

**RANCANGAN TEKNIS SISTEM PENYALIRAN TAMBANG
PADA PENAMBANGAN BATUGAMPING DI UP. PARNO,
DESA KARANGASEM, KECAMATAN PONJONG,
KABUPATEN GUNUNGKIDUL,
DAERAH ISTIMEWA YOGYAKARTA**

SKRIPSI

Oleh :

**RADITYA MAHARDHIKA
112170130**



**PROGRAM SARJANA
PROGRAM STUDI TEKNIK PERTAMBANGAN
JURUSAN TEKNIK PERTAMBANGAN
FAKULTAS TEKNOLOGI MINERAL
UNIVERSITAS PEMBANGUNAN NASIONAL “VETERAN”
YOGYAKARTA
2022**

**RANCANGAN TEKNIS SISTEM PENYALIRAN TAMBANG
PADA PENAMBANGAN BATUGAMPING DI UP. PARNO,
DESA KARANGASEM, KECAMATAN PONJONG,
KABUPATEN GUNUNGKIDUL,
DAERAH ISTIMEWA YOGYAKARTA**

SKRIPSI

Disusun sebagai salah satu syarat memperoleh gelar Sarjana Teknik dari
Universitas Pembangunan Nasional “Veteran” Yogyakarta

Oleh :

**RADITYA MAHARDHIKA
112170130**



**PROGRAM SARJANA
PROGRAM STUDI TEKNIK PERTAMBANGAN
JURUSAN TEKNIK PERTAMBANGAN
FAKULTAS TEKNOLOGI MINERAL
UNIVERSITAS PEMBANGUNAN NASIONAL “VETERAN”
YOGYAKARTA
2022**

**RANCANGAN TEKNIS SISTEM PENYALIRAN TAMBANG
PADA PENAMBANGAN BATUGAMPING DI UP. PARNO,
DESA KARANGASEM, KECAMATAN PONJONG,
KABUPATEN GUNUNGKIDUL,
DAERAH ISTIMEWA YOGYAKARTA**

Oleh :

**RADITYA MAHARDHIKA
112170130**



Disetujui untuk

Program Sarjana

Program Studi Teknik Pertambangan

Jurusan Teknik Pertambangan

Fakultas Teknologi Mineral

Universitas Pembangunan Nasional "Veteran" Yogyakarta

Tanggal : 20/06/2022

Dosen Pembimbing I,



Ir. Hartono, MT

Dosen Pembimbing II,



Ir. Inmarlinianto, MT

Skripsi ini saya persembahkan kepada :

Mama, Bapak, Kakak dan Adik tercinta yang tak pernah berhenti mendoakan, memberi dukungan, dan telah mengorbankan segalanya untuk saya.

RINGKASAN

UP. Parno adalah salah satu perusahaan pertambangan batugamping yang beroperasi di Desa Karangasem, Kecamatan Ponjong, Kabupaten Gunungkidul. UP. Parno memiliki IUP dengan luas wilayah sebesar 5,7 Ha dengan menerapkan sistem penambangan terbuka (*surface mining*) dengan metode *quarry*.

Surface mining berdampak pada permukaan kerja yang dipengaruhi oleh iklim. Apabila hujan, maka air hujan yang jatuh dapat menggenang di area penambangan dan sekeliling bukaan tambang yang letaknya lebih rendah. Jika kemarau, maka tidak adanya air hujan yang masuk ke area penambangan. Hal tersebut melatarbelakangi perlunya rancangan sistem penyaliran tambang yang memadai agar air tambang tidak mengganggu kegiatan penambangan.

Debit air merupakan hal utama untuk menentukan rancangan sistem penyaliran tambang yang baik. Berdasarkan hasil perhitungan data curah hujan dari tahun 2011 hingga 2020, diketahui curah hujan rencana 101,70 mm/hari, intensitas curah hujan 43,77 mm/jam dengan periode ulang hujan lima tahun.

Pembuatan saluran terbuka bertujuan untuk mengalirkan air hujan yang masuk ke area penambangan dan mengalirkan air limpasan agar jalan tambang tidak menggenang. Saluran terbuka yang dirancang berdimensi $b = 1,50$ m; $B = 1,00$ m; $d = 0,60$ m; $h = 0,50$ m; $a = 0,60$ m. Gorong – gorong berfungsi untuk mengalirkan air dari saluran terbuka yang memotong jalan angkut. Gorong - gorong yang dibutuhkan terbuat dari permukaan semen halus, dengan diameter 0,35 m.

Air yang dialirkan oleh saluran terbuka akan menuju kolam pengendapan untuk dijernihkan terlebih dahulu sebelum dialirkan ke sungai sekitar area penambangan. Kolam pengendapan dirancang terdiri dari tiga (3) kompartmen dengan luas 264 m² dan volume 666 m³. Pembersihan (pengerukan) endapan di kolam pengendapan harus dilakukan setiap 10 bulan 13 hari sekali.

SUMMARY

UP. Parno is a limestone mining company operating in Karangasem Village, Ponjong District, Gunungkidul Regency. UP. Parno has an IUP with an area of 5.7 hectares by implementing an open mining system (surface mining) with the quarry method.

Surface mining impacts work surfaces that are affected by climate. When it rains, the falling rainwater can pool in the mining area and around the lower mining openings. If it is dry, then there is no rainwater entering the mining area. This is the background of the need for an adequate mine drainage system design so that mine water does not interfere with mining activities.

Water discharge is the main thing to determine a good mine drainage system design. Based on the results of the calculation of rainfall data from 2011 to 2020, it is known that the planned rainfall is 101.70 mm/day, the rainfall intensity is 43.77 mm/hour with a five-year return period of rain.

The purpose of making an open channel is to drain rainwater that enters the mining area and drain runoff so that the mine road does not stagnate. The designed open channel has dimensions of $b = 1.50$ m; $B = 1.00$ m; $d = 0.60$ m; $h = 0.50$ m; $a = 0.60$ m. Culverts function to drain water from open channels that cut off haul roads. The culverts required are made of smooth cement surface, with a diameter of 0.35 m.

The water flowed by the open channel will go to the settling pond to be purified first before flowing into the river around the mining area. The settling pond is designed to consist of three (3) compartments with an area of 264 m² each and a volume of 666 m³. Cleaning (dredging) of sediment in settling ponds must be carried out every 10 months 13 days.

KATA PENGANTAR

Puji syukur dipanjatkan kehadirat Tuhan Yang Maha Kuasa atas rahmat dan hidayah-Nya sehingga penyusunan Skripsi dengan judul Rancangan Teknis Sistem Penyaliran Tambang pada Penambangan Batugamping di UP. Parno, Desa Karangasem, Kecamatan Ponjong, Kabupaten Gunungkidul, Daerah Istimewa Yogyakarta ini dapat diselesaikan.

Skripsi ini disusun berdasarkan penelitian di UP. Parno, mulai 29 Maret 2021 sampai dengan 29 Mei 2021.

Atas selesainya penyusunan skripsi ini, diucapkan terimakasih kepada :

1. Bapak Prof. Dr. Mohamad Irhas Effendi, M.S, Rektor Universitas Pembangunan Nasional “Veteran” Yogyakarta
2. Bapak Dr. Ir. Sutarto, MT, Dekan Fakultas Teknologi Mineral UPN “Veteran” Yogyakarta
3. Bapak Dr. Ir. Eddy Winarno, S.Si, MT, Ketua Jurusan Teknik Pertambangan
4. Ibu Ir. Wawong Dwi Ratminah, MT, Koordinator Program Studi Sarjana Teknik Pertambangan
5. Bapak Ir. Hartono, MT, Dosen Pembimbing I
6. Bapak Ir. Inmarlinianto, MT, Dosen Pembimbing II
7. Bapak Ir. Suyono, MS, Dosen Pembahas I
8. Bapak Dr. Edy Nursanto, ST, MT, IPM Dosen Pembahas II
7. Semua pihak yang telah membantu dalam penyusunan skripsi.

Akhirnya, semoga Skripsi ini bermanfaat bagi perkembangan ilmu pada umumnya, dan khususnya ilmu pertambangan.

Yogyakarta, 14 April 2022

Penulis

(Raditya Mahardhika)

DAFTAR ISI

	Halaman
RINGKASAN	v
<i>SUMMARY</i>	vi
KATA PENGANTAR	vii
DAFTAR ISI.....	vii
DAFTAR GAMBAR	x
DAFTAR TABEL.....	xi
DAFTAR LAMPIRAN	xii
BAB	
I PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Rumusan Masalah	1
1.3. Tujuan Penelitian.....	1
1.4. Batasan Masalah.....	2
1.5. Metode Penelitian.....	2
1.6. Manfaat Penelitian.....	3
II TINJAUAN UMUM.....	5
2.1. Lokasi dan Kesampaian Daerah.....	5
2.2. Iklim dan Curah Hujan.....	7
2.3. Keadaan Geologi	7
2.4. Tahapan Penambangan.....	15
III DASAR TEORI.....	18
3.1. Siklus Hidrologi	18
3.2. Sistem Penyaliran Tambang.....	20
3.3. Faktor–Faktor Penting dalam Sistem Penyaliran Tambang.....	24
3.4. Saluran Terbuka	29
3.5. Kolam Pengendapan.....	32
IV HASIL PENELITIAN	37
4.1. Rencana Penambangan dan Kondisi Bukaan Tambang.....	37
4.2. Kondisi Iklim Daerah Penelitian	38
4.3. Parameter Rancangan Sistem Penyaliran Tambang.....	39

4.4.	Rancangan Sistem Penyaliran Tambang.....	40
V	PEMBAHASAN.....	44
5.1.	Penentuan Metode Sistem Penyaliran Tambang.....	44
5.2.	Debit Air Tambang.....	45
5.3.	Rancangan Saluran Terbuka dan Gorong-gorong.....	47
VI	KESIMPULAN DAN SARAN	50
6.1.	Kesimpulan.....	50
6.2.	Saran.....	51
	DAFTAR PUSTAKA	52
	LAMPIRAN	54

DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
1.1 Tahapan Penelitian.....	4
2.1 Peta Lokasi Daerah Penelitian	6
2.2 Grafik Curah Hujan Rata-Rata Bulanan Tahun 2011-2020	7
2.3 Zona Fisiografi Jawa dan Madura	8
2.4 Kondisi Fisiografi Kabupaten Gunungkidul.....	9
2.5 Stratigrafi Pegunungan Selatan.....	11
2.6 Kegiatan Pembongkaran Menggunakan <i>Hydraulic Rock Breaker</i>	16
2.7 Kegiatan Pemuatan Batugamping Menggunakan Alat Muat <i>Backhoe</i>	16
2.8 Kegiatan Pengangkutan Batugamping Menggunakan Alat Angkut <i>Dumptruck</i> ..	17
3.1 Siklus Hidrologi.....	19
3.2 Metode <i>Siemens</i>	21
3.3 Metode <i>Deep Well Pump</i>	21
3.4 Metode Pemotongan / Penggalian Air Tanah.....	22
3.5 Metode Elektro Osmosis.....	22
3.6 Metode <i>Small Pipe with Vacuum Pump</i>	23
3.7 Metode Kolam Terbuka (<i>Open Sump System</i>).....	23
3.8 Metode Paritan.....	24
3.9 Penampang Saluran terbuka Bentuk Empat Persegi Panjang.....	30
3.10 Penampang Saluran terbuka Bentuk Segitiga.....	30
3.11 Penampang Saluran terbuka Bentuk Trapesium.....	31
3.12 Zona-zona pada Kolam Pengendapan	34
4.1 Dimensi Saluran Terbuka Hasil Rancangan	41
4.2 Dimensi Kolam Pengendapan Hasil Rancangan Tampak Atas	42

DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
3.1 Periode Ulang Hujan Recana (Sayoga, 1990)	26
3.2 Keadaan Curah Hujan dan Intensitas Curah Hujan (Suyono S. dan Takeda K., 2003)	27
3.3 Nilai Koefisien Limpasan (Suyono, 2004)	29
3.4 Harga Koefisien Kekasaran Dinding Saluran Terbuka	32
5.1 Hasil Pengujian Kualitas Air	47

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran	Halaman
A DATA CURAH HUJAN TAHUN 2011-2020.....	55
B PEERHITUNGAN CURAH HUJAN RENCANA	65
C PERRHITUNGAN INTENSITAS CURAH HUJAN	71
D PENENTUAN NILAI KOEFISIEN LIMPASAN	72
E PETA ARAH ALIRAN DAN DAERAH TANGKAPAN HUJAN.....	74
F PERHITUNGAN DEBIT AIR LIMPASAN.....	76
G PERHITUNGAN SALURAN TERBUKA	78
H SPESIFIKASI ALAT GALI.....	83
I PERHITUNGAN KECEPATAN PENGENDAPAN PARTIKEL	85
J PETA <i>LAYOUT</i> RANCANGAN SISTEM PENYALIRAN TAMBANG	90

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Usaha Pertambangan Parno merupakan salah satu perusahaan penambangan batugamping yang beroperasi di wilayah Desa Karangasem, Kecamatan Ponjong, Kabupaten Gunungkidul, Daerah Istimewa Yogyakarta. UP. Parno mempunyai IUP dengan luas wilayah 5,7 Ha. Sistem Penambangan yang diterapkan oleh UP. Parno adalah tambang terbuka (*surface mining*) dengan metode *Quarry*. Sistem tambang terbuka sangat dipengaruhi oleh cuaca setempat, terutama air hujan yang masuk ke bukaan tambang berpotensi mengganggu aktifitas penambangan dan mobilitas peralatan tambang. Kondisi ini mengakibatkan permukaan kerja dipengaruhi oleh iklim, artinya pada saat hujan maka air hujan yang jatuh dapat menggenangi di area penambangan dan mengalir ke jalan tambang serta ke sekeliling bukaan tambang yang letaknya lebih rendah. Pada musim hujan kondisi jalan dan lantai jenjang penambangan pada beberapa titik tergenangi air. Hal ini disebabkan oleh air hujan dan air limpasan yang masuk kedalam front penambangan tidak teralirkan dengan baik oleh karena itu, air yang menggenangi suatu daerah tambang harus segera di alirkan keluar dari daerah tersebut melalui saluran terbuka dan kolam pengendapan menuju keluar daerah tambang sehingga tidak mengganggu kegiatan penambangan.

1.2. Rumusan Masalah

Adapun masalah yang ada di daerah penelitian adalah sebagai berikut:

1. Belum adanya perhitungan debit air tambang pada Usaha Pertambangan Parno.
2. Belum adanya rancangan saluran terbuka dan gorong-gorong.
3. Belum adanya rancangan kolam pengendapan.

1.3. Tujuan Penelitiann

Adapun tujuan penelitian ini, yaitu:

1. Menghitung debit air yang masuk ke area tambang meliputi area penambangan dan jalan tambang.
2. Merancang saluran terbuka dan gorong-gorong.
3. Merancang kolam pengendapan dan menghitung waktu pengerukan endapan padatan.

1.4. Batasan Masalah

Adapun batasan masalah pada penelitian ini, yaitu:

1. Menggunakan data curah hujan selama 10 tahun terakhir (tahun 2011-2020).
2. Parameter air tanah tidak diperhitungkan dalam rancangan teknis sistem penyaliran tambang karena tidak terjadi rembesan air pada lereng penambangan maupun pada *front* penambangan.

1.5. Metode Penelitian

Penelitian ini dilakukan menggunakan dua metode penelitian yaitu penelitian langsung dilapangan (*primer*) dan penelitian tidak langsung dengan pencarian, pengumpulan dan pengolahan data yang bertujuan untuk memperoleh hasil yang diinginkan (*sekunder*). Tahapan penelitian yang dilakukan adalah sebagai berikut:

1. Studi Literatur

Mencari dan mempelajari teori-teori yang berhubungan dengan masalah yang akan dibahas dilapangan melalui buku ataupun literatur-literatur. Selain itu juga dapat mempelajari penelitian yang pernah dilakukan sebelumnya, yang berupa skripsi dan laporan perusahaan.

2. Penelitian di Lapangan

Melakukan pengamatan secara menyeluruh dengan cara mengunjungi tempat yang berada di sekitar UP. Parno seperti, mengamati lokasi kegiatan penambangan, topografi daerah penelitian, kondisi di sekitar daerah penambangan, sistem penambangan yang digunakan. Hal ini dimaksudkan untuk memperoleh keakuratan data yang akan digunakan dalam penyusunan laporan penelitian.

3. Pengambilan Data

Data yang diambil berupa data *primer* dan data *sekunder*. Data *primer* yaitu data yang diambil langsung dari pengukuran atau pengamatan dilapangan, seperti gambar lokasi dan kondisi topografi lokasi. Data *sekunder* adalah data yang diambil dari literatur atau laporan perusahaan, seperti profil perusahaan, data curah hujan

dari Dinas Pertanian dan Pangan Daerah Gunungkidul tahun 2011-2020, nilai *total suspended solid* (tss), peta topografi dan layout tambang, peta kesampaian daerah dari perusahaan.

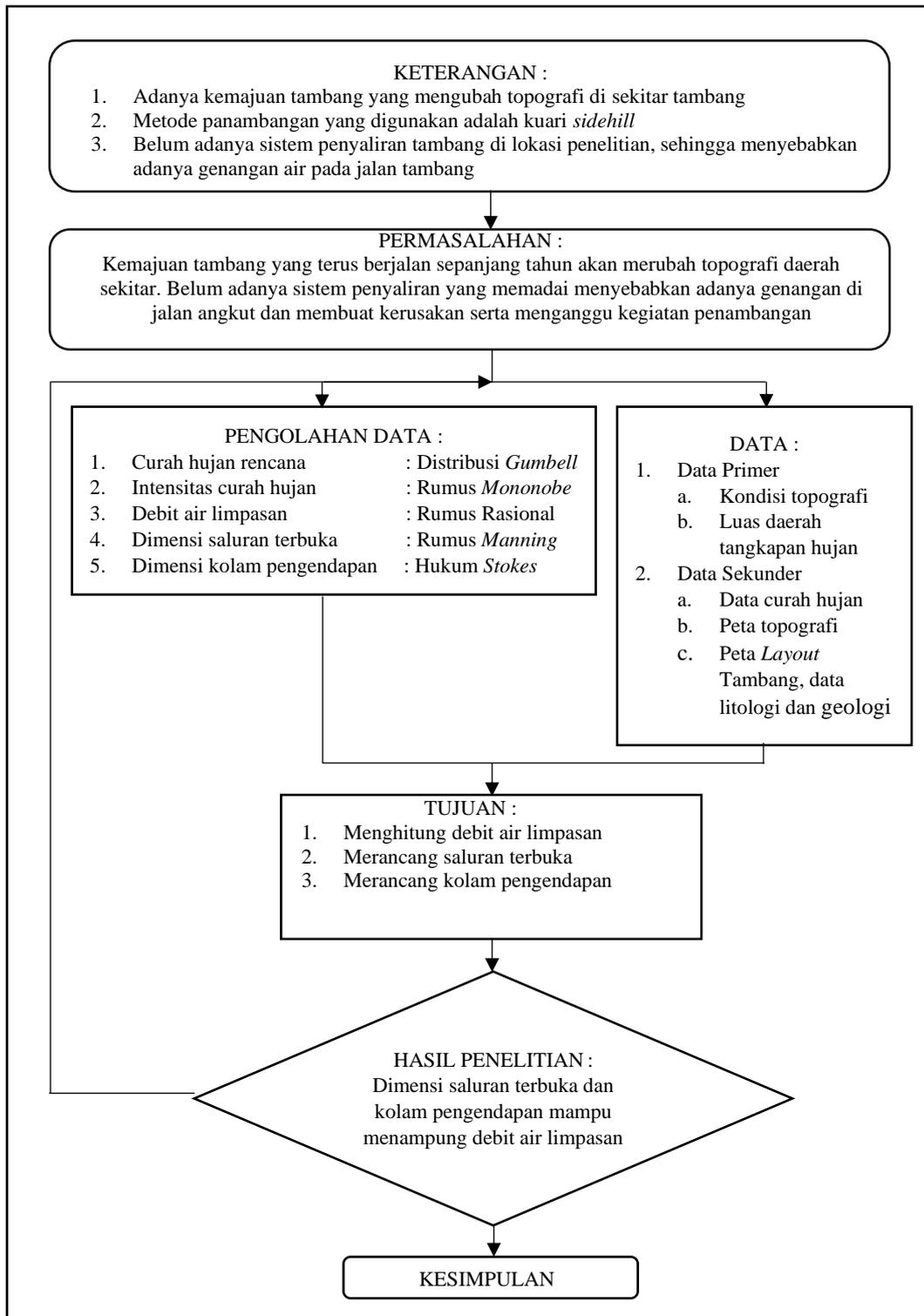
4. Pengolahan Data

Setelah semua data terkumpul maka dilakukan pengolahan data. Pengolahan data yang dilakukan meliputi perhitungan curah hujan rencana menggunakan distribusi *Gumbell*, perhitungan intensitas hujan menggunakan rumus *Mononobe*, penentuan dan perhitungan luas daerah tangkapan hujan, penentuan koefisien limpasan, perhitungan debit air limpasan menggunakan rumus rasional, perhitungan dimensi saluran terbuka menggunakan rumus *Manning*, penentuan volume cerukan/*sump*, serta rancangan kolam pengendapan.

