

SKRIPSI

EVALUASI SISTEM PENYALIRAN PADA TAMBANG BATUBARA PIT 2 PT. BENAL AITI BARA PERKASA JOBSITE JPC, DI SAROLANGUN JAMBI

*Disusun Sebagai Salah Satu Syarat untuk Memperoleh Gelar
Sarjana Teknik pada Program S-1 Teknik Pertambangan*



Oleh:

MONICA WELLY

TM/NIM: 2016/16137061

**Konsentrasi : Pertambangan Umum
Program Studi : S-1 Teknik Pertambangan
Jurusan : Teknik Pertambangan**

**FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS NEGERI PADANG
2022**

LEMBAR PERSETUJUAN TUGAS AKHIR

"Evaluasi Sistem Penyaliran Pada Tambang Batubara Pit 2 PT. Benal Aiti
Bara Perkasa Jobsite JPC, Sarolangun Jambi"

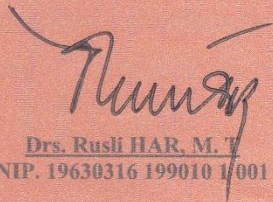
Oleh:

Nama : Monica Welly
NIM/TM : 16137061/ 2016
Program Studi : S-1 Teknik Pertambangan
Jurusan : Teknik Pertambangan
Fakultas : Teknik

Padang, Juni 2022

Telah diperiksa dan disetujui oleh:

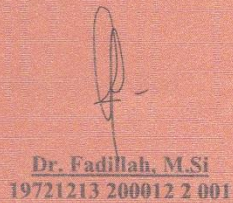
Pembimbing



Drs. Rusli HAR, M. T.
NIP. 19630316 199010 1 001

Mengetahui,

Ketua Jurusan Teknik Pertambangan
Fakultas Teknik Universitas Negeri Padang



Dr. Fadillah, M.Si
19721213 200012 2 001

LEMBAR PENGESAHAN TIM PENGUJI

Dinyatakan Lulus Oleh Tim Penguji Tugas Akhir
Prodi S1-Teknik Pertambangan Jurusan Teknik Pertambangan Fakultas
Teknik Universitas Negeri Padang

Dengan Judul:

“Evaluasi Sistem Penyaliran Pada Tambang Batubara Pit 2 PT. Benal Aiti
Bara Perkasa Jobsite JPC, Sarolangun Jambi”

Oleh:

Nama : Monica Welly
NIM/TM : 16137061/ 2016
Program Studi : S-1 Teknik Pertambangan
Jurusan : Teknik Pertambangan
Fakultas : Teknik

Padang, Juni 2022

Tim Penguji

1. Drs. Rusli HAR, M. T
2. Jukepsa Andas, S.S.i., M. T
3. Harizona Aulia Rahman, S. T., M.Eng.

Tanda Tangan

1.
2.
3.

KEMENTERIAN PENDIDIKAN, KEBUDAYAAN, RISET DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS NEGERI PADANG



FAKULTAS TEKNIK
DEPARTEMEN TEKNIK PERTAMBANGAN

Jl. Prof Dr. Hamka Kampus UNP Air Tawar Padang 25131

Telephone: FT: (0751)7055644, 445118 Fax: 7055644

Homepage: <http://pertambangan.ft.unp.ac.id> E-mail: mining@ft.unp.ac.id

SURAT PERNYATAAN TIDAK PLAGIAT

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Monica Welly
NIM/TM : 16137061 / 2016
Program Studi : SI. Teknik Pertambangan
Departemen : Teknik Pertambangan
Fakultas : FT UNP

Dengan ini menyatakan, bahwa Tugas Akhir/Proyek Akhir saya dengan Judul :

" Evaluasi Sistem Penyaliran Pada Tambang Batubara
Pit 2. Pt. Benal Ahi Bata Perkasa Jabate Jkr. Di
Sarolangun Jambi "

Adalah benar merupakan hasil karya saya dan bukan merupakan plagiat dari karya orang lain. Apabila suatu saat terbukti saya melakukan plagiat maka saya bersedia diproses dan menerima sanksi akademis maupun hukum sesuai dengan hukum dan ketentuan yang berlaku, baik di Institusi Universitas Negeri Padang maupun di masyarakat dan negara.

Demikianlah pernyataan ini saya buat dengan penuh kesadaran dan rasa tanggung jawab sebagai anggota masyarakat ilmiah.

Diketahui oleh,
Kepala Departemen Teknik Pertambangan

Dr. Fadhilah, S.Pd., M.Si.
NIP. 19721213 200012 2 001

Padang, 9 Juni 2022

yang membuat pernyataan,



BIODATA



I. Data Diri

Nama Lengkap : Monica Welly
No Buku pokok : 16137061/2016
Tempat / Tanggal Lahir : Lubuk Pinang, 11 Maret 1998
Jenis Kelamin : Perempuan
Nama Bapak : Rama Danus
Nama Ibu : Erna Wilis
Jumlah Bersaudara : 3
Alamat Tetap : Desa Lubuk Pinang, Kec. Lubuk pinang,
Kab. Mukomuko, Prov. Bengkulu
Telp / Hp : 082170848919

II. Data Pendidikan

Taman Kanak : TK. Lubuk Pinang
Sekolah Dasar : SD Negeri 03 Lubuk Pinang
Sekolah Menengah Pertama : SMP Negeri 7 Lubuk Pinang
Sekolah Menengah Atas : SMA Negeri 5 Lubuk Pinang
Perguruan Tinggi : Universitas Negeri Padang

III. Tugas Akhir

Tempat Tugas Akhir : PT. Benal Aiti Bara Perkasa
Tanggal Tugas Akhir : 18 Agustus s/d 25 September 2020
Topik Tugas Akhir : Evaluasi Sistem Penyaliran Pada Tambang
Batubara Pit 2 PT. Benal Aiti Bara Perkasa
Jobsite JPC, Sarolangun Jambi

Padang, 8 Juni 2022

Monica Welly
NIM TM. 16137061/2016

ABSTRAK

Monica Welly: *Evaluasi Sistem Penyaliran Pada Tambang Batubara Pit 2 PT. Benal Aiti Bara Perkasa Jobsite JPC, Sarolangun Jambi*

Sistem penambangan secara terbuka sangat dipengaruhi oleh cuaca, salah satunya ketika terjadinya hujan. Berdasarkan pengamatan yang penulis lakukan di tambang batubara PT. BABP, penulis menemukan adanya genangan air pada area kerja di jalan tambang yang bersebelahan dengan *sump* yang merupakan tempat kolam penampungan air. Genangan air yang memenuhi jalan tambang dikarenakan air yang terkumpul pada kolam penampungan air (*sump*) telah melebihi kapasitas *sump* yang kemudian meluap hingga menggenangi badan jalan. Untuk mengurangi resiko meluapnya air pada *sump* tersebut diperlukan perhitungan dalam menganalisis bagaimana dimensi *sump* yang memadai serta mengevaluasi kebutuhan pompa sehingga bisa meminimalisir terjadinya resiko air dari *sump* meluap ke badan jalan tambang.

Metode pemecahan masalah dilakukan dengan menghitung luas Catchment Area, debit air limpasan, debit air tanah dan debit air total agar dapat menganalisa dimensi saluran terbuka, *sump*, kolam pengendapan dan menghitung kebutuhan pompa. Berdasarkan pengukuran yang dilakukan pada *software Arcgis 10.4*, pada daerah tangkapan hujan atau *Catchment area* di Pit 2 PT. Benal Aiti Bara Perkasa yang masuk ke dalam bukaan tambang memiliki luas sebesar 74,85 Hektar.

Berdasarkan perhitungan volume air limpasan dan air tanah maka volume total air yang masuk kedalam *sump* bintang adalah sebesar 29.308,458 m³/detik. Dari perhitungan Head total pompa Jumlah pompa yang dibutuhkan oleh PT. Benal Aiti Bara Perkasa untuk mengeluarkan air yang masuk ke *pit 2* pada tahun 2020 adalah sebanyak 3 unit merk Ebara Pump 125 x 100 FS JCA. Dimensi *Sump* yang direncanakan pada Tahun 2020 yaitu dengan luas permukaan 416 m x 408 m, luas dasar 408 m x 400 m, kedalaman 7 m serta kapasitas tampung sebesar 1.165.248 m³. Kolam Pengendapan/Settling Pond untuk tahun 2020 direncanakan 3 kompartemen dengan kapasitas masing-masing 1.348,43 m³. Dimensi Saluran Terbuka/Open Channel Tahun 2020 berbentuk trapesium dengan kemiringan dasar saluran (S) = 0,25 %, lebar dasar saluran (b) = 2,24 m, lebar permukaan (B) = 5,06 m, kedalaman saluran (d) = 1,948 m, kedalaman aliran (z) = 0,29 m, panjang sisi luar saluran (a) = 2,25 m, dengan debit yang dialirkan sebesar 12,93 m³/detik.

Kata Kunci: Catchment Area, pompa, *sump*, saluran terbuka

ABSTRACT

Monica Welly: *Evaluasi Sistem Penyaliran Pada Tambang Batubara Pit 2 PT. Benal Aiti Bara Perkasa Jobsite JPC, Sarolangun Jambi*

The open mining system is strongly influenced by the weather, one of which is when it rains. Based on the observations that the author made at the coal mine of PT. BABP, the author found a puddle of water in the work area on the mine road next to the sump which is a water reservoir. Puddles filled the mine road because the water collected in the sump had exceeded the capacity of the sump which then overflowed to inundate the road. To reduce the risk of overflowing water in the sump, calculations are needed in analyzing how the dimensions of the sump are adequate and evaluating the need for a pump so as to minimize the risk of water from the sump overflowing into the mine road body.

The problem solving method is done by calculating the catchment area, runoff water discharge, ground water flow and total water flow in order to analyze the dimensions of open channels, sumps, settling ponds and calculate pump requirements. Based on measurements made on Arcgis 10.4 software, in the rain Catchment area in Pit 2 PT. Benal Aiti Bara Perkasa which enters the mine opening has an area of 74.85 hectares.

Based on the discussion and data analysis the total volume of water entering the star sump is 46,551.51 m³/hour. From the calculation of the total pump head, the number of pumps needed by PT. Benal Aiti Bara Perkasa to remove water that enters pit 2 in 2020 is as many as 3 units of the Ebara Pump 125 x 100 FS JCA brand. The dimensions of the Sump planned in 2020 are with a surface area of 416 m x 408 m, a base area of 408 m x 400 m, a depth of 7 m and a capacity of 1,165,248 m³. Settling Ponds for 2020 are planned for 3 compartments with a capacity of 1,348.43 m³ each. Dimensions of the Open Channel in 2020 are trapezoidal in shape with channel bottom slope (S) = 0.25 %, channel bottom width (b) = 2.24 m, surface width (B) = 5.06 m, channel depth (d) = 1.948 m, depth of flow (z) = 0.29 m, length of the outer side of the channel (a) = 2.25 m, with a flowrate of 12.93 m³/second.

Keywords: *Catchment Area, pump, sump, open channel.*

KATA PENGANTAR

Puji syukur kami haturkan kepada Tuhan Yang Maha Esa, karena atas berkat dan rahmat-Nya penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir yang berjudul **“Evaluasi Sistem Penyaliran Pada Tambang Batubara Pit 2 PT. Benal Aiti Bara Perkasa Jobsite JPC, Sarolangun Jambi.”** ini dengan baik. Dalam penyusunan Tugas Akhir ini, penulis banyak mendapat bantuan, pengarahan, dan bimbingan dari berbagai pihak. Untuk itu penulis mengucapkan terima kasih kepada:

1. Tuhan yang Maha Esa karena telah memberikan nikmat, rahmat serta karunia dan hidayah kepada penulis
2. Teristimewa untuk Alm Ayah yang telah memberikan dukungan moral maupun material kepada penulis selama ini, teristimewa untuk Ama yang selalu mendoakan dan memberikan semangat serta dukungan kepada penulis selama ini.
3. Teristimewa untuk Monica Welly yang telah berjuang untuk menyelesaikan gelar sarjana meskipun membutuhkan waktu yang lama. Sekali lagi terimakasih karena sudah bertahan hingga saat ini. Kamu hebat
4. Ibu Dr.Hj. Fadhillah, S.pd.,M.Si, selaku Ketua Jurusan Teknik Pertambangan Universitas Negeri Padang.
5. Bapak Drs. Rusli Har, M.T selaku dosen Pembimbing yang telah banyak membantu dan membimbing dalam menyelesaikan Tugas Akhir di Jurusan Teknik Pertambangan Universitas Negeri Padang.
6. Bapak Jukepsa Andas, S.S.i., M.T dan Bapak Harizona Aulia Rahman, S.T., M.Eng. selaku Dosen Penguji yang telah banyak membantu dan memberikan saran dan kritikan kepada penulis sehingga Skripsi ini dapat diselesaikan.
7. Seluruh Dosen Pengajar Teknik Pertambangan Universitas Negeri Padang.
8. Bang Randi ,S.T, selaku *Mining Manager* PT Benal Aiti Bara Perkasa.
9. Bang Julian, S.T, selaku *Mining Jr. Engineer* dan pembimbing lapangan yang telah membantu dalam setiap kegiatan lapangan

10. Abang dan adik tercinta yang telah mendukung dan mensupport penulis yang tidak pernah menekan dan membanding-bandingkan penulis dengan orang lain.
11. Teman-teman yang selalu setia mendengar cerita dan keluh kesah penulis selama ini, yang selalu ada dan selalu memberi dukungan kepada penulis yang namanya tidak bisa penulis sebutkan satu-satu.

Penulis menyadari dalam penulisan laporan ini masih terdapat banyak kesalahan, untuk itu saran dan kritik yang konstruktif sangat penulis harapkan untuk perbaikan dimasa mendatang.

Padang, Juni 2022

Penulis

DAFTAR ISI

halaman

HALAMAN JUDUL	i
LEMBAR PERSETUJUAN PEMBIMBING	ii
HALAMAN PENGESAHAN TIM PENGUJI	iii
SURAT PERNYATAAN TIDAK PLAGIAT	iv
BIODATA	v
ABSTRAK	vi
KATA PENGANTAR.....	viii
DAFTAR ISI.....	x
DAFTAR GAMBAR.....	xi
DAFTAR TABEL	xii
BAB I. PENDAHULUAN.....	1
A. Latar Belakang Masalah.....	1
B. Identifikasi Masalah	5
C. Batasan Masalah.....	6
D. Rumusan Masalah	6
E. Tujuan Penelitian.....	7
F. Manfaat Penelitian.....	8
BAB II. KAJIAN TEORITIS.....	9
A. Lokasi dan Kesampaian Daerah Penelitian	9
B. Kondisi Geologi Daerah Penelitian.....	11
1. Kondisi Geologi.....	11
a. Stratigrafi	13
C. Iklim dan Curah Hujan.....	15
D. Dasar Teori.....	16
1. Siklus Hidrologi.....	16
a. Infiltrasi.....	18
2. Sistem Penyaliran Tambang	20
a. Mine Drainage System	21

1) Metode Simens.....	21
2) Metode Pemompaan Dalam	22
3) Metode Elektro Osmosis	22
4) Small Pipe With Vacum Pump	23
b. Metode Dewatering System.....	24
1) Metode Paritan	24
2) Metode Kolam Terbuka	24
3) Metode Adit	25
3. Faktor Yang Mempengaruhi Sistem Penyaliran.....	26
a. Hujan.....	26
1) Curah Hujan	26
2) Stasiun Pengamat Curah Hujan.....	26
3) Analisis Statistik Data Curah Hujan	27
4) Distribusi Probabilitas Curah Hujan	29
5) Pengujian Distribusi Dengan Metode Chi-Kuadrat	31
6) Intensitas Curah Hujan.....	33
b. Daerah Tangkapan Hujan	34
c. Air Limpasan	35
1) Pengertian Air Limpasan	35
2) Koefisien Limpasan	36
3) Air Tanah.....	37
d. Saluran Terbuka.....	44
1) Bentuk Saluran Terbuka.....	45
a) Bentuk Persegi Panjang	45
b) Bentuk Trapesium.....	46
e. Sump	47
1) Sistim Penyaliran Memusat	49
2) Sistim Penyliran Tidak Memusat.....	49
f. Kolam Pengendapan	52
1) Zona Masukkan.....	53
2) Zona Pengendapan	53

3) Zona Endapan Lumpur.....	54
4) Zona Keluaran.....	54
g. Pompa dan Pipa	59
1) Pompa.....	59
2) Head Pompa	62
3) Head Total.....	62
a) Hs (Head Statis)	64
b) Hf (Head Friction).....	65
4. Kerangka Konseptual	68
BAB III. METODOLOGI PENELITIAN	69
A. Jenis Penelitian	69
B. Jenis Data	69
1. Data Primer	70
2. Data Sekunder	70
C. Teknik Pengumpulan Data.....	71
1. Studi Literatur	71
2. Pengambilan Data	72
D. Teknik Analisis Data	72
1. Menghitung Catchmen Area	72
2. Menghitung Hujan Rencana.....	75
3. Menghitung Intensitas Curah Hujan	75
4. Menghitung Volume Air Tanah di Sump.....	76
5. Menghitung Air Limpasan	76
6. Menghitung Dimensi Saluran Terbuka	76
7. Menghitung Dimensi Sump	76
8. Menghitung Kolam Pengendapan	77
9. Menghitung Pompa	77
E. Diagram Alir Penelitian	78
BAB IV. HASIL DAN PEMBAHASAN	87
A. Curah Hujan Rencana	87
B. Intensitas Hujan	101

C. Debit Air Limpasan	103
D. Debit Air Tanah	105
E. Debit Total	106
F. Pompa Dan Pipa	106
G. Sump	114
H. Saluran Terbuka	120
BAB V. KESIMPULAN DAN SARAN	124
A. Kesimpulan.....	124
B. Saran.....	125
DAFTAR PUSTAKA	
LAMPIRAN.....	

