai tinggi air (h) dihitung dengan cara iterasi atau coba-coba (*trial and error*) berdasarkan pertimbangan nilai $Q_s \geq Q_r$, sehingga diperoleh nilai tinggi air (h) adalah 0,7 m.

2. Tinggi jagaan (W)

$$W = \sqrt{0,5 \times h} = \sqrt{0,5 \times 0,7} = 0,592 \text{ m}$$

3. Tinggi Total Saluran (H_{total})

$$H_{\text{total}} = h + W = 0,7 + 0,592 = 1,292 \text{ m}$$

4. Kemiringan Talud (m)

Kemiringan talud (m) berdasarkan (Tabel C.4 Lampiran C) untuk debit antara 1,50 – 3,00 m³/detik, diperoleh m = 1

5. Lebar Dasar Saluran (b)

$\frac{b}{h}$ de vos berdasarkan (Tabel C.5 Lampiran C) untuk debit 1,50-3,00 m³/detik = 2,5

$$b = \left(\frac{b}{h} \text{ de vos}\right) \times h = 2,5 \times 0,7 = 1,75 \text{ m}$$

6. Luas Penampang Saluran (A)

$$A = (b + m)h = (1,75 + 1) 0,7 = 1,715 \text{ m}^2$$

7. Keliling Penampang Basah (P)

$$P = b + 2h\sqrt{m^2 + 1} = 1,75 + 2 \times 0,7\sqrt{1^2 + 1} = 3,730 \text{ m}$$

8. Jari-Jari Hidrolis (R)

$$R = \frac{A}{P} = \frac{1,715}{3,730} = 0,460 \text{ m}$$

9. Kecepatan Rata-Rata (V)

Kecepatan rata-rata dihitung menggunakan rumus *Manning* :

$$V = \frac{1}{n} \times R^{\frac{2}{3}} \times s^{\frac{1}{2}} = \frac{1}{0,03} \times 0,460^{\frac{2}{3}} \times 0,010^{\frac{1}{2}} = 1,956 \text{ m/detik}$$

Kemiringan saluran (s) dari hasil pengukuran dilapangan:

$$s = \frac{\text{elev}_1 - \text{elev}_2}{L} \times 100\% = \frac{(-176) - (-181)}{515,41} \times 100\% = 0,970\%$$

10. Pengontrolan Kecepatan Aliran (V) dan Kemiringan Saluran (s)

$V = 1,956 \text{ m/detik}$ (memenuhi V maks ijin = $\pm 2,00 \text{ m/detik}$)

$s = 0,970\% \approx 1\%$ (memenuhi s ijin = 0 - 5% untuk material tanah asli)

Berdasarkan pengontrolan nilai V dan s yang diijinkan maka perencanaan saluran dapat digunakan.

11. Kapasitas Debit Saluran (Q_{saluran})

$$Q = A \times V = 1,715 \text{ m}^2 \times 1,956 \text{ m/det} = 3,354 \text{ m}^3/\text{det}$$

Kontrol Debit = $Q_{\text{saluran}} \approx Q_{\text{hidrologi}} \rightarrow$ (Aman)

k. Saluran Sekunder A11

Data awal diketahui:

Debit Aliran: $16,130 \text{ m}^3/\text{detik}$

$$\text{Kemiringan Saluran : } s = \frac{\Delta h_2 - \Delta h_1}{L} = \frac{-176 - (-200)}{386,26} = \frac{24}{386,26} = 0,062$$

Koefisien Manning (n) : 0,03 (saluran tanah dibuat dengan *excavator*).

Perhitungan dimensi saluran samping adalah sebagai berikut:

1. Tinggi air (h)

Nilai tinggi air (h) dihitung dengan cara iterasi atau coba-coba (*trial and error*) berdasarkan pertimbangan nilai $Q_s \geq Q_r$, sehingga diperoleh nilai tinggi air (h) adalah 0,6 m.

2. Tinggi jagaan (W)

$$W = \sqrt{0,5 \times h} = \sqrt{0,5 \times 0,6} = 0,548 \text{ m}$$

3. Tinggi Total Saluran (H_{total})

$$H_{\text{total}} = h + W = 0,6 + 0,548 = 1,148 \text{ m}$$

4. Kemiringan Talud (m)

Kemiringan talud (m) berdasarkan (Tabel C.5 Lampiran C) untuk debit antara 15,00 – 25,00 m³/detik, diperoleh m = 2

5. Lebar Dasar Saluran (b)

$\frac{b}{h}$ de vos berdasarkan (Tabel C.5 Lampiran C) untuk debit 15,00-25,00 m³/detik = 8

$$b = \left(\frac{b}{h} \text{ de vos}\right) \times h = 8 \times 0,6 = 4,8 \text{ m}$$

6. Luas Penampang Saluran (A)

$$A = (b + m)h = (4,8 + 2) 0,6 = 4,320 \text{ m}^2$$

7. Keliling Penampang Basah (P)

$$P = b + 2h\sqrt{m^2 + 1} = 4,8 + 2 \times 0,6\sqrt{2^2 + 1} = 7,481 \text{ m}$$

8. Jari-Jari Hidrolis (R)

$$R = \frac{A}{P} = \frac{4,320}{7,481} = 0,577 \text{ m}$$

9. Kecepatan Rata-Rata (V)

Kecepatan rata-rata dihitung menggunakan rumus *Manning* :

$$V = \frac{1}{n} \times R^{\frac{2}{3}} \times s^{\frac{1}{2}} = \frac{1}{0,03} \times 0,577^{\frac{2}{3}} \times 0,062^{\frac{1}{2}} = 5,761 \text{ m/detik}$$

Kemiringan saluran (s) dari hasil pengukuran dilapangan:

$$s = \frac{\text{elev}_1 - \text{elev}_2}{L} \times 100\% = \frac{-176 - (-200)}{386,26} \times 100\% = 6,213\%$$

10. Pengontrolan Kecepatan Aliran (V) dan Kemiringan Saluran (s)

$V = 5,761$ m/detik (memenuhi V maks ijin = $\pm 2,00$ m/detik)

$s = 6,213\% = 6\%$ (memenuhi s ijin = 0 - 5% untuk material tanah asli)

Berdasarkan nilai V dan s yang diijinkan, maka pada saluran yang direncanakan perlu adanya pematah arus dengan jarak pematah arus 16 m berdasarkan kemiringan 6% sesuai Tabel 2.4 untuk mengurangi kecepatan aliran saluran (V) dengan kemiringan saluran (s) yang cukup besar.

11. Kapasitas Debit Saluran (Q_{saluran})

$$Q = A \times V = 4320 \text{ m}^2 \times 5,761 \text{ m/det} = 24,886 \text{ m}^3/\text{det}$$

Kontrol Debit = $Q_{\text{saluran}} \approx Q_{\text{hidrologi}} \rightarrow$ (Aman)

Tabel 4.11. Hasil Perhitungan Dimensi Saluran Samping

| No. | Nama Saluran | Dimensi | | | | |
|-----|---------------------|-----------------------------|---|---------------------------|----------------------------|------------------------------|
| | | (h) Kedalaman Air (m) | (Htotal) Tinggi Total Saluran (m) | (b) Lebar Dasar (m) | (B) Lebar Puncak (m) | (m) Kemiringan Talud - |
| 1 | Saluran Tersier A1 | 0,5 | 1,00 | 1 | 2 | 1 : 1 |
| 2 | Saluran Sekunder A2 | 0,6 | 1,15 | 1,5 | 3 | 1 : 1 |
| 3 | Saluran Tersier A3 | 0,6 | 1,15 | 1,5 | 3 | 1 : 1 |
| 4 | Saluran Sekunder A4 | 0,65 | 1,22 | 2,275 | 5 | 1 : 1,5 |
| 5 | Saluran Sekunder A5 | 0,65 | 1,22 | 2,6 | 5 | 1 : 1,5 |
| 6 | Saluran Sekunder A6 | 0,65 | 1,22 | 3,25 | 6 | 1 : 1,5 |
| 7 | Saluran Sekunder A7 | 0,65 | 1,22 | 3,9 | 6 | 1 : 1,5 |
| 8 | Saluran Tersier A8 | 0,65 | 1,22 | 3,9 | 6 | 1 : 1,5 |
| 9 | Saluran Sekunder A9 | 0,75 | 1,36 | 6 | 9 | 1 : 2 |
| 10 | Saluran Tersier A10 | 0,7 | 1,29 | 1,75 | 4 | 1 : 1 |
| 11 | Saluran Primer A11 | 0,6 | 1,15 | 4,8 | 8 | 1 : 2 |

Desain dan dimensi dari saluran B hingga G akan dijelaskan pada Lampiran D.