Berdasarkan penjelasan di atas, tahapan penelitian secara ringkas dapat dilihat pada gambar 1.1.

1.6. Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian ini adalah sebagai bahan referensi bagi penelitian dengan topik yang sama mengenai rancangan sistem penyaliran tambang dan menjadi bahan pertimbangan serta masukan kepada UP. Parno dalam merancang sistem penyaliran tambang pada rencana kemajuan penambangan batugamping.



Gambar 1.1
Tahapan Kegiatan Penelitian

BAB II

TINJAUAN UMUM

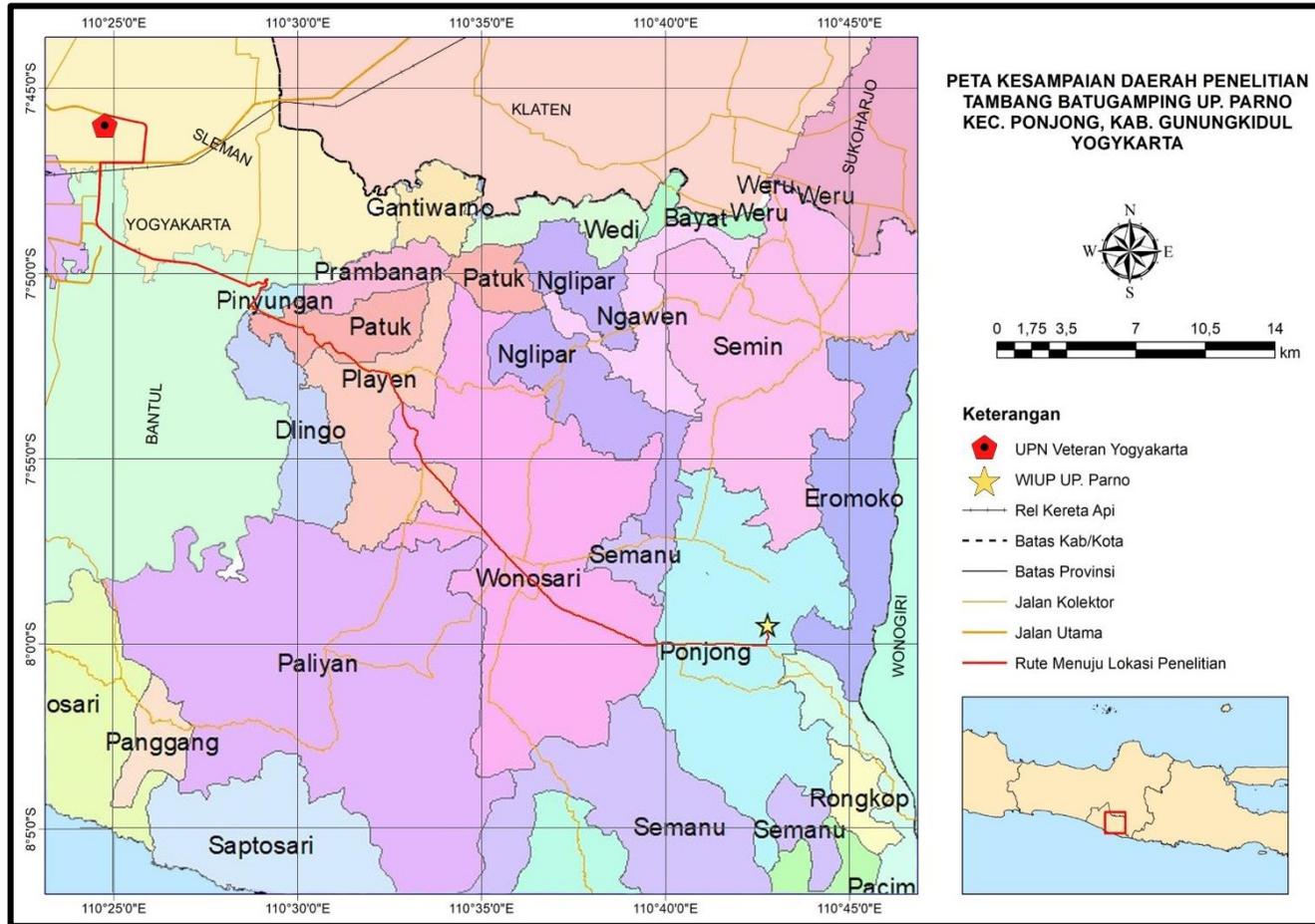
2.1 Lokasi dan Kesampaian Daerah

Lokasi penambangan UP. Parno terletak di Desa Karangasem, Kecamatan Ponjong, Kabupaten Gunungkidul, Daerah Istimewa Yogyakarta. Izin Usaha Pertambangan Parno diperoleh berdasarkan Surat Keputusan Kantor Pelayanan Perizinan Satu Pintu Daerah Istimewa Yogyakarta Nomor 545/2549/KP2TSP/2017 tentang Persetujuan Izin Usaha Pertambangan Operasi Produksi mineral bukan logam dan batuan komoditas batugamping atas nama Parno tertanggal 8 Juni 2017. Secara astronomis lokasi penambangan berada pada $8^{\circ} 0' 37,5''$ LS - $8^{\circ} 0' 50,5''$ LS dan $110^{\circ} 44' 49,8''$ BT - $110^{\circ} 44' 55,6''$ BT.

Akses menuju lokasi penambangan dapat ditempuh melalui jalur darat dari kampus UPN “Veteran” Yogyakarta yang terletak di Jalan Lingkar Utara No.104, Ngropoh, Condongcatur, Kecamatan Depok, Kabupaten Sleman, Daerah Istimewa Yogyakarta kurang lebih 98 menit menggunakan kendaraan roda dua maupun kendaraan roda empat sejauh ± 59 km. Perjalanan dapat dimulai dengan rute Jogja – Wonosari, setelah melewati Wonosari kemudian menuju ke Desa Karangasem, perjalanan menuju Desa Karangasem melalui jalan Semanu – Pracimantoro sekitar ± 20 km. Izin usaha pertambangan (IUP) komoditas batugamping di lokasi penelitian memiliki batas-batas wilayah sebagai berikut::

1. Batas Utara berbatasan dengan Kecamatan Semin.
2. Batas Timur berbatasan dengan Kecamatan Eromoko dan Pacimontoro.
3. Batas Selatan berbatasan dengan Kecamatan Semanu.
4. Batas Barat berbatasan dengan Kecamatan Wonosari.

UP. Parno memiliki IUP dengan luas wilayah 5,7 Ha. Adapun peta lokasi daerah penelitian dapat dilihat pada Gambar 2.1.

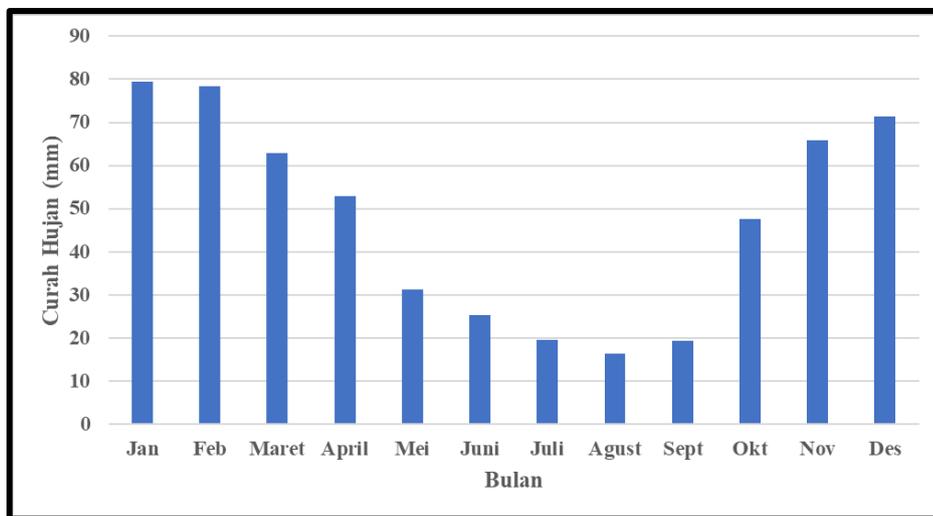


Sumber: Shapefile Nasional Badan Informasi Geospasial, 2018

Gambar 2.1
Peta Lokasi Daerah Penelitian

2.2 Iklim dan Curah Hujan

Lokasi UP. Parno terletak di daerah beriklim tropis yang mempunyai dua musim setiap tahunnya yaitu musim kemarau dan musim penghujan. dengan suhu rata-rata berkisar antara 24°C sampai 32°C. Data curah hujan daerah penelitian diperoleh dari Dinas Pertanian dan Pangan Kabupaten Gunungkidul, Daerah Istimewa Yogyakarta pada tahun 2011 - 2020 (lihat Lampiran A). Berdasarkan data nilai curah hujan rata-rata bulanan minimum yaitu sebesar 16,3 mm/bulan yaitu pada bulan agustus dan nilai curah hujan bulanan rata-rata maksimum yaitu sebesar 79,4 mm/bulan yaitu pada bulan Januari. Grafik curah hujan dapat dilihat pada (gambar 2.2).



Sumber : Dinas Pertanian dan Pangan Kab, Gunungkidul, D.I.Y

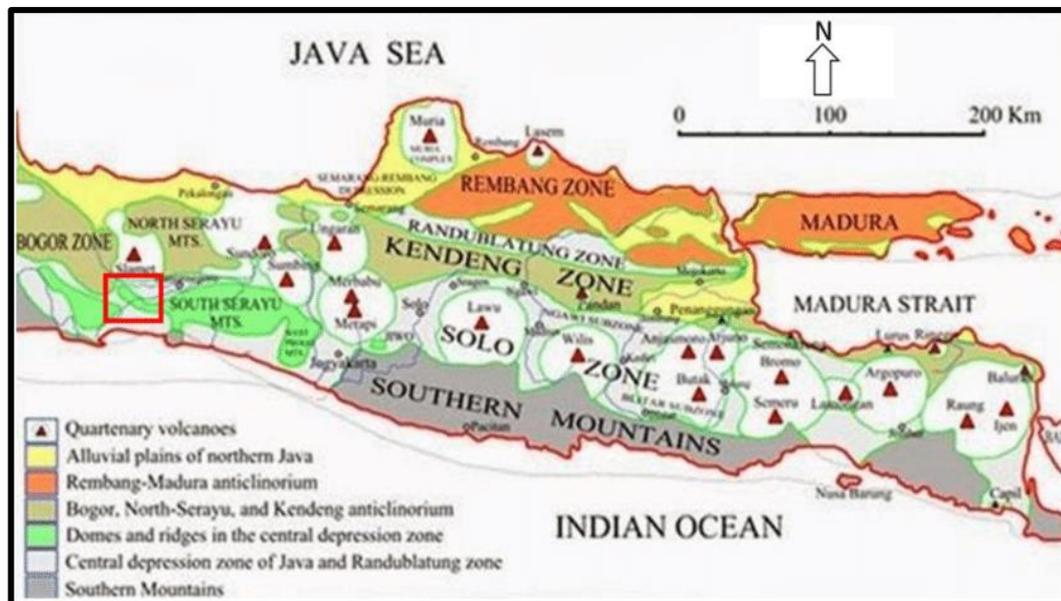
Gambar 2.2
Grafik Curah Hujan Bulanan Rata-Rata Tahun 2011-2020

2.3 Keadaan Geologi

Batuan penyusun terdiri dari batugamping kristalin dan batu keprus. Batugamping kristalin merupakan batuan yang dominan yang dapat ditemukan di seluruh daerah Ponjong, berwarna kecoklatan, abu-abu, keras, kompak dan memiliki permukaan kasar. Keprus merupakan batugamping non klastik yang secara megaskopis berwarna putih sampai kekuningan. Bahan galian batugamping di Desa Karangasem tertutup secara tidak merata dibeberapa tempat oleh lapisan tanah penutup dengan ketebalan 15-50 cm. Lapisan penutup yang tebal pada umumnya berada pada bagian yang relatif rendah sedangkan lapisan yang tipis menempati bagian yang relatif agak tinggi.

2.3.1 Fisiografi

Menurut R.W. van Bemmelen, Jawa Tengah terbagi menjadi enam zona fisiografi dimana daerah penelitian termasuk kedalam Zona Pegunungan Selatan Jawa. Zona Pegunungan Selatan Jawa adalah daerah pegunungan yang dimulai dari bagian Tenggara provinsi Daerah Istimewa Yogyakarta, memanjang ke arah Timur sepanjang pantai Selatan Jawa Timur. Relief dari zona ini secara umum dapat dibedakan menjadi dua yaitu relief yang kasar di sisi Timur, dan yang cenderung lebih halus di sisi Barat. Pembentukannya terjadi karena adanya evolusi tektonik yang terjadi di Pulau Jawa pada zaman Kapur hingga sekarang. Adapun daerah zona fisiografi menurut R. W. van Bemmelen (1948) dapat dilihat pada Gambar 2.3.



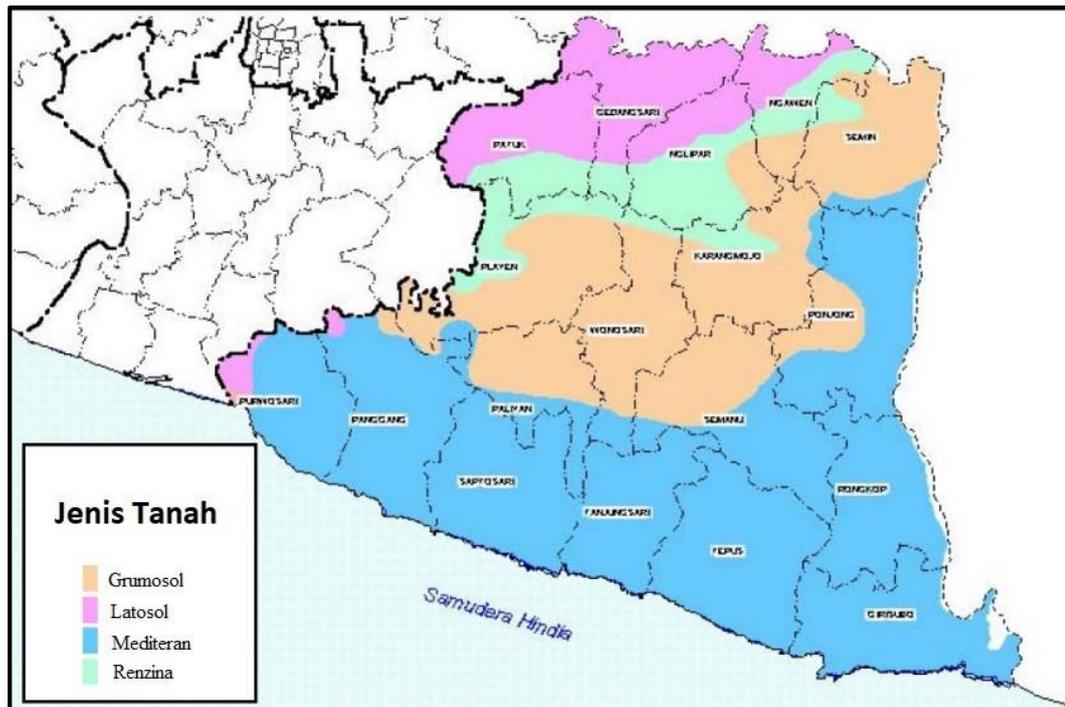
Sumber: Van Bemmelen, 1948

Gambar 2.3
Zona Fisiografi Jawa dan Madura

Daerah penelitian merupakan daerah perbukitan dimana terdapat batugamping yang akan ditambang. Sebagian besar bukit yang terdapat di lokasi sekitar penambangan mempunyai bentuk kerucut dengan ketinggian antara 420 – 460 mdpl.

Vegetasi di daerah penelitian didominasi oleh tanaman palawija dan rumput gajah yang dapat tumbuh dengan intensitas tanah yang sedikit dan didaerah yang relatif kering. Jenis tanah pada daerah penelitian adalah tanah mediteran yang merupakan hasil dari pelapukan batugamping. Jenis tanah mediteran merupakan jenis tanah yang umumnya memiliki solum yang dalam, reaksi tanahnya asam

lemah sampai netral, sehingga membuat tanah ini bukan merupakan tanah yang sangat subur. Warna tanah ini berkisar antara merah sampai kecoklatan. Tebal tanah pucuk di daerah penelitian sangat kecil yang berkisar antara 0,25 sampai 1 meter karena pengaruh topografi yang menyebabkan tingkat erosi yang tinggi. Adapun kondisi fisiografi menurut Data Pokok Provinsi Daerah Istimewa Yogyakarta dapat dilihat pada Gambar 2.4.



Sumber: Data Pokok Prop. DIY, Bappeda DIY, 2021

Gambar 2.4
Kondisi Fisiografi Kabupaten Gunungkidul

2.3.2 Stratigrafi

Stratigrafi batuan di daerah penelitian dapat dibedakan menjadi dua macam satuan batuan, yaitu satuan batugamping keras (klastik dan kristalin) dan satuan batugamping lunak (bioklastik). Satuan batuan ini diperkirakan termasuk dalam Subzona Wonosari atau formasi Oyo - Wonosari. yang berumur Miosen Tengah-Miosen Akhir. Subzona Wonosari merupakan dataran tinggi (± 190 m) yang terletak di bagian tengah Zona Pegunungan Selatan, yaitu di daerah Wonosari dan sekitarnya. Dataran ini dibatasi oleh Subzona Baturagung di sebelah Barat dan Utara, sedangkan di sebelah Selatan dan Timur berbatasan dengan Subzona Gunung Sewu. Aliran sungai utama di daerah ini adalah K. Oyo yang mengalir ke Barat dan menyatu dengan K. Opak (Surono, 2008).