DAFTAR TABEL

	halaman
Tabel 1. Data Curah Hujan Tahun Periode 2010-2019.....	34
Tabel 2. Syarat Jenis Distribusi.....	29
Tabel 3. Derajat dan Intensitas Curah Hujan	34
Tabel 4. Nilai Koefisien Limpasan	37
Tabel 5. Nilai Specific Yield.....	43
Tabel 6. Nilai Koefisien Kekerasan Dinding Saluran (n)	45
Tabel 7. Parameter Yang Diperlukan Untuk Pemilihan Pipa	62
Tabel 8. Koefisien Kerugian Pada Katup Isap	65
Tabel 9. Sifat-Sifat Fisik Air	66
Tabel 10. Curah Hujan Harian Maksimum	88
Tabel 11. Analisis Distribusi Curah Hujan	89
Tabel 12. Analisis Distribusi Logaritma.....	90
Tabel 13. Hasil Perhitungan Parameter.....	92
Tabel 14. Hasil Perhitungan Jenis Distribusi	92
Tabel 15. Urutan Data Curah Hujan Dari Besar Ke Kecil.....	93
Tabel 16. Nilai Chi Kuadrat Kritis	94
Tabel 17. Presentase Interval Distribusi.....	95
Tabel 18. Hasil Perhitungan Interval Kelas Probabilitas Gumbel	96
Tabel 19. Nilai Chi Kuadrat Untuk Distribusi Log Person Tipe III.....	96
Tabel 20. Hasil Perhitungan Nilai Rata-Rata, Reduce Mean, Reduce Mean Rata- Rata, Standar Deviasi dan Reduce Standar Deviasi	99

Tabel 21. Perhitungan Periode Ulang Curah Hujan Rencana	100
Tabel 22. Intensitas Hujan Dengan Durasi 24 Jam	102
Tabel 23. Nilai Panjang Pipa, Sudut Belokkan dan Beda Ketinggian	108
Tabel 25. Perhitungan <i>Head Friction</i>	110
Tabel 26. Perhitungan Dimensi Sump	119

DAFTAR GAMBAR

	halaman
Gambar 1. Peta Lokasi Penelitian	9
Gambar 2. Peta Kesampaian Daerah Penelitian.....	11
Gambar 3. Peta Geologi Regional Daerah Penelitian	13
Gambar 4. Peta Stratigrafi Daerah Penelitian	15
Gambar 5. Siklus Hidrologi	18
Gambar 6. Metode Siemens	21
Gambar 7. Metode Pemompaan Dalam	22
Gambar 8. Metode Elektro Osmosis	23
Gambar 9. Metode Small Pipe With Vacum Pump	23
Gambar 10. Saluran Terbuka	24
Gambar 11. Metode Paritan	25
Gambar 12. Metode Adit.....	25
Gambar 13. Saluran Terbuka Persegi Panjang.....	46
Gambar 14. Saluran Terbuka Trapesium	47
Gambar 15. Zona Pada Kolam Pengendapan.....	54
Gambar 16. Aliran Air di Kolam Pengendapan	57
Gambar 17. Kerangka Konseptual	68
Gambar 18. Catchmen Area	73
Gambar 19. Diagram Alir Penelitian	78
Gambar 20. Kurva Intensity Duration Frequency.....	103
Gambar 21. Sketsa Jaringan Pipa di Sump Bintang.....	107
Gambar 22. Desain Dimensi Sump	119
Gambar 30. Desain Saluran Terbuka	123

BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Batubara menjadi sumber energi paling besar di dunia setelah minyak bumi. Oleh karena itu dunia masih sulit melepaskan ketergantungan pada energi fosil yang satu ini. Secara global, Indonesia dinobatkan sebagai negara penghasil batubara terbanyak keempat dengan produksi batubara sebanyak 549 juta ton pada tahun 2018. Berdasarkan data terakhir dari Badan Geologi Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral (ESDM), cadangan batubara Indonesia mencapai 26,2 miliar ton. Kalimantan tercatat sebagai wilayah yang menyimpan cadangan batubara terbesar, yaitu 14,9 miliar ton, disusul oleh Sumatera 11,2 miliar dan Sulawesi 0,12 juta. Di wilayah Kalimantan, cadangan terbesar berada di wilayah Kalimantan Timur sebesar 7,5 miliar ton, Kalimantan Selatan sebesar 4,2 miliar ton dan Kalimantan Tengah 2,1 miliar ton. Sementara, Sumatera Selatan menjadi daerah yang memiliki cadangan terbesar di wilayah Sumatera dengan cadangan 8,9 miliar ton, disusul Jambi sebesar 1,1 miliar ton. Salah satu perusahaan yang sedang melakukan penambangan batubara adalah PT. Benal Aiti Bara Perkasa.

PT. Benal Aiti Bara Perkasa (BABP) adalah perusahaan penyedia jasa atau kontraktor penambangan batubara yang tersebar di pulau sumatera salah satunya berlokasi di Kecamatan Mandiangin, Kabupaten Sarolangun, Provinsi Jambi. Sistem penambangan yang di gunakan oleh PT. BABP adalah tambang terbuka (*surface mining*) dengan target produksi batubara 351.000

ton/tahun. Edrianto dan Ramli (2013) menyatakan bahwa metode tambang terbuka tentunya akan menyebabkan terbentuknya cekungan yang luas sehingga sangat potensial untuk menjadi daerah tampungan air, baik yang berasal dari air limpasan permukaan maupun air tanah. Salah satu faktor yang harus diperhatikan dalam proses penambangan adalah cuaca dan iklim. Daerah jambi merupakan daerah yang terdiri dari dua musim yaitu, musim kemarau dan musim hujan. Rata-rata curah hujan tahunan dari 2000-2013 di Provinsi Jambi adalah sebesar 2,583 mm (Afrianto, 2016). Tingginya intensitas curah hujan di Jambi akan berpengaruh terhadap volume air hujan dan air tanah yang akan masuk ke dalam *pit* penambangan.

Permasalahan yang biasa terjadi pada saat musim penghujan adalah adanya air hujan yang masuk ke dalam lokasi penambangan, tetapi air hujan yang turun tidak semuanya akan masuk ke dalam *pit* penambangan, karena sebagian dari air hujan akan meresap ke dalam tanah yang berada di sekitar lokasi penambangan. Jumlah air tambang yang berlebih akibat curah hujan yang tinggi dan limpasan dari sumber air di permukaan dapat menyebabkan tergenangnya permukaan kerja pada *pit* penambangan. Keberadaan air tambang membuat jalan angkut menjadi basah dan lunak bahkan berlumpur, sehingga berpotensi menimbulkan bahaya (tergelincir) bagi alat angkut yang melewatinya. Tergenangnya area bukaan tambang menyebabkan kegiatan penambangan mengalami hambatan yang akan mempengaruhi produksi tambang, hambatan yang terjadi disebabkan oleh air permukaan maupun air tanah yang terjadi pada proses hidrogeologi.

Hidrogeologi adalah cabang dari ilmu geologi yang mempelajari keberadaan dan karakteristik air tanah serta hubungan/interaksinya terhadap batuan. Interaksi tersebut dapat berupa interaksi fisik, kimia atau gabungan dari keduanya. Karakteristik fisik air tanah dapat tergambarkan dari pergerakan dan pola alirannya. Pola aliran air tanah ini dapat dipengaruhi oleh jenis batuan, kemiringan batuan dan susunan batuan. Sedangkan karakteristik kimia air tanah dapat tergambarkan dari kualitas airnya. Air tanah adalah air yang terdapat di bawah permukaan bumi/tanah yang tersimpan di dalam formasi batuan geologi yang poros dinamakan akifer. Terbentuknya air tanah yang berasal dari air hujan yang meresap ke dalam lapisan tanah ini disebabkan karena adanya proses infiltrasi dan perlokasi. Oleh karena itu perlu mengetahui karakteristik air tanah dan air permukaan untuk merencanakan suatu sistem penyaliran yang efisien pada suatu lokasi penambangan.

Sistem penyaliran tambang yang diterapkan pada tambang batubara PT. BABP adalah sistem penyaliran *mine dewatering*, yang berguna untuk mengontrol banjir/genangan air yang ada di tambang dimana air yang masuk ke dalam tambang harus dikeluarkan dengan menggunakan pompa hingga banjir/genangan mengering (Adrien, 2003). *Mine dewatering* secara umum terbagi atas tiga yaitu: *Sump dewatering* adalah teknik dengan membuat sebuah kolam yang berada pada elevasi paling terendah di tambang dimana air tersebut akan dikeluarkan dari tambang dengan menggunakan pompa, *Adit dewatering* adalah dengan membuat saluran horizontal keluar tambang menuju lembah di sisi bukit, dan *External dewatering* adalah dengan

membuat lubang bor menembus lapisan akuifer (Younger, Banwart dan Hedin 2002).

Secara umum stratigrafi daerah penelitian terdiri dari empat satuan batuan berurut dari tua ke muda, yaitu: Satuan Batu lempung, Batu pasir, Tuf-Batu pasir dan Aluvial. Air tambang memiliki pengaruh besar terhadap produktivitas tambang. Apabila tidak segera dilakukan penangan yang baik, maka air tambang akan berdampak terhadap proses penambangan seperti mempengaruhi efisiensi dan produktivitas peralatan dan pekerja.

Berdasarkan pengamatan yang penulis lakukan di tambang batubara PT. BABP, penulis menemukan adanya genangan air pada area kerja di jalan tambang yang bersebalahan dengan *sump* yang merupakan tempat kolam penampungan air. Genangan air yang memenuhi jalan tambang dikarenakan air yang terkumpul pada kolam penampungan air (*sump*) telah melebihi kapasitas *sump* yang kemudian meluap hingga menggenangi badan jalan.

Kegiatan pengupasan *overburden* dan *coal getting* menjadi terhambat dikarenakan adanya genangan air yang menggenangi badan jalan. Sehingga kegiatan produksi belum bisa dilakukan karena harus menunggu air tersebut mengering dari badan jalan dengan cara menunggu proses pemompaan berlangsung sampai air pada *sump* menyusut dan tidak lagi menggenangi badan jalan. Untuk mengurangi resiko meluapnya air pada *sump* tersebut diperlukan perhitungan dalam menganalisis bagaimana dimensi *sump* yang memadai serta mengevaluasi kebutuhan pompa sehingga bisa meminimalisir terjadinya resiko air dari *sump* meluap ke badan jalan tambang.

Penulis juga menemukan masalah lainnya yaitu adanya saluran *drainage* yang mengalami pendangkalan. Kedalaman saluran yang awalnya 1,5 meter menjadi 0,8 meter karena menumpuknya tanah-tanah lereng yang terbawa air hujan dan menumpuk pada saluran. Saluran *drainage* tersebut difungsikan untuk meminimalisirkan air limpasan dari air hujan yang masuk ke *front* kerja dengan cara mengalirkan air yang terkumpul langsung menuju sungai dengan memanfaatkan ketinggian saluran *drainage*.

Berdasarkan permasalahan tersebut maka diperlukan analisis *mine dewatering system* dengan menganalisis aspek-aspek penyaliran yang menyebabkan terganggunya aktifitas penambangan seperti dimensi *sump*, saluran terbuka, *settling pond*, serta kebutuhan pompa. Sehingga masalah tersebut dapat ditangani dengan baik walaupun datang hujan dengan intensitas yang tinggi, hal inilah yang melatarbelakangi penulis untuk mengangkat judul **“Evaluasi Sistem Penyaliran Pada Tambang Batubara Pit 2 PT. Benal Aiti Bara Perkasa Jobsite PT. Jambi Prima Coal. Kec. Mandiangin, Kab. Sarolangun, Prov. Jambi”**.

B. Identifikasi Masalah

Dari latar belakang masalah di atas, dapat diidentifikasi beberapa masalah sebagai berikut:

1. Terjadi permasalahan pada sistem penyaliran tambang yang menyebabkan air menggenangi badan jalan sehingga terhambatnya kegiatan produksi.
2. Dimensi *sump* saat ini tidak cukup memadai dan perlu dilakukan kajian kembali dimensi *sump* yang dapat menampung kapasitas air lebih banyak.

3. Pompa yang digunakan saat ini tidak mampu untuk memindahkan air dari *sump* ke *settling pond*.
4. Air hujan dan air limpasan pada area penambangan akan menggenangi *front* kerja sehingga lokasi penambangan menjadi berlumpur.
5. Dengan kondisi lokasi penambangan yang berlumpur juga akan mengganggu proses penambangan, sehingga perlu segera diperbaiki.

C. Batasan Masalah

Adapun batasan masalah dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Data curah hujan yang dipakai untuk menganalisis hujan rencana menggunakan data curah hujan dari BMKG Provinsi Jambi selama 10 tahun terakhir, yaitu 2010-2020.
2. Penelitian hanya dilakukan di *Pit 2 PT. BABP*
3. Penelitian tidak membahas kajian ekonomi (*cost*) dalam melakukan analisis rancangan penyaliran.
4. Penelitian tidak membahas target dan aktual produksi batubara
5. Penelitian tidak membahas tentang kajian air asam tambang

D. Rumusan Masalah

Adapun rumusan masalah dalam penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Berapa luas *catchment area* *pit 2 PT. Benal Aiti Bara Perkasa* ?
2. Berapa tinggi curah hujan dan intensitas hujan rencana di area penambangan *pit 2 PT. Benal Aiti Bara Perkasa*?

3. Berapa besar debit total air (debit limpasan dan debit air tanah) yang masuk ke dalam sump pada area penambangan *pit 2 PT. Benal Aiti Bara Perkasa*?
4. Bagaimana desain pemompaan untuk mengeluarkan air dari *pit 2 PT. Benal Aiti Bara Perkasa*?
5. Bagaimana desain saluran drainase yang dibutuhkan untuk mengalirkan air limpasan dan air dari *sump* ?

E. Tujuan Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah diatas, maka tujuan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Menghitung luas *catchment area pit 2 PT. Benal Aiti Bara Perkasa*.
2. Menganalisis tinggi curah hujan dan intensitas hujan rencana di area penambangan *pit 2 PT. Benal Aiti Bara Perkasa*.
3. Menghitung debit total air (debit limpasan dan debit air tanah) yang masuk ke dalam *sump* pada area penambangan *pit 2 PT. Benal Aiti Bara Perkasa*.
4. Menganalisis desain pemompaan untuk mengeluarkan air dari *pit 2 PT. Benal Aiti Bara Perkasa*.
5. Membuat desain saluran drainase yang dibutuhkan untuk mengalirkan air limpasan dan air dari *sump*.

F. Manfaat Penelitian

Adapun beberapa manfaat yang diharapkan dapat diperoleh dari penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Dapat mengaplikasikan teori-teori yang didapatkan pada saat perkuliahan.

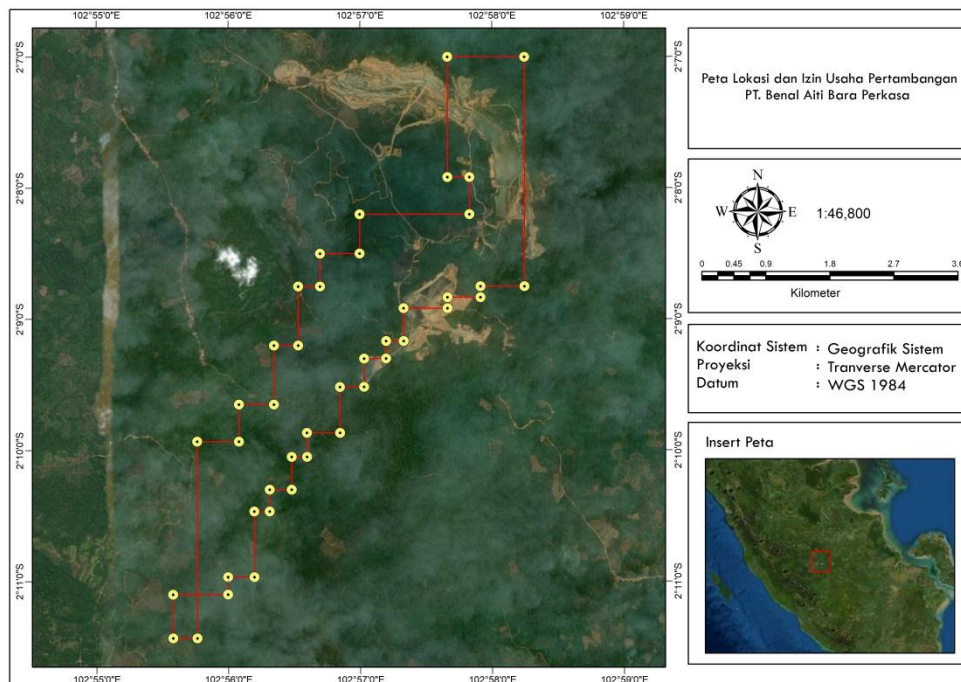
2. Sebagai sarana dalam menambah wawasan, pengalaman khusus dalam mengungkapkan, mengkaji, dan merencanakan sistem penyaliran tambang.
3. Dari penelitian ini diperoleh suatu rancangan sistem penyaliran tambang yang dapat dipertimbangkan menjadi acuan untuk mendukung kegiatan penambangan batubara PT. Benal Aiti Bara Perkasa.
4. Dapat menjadi data dalam melakukan penelitian selanjutnya serta menjadi referensi penulisan.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

A. Lokasi dan Kesampaian Daerah Penelitian

Wilayah Izin Usaha Penambangan (WIUP) PT. Benal Aiti Bara Perkasa terletak di Kecamatan Mandiangin, Kabupaten Sarolangun, Provinsi Jambi. Secara geografis Wilayah IUP PT. Benal Aiti Bara Perkasa terletak pada posisi $2^{\circ}9'3.16''$ LS dan $102^{\circ}57'30.13''$ BT yang dapat dilihat pada Gambar 1 dengan memiliki batas-batas wilayah Utara berbatasan dengan Muarobungo, Selatan berbatasan dengan Bengkulu bagian timur, Timur berbatasan dengan Palembang dan Barat berbatasan dengan Sungai Penuh.