4.1.2.2 Kebutuhan Gorong-Gorong (*Culvert*)

Gorong-gorong yang menjadi salah satu sarana untung mengalirnya air yang menghubungkan satu saluran ke saluran yang lain dibawah jalan tambang. Dalam perencanaan kebutuhan gorong-gorong, yaitu merencanakan letak gorong-gorong yang akan dipasang dan jumlahnya disesuaikan dengan debit air yang telah direncanakan pada perencanaan dimensi saluran sebelumnya.

Spesifikasi gorong-gorong pada PT. Pamapersada Nusantara yaitu besi *portable* dengan diameter 0,9 meter dan panjang 6 meter.

Kapasitas gorong-gorong disarankan 80% dari debit hasil perhitungan untuk mengantisipasi benda-benda yang terbawa aliran. (Departemen Pekerjaan Umum, 2006 : 18)

Untuk menentukan jumlah kebutuhan gorong-gorong maka perlu diketahui Debit Rencana ($Q_{rencana}$) dan Debit dari *Culvert* yang akan digunakan ($Q_{culvert}$). Sehingga nilai $Q_{culvert}$ mampu menampung $Q_{rencana}$ yang akan mengalir. Tahapan perencanaan gorong-gorong (*culvert*) yang akan digunakan adalah sebagai berikut :

A. Data awal

- a. Diameter *culvert* : 0,90 m
- b. Panjang *culvert* : 6 m
- c. Lebar ramp jalan : 40 m

- d. Tinggi air rencana : $0,8 \times 0,90 = 0,72$ m
- e. Kemiringan (s) : $2\% = 0,02$
- f. Koefisien Manning (n) : 0,015 (tipe dinding saluran besi) Tabel C.5 Lampiran C.

B. Perhitungan kemampuan tampungan *culvert*

- a. Sudut pusat (θ) dalam radian 80% dari *culvert*.

$$360^\circ \times 80\% = 288^\circ$$

$$2^\circ = \frac{\pi}{180} \text{ rad}$$

$$288^\circ \times \frac{3,14}{180} = 5,024 \text{ rad}$$

- b. Tinggi Muka Air (h)

$$h = 0,8 \times d = 0,8 \times 0,9 = 0,72 \text{ m}$$

- c. Lebar Atas (b)

$$b = 2\sqrt{h(d-h)} = 2\sqrt{0,72(0,9-0,72)} = 0,72 \text{ m}$$

- d. Luas Penampang (A)

$$A = \frac{1}{2}(\theta - \sin\theta)d^2 = \frac{1}{2}(5,024 - \sin(288^\circ))0,9^2 = 2,912 \text{ m}^2$$

- e. Keliling (P)

$$P = \frac{1}{2}\theta \cdot d = \frac{1}{2} \cdot 5,024 \cdot 0,9 = 2,261 \text{ m}$$

- f. Jari-Jari Hidrolis (R)

$$R = \frac{1}{4}\left(1 - \frac{\sin\theta}{\theta}\right) \cdot d = \frac{1}{4}\left(1 - \frac{\sin(288^\circ)}{5,024}\right) \cdot 0,9 = 0,291 \text{ m}$$

g. Kecepatan Aliran (V)

Kecepatan rata-rata dihitung dengan umus *Manning*, yaitu :

$$V = \frac{1}{n} \times R^{\frac{2}{3}} \times S^{\frac{1}{2}} = \frac{1}{0,013} \times 0,291^{\frac{2}{3}} \times 0,02^{\frac{1}{2}} = 4,780 \text{ m/detik}$$

h. Kapasitas Debit *Culvert* (Qc)

$$Q = A \times V = 2,912 \text{ m}^2 \times 4,780 \text{ m/det} = 13,920 \text{ m}^3/\text{det}$$

C. Kebutuhan *Culvert*a. *Culvert* A1' - A2'

Debit air yang masuk adalah debit yang berasal dari Qrencana saluran tersier A1 menuju saluran sekunder A2 yaitu 0,749 m³/detik.

1. Kebutuhan *line* gorong-gorong (*culvert*)

Untuk perhitungan kebutuhan gorong-gorong (*culvert*) sesuai dengan debit air yang masuk adalah sebagai berikut :

$$\text{Jumlah Line Culvert} = \frac{Q_{rencana}}{Q_{culvert}} = \frac{0,749}{14,775} = 0,050 = 1 \text{ Line culvert}$$

2. Kebutuhan gorong-gorong = $\frac{\text{Panjang ramp jalan}}{\text{Panjang Culvert}} \times \text{jumlah line}$

$$= \left(\frac{40 \text{ m}}{6 \text{ m}} \right) \times 1 \text{ Line} = 6,667 \approx 7 \text{ batang}$$

b. *Culvert* A2' ; A3' - A4'

Debit air yang masuk adalah debit yang berasal dari Qrencana saluran sekunder A2 dan saluran tersier A3 menuju saluran sekunder A4 yaitu 4,589 m³/detik.

1. Kebutuhan *line* gorong-gorong (*culvert*)

Untuk perhitungan kebutuhan gorong-gorong (*culvert*) sesuai dengan debit air yang masuk adalah sebagai berikut :

$$\text{Jumlah Line Culvert} = \frac{Q_{\text{rencana}}}{Q_{\text{culvert}}} = \frac{4,589}{14,775} = 0,341 = 1 \text{ Line culvert}$$

2. Kebutuhan gorong-gorong = $\frac{\text{Panjang ramp jalan}}{\text{Panjang Culvert}} \times \text{jumlah line}$

$$= \left(\frac{40 \text{ m}}{6 \text{ m}}\right) \times 1 \text{ Line} = 6,667 \approx 7 \text{ batang}$$

c. Culvert A4' – A5'

Debit air yang masuk adalah debit yang berasal dari Qrencana saluran sekunder A4 menuju saluran sekunder A4 yaitu 5,223 m³/detik.

1. Kebutuhan *line* gorong-gorong (*culvert*)

Untuk perhitungan kebutuhan gorong-gorong (*culvert*) sesuai dengan debit air yang masuk adalah sebagai berikut :

$$\text{Jumlah Line Culvert} = \frac{Q_{\text{rencana}}}{Q_{\text{culvert}}} = \frac{5,223}{14,775} = 0,353 = 1 \text{ Line culvert}$$

2. Kebutuhan gorong-gorong = $\frac{\text{Panjang ramp jalan}}{\text{Panjang Culvert}} \times \text{jumlah line}$

$$= \left(\frac{40 \text{ m}}{6 \text{ m}}\right) \times 1 \text{ Line} = 6,667 \approx 7 \text{ batang}$$

d. Culvert A5' – A6'

Debit air yang masuk adalah debit yang berasal dari Qrencana saluran sekunder A5 menuju saluran sekunder A6 yaitu 7,011 m³/detik.