Endapan permukaan di daerah ini adalah lempung hitam dan endapan danau purba, sedangkan batuan dasarnya adalah batugamping. Subzona Gunung Sewu merupakan perbukitan dengan bentang alam karts, yaitu bentang alam dengan bukit-bukit batugamping membentuk banyak kerucut dengan ketinggian beberapa puluh meter. Di antara bukit-bukit ini dijumpai telaga, luweng (*sink holes*) dan di bawah permukaan terdapat gua batugamping serta aliran sungai bawah tanah. Bentang alam karts ini membentang dari pantai Parangtritis di bagian Barat hingga Pacitan di sebelah Timur. Diantara Parangtritis dan Pacitan merupakan tipe karts (kapur) yang disebut Pegunungan Seribu atau Gunung Sewu, dengan luas kurang lebih 1400 km², sedangkan antara Pacitan dan Popoh selain tersusun oleh batugamping (*limestone*) juga tersusun oleh batuan hasil aktifitas vulkanis berkomposisi asam-basa antara lain granit, andesit dan dasit (Van Bemmelen, 1949). Stratigrafi pada daerah penelitian dapat dilihat pada Gambar 2.5.

1. Batugamping klastik

Batugamping ini merupakan batugamping keras, mempunyai penyebaran yang paling luas membentuk bukit-bukit kecil yang tidak beraturan dan permukaannya kasar. Batugamping ini merupakan batugamping yang terendapkan secara sekunder dengan ciri kenampakan berlapis-lapis. Tebal setiap lapisan berkisar antara beberapa sentimeter hingga puluhan meter sehingga sekilas tampak seperti berstruktur pejal atau tidak berlapis. Di dalam suatu kompleks terumbu, kemungkinan terdapat batugamping non-klastik yang tersingkap bersama-sama dengan batugamping klastik.

2. Batugamping Kristalin

Batugamping jenis ini terbentuk dari hasil rekristalisasi batugamping klastik, batugamping terumbu, atau batugamping afanitik, dan tidak terbentuk secara langsung dari pengendapan. Proses pembentukan batugamping kristalin terjadi pada saat diagenesis yang disebut neomorphisme.

3. Batugamping Bioklastik

Batugamping bioklastik merupakan batugamping lunak. Batugamping ini terdiri dari batugamping nonklastik yang membentuk bukit-bukit kecil dengan permukaan yang relatif halus. Batugamping lunak secara umum terdapat di bagian bawah batugamping kristalin. Batugamping ini merupakan batugamping bioklastik

yang secara megaskopis berwarna putih sampai kekuningan, terdiri dari cangkang-cangkang fosil moluska, koral, dan foraminifera, berbutir sedang, porus dan lunak.

KALA	ZONASI BLOW (1969)	PENELITI			
		BOTHE (1929)	VAN BEMMELEN (1949)	SUMARSO-ISMOYOWATI (1975)	SURONO, dkk. (1992)
HOLOSEN	N.23			Endapan Vulkanik Muda dan Aluvium	
PLISTOSEN	N.22				
PLIOSEN	N.21				
	N.20				
	N.19				
MIOSEN	N.18				
	N.17				
	N.16				
	N.15	Kepek	Wonosari		Kepek
	N.14				
	N.13		Sambipitu	Wonosari	Wonosari
	N.12	Wonosari	Nglanggran		Oyo
	N.11		Semilir		
	N.10		Kebo Butak		
	N.9	Oyo			Sambipitu
MIOSEN AWAL	N.8				
	N.7			Semilir	
	N.6	Sambipitu			Semilir
	N.5	Nglanggran			Nglanggran
	N.4				
OLIGOSEN AKHIR	N.3 (P.22)	Semilir		Kebo Butak	Kebo Butak
	N.2 (P.21)	Kebo Butak			
	N.1 (P.20)				
OLIGOSEN TENGAH	P.19				
	P.18				
EOSEN	P.16			Gamping	
	P.15	Wungkal Gamping			Wungkal Gamping
	P.14				
	P.13			Wungkal	

Sumber: Peta Geologi Lembar Surakarta-Giritontro, 1992

Gambar 2.5
Stratigrafi Pegunungan Selatan

Urutan stratigrafi penyusun Pegunungan Selatan adalah :

1. Formasi Kebo – Butak

Formasi ini secara umum terdiri-dari konglomerat, batupasir, dan batulempung yang menunjukkan kenampakan pengendapan arus turbid maupun pengendapan gaya berat yang lain. Di bagian bawah oleh Bothe disebut sebagai anggota Kebo (Kebo beds) yang tersusun antara batupasir, batulanau, dan batulempung yang khas

menunjukkan struktur turbidit dengan perselingan batupasir konglomeratan yang mengandung klastika lempung. Bagian bawah anggota ini diterobos oleh *sill* batuan beku. Bagian atas dari formasi ini termasuk anggota Butak yang tersusun oleh perulangan batupasir konglomeratan yang bergradasi menjadi lempung atau lanau. Ketebalan rata-rata formasi ini kurang lebih 800 meter. Urutan yang membentuk Formasi Kebo – Butak ini ditafsirkan terbentuk pada lingkungan lower submarine fan dengan beberapa interupsi pengendapan tipe mid fan yang terbentuk pada Oligosen Akhir (Surono, 2008).

2. Formasi Semilir

Secara umum formasi ini tersusun oleh batupasir dan batulanau yang bersifat tufan, ringan, dan kadang-kadang diselingi oleh selaan breksi vulkanik. Fragmen yang menyusun breksi maupun batupasir biasanya berupa batupasir yang bersifat asam. Di lapangan biasanya dijumpai perlapisan yang begitu baik, dan struktur yang mencirikan turbidit banyak dijumpai. Langkanya kandungan fosil pada formasi ini menunjukkan bahwa pengendapan berlangsung secara cepat atau berada pada daerah yang sangat dalam, berada pada daerah ambang kompensasi karbonat (CCD), sehingga fosil gampingan sudah mengalami korosi sebelum mencapai dasar pengendapan. Umur dari formasi ini diduga adalah pada Miosen Awal (N4) berdasar pada keterdapatannya *Globigerinoides primordius* pada daerah yang bersifat lempungan dari formasi ini, yaitu di dekat Piyungan. Formasi Semilir ini menumpang secara selaras di atas anggota Butak dari Formasi Kebo – Butak. Formasi ini tersingkap secara baik di wilayahnya, yaitu di tebing gawir Baturagung di bawah puncak Semilir. (Surono, 2008).

3. Formasi Nglanggeran

Formasi ini berbeda dengan formasi-formasi sebelumnya, yang dicirikan oleh penyusun utamanya berupa breksi dengan penyusun material vulkanik, tidak menunjukkan perlapisan yang baik dengan ketebalan yang cukup besar, bagian yang terkasar dari breksinya hampir seluruhnya tersusun oleh bongkah-bongkah lava andesit, sebagian besar telah mengalami breksiasi. Formasi ini ditafsirkan sebagai pengendapan dari aliran rombakan yang berasal dari gunungapi bawah laut, dalam lingkungan laut, dan proses pengendapan berjalan cepat, yaitu hanya selama Miosen Awal (N4).

Singkapan utama dari formasi ini adalah di Gunung Nglanggeran pada Perbukitan Baturagung. Kontaknya dengan Formasi Semilir di bawahnya merupakan kontak yang tajam. Hal inilah yang menyebabkan mengapa Formasi Nglanggeran dianggap tidak searas di atas Formasi Semilir. Namun perlu diingat bahwa kontak yang tajam itu bisa terjadi karena perbedaan mekanisme pengendapan dari energi sedang atau rendah menjadi energi tinggi tanpa harus melewati kurun waktu geologi yang cukup lama. Kondisi ini sangat biasa dalam proses pengendapan akibat gaya berat. Van Gorsel (1987) menganggap bahwa pengendapannya diibaratkan proses runtuhnya gunungapi seperti Krakatau yang berada di lingkungan laut. Ke arah atas, yaitu ke arah Formasi Sambipitu, Formasi Nglanggeran berubah secara bergradasi, seperti yang terlihat pada singkapan di Sungai Putat. Lokasi yang diamati oleh EGR tahun 2002 berada pada sisi lain Sungai Putat dimana kontak kedua formasi ini ditunjukkan oleh kontak struktural.

4. Formasi Sambipitu

Di atas Formasi Nglanggeran kembali terdapat formasi batuan yang menunjukkan ciri-ciri turbidit, yaitu Formasi Sambipitu. Formasi ini tersusun oleh batupasir yang bergradasi menjadi batulanau atau batulempung. Di bagian bawah, batupasirnya masih menunjukkan sifat volkanik, sedang ke arah atas sifat volkanik ini berubah menjadi batupasir yang bersifat gampingan. Kondisi batupasir gampingan ini sering dijumpai fragmen dari koral dan foraminifera besar yang berasal dari lingkungan terumbu laut dangkal yang terseret masuk dalam lingkungan yang lebih dalam akibat arus turbid. Ke arah atas, Formasi Sambipitu berubah secara gradasional menjadi Formasi Wonosari seperti singkapan yang terdapat di Sungai Widoro di dekat Bunder. Formasi Sambipitu terbentuk selama zaman Miosen, yaitu kira-kira antara N4 – N8 atau NN2 – NN5.

5. Formasi Oyo – Wonosari

Selaras di atas Formasi Sambipitu terdapat Formasi Oyo – Wonosari. Formasi ini terutama terdiri dari batugamping dan napal. Penyebarannya meluas hampir setengah bagian dari Pegunungan Selatan memanjang ke timur, membelok ke arah utara di sebelah Perbukitan Pangung hingga mencapai bagian barat dari daerah depresi Wonogiri – Baturetno. Bagian terbawah dari Formasi Oyo – Wonosari terutama tersusun dari batugamping berlapis yang menunjukkan gejala turbidit

karbonat yang terendapkan pada kondisi laut yang lebih dalam, seperti yang terlihat pada singkapan di daerah di dekat muara Sungai Widoro masuk ke Sungai Oyo. Pada kondisi langsung di lapangan batugamping ini terlihat sebagai batugamping berlapis, menunjukkan sortasi butir dan pada bagian yang halus banyak dijumpai fosil jejak tipe burial yang terdapat pada bidang permukaan perlapisan ataupun memotong sejajar perlapisan. Batugamping kelompok ini disebut sebagai anggota Oyo dari Formasi Wonosari. Ke arah lebih muda, anggota Oyo ini bergradasi menjadi dua fasies yang berbeda. Di daerah Wonosari, semakin ke selatan batugamping semakin berubah menjadi batugamping terumbu yang berupa rudstone, framestone, floatstone, bersifat lebih keras dan dinamakan sebagai anggota Wonosari dari Formasi Oyo – Wonosari, sedangkan di barat daya Kota Wonosari batugamping terumbu ini berubah menjadi batugamping berlapis yang bergradasi menjadi napal yang disebut sebagai anggota Kepek dari Formasi Wonosari. Anggota Kepek ini juga tersingkap di bagian timur, yaitu di daerah depresi Wonogiri – Baturetno, di bawah endapan kuarter seperti yang terdapat di daerah Eromoko. Secara keseluruhan, formasi ini terbentuk selama Miosen Akhir.

2.3.3 Struktur Geologi di Daerah Penelitian.

Pada pertengahan kala Pleistosen, cekungan pengendapan Pegunungan Selatan mengalami pengangkatan membentuk geantiklin Jawa. Selama pengangkatan Perbukitan Jiwo, zona sumbu geantiklin terpatahkan. Patahan yang terjadi berupa sesar normal, dengan blok bagian utara dari geantiklin meluncur normal dengan kemiringan ke arah Utara yang terletak di antara Perbukitan Jiwo dan Pegunungan Selatan. Gawir batugamping merupakan gawir yang terbentuk oleh sesar normal ini. Sayap selatan dari geantiklin yang tetap dalam keadaan semula, terpatahkan oleh beberapa patahan tangga dan membentuk blok-blok patahan antitetik yaitu patahan dengan kemiringan yang berlawanan. Patahan-patahan yang terbentuk kadangkala berkembang menjadi pelengseran di atas sedimen-sedimen lunak neogen yang terdapat dekat permukaan. Pada kala Pleistosen atas, terjadi pelengseran suatu blok lain dari sayap selatan geantiklin yang merupakan batuan dasar (*basement*) dari cekungan Wonosari. Blok ini bergerak ke arah utara dan menekan sisi utara dari Pegunungan Selatan, berubah menjadi antiklin bersayap satu dengan perlapisan batuan relatif miring ke arah

selatan serta mengakibatkan terbentuknya patahan mendatar bersedimen relatif kecil yang merupakan perkembangan dari kekar-kekar akibat gaya tektonik.

2.4 Kegiatan Penambangan

Kegiatan penambangan batugamping di UP. Parno menerapkan sistem tambang terbuka (kuari), yaitu penggalian seluruh bukit dengan membuat lereng bukit dari atas ke bawah. Sebelum dilakukan kegiatan penambangan terlebih dahulu dilakukan kegiatan persiapan penambangan yaitu pembersihan lahan dan pengupasan serta pemindahan lapisan tanah penutup.

2.4.1 Pembersihan Lahan

Pembersihan lahan dimaksudkan untuk mempersiapkan operasi penambangan pada kuari batugamping agar dapat berjalan dengan lancar. Kegiatan pembersihan lahan dilakukan untuk membersihkan area penambangan dari pepohonan, semak-semak, dan tumbuhan yang berada di atas area penambangan, sehingga akan memudahkan kegiatan penambangan selanjutnya yaitu kegiatan pengupasan lapisan tanah penutup. Alat yang digunakan untuk pembersihan lahan adalah *bulldozer*.

2.4.2 Pengupasan Lapisan Tanah Penutup

Pengupasan lapisan tanah penutup dimaksudkan untuk membersihkan endapan batugamping yang akan digali dari segala macam pengotor yang menutupi permukaannya sehingga akan mempermudah pekerjaan penambangan. Lapisan tanah penutup yang dikupas akan ditimbun di suatu tempat sehingga nantinya dapat dimanfaatkan dalam pelaksanaan reklamasi.

Adapun kegiatan penambangan yang dilakukan oleh UP. Parno adalah sebagai berikut:

2.4.3 Pembongkaran

Kegiatan pembongkaran pada rangkaian aktivitas penambangan bertujuan untuk memberai atau melepaskan batuan dari batuan aslinya sehingga dapat dimanfaatkan sesuai kebutuhan yang diinginkan. Usaha Pertambangan Parno melakukan pembongkaran pada material dengan menggunakan alat mekanis *hydraulic rock breaker*. Kegiatan pembongkaran batugamping dapat dilihat pada Gambar 2.6.



Gambar 2.6

Kegiatan Pembongkaran Batugamping menggunakan *Hydraulic Rock Breaker*

2.4.4 Pemuatan

Pemuatan (*loading*) adalah kegiatan yang dilakukan untuk mengisikan bahan galian batugamping hasil pembongkaran ke dalam alat angkut. Kegiatan pemuatan ini dilakukan dengan menggunakan alat muat *Backhoe* dan diisikan ke dalam alat angkut *Dumptruck*. Kegiatan pemuatan batugamping dapat dilihat pada Gambar 2.7.



Gambar 2.7

Kegiatan Pemuatan Batugamping Menggunakan Alat Muat *Backhoe*

2.4.5 Pengangkutan

Kegiatan pengangkutan bertujuan untuk memindahkan batugamping hasil pembongkaran dari lokasi penambangan ke lokasi unit peremuk batugamping atau langsung dipasarkan. Alat angkut yang digunakan adalah *Dumptruck*. *Dumptruck* kemudian dipasarkan menuju perusahaan PT. *Supersonic Chemical Industry*, yang

berjarak 16,2 km dari perusahaan UP. Parno. Kegiatan pengangkutan dapat dilihat pada Gambar 2.8.



Gambar 2.8

Kegiatan Pengangkutan Batugamping Menggunakan Alat Angkut *Dumptruck*

BAB III

DASAR TEORI

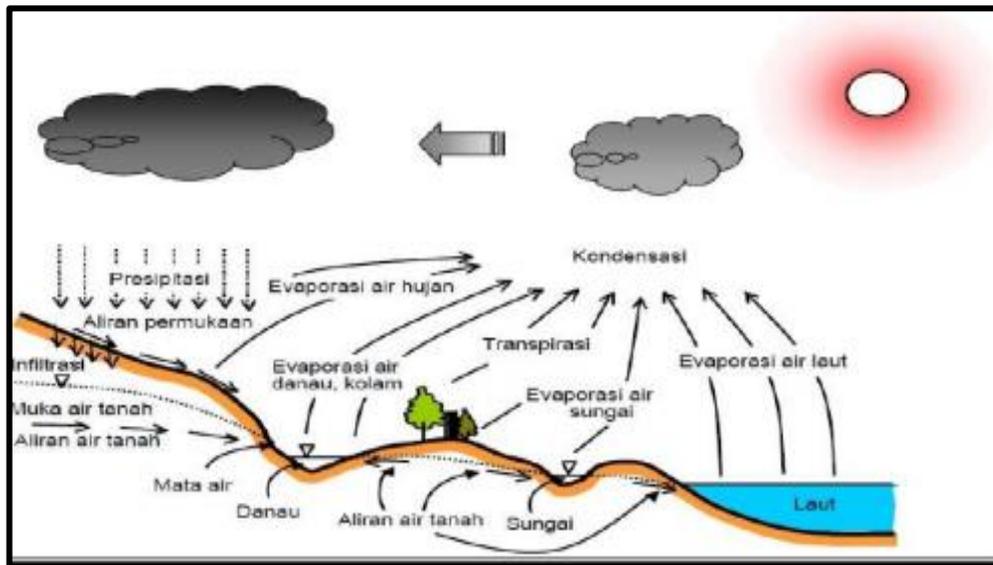
3.1 Siklus Hidrologi

Siklus hidrologi merupakan proses pengeluaran air dan perubahannya menjadi uap air yang mengembun kembali menjadi air yang berlangsung terus-menerus tiada henti-hentinya. Sebagai akibat terjadinya sinar matahari maka timbul panas. Dengan adanya panas ini maka air akan menguap menjadi uap air dari semua tanah, sungai, danau, telaga, waduk, laut, kolam, dan lain-lain dan prosesnya disebut penguapan (*evaporation*) (Soedibyo, 2003).

Air menguap ke udara dari permukaan tanah dan laut, berubah menjadi awan sesudah melalui beberapa proses dan kemudian jatuh sebagai hujan atau salju ke permukaan laut dan daratan. Sebelum tiba ke permukaan bumi sebagian langsung menguap ke udara dan sebagian tiba ke permukaan bumi. Tidak semua bagian hujan yang jatuh ke permukaan bumi mencapai permukaan tanah. Sebagian akan tertahan oleh tumbuh-tumbuhan dimana sebagian akan menguap dan sebagian lagi akan jatuh mengalir melalui dahan-dahan ke permukaan tanah (Sosrodarsono dan Takeda, 2003).

Sebagian air hujan yang tiba ke permukaan tanah akan masuk ke dalam tanah (*infiltrasi*). Bagian lain yang merupakan kelebihan akan mengisi lekuk-lekuk permukaan tanah, kemudian mengalir ke daerah-daerah yang rendah, masuk ke sungai-sungai dan akhirnya ke laut. Tidak semua butir air yang mengalir akan tiba ke laut. Dalam perjalanan ke laut sebagian akan menguap dan kembali ke udara. Sebagian air yang masuk ke dalam tanah keluar kembali segera ke sungai-sungai (disebut aliran intra = *interflow*). Tetapi sebagian besar akan tersimpan sebagai air tanah (*groundwater*) yang akan keluar sedikit demi sedikit dalam jangka waktu yang lama ke permukaan tanah di daerah-daerah yang rendah (disebut *groundwater run off* = limpasan air tanah) (Sosrodarsono dan Takeda, 2003).