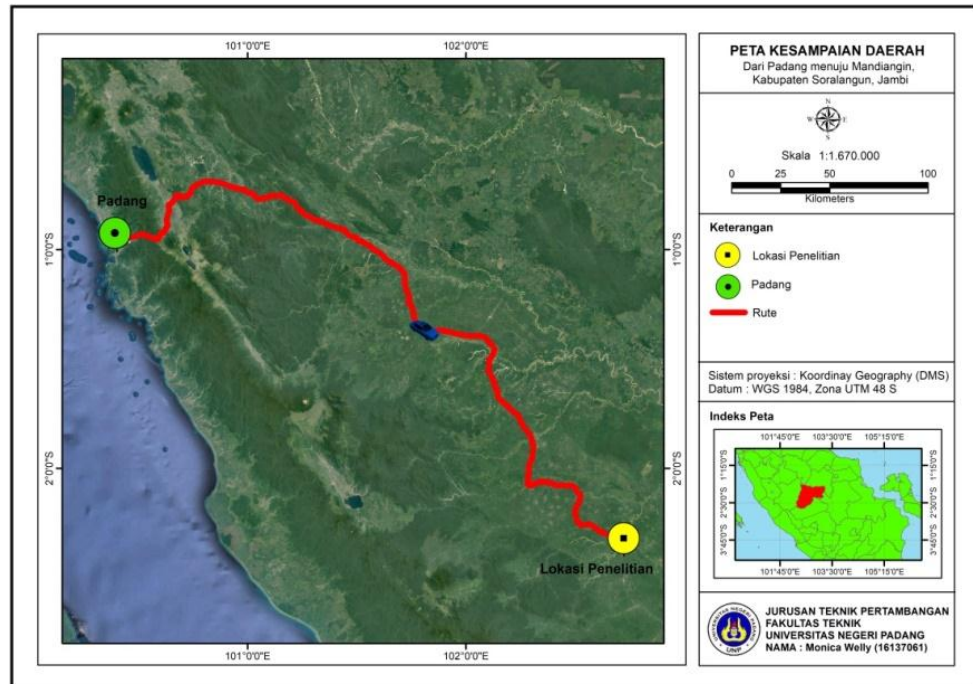


Gambar 1. Peta Lokasi Penelitian

Secara umum daerah tambang PT. Benal Aiti Bara Perkasa, mempunyai topografi yang bervariasi mulai dari dataran rendah, hingga

perbukitan. Dataran rendah menempati sisi bagian Selatan, yaitu daerah yang terdapat danau-danau kecil yang merupakan genangan air yang mengisi lubang atau bekas pit yang sudah tidak beroperasi lagi. Daerah perbukitan terdapat di bagian Barat dengan elevasi ± 200 meter di atas permukaan laut. Pada kedua daerah ini banyak dijumpai vegetasi yang sebagian besar merupakan tumbuhan hutan tropis dan semak belukar.

Daerah operasional penambangan Mandiingin merupakan salah satu wilayah operasional PT. Benal Aiti Bara Perkasa yang terletak sekitar ± 150 km dari Kota Jambi melewati jalan raya beraspal. Untuk bisa sampai ke lokasi penelitian jika dimulai dari kota Jambi ditempuh dengan transportasi darat menuju ke Mandiingin dengan waktu tempuh $\pm 10 - 11$ jam. Kemudian perjalanan dilanjutkan kembali menuju lokasi penelitian dengan menggunakan bus karyawan PT. Benal Aiti Bara Perkasa atau Mobil Triton ± 45 menit perjalanan. Peta Kesampaian daerah lokasi penelitian bisa dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Kesampaian Daerah Penelitian

B. Kondisi Geologi Daerah Penelitian

1. Kondisi Geologi Regional

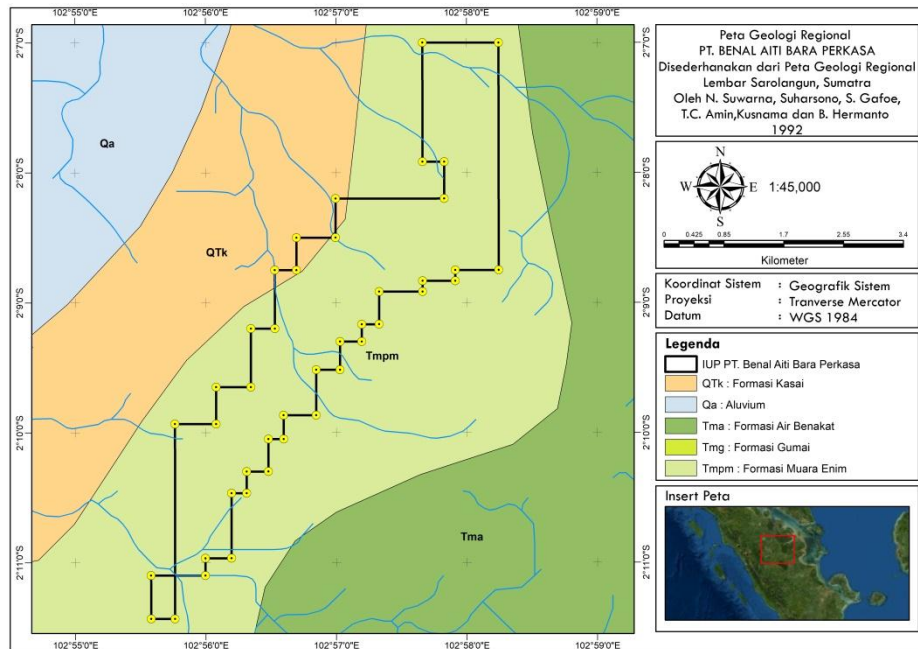
Secara geologi regional endapan batubara ditemukan dalam suatu cekungan sedimen melalui proses pembatubaraan (*coalification*). Endapan batubara biasanya hanya ditemukan dalam cekungan-cekungan yang pada saat pengendapan material sedimen muncul dipermukaan danau, delta, rawa dan bisa juga laut pada suatu sistem geologi tertentu. Sistem geologi tertentu tersebut meliputi daerah yang sangat luas (regional) dengan beberapa unsurnya seperti gunung, lautan, sungai, jalur sesar, gempa, dimana semua unsur tersebut dapat saling mempengaruhi antara satu dengan yang lainnya. Secara regional batuan sedimen yang terdapat di daerah ini termasuk dalam cekungan Sumatera Selatan bagian barat yang

disebut sebagai Subcekungan. Batuan dasar dari cekungan ini terdiri dari batuan beku dan batuan malihan yang berumur Pra-Tersier.

Wilayah Sarolangun dikontrol oleh struktur geologi, sehingga kenampakan topografi dan pembentukan pola aliran sungainya sangat erat hubungannya dengan fase deformasi yang terjadi ditempat tersebut. Proses tektonik pada daerah Sarolangun berkembang sejak Paleozoikum akhir sampai Plistosen. Aktivitas tektonik yang berkembang pada daerah ini sangat kompleks. Dan menurut tatanan tektoniknya daerah Sarolangun ini terletak pada Zona Belakang Busur, dan keberadaannya dipengaruhi oleh aktivitas tektonik dan struktur geologi yang cukup kompleks dan dipengaruhi juga oleh sistem sesar utama sumatera yang membentuk pegunungan barisan. Sejarah struktur geologi di daerah sarolangun relatif rumit, meliputi kejadian- kejadian tektonik dalam kisaran waktu sejak Paleozoikum akhir sampai Resen. Unsur-unsur utama struktur geologi di daerah sarolangun ini adalah sesar-sesar dan lipatan-lipatan. Sesar dan lipatan tersebut terbentuk oleh aktivitas tektonik yang sangat rumit di daerah ini. (Rico, 2019).

Kegiatan Eksplorasi PT. Benal Aiti Bara Perkasa telah dilaksanakan di seluruh wilayah IUP-nya dengan peta geologi yang dapat dilihat pada Gambar 3. Hasil eksplorasi menunjukkan batubara di lokasi IUP berada pada formasi Muara Enim, dengan total sumber daya sebesar 15.042.367,80 MT, namun jumlah batubara yang dekat dengan permukaan

dengan jumlah cadangan terukur hanya 8.851.951 MT. Hasil kualitas menunjukan batubara di daerah kajian adalah jenis batubara Subbituminus.

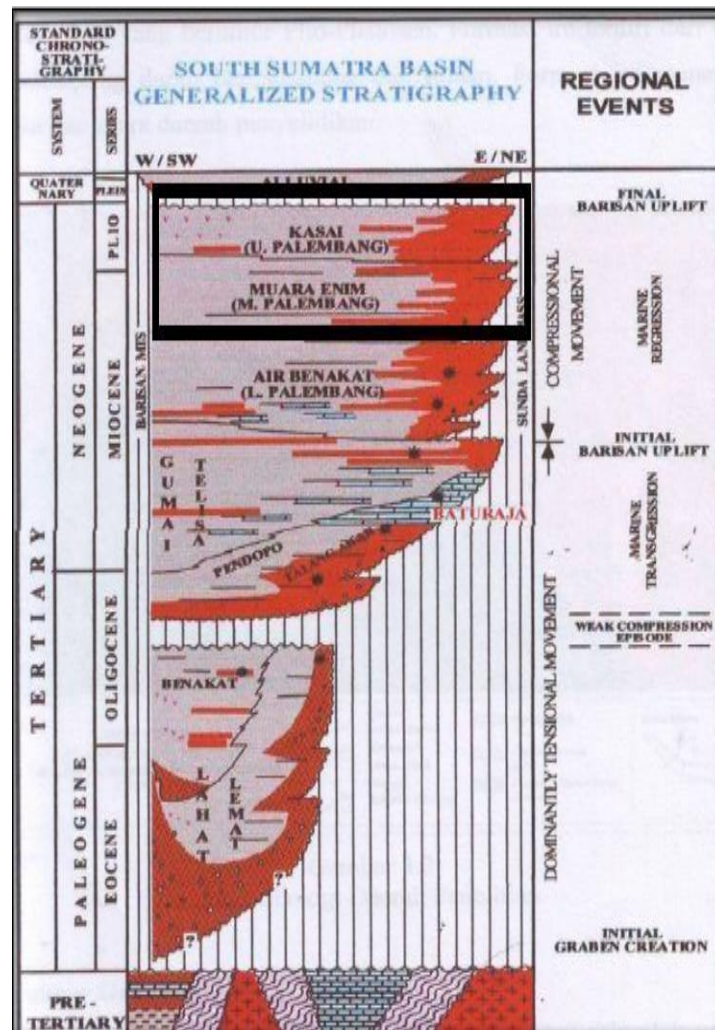


Gambar 3. Peta Geologi Regional Daerah Penelitian

a. Stratigrafi

Batuan sedimen Tersier Awal Cekungan Sumatera Selatan diendapkan selama periode genangan laut yang menerus sampai pertengahan Miosen disusul tahap susut laut, stratigrafi cekungan Sumatera Selatan dapat dilihat pada Gambar 4. Hal ini berhubungan dengan dua satuan litostratigrafi utama, yaitu Kelompok Telisa dan Kelompok Palembang. Satuan pertama terdiri dari Formasi Lahat, Formasi Talangakar, Formasi Batu Raja dan Formasi Gumai. Sedangkan yang kedua terdiri dari Formasi Airbenakat, Formasi Muara Enim dan Formasi Kasai.

- 1) Formasi Airbenakat berumur Miosen Tengah Akhir, terletak secara selaras di atas Formasi Gumai (setempat tidak selaras). Formasi air ini terdiri dari batu pasir glaukonitan, napal dan batu lanau yang diendapkan di lingkungan laut dangkal yang menunjukkan susut laut umum dari keadaan laut terbuka Formasi Gumai.
- 2) Formasi Muara enim menindih secara selaras Formasi Air benakat dan menunjukkan bahwa susut laut dan pendangkalan cekungan berlangsung menerus sampai Kala Pliosen. Batuannya terdiri dari batu pasir dan batu lempung, sebagian tufaan, di sana-sini mengandung horizon lignit dan memperlihatkan pengendapan di lingkungan laut dangkal sampai peralihan (ke darat). Berdasarkan posisi stratigrafinya formasi ini berumur Miosen Akhir sampai Pliosen.
- 3) Formasi Kasai yang berumur Plio-Plistosen. Formasi ini terdiri dari batu pasir dan batu lempung darat, berbatu apung dan tufaan. Ketidakselarasan memperlihatkan pengangkatan setempat pada Pliosen akhir yang berkaitan dengan erosi terhadap Pegunungan Barisan, tetapi tidak berkembang di seluruh wilayah dengan tingkat yang sama. Endapan Rawa, diendapkan tidak selaras di atas satuan batuan lainnya pada Kala Holosen, terdiri dari kerikil, pasir, lanau dan lempung dengan sisa-sisa tumbuhan.



Sumber: Data PT. Benal Aiti Bara Perkasa

Gambar 3. Stratigrafi Daerah Sarolangun

C. Iklim dan Curah Hujan

Daerah Desa Mandiangin, Kabupaten Sarolangun, Jambi memiliki iklim yang sama dengan iklim di daerah Indonesia pada umumnya, yaitu iklim tropis dengan kelembaban dan temperatur tinggi. Seperti kebanyakan daerah Mandiangin memiliki iklim tropis dengan kelembaban dan temperatur tinggi, yaitu berkisar antara 23° C sampai dengan 36° C. Dengan metode penambangan terbuka seluruh aktivitas pekerjaan berhubungan langsung

dengan udara bebas, sehingga iklim yang ada berdampak langsung pada operasional. Daerah ini memiliki dua musim yaitu musim kemarau dan musim hujan.

Dari Badan Meteorologi, Klimatologi dan Geofisika (BMKG) provinsi Jambi kondisi curah hujan di wilayah Sarolangun tahun 2019 meliputi curah hujan bulanan tertinggi adalah sebesar 137 mm yaitu pada bulan Agustus 2016 dan terendah sebesar 5 mm pada bulan Desember 2019 yang dapat dilihat pada Tabel 1 dan Tabel 2.

Tabel 1. Data Curah Hujan PT. BABP Tahun 2010-2019

Data Curah Hujan Maksimal Harian										
Tahun	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
Januari	43,00	17,00	17,00	34,00	39,00	54,00	93,00	47,00	108,00	46,00
Februari	36,00	51,00	51,00	41,00	31,50	34,50	30,00	89,00	28,00	28,50
Maret	18,00	49,50	49,50	40,00	25,00	84,00	60,00	89,00	38,00	57,00
April	43,00	72,00	72,00	24,50	78,00	38,00	18,50	54,00	52,50	20,50
Mei	19,00	73,23	83,00	50,00	33,00	38,00	53,00	21,00	32,00	30,50
Juni	42,00	59,50	59,50	31,00	53,00	27,00	25,00	65,00	25,00	52,50
Juli	38,50	17,50	17,50	32,00	30,00	21,00	28,00	81,00	67,00	30,00
Agustus	60,00	63,00	63,00	26,00	24,00	19,00	137,00	54,50	24,00	69,00
September	45,00	43,00	43,00	31,00	14,50	63,00	80,00	11,50	28,00	5,00
Oktober	66,00	29,50	29,50	44,00	57,00	45,00	70,00	51,00	75,00	23,00
November	50,00	36,00	36,00	27,50	65,00	46,00	21,10	60,00	20,50	79,50
Desember	38,00	55,00	55,00	46,00	59,00	47,50	82,00	22,00	38,00	53,00
Jumlah	410,5	475,227	484,997	353,5	385	423,5	594,5	563	477,5	362
Rata-Rata	41,05	47,5227	48,4997	35,35	38,5	42,35	59,45	56,3	47,75	36,2
CH Max	66,00	73,23	83,00	50,00	78,00	84,00	137,00	89,00	108,00	79,50

Sumber: BMKG Jambi

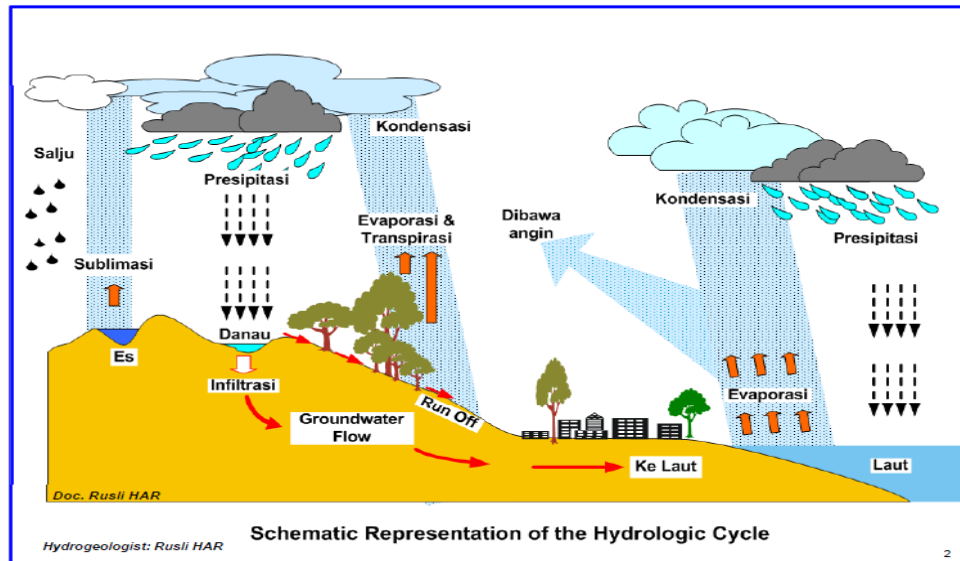
D. Dasar Teori

1. Siklus Hidrologi

Keberadaan air di bumi mengalami proses alam yang berlanjut dan berputar sehingga membentuk suatu siklus atau daur ulang. Dengan demikian jumlah air yang ada di bumi merupakan satu kesatuan yang utuh

dan bersifat tetap. Proses pengurangan dan pengisian kembali sumber air di bumi dari suatu tempat ke tempat yang lain membutuhkan waktu yang lama dan diatur dalam suatu siklus tertutup yang disebut dengan siklus hidrologi yang melibatkan elemen-elemen: presipitasi, evaporasi, transpirasi, evapotranspirasi, infiltrasi, dan limpasan dipermukaan (*surface run off*). (Domenico dan Schwartz, 1990)

Proses siklus hidrologi merupakan proses kontinyu dimana air bergerak dari bumi ke atmosfer dan kemudian kembali ke bumi lagi. Uap air akan bergerak dan memasuki atmosfer, yang kemudian mengalami kondensasi dan berubah menjadi titik-titik air yang berbentuk awan. Selanjutnya titik-titik air tersebut jatuh sebagai hujan ke permukaan laut dan daratan. Hujan yang sebagian jatuh ke permukaan tanah, sebagian air hujan yang sampai ke permukaan tanah akan meresap ke dalam tanah (infiltrasi) dan sebagian lainnya mengalir ke atas permukaan tanah (aliran permukaan atau *surface run off*) mengisi cekungan tanah, danau dan masuk ke sungai dan akhirnya mengalir ke laut. Air yang meresap ke dalam tanah sebagian mengalir kedalam tanah (perkolasi) mengisi air tanah yang kemudian ke luar sebagai mata air atau mengalir ke sungai. Akhirnya aliran air di sungai akan sampai ke laut. Proses tersebut berlangsung terus menerus yang disebut dengan siklus hidrologi (Triatmodjo, 2008).