1. Kebutuhan *line* gorong-gorong (*culvert*)

Untuk perhitungan kebutuhan gorong-gorong (*culvert*) sesuai dengan debit air yang masuk adalah sebagai berikut :

$$\text{Jumlah Line Culvert} = \frac{Q_{\text{rencana}}}{Q_{\text{culvert}}} = \frac{7,011}{14,775} = 0,474 = 1 \text{ Line culvert}$$

$$\begin{aligned} 2. \text{ Kebutuhan gorong-gorong} &= \frac{\text{Panjang ramp jalan}}{\text{Panjang Culvert}} \times \text{jumlah line} \\ &= \left(\frac{40 \text{ m}}{6 \text{ m}} \right) \times 1 \text{ Line} = 6,667 \approx 7 \text{ batang} \end{aligned}$$

e. Culvert A6' – A7'

Debit air yang masuk adalah debit yang berasal dari Qrencana saluran sekunder A6 menuju saluran sekunder A7 yaitu 10,709 m³/detik.

1. Kebutuhan *line* gorong-gorong (*culvert*)

Untuk perhitungan kebutuhan gorong-gorong (*culvert*) sesuai dengan debit air yang masuk adalah sebagai berikut :

$$\text{Jumlah Line Culvert} = \frac{Q_{\text{rencana}}}{Q_{\text{culvert}}} = \frac{10,709}{14,775} = 0,724 = 1 \text{ Line culvert}$$

$$\begin{aligned} 2. \text{ Kebutuhan gorong-gorong} &= \frac{\text{Panjang ramp jalan}}{\text{Panjang Culvert}} \times \text{jumlah line} \\ &= \left(\frac{40 \text{ m}}{6 \text{ m}} \right) \times 1 \text{ Line} = 6,667 \approx 7 \text{ batang} \end{aligned}$$

f. Culvert A7' ; A8' - A9'

Debit air yang masuk adalah debit yang berasal dari Qrencana saluran sekunder A7 dan saluran tersier A8 menuju saluran sekunder A9 yaitu 26,561 m³/detik.

1. Kebutuhan *line* gorong-gorong (*culvert*)

Untuk perhitungan kebutuhan gorong-gorong (*culvert*) sesuai dengan debit air yang masuk adalah sebagai berikut :

$$\text{Jumlah Line Culvert} = \frac{Q_{rencana}}{Q_{culvert}} = \frac{26,561}{14,775} = 1,768 \approx 2 \text{ Line culvert}$$

$$\begin{aligned} 2. \text{ Kebutuhan gorong-gorong} &= \frac{\text{Panjang ramp jalan}}{\text{Panjang Culvert}} \times \text{jumlah line} \\ &= \left(\frac{40 \text{ m}}{6 \text{ m}}\right) \times 2 \text{ Line} = 13,333 \approx 14 \text{ batang} \end{aligned}$$

g. Culvert A9' - A11'

Debit air yang masuk adalah debit yang berasal dari Qrencana saluran sekunder A9 menuju saluran sekunder A11 yaitu 15,201 m³/detik.

1. Kebutuhan *line* gorong-gorong (*culvert*)

Untuk perhitungan kebutuhan gorong-gorong (*culvert*) sesuai dengan debit air yang masuk adalah sebagai berikut :

$$\text{Jumlah Line Culvert} = \frac{Q_{rencana}}{Q_{culvert}} = \frac{15,201}{14,775} = 1,028 \approx 2 \text{ Line culvert}$$

$$\begin{aligned} 2. \text{ Kebutuhan gorong-gorong} &= \frac{\text{Panjang ramp jalan}}{\text{Panjang Culvert}} \times \text{jumlah line} \\ &= \left(\frac{40 \text{ m}}{6 \text{ m}}\right) \times 2 \text{ Line} = 6,667 \approx 14 \text{ batang} \end{aligned}$$

h. Culvert A10' - A11'

Debit air yang masuk adalah debit yang berasal dari Qrencana saluran tersier A10 menuju saluran sekunder A11 yaitu 2,810 m³/detik.

1. Kebutuhan *line* gorong-gorong (*culvert*)

Untuk perhitungan kebutuhan gorong-gorong (*culvert*) sesuai dengan debit air yang masuk adalah sebagai berikut :

$$\text{Jumlah Line Culvert} = \frac{Q_{\text{rencana}}}{Q_{\text{culvert}}} = \frac{2,810}{14,775} = 0,190 \approx 1 \text{ Line culvert}$$

$$\begin{aligned} 2. \text{ Kebutuhan gorong-gorong} &= \frac{\text{Panjang ramp jalan}}{\text{Panjang Culvert}} \times \text{jumlah line} \\ &= \left(\frac{40 \text{ m}}{6 \text{ m}}\right) \times 1 \text{ Line} = 6,667 \approx 7 \text{ batang} \end{aligned}$$

Tabel 4.12. Hasil Perhitungan Kebutuhan *Culvert Sump* Toba Jalur Saluran A

| No. | Nama Culvert | (QR) | (Qc) | Jumlah Line | Jumlah Culvert |
|-------------------------------|-----------------|--|--|-------------|----------------|
| | | Debit Rencana (m ³ /detik) | Debit Culvert (m ³ /detik) | | |
| 1 | A1'-A2' | 0,749 | 14,775 | 1 | 7 |
| 2 | A2' ; A3' - A4' | 4,589 | 14,775 | 1 | 7 |
| 3 | A4'-A5' | 5,223 | 14,775 | 1 | 7 |
| 4 | A5' - A6' | 7,011 | 14,775 | 1 | 7 |
| 5 | A6' - A7' | 10,709 | 14,775 | 1 | 7 |
| 6 | A7' ; A8' - A9' | 26,561 | 14,775 | 2 | 14 |
| 7 | A9' - A11' | 15,201 | 14,775 | 2 | 14 |
| 8 | A10 - A11 | 2,810 | 14,775 | 1 | 7 |
| Total Culvert yang Dibutuhkan | | | | | 70 |

Perhitungan kebutuhan culvert saluran B hingga G akan dijelaskan pada Lampiran E.

4.1.2.3 Perencanaan Kapasitas Desain Kolam Terbuka (*Sump*)

Sump seperti diketahui berfungsi sebagai tempat penampungan air sementara sebelum kemudian dikeluarkan dari area tambang dengan menggunakan pompa. Kapasitas desain *sump* dirancang berdasarkan rencana volume total air yang akan masuk ke dalam *sump*. Volume total air dihitung sebagai berikut:

A. Volume Total Air *Sump* Toba

- Catchment area* = 665,788 Ha = 6,658 km² = 6.657.880 m²
- Periode ulang hujan = 5 tahun
- Curah hujan maksimum = 142,512 mm (Prob. Log Person III)

- d. Waktu hujan maksimum = 2 jam = 7.200 detik
 e. Limpasan = 90% = 0,9 (Lampiran C.3)
 f. Air limpasan hujan

$$\begin{aligned} \text{Intensitas curah hujan rata-rata} &= \frac{R_{24}}{24} \cdot \left(\frac{24}{t}\right)^{2/3} = \frac{142,512}{24} \cdot \left(\frac{24}{2}\right)^{2/3} \\ &= 31,123 \text{ mm/jam} \end{aligned}$$

- g. Debit limpasan dihitung dengan menggunakan rumus rasional:

$$\begin{aligned} Q &= 0,278 \times C \times I \times A = 0,278 \times 0,9 \times 32,208 \times 6,658 \text{ km}^2 \\ &= 51,845 \text{ m}^3/\text{detik} \end{aligned}$$

Volume air limpasan yang masuk ke sump selama 1 hari hujan:

$$\begin{aligned} \text{Vlimpasan 1 hari} &= \text{Debit limpasan} \times \text{waktu hujan maksimum} \\ &= 51,845 \text{ m}^3/\text{detik} \times 7,200 \text{ detik} \\ &= 373.288,873 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

- h. Air tanah (*drain hole*)

Volume *drain hole* berdasarkan estimasi PT. Pamapersada Nusantara yaitu 0.023 m³/detik yang mana berlangsung selama 24 jam yakni 1987,200 m³

B. Perhitungan Dimensi Sump

Berdasarkan *Standar Parameter Drainage Tambang* (PPMS), kapasitas *sump* minimal adalah kapasitas yang mampu menampung air maksimal tanpa pemompaan selama 2 hari berturut-turut.