Serangkaian peristiwa tersebut dinamakan siklus hidrologi (*hydrologic cycle*) (lihat gambar 3.1).



Sumber: Soemarto, 1987

Gambar 3.1
Siklus Hidrologi

Tahapan siklus hidrologi dimulai dari penguapan air di laut dan badan-badan air lainnya. Perubahan air menjadi uap ini disebabkan oleh energi panas matahari. Uap air yang terkondensasi tersebut akan terbawa oleh angin melintasi daratan yang bergunung maupun datar dan apabila keadaan atmosfer memungkinkan. Sebagian dari uap air tersebut akan turun menjadi hujan maupun salju. Sebelum mencapai permukaan tanah, air tersebut akan tertahan oleh tajuk vegetasi. Sebagian dari air hujan tersebut akan tersimpan di permukaan tajuk/daun selama proses pembasahan tajuk, dan sebagian lainnya akan jatuh ke atas permukaan tanah melalui sela-sela daun (*throughfall*) atau mengalir ke bawah melalui permukaan batang pohon (*stemflow*). Sebagian kecil air hujan tidak akan pernah sampai di permukaan tanah, melainkan terevaporasi kembali ke atmosfer selama dan setelah berlangsungnya hujan.

Air hujan yang dapat mencapai permukaan tanah, sebagian akan masuk terserap ke dalam tanah. Air hujan yang tidak terserap ke dalam tanah akan tertampung sementara dalam cekungan-cekungan permukaan tanah untuk kemudian mengalir diatas permukaan ke tempat yang lebih rendah (*run off*), untuk selanjutnya masuk ke sungai. Air infiltrasi akan tertahan di dalam tanah oleh gaya kapiler yang selanjutnya akan membentuk kelembaban tanah. Apabila kelembaban

tanah sudah cukup jenuh maka air hujan yang baru masuk ke dalam tanah akan bergerak secara *horizontal* untuk selanjutnya pada tempat tertentu akan keluar lagi ke permukaan tanah dan akhirnya mengalir ke sungai. Alternatif lainnya, air hujan yang masuk ke dalam tanah tersebut akan bergerak vertikal ke tanah yang lebih dalam dan menjadi bagian dari air tanah. Air tanah tersebut, terutama pada musim kemarau, akan mengalir pelan-pelan ke sungai, danau atau tempat penampungan air alami lainnya.

Tidak semua air akan terinfiltrasi masuk ke dalam tanah lalu mengalir ke sungai atau danau, melainkan ada sebagian air yang terinfiltrasi akan tetap tinggal dalam lapisan tanah bagian atas untuk kemudian di uapkan kembali ke atmosfer melalui permukaan tanah dan melalui permukaan tajuk vegetasi (*transpiration*). Siklus ini akan terjadi secara berulang-ulang sepanjang musim dan sepanjang tahun.

3.2 Sistem Penyaliran Tambang

Sistem penyaliran tambang berguna untuk mencegah, mengeringkan, atau mengalirkan air yang masuk ke bukaan tambang yang mengganggu aktivitas penambangan akibat adanya air dalam jumlah yang berlebihan terutama pada musim hujan, serta untuk memperlambat kerusakan alat, sehingga alat-alat mekanis yang digunakan pada daerah tersebut mempunyai umur yang lama. Selain itu, sistem penyaliran tambang dalam penelitian ini dimaksudkan untuk menjaga agar tidak ada genangan air pada front penambangan sehingga tidak mengganggu proses penambangan. Dalam penanganan-penanganan masalah air dalam suatu tambang terbuka dapat dibedakan menjadi dua yaitu *mine drainage* dan *mine dewatering*. *Mine drainage* merupakan upaya untuk mencegah masuk mengalirnya air ke tempat penggalian. Hal ini umumnya dilakukan untuk penanganan air tanah dan air yang berasal dari sumber air permukaan (sungai, danau, dan lainnya). Sedangkan *mine dewatering* yang merupakan upaya untuk mengeluarkan air yang telah masuk ke tempat penggalian (Rudy Sayoga Gautama, 2019).

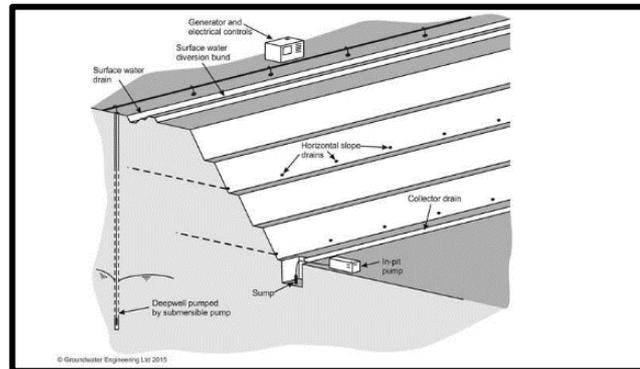
3.2.1 Mine Drainage System

Mine Drainage System merupakan upaya untuk mencegah masuknya atau mengalirnya air ke tempat penggalian. Hal ini umumnya dilakukan untuk menangani air tanah dan air yang berasal dari sumber air permukaan (sungai, danau,

rawa, dan lain-lain). Ada beberapa cara untuk mencegah agar air tanah tidak masuk ke dalam tempat penggalian, yaitu:

1. Metode *Siemens*

Pada tiap jenjang dari kegiatan penambangan dibuat lubang bor kemudian ke dalam lubang bor dimasukkan pipa dan disetiap bawah pipa tersebut diberi lubang-lubang. Bagian ujung ini masuk ke dalam lapisan akuifer, sehingga airtanah terkumpul pada bagian ini dan selanjutnya dipompa ke atas dan dibuang ke luar daerah penambangan (lihat Gambar 3.2).

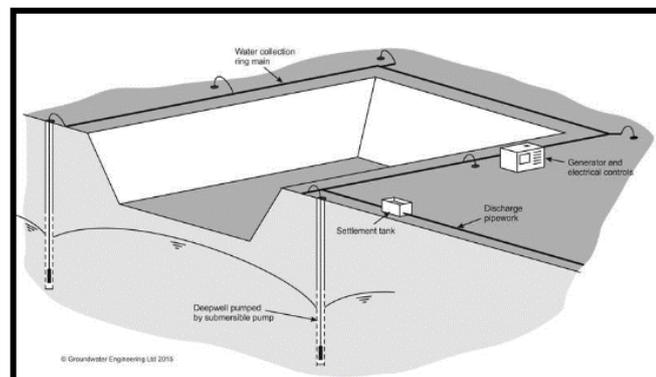


Sumber: *Groundwater Engineering*, 2015

Gambar 3.2
Metode *Siemens*

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

Digunakan untuk material yang mempunyai permeabilitas rendah dan bench yang tinggi. Lubang bor dibuat dengan diameter 6 inch kemudian dipasang casing. Pompa dimasukkan ke dalam lubang bor yang digerakkan dengan listrik (*submercible pump*). Pompa ini ada yang otomatis, jika tercelup ke dalam air, maka mesin pompa akan hidup dengan sendirinya (lihat Gambar 3.3).

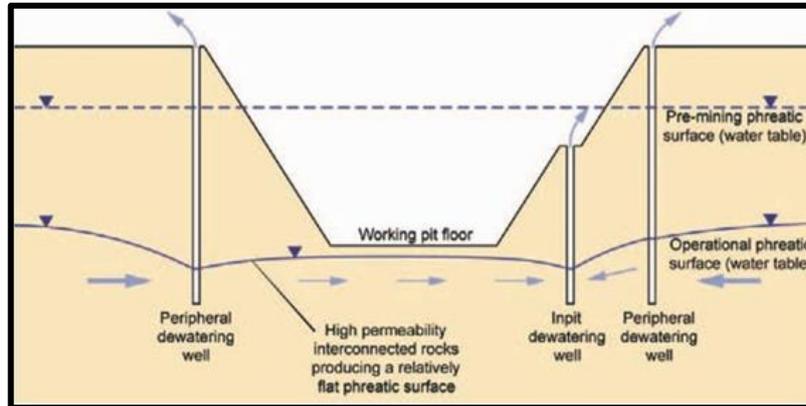


Sumber: *Groundwater Engineering*, 2015

Gambar 3.3
Metode *Deep Well Pump*

3. Metode Pemotongan / Penggalan Air Tanah

Metode ini biasanya digunakan untuk mengamati kondisi air tanah. Tanah digali sampai menembus aquifer dan dipotong, sehingga aliran air tanahnya tidak menerus kearah hilir. Galian yang tembus aquifer ini kemudian ditimbun oleh material kedap air (lihat Gambar 3.4).

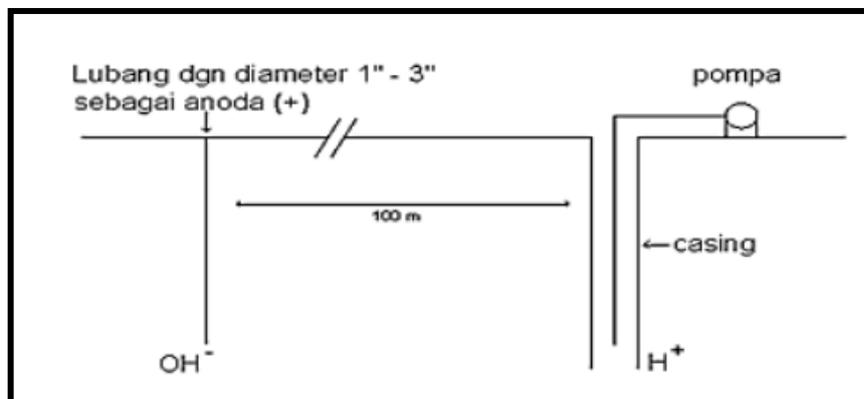


Sumber: Read & Stacey, 2009

Gambar 3.4
Metode Pemotongan / Penggalan Air Tanah

4. Metode Elektro Osmosis

Merupakan cara terbaru dan biasanya digunakan pada daerah yang mempunyai permeabilitas sangat kecil. Lubang bor dibuat dengan diameter 3 – 5 inch dan 1 – 3 inch, kemudian masukkan casing pipe. Prinsip yang digunakan adalah prinsip elektrolisa. H^+ akan mengalir menuju katoda sehingga terjadi netralisasi H^+ dengan OH^- dan membentuk H_2O (air). Kemudian air yang telah terkumpul ini dipompa keluar, dimana sebelumnya tidak terdapat air (lihat Gambar 3.5).

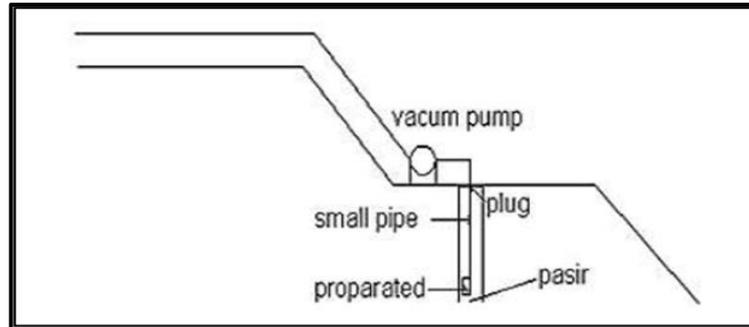


Sumber: Powers, J.P., 1992

Gambar 3.5
Metode Elektro Osmosis

5. *Small Pipe with Vacuum Pump*

Lubang bor dibuat dengan diameter 6 – 8 inch, lubang tidak diberi casing, tetapi dimasukkan dengan pipa berdiameter 2 – 2,5 inch. Pasir dimasukkan sebagai saringan sehingga yang masuk adalah material yang larut dalam air. Melalui small pipe ini lubang bor dibuat vakum dengan menggunakan pompa (lihat Gambar 3.6).



Sumber: Powers, J.P., 1992

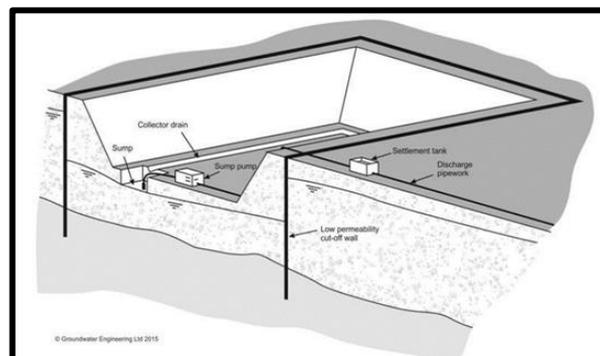
Gambar 3.6
Metode *Small Pipe with Vacuum Pump*

3.2.2 *Mine Dewatering System*

Mine dewatering system merupakan upaya untuk mengeluarkan air hujan, air tanah dan air limpasan yang telah masuk ke lokasi penambangan. Upaya ini terutama untuk menangani air yang berasal dari air hujan. Adapun metode *mine dewatering system* adalah sebagai berikut:

1. Metode Kolam Terbuka (*Open Sump System*)

Metode ini diterapkan untuk membuang air limpasan yang telah masuk ke daerah penambangan. Air dikumpulkan pada kolam terbuka, kemudian dipompa keluar dan pemasangan jumlah pompa tergantung kedalaman penggalian (lihat Gambar 3.7).

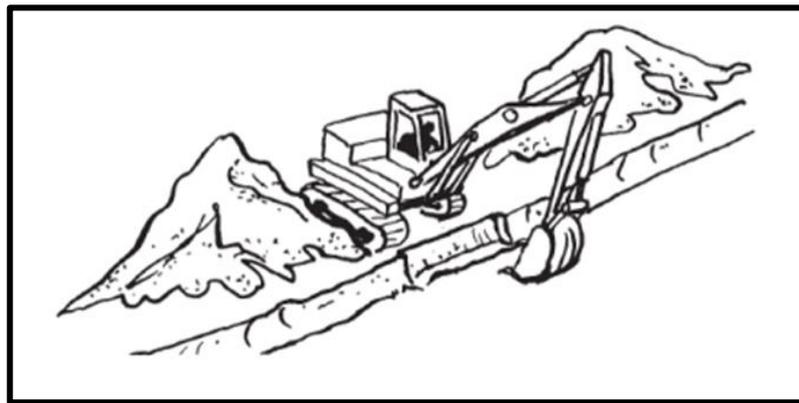


Sumber: Powers, J.P., 1992

Gambar 3.7
Metode Kolam Terbuka (*Open Sump System*)

2. Metode Kolam Terbuka (*Open Sump System*)

Merupakan metode penyaliran cara yang paling mudah yaitu dengan pembuatan paritan (saluran terbuka) pada lokasi penambangan. Pembuatan paritan ini bertujuan untuk menampung air limpasan yang menuju lokasi penambangan. Air limpasan akan masuk ke saluran-saluran yang kemudian dialirkan ke suatu kolam penampungan atau dibuang langsung ke tempat pembuangan dengan memanfaatkan gaya gravitasi (lihat Gambar 3.8).



Sumber: Powers, J.P., 1992

Gambar 3.8
Metode Paritan

3.3 Faktor-Faktor Penting dalam Sistem Penyaliran Tambang

Faktor-faktor yang berpengaruh terhadap sistem penyaliran tambang pada tambang terbuka secara garis besar meliputi:

3.3.1 Curah Hujan

Curah hujan adalah banyaknya air hujan yang jatuh pada luasan wilayah tertentu. Satuan curah hujan adalah mm (millimeter), yang berarti pada luas 1 m^2 jumlah air hujan yang jatuh sebanyak 1 liter. Pengukuran curah hujan dapat dilakukan dengan menggunakan alat penakar curah hujan. Curah hujan merupakan salah satu faktor penting dalam sistem penyaliran, karena besar kecilnya curah hujan akan mempengaruhi besar kecilnya debit air tambang yang harus di atasi. Besar curah hujan dapat dinyatakan sebagai volume air hujan yang jatuh pada area tertentu, oleh karena itu besarnya curah hujan dinyatakan dalam meter kubik per satuan luas, secara umum dinyatakan dalam tinggi air (mm).

Pengolahan data curah hujan dilakukan untuk mendapatkan curah hujan rencana yang siap pakai. Pengolahan data curah hujan dapat dilakukan dengan

beberapa cara, dan dalam penelitian ini curah hujan rencana dihitung dengan menggunakan teori distribusi *Gumbell*, yaitu suatu metode yang didasarkan atas distribusi normal (distribusi harga ekstrim). *Gumbell* beranggapan bahwa distribusi variabel-variabel hidrologis tidak terbatas, sehingga harus digunakan distribusi dari harga-harga yang terbesar (harga maksimal).

Penentuan curah hujan rencana dengan teori distribusi Gumbell dapat dihitung dengan rumus sebagai berikut:

$$X_t = \bar{X} + k \cdot SD \dots\dots\dots (3.1.)$$

$$k = \frac{(Y_r - \bar{Y}_n)}{S_n}$$

Keterangan:

X_t = Hujan harian rencana maksimum (mm/hari) dengan periode ulang hujan (PUH) tertentu.

\bar{X} = Curah hujan rata-rata (mm).

k = *Reduced variate factor*.

SD = Standar deviasi.

S_n = Standar deviasi dari reduksi variat, tergantung dari jumlah data (n).

Y_t = Nilai reduksi variat dari variabel yang diharapkan terjadi pada PUH.

Y_n = Nilai rata – rata dari reduksi variat, tergantung dari jumlah data (n).

Reduced Mean (Y_n) dapat dihitung dengan rumus sebagai berikut:

$$Y_n = -\ln \left[-\ln \left\{ \frac{(n+1) - m}{n+1} \right\} \right] \dots\dots\dots (3.2.)$$

Keterangan:

n = Jumlah sampel.

m = Urutan sampel (1,2,3,...) dari nilai terbesar ke terkecil.

Reduced Variate (Y_t) dapat dihitung dengan rumus sebagai berikut:

$$Y_t = -\ln \left[-\ln \left(\frac{T-1}{T} \right) \right] \dots\dots\dots (3.3.)$$

Keterangan:

T = Periode ulang

Reduced Standart Deviation (S_n) dapat dihitung dengan rumus sebagai berikut:

$$S_n = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (Y_n - \bar{Y}_n)^2}{n-1}} \dots\dots\dots (3.4.)$$

Standard Deviation (SD) dapat dihitung dengan rumus sebagai berikut:

$$SD = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (X - \bar{X})^2}{n-1}} \dots\dots\dots (3.5.)$$

3.3.2 Periode Ulang Hujan

Curah hujan biasanya terjadi menurut pola tertentu atau curah hujan biasanya akan berulang pada suatu periode tertentu, yang dikenal dengan Periode Ulang Hujan. Periode ulang hujan adalah periode (tahun) dari suatu hujan dengan tinggi intensitas yang sama kemungkinan bisa terjadi lagi. Kemungkinan terjadinya adalah satu kali dalam batas periode (tahun) ulang yang ditetapkan. Penentuan periode ulang hujan dilakukan dengan menyesuaikan data dan keperluan pemakaian saluran yang berkaitan dengan umur tambang serta tetap memperhitungkan resiko hidrologi.

Penetapan periode ulang hujan sebenarnya lebih ditekankan pada masalah kebijakan dan resiko yang perlu diambil sesuai dengan perencanaan. Menurut Rudi Sayoga. (1999), Acuan untuk menentukan PUH dapat dilihat pada Tabel 3.1. Hubungan antara periode ulang hujan dengan faktor resiko adalah sebagai berikut:

$$Rh = 1 - [1 - \frac{1}{Tr}]^{TL} \dots\dots\dots (3.6.)$$

Keterangan :

Rh = resiko hidrologi (%).