Sumber: Bahan Kuliah Hidrogeologi Rusli HAR, 2020

Gambar 4. Siklus Hidrologi

Siklus hidrologi akan terjadi sepanjang masa dan menyebabkan volume air di bumi relatif tetap. Siklus ini merupakan konsep dasar tentang keseimbangan air secara global di bumi.

a. Presipitasi

Presipitasi adalah proses perubahan uap air menjadi bentuk salju, air hujan, dan lain-lain di atmosfer yang kemudian jatuh ke atas vegetasi, batuan, permukaan tanah, permukaan air, dan saluran-saluran sungai. (Rusli, 2020)

b. Infiltrasi

Infiltrasi adalah proses masuknya air dari permukaan ke dalam tanah pada zona air tanah tidak jenuh (*unsaturated zone*). (Rusli, 2020)

c. Evapotranspirasi

Evapotranspirasi merupakan salah satu bentuk kehilangan air dalam neraca air siklus hidrologi. Evapotranspirasi adalah gabungan

dari dua proses dalam siklus hidrologi yaitu evaporasi dan transpirasi. Evaporasi yaitu proses penguapan air yang terjadi di tanah, tubuh air ataupun benda mati lainnya, sementara transpirasi yaitu proses penguapan air yang terjadi pada makhluk hidup, khususnya tumbuhan. Evapotranspirasi penting untuk diketahui supaya salah satu bentuk kehilangan air dapat diestimasi sehingga dapat digunakan untuk manajemen sumberdaya air dengan melibatkan data masukan air.

Evaporasi dan transpirasi sulit dibedakan di alam terlebih di daerah tropis yang mempunyai banyak tumbuhan, oleh karenanya evaporasi dan transpirasi sering disatukan menjadi evapotranspirasi (Sasrodarsono dan Tekada, 1983).

Menurut Gautama (1999) ada beberapa faktor yang mempengaruhi evapotranspirasi adalah:

- 1) Radiasi matahari, karena proses perubahan air dari wujud cair menjadi gas memerlukan panas (penyinaran matahari secara langsung).
- 2) Angina yang berfungsi membawa uap air dari satu tempat ke tempat lain.
- 3) Kelembaban
- 4) Suhu.
- 5) Jenis tumbuhan, karena evapotranspirasi dibatasi oleh persediaan air yang dimiliki oleh tumbuh-tumbuhan serta ukuran stomata.

- 6) Jenis tanah, Karena kadar kelembaban tanah membatasi persediaan air yang diperlukan tumbuhan.

2. Metode Penyaliran Tambang

Penyaliran tambang adalah suatu usaha yang diterapkan pada daerah penambangan untuk mencegah, mengeringkan atau mengeluarkan air dalam jumlah yang berlebihan yang masuk ke daerah penambangan. (Rusli, 2020). Air dalam jumlah yang besar merupakan permasalahan besar dalam pekerjaan penambangan, baik secara langsung maupun tidak langsung berpengaruh terhadap produktivitas.

Upaya ini dimaksudkan untuk mencegah terganggunya aktivitas penambangan akibat adanya air dalam jumlah yang berlebihan, terutama pada musim hujan. Selain itu, sistem penyaliran tambang ini juga dimaksudkan untuk memperlambat kerusakan alat serta mempertahankan kondisi kerja yang aman, sehingga alat-alat mekanis yang digunakan pada daerah tersebut mempunyai umur yang lama.

Sumber air yang masuk ke lokasi penambangan, dapat berasal dari air permukaan tanah maupun air 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 bawah tanah merupakan air yang terdapat dan mengalir di bawah permukaan tanah. Jenis air meliputi air tanah dan air rembesan.

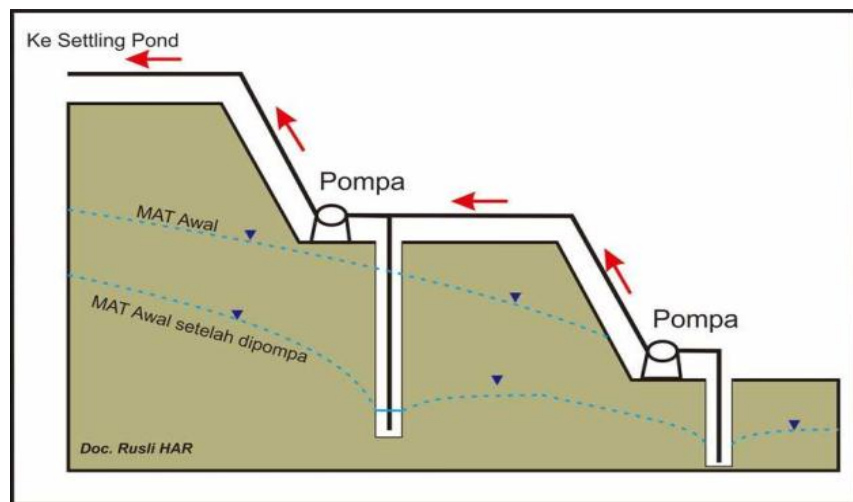
Penanganan masalah air dalam suatu tambang terbuka dapat dibedakan menjadi dua (Gautama, 1999) yaitu:

a. *Mine Drainage*

Biasa disebut sistem penyaliran tidak langsung (Inkonvensional), yaitu upaya untuk mencegah masuknya air ke dalam daerah penambangan yang berasal dari air tanah dan air permukaan (sungai, danau, dll) (Rusli, 2020). Beberapa metode *Mine Drainage*:

1) Metode Siemens

Pada tiap jenjang dari kegiatan penambangan dibuat lubang bor kemudian ke dalam lubang bor dimasukkan pipa naik yang dipasang water screen kemudian diletakkan pada lapisan akuifer. Air pada lapisan akuifer dipompa keluar daerah tambang (ke penampungan sementara) melalui water screen (Rusli, 2020)

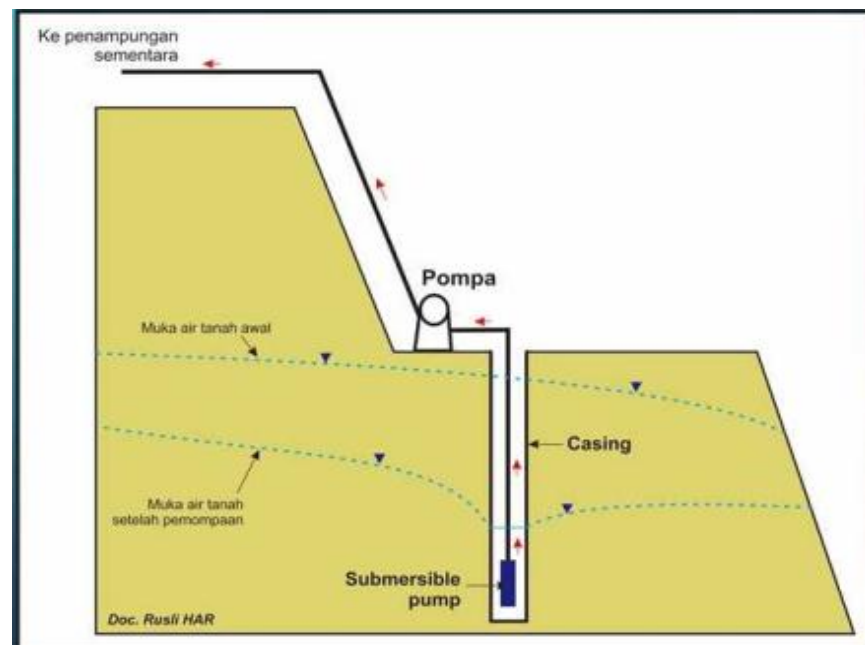


Sumber: Rusli, 2020

Gambar 5. Metode Siemens

2) Metode Pemompaan Dalam (*Deep Well Pump*)

Metode ini digunakan untuk litologi yang mempunyai permeabilitas rendah dan jenjang tinggi. Dalam metode ini dibuat lubang bor kemudian dimasukkan pipa naik yang dipasang water screen dan pompa submersible. Kedalaman lubang bor disesuaikan dengan tinggi jenjang. Umumnya berkisar antara 50 meter sampai 60 meter (Rusli, 2020).

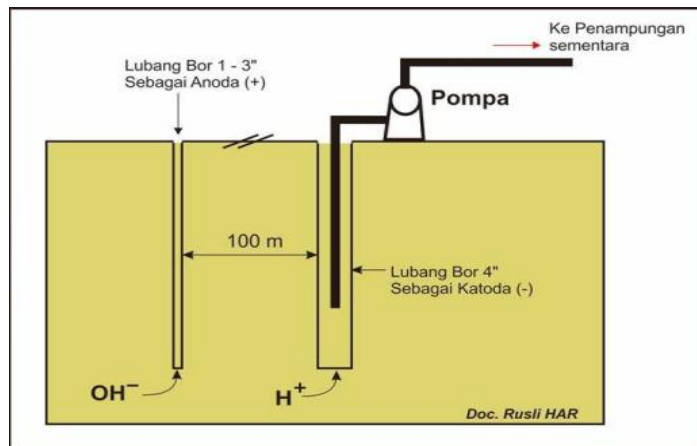


Sumber: Rusli, 2020

Gambar 6. Metode Pemompa Dalam

3) Metode Elektro Osmosis

Pada metode ini digunakan batang anoda dan katoda. Bilamana elemen-elemen dialiri arus listrik maka air akan terurai, H^+ pada katoda (disumur besar) dinetralisir menjadi air dan terkumpul pada sumur lalu dihisap dengan pompa (Rusli, 2020).

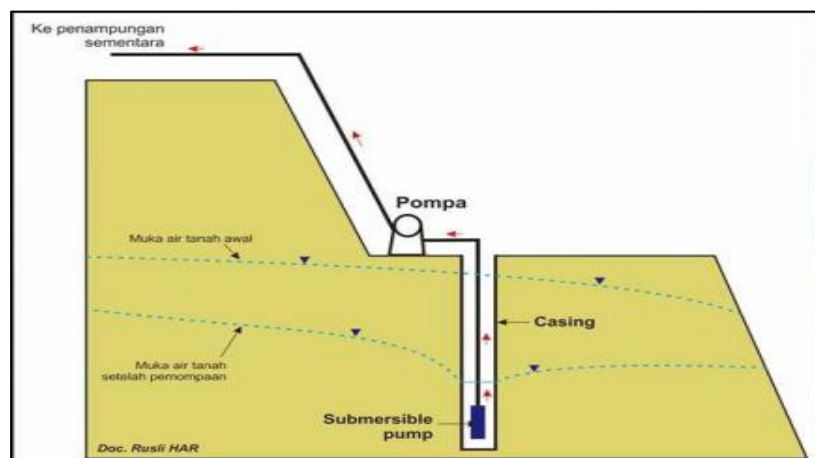


Sumber: Rusli, 2020

Gambar 7. Metode Elektro Osmosis

4) *Small Pipe With Vacuum Pump*

Cara ini diterapkan pada lapisan batuan yang impermeable (jumlah air sedikit) dengan membuat lubang bor. Kemudian di masukkan pipa yang ujung bawahnya diberi *water screen* dan pompa submersible. Pada bidang annulus di pasang *gravel pack* atau *sand pack* yang berfungsi sebagai penyaring partikel halus yang berasal dari formasi batuan. Di bagian atas antara pipa dan lubang bor di *plug* (ditutup) rapat untuk menimbulkan efek vacuum (Rusli, 2020).



Sumber: Rusli, 2020

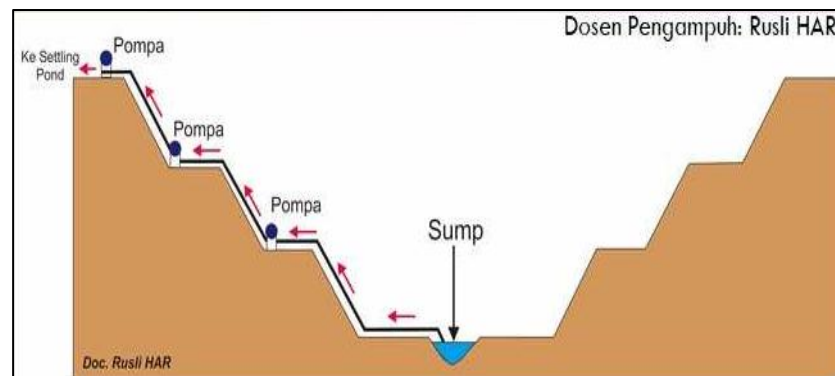
Gambar 8. Metode *Small Pipe With Vacuum Pump*

b. Mine Dewatering

Biasa disebut sistem penyaliran langsung (konvensional) yaitu upaya untuk mengeluarkan air yang telah masuk ke dalam daerah penambangan (Rusli, 2020). Beberapa metode penyaliran *mine dewatering* adalah sebagai berikut :

1) Sistem Kolam Terbuka

Cara penyaliran ini sangat umum diterapkan ditambang terbuka. Air yang masuk ke dalam bukaan tambang dikumpulkan ke dalam sump yang terletak di dasar lubang tambang, kemudian air tersebut dipompa keluar tambang (Rusli, 2020).

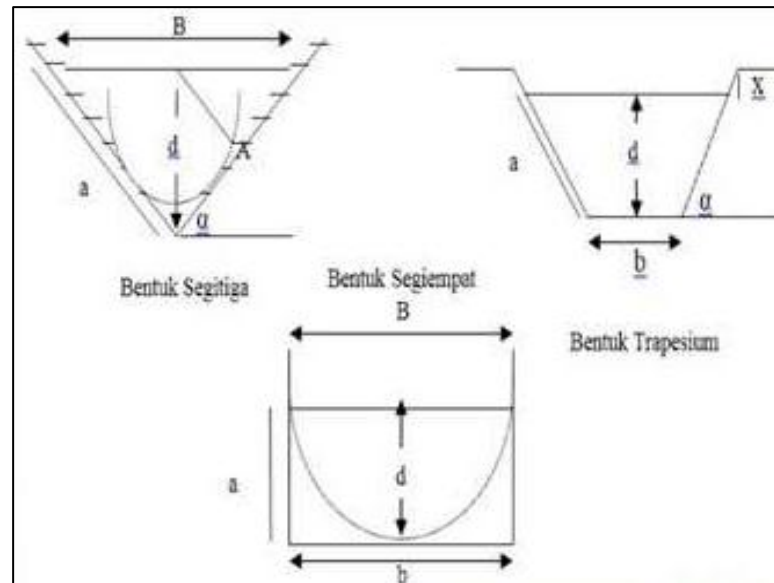


Sumber: Rusli, 2020)

Gambar 9. Saluran Terbuka

2) Cara Paritan

Penyaliran dengan cara paritan dengan pembuatan paritan 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 dibuang langsung ke tempat penambangan dengan memanfaatkan gaya gravitasi (Rusli, 2020).

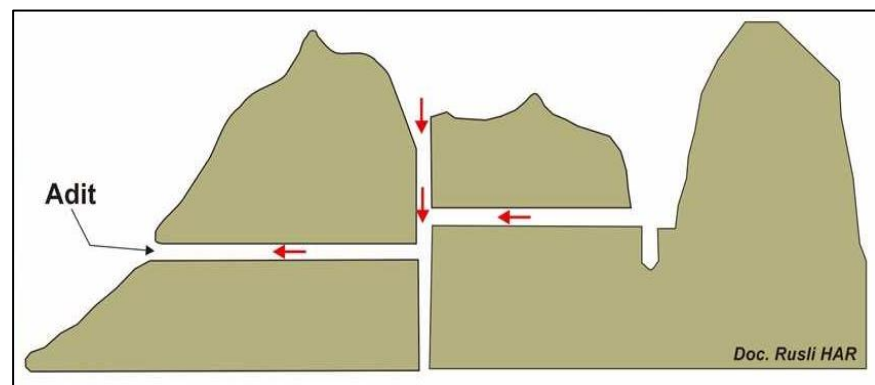


Sumber: Rusli, 2020

Gambar 10. Metode Paritan

3) Sistem Adit

Penyaliran dengan terowongan (*tunnel*) atau terowongan buntu (adit). Cara penyaliran ini hanya bisa diterapkan pada tambang yang terletak di daerah pegunungan atau berbentuk bukit. Air yang masuk ke dalam tambang dikeluarkan dengan cara mengalirkan air dari dasar tambang melalui terowongan keluar tambang (Rusli, 2020).



Sumber: Rusli, 2020

Gambar 11. Sistem Adit

3. Faktor yang Mempengaruhi Sistem Penyaliran

Beberapa faktor yang mempengaruhi sistem penirisan tambang terbuka yang perlu diperhatikan adalah sebagai berikut :

a. Curah Hujan

Curah Hujan adalah jumlah atau volume air hujan yang jatuh pada satu satuan luas, dinyatakan dalam satuan mm. 1 mm berarti pada luasan 1 m² jumlah air hujan yang jatuh sebanyak 1 Liter. Sumber utama air permukaan pada suatu tambang terbuka adalah air hujan. Besar kecilnya curah hujan akan berpengaruh pada besar kecilnya jumlah air yang akan tertampung di kolam terbuka, jumlah pipa dan pompa yang digunakan, dan banyaknya saluran terbuka yang diperlukan. Besar curah hujan dapat dinyatakan sebagai volume air hujan yang jatuh pada suatu area tertentu, oleh karena itu besarnya curah hujan dapat dinyatakan dalam meter kubik per satuan luas, secara umum dinyatakan dalam tinggi air (mm) (Meta, 2018).