- a. Volume total air yang masuk ke sump selama 1 hari

$$\text{Volume air total} = \text{Vair limpasan} + \text{Vair tanah}$$

$$= 373.288,873 \text{ m}^3 + 1987,200 \text{ m}^3$$

$$= 375.276,073 \text{ m}^3$$

Sehingga, diperoleh kapasitas *sump* minimal sebagai berikut:

$$\text{Kapasitas } \textit{sump} = 2 \text{ hari} \times \text{volume air total selama 1 hari}$$

$$= 2 \times 375.276,073 \text{ m}^3$$

$$= 750.552,147 \text{ m}^3$$

Proses perencanaan kapasitas *sump* yang mampu menampung sejumlah air yang akan masuk meliputi bentuk dari *sump* itu sendiri. Dalam perencanaan ini penulis memilih desain dengan bentuk trapesium dengan alasan mudah dalam pembuatannya dan mampu menampung air dengan maksimal. Berikut perhitungan rekomendasi perencanaan desain *sump* dengan menggunakan rumus trapesium.

- Diasumsikan kedalaman *sump* Toba rencana (d) = 8 m
- Sudut kemiringan dinding *sump* trapesium (α) = 60°
- Panjang sisi saluran dari dasar ke permukaan (a):

$$a = \frac{d}{\sin a} = \frac{8 \text{ m}}{\sin 60^\circ} = 9,238 \text{ m} \approx 9 \text{ m}$$

- Panjang *bench* dasar *sump* (e):

$$e = \frac{d}{\tan} = \frac{8}{\tan 60^\circ} = 4,619 \approx 5 \text{ m}$$

- Diasumsikan panjang dasar *sump* (b) = 250 m
- Panjang permukaan *sump* (B):

$$B = b + (2 \times e) = 250 \text{ m} + (2 \times 5 \text{ m}) = 250 \text{ m} + 10 \text{ m} = 260 \text{ m}$$

- Kapasitas rencana = $750.552,147 \text{ m}^3$

- Kapasitas desain sump = $\left(\frac{1}{2} \times (B + b) \times d\right) \times L$

$$= \left(\frac{1}{2} \times (260 \text{ m} + 250 \text{ m}) \times 8 \text{ m}\right) \times L$$

$$= (0,5 \times 4.080 \text{ m}) \times L$$

$$= 2040 \text{ m} \times L$$

- Lebar permukaan sump (L) = $\frac{\text{Volume sump}}{2040 \text{ m}} = \frac{750.552,147 \text{ m}^3}{2040 \text{ m}}$
 $= 367,917 \text{ m} \approx 368 \text{ m}$

- Lebar dasar sump (l) = $L - (2 \times e) = 368 \text{ m} - (2 \times 5 \text{ m})$
 $= 368 - 10 \text{ m} = 358 \text{ m}$

- Kapasitas desain sump = $\left(\frac{1}{2} \times (B + b) \times d\right) \times L$

$$= \left(\frac{1}{2} \times (260 \text{ m} + 250 \text{ m}) \times 8 \text{ m}\right) \times 381$$

$$= (0,5 \times 4.080 \text{ m}) \times 368 = 750.720 \text{ m}^3$$

Tabel 4.13. Hasil Rekomendasi Perencanaan Kapasitas *Sump* Toba

| Analisis Volume Air Sump Toba | |
|--|----------------------------|
| Lokasi | Low Wall Bagian Timur |
| <i>Catchment Area</i> | 665,788 Ha |
| Periode Ulang Hujan (PUH) | 5 Tahun |
| Curah Hujan Maksimum | 142,512 mm |
| Waktu Hujan Maksimum | 2 Jam |
| Volume Limpasan 1 Hari | 373.288,873 m ³ |
| Volume <i>Drain Hole</i> 1 Hari | 1987,200 m ³ |
| Volume Air total 1 Hari | 388.274,400 m ³ |
| Volume Air total 2 Hari | 750.552,147 m ³ |
| Rekomendasi Kapasitas Sump Toba | |
| Panjang Permukaan (B) | 260 m |
| Panjang Dasar (b) | 250 m |
| Lebar Permukaan (L) | 368 m |
| Lebar Dasar (l) | 358 m |
| Kedalaman (d) | 8 m (85%) → 6,8 m |
| Kemiringan (α) | 60° |
| Lebar Bench (e) | 5 m |
| Panjang Dinding Kemiringan (a) | 9 m |
| Kapasitas Desain Sump | 750.720 m ³ |
| Kedalaman minimum untuk air maksimum yang diijinkan adalah 85% dari kedalaman rencana Sump Toba. | |

4.1.3 Perencanaan Pemompaan dan Pemipaan

Air yang sudah terakumulasi didalam sump kemudian akan dikeluarkan dengan cara dipompakan keluar area pit. Namun pada *sump* Toba sendiri, air yang dipompakan dari *sump* terlebih dahulu dialirkan menuju ke kolam pengendapan *outlet* Komodo yang bertujuan mengendapkan padatan dalam bentuk lumpur untuk memenuhi standar yang diberikan oleh pihak PT. Adaro

Indonesia sebelum nantinya akan dialirkan kembali keluar area *Pit* Tutupan dan ditangani lebih lanjut untuk memenuhi baku mutu air limbah hasil pertambangan.

Sistem pemompaan yang direncanakan pada *sump* Toba yaitu sistem *direct multistage* dengan menggunakan pompa yang berbeda kemampuan.

A. Debit Pompa yang Diperlukan

Debit pompa yang diperlukan didapatkan, volume air yang telah terakumulasi selama 2 (dua) hari direncanakan untuk dikeluarkan dalam waktu 7 (tujuh) hari. Diasumsikan maksimum jam kerja pompa perhari adalah 20 jam.

- a. Durasi yang dibutuhkan untuk pengeringan

$$7 \text{ hari} = 504.000 \text{ detik}$$

- b. Debit Pompa yang Diperlukan

$$Q = \frac{\text{Volume}}{\text{Durasi Pengeringan}} = \frac{750.552,147 \text{ m}^3}{504.000 \text{ detik}}$$

$$= 1,489 \text{ m}^3/\text{dtk} = 1489,190 \text{ liter}/\text{dtk}$$

B. Total Head Pompa

Total Head pompa merupakan kemampuan pompa yang harus disediakan untuk mengalirkan larutan didalam pipa dari *sump* menuju *outer* setelah melewati perhitungan berkurangnya (kehilangan) tekanan dalam pipa akibat berbagai hambatan yang dialami oleh larutan di dalam pipa.

- a. Perhitungan total head pompa *Sump* Toba

Beberapa data yang ditentukan dalam perencanaan perhitungan pompa:

- Sistem pemompaan yang digunakan *direct multistage pumping*.
- Tipe pompa yang digunakan untuk pompa *primer* MPV-420 EX dan pompa *booster* Warman 8/6 tipe AH
- Pipa rencana yang digunakan adalah pipa jenis HDPE (*High Density Polyethylene*) TYCO PE100. Berdiameter 355 mm dengan PN (*Nominal Pressure*) 16 bar.