Tr = periode ulang hujan (tahun).

TL = umur tambang (tahun).

Pengelompokkan periode ulang hujan berdasarkan kondisi dapat dilihat pada tabel 3.1.

Tabel 3.1
Periode Ulang Hujan Recana (Sayoga, 1990)

Kondisi	Periode Ulang Hujan (Tahun)
Daerah Terbuka	0 - 5
Sarana Tambang	2 - 5
Lereng Tambang dan Penimbunan	5 - 10
Sumuran Utama	10 - 25
Penyaliran Keliling Tambang	25
Pemindahan Aliran Sungai	100

3.3.3 Daerah Tangkapan Hujan (*Catchment Area*)

Daerah Tangkapan Hujan dapat diartikan sebagai luasan permukaan yang apabila terjadi hujan maka air hujan tersebut akan mengalir ke daerah yang lebih rendah menuju ke titik pengaliran. Daerah Tangkapan Hujan (DTH) ditentukan dengan menggunakan peta topografi yang dilengkapi dengan garis-garis kontur. Garis-garis kontur berfungsi untuk menentukan arah dari limpasan permukaan. Limpasan berasal dari titik-titik tertinggi dan bergerak menuju titik-titik yang lebih rendah dalam arah tegak lurus dengan garis-garis kontur. Setelah arah aliran air dibuat pada peta topografi, maka dapat dilakukan perhitungan luas DTH. Luas DTH sangat berpengaruh terhadap debit limpasan, pada umumnya semakin besar luas DTH maka semakin besar jumlah limpasan permukaan.

3.3.4 Intensitas Curah Hujan

Intensitas curah hujan adalah jumlah hujan per satuan waktu yang relatif singkat, biasanya satuan yang digunakan adalah mm/jam. Penentuan intensitas curah hujan menggunakan rumus *Mononobe*, karena data yang tersedia adalah data curah hujan harian (lihat Persamaan 3.7.). Keadaan curah hujan dan intensitas curah hujan disajikan dalam tabel (lihat Tabel 3.2).

$$I = \frac{R_{24}}{24} \left(\frac{24}{t} \right)^{\frac{2}{3}} \dots\dots\dots (3.7.)$$

Keterangan:

I = Intensitas curah hujan (mm/jam).

R₂₄ = Curah hujan maksimum (mm).

t = Lamanya waktu hujan (jam).

Tabel 3.2
Keadaan Curah Hujan dan Intensitas Curah Hujan
(Suyono S. dan Takeda K., 2003)

Keadaan Curah 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	2 - 20	Tanah menjadi basah semuanya

Lanjutan Tabel 3.2

Keadaan Curah Hujan	Intensitas Curah Hujan (mm)		Kondisi
	1 jam	24 jam	
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

3.3.5 Air Limpasan

Air limpasan adalah bagian dari curah hujan yang mengalir di atas permukaan tanah menuju sungai, danau, dan laut. Aliran itu terjadi karena curah hujan yang mencapai permukaan bumi tidak dapat terinfiltrasi, baik yang disebabkan karena intensitas curah hujan atau faktor lain misalnya kelerengan, bentuk dan kekompakan permukaan tanah, serta vegetasi. Perhitungan jumlah (debit) air limpasan permukaan dari suatu daerah dapat menggunakan rumus rasional sebagai berikut:

$$Q_{maks} = 0,278 \times C \times I \times A \dots\dots\dots (3.8.)$$

Keterangan:

Q_{maks} = Debit air limpasan ($m^3/detik$).

C = Koefisien limpasan.

I = Intensitas curah hujan (mm/jam).

A = Luas daerah tangkapan hujan (km^2).

Koefisien air limpasan (C) yaitu bilangan yang menunjukkan perbandingan antara besarnya aliran permukaan dan besarnya curah hujan. Angka koefisien aliran permukaan ini merupakan salah satu indikator untuk menentukan kondisi fisik suatu DTH. Nilai C berkisar antara 0 sampai 1. Nilai C = 0 menunjukkan bahwa

semua air hujan terinfiltrasi ke dalam tanah, sebaliknya untuk nilai $C = 1$ menunjukkan bahwa semua air hujan mengalir sebagai aliran permukaan. Koefisien air limpasan tiap - tiap daerah berbeda (lihat Tabel 3.3), dalam penentuan koefisien air limpasan faktor - faktor yang harus diperhatikan adalah kondisi topografi, kondisi tanah dan kondisi vegetasi.

Tabel 3.3
Nilai Koefisien Limpasan (Suyono, 2004)

Koefisien aliran $C = C_t + C_s + C_v$					
Koefisien Topografi (C_t)		Koefisien Tanah (C_s)		Koefisien Vegetasi (C_v)	
Datar (< 1%)	0,03	Pasir dan gravel	0,04	Hutan	0,04
Bergelombang (1-10%)	0,08	Lempung berpasir	0,08	Pertanian	0,11
Perbukitan (10-20%)	0,16	Lempung dan lanau	0,16	Padang rumput	0,21
Pegunungan (> 20%)	0,26	Lapisan batu	0,26	Tanpa tanaman	0,28

3.4 Saluran Terbuka

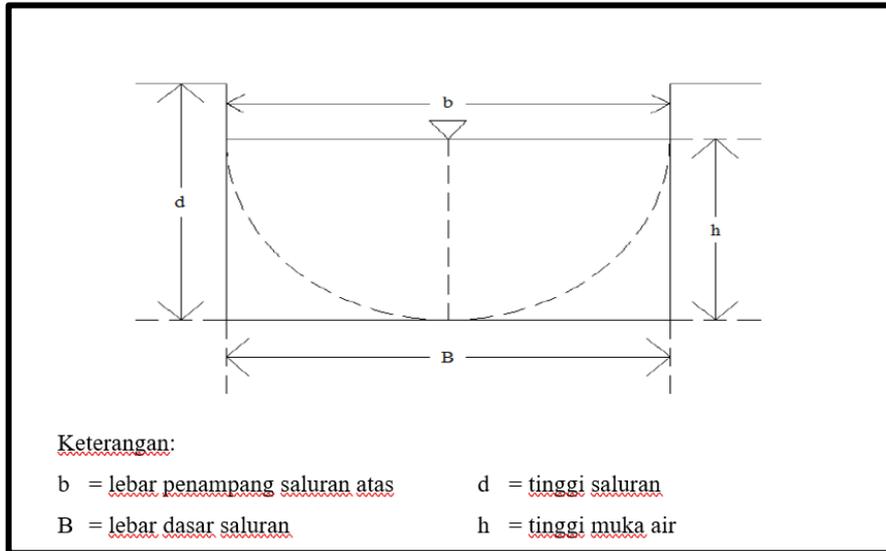
Saluran Terbuka berfungsi untuk menampung dan mengalirkan air ke tempat pengumpulan (kolam penampungan atau saluran) atau tempat lain. Bentuk saluran terbuka, umumnya dipilih berdasarkan debit air, tipe material serta kemudahan dalam pembuatannya. Sumber air utama pada tambang terbuka adalah air hujan, walaupun kadang kontribusi air tanah juga tidak dapat diabaikan dalam menentukan debit air.

Dalam merancang bentuk saluran terbuka, beberapa hal yang perlu diperhatikan antara lain, dapat mengalirkan debit air yang direncanakan dan mudah dalam penggalian saluran serta tidak lepas dari penyesuaian dengan bentuk topografi dan jenis tanah. Bentuk dan dimensi saluran juga harus memperhitungkan efektifitas dan ekonomisnya. Dalam sistem penyaliran itu sendiri terdapat beberapa bentuk penampang penyaliran yang dapat digunakan. Beberapa macam penampang saluran antara lain:

1. Bentuk Persegi Panjang (lihat Gambar 3.9.)

Lebar penampang atas saluran (b) = $2h^2$

Lebar dasar saluran (B) $= 2h$
 Keliling Basah (P) $= B + 2h = 4h$
 Jari-jari hidrolik (R) $= \frac{A}{P} = \frac{B \times h}{B + 2h} = \frac{2h^2}{2h + 2h} = \frac{1}{2}h$

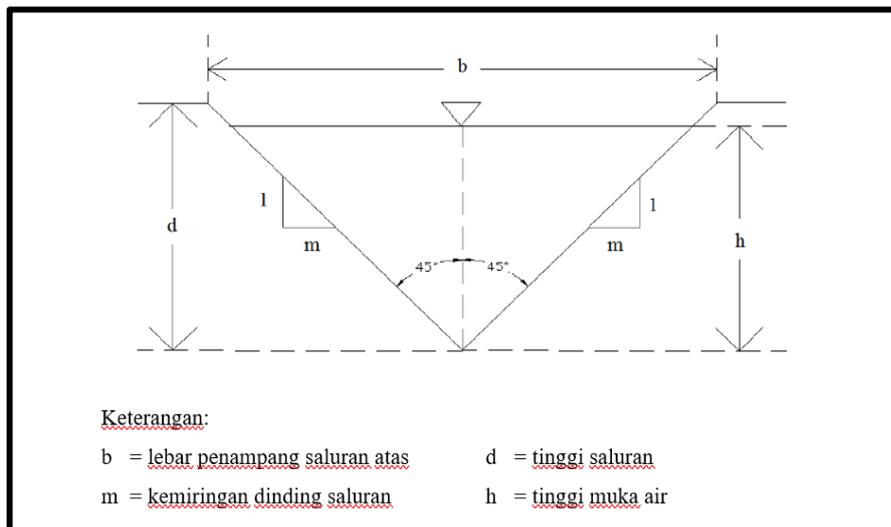


Sumber: Suripin, 2004

Gambar 3.9
 Penampang Saluran terbuka Bentuk Empat Persegi Panjang

2. Bentuk Segitiga (lihat Gambar 3.10.)

Sudut tengah $= 90^\circ$
 Luas penampang basah (A) $= h^2 \cdot \tan 45^\circ = h^2$
 Keliling basah (P) $= (2h) \cdot \sec 45^\circ = 2h\sqrt{2}$



Sumber: Suripin, 2004

Gambar 3.10
 Penampang Saluran terbuka Bentuk Segitiga

3. Bentuk Trapesium (lihat Gambar 3.11.)

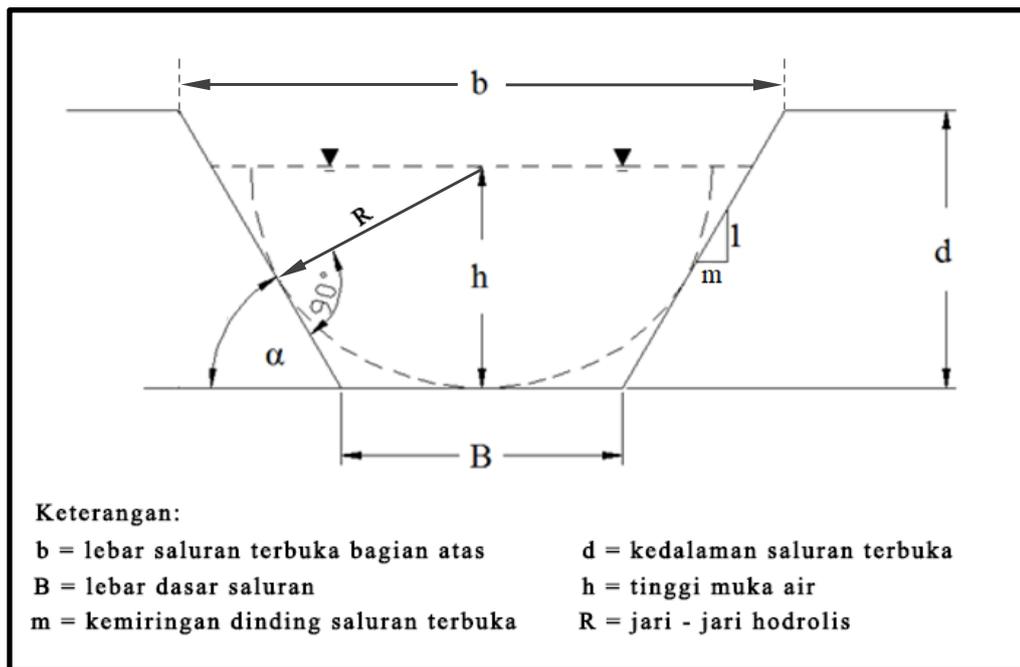
$$\alpha = 60^\circ \rightarrow m = \frac{1}{\sqrt{3}}$$

$$\text{Luas penampang basah (A)} = h^2\sqrt{3}$$

$$\text{Keliling basah (P)} = 2h\sqrt{3}$$

$$\text{Lebar dasar saluran (b)} = \frac{2}{3}h\sqrt{3}$$

$$\text{Jari - jari hidrolis (R)} = \frac{A}{P} = \frac{h^2\sqrt{3}}{2h\sqrt{3}} = \frac{h}{2} = 0,5h$$



Sumber: Suripin, 2004

Gambar 3.11
 Penampang Tegak Saluran terbuka Bentuk Trapesium

Dalam merancang bentuk saluran terbuka, beberapa hal yang perlu diperhatikan antara lain, dapat mengalirkan debit air yang direncanakan dan mudah dalam penggalian saluran. Bentuk penampang saluran terbuka yang paling sering digunakan dan umum dipakai adalah trapesium. Bentuk trapesium dipilih dengan alasan yaitu mudah dalam pembuatannya, ekonomis, efisien, mudah dalam perawatannya, dan stabilitas kemiringan dindingnya dapat disesuaikan menurut keadaan daerah.

Kemiringan dinding saluran tergantung pada macam material atau bahan yang membentuk tubuh saluran. Harga koefisien kekasaran menurut Manning disajikan dalam bentuk tabel (lihat Tabel 3.4).

Tabel 3.4
 Harga Koefisien Kekasaran Dinding Saluran Terbuka

Tipe Dinding Saluran	n
Semen	0,010 - 0,014
Beton	0,011 - 0,016
Bata	0,012 - 0,02
Besi	0,013 - 0,017
Tanah	0,02 - 0,03
Gravel	0,022 - 0,035
Tanah yang ditanam	0,025 - 0,04

Penentuan debit aliran pada saluran terbuka dihitung menggunakan rumus Manning, yaitu:

$$Q_{maks} = \frac{1}{n} \times S^{\frac{1}{2}} \times R^{\frac{2}{3}} \times A \dots\dots\dots (3.9.)$$

Keterangan:

Q_{maks} = Debit air yang akan dialirkan (m^3/s).

n = Koefisien kekasaran dinding saluran menurut Manning.

S = Kemiringan dasar saluran terbuka (%).

R = Jari-jari hidrolis (m).

A = Luas penampang basah saluran (m^2).

3.5 Kolam Pengendapan

Kolam pengendapan merupakan salah satu bagian penting dari sistem penyaliran tambang yang berfungsi untuk memisahkan air tambang dengan padatan (solid) yang terbawa bersama aliran air tambang tersebut sebelum dialirkan ke sungai. Setelah proses pemisahan ini, umumnya air tambang menjadi lebih jernih dan secara fisik memenuhi syarat untuk dialirkan ke badan-badan air yang ada di permukaan tanah di sekitar tambang, misalnya sungai, danau, atau rawa.

Dalam merancang kolam pengendapan terdapat beberapa faktor yang harus dipertimbangkan antara lain, debit air tambang, ukuran dan bentuk butiran padatan yang masuk dan keluar, kerapatan partikel padatan, kekentalan air tambang, persen air, dan persen padatan. Hal ini bertujuan untuk mendapat perhitungan yang optimal dan akurat pada saat penerapan kolam pengendapan di lapangan.

Penentuan letak kolam pengendapan yang akan dibuat harus memperhatikan hal – hal sebagai berikut:

1. Harus berada diluar area penambangan.
2. Harus berada di dalam IUP perusahaan.
3. Terletak di lokasi yang memiliki elevasi lebih rendah.
4. Terletak di daerah yang relatif stabil.
5. Relatif dekat dengan badan-badan air di permukaan tanah, seperti sungai, rawa, danau, dan laut.

Air yang keluar dari daerah penambangan diharapkan sudah memenuhi ambang batas yang diijinkan oleh perusahaan karena sudah melewati kolam pengendapan, sehingga tidak menimbulkan komplain dari masyarakat dan juga mencegah terjadinya pencemaran lingkungan.

3.5.1 Bentuk Kolam Pengendapan

Bentuk kolam pengendapan biasanya hanya digambarkan secara sederhana, yaitu berupa kolam berbentuk empat persegi panjang, tetapi sebenarnya bentuk tersebut dapat bermacam-macam, disesuaikan dengan keperluan dan keadaan lapangannya. Walaupun bentuknya dapat bermacam-macam, namun pada setiap kolam pengendap akan selalu ada 4 zona penting yang terbentuk karena proses pengendapan material padatan (lihat Gambar 3.12). Keempat zona yang ditunjukkan pada gambar adalah:

1. Zona masukan.

Adalah tempat masuknya aliran air berlumpur kedalam kolam pengendapan dengan anggapan campuran antara padatan dan cairan terdistribusi secara merata.

2. Zona Pengendapan.

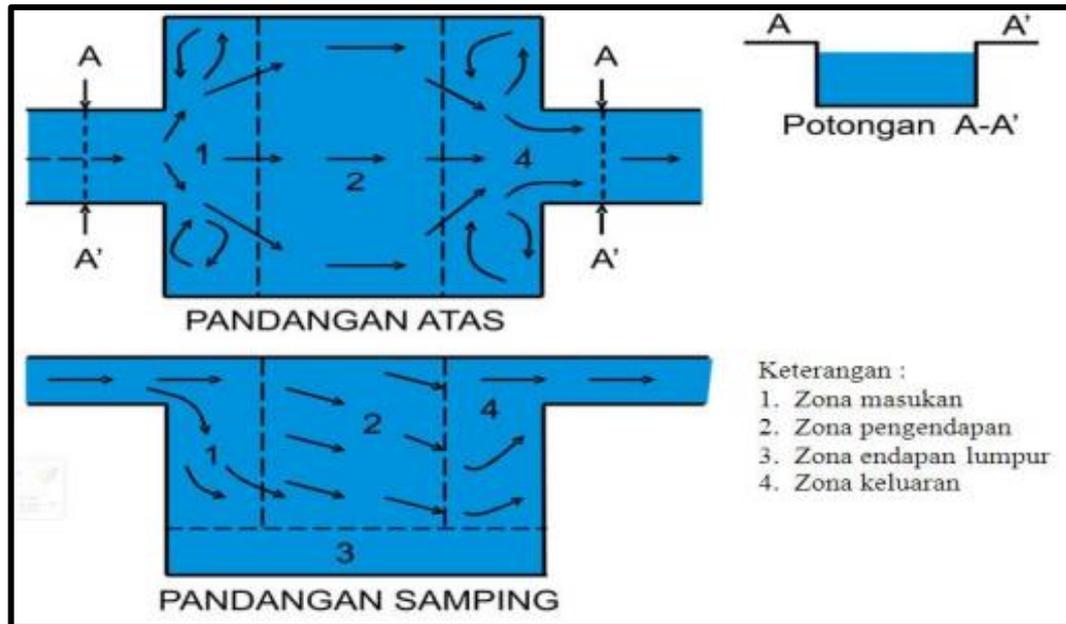
Tempat dimana partikel akan mengendap, material padatan disini akan mengalami proses pengendapan disepanjang saluran masing-masing ceck dam.