1) Stasiun Pengamat Curah Hujan

Pengamatan curah hujan dilakukan dengan sebuah alat ukur curah hujan. Salah satu alat pengamat curah hujan adalah alat ukur biasa yang diletakkan di suatu tempat terbuka yang tidak dipengaruhi oleh bangunan atau pepohonan dengan ketelitian pembacaan sampai 1/10 mm. pengamatan ini dilaksanakan satu kali sehari dan dibaca sebagai curah hujan harian sebelumnya dengan waktu yang sama (Prawaka, 2016). Diketahui di Kecamatan mandiingin hanya

memiliki 1 stasiun pengamat curah hujan yaitu Stasiun BMKG Provinsi Jambi.

2) Analisis Statistik Data Curah Hujan

Analisis statistik dalam mengolah data curah hujan menggunakan parameter-parameter berikut: Rerata nilai, deviasi standar, koefisien varian, koefisien kemencengan (*Coefisien of skwennes*) dan koefisien kurtosis (*Coefisient Curtosis*). Karena tidak semua variat dari variable hidrologi sama nilainya dengan nilai reratanya. Ada yang lebih besar dan sebaliknya ada yang lebih kecil (Triatmodjo, 2008).

a) Nilai Rerata Sebaran Data

Varian (variance) adalah besarnya derajat sebaran variat disekitar nilai reratanya. Oleh karena itu penyebaran data daerah penelitian dapat diukur dengan standard deviasi dan varian. Nilai rerata sebaran data daerah penelitian dapat dihitung dengan persamaan (1) (Kamiana, 2011 dan Soewarno, 2014)

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

Dimana $\bar{x}$ adalah nilai rerata, X_i variable random dan n jumlah data.

b) Deviasi Standar dan Koefisien Varian

Deviasi standar dapat digunakan untuk mengetahui variabilitas dari distribusi. Semakin besar deviasi standar maka akan semakin besar pula penyebaran dari distribusinya. Sedangkan koefisien

varian menyatakan perbandingan antara deviasi standar dan dengan nilai rerata. (Kamiana, 2011) Untuk menghitung nilai deviasi standar (S_x) dan koefisien varian dapat menggunakan rumus berikut :

Standar Deviasi (S_x)

$$S_x = \frac{\sqrt{(\sum X_i - X_r)^2}}{n-1} \dots\dots\dots (2)$$

Koefisien Variasi (C_v)

$$C_v = \frac{S_x}{X_r} \dots\dots\dots (3)$$

Kemencengan (Skewness) merupakan derajat ketidaksimetrisan atau dapat juga didefinisikan sebagai penyimpangan kesimetrisan dari suatu distribusi, dapat ditentukan dengan rumus berikut:

Koefisien Skewness (C_s)

$$C_s = \frac{\sum n \times (X_i - X_r)^3}{(n-1) \times (n-2) \times S_x^3} \dots\dots\dots (4)$$

Koefisien kurtosis adalah koefisien derajat ketinggian puncak atau keruncingan dari suatu distribusi, dapat ditentukan dengan rumus berikut :

Koefisien Kurtosis (C_k)

$$C_k = \frac{\sum \frac{1}{n} \times (X_i - X_r)^4}{S_x^4} \dots\dots\dots (5)$$

Dimana, S_x adalah Standar Deviasi, C_s adalah Koefisien Skewness, C_k adalah Koefisien Kurtosis, C_v adalah Koefisien Variasi, X_i adalah curah hujan maksimum harian, X_r adalah curah

hujan maksimum harian rata-rata dan n adalah jumlah data. Setelah melakukan perhitungan analisis frekuensi dilakukan percocokan hasil syarat jenis distribusi dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Syarat Jenis Distribusi

Jenis Distribusi	Syarat
Normal	$C_s \approx 0$
	$C_k \approx 3$
Gumbel	$C_s \leq 1.1396$
	$C_k \leq 5.4002$
Log Person III	$C_s \neq 0$
Log Normal	$C_s \approx 3 \quad C_v + C_v^2 = 3$
	$C_k = 5.383$

Sumber : C.D. Soemarto, 1999

3) Distribusi Probabilitas Curah Hujan

a) Distribusi Gumbel

perhitungan menggunakan distribusi Gumbel dapat dihitung dengan menggunakan rumus sebagai berikut:

$$X_t = X_r + \frac{S_x}{S_n} \times (Y_r - Y_t) \dots\dots\dots(6)$$

$$X_r = \frac{\sum X_t}{n} \dots\dots\dots(7)$$

$$S_x = \frac{\sqrt{\sum (X_i - X_r)^2}}{n-1} \dots\dots\dots(8)$$

$$S_n = \frac{\sqrt{\sum (Y_n - Y_r)^2}}{n-1} \dots\dots\dots(9)$$

$$Y_n = -\ln[-\ln\left\{\frac{n+1-m}{n+1}\right\}] \dots\dots\dots(10)$$

$$Y_r = \frac{\sum Y_n}{n} \dots\dots\dots(11)$$

$$Y_t = -\ln[-\ln\left\{\frac{T-1}{T}\right\}] \dots\dots\dots(12)$$

$$k = \frac{Yt - Yr}{Sn} \dots\dots\dots(13)$$

Dimana ***Xt*** adalah curah hujan rencana (mm/hari), ***Xi*** adalah curah hujan maksimum harian (mm/hari), ***Xr*** adalah rata-rata curah hujan maksimum harian (mm/hari), ***Sx*** adalah standar deviasi, ***Sn*** adalah *Reduced Standart Deviation*, ***Yt*** adalah *Reduced Variate*, ***Yn*** adalah *Reduced mean*, ***n*** adalah jumlah data curah hujan, ***m*** adalah urutan data curah hujan dari besar ke kecil, ***Yr*** adalah *Reduced Mean* rata-rata dan ***k*** adalah *Reduced Variate Factor* (Gautama, 1999).

b) Distribusi Normal

Perhitungan menggunakan distribusi Normal dapat dihitung dengan menggunakan rumus sebagai berikut:

$$Xt = Xr + K + Sx \dots\dots\dots(14)$$

Dimana ***Xt*** adalah curah hujan rencana (mm/hari), ***Xr*** adalah curah hujan maksimum harian rata-rata (mm/hari), ***Sx*** adalah standar deviasi dan ***K*** adalah faktor frekuensi (I Made Kamiana, 2011).

c) Distribusi Log Normal

perhitungan distribusi Log Normal dapat menggunakan rumus sebagai berikut :

$$\text{Log}Xt = \text{Log}Xr + K \times \text{Log}Sx \dots\dots\dots(15)$$

Dimana ***LogXt*** adalah nilai logaritma curah hujan rencana, ***LogXr*** adalah nilai rata-rata logaritma dari curah hujan maksimum, ***K***

adalah faktor frekuensi yang nilainya bergantung dari T dan $\text{Log}Sx$ adalah logaritma standar deviasi.

d) Distribusi Log Person Type III

perhitungan distribusi Log Pearson III dapat menggunakan rumus sebagai berikut:

$$\text{Log}X_t = \text{Log}X_r + K \times \text{Log}Sx \dots \dots \dots (16)$$

Dimana $\text{Log}X_t$ adalah nilai logaritma curah hujan rencana, $\text{Log}X_r$ adalah nilai rata-rata logaritma dari curah hujan maksimum, K adalah variabel standar yang besarnya tergantung koefisien skewness dan $\text{Log}Sx$ adalah logaritma standar deviasi.

4) Pengujian Distribusi Dengan Metode Chi-Kuadrat (χ^2)

Uji distribusi probabilitas bertujuan untuk mengetahui apakah persamaan distribusi probabilitas yang dipilih dapat mewakili distribusi statistik sampel data yang dianalisis atau tidak. Oleh karena itu, uji ini biasa juga disebut dengan uji kesesuaian (kecocokan). Karena masing-masing kelas sampel harus mempunyai frekuensi 5 atau lebih, maka digunakan uji Chi-Kuadrat. Tetapi apabila jumlah sampel relatif kecil maka uji ini tidak cocok digunakan. Uji Chi-Kuadrat dapat dilakukan dengan menggunakan persamaan (17).

$$\chi^2 = \sum_{i=1}^N \frac{(Of - Ef)^2}{Ef} \dots \dots \dots (17)$$

Dimana: χ^2 adalah nilai Chi-Kuadrat terhitung, Ef Frekuensi yang diharapkan sesuai dengan pembagian kelasnya, Of frekuensi yang terbaca pada kelas yang sama dan N jumlah sub kelompok dalam

satu grup (jumlah kelas). Nilai Ef dapat dihitung dengan menggunakan persamaan (18).

$$Ef = \frac{n}{N} \dots\dots\dots(18)$$

Dimana n adalah jumlah kelas.

Derajat nyata atau taraf kepercayaan tertentu yang sering diambil adalah sebesar 5%. Dengan demikian derajat kebebasan dapat dihitung dengan persamaan (19)

$$dk = K - (a + 1) \dots\dots\dots(19)$$

Dimana: dk adalah derajat kebebasan, K banyaknya kelas dan a jumlah parameter.

Jika nilai rerata dan deviasi standar digunakan dalam perhitungan maka akan terdapat dua parameter. Sehingga nilai a untuk uji Chi-Kuadrat adalah 2. Tetapi jika nilai rerata dan deviasi standar didapatkan dari penelitian atau data sebelumnya, maka nilai a untuk uji kuadrat adalah 0 (McCuen, 2003). Menurut Meylan dkk (2011), pada masing-masing kelas, jumlah data minimum adalah 5. Sehingga untuk menentukan jumlah kelas (k) dapat dihitung dengan menggunakan persamaan (20)

$$k = \frac{n}{5} \dots\dots\dots(20)$$

Dimana n adalah jumlah data.

Pengujian Chi-Kuadrat selanjutnya adalah membandingkan antara chi-kuadrat yang didapatkan dengan chi-kritik. Nilai chi-kritik tergantung dari derajat kebebasan (dk) dan tingkat signifikansinya.

Distribusi probabilitas yang dipakai untuk menentukan curah hujan rencana adalah distribusi probabilitas yang mempunyai simpangan maksimum kecil dan lebih kecil dari simpangan kritis, seperti pada persamaan (21)

$$X^2 < X_{kritis}^2 \dots\dots\dots (21)$$

Dimana, X^2 adalah parameter Chi-Kuadrat terhitung dan X_{kritis}^2 parameter Chi-Kuadrat kritis.

5) Intensitas Curah Hujan Rencana

Intensitas curah hujan adalah jumlah hujan yang dinyatakan dalam tinggi hujan atau volume hujan dalam satuan waktu. Nilai intensitas hujan tergantung lama curah hujan dan frekuensi hujan dan waktu konsentrasi. Dalam menentukan intensitas curah hujan dapat dicari dengan rumus berikut (Gautama dan Prahastini, 2012).

$$I = \frac{R}{24} x \left(\frac{24}{t_c} \right)^{2/3} \dots\dots\dots (22)$$

Dimana I adalah Intensitas curah hujan (mm/jam), R adalah Curah hujan maksimum (mm/hari), dan t_c adalah Lama waktu hujan (jam)

Harga t_c dapat dicari dengan menggunakan rumus kirpich (Asdak, 2010) sebagai berikut:

$$t_c = 0,0195 x L^{0,77} x S^{-0,385} \dots\dots\dots (23)$$

Dimana, t_c adalah Lama waktu hujan (jam), L adalah Panjang aliran (m), S adalah Beda ketinggian dibagi panjang aliran (m)

Adapun dasar yang digunakan untuk menentukan keadaan dan intensitas curah hujan dapat dilihat pada Tabel 3 dibawah ini.

Tabel 3. Derajat dan Intensitas Hujan

	Intensitas Curah Hujan (mm)		Kondisi
	1 jam	24 jam	
Hujan sangat ringan	< 1	< 5	Tanah agak basah atau dibasahi sedikit
Hujan ringan	1 – 5	5 – 20	Tanah menjadi basah semuanya
Hujan normal	5 -10	20 – 50	Bunyi curah hujan terdengar
Hujan lebat	10 -20	50 – 100	Air tergenang diseluruh permukaan tanah dan bunyi keras kedengaran dari genangan
Hujan sangat lebat	> 20	> 100	Hujan seperti ditumpahkan

Sumber : Suripin, 2004

6) Daerah Tangkapan Hujan (*Catchment Area*)

Catchment area atau yang juga disebut sebagai *drainage basin*, *watershed* atau daerah aliran sungai (DAS) adalah suatu daerah yang dibatasi oleh punggung perbukitan atau titik tertinggi yang apabila terjadi hujan maka air hujan tersebut akan mengalir ke titik terendah di daerah tersebut. Penentuan *catchment area* pada suatu area penambangan dapat ditentukan dengan menganalisis peta topografi dan peta kemajuan penambangan. *Catchment area* didapat dengan cara menghubungkan titik-titik tertinggi pada peta dengan memperhatikan arah aliran air di daerah tersebut hingga didapatkan sebuah poligon tertutup. Luas dari poligon tersebut dapat dihitung dengan menggunakan planimeter, *milimeter block*, atau dengan bantuan *software* (Widodo, 2012).

Semakin besar suatu catchment area, maka jumlah air yang turun pada daerah tersebut serta jumlah air limpasan yang harus ditampung oleh titik terendah juga akan semakin besar. Sebaliknya, semakin kecil suatu catchment area, maka jumlah air hujan yang turun pada daerah tersebut serta jumlah air limpasan yang harus ditampung oleh titik terendah akan semakin kecil. Jumlah air limpasan pada suatu catchment area juga dipengaruhi oleh kondisi topografi, kerapatan vegetasi dan kondisi geologi pada daerah tersebut.

7) Air Limpasan

Air limpasan (*surface run off*) adalah bagian dari curah hujan yang mengalir diatas permukaan tanah menuju sungai, danau, atau lautan (Asdak, 2010). Air limpasan berlangsung ketika jumlah curah hujan melebihi laju infiltrasi air ke dalam tanah. Setelah laju infiltrasi terpenuhi, air mulai mengisi cekungan-cekungan pada permukaan tanah. Setelah pengisian air pada cekungan tersebut selesai, air kemudian dapat mengalir di atas permukaan tanah dengan bebas. Aliran itu terjadi karena air hujan yang mencapai permukaan bumi tidak dapat terinfiltrasi, baik yang disebabkan karena jenis presipitasi antara lain air hujan atau salju, intensitas curah hujan, lamanya hujan, distribusi hujan daerah penyaliran, arah air limpasan atau faktor lain misalnya kondisi penggunaan lahan, kemiringan

lereng atau perbedaan ketinggian, bentuk dan kekompakan permukaan tanah serta vegetasi.

a) Debit Air Limpasan

Untuk memperkirakan debit air limpasan dapat digunakan rumus rasional sebagai berikut (Asdak, 2010):

$$Q = 0,00278 \times C \times I \times A \dots\dots\dots (23)$$

Dimana Q adalah Debit air ($m^3/detik$), C adalah Koefisien limpasan, I adalah Intensitas curah hujan (mm/jam) dan A adalah Luas daerah tangkapan hujan (Ha)

Beberapa asumsi dalam penggunaan rumus tersebut adalah:

- 1) Frekuensi hujan sama dengan frekuensi limpasan.
- 2) Hujan terdistribusi secara merata di seluruh daerah.
- 3) Debit maksimal merupakan fungsi intensitas hujandan tercapai pada akhir waktu konsentrasi.

b) Koefisien Limpasan

Koefisin limpasan merupakan suatu konstanta yang menggambarkan dampak proses infiltrasi, penguapan, tata guna lahan, serta kemiringan lahan. Saluran terbuka dipengaruhi oleh faktor tanah penutup dan kemiringan, intensitas dan lamanya hujan. Menurut Gautama (1999) Dalam penentuan koefisien limpasan faktor-faktor yang harus diperhatikan adalah:

Tabel 4. Nilai Koefisien Limpasan

Kemiringan (%)	Tutupan	Koefisien Limpasan (C)
< 3	Sawah, rawa	0.2
	Hutan, perkebunan	0.3
	Perumahan dengan kebun	0.4
3 - 15	Hutan, perkebunan	0.4
	Perumahan	0.5
	Tumbuhan yang jarang	0.6
	Tanpa tumbuhan, daerah	0.7
	Penimbunan	
> 15	Hutan	0.6
	Perumahan, kebun	0.7
	Tumbuhan yang jarang	0.8
	Tanpa tumbuhan, daerah tambang	0.9

8) Air Tanah

Air tanah adalah salah satu bentuk air yang berada di sekitar bumi kita dan terdapat di dalam tanah. Air tanah merupakan bagian air di alam yang terdapat di bawah permukaan tanah. Pembentukan air tanah mengikuti siklus peredaran air di bumi yang disebut daur hidrologi, yaitu proses alamiah yang berlangsung pada air di alam yang mengalami perpindahan tempat secara berurutan dan terus menerus (Kodoatie, 2012).

Air tanah adalah air yang menempati rongga-rongga dalam lapisan geologi. Lapisan tanah yang terletak di bawah permukaan air tanah dinamakan daerah jenuh (*saturated zone*), sedangkan daerah tidak jenuh (*unsaturated zone*) terletak di atas daerah jenuh sampai ke permukaan tanah, yang rongga-rongganya berisi air dan udara. Antara daerah jenuh dan daerah tidak jenuh tidak ada garis batas

yang tegas, karena keduanya mempunyai batas yang interdependen. Dimana air dari kedua daerah tersebut dapat bergerak ke daerah yang lain atau sebaliknya (Soemarto, 1995).