- Panjang pipa rencana 1445,786

- Elevasi dasar *sump* RL -200

- Outlet Pompa RL 93

1. *Head Statis* Pompa (Julang Statis Pompa)

Head Statis merupakan perbedaan tinggi (*elevasi*) antara muka air dari sisi hisap dan sisi keluar.

$$h_s = t_2 - t_1 = (-200) - 93 = 293 \text{ m}$$

2. *Flow Velocity* (Kecepatan aliran air dalam pipa)

3. Berdasarkan tabel panduan pipa HDPE (*High Density Polyethylene*)

TYCO PE100 nilai *flow velocity* (V) untuk pipa berdiameter 355 mm dengan debit pompa (Qp) 50 liter/detik adalah 0,790 m/sec.

(Lampiran F)

4. *Head Velocity* (Julang Kecepatan Keluar)

Berdasarkan tabel panduan pipa HDPE (*High Density Polyethylene*) TYCO PE100 nilai *head velocity* (hv) untuk pipa berdiameter 355 mm dengan debit pompa (Qp) 50 liter/detik adalah 0,180 Head/Loss (m/100m). Kemudian dikalikan jarak pipa 1455,786 m per 100 m = 14,558 m/100m (Konversi ke panjang pipa). Head velocity menjadi 2,620 m. (Lampiran F)

Tabel 4.14. *Head Velocity*

| Diameter Pipa (mm) | Flow Rate (liter/sec) | Panjang Pipa (m) | Head Velocity (m/100m) | Head Velocity (m) |
|--------------------|-----------------------|------------------|------------------------|-------------------|
| 355 | 50 | 1455,786 | 0,18 | 2,620 |
| | 100 | 1455,786 | 0,66 | 9,608 |
| | 150 | 1455,786 | 1,38 | 20,090 |
| | 200 | 1455,786 | 2,34 | 34,065 |
| | 300 | 1455,786 | 4,96 | 72,207 |

5. Head Belokan (hb)

Berdasarkan tabel panduan pipa HDPE (*High Density Polyethylene*) TYCO PE100 untuk head belokan ditentukan berdasarkan derajat lekukan yang akan dialami pipa. Disini penulis menentukan derajat lekukan pipa menggunakan penampang jalur pipa rencana yang telah dibuat sebelumnya. Terdapat 32 belokan yang mana masing masing, 1 buah belokan 60°, 1 buah belokan 45° dan 30 buah belokan 30° & 20°. Berikut tabel nilai head belokan pada pompa primer MPV-420 EX:

Tabel 4.15. Head Belokan

| | Jenis Derajat Belokan | Debit Pompa (m/s) | Nilai hb | Banyak Belokan | Jumlah Head Belokan |
|----------------------------------|-----------------------------------|-------------------|----------|----------------|---------------------|
| (hb) Head Belokan | Bends Long Radius 90° | 50 | 0,01 | - | - |
| | | 100 | 0,03 | - | - |
| | | 150 | 0,05 | - | - |
| | | 200 | 0,12 | - | - |
| | | 300 | 0,21 | - | - |
| | Bends Long Radius 60° | 50 | 0,01 | 1 | 0,01 |
| | | 100 | 0,02 | 1 | 0,02 |
| | | 150 | 0,03 | 1 | 0,03 |
| | | 200 | 0,07 | 1 | 0,07 |
| | | 300 | 0,13 | 1 | 0,13 |
| | Bends Long Radius 45° | 50 | 0,01 | 1 | 0,01 |
| | | 100 | 0,02 | 1 | 0,02 |
| | | 150 | 0,04 | 1 | 0,04 |
| | | 200 | 0,08 | 1 | 0,08 |
| | | 300 | 0,15 | 1 | 0,15 |
| | Bends Long Radius 30° & 22° | 50 | 0,01 | 30 | 0,3 |
| | | 100 | 0,04 | 30 | 1,2 |
| | | 150 | 0,05 | 30 | 1,5 |
| | | 200 | 0,14 | 30 | 4,2 |
| | | 300 | 0,25 | 30 | 7,5 |

Tabel 4.16. Head Belokan Total

| Debit Pompa (m/s) | hb _{Total} (m) |
|-------------------|-------------------------|
| 50 | 0,32 |
| 100 | 1,24 |
| 150 | 1,55 |
| 200 | 4,35 |
| 300 | 7,78 |

6. *Dynamic Head*

Loss akibat panjang pipa dijumlahkan dengan *loss* dari jumlah belokan.

Tabel 4.17. *Dynamic Head*

| Diameter Pipa (mm) | Flow Rate (liter/sec) | Head Velocity (m) | hb_{total} (m) | Dynamic Head (m) |
|-------------------------------|----------------------------------|------------------------------|--|-----------------------------|
| 355 | 50 | 2,620 | 0,32 | 2,940 |
| | 100 | 9,608 | 1,24 | 10,848 |
| | 150 | 20,090 | 1,55 | 24,360 |
| | 200 | 34,065 | 4,35 | 38,385 |
| | 300 | 72,207 | 7,78 | 80,047 |

7. *Head Total Pompa*

Tabel 4.18. *Head Total Pompa*

| Diameter Pipa (mm) | Flow Rate (liter/sec) | Head Statis (m) | Dynamic Head (m) | Head Total Pompa (m) |
|-------------------------------|----------------------------------|----------------------------|-----------------------------|---|
| 355 | 50 | 293 | 2,940 | 295,940 |
| | 100 | 293 | 10,848 | 303,848 |
| | 150 | 293 | 24,360 | 317,360 |
| | 200 | 293 | 38,385 | 331,385 |
| | 300 | 293 | 80,047 | 373,047 |

Tabel 4.19. Total Head Berdasarkan Perbedaan Debit Pompa

| (Qp) Debit Pompa | (PE.300) Pipe Diameter | (PN) Nominal Pressure | (V) Flow Velocity | (H) Head Velocity | (H) Head Belokan | | | | (H) total Head Belokan Total | (L) Panjang Pipa | (L) (100/m) | (DN) Dynamic Head | (HT) Total Head |
|---------------------|---------------------------|--------------------------|----------------------|----------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------------|---------------------------------|---------------------|-------------|-------------------------|--------------------|
| | | | | | Bend Long Radius 90° | Bend Long Radius 60° | Bend Long Radius 45° | Bend Long Radius 30° & 22° | | | | | |
| (liter/detik) | (mm) | (Bar) | (m/sec) | Head Loss (m/100m) | Head Loss (m) | | | | (m) | (m) | - | (m) | (m) |
| 50 | 305 | 15 | 0,79 | 0,15 | 0,61 | 0,61 | 1,91 | 0,01 | | 1455,786 | 14,55786 | | |
| | | | | | | 1 | 1 | 30 | | | | | |
| | | | | 2,756 | | 0,01 | 0,01 | 0,5 | 0,12 | | | 1,940 | 295,940 |
| 100 | 305 | 15 | 0,58 | 0,46 | 0,01 | 0,02 | 0,42 | 0,04 | | 1455,786 | 14,55786 | | |
| | | | | | | 1 | 1 | 30 | | | 14,55786 | | |
| | | | | 9,044 | | 0,02 | 0,02 | 1,2 | 1,24 | | | 20,848 | 381,848 |
| 150 | 305 | 15 | 1,87 | 1,38 | 0,01 | 0,03 | 0,44 | 0,14 | | 1455,786 | 14,55786 | | |
| | | | | | | 1 | 1 | 30 | | | 14,55786 | | |
| | | | | 28,084 | | 0,03 | 0,04 | 4,2 | 4,27 | | | 24,838 | 317,366 |
| 200 | 305 | 15 | 3,18 | 1,34 | 0,11 | 0,07 | 0,05 | 0,14 | | 1455,786 | 14,55786 | | |
| | | | | | | 1 | 1 | 30 | | | 14,55786 | | |
| | | | | 34,065 | | 0,07 | 0,05 | 4,1 | 4,32 | | | 38,385 | 391,385 |
| 300 | 305 | 15 | 4,74 | 4,36 | 0,21 | 0,13 | 0,15 | 0,25 | | 1455,786 | 14,55786 | | |
| | | | | | | 1 | 1 | 30 | | | 14,55786 | | |
| | | | | 72,207 | | 0,11 | 0,13 | 7,5 | 7,84 | | | 80,047 | 371,047 |