3. Zona Endapan Lumpur.

Tempat dari partikel padatan dalam cairan mengalami sedimentasi dan terkumpul pada bagian bawah saluran pengendap.

4. Zona Keluaran.

Tempat keluarnya buangan cairan yangt relatif bersih, zone ini terletak pada akhir saluran.



Sumber: Partanto Prodjosumarto, 1994

Gambar 3.12
Zona-zona pada Kolam Pengendapan

3.5.2 Perhitungan Persentase 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.

Keterangan :

b = Lebar kolam pengendapan (m)

V_h = Kecepatan aliran partikel secara horisontal (m/dt)

V_t = Kecepatan pengendapan partikel (m/dt)

H = Kedalaman kolam pengendapan (m)

L = Panjang kolam pengendapan (m)

Kecepatan pengendapan dapat dihitung dengan rumus :

$$V_t = \frac{g \times D^2 \cdot (\rho_p - \rho_a)}{18 \times \text{Vis}} \dots\dots\dots (3.10.)$$

Keterangan :

V_t = Kecepatan pengendapan partikel (m/detik)

g = Percepatan gravitasi (m/detik²)

ρ_p = Berat jenis partikel padatan (kg/m³)

ρ_a = Berat jenis air (kg/m³)

Vis = Kekentalan dinamik air (kg/m.detik)

D = Diameter partikel padatan (m)

Debit padatan yang terkandung dalam lumpur pada kolam pengendapan:

$$Q \text{ solid } (Q_s) = Q \text{ air } \times \% \text{ TSS} \dots\dots\dots (3.11.)$$

Keterangan :

Q_s = Jumlah padatan (m^3/detik)

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

% TSS = Nilai Total Suspended Solid (%), (1% TSS=10.000 mg/liter)

Waktu yang dibutuhkan oleh partikel untuk mengendap adalah :

$$t_v = h/v \text{ (detik)} \dots\dots\dots (3.12.)$$

Keterangan :

t_v = waktu pengendapan partikel (menit)

v_t = Kecepatan pengendapan partikel (m/detik)

h = Kedalaman Saluran (m)

Keterangan :

$$v_h = \frac{Q_{\text{total}}}{A} \dots\dots\dots (3.13.)$$

Keterangan :

v_h = Kecepatan aliran partikel secara horisontal (m/detik)

Q_{total} = Debit aliran yang masuk ke kolam pengendapan (m^3/detik)

A = Luas permukaan saluran (m^2)

Waktu yang dibutuhkan partikel untuk keluar dari kolam pengendapan dengan kecepatan v_h adalah :

$$t_h = \frac{l}{v_h} \text{ (detik)} \dots\dots\dots (3.14.)$$

Keterangan :

l = Panjang kolam pengendapan

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. Prosentase pengendapan, yaitu :

$$\% \text{ set} = \frac{\text{waktu yang dibutuhkan sair keluar}}{(\text{waktu yang dibutuhkan air keluar} + \text{waktu pengendapan})} \times 100 \dots\dots\dots (3.15.)$$

Dari perumusan di atas, dapat disimpulkan bahwa semakin besar ukuran partikel maka semakin cepat proses pengendapan serta semakin besar pula prosentase partikel yang berhasil diendapkan.

BAB IV

HASIL PENELITIAN

Penambangan batugamping oleh UP. Parno menggunakan sistem tambang terbuka. Pada sistem tambang terbuka, kegiatan penambangan dipengaruhi oleh kondisi iklim setempat terutama saat musim penghujan. Hujan yang terjadi di sekitar lokasi penambangan menghasilkan air limpasan menuju ke bukaan tambang. Pada area penambangan tersebut belum adanya rancangan sistem yang memadai maka diperlukan pekerjaan pendukung yaitu pembuatan rancangan sistem penyaliran tambang yang memadai. Dalam merancang sistem penyaliran tambang diperlukan data pendukung berupa peta kemajuan tambang, data curah hujan, intensitas hujan, luas daerah tangkapan hujan, koefisien air limpasan, debit air limpasan, dimensi serta kondisi dari saluran terbuka dan kolam pengendapan.

4.1 Rencana Penambangan dan Kondisi Bukaan Tambang

Pada daerah penelitian, dilakukan penambangan batugamping dengan sistem tambang terbuka (*Surface Mining*) metode kuari (*Quary*), oleh karena itu aliran air tambang yang ada pada bukaan tambang maupun aliran air limpasan yang mengalir menuju bukaan tambang akan terus mengalir secara alami menuju titik paling rendah yaitu sungai. Aliran air yang mengalir secara alami pada bukaan tambang membuat kurang dibutuhkannya pompa untuk mengalirkan aliran air, oleh karena itu dibutuhkan saluran terbuka untuk menampung air limpasan serta mengarahkan aliran air menuju kolam pengendapan untuk memisahkan partikel-partikel padatan yang dibawa oleh aliran air tambang sebelum dialirkan menuju sungai.

Saat ini, kondisi penyaliran di daerah penelitian belum adanya saluran terbuka di lokasi penelitian mengakibatkan air tambang mengalir dan menggenang tidak beraturan pada jalan tambang sehingga mengganggu kegiatan pengangkutan. Keberadaan kolam pengendapan di lokasi penelitian untuk mengendapkan partikel-partikel padatan sebelum dialirkan ke sungai juga belum tersedia di lokasi

penambangan sehingga air tambang langsung dialirkan menuju ke sungai tanpa dilakukan pemisahan terlebih dahulu terhadap partikel-partikel padatan yang terbawa bersama aliran air tambang.

4.2 Kondisi Iklim Daerah Penelitian

4.2.1 Curah Hujan di Desa Karangasem.

Curah hujan sangat berpengaruh terhadap sistem penyaliran tambang karena besar kecilnya hujan akan mempengaruhi jumlah air yang harus dialirkan oleh saluran terbuka. Untuk menentukan curah hujan pada lokasi penelitian diperlukan data curah hujan harian daerah lokasi ijin usaha pertambangan. Data curah hujan yang digunakan untuk dasar perhitungan diperoleh dari Dinas Pertanian dan Pangan Kabupaten Gunungkidul Daerah Istimewa Yogyakarta dari tahun 2011 hingga tahun 2020. Data curah hujan tersebut disajikan dalam bentuk tabel agar mempermudah untuk pengelompokan dan pengolahan data (lihat Lampiran A). Curah hujan maksimum adalah 138 mm/hari yang terjadi pada bulan Februari 2018 (lihat Lampiran B).

4.2.2 Curah Hujan Rencana

Curah hujan rencana dapat ditentukan dengan menggunakan beberapa metode, salah satunya adalah metode *Gumbell*. Metode *Gumbell* ditentukan dengan cara partial dari data curah hujan maksimum atau yang didasarkan atas distribusi harga ekstrim. Cara partial yang dimaksud yaitu data yang diambil dari data curah hujan yang nilainya melebihi data lainnya. Gumbell beranggapan bahwa distribusi variabel-variabel hidrologis tidak terbatas, sehingga digunakan data-data distribusi dengan harga yang paling besar (maksimum). Berdasarkan hasil perhitungan didapatkan curah hujan rencana = 101,70 mm/hari (lihat Lampiran B) dengan periode ulang hujan 5 tahun dan resiko hidrologi 89,26%.

4.2.3 Intensitas Curah Hujan

Intensitas curah hujan merupakan salah satu parameter untuk menghitung debit air limpasan. Intensitas curah hujan dapat dihitung dengan menggunakan beberapa rumus salah satunya yaitu rumus Mononobe karena data yang tersedia di daerah penelitian yaitu data curah hujan harian. Perhitungan intensitas curah hujan menggunakan curah hujan rencana pada periode ulang hujan 5 tahun sebesar

126,24 mm/hari. Hasil dari perhitungan diketahui intensitas curah hujannya sebesar 43,77 mm/jam dengan nilai $t = 1$ jam (lihat Lampiran C).

4.3 Parameter Rancangan Sistem Penyaliran Tambang

4.3.1 Daerah Tangkapan Hujan

Penentuan luas daerah tangkapan hujan berdasarkan pada peta rancangan penambangan tahun 2021. Pengamatan pada peta tersebut dimaksudkan untuk mengetahui arah aliran yang dapat membentuk daerah tangkapan hujan yang mengalir ke arah bukaan tambang. Dalam menentukan luas daerah tangkapan hujan dilakukan dengan cara menarik garis dari titik-titik tertinggi di sekeliling bukaan tambang hingga membentuk poligon tertutup, namun tetap memperhatikan arah aliran air limpasan yang menuju ke bukaan tambang. Hasil penentuan daerah tangkapan hujan didapatkan satu luas daerah tangkapan hujan yang dapat berpengaruh di area penambangan. Luas daerah tangkapan hujan (DTH) pada penambangan UP. Parno sebesar $0,0412 \text{ km}^2$.

4.3.2 Koefisien Air Limpasan

Selain intensitas hujan dan luas daerah tangkapan hujan, koefisien air limpasan juga diperlukan untuk menghitung debit air limpasan. Koefisien limpasan merupakan bilangan yang menunjukkan besarnya limpasan permukaan dengan besarnya curah hujan. Nilai koefisien limpasan (C) berkisar antara 0 hingga 1. Nilai 0 berarti semua air hujan terinfiltrasi ke dalam tanah, sedangkan nilai 1 berarti semua air hujan mengalir di atas permukaan tanah sebagai air limpasan. Koefisien limpasan (C) tergantung pada kondisi topografi, kondisi vegetasi, dan kondisi tanah (lihat Lampiran D). Hasil penentuan nilai koefisien air limpasan pada penambangan UP. Parno sebesar 0,48.

4.3.3 Debit Air Tambang

Sumber air tambang di daerah penelitian berasal dari air hujan yang langsung masuk ke *front* penambangan dan air limpasan yang mengalir melalui daerah tangkapan hujan. Debit air limpasan dihitung dengan menggunakan rumus Rasional (lihat Lampiran F). Parameter untuk menghitung debit air limpasan maksimum adalah intensitas curah hujan, koefisien air limpasan dan luas daerah tangkapan hujan. Besarnya debit air tambang yang masuk ke dalam lokasi tambang adalah $0,245 \text{ m}^3/\text{detik}$.

4.4 Rancangan Sistem Penyaliran Tambang

Berdasarkan pengamatan dan perhitungan, curah hujan maksimum rata-rata adalah 101,70 mm/hari (lihat Lampiran B). Dalam hal ini perlu dilakukan pengolahan terhadap air yang masuk ke area penambangan. Sistem penyaliran tambang yang diterapkan pada area penambangan batugamping adalah *Mine Dewatering System* yaitu sistem yang menerapkan air yang masuk ke area penambangan, karena sebagian besar sumber air berasal dari air hujan dan air limpasan. Dengan kondisi topografi Wilayah Izin Usaha Penambangan (WIUP), proses penerapan air tambang keluar dari daerah penambangan menggunakan saluran alami dibantu dengan gaya gravitasi.

4.4.1 Rancangan Saluran Terbuka

Saluran terbuka bertujuan untuk mengalirkan air hujan yang masuk ke area penambangan agar tidak terjadi genangan air. Selain itu saluran tersebut juga digunakan untuk mengalirkan air limpasan agar tidak masuk ke bukaan tambang. Perhitungan dimensi saluran terbuka berdasarkan atas nilai debit air tambang. Bentuk saluran terbuka yang dipilih adalah bentuk trapesium dengan sudut 60° . Pemilihan penggunaan bentuk trapesium berdasarkan pertimbangan berikut:

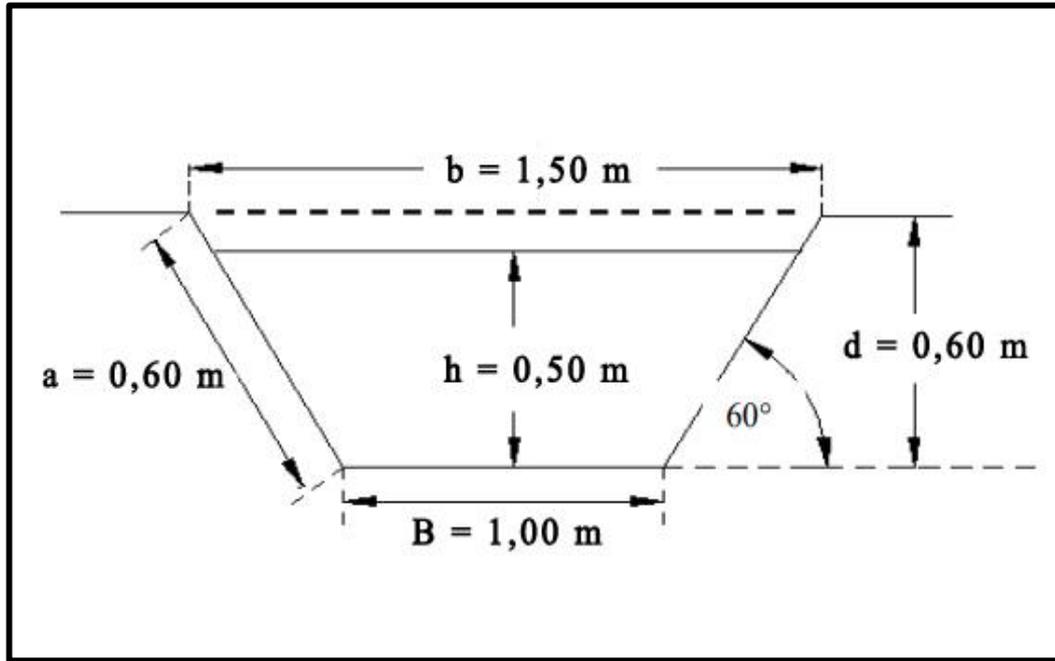
1. Lebih mudah dalam pembuatan saluran.
2. Dinding saluran tidak mudah longsor.
3. Dapat mengalirkan debit air yang besar.
4. Lebih mudah dalam melakukan perawatan.

Penentuan lokasi saluran terbuka berdasarkan peta rancangan penambangan tahun terakhir. Saluran terbuka diletakkan disekitar daerah penambangan, kemudian dialirkan menuju kolam pengendapan melewati jalan tambang. Dimensi saluran terbuka dapat dihitung dengan menggunakan rumus *Manning* (lihat Lampiran G). Berikut dimensi saluran terbuka yang sudah dihitung berdasarkan debit air tambang yang harus ditanggulangi (lihat Gambar 4.1).

Saluran terbuka memiliki dimensi:

- a. Kemiringan dinding saluran (α) = 60°
- b. Lebar dasar saluran (B) = 1,00 m
- c. Lebar bagian atas saluran (b) = 1,50 m
- d. Kedalaman air (h) = 0,50 m

- e. Kedalaman saluran (d) = 0,60 m
- f. Panjang dinding saluran (a) = 0,60 m
- g. Panjang Saluran Terbuka = 273,25 m



Gambar 4.1
Dimensi Saluran Terbuka Hasil Rancangan

4.4.2 Gorong – Gorong

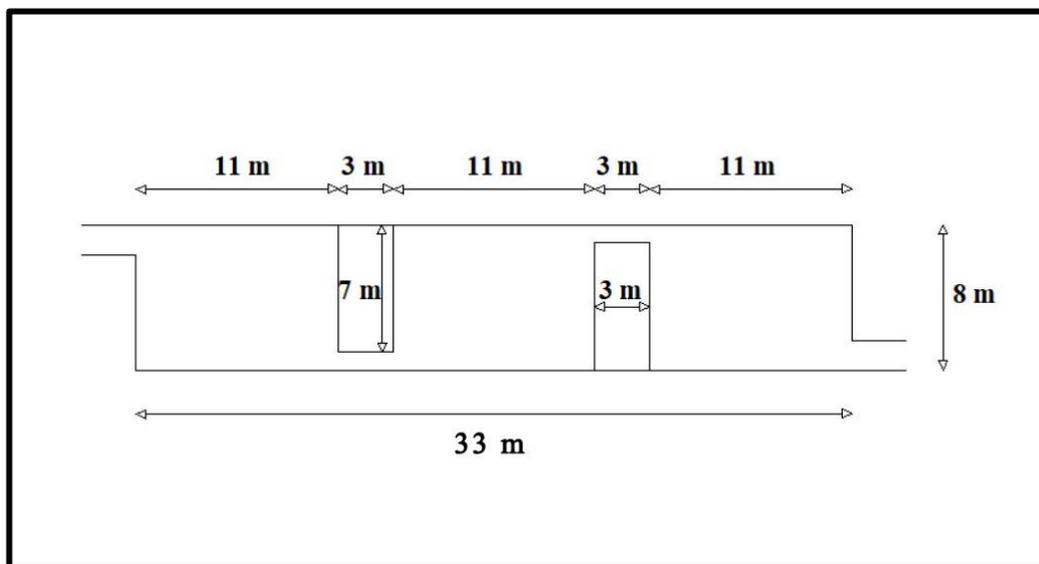
Gorong–gorong diperlukan pada masing–masing saluran yang memotong jalan angkut. Penentuan dimensi gorong–gorong dapat ditentukan dengan debit air tambang pada tiap–tiap saluran terbuka. Gorong–gorong menggunakan bahan dari permukaan semen halus, sehingga koefisien yang digunakan adalah 0,013 (lihat Lampiran G). Saluran terbuka memiliki debit sebesar $0,245 \text{ m}^3/\text{detik}$ dengan kebutuhan diameter gorong–gorong sebesar 0,35 m.

4.4.3 Rancangan Kolam Pengendapan

Kolam pengendapan berfungsi sebagai tempat penampungan air sementara sebelum dialirkan menuju sungai, selain itu kolam pengendapan juga berfungsi sebagai tempat untuk mengendapkan partikel-partikel padatan yang terbawa oleh air yang keluar dari lokasi penambangan, sehingga air yang dialirkan ke sungai dalam keadaan jernih, hal ini juga dimaksudkan untuk mencegah terjadinya pendangkalan sungai akibat proses sedimentasi. Diketahui persen padatan adalah 0,32% dan persen air 99,68%.

Kolam pengendapan yang dirancang pada lokasi penelitian berada pada sebelah Timur wilayah IUP (lihat Gambar 4.2.). Air yang masuk ke dalam kolam pengendapan berasal dari saluran terbuka 1 yang akan dialirkan menuju ke sungai. Debit air yang masuk ke dalam kolam pengendapan sebesar $0,245 \text{ m}^3/\text{detik}$ dengan kecepatan pengendapan $0,00279 \text{ m}/\text{detik}$. Penentuan dimensi kolam pengendapan didasarkan pada alat gali yang digunakan yaitu *Backhoe Komatsu PC 200* (lihat Lampiran I). Dari hasil perhitungan diketahui dimensi kolam pengendapan sebagai berikut:

- a. Kedalaman (h) = 3 m
- b. Lebar kolam (b) = 8 m
- c. Panjang kolam tiap kompartemen (l) = 11 m
- d. Jumlah kompartemen = 3
- e. Jumlah penyekat = 2
- f. Panjang penyekat = 7 m
- g. Lebar penyekat = 3 m
- h. Kedalaman penyekat = 3 m
- i. Panjang Total Kolam = 33 m



Gambar 4.2
Dimensi Kolam Pengendapan Hasil Rancangan Tampak Atas

Dari dimensi tersebut maka didapatkan volume kolam pengendapan sebesar 666 m^3 . Padatan yang berhasil diendapkan adalah 75,42% dari total padatan yang masuk ke dalam kolam pengendapan, dalam satu hari padatan yang berhasil

diendapan sebanyak 2,13 m³/hari. Partikel padatan yang mengendap lama kelamaan akan menumpuk dan memenuhi kolam pengendapan, sehingga perlu dilakukan perawatan dengan cara melakukan pengerukan material endapan. Untuk waktu pengerukan diperlukan waktu setiap 10 bulan 13 hari sekali (lihat Lampiran I).