Air tanah biasanya terdapat di akuifer, suatu daerah di bawah permukaan bumi yang terdiri dari bebatuan dan partikel tanah yang tidak terkonsolidasi. Akifer ini mampu untuk menyalurkan dan menyimpan air. Jumlah air yang tersimpan sebagai air tanah tidak lebih dari 1% jumlah total air di bumi.

a) Akifer

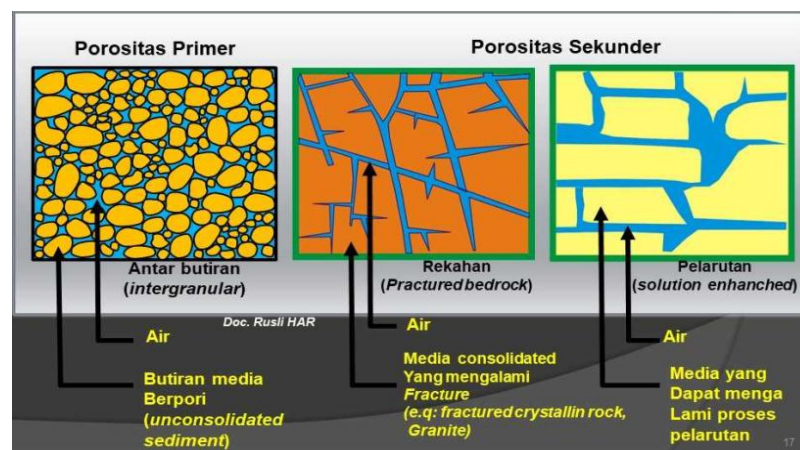
Kata akifer berasal dari istilah latin *aquiferre*. Kata *aqua* berarti air dan *ferre* berarti pembawa. Dalam ilmu hidrogeologi, akifer merupakan suatu batuan/formasi yang mempunyai kemampuan menyimpan dan mengalirkan airtanah dengan jumlah yang berarti (*significant*). (Rusli, 2020)

Sesuai dengan definisinya, batuan yang dapat menjadi akifer adalah batuan yang mempunyai porositas dan permeabilitas yang cukup untuk menjadi media penyimpan dan pengaliran airtanah. (Rusli, 2020)

Berdasarkan sifat fisik batuan, secara garis besar ada 2 jenis media penyusun akifer, yaitu sistem media pori dan sistem media rekahan. Kedua sistem ini memiliki karakter airtanah yang berbeda satu sama lain (Mandel, 1981). Pada sistem media berpori, airtanah mengalir melalui rongga/ruang antar butir yang

terdapat dalam suatu batuan misalnya batupasir dan batuan alluvial. Rongga atau ruang antar butir tersebut merupakan porositas primer, yaitu porositas yang terbentuk pada saat proses pembuatan batuan (Rusli, 2020)

Pada sistem media rekahan, air mengalir melalui rekahan-rekahan (fractures) akibat proses tektonik atau proses pendinginan dan pelarutan yang terdapat pada batuan. Rekahan-rekahan tersebut merupakan porositas sekunder (Rusli,2020).



Gambar 13. Model Akifer Media Pori Ruang Antar Butir dan Media Rekahan

Secara hidrogeologi terdapat beberapa istilah mengenai keterdapatn air tanah, diantaranya (Santosa dan Adji, 2004) :

1. **Akifer (Aquifer)** adalah lapisan yang dapat menyimpan dan mengalirkan air dalam jumlah yang ekonomis. Contoh : pasir, kerikil, batupasir, batugamping rekahan.
2. **Akiklud (Aquiclude)** adalah lapisan yang mampu menyimpan air, tetapi tidak dapat mengalirkan dalam jumlah yang berarti misalnya lempung, serpih, tuf halus, lanau.

3. **Akifug** (*Aquifuge*) adalah lapisan batuan yang kedap air, tidak dapat menyimpan dan mengalirkan air, misalkan batuan kristalin, metamorf kompak.
4. **Akitar** (*Aquitard*) adalah lapisan yang dapat menyimpan air dan mengalirkan dalam jumlah yang terbatas, misalnya lempung pasir (*sandy clay*).

Berdasarkan posisi stratigrafinya, variasi posisi dari akifer, akuitard, akuifug dan akiklud ditunjang pula dengan sifat-sifat fisik lainnya maka dapat ditentukan berbagai jenis akifer (Fetter, 1994) :

1. **Akifer bebas** (*Unconfined aquifer/Phretic aquifer/Water Table aquifer*), bagian bawahnya dibatasi oleh lapisan impermeable dan pada bagian atasnya tidak mempunyai lapisan impermeable. Konfigurasi lapisan tersebut menyebabkan airtanah mempunyai tekanan normal, atau sama dengan tekanan dipermukaan. (Rusli,2020)
2. **Akifer setengah bebas** (*Semi-unconfined Aquifer*), pada bagian atas atau bawah dari akifer ini dibatasi oleh lapisan akitar/lapisan semi-permeable. Konfigurasi lapisan ini menyebabkan air tanah pada akifer ini bercampur dengan airtanah yang berada di atas atau bawah di bawahnya. Akifer ini biasanya setengah terkurung yaitu akifer yang sepenuhnya jenuh air yang pada bagian atasnya dilapasi oleh lapisan

setengah kedap air (semi permeable) dan terletak pada dasar yang kedap air. (Rusli, 2020)

3. **Akifer tertekan** (*Confined aquifer/non leaky aquifer*), bagian bawah dan atas akifer ini dilapisi oleh lapisan impermeable. Konfigurasi lapisan ini menyebabkan airtanah mempunyai tekanan di atas tekanan normal. (Rusli, 2020).

b) Parameter Akifer

1. Konduktivitas Hidrolik

Konduktivitas hidrolik (K) adalah angka yang menyatakan tingkat kemudahan suatu lapisan akifer untuk menyimpan dan meluluskan air dari satu tempat ke tempat lain dalam jumlah yang memadai. Nilai kelulusan suatu lapisan tanah atau batuan atau lapisan akifer dapat diukur di laboratorium maupun di lapangan. Pengukuran di lapangan dilakukan dengan pembuatan lubang bor, yang kemudian dikonstruksi sesuai dengan pengujian akifer, dengan metode slug test maupun pumping test (uji pemompaan).

2. Transmisivitas (T)

Transmisivitas adalah kemampuan akifer untuk meneruskan air melalui suatu bidang vertikal setebal akifer dengan lebar atau satuan panjang dan satu unit landaian hidrolika (Todd, 1980).

Kelulusan suatu material geologi (batuan) sangat bergantung pada ukuran besar butiran serta sistem bukaan yang ada. Suatu lapisan batuan yang mempunyai angka kelulusan (K) dan tebal zona jenuh air (b), maka dapat dikatakan lapisan batuan ini mempunyai angka keterusan T (*transmissivity*). Keterusan dapat didefinisikan sebagai kecepatan air yang dilakukan lewat satu satuan lebar suatu akifer, di bawah landaian hidrolika sama dengan satu. Makin tinggi nilai T dapat diartikan bahwa litologi batuan merupakan akifer dengan potensi airtanah yang tinggi.

Menurut Todd, (2005) istilah transmisivitas (T) secara luas digunakan dalam hidrolika air tanah. Hal tersebut sering didefinisikan sebagai besaran dimana kinematika viskositas dapat melalui luasan akifer dibawah *gradient hidrolis*.

3. Koefisien Penyimpanan (S)

Merupakan volume air yang dilepaskan atau disimpan persatuan luas permukaan akifer persatuan perubahan *head* pada permukaan tersebut. Adapun persamaan yang dapat digunakan adalah (Todd, 1980). Nilai koefisien penyimpanan (storativitas) pada akifer bebas berkisar antara 0,01 hingga 0,35. Sedangkan pada akifer tertekan berkisar antara 0,0005 dan 0,005 (Todd, 1980):

4. *Specific Yield (Sy)*

Specific yield (Sy) atau porositas efektif merupakan perbandingan dalam persen (%) air yang dapat diambil dari tanah atau batuan yang jenuh air dibandingkan dengan volume total batuan atau tanah (Todd, 1980). Nilai *specific yield* dari beberapa macam batuan dapat dilihat dalam Tabel 5.

Tabel 5. Nilai *Specific Yield (Sy)* dari Beberapa Macam Batuan

Batuan	<i>Sy</i> (%)	Batuan	<i>Sy</i> (%)
Kerakal kasar	23	Lempung	3
Kerakal	24	Batupasir halus	21
Kerikil	25	Batupasir sedang	27
Pasir kasar	27	Batugamping	14
Pasir sedang	28	Sand dune	38
Pasir halus	23	Batulanau	12
Lanau	8	Tuff	21

5. Ketebalan Akifer

Ditentukan dari data pemboran. Meskipun ketebalan tidak pernah konstan dalam menganggap bahwa suatu akifer mempunyai ketebalan yang seragam diambil suatu nilai rata-rata, ketebalan dapat mencapai ukuran puluhan meter.

Gerakan air tanah sebagian hasil dari cara-cara bahan diendapkan semula, akifer hampir tidak pernah seragam dalam ciri-ciri hidroliknya. Bahkan bila struktur geologi sistem akifer diketahui detail gerakan air di dalamnya sulit untuk diketahui, banyak detail gerakan air tanah masih jauh dari jelas.

Proses umum gerakan air tanah sangatlah sederhana, suatu gerakan yang didorong oleh gaya berat, ditahan oleh gesekan cairan pada medium porous. Bila kita bawa prinsip-prinsip yang sederhana itu pada perlakuan matematis dari aliran air tanah, asumsi dan generalisasi tertentu harus dilakukan. Beberapa asumsi itu adalah :

- a) Akuifer haruslah homogeny dan isotropic.
- b) Lapisan-lapisan semi tembus mempunyai ketahanan hidrolis yang seragam.
- c) Koefisien permeabilitas merupakan invariant waktu.
- d) Transmisibilitas suatu akuifer bebas adalah konstan.
- e) Koefisien cadangan atau simpanan adalah konstan.
- f) Pelepasan air dari cadangan seketika.
- g) Mintakat kapiler diabaikan.

Dengan menggunakan kriteria ini, aliran air tanah untuk keadaan tunak (nilai-nilai konstan dengan waktu pada titik yang berbeda pada akuifer-stasioner), tak tunak (ketetapan air tetap konstan) diperlukan secara matematis. Persamaan dasar yang menjelaskan ini didasarkan atas hukum Darcy.

9) Saluran Terbuka (*Open Channel*)

Saluran terbuka merupakan sarana yang digunakan untuk mengalirkan air permukaan di sekitar daerah tambang, yang berasal dari limpasan air hujan yang jatuh di sekitar daerah tambang atau

untuk mengalirkan air permukaan yang berasal dari sungai atau rawa-rawa yang terdapat di sekitar. Agar semua air tersebut dapat dialirkan ke luar daerah tambang, maka dibutuhkan analisis dimensi saluran terbuka tersebut, sehingga dapat berfungsi secara maksimal dan ekonomis.

Tabel 6. Nilai Koefisien Kekasaran Dinding Saluran (n) Menurut Persamaan Manning

Tipe Dinding Saluran	N
Semen	0,010-0,014
Beton	0,011-0,016
Bata	0,012-0,020
Besi	0,013-0,017
Tanah	0,020-0,030
Gravel	0,022-0,035
Tanah yang ditanam	0,025-0,040

Sumber : Gautama, 1999

a) Bentuk Saluran Terbuka

1. Bentuk Persegi Panjang

Luas penampang basah (A), keliling basah (P), jari-jari hidrolis (R), dan faktor penampang (Z) dapat dicari menggunakan Persamaan (24 - 27) (Chow, 1989):

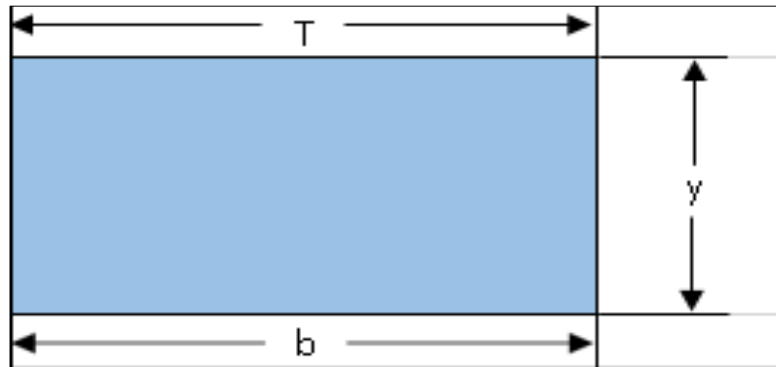
$$A = b \cdot y \dots\dots\dots (24)$$

$$P = b + 2y \dots\dots\dots (25)$$

$$R = \frac{by}{b+2y} \dots\dots\dots (26)$$

$$Z = by^{1,5} \dots\dots\dots (27)$$

Dimana **b** adalah Lebar dasar saluran dan **y** adalah Kedalaman hidrolis



Gambar 14. Bentuk Persegi Panjang

2. Bentuk Trapesium

Luas penampang basah (A), keliling basah (P), jari-jari hidrolis (R), faktor penampang (Z), kedalaman hidrolis (D) dan lebar puncak (T) dapat dicari menggunakan Persamaan (28 - 33) (Chow, 1989):

$$A = (b + my) y \dots\dots\dots (28)$$

$$P = b + 2y\sqrt{1 + m^2} \dots\dots\dots (29)$$

$$R = \frac{(b + my) y}{b + 2y \sqrt{1 + m^2}} \dots\dots\dots (30)$$

$$Z = \frac{[(b + my)y]^{1,5}}{\sqrt{b + 2my}} \dots\dots\dots (31)$$

$$T = b + 2my \dots\dots\dots (32)$$

$$D = \frac{(B + 2my)y}{b + 2my} \dots\dots\dots (33)$$

Dimana **b** adalah Lebar dasar saluran dan **y** adalah Kedalaman hidrolis

Untuk dimensi saluran terbuka berbentuk trapesium dengan luas penampang optimum dan mempunyai sudut kemiringan 60° dapat dicari menggunakan persamaan (34).

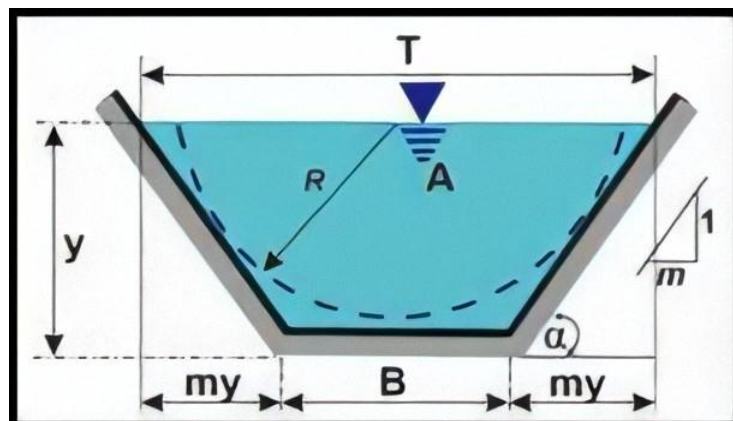
$$\alpha = \frac{1}{m}$$

$$m = \frac{1}{\tan \alpha} \dots\dots\dots (34)$$

Kecepatan aliran pada saluran terbuka dapat dicari dengan Persamaan (35).

$$Q = A.V \dots\dots\dots (35)$$

Dimana Q adalah Debit aliran air (m³/detik), A adalah Luas penampang basah (m) dan V adalah Kecepatan aliran air yang mengalir sepanjang saluran (m³/detik)



Gambar 15. Bentuk Trapesium

10) Sumuran (*Sump*)

Sump pada tambang berfungsi sebagai tempat penampungan air dan lumpur sementara sebelum dipompa ke luar tambang. Berdasarkan fungsi dan penempatannya, *sump* tambang dibedakan menjadi tiga macam, yaitu *sump* tambang permanen (*main sump*), transit *sump* dan temporary *sump*. *Main sump* adalah *sump* yang berfungsi selama penambangan berlangsung dan umumnya tidak berpindah tempat. Transit *sump* adalah *sump* yang dibuat secara

terencana dalam pemilihan lokasi maupun volumenya, penempatannya pada jenjang tambang dan biasanya di bagian lereng tepi tambang dan berfungsi sebagai untuk limpahan air akibat keterbatasan pompa. Temporary *sump* adalah *sump* sementara berfungsi dalam rentang waktu tertentu dan sering berpindah tempat, *sump* ini biasanya untuk menampung rembesan-rembesan air tanah dari lapisan tanah yang sedang digali dan letaknya terlalu jauh dari *sump* permanen yang sudah ada (Hermawan, 2011).

Dimensi *sump* tambang tergantung pada kuantitas volume air limpasan, kapasitas pompa dan waktu pemompaan, kondisi lapangan seperti kondisi penggalian terutama pada lantai tambang (*floor*) dan lapisan batubara serta jenis tanah atau batuan di bukaan tambang. Volume *sump* ditentukan dengan menggabungkan grafik intensitas hujan versus waktu dan grafik volume pemompaan versus waktu serta volume limpasan versus waktu. Penentuan dimensi *sump* ditentukan dengan melihat volume sisa terbesar.

Tahapan selanjutnya setelah penentuan ukuran *sump* adalah menentukan lokasi *sump* di bukaan tambang. Pada prinsipnya *sump* diletakkan pada lantai tambang (*floor*) yang paling rendah, jauh dari aktivitas penggalian bijih atau mineral, jenjang di sekitarnya tidak mudah longsor, dekat dengan kolam pengendapan dan mudah untuk dibersihkan (Widodo, 2012).

Volume *sump* yang optimum dapat juga dicari dari selisih antara volume air limpasan dengan volume pemompaan harian (Widodo, 2012). Volume *sump*, volume total inflow, volume limpasan dan volume pemompaan dapat dicari menggunakan Persamaan (36), (37), (38) dan (39).

$$\text{Vol. Sump} = \text{Vol. Total Inflow} - \text{Vol. Pemompaan} \dots\dots\dots (36)$$

$$\text{Vol. Total Inflow} = \text{Vol. Limpasan} + \text{Vol. Air Tanah} \dots\dots\dots (37)$$

$$\text{Vol. Limpasan} = Q \times T \dots\dots\dots (38)$$

Dimana C adalah Koefisien limpasan, R_{24} adalah Curah hujan harian rencana (mm) dan A adalah Luas *catchment area* (m^2)

$$\text{Vol. Pemompaan} = \text{debit pemompaan} \times 3600 \times \text{waktu operasi pompa per hari} \dots\dots\dots (39)$$

Ada dua jenis tata letak sistem penyaliran tambang yaitu:

1) Sistim Penyaliran Memusat

Pada sistem ini sump akan ditempatkan di setiap jenjang tambang, dengan sistem pengalirannya dari jenjang paling atas menuju jenjang dibawahnya sehingga akhirnya air dipusatkan di main sump untuk kemudian dipompa keluar tambang.