C. Jumlah Pompa Yang Diperlukan Sump Toba

Berdasarkan data total head diatas diketahui:

- a. Debit pompa yang diperlukan untuk mengeluarkan volume total air untuk dua (2) hari sebesar $750.552,147 \text{ m}^3$ dalam tempo tujuh (7) hari dan durasi pemompaan 20 jam/hari yaitu sebesar 1489,190 liter/detik.
- b. Berdasarkan *Performance Curve Pump* (Grafik Kemampuan Pompa) sesuai dengan model dan tipe yang dioperasikan sesuai dengan total head yang diatas, direncanakan debit aliran yang dikeluarkan pompa sebesar 230 liter/detik.
- c. Jumlah Pompa yang dibutuhkan di Sump Toba:

$$\frac{\text{Debit Pompa yang diperlukan}}{\text{Debit rencana yang dikeluarkan}} = \frac{1489,190 \text{ liter/detik}}{230 \text{ liter/detik}}$$

$$= 6,474 \approx 7 \text{ Buah Pompa}$$

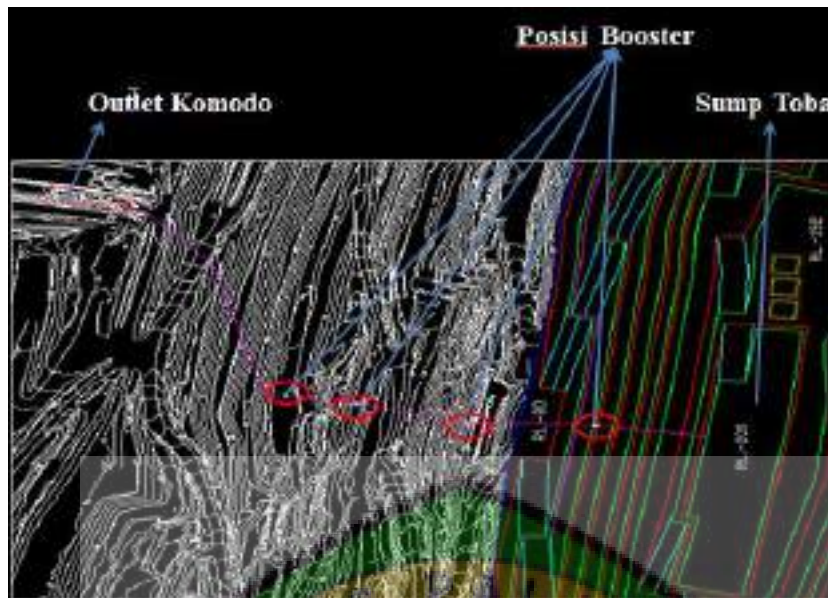
- d. Volume air yang dikeluarkan dalam satu (1) hari:

- Volume air yang dikeluarkan perpompa (1 Pompa)

$$230 \text{ liter/detik} = 0,23 \text{ m}^3 \times 20 \times 60 \text{ menit} \times 60 \text{ detik} = 16.560 \text{ m}^3$$

- Volume seluruh pompa

$$7 \text{ Pompa} \times 16.560 \text{ m}^3 = 115.920 \text{ m}^3$$



Gambar 4.4. Peletakan Pompa Booster

Sumber : Pengolahan Data Penulis (2017)

4.2 Pembahasan

4.2.1 Curah Hujan Rencana Daerah Penelitian

Perhitungan curah hujan rencana digunakan untuk mengetahui kemungkinan terulangnya besarnya curah hujan maksimum dengan periode ulang tertentu yang dipergunakan untuk menentukan debit rencana. Metode yang digunakan untuk perhitungan curah hujan yaitu menggunakan analisis frekuensi data dengan cara statistik pada curah hujan harian maksimum setiap tahun untuk memprediksi suatu besaran hujan dengan masa ulang tertentu. Secara sistematis metode analisis frekuensi perhitungan hujan rencana ini dilakukan dengan menghitung parameter statistik, menentukan jenis distribusi curah hujan, menghitung curah hujan rencana, dan pengujian kecocokan distribusi curah hujan.

Seri data curah hujan yang dipergunakan dalam analisis frekuensi ini adalah adalah seri data parsial karena curah hujan yang tersedia pada daerah penelitian adalah data curah hujan harian maksimum. Data yang digunakan dalam analisis curah hujan rencana yaitu selama 10 tahun sejak tahun 2007 hingga tahun 2016. Data curah hujan harian maksimum ini didapat dari curah hujan harian dalam satu tahun yang tersebar di ketiga stasiun penakar curah hujan di *Pit Tutupan*.

. Dalam analisis data curah hujan rencana pada penelitian ini, penulis membandingkan nilai curah hujan rencana harian maksimum dari empat jenis distribusi probabilitas yaitu Distribusi Probabilitas Normal, Distribusi Probabilitas *Gumbel*, Distribusi Probabilitas Log Normal dan Distribusi Probabilitas *Log-Pearson* III. Dengan menghitung parameter statistik seperti nilai rerata, standard deviasi, koefisien variaai, dan koefisien *skewness* dari data yang ada serta diikuti uji statistik, maka distribusi probabilitas hujan yang sesuai dapat ditentukan.

Dari keempat jenis distribusi yang digunakan, Distribusi Probabilitas *Log Pearson* Tipe III adalah yang paling mendekati parameter syarat statistik penggunaan suatu metode distribusi dan dapat diterima. Dengan nilai $C_s = 0,711$ mendekati persyaratan $C_s \rightarrow C_s \neq 0$ dan nilai $C_k = 4,555$ yang mendekati persyaratan $C_k \rightarrow C_k < 4,603$. Dari jenis sebaran yang telah memenuhi syarat tersebut perlu diuji kecocokan sebarannya dengan beberapa metode. Hasil uji kecocokan sebaran dengan Metode *Log Pearson* III

menunjukkan distribusinya dapat diterima sesuai dengan dengan ketentuan syarat uji kecocokan.

4.2.2 Perencanaan Sistem Penyaliran

4.2.2.1 Perencanaan Dimensi Saluran Terbuka

Berdasarkan jangka waktu penggunaan saluran, digunakan curah hujan dengan periode ulang 2 tahun dalam perencanaan saluran terbuka ini. Penentuan periode ulang hujan dilakukan dengan menyesuaikan data dan keperluan saluran terbuka. Saluran terbuka didalam *pit* ini bersifat *temporary* (sementara) diperkirakan akan dipakai lagi selama 2 tahun kedepan, karena saluran menyesuaikan kegiatan penambangan dan rencana kemajuan tambang yang nantinya akan mempengaruhi pola alir dan arah dari saluran. Sehingga saluran tersebut menjadi efektif dan tidak menghambat sistem kerja yang ada. Tahapan dalam perencanaan saluran terbuka ini adalah sebagai berikut :

1. Menentukan Luasan Daerah Aliran

Setiap saluran terbuka yang telah ditentukan arah aliran airnya kemudian dicari luasan daerah (*catchment area*) yang akan membebani saluran dengan menggambar poligon pada peta rencana desain *pit* melalui program komputer *AutoCAD*, dari poligon tersebut dapat diketahui luasan daerah yang akan membebani saluran rencana. Pembuatan peta luasan daerah aliran ini menggunakan acuan peta desain *pit* dan elevasi.