BAB V

PEMBAHASAN

Sistem penyaliran tambang yang baik dan tepat dapat mendukung rencana kemajuan tambang, sehingga semua faktor yang berhubungan dengan rancangan sistem penyaliran perlu diperhitungkan dengan tepat. Pada umumnya penanggulangan masalah air pada tambang terbuka dilakukan dengan dua sistem penyaliran yaitu *mine drainage system* dan *mine dewatering system*. Sistem penyaliran tambang yang tepat untuk daerah penelitian adalah *mine dewatering system*, yaitu upaya untuk mengeluarkan air yang masuk ke dalam area penambangan dengan cara mengalirkan air ke luar bukaan tambang.

Berdasarkan observasi langsung di lapangan, sumber air tambang di daerah penelitian berasal dari air hujan yang langsung masuk ke bukaan tambang dan air limpasan yang berasal dari daerah tangkapan hujan. Dari hasil pengamatan di lapangan dan perhitungan, debit air tambang mencapai 0,245 m³/detik. Saat ini, kondisi penyaliran di UP. Parno belum memadai dikarenakan tidak adanya saluran terbuka dan gorong-gorong di lokasi penelitian mengakibatkan air tambang mengalir dan menggenang tidak beraturan pada jalan tambang sehingga mengganggu kegiatan pengangkutan. Rancangan sistem penyaliran tambang ini dibuat untuk mendukung kegiatan penambangan batugamping di UP. Parno. Diharapkan dengan adanya sistem penyaliran tambang tersebut kegiatan penambangan dapat berjalan lancar dan target produksi dapat terpenuhi.

5.1 Debit Air Tambang

Dalam rancangan sistem penyaliran tambang, umumnya sulit untuk memprediksi kondisi iklim secara akurat. Oleh karena itu, kondisi iklim, khususnya curah hujan, perlu diperhatikan dengan cermat. Data curah hujan pada lokasi penelitian menggunakan data sekunder yang diperoleh dari Dinas Pertanian dan Pangan Kabupaten Gunungkidul, Daerah Istimewa Yogyakarta karena pada lokasi

penelitian belum memiliki alat pencatat data meteorologi sehingga diperlukan guna untuk menganalisis kondisi iklim lokasi penelitian. Berdasarkan data curah hujan Dinas Pertanian dan Pangan Kabupaten Gunungkidul, Daerah Istimewa Yogyakarta tahun 2011-2020, setelah dilakukan analisis statistik diperoleh nilai curah hujan rencana sebesar 101,70 mm/hari dan nilai intensitas hujan sebesar 43,77 mm/jam (lihat Lampiran B dan C) yang termasuk daerah dengan curah hujan tinggi. Dalam hal ini perlu dilakukan pengolahan terhadap air yang masuk ke area penambangan. Rancangan pembuatan sistem penyaliran tambang dilakukan bersamaan pada saat penambangan sedang beroperasi. Sistem penyaliran tambang yang diterapkan pada area penambangan batugamping adalah *mine dewatering system* yaitu sistem untuk menurapkan air yang masuk ke area penambangan dengan metode saluran terbuka (*open channel*). Metode saluran terbuka (*open channel*) menggunakan gaya gravitasi untuk mengalirkan air ke kolam pengendapan. Metode ini dianggap cocok untuk UP. Parno karena membutuhkan biaya konstruksi yang relatif murah.

Batuan penyusun batugamping di daerah penelitian terdiri dari batugamping kristalin dan batu keprus. Batugamping kristalin merupakan batuan yang dominan dapat ditemukan di seluruh daerah Ponjong, berwarna kecoklatan, abu-abu, keras, kompak dan memiliki permukaan kasar sehingga tidak memiliki banyak rongga dan tidak dapat banyak meresap air. Dengan kondisi ini air hujan yang jatuh dan air limpasan yang mengalir ke area penambangan tidak dapat seluruhnya terinfiltrasi ke dalam tanah. Daerah tangkapan hujan terletak di daerah bukaan tambang dengan luas 0,0412 km² dan debit air sebesar 0,245 m³/detik.

5.2 Rancangan Saluran Terbuka dan Gorong – Gorong

Sistem penyaliran tambang yang dipilih adalah *mine dewatering system* yang bertujuan untuk mengeluarkan air hujan dan air limpasan yang telah masuk ke lokasi penambangan. Adapun metode yang dipilih adalah metode paritan. Metode paritan dipilih karena merupakan metode *mine dewatering system* yang paling murah dan paling mudah dalam pembuatannya jika dibandingkan dengan metode lainnya. Metode paritan hanya memanfaatkan aliran alami air yaitu dengan memanfaatkan gaya gravitasi. Bentuk saluran terbuka yang dipilih adalah trapesium. Beberapa alasan dipilihnya saluran terbuka dengan bentuk trapesium

adalah karena memiliki kapasitas debit air yang besar, memiliki dinding saluran terbuka yang relatif lebih stabil jika dibandingkan dengan bentuk saluran terbuka lainnya, dinding saluran tidak mudah longsor, serta relatif lebih mudah dalam pembuatannya.

Pembuatan saluran terbuka didasarkan pada peta rancangan penambangan tahun terakhir karena pada tahun terakhir menghasilkan debit air tambang paling besar sehingga penentuan letak dan perhitungan dimensi saluran terbuka dapat tetap setiap tahunnya. Pelaksanaan pembuatan saluran terbuka dilakukan bersamaan dengan proses penambangan karena termasuk dalam kegiatan pendukung penambangan. Pembuatan saluran terbuka diawali dengan merancang letak lokasi saluran terbuka terlebih dahulu, setelah itu dilakukan perhitungan dimensi saluran terbuka sesuai dengan debit air tambang. Peralatan yang digunakan untuk membuat saluran terbuka adalah *Excavator Komatsu PC 200*.

5.2.1 Saluran Terbuka

Saluran terbuka berfungsi untuk menampung air limpasan permukaan pada suatu daerah, dan mengalirkannya ke tempat penampungan air atau tempat lainnya. Saluran terbuka dibuat dengan memanfaatkan gaya gravitasi bumi, sehingga dalam konstruksi saluran juga tidak begitu sulit. Penentuan lokasi saluran terbuka didasarkan pada letak daerah tangkapan hujan, arah aliran, serta kegunaannya. Saluran terbuka terletak di sebelah Timur dan sebelah Tenggara bukaan tambang yang akan mengalirkan air limpasan yang berasal dari daerah tangkapan hujan (DTH). Besar debit yang dialirkan dari daerah tangkapan hujan adalah sebesar $0,245 \text{ m}^3/\text{detik}$. Saluran terbuka memiliki dimensi kemiringan dinding saluran (α) sebesar 60° , kedalaman air (h) sebesar 0,50 meter, kedalaman saluran (d) sebesar 0,60 meter, lebar dasar saluran (B) sebesar 1,00 meter, lebar permukaan (b) sebesar 1,50 meter, dan panjang dinding saluran (a) sebesar 0,60 meter. Perhitungan debit air limpasan mengacu pada rumus Rasional (persamaan 3.8), komponen yang mempengaruhi jumlah debit ialah koefisien air limpasan, intensitas curah hujan rencana yang ditetapkan dari hasil perhitungan curah hujan memakai rumus *Mononobe* (persamaan 3.7), dan luas DTH yang dihitung menggunakan bantuan *AutoCAD 2007*.

5.2.2 Dimensi dan Letak Gorong–Gorong

Gorong–gorong adalah saluran berbentuk silinder untuk menghubungkan aliran air tambang. Gorong-gorong sangat dibutuhkan untuk mengatasi persoalan ketika saluran yang akan dibuat harus memotong jalan angkut. Pelaksanaan pembuatan gorong-gorong dilakukan bersamaan dengan pembuatan saluran terbuka karena bertujuan untuk mengalirkan air tambang, pada saluran terbuka terdapat 1 gorong-gorong. Letak gorong-gorong di lokasi penelitian direncanakan berada di bawah jalan angkut supaya tidak mengganggu akses jalan dan aliran air tambang tetap mengalir. Gorong-gorong menggunakan material beton dengan koefisien kekasaran dinding sebesar 0,013 (lihat Lampiran G). Gorong- gorong dibuat dari bahan beton berbentuk lingkaran karena mudah didapatkan dan harganya terjangkau. Saluran terbuka memiliki debit sebesar 0,245 m³/detik dengan diameter gorong-gorong yang dibutuhkan pada saluran terbuka sebesar 0,35 m.

5.3 Rancangan Kolam Pengendapan

Kolam pengendapan berfungsi sebagai tempat untuk mengendapkan partikel–partikel padatan yang ikut bersama aliran air dari lokasi penambangan. Sesuai dengan hukum *Stokes* untuk mengetahui kecepatan pengendapan pada kolam pengendapan yang akan dirancang, maka didapatkan nilai kecepatan pengendapan 0,00279 m/detik. Hukum *Stokes* dipilih karena persen (%) padatan kurang dari 40%. Berikut nilai *Total Suspended Solid* (TSS) dan pH meter di UP. Parno, Desa Karangasem, Kecamatan Ponjong, Kabupaten Gunungkidul, Daerah Istimewa Yogyakarta :

Tabel 5.1
Hasil Pengujian Kualitas Air

No.		1	2	3	4	Rata-rata	Baku Mutu Air Permenkes 416/Menkes/Per/IX/1990 Lampiran II	Metode Uji
Kode Conto		446/air/2017	447/air/2017	448/air/2017	449/air/2017			
Parameter	Satuan	Hasil						
pH	-	6,4	6,3	6,5	6,4	6,4	6,0 - 9,0	SNI 06-6989.11-2004
Residu terlarut	mg/L	8800	8500	8500	8200	8500	1000	SNI 06-6989.27-2005
Residu tersuspensi	mg/L	64	52	76	68	65	400	SNI 06-6989.3-2005
Suhu	Celsius (°)	30,8	33,4	35,2	33,6	33,25	Deviasi 3	SNI 06-6989.23-2005
Daya hantar listrik	µmhos/cm	680	785	906	837	802	-	SNI 06-6989.1-2004
Coliform total	MPN/100mL	700	920	1560	503	920,75	Nihil	SNI 01-2332-1991

Sumber : Laporan Studi Kelayakan Usaha Pertambangan Parno, 2017

Harga *Total Suspended Solid* berdasarkan penelitian sebesar 8.500 mg/L. Adapun hasil pengujian pH air di lokasi penelitian sebesar 6,4 sedangkan menurut

Peraturan Daerah Provinsi Daerah Istimewa Yogyakarta No. 7 Tahun 2016 kadar maksimum pH berkisar 6-9, maka kualitas air di daerah penelitian tersebut telah memenuhi baku mutu dan tidak menimbulkan pencemaran lingkungan serta bisa dialirkan ke badan air (sungai) terdekat.

Pelaksanaan pembuatan kolam pengendapan bersamaan dengan proses penambangan dan pembuatan saluran terbuka. Diawali dengan merancang letak kolam pengendapan, setelah didapatkan dimensi kolam pengendapan dapat dilakukan pembuatan kolam pengendapan. Kolam pengendapan yang sudah dirancang dan dibuat dapat digunakan untuk mengalirkan air yang sudah dilakukan proses pengendapan dalam keadaan yang cukup jernih menuju ke sungai. Lokasi kolam pengendapan direncanakan berada di sebelah Timur area penambangan dan berhubungan langsung dengan saluran terbuka. Lokasi tersebut dipilih karena berada di elevasi lebih rendah, memiliki area yang luas dan datar sehingga bisa digunakan untuk membuat kolam pengendapan dengan ukuran yang besar. Selain itu, lokasi kolam pengendapan juga berada di daerah yang terdiri dari batuan kompak sehingga lokasi kolam pengendapan tidak mudah longsor. Bentuk kolam pengendapan yang dibuat yaitu berbentuk persegi panjang dan bersekat-sekat. Kolam pengendapan dibuat bersekat-sekat dengan tujuan supaya kecepatan air yang masuk dapat diperkecil.

Pada aliran yang rendah, waktu yang dibutuhkan oleh air tambang untuk keluar dari kolam pengendapan semakin lama, sehingga material mempunyai waktu yang cukup untuk mengendap. Kolam pengendapan memiliki dimensi panjang keseluruhan (l) 33 m, lebar (b) 3 m, kedalaman (I) 3 m, lebar penyekat 3 m, kedalaman penyekat 3 m, dan panjang penyekat 7 m. Luas kolam pengendapan yang dibutuhkan tiap kompartmen adalah 264 m^2 dan volume kolam 666 m^3 . Pembuatan kolam pengendapan dimaksudkan agar air tambang yang telah masuk di kolam pengendapan dibuat mengendapkan partikel padatan dari air tambang, sehingga air yang keluar dari kolam pengendapan hanya mengandung partikel padatan kurang dari 0,002 mm. Air yang cukup jernih untuk selanjutnya dapat dialirkan ke sungai. Perhitungan waktu pembersihan (pengerukan) berdasarkan pada volume kolam pengendapan dan volume total padatan yang berhasil diendapkan per hari. Penyekat antar kolam dengan lebar penyekat dibuat

sedemikian rupa agar memudahkan alat mekanis dalam melakukan pengerukan partikel padatan. Peralatan yang digunakan dalam pembuatan kolam pengendapan di daerah penelitian adalah *Excavator Komatsu PC 200*. Selain digunakan untuk pembuatan kolam pengendapan, *Excavator Komatsu PC 200* juga digunakan untuk melakukan pembersihan dan perawatan kolam pengendapan dari partikel-partikel padatan yang mengendap agar tidak terjadinya pendangkalan kolam dan memaksimalkan kapasitas kolam serta menguji kualitas air dengan pengambilan sampel air secara berkala. Berdasarkan hasil perhitungan pengerukan endapan pada kolam pengendapan harus dilakukan 10 bulan 13 hari sekali (lihat Lampiran I).

BAB VI

KESIMPULAN DAN SARAN

6.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil pengamatan, perhitungan dan kajian hasil pengolahan data, maka dapat diambil kesimpulan dan saran sebagai berikut:

1. Dari hasil perhitungan dengan intensitas curah hujan sebesar 43,77 mm/jam diketahui debit air limpasan dari DTH sebesar 0,245 m³/detik.
2. Rancangan saluran terbuka dan gorong-gorong berdasarkan debit air tambang yang masuk ke dalam bukaan tambang yaitu 0,245 m³/detik. Dimensi saluran terbuka dan gorong-gorong yang didapatkan berdasarkan hasil perhitungan adalah:
 - a. Saluran terbuka dimulai dari sisi sebelah Timur dan sebelah Tenggara area penambangan, kemudian mengikuti sisi area penambangan yang mengalirkan air dari DTH dan air hujan yang langsung masuk ke area penambangan, sehingga dimensi yang dibutuhkan yaitu $b = 1,50$ m; $B = 1,00$ m; $d = 0,60$ m; $a = 0,60$ m; $h = 0,50$ m, dan $L = 273,25$ m.
 - b. Gorong-gorong berfungsi untuk mengalirkan air dari saluran terbuka yang memotong jalan angkut. Saluran terbuka pada penambangan memiliki debit sebesar 0,245 m³ /detik dengan diameter gorong-gorong yang dibutuhkan sebesar 0,35 meter.
3. Kolam pengendapan dibutuhkan sebagai tempat untuk mengendapkan partikel-partikel padatan yang terbawa bersama aliran air tambang yang berasal dari saluran terbuka. Kolam pengendapan terdiri dari 3 kompartmen. Spesifikasi teknis kolam pengendapan sebagai berikut:
 - a. Dimensi kolam pengendapan:
 - Jumlah kompartmen = 3
 - Kedalaman kolam (H) = 3 m

- Lebar kolam (b) = 8 m
 - Lebar penyekat = 3 m
 - Panjang penyekat = 7 m
 - Kedalaman penyekat = 3 m
 - Panjang kolam tiap kompartmen = 11 m
 - Panjang kolam total = 33 m
- b. Kolam pengendapan memiliki volume daya tampung sebesar 666 m³ dengan volume padatan yang mengendap sebanyak 2,13 m³/hari.
- c. Kolam pengendapan perlu dilakukan pembersihan (pengerukan) endapan padatan setiap 10 bulan 13 hari sekali.

6.2 Saran

1. Rancangan sistem penyaliran tambang perlu dibuat pada saat pengajuan IUP serta dibuat dalam jangka waktu umur tambang sehingga pada proses operasi produksi tidak akan terkendala masalah air tambang.
2. Perlu adanya alat pencatat data meteorologi di lokasi penelitian agar diperoleh data curah hujan yang lebih akurat.
3. Pengecekan dan perawatan saluran terbuka serta kolam pengendapan harus dilakukan secara periodik untuk menghindari penyumbatan maupun pendangkalan akibat sedimentasi yang dapat menyebabkan terganggunya aliran air.