2) Sistim Penyaliran Tidak Memusat

Sistem ini dapat dilakukan bila kedalaman tambang relatif dangkal dengan keadaan geografis daerah luar tambang memungkinkan untuk mengalirkan air langsung dari *sump* keluar tambang.

Untuk menentukan dimensi *sump* berdasarkan kapasitas volume *sump* yang akan dipakai, digunakan Persamaan (40) (Sayoga, 2019).

$$V = \frac{(\text{luas atas} + \text{luas bawah})}{2} \times \text{kedalaman} \dots \dots \dots (40)$$

$$V = \frac{X^2 + Y^2}{2} \times Z \dots \dots \dots (41)$$

Dimana *V* adalah Volume *sump* (m³), *X* adalah Luas atas (m²), *Y* adalah Luas bawah (m²) dan *Z* adalah Kedalaman (m)

Sumuran berfungsi sebagai penampung air sebelum dipompa ke luar tambang. Dengan demikian , dimensi sumuran ini sangat tergantung dari jumlah air yang masuk serta keluar dari sumuran. Jumlah air yang masuk ke dalam sumuran merupakan jumlah air yang dialirkan oleh saluran-saluran, jumlah limpasan permukaan yang langsung mengalir ke sumuran dari curah hujan yang jatuh di sumuran. Sedangkan jumlah air yang keluar dapat dianggap sebagai kapasitas pompa, karena penguapan dianggap tidak terlalu berarti. Optimalisasi antara *input* (masukan) dan *output* (keluaran), maka dapat ditentukan volume dari *sump*.

Berdasarkan penempatannya, *sump* dapat dibedakan menjadi (Suwandhi, 2004):

a) *Travelling sump (balong front)*

Sump ini dibuat pada daerah *front* tambang, baik secara terencana yang digambarkan pada peta jangka pendek atau

tidak terencana sebelumnya. *Sump* ini dibuat apabila situasi untuk menanggulangi air permukaan dibutuhkan. Jangka waktu penggunaan *sump* ini relatif singkat dan selalu ditempatkan sesuai dengan kemajuan *front* tambang.

b) *Sump jenjang* atau *sump transit*

Sump ini dibuat secara terencana dalam pemilihan lokasi maupun volumenya. Penempatannya pada jenjang tambang dan biasanya di bagian lereng tepi tambang. *Sump* ini disebut sebagai *sump* permanen karena dibuat untuk jangka waktu yang cukup lama. Biasanya terbuat dari bahan kedap air dengan tujuan untuk mencegah peresapan air supaya tidak menyebabkan jenjang tambang longsor karena *sump* ini dibagi menjadi dua bagian. Bagian pertama untuk menampung air kotor yang berasal dari *sump front*. Bagian ini berfungsi sebagai tempat penampungan lumpur. Sedangkan bagian lainnya sebagai tempat penampungan air bersih yang berasal dari bagian pertama.

c) *Main Sump (balong induk)*

Sump ini dibuat sebagai penampungan air terakhir dan dapat digunakan sebagai cadangan air untuk digunakan dalam pengamanan kebakaran. Pada umumnya *sump* ini dibuat di elevasi terendah dalam tambang.

Rumus perhitungan untuk menentukan dimensi sumuran :

$$V = Q \times \bar{t}_h \dots\dots\dots(41)$$

$$A = \frac{V}{d} \dots\dots\dots(42)$$

Dimana **V** adalah Volume sumuran (m³), **Q** adalah Debit air masuk ke sumuran (m³/detik), **$\bar{t}_h$** adalah Lama hujan rata-rata/hari (detik), **A** adalah Luas penampang sumuran (m²) dan **d** adalah Kedalaman sumuran (m)

11) Kolam Pengendapan

Kolam pengendapan adalah suatu daerah yang dibuat khusus untuk menampung air limpasan sebelum dibuang langsung menuju daerah pengaliran umum atau badan air (Meta, 2018). Sedangkan kolam pengendapan untuk daerah penambangan adalah kolam yang dibuat untuk menampung dan mengendapkan air limpasan yang berasal dari daerah penambangan maupun daerah sekitar penambangan, kemudian akan dibuang menuju tempat penampungan air umum seperti sungai, laut, maupun danau.

Kolam pengendapan berfungsi untuk mengendapkan lumpur-lumpur atau material padatan yang bercampur dengan air limpasan yang disebabkan oleh adanya aktivitas penambangan maupun karena erosi. Disamping tempat pengendapan, kolam pengendapan juga dapat berfungsi sebagai tempat pengontrol kualitas dari air yang akan dialirkan keluar kolam pengendapan, baik itu kandungan

materialnya, tingkat keasaman ataupun kandungan material lain yang dapat membahayakan lingkungan. Air yang keluar dari daerah penambangan diharapkan sudah memenuhi ambang batas yang diijinkan oleh perusahaan karena sudah melewati kolam pengendapan, sehingga tidak terjadinya pencemaran lingkungan dan menimbulkan komplain dari masyarakat.

Bentuk kolam pengendapan biasanya berupa kolam berbentuk empat persegi panjang, tetapi sebenarnya bentuk tersebut dapat bermacam-macam, disesuaikan dengan keperluan dan keadaan lapangannya. Pada setiap kolam pengendap akan selalu ada 4 zona penting yang terbentuk karena proses pengendapan material padatan. Keempat zona tersebut adalah (Suwandhi, 2004):

a) Zona Masukan

Tempat masuknya aliran lumpur ke dalam kolam pengendapan dengan asumsi padatan-cairan yang masuk terdistribusi secara seragam. Zona ini panjangnya 0.5 – 1 kali dari kedalaman kolam.

b) Zona Pengendapan

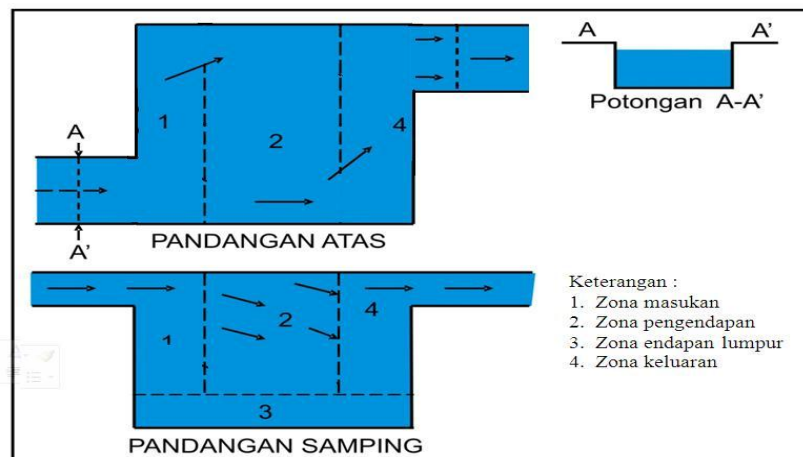
Tempat dimana partikel padatan akan mengendap. Batas panjang zona ini adalah panjang dari kolam dikurangi panjang zona masukan dan keluaran.

c) Zona Endapan Lumpur

Tempat dimana partikel padatan dalam cairan (lumpur) mengalami sedimentasi dan terkumpul di bagian bawah kolam pengendapan.

d) Zona Keluaran

Tempat keluarnya buangan cairan yang jernih. Panjang zona ini kira-kira sama dengan kedalaman kolam pengendapan, diukur dari ujung lubang pengeluaran. Visualisasi zona-zona keluaran dapat dilihat pada Gambar 14.



Gambar 14. Zona - Zona Pada Kolam Pengendapan
(Suwandhi, 2004)

Berikut merupakan parameter-parameter dalam perencanaan kolam pengendapan, yaitu:

1) Penentuan Luas Kolam Pengendapan

Penentuan luas kolam pengendapan dapat dihitung berdasarkan hal-hal sebagai berikut (Hartono, 2013):

- a) Diameter partikel padatan yang keluar dari kolam pengendapan tidak boleh lebih dari 9×10^{-6} m, karena akan menyebabkan pendangkalan dan kekeruhan sungai.
- b) Kekentalan air
- c) Partikel dalam lumpur adalah material yang sejenis
- d) Kecepatan pengendapan material dianggap sama
- e) Perbandingan cairan padatan diketahui dengan Persamaan (43) dan (44).

$$\% \text{ Solid} = \frac{\text{Volume padatan masuk}}{Q_{\text{total}}} \times 100 \dots \dots \dots (43)$$

$$\% \text{ Air} = (100 - \% \text{ Solid}) \dots \dots \dots (44)$$

Luas kolam pengendapan dapat dihitung dengan menggunakan Persamaan (45) (Triadmojo, 1993):

$$A = Q_{\text{total}} / V \dots \dots \dots (45)$$

Dimana **A** adalah Luas kolam pengendapan (m^2), ***Q_{total}*** adalah Debit air yang masuk kolam pengendapan (m^3/detik) dan **V** adalah Kecepatan pengendapan (m/detik)

Residu tersuspensi dapat dicari dengan menggunakan Persamaan (46)

$$\text{Residu tersuspensi} = \frac{TSS}{Q_{\text{total}}} \dots \dots \dots (46)$$

Volume padatan yang masuk didapat dari hubungan persamaan massa jenis terhadap massa dan volume padatannya. Volume padatan yang masuk dapat dilihat pada Persamaan (47).

$$V_{pm} = \frac{\text{massa}}{\text{massa jenis}} \dots\dots\dots(47)$$

Kecepatan pengendapan dapat dihitung dengan menggunakan rumus Stokes dan hukum Newton. Hukum Stokes berlaku bila padatannya kurang dari 40%, sedangkan bila persen padatan lebih dari 40% berlaku hukum Newton. Hukum Stokes dapat dilihat pada Persamaan (48) sedangkan Hukum Newton dapat dilihat pada Persamaan (49).

Hukum Stokes:

$$V = \frac{g \times D^2 \times (\rho_p - \rho_a)}{18\mu} \dots\dots\dots(48)$$

Hukum Newton:

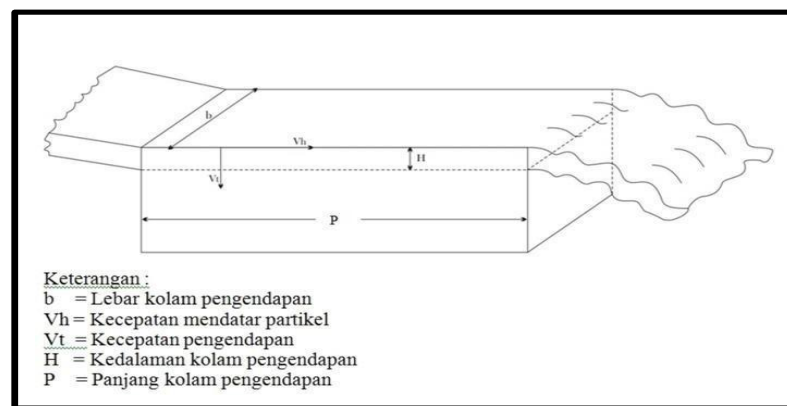
$$V = \frac{4 \times g \times D \times (\rho_p - \rho_a) \times 0,5}{3 \times F_g \times \rho_a} \dots\dots\dots(49)$$

Dimana **V** adalah Kecepatan pengendapan partikel (m/detik), **g** adalah Percepatan gravitasi (m/detik²), **ρ_p** adalah Berat jenis partikel padatan (kg/m³), **ρ_a** adalah Berat jenis air (kg/m³), **μ** adalah Kekentalan dinamik air (kg/m.detik), **D** adalah Diameter partikel padatan (m) dan **F_g** adalah Nilai koefisien tahanan

Untuk menentukan dimensi dari kolam pengendapan, seperti panjang, lebar dan kedalaman ditentukan dengan melihat spesifikasi alat yang digunakan untuk merawat kolam pengendapan tersebut.

2) Perhitungan Presentase Pengendapan

Perhitungan Persentase pengendapan ini bertujuan untuk mengetahui apakah kolam pengendapan yang akan dibuat dapat berfungsi untuk mengendapkan partikel padatan yang terkandung dalam air limpasan tambang. Visualisasi aliran air pada kolam pengendapan dapat dilihat pada Gambar 15.



Gambar 15. Aliran Air di Kolam Pengendapan
(Hartono, 2013)

Dimana b adalah Lebar kolam pengendapan (m), V_h adalah Kecepatan mendatar partikel (m/s), V_t adalah Kecepatan pengendapan (m/s), H adalah Kedalaman kolam pengendapan (m) dan P adalah Panjang kolam pengendapan (m)

Debit padatan yang terkandung dalam lumpur pada kolam pengendapan (50):

$$Q_{\text{solid}} (Q_s) = Q_{\text{air}} \times \%TSS \dots\dots\dots (50)$$

Dimana Q_s adalah Debit padatan (m³/detik), Q_{air} adalah Debit air (m³/detik) dan $\%TSS$ adalah Nilai total suspended solid (%), (1% TSS=10.000 mg/liter)

Waktu yang dibutuhkan oleh partikel untuk mengendap dengan kecepatan v_t (m/s) sejauh h (m) dapat dicari menggunakan Persamaan (51)

$$t_v = \frac{h}{v_t} \dots\dots\dots (51)$$

Dimana t_v adalah Waktu pengendapan partikel (detik), v_t adalah Kecepatan pengendapan partikel (m/detik) dan h adalah Kedalaman kolam pengendapan (m)

Untuk kecepatan mendatar partikel (V_h) dapat menggunakan Persamaan (52).

$$v_h = \frac{Q_{total}}{A} \dots\dots\dots (52)$$

Dimana v_h adalah Kecepatan mendatar partikel (m/detik), Q_{total} adalah Debit aliran yang masuk ke kolam pengendapan ($m^3/detik$) dan A adalah Luas permukaan kolam pengendapan (m^2)

Waktu yang dibutuhkan partikel untuk keluar dari kolam pengendapan (t_h) dengan kecepatan (v_h) dapat dicari menggunakan Persamaan (53).

$$t_h = \frac{P}{v_h} \dots\dots\dots (53)$$

Dimana t_h adalah Waktu yang dibutuhkan partikel keluar dari kolam pendendapan (detik), P adalah Panjang kolam pengendapan (m) dan v_h adalah Kecepatan mendatar partikel (m/detik)

Dalam proses pengendapan ini partikel mampu mengendap dengan baik jika t_v tidak lebih besar dari t_h . Sebab, jika waktu yang diperlukan untuk mengendap lebih kecil dari waktu yang diperlukan untuk mengalir ke luar kolam atau dengan kata lain proses pengendapan lebih cepat dari aliran air maka proses pengendapan dapat terjadi. Persentase pengendapan dapat dihitung menggunakan Persamaan (54) (Hartono, 2013).

$$\text{Persentase Pengendapan} = \frac{t_h}{(t_h + t_v)} \times 100\% \dots \dots \dots (54)$$

Dari perumusan di atas, dapat disimpulkan bahwa semakin besar ukuran partikel maka semakin cepat proses pengendapan serta semakin besar pula persentase partikel yang berhasil diendapkan. Pompa berfungsi untuk memindahkan atau mengeluarkan air dari tempat yang rendah yaitu air yang ada pada sumuran (*sump*) pada lantai kerja penambangan ke tempat yang lebih tinggi (keluar tambang)

a) Jenis Pompa

Jenis-jenis pompa adalah sebagai berikut (Sularso & Haruo Tahara, 2006) :

1) Pompa Torak

Pompa torak, merupakan jenis pompa dimana energi pemompaannya dihasilkan secara periodik oleh suatu gaya berupa torak.

2) Pompa Sentrifugal

Pompa sentrifugal, adalah jenis pompa yang mempunyai sebuah *impeler* (baling-baling) untuk memindahkan zat cair dari suatu tempat ke tempat yang lain.

Jenis pompa ini terbagi lagi sebagai berikut :

- (1) Pompa *Volut*, yaitu pompa dimana aliran yang keluar dari *impeler* ditampung di dalam *volut* (rumah siput), yang selanjutnya akan mengalirkan *nosel* keluar.
- (2) Pompa *Difuser*, yaitu pompa yang memiliki *difuser* yang dipasang mengelilingi *impeler*. Fungsi *difuser* adalah untuk menurunkan kecepatan aliran yang keluar dari *impeler*, sehingga energi kinetik aliran dapat diubah menjadi energi tekanan secara *efisien*.

a) Pompa Aliran Campur

Jenis pompa ini dibagi lagi sebagai berikut:

- (1) Pompa aliran campur jenis *volut*, yakni pompa yang menggunakan rumah *volut* untuk menampung langsung aliran yang keluar dari *impeler*.
- (2) Pompa aliran campur jenis *difuser*, yakni pompa yang menggunakan rumah *difuser* untuk menampung langsung aliran yang keluar dari *impeler*.

b) Pompa Aliran Aksial

Pompa aliran aksial, merupakan pompa yang alirannya mempunyai arah *aksial* (sejajar poros), dan biasanya digunakan untuk julang yang rendah.

c) Spesifikasi Pompa

Dalam memilih suatu pompa untuk suatu maksud tertentu, terlebih dahulu harus diketahui kapasitas aliran serta julang (*head*) yang diperlukan untuk mengalirkan zat cair yang akan di pompa. Selain dari pada itu, agar pompa dapat bekerja tanpa mengalami kavitasi yaitu gejala menguapnya zat cair yang sedang mengalir karena tekanannya berkurang sampai di bawah tekanan uap jenuhnya, perlu diketahui berapa tekanan minimum yang tersedia pada sisi masuk pompa yang terpasang pada instalasinya. Kapasitas aliran, *head* dan putaran pompa dapat ditentukan seperti tersebut diatas. Tetapi apabila perubahan kondisi operasi sangat besar (khususnya perubahan kapasitas dan *head*) maka putaran dan ukuran pompa yang akan dipilih harus ditentukan dengan memperhitungkan hal tersebut. Pada prinsipnya, cairan apapun yang dapat ditangani oleh berbagai rancangan pompa. Jika berbagai rancangan pompa digunakan, pompa sentrifugal biasanya yang paling ekonomis yang diikuti oleh pompa *rotary* dan *reciprocating*. Walaupun, pompa perpindahan positif biasanya lebih efisien dari pada pompa sentrifugal, namun keuntungan efisiensi yang lebih tinggi

cenderung diimbangi dengan meningkatnya biaya perawatan. Untuk itu, tabel bawah ini merupakan data yang diperlukan dalam pemilihan pompa (Sularso dan Haruo Tahara, 2006):

Tabel 6. Parameter yang Diperlukan Untuk Pemilihan Pompa

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

13) Julang (*Head*)

Dalam pemompaan dikenal istilah julan (*head*), yaitu energi yang diperlukan untuk mengalirkan sejumlah air pada kondisi tertentu atau energi persatuan berat jenis air. Semakin besar debit air, maka semakin besar pula *head* yang akan diperoleh.