2. Perencanaan Skema Saluran Terbuka

Konsep yang digunakan dalam perencanaan skema arah aliran air (bagan alir) adalah membuat arah aliran air berdasarkan lokasi kolam penampungan yang ada di lokasi tambang dan mengalirkan air hujan secara gravitasi, yaitu dari permukaan yang memiliki elevasi tinggi menuju permukaan dengan elevasi yang rendah.

3. Perhitungan Intensitas Hujan

Dalam menghitung intensitas hujan perlu diketahui terlebih dahulu besarnya waktu konsentrasi (t_c) air yang mengalir di setiap saluran terbuka. Jika suatu saluran menerima limpasan air dari beberapa saluran sebelumnya maka nilai waktu konsentrasi (t_c) yang digunakan dalam perhitungan adalah nilai waktu konsentrasi (t_c) terbesar pada saluran sebelumnya dan diakumulasikan dengan waktu ketika air mengalir di saluran (t_f) pada saluran penerima limpahan air tersebut. Nilai kemiringan yang digunakan dalam perhitungan kecepatan aliran air dalam menentukan waktu air mengalir di jalan atau *bench* dan di lereng diperoleh dari beda tinggi berdasarkan elevasi pada peta rencana *Pit* Tutupan dan untuk *bench* ditentukan dari *grade* yang dipakai yaitu 1%.

4. Perhitungan Debit Rencana (Q_r)

Dalam perhitungan debit rencana untuk perencanaan saluran terbuka ini menggunakan metode rasional. Debit rencana diitung pada setiap daerah

aliran pada saluran. Dan koefisien limpasan yang digunakan adalah untuk daerah tambang dengan nilai 0,9.

5. Perhitungan Debit Saluran (Q_s) dan Perencanaan Dimensi Saluran

Bentuk saluran yang direncanakan yaitu bentuk trapesium. Bentuk ini dipilih sesuai bahan yang digunakan sebagai dasar saluran tersebut yaitu tanah asli. Saluran alam dengan bahan dasar tanah asli menurut Pedoman Konstruksi dan Bangunan, Departemen Pekerjaan Umum (2006:16) lebih cocok menggunakan bentuk trapesium.

Dalam perencanaan saluran samping, perhitungan dilakukan secara iterasi (*trial and error*). Bila diketahui nilai debit rencana (Q_r), koefisien manning (n), dan kemiringan saluran (s), maka kedalaman air di saluran (h) dapat dihitung dengan cara iterasi menggunakan rumus berdasarkan dasar teori yang ada di Bab II dan perhitungan hidrolika dilakukan bersama-sama dengan perhitungan hidrologi sampai ditemukan nilai $Q_{hidrolika}$ yang paling mendekati atau sama dengan $Q_{hidrologi}$ ($Q_{hidrolika} \approx Q_{hidrologi}$).

Selain itu dalam perencanaan saluran samping perlu dilakukan pengontrolan hasil perhitungan dengan mempertimbangkan pemenuhan nilai kecepatan (V) dan kemiringan (s) yang diijinkan apakah pada saluran yang direncanakan perlu adanya pematah arus untuk mengurangi kecepatan aliran saluran (V) yang panjang dengan kemiringan saluran (s) yang cukup besar.

Untuk memudahkan pelaksanaan dalam pembuatan saluran dilapangan maka di kelompokkan semua saluran menjadi beberapa kelompok saluran dengan dimensi tertentu yaitu untuk saluran terbuka *sump* Toba direkomendasikan saluran jalur A, saluran Tersier A1 dengan dimensi, Kedalaman air (h) = 0,5 m, Tinggi total saluran (H_{Total}) = 1 m, Lebar dasar (b) = 1 m, dan lebar puncak (B) = 2 m, kemiringan talud = 1:1. Saluran sekunder A2 dengan dimensi, Kedalaman air (h) = 0,6 m, Tinggi total saluran (H_{Total}) = 1,148 m, Lebar dasar (b) = 1,5 m, dan lebar puncak (B) = 1,5 m, kemiringan talud = 1:1. Saluran tersier A3 dengan dimensi, Kedalaman air (h) = 0,6 m, Tinggi total saluran (H_{Total}) = 1,148 m, Lebar dasar (b) = 1,5 m, dan lebar puncak (B) = 3 m, kemiringan talud = 1: 1. Saluran sekunder A4 dimensi Kedalaman air (h) = 0,6 m, Tinggi total saluran (H_{Total}) = 1,220 m, Lebar dasar (b) = 2,275 m, dan lebar puncak (B) = 5 m, kemiringan talud = 1: 1,5 m. Saluran sekunder A5 dengan dimensi, Kedalaman air (h) = 0,65 m, Tinggi total saluran (H_{Total}) = 1,220 m, Lebar dasar (b) = 2,6 m, dan lebar puncak (B) = 5 m, kemiringan talud = 1: 1,5 m. Saluran sekunder A6 dengan dimensi, Kedalaman air (h) = 0,65 m, Tinggi total saluran (H_{Total}) = 1,220 m, Lebar dasar (b) = 2,6 m, dan lebar puncak (B) = 6 m, kemiringan talud = 1: 1,5 m. Saluran sekunder A7 dengan dimensi, Kedalaman air (h) = 0,65 m, Tinggi total saluran (H_{Total}) = 1,220 m, Lebar dasar (b) = 3,9 m, dan lebar puncak (B) = 6 m, kemiringan talud = 1: 1,5 m. Saluran tersier A8 dengan dimensi, Kedalaman air (h) = 0,65 m,

Tinggi total saluran (H_{Total}) = 1,220 m, Lebar dasar (b) = 3,9 m, dan lebar puncak (B) = 6 m, kemiringan talud = 1: 1,5 m. Saluran sekunder A9 dengan dimensi, Kedalaman air (h) = 0,75 m, Tinggi total saluran (H_{Total}) = 1,362 m, Lebar dasar (b) = 6 m, dan lebar puncak (B) = 9 m, kemiringan talud = 1: 2 m. Saluran tersier A10 dengan dimensi, Kedalaman air (h) = 0,7 m, Tinggi total saluran (H_{Total}) = 1,292 m, Lebar dasar (b) = 1,75 m, dan lebar puncak (B) = 4 m, kemiringan talud = 1: 1 m. Saluran primer A11 dengan dimensi, Kedalaman air (h) = 0,6 m, Tinggi total saluran (H_{Total}) = 1,148 m, Lebar dasar (b) = 4,8 m, dan lebar puncak (B) = 8 m, kemiringan talud = 1: 2 m.

4.2.2.2 Kebutuhan Gorong-Gorong (*Culvert*)

Dalam perencanaan dan desain kebutuhan gorong-gorong, tahapan awal yang harus diketahui adalah peta lokasi dimana gorong-gorong tersebut akan dipasang. Jika aliran air pada saluran terbuka tersebut terhalang oleh medan (jalan), maka perlu dibuat gorong-gorong (*culvert*) untuk mengalirkan air. Untuk mengetahui Debit aliran yang dapat ditampung gorong-gorong (*culvert*) maka perlu dihitung terlebih dahulu dimensi gorong-gorong yang digunakan di PT. Pampersada Nusantara. Dalam menentukan jumlah kebutuhan gorong-gorong maka perlu diketahui Debit Rencana (Q_{rencana}) dan Debit dari *Culvert* yang akan digunakan (Q_{culvert}). Sehingga nilai Q_{culvert} mampu menampung Q_{rencana} yang akan mengalir.