DAFTAR PUSTAKA

1. Bemmelen, R. W. Van. (1948). *The Geology of Indonesia Vol IA General Geology of Indonesia and Adjacent Archipelagoes*. Batavia: The Hague 1949.
2. Chay Asdak, 1995, *Hidrologi dan Pengelolaan Daerah Aliran Sungai*, Gadjah Mada University Press, P.O.Box 14 Bulaksumur Yogyakarta, hal. 53-78.
3. Partanto Prodjosumarto, 1994. *Rancangan Kolam Pengendapan sebagai Pelengkap Sistem Penirisan Tambang*, Jurusan Teknik Pertambangan Institut Teknologi Bandung.
4. Powers, J. Patrick, 1992, *Construction Dewatering: New Methods and Applications*, Jhon Wiley and Sons, New York, hal 177-188; 253-256.
5. Read, John & Stacey, Peter. 2009. *Guidelines for Open Pit Slope Design*. Australia: CSIRO Publishing
6. Rudy S. Gautama, 2019, *Sistem Penyaliran Tambang*, Institut Teknologi Bandung, hal. 2-3; 4-3; 5-10.
7. Shapefile Nasional Badan Informasi Geospasial. (2018). (*Pusat Pengelolaan dan Penyebarluasan Informasi Geospasial*) Diakses pada Oktober 2021, dari Peta RBI Format shp: <https://tanahair.indonesia.go.id/portal-web>.
8. Soedibyo. 2003. *Teknik Bendungan*. Pradnya Paramita, Jakarta.
9. Soemarto, C.D., 1987. *Hidrologi Teknik*. Usaha Nasional, Surabaya.
10. Sosrodarsono S. dan Takeda K. 1987. *Hidrologi untuk Pengairan*. Jalan Kebon Sirih No. 46 Jakarta: PT. Pradnya Paramita, hal. 2-8.
11. Suripin, 2004, *Sistem Drainase Perkotaan yang Berkelanjutan*, Jalan Beo 38-40 Yogyakarta: PT. Andi Offset, hal. 20 – 21; 50 – 53; 67-68; 77; 79-82; 144-151.
12. Surono, 2008, *Jurnal Geologi Indonesia, Vol, 3 No, 4 Desember 2008: Litostratigrafi dan sedimentasi Formasi Kebo dan Formasi Butak di Pegunungan Baturagung, Jawa Tengah Bagian Selatan*, Bandung: Pusat Survei Geologi, Hal 185.
13. Surono, 2008, *Sedimentasi Formasi Semilir di Desa Sendang, Wuryantor, Wonogiri*, Indonesia, Bandung: Pusat Survei Geologi, Hal 33.
14. Usaha Pertambangan Parno, 2017, *Laporan Studi Kelayakan Usaha Pertambangan Parno*, Gunung Kidul, Daerah Istimewa Yogyakarta. Hal 2-6

15. Tang, Yiqun. 2015. *Groundwater Engineering*. Singapore: Springer Environmental Science and Engineering.

LAMPIRAN

LAMPIRAN A

DATA CURAH HUJAN HARIAN TAHUN 2011 - 2020

Tabel A.1
Data Curah Hujan Harian Tahun 2011 (mm)

TANGGAL	BULAN											
	Januari	Februari	Maret	April	Mei	Juni	Juli	Agustus	September	Oktober	November	Desember
1	9	12	23	5	8						25	
2	21	3	2	8	1						4	10
3	95	1		26							16	13
4	46	34			2						4	
5		37	4	1	30						7	5
6	25	20	2	11	12						8	
7		28	16	40	13						2	13
8	3	5	2	5							5	5
9	5			11							23	
10				8							6	
11		55	8	14							2	20
12			12	13								1
13	7											
14	9	60	1	4								6
15	26	64			32						6	
16	18	5										
17	68	4	25	12							26	26
18	11			7								18
19	2										21	48
20	25	4	20								57	13
21	7	31									44	1
22	6	23	43							4	6	
23	9	3	16							7		
24	27	20	9	10								
25	3	39	13							3		4
26		11	16							8		
27	1	15	11							4		13
28	12	13	9								2	9
29	9		26	5							11	51
30	4			7							3	13
31	2		12									16
Juml. Curah Hujan (mm/bulan)	450	487	270	187	98	0	0	0	0	26	278	285
Juml. Hari Hujan	25	22	20	17	7					5	20	20
Hujan Maksimum (mm/hari)	95	64	43	40	32	0	0	0	0	8	57	51
CH Ratarata	18	22,136	13,5	11	14					5,2	13,9	15,278

Sumber : Dinas Pertanian dan Pangan Kab. Gunungkidul, Daerah Istimewa Yogyakarta

Keterangan :

: Curah hujan harian maksimum tiap bulan

Tabel A.2
Data Curah Hujan Harian Tahun 2012 (mm)

TANGGAL	BULAN											
	Januari	Februari	Maret	April	Mei	Juni	Juli	Agustus	September	Oktober	November	Desember
1	42	4		33								
2	10	2	39								9	
3	11	58	72	23								8
4	25	50	37	34	12							19
5	7		32		23							72
6			71	4								16
7	11		21	6								32
8	49	2	16									12
9	6		9									19
10	22		12									
11	4		17									15
12	10	37	22									37
13	7		3	4							45	12
14	21			14								
15	27			18						15		21
16	8	45		3	22							23
17	3		9	17	12						16	9
18	36	11									21	2
19			30									6
20		40										18
21		51	10									
22	14	11	12									11
23	9	2									7	
24											15	
25		17									8	
26		29									3	9
27											7	
28											58	25
29				2						3		41
30	4			39							41	3
31	3		31									11
Juml. Curah Hujan (mm/bulan)	329	359	443	197	69	0	0	0	0	18	230	421
Juml. Hari Hujan	21	14	17	12	4					2	18	22
Hujan Maksimum (mm/hari)	49	58	72	39	23	0	0	0	0	15	58	72
CH Rata-rata	15,667	25,643	26,059	16,417	17,25					9	20,909	19,136

Sumber : Dinas Pertanian dan Pangan Kab. Gunungkidul, Daerah Istimewa Yogyakarta

Keterangan :

: Curah hujan harian maksimum tiap bulan

Tabel A.3
Data Curah Hujan Harian Tahun 2013 (mm)

TANGGAL	BULAN											
	Januari	Februari	Maret	April	Mei	Juni	Juli	Agustus	September	Oktober	November	Desember
1	27					11	3					
2	22	27	6									
3	28	13	9				1				5	
4	10		9				1					
5	30	16	18			1						
6	111	69		30		4						
7	4	13		54	34	6						
8	56					20	1					50
9		14	4	50		34	5					38
10			10				23					29
11	7	31	18	3	3	1	6				33	53
12	24	10				3						
13	25	7	10	17		32	8					6
14	5	39	3	8			20				27	
15	11	7		1								31
16		10	6			3					14	
17	62	13		32						3	30	
18	17	20	2	6	21							
19	20	18	28		20						23	78
20		1				22					9	23
21	21			42	10							41
22				29								44
23				19								12
24		25			3						4	13
25	12				29							7
26	16	5			44							
27						32					4	
28					2					3		
29			24		5	8						
30	11		25		21					9		19
31												16
Jumlah Curah Hujan (mm/bulan)	519	338	172	291	192	177	68	0	0	15	149	460
Jumlah Hari Hujan	20	18	14	11	11	13	9			3	9	15
Hujan Maksimum (mm/hari)	111	69	28	54	44	34	23	0	0	9	33	78
CH Rata-rata	25,95	18,778	12,286	24,25	17,455	13,615	7,556			5	16,556	30,667

Sumber : Dinas Pertanian dan Pangan Kab. Gunungkidul, Daerah Istimewa Yogyakarta

Keterangan :

: Curah hujan harian maksimum tiap bulan

Tabel A.4
Data Curah Hujan Harian Tahun 2014 (mm)

TANGGAL	BULAN											
	Januari	Februari	Maret	April	Mei	Juni	Juli	Agustus	September	Oktober	November	Desember
1	6	7		30								3
2		27										5
3		35	26	1								3
4		15		3								3
5		105										
6	7	8		33	40							1
7	9	17										2
8		13		11								2
9		10		24								4
10	22	36	4									3
11		3		20							83	112
12			13	9	9							16
13	9		6		49		10				7	20
14	20			31			14				4	29
15	31	24	22	16	1						2	
16						7					6	25
17		2				36					12	
18	2	12		2		19					15	2
19	27			2							1	
20	22	21									17	10
21	1	12		34								12
22	12	16	5								6	5
23	28			1							2	13
24	17	54	44			2						6
25	14	3			2	3					3	12
26					2	44						
27	38			1							4	56
28	16	2									11	40
29	2										38	9
30					1						12	2
31	13		17									
Jnk. Curah Hujan (mm/bulan)	296	422	137	218	104	111	24	0	0	0	223	395
Jnk. Hari Hujan	19	20	8	21	7	6	2				16	25
Hujan Maksimum (mm/hari)	38	105	44	34	49	44	14	0	0	0	83	112
CH Rata-rata	15,579	21,1	17,125	14,533	14,857	18,5					13,938	15,8

Sumber : Dinas Pertanian dan Pangan Kab. Gunungkidul, Daerah Istimewa Yogyakarta

Keterangan :

: Curah hujan harian maksimum tiap bulan

Tabel A.5
Data Curah Hujan Harian Tahun 2015 (mm)

TANGGAL	BULAN											
	Januari	Februari	Maret	April	Mei	Juni	Juli	Agustus	September	Oktober	November	Desember
1	2	5	17	10	27	3						
2	4	19	9		20							3
3	10		1	26	29							7
4	3	2		29								1
5		4	7	11								
6			4	6								
7	26	33		14								28
8		27	10									5
9		5	41									14
10	2	17	25								10	46
11		17	18	5								
12	25	71	31	10	2							19
13	71	27	2	2	3							7
14	29	23	5	1							7	8
15	14	11	6	20								25
16	37			1								62
17	46	5										5
18	42	10									15	
19	12	6									11	3
20			38	14								22
21	2		20	33	10						4	9
22	38		13	29							2	
23	6	26	3	26								25
24		25	49	30								17
25	5			27	1						1	
26				29								
27		5		13	4							
28			58								6	
29	8			4							8	
30				10								
31	6											
Jumlah Curah Hujan (mm/bulan)	388	338	357	350	96	3	0	0	0	0	64	306
Jumlah Hari Hujan	20	19	19	23	8	1					9	18
Hujan Maksimum (mm/hari)	71	71	58	33	29	3	0	0	0	0	15	62
CH Rata-rata	19,4	17,789	18,789	15,909	12	3					7,111	17

Sumber : Dinas Pertanian dan Pangan Kab. Gunungkidul, Daerah Istimewa Yogyakarta

Keterangan :

: Curah hujan harian maksimum tiap bulan

Tabel A.6
Data Curah Hujan Harian Tahun 2016 (mm)

TANGGAL	BULAN											
	Januari	Februari	Maret	April	Mei	Juni	Juli	Agustus	September	Oktober	November	Desember
1					19							16
2	17	48	8		40	5	6		1	20	16	97
3		18	4								25	7
4	3	2	3				9			1	39	20
5		48								9		5
6			10			1		5				1
7		4				2		8				61
8		4					5	15		75	57	2
9			2		10	29				32	2	41
10	16	47	3							15	33	1
11	14	19	4	54	2	5					3	36
12		8	2	26				5	1	6		
13			7	49				18		1	4	
14	18				11		3	7			5	3
15					6	2		7	6	13	9	1
16		51					13		3	10	7	5
17		5				3		3	15			
18	90			4		52			30		5	19
19	26			17		25	1		37		30	26
20	51		2						10		51	
21	5	4					9				56	11
22	39	20	5		2	16			3	6		
23							13		8	3	1	
24			17						36		5	
25			1						4			
26	2	3	102				4	12	13		5	
27		5	3	13		9		8	41	95	6	9
28	3	15	7							2	8	25
29			14	6		13					92	1
30	8		46		16						53	12
31	45		28		1			43		13		24
Juml. Curah Hujan (mm/bulan)	337	301	268	169	107	162	63	131	208	301	512	423
Juml. Hari Hujan	14	16	19	7	9	12	9	11	14	15	22	22
Hujan Maksimum (mm/hari)	90	51	102	54	40	52	13	43	41	95	92	97
CH Rata-rata	24,071	18,813	14,105	24,143	11,889	13,5	7	11,909	14,857	20,067	23,273	19,227

Sumber : Dinas Pertanian dan Pangan Kab. Gunungkidul, Daerah Istimewa Yogyakarta

Keterangan :

: Curah hujan harian maksimum tiap bulan

Tabel A.7
Data Curah Hujan Harian Tahun 2017 (mm)

TANGGAL	BULAN											
	Januari	Februari	Maret	April	Mei	Juni	Juli	Agustus	September	Oktober	November	Desember
1		13	66	22		2						
2	20	60	25	25				5				6
3	21	50										
4		5	10		25							
5			9		2					1		
6	103		14	3						3	73	
7				15							4	
8		25			3	6						
9	11				2					4	1	
10		9										17
11		10								20		
12		31	7							36		9
13	20	29				16						
14		8	3								3	
15	70	25	8									
16	10	2	4							5	32	64
17	25										23	4
18	13		12								3	
19	39	4	39	13			28					24
20	9		21								5	40
21	16	12	7	4							24	31
22	5	32	10									5
23		1	5	5							8	
24	5		10	73						9	41	
25	6		5								35	
26	17	39	30	3					4			29
27		51	20	29		9			5	2	5	10
28		3		3			1		16		116	30
29	6				27				15	3	134	
30	12			29							19	10
31	21				2							
Juml. Curah Hujan (mm/bulan)	429	409	305	224	61	33	29	5	40	83	526	279
Juml. Hari Hujan	19	19	19	12	6	4	2	1	4	9	16	11
Hujan Maksimum (mm/hari)	103	60	66	73	27	16	28	5	16	36	134	64
CH Rata-rata	22,579	21,526	16,053	18,667	10,167	8,25	14,5	5	10	9,222	32,875	21,462

Sumber : Dinas Pertanian dan Pangan Kab. Gunungkidul, Daerah Istimewa Yogyakarta

Keterangan :

: Curah hujan harian maksimum tiap bulan

Tabel A.8
Data Curah Hujan Harian Tahun 2018 (mm)

TANGGAL	BULAN											
	Januari	Februari	Maret	April	Mei	Juni	Juli	Agustus	September	Oktober	November	Desember
1		25										
2		9	27									
3		80	40	61								
4		2										
5	13	2										2
6			13									21
7		8	30	29							13	6
8		12	16	2							5,5	9
9	23	6	14	31							21	
10	13	10	8	9							15	
11	12		3								4	
12	117	138	5								13	
13		6									45,5	
14	25										11	
15	2	10		4							3	5
16		12										37
17	34											
18	5		47	1								
19	15		5	15								
20	39	15	2		6							
21	16			9	1				10			22
22	17			28	3							
23	26	1		28								4
24	7	40	8	15	8							12
25	30		11									10
26	20		18									4
27	5		29									8
28	25		8								22	
29	17											
30	7										11	5
31												12
Juml. Curah Hujan (mm/bulan)	468	376	284	232	18	0	0	0	10	0	164	157
Juml. Hari Hujan	21	16	17	12	5				1		11	14
Hujan Maksimum (mm/hari)	117	138	47	61	8	0	0	0	10	0	45,5	37
CH Rata-rata	22,286	23,5	16,706	19,333	4,5				10		14,909	11,214

Sumber : Dinas Pertanian dan Pangan Kab. Gunungkidul, Daerah Istimewa Yogyakarta

Keterangan :

: Curah hujan harian maksimum tiap bulan

Tabel A.9
Data Curah Hujan Harian Tahun 2019 (mm)

TANGGAL	BULAN											
	Januari	Februari	Maret	April	Mei	Juni	Juli	Agustus	September	Oktober	November	Desember
1	2											5,5
2	11	10	51									
3	5		10									
4		1										
5	6											
6	6	1	10	53								
7	11	3	69									42
8		3										21
9												8
10	1											
11	2		4									
12												2
13	7		19							28		25
14	12									2		41
15	1		21									
16	30		25									
17			21	34								
18	8	8	98									
19		8										11
20	5		7									28
21	1	23	1									
22	50	97										20
23	38		1							20,5		
24			8									16
25	17		26									1
26	8	10										
27												112
28		7										
29				79								
30				22								16
31	72											16
Jumlah Curah Hujan (mm/bulan)	293	171	371	188	0	0	0	0	0	0	50,5	364,5
Jumlah Hari Hujan	20	11	15	4	17	11	6	2	1	6	3	16
Hujan Maksimum (mm/hari)	72	97	98	79	0	0	0	0	0	0	28	112
CH Rata-rata	14,65	15,545	24,733	47							16,833	24,3

Sumber : Dinas Pertanian dan Pangan Kab. Gunungkidul, Daerah Istimewa Yogyakarta

Keterangan :

: Curah hujan harian maksimum tiap bulan

Tabel A.10
Data Curah Hujan Harian Tahun 2020 (mm)

TANGGAL	BULAN											
	Januari	Februari	Maret	April	Mei	Juni	Juli	Agustus	September	Oktober	November	Desember
1	17		3	27							6	
2	34	8	35	2							4	
3	7	12	29									35
4	46	36	7	19					3		27	9
5	48	15	62	61								
6	18			62							53	46
7	22		15								5	14
8	9		70									33
9	3		5	3							7	
10	13	70	33		30							10
11	11				18							3,5
12	4		54		30			1		7		10
13		12									18	3
14		48									7	8
15		9				3					27	13
16		2		17		2					12	1
17				2								2
18		14		11								16
19				21	7					3		37
20		15	66		2					4	4	2
21		36	12	21						59		
22	9	17	8	6						3	14	
23	13		23								2	1
24	2		2	36						10	13	
25		65	14	5						1	10	
26	18	3	1		3					3	5	2
27	30	9			4					6	1	7
28	15		23	20	6					30		23,5
29		25	48	3	8					1	4	
30	7		13	1						14	36	5,5
31	1		1		30					34		59
Juml. Curah Hujan (mm/bulan)	327	396	524	317	138	5	0	1	3	175	255	340,5
Juml. Hari Hujan	20	17	21	17	10	2		1	1	13	19	22
Hari Maksimum (mm/hari)	48	70	70	62	30	3	0	1	3	59	53	59
CH Rata-rata	16,350	23,294	24,952	18,647	13,8	2,5		1	3	13,462	13,421	15,477

Sumber : Dinas Pertanian dan Pangan Kab. Gunungkidul, Daerah Istimewa Yogyakarta

Keterangan :

: Curah hujan harian maksimum tiap bulan

LAMPIRAN B

PERHITUNGAN CURAH HUJAN RENCANA

Data curah hujan yang digunakan adalah data yang diperoleh dari Dinas Pertanian dan Pangan Kabupaten Gunungkidul. Data curah hujan yang ada diolah dengan menggunakan distribusi *Gumbell*. Sebelum melakukan perhitungan, terlebih dahulu menentukan curah hujan maksimum di setiap bulannya. Kemudian didapat curah hujan maksimum pada tahun tersebut. Data curah hujan harian maksimum tahun 2011-2020 dapat dilihat pada tabel B.1. Data curah hujan yang digunakan adalah data yang diperoleh dari Dinas Pertanian dan Pangan Kab. Gunungkidul, Daerah Istimewa Yogyakarta.

Rumus untuk menghitung curah hujan rencana adalah seperti dibawah ini :

$$X_t = \underline{X} + \frac{S_x}{S_n} (Y_r - \underline{Y}_n) \text{ atau}$$

$$X_t = \underline{X} + k \cdot SD$$

$$k = \frac{(Y_r - \underline{Y}_n)}{S_n}$$

Keterangan:

X_t = Curah hujan rencana maksimum (mm/hari) dengan periode ulang hujan (PUH) tertentu.

\underline{X} = Curah hujan rata-rata (mm).

k = *Reduced variate factor*.

SD = Standar deviasi.

S_n = Standar deviasi dari reduksi *variate*, tergantung dari jumlah data (n).

Y_t = Nilai reduksi *variate* dari variabel yang diharapkan terjadi pada PUH.

\underline{Y}_n = Nilai rata-rata dari reduksi *variate*, tergantung dari jumlah data (n).

Tabel B.1
Data Curah Hujan Harian Maksimum Tahun 2011-2020

Bulan	Curah Hujan Maksimum (mm/hari)										Rata-rata
	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	
Januari	95	49	111	38	71	90	103	117	72	48	79,4
Februari	64	58	69	105	71	51	60	138	97	70	78,3
Maret	43	72	28	44	58	102	66	47	98	70	62,8
April	40	39	54	34	33	54	73	61	79	62	52,9
Mei	32	23	44	49	29	40	27	8		30	31,3
Juni			34	44	3	52	16			3	25,3
Juli			23	14		13	28				19,5
Agustus						43	5			1	16,3
September						41	16		17	3	19,3
Oktober	8	15	9			95	36		112	59	47,7
November	57	58	33	83	15	92	134	45	89	53	65,9
Desember	51	72	78	112	62	97	64	37	82	59	71,4
Total	390	386	483	523	342	770	628	453	646	458	
CH Maksimum (mm/hari)	95	72	111	112	71	102	134	138	112	70	
Jumlah Curah Hujan Maksimum (mm/hari)											1017,0
CH Maksimum Rata-Rata (mm/hari)											101,7

B.1 Periode Ulang dan Resiko Hidrologi

Penentuan periode ulang dan resiko hidrologi dihitung dengan menggunakan rumus:

$$Rh = 1 - \left[1 - \frac{I}{Tr} \right]^{TL}$$

Keterangan:

Rh = resiko hidrologi (%).

Tr = periode ulang hujan (tahun).

TL = umur tambang (tahun).

Contoh perhitungan:

$$Tr = 5 \text{ tahun}$$

$$Rh = 1 - \left[1 - \frac{I}{Tr} \right]^{TL}$$

$$Rh = 1 - \left[1 - \frac{I}{5} \right]^{10}$$

$$Rh = 