Kapasitas pompa yang diperlukan tergantung dari banyak faktor, diantaranya :

- 1) Perbandingan ketinggian tempat penampungan dengan tempat pembuangan
- 2) Kecepatan fluida yang mengalir
- 3) Gesekan yang terjadi antara fluida dengan pompa
- 4) Belaokan dan sambungan yang ada pada pompa
- 5) Perbedaan tekanan.

Dalam menentukan kapasitas atau debit pompa maka hal yang harus diperhatikan adalah *head total*. *Head total* adalah, tenaga yang harus dimiliki pompa untuk mengalirkan air sesuai dengan yang direncanakan, dan sesuai dengan kondisi dari instalasi pompa. *Head total* dapat dinyatakan dalam rumus :

$$H = H_s + H_v + \Delta h_p + H_1 \dots \dots \dots (55)$$

Dimana ***H*** adalah *Head total* (m), ***H_s*** adalah *Head static* (m), perbedaan tinggi antara muka air disisi isap dan sisi keluar, ***H_v*** adalah Julang kecepatan keluar (m), ***Δh_p*** adalah Perbedaan julang tekanan yang bekerja pada permukaan air (umumnya pada tambang $\Delta h_p = 0$) (m) dan ***H₁*** adalah Berbagai kerugian di pipa, katup, belokan, sambungan, dll (m)

Macam-macam Julang antara lain yaitu sebagai berikut :

a) Head Static (H_s)

Head static, adalah kehilangan tenaga pada pompa yang disebabkan oleh perbedaan ketinggian air dengan tempat pembuangan.

$$H_s = H_2 - H_1 \dots\dots\dots (56)$$

Dimana H_s adalah *Head static* (m), H_2 adalah Tempat pembuangan air (Output) (m) dan H_1 adalah Ketinggian air mula-mula (m)

b) Head velocity (H_v)

Head velocity, adalah kehilangan tenaga yang diakibatkan oleh kecepatan aliran yang keluar melalui pipa, dinyatakan dengan :

$$H_v = \frac{v^2}{2g} \dots\dots\dots (57)$$

Dimana H_v adalah *Head velocity* (m), V adalah Kecepatan fluida dalam pompa (m/detik) dan g adalah Percepatan gravitasi (9,8 m/s²)

Kecepatan fluida didalam pipa dapat ditentukan dengan mengetahui debit air yang keluar dan luas penampang atau pipa dengan menggunakan persamaan :

$$V = \frac{Q}{A} \dots\dots\dots (58)$$

$$A = \frac{\pi \times D^2}{4} \dots\dots\dots (59)$$

Dimana V adalah Kecepatan fluida dalam pompa (m/detik), Q adalah Debit air yang keluar (m³/detik), A adalah Luas penampang pipa (m²) dan D adalah Diameter pipa (m)

c) Head losses (H_l)

Head losses atau julang kerugian adalah energi untuk mengatasi kerugian-kerugian yang timbul akibat aliran fluida.

a) Julang pada katup isap (H_{f1})

$$H_{f1} = Fv \left(\frac{V^2}{2g} \right) \dots \dots \dots (60)$$

Dimana H_{f1} adalah julang pada katup (m), Fv adalah Koefisien kerugian isap pipa, V adalah Kecepatan rata-rata aliran pipa (m/detik) dan g adalah Percepatan gravitasi (9,8 m/s²)

Tabel 7. Koefisien Kerugian Pada Katup Isap (Sularso dan Haruo Tahara, 2006)

Diameter (mm)	100	150	200	250	300	400
Fv	1,97	1,91	1,84	1,78	1,72	1,6

b) Friction loss (H_{f2})

Julang kerugian gesek (*friction loss*) adalah kehilangan yang disebabkan oleh adanya gesekan air dengan pipa. Untuk mengetahui aliran air didalam pipa turbulen atau laminar digunakan persamaan bilangan Reynold :

$$Re = \frac{V \times D}{\gamma} \dots \dots \dots (61)$$

Dimana **Re** adalah Bilangan *Reynold*, **V** adalah Kerapatan aliran rata-rata dalam pipa (m/detik) γ adalah Viskositas kinematic zat cair (m²/detik) dan **D** adalah Diameter pipa (m)

Pada $Re < 2300$, aliran bersifat laminar

Pada $Re > 4000$, aliran bersifat turbulen

Pada $Re = 2300 - 4000$ terdapat daerah transisi, dimana aliran dapat bersifat laminar atau turbulen tergantung pada kondisi pipa dan aliran.

Tabel 8. Sifat-sifat Fisik Air

Temperature (°C)	Kerapatan (kg/l)	Visikositas kinematik (m ² /detik)	Tekanan uap jenuh (kgf/cm ²)
0	0,9998	$1,792 \times 10^{-6}$	0,00623
5	1,0000	$1,520 \times 10^{-6}$	0,00889
10	0,9998	$1,307 \times 10^{-6}$	0,01251
20	0,9983	$1,004 \times 10^{-6}$	0,02383
30	0,9957	$0,801 \times 10^{-6}$	0,04325
40	0,9923	$0,658 \times 10^{-6}$	0,07520
50	0,9880	$0,554 \times 10^{-6}$	0,12578

Untuk pipa baru dengan diameter **D**, maka koefisien gesek dapat dinyatakan sebagai berikut :

(1) Aliran turbulen

$$\lambda = \frac{0,316}{Re^{0,25}} \dots \dots \dots (62)$$

(2) Aliran laminar

$$\lambda = \frac{64}{Re} \dots \dots \dots (63)$$

Dimana λ adalah Koefisien gesek pipa dan **Re** adalah Bilangan Reynold

d) Julang gesek

Selanjutnya julang kerugian gesek (H_{f2}) dapat dihitung dengan rumus :

$$H_{f2} = \lambda \frac{L \times V^2}{D \times 2g} \dots\dots\dots (64)$$

Dimana H_{f2} adalah Kerugian julang gesek (m), λ adalah Koefisien gesek pipa, L adalah Panjang pipa (m), V adalah Kecepatan rata-rata aliran pipa (m/detik), D adalah Diameter pipa (m) dan g adalah Percepatan gravitasi (9,8 m/s²/detik)

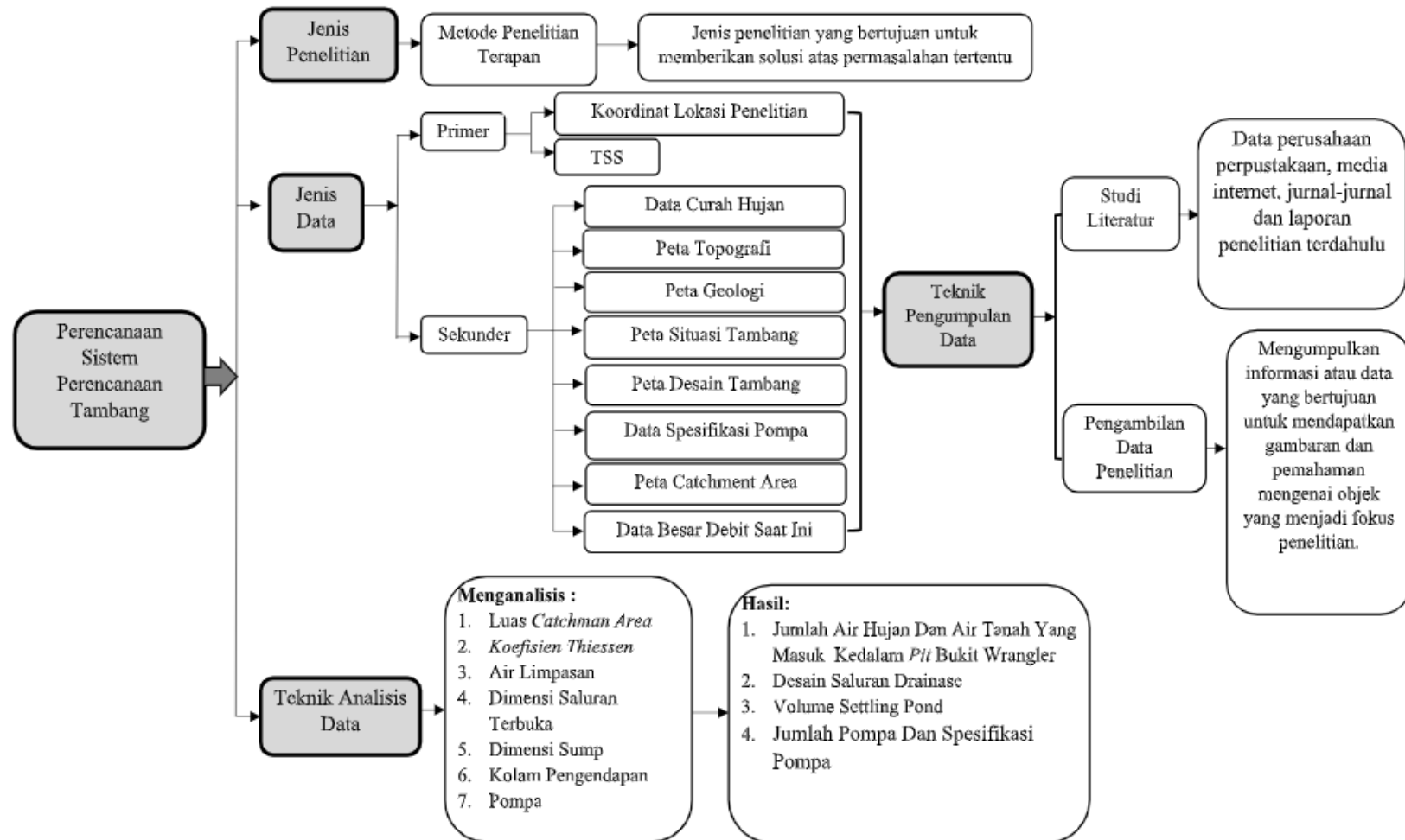
Julang belokan pipa / *shock loss* (H_{fs})

Shock loss adalah kehilangan yang diakibatkan oleh perubahan aliran dalam pipa karena adanya belokan pipa atau adanya perubahan penampang.

$$H_{fs} = fs \times \frac{V^2}{2g} \dots\dots\dots (65)$$

Dimana H_{fs} adalah Kerugian julang gesek pada belokan (m), fs adalah Koefisien kerugian, V adalah Kecepatan rata-rata aliran pipa (m/detik) dan g adalah gravitasi (9,8 m/s²/detik)

E. Kerangka Konseptual



BAB V

PENUTUP

A. KESIMPULAN

Dari penelitian yang dilakukan mengenai analisis hidrogeologi untuk rencana sistem penyaliran tambang di *pit 2* PT. Benal Aiti Bara Perkasa, dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Daerah tangkapan hujan atau *Catchment area* di *Pit 2* PT. Benal Aiti Bara Perkasa yang masuk ke dalam bukaan tambang memiliki luas sebesar 74,85 Hektar.
2. Curah hujan rencana yang dihasilkan pada PT. Benal Aiti Bara Perkasa, sebesar 148,701 mm/hari dengan periode ulang hujan 25 Tahun dan Intensitas curah hujan yang dihasilkan sebesar 65,867 mm/jam berdasarkan data curah hujan dari tahun 2010 hingga 2019.
3. Jumlah volume air limpasan yang masuk kedalam *sump* bintang *pit 2* penambangan PT. Benal Aiti Bara Perkasa, yaitu sebesar 29.308,398 m³/detik. Sedangkan jumlah volume air tanah yang masuk kedalam *sump* bintang *pit 2* penambangan PT. Benal Aiti Bara Perkasa yaitu sebesar 0,06 m³/detik. Sehingga volume total air yang masuk kedalam *sump* bintang adalah sebesar 29.308,458 m³/detik.
4. Head total pompa saat ini adalah sebesar 133,755 meter dengan daya pompa yang dibutuhkan sebesar 14.319,65 watt. Jumlah pompa yang dibutuhkan oleh PT. Benal Aiti Bara Perkasa untuk mengeluarkan air yang masuk ke *pit 2* pada tahun 2020 adalah sebanyak 3 unit merk Ebara Pump 125 x 100 FS JCA.

5. Dimensi Sump yang direncanakan pada Tahun 2020 yaitu dengan luas permukaan 416 m x 408 m, luas dasar 408 m x 400 m, kedalaman 7 m serta kapasitas tampung sebesar 1.165.248 m³.
6. Dimensi Saluran Terbuka/Open Channel Tahun 2020 terdapat 2 saluran terbuka berbentuk trapesium yaitu saluran terbuka I, dan II. Dimensi saluran terbuka I dan II sama karena berada dalam *Catchment area* yang sama dengan kemiringan dasar saluran (S) = 0,25 %, lebar dasar saluran (b) = 2,24 m, lebar permukaan (B) = 5,06 m, kedalaman saluran (d) = 1,948 m, kedalaman aliran (z) = 0,29 m, panjang sisi luar saluran (a) = 2,25 m, dengan debit yang dialirkan sebesar 12,93 m³/detik.

B. SARAN

Berdasarkan hasil penelitian dan pengamatan di lapangan maka penulis memberikan saran sebagai berikut :

1. Perlu adanya perencanaan sistem penyaliran tambang untuk kemajuan penambangan tahun-tahun berikutnya.
2. Dalam mengoperasikan pompa sebaiknya disesuaikan operating speed (RPM) pompa dengan head total yang diatasi, agar pompa bekerja pada titik efisiensi terbaik, hal tersebut berpengaruh terhadap umur pompa penggunaan fuel dan dll.
3. Perlu didirikan stasiun penakar hujan di pit 2 untuk mendapatkan analisis yang lebih baik.
4. Perlu adanya perawatan saluran terbuka dan kolam pengendap lumpur secara teratur sesuai dengan perencanaan penulis, agar saluran terbuka

dan kolam pengendap lumpur di PT. Benal Aiti Bara Perkasa dapat berfungsi dengan baik dan optimal.

5. Pada saat proses penggalian, sebaiknya memperhatikan kemiringan lantai bukaan tambang sehingga air dapat mengalir dengan baik menuju sump agar tidak terjadi genangan air pada lantai bukaan tambang.

DAFTAR PUSTAKA

- Budiarto & Putranto. 2015. Perencanaan Tambang. Surabaya: Institut Teknologi Adhi Tama Surabaya.
- Endriantho, M. & Ramli, M., 2013. Perencanaan Sistem Penyaliran Tambang Terbuka Batubara pada Pit Seam 11 Selatan PT. Kitadin Tandung Mayang. *Geosains*, 09(01), pp. 29-39.
- Gultom, R., Yusuf, M. & Abro, M. A., 2018. Evaluasi Kapasitas Pemompaan dalam Sistem Penyaliran pada Pit 1 Timur Penambangan Banko Barat PT. Bukit Asam (persero), tbk. Tanjung Enim, Sumatera Selatan. *JP*, 2(1), pp. 1-8.
- Sayoga., Gutama R. 1999. Diktat Kuliah Sistem Penyaliran Tambang. Bandung: Institut Teknologi Bandung.
- Haeruddin, Anshariah, Nurwaskito, A. & Munir, A. S., 2019. Kajian Sistem Penyaliran Tambang Batubara Bengalon Kabupaten Kutai Timur Provinsi Kalimantan Timur. *Geomine*, 7(1), pp. 1-7.
- Huissman., L. 1977. *Sedimentation and Flotation Mechanical Filtration*. Delft: Delft University of Technology.
- Husen, S., Yusuf, M. & HAK, A., 2018. Evaluasi Teknis Sistem Penyaliran Tambang pada Pit 3 Timur Banko Barat PT. Bukit Asam (persero), tbk. Unit Penambangan Tanjung Enim, Sumatra Selatan. *JP*, 2(2), pp. 63-69.
- Khusairi, A. R., Kasim, T. & Yunasril, 2016. Kajian Teknis Sistem Penyaliran Tambang pada Tambang Terbuka Batubara di PT. Nusa Alam Lestari, Kenagarian Sinamar, Kecamatan Asam Jujuhan, Kabupaten Dharmasraya. *Jurnal Bina Tambang*, 3(3), pp. 1202-1212.
- Krussman., G. P & Ridder., N. A. 1970. *Analysis and Evaluation of Pumping Test Data*. Wageningen: International Institut for Land Reclamation and Publishing Company.
- Loebis., J. 1987. Banjir Rencana Untuk Bangunan Air. Jakarta: Departemen Pekerjaan Umum. Badan Penerbit Pekerjaan Umum.
- Manning, J. C. 1987. *Applied Principles of Hydrology*. New York: Merill Publishing Company
- Mayor, D. S. N. C., Asof, H. M. & Mukiat, 2018. Perencanaan Penyaliran Tambang Batubara di Pit Serelo Utara PT. Bumi Merapi Energi Kabupaten Lahat. *JP*, 2(4), pp. 34-43.
- Nurhakim. 2004. Bahan Kuliah Teknik Pertambangan. Kotabaru: Program Studi Teknik Pertambangan Universitas Lambung Mangkurat.
- Putri, F. A. R., 2020. Kajian Teknis Sistem Penyaliran Tambang Batubara pada Tambang Terbuka di PT. X. *Jurnal IPTEK*, 24(1), pp. 59-66.