4.2.2.3 Perencanaan Kapasitas Desain Kolam Penampungan (*Sump*)

Kapasitas rencana tampungan (*sump*) pada penelitian ini dirancang berdasarkan perhitungan rencana volume air total yang akan masuk pada *sump* dimana volume air total ini merupakan akumulasi dari penjumlahan air limpasan dan volume drain hole berdasarkan estimasi PT. Pamapersada Nusantara yaitu 0.023 m³/detik yang mana berlangsung selama 24 jam yakni 1987,200 m³, tanpa memperhitungkan pengurangan akibat penguapan (*evapotranspirasi*). Volume air limpasan dihitung berdasarkan curah hujan rencana periode ulang hujan lima (5) tahun sesuai jangka waktu penggunaan *sump* yang direncanakan untuk lima (5) tahun kedepan.

Berdasarkan perencanaan desain *pit* tahun 2017, *Sump* Toba berada pada wilayah *low wall* bagian timur. Berdasarkan Standar Parameter *Drainage* Tambang, Kapasitas *sump* minimal adalah kapasitas *sump* yang mampu menampung air maksimal tanpa pemompaan selama 2 hari berturut-turut .

Sump yang direncanakan merupakan *sump* profil trapesium dengan sudut kemiringan 60⁰. Pemilihan tersebut karena dengan profil trapesium memiliki beberapa keuntungan yaitu dapat mengalirkan debit air yang besar, tahan terhadap erosi dan mudah dalam pembuatannya. Dalam mendesain *sump* peneliti mengasumsikan kedalaman *sump* (*d*) dan panjang dasar *sump* (*b*) dengan sudut kemiringan dinding *sump* (α) sebesar 60⁰. Panjang sisi saluran dari dasar ke permukaan (*a*) dapat dihitung menggunakan rumus ($a = d/\sin \alpha$), panjang *bench* dasar *sump* (*e*) dapat dihitung menggunakan rumus ($e = d/\text{tg } \alpha$),

panjang permukaan *sump* (B) dapat dihitung menggunakan rumus ($B = b + 2e$), untuk menghitung lebar atas *sump* (L) dapat menggunakan rumus ($L = \text{Volume } sump : (1/2 (B + b))$) dan lebar dasar *sump* (l) dapat dihitung menggunakan rumus ($l = L - 2e$).

4.2.3 Perencanaan Sistem Pemompaan dan Pipa

Pompa digunakan untuk mengangkat air yang masuk ke *sump* agar tidak air tidak meluap keluar dari area *sump* dan mengganggu kegiatan penambangan. Harus ada keseimbangan antara air yang masuk dengan air yang akan dikeluarkan. Air yang mengalir pada pipa hisap kemudian diteruskan oleh pipa keluar. Pipa ini nantinya akan digunakan untuk mengalirkan air dari dalam *sump* menuju ke kolam pengendapan lumpur.

Sistem pemompaan yang direncanakan pada *Sump Toba* yaitu sistem *Direct Multistage Pumping*, dengan menggunakan pompa yang berbeda kemampuan. Penggunaan sistem ini karena *head* yang dibutuhkan untuk memompakan air dari *sump* keluar tambang melebihi kemampuan dari *head* pompa. Cara kerja menggunakan sistem ini adalah pompa primer akan mengangkut air dari *sump* ke atas dan langsung diterima oleh pompa *booster*. Jadi *outlet* pompa primer akan langsung menuju ke *inlet* pompa *booster* kemudian dialirkan lagi ke *outlet* terakhir.

Pada sistem ini, pompa *booster* yang digunakan adalah pompa *booster* yang tidak terlalu besar karena hanya meneruskan tekanan dari pompa primer. Pompa primer yang digunakan adalah Multiflo MFV-420 EX, sedangkan untuk

pompa *booster* adalah Warman 8/6 Tipe AH . Pipa rencana yang digunakan yaitu Pipa jenis HDPE (*High Density Polyethylene*) TYCO PE100. Diameter pipa 355 mm dengan PN (*Nominal Pressure*) 16 bar untuk pompa primer dan pompa booster. Air yang dikeluarkan pompa *Sump* Toba akan dialirkan ke *outlet* kolam pengendapan Komodo.

Besarnya *head* total pompa ditentukan dengan satuan meter (jarak), yang terdiri dari penjumlahan *head* statis dan *head* dinamik pompa. Dari *head* total tersebut dapat ditentukan besarnya RPM yang akan digunakan pada saat pengoperasian pompa. Penentuan secara teori dapat dilakukan dengan membaca *Performance Curve Pump* sesuai dengan model dan tipe yang dioperasikan. Dalam hal ini besarnya RPM yang digunakan secara tidak langsung akan mempengaruhi tingkat *efficiency* dan besar debit pompa (*flow rate*) yang dihasilkan saat pompa beroperasi. Untuk pipa yang melewati jalan tambang, pipa akan ditimbun dengan tanah karena pipa HDPE TYCO PE100 memiliki kekuatan & ketahanan yang cukup baik

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 110,175 mm sedangkan untuk periode ulang lima (5) tahun sebesar 142,515 mm.
2. Dimensi saluran trapesium pada Sump Toba yang di sarankan adalah berukuran 1 sampai 9,5 meter untuk lebar dasar, kemiringan Talud diantara 1 : 1 – 1 : 2, kedalaman berkisar antara 0,5 sampai 0,95 meter dan lebar atas di antara 2 hingga 14 meter dengan tinggi jagaan 0,5-0,69.

Perhitungan kebutuhan rencana line culvert pada Sump Toba minimal adalah 1 line dan maksimal 2 line dengan kemiringan gorong-gorong 3%.

Rencana kebutuhan culvert berjumlah 227 batang.

Kapasitas sump minimal adalah 750.552,147 m³. Dimensi Sump Toba yang direkomendasikan berukuran: kedalaman 8 meter dengan kedalaman untuk air maksimum yang diijinkan adalah 85% dari kedalaman rencana Sump Toba yaitu 6,8 meter, lebar permukaan 368 meter, lebar dasar 358

meter dan panjang permukaan *sump* 260 meter, panjang dasar 250 dengan elevasi dasar sump adalah -200. Rekomendasi dimensi *sump* yang didapatkan yaitu 750.720 m³.

3. Kebutuhan pompa Sump Toba minimal adalah 7 dengan tipe pemompaan *direct multistage pumping* dibantu oleh 4 booster yang terletak pada RL (-112), RL (-60), RL 0, RL 33. Panjang pipa dari inner pompa ke outer adalah 1455,786 meter. Membutuhkan 243 batang pipa HDPE Tyco.

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 Toba barat Pit Tutupan* digunakan perencanaan dimensi saluran terbuka, kebutuhan *culvert*, kapasitas desain *sump*, dan sistem pemompaan dan pemipaan yang direkomendasikan dalam perhitungan Bab IV. Hasil dan Pembahasan
2. Perlu adanya perawatan (*maintenance*) 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.
- 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.
- Fitri Nauli, 2014. *Rancangan Sistem Penyaliran Padatambang Batubara Tambang Air Laya Tanjung Enim Sumatera Selatan*, UPN "Veteran", Yogyakarta.
- 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.
- 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.

- Subiakto, 2016. *Kajian Teknis Sistem Penyaliran pada Tambang Batubara PIT 1 Utara Banko Barat PT. Bukit Asam (Persero) Tbk. Tanjung Enim Sumatera Selatan*. UPN “Veteran” Yogyakarta
- 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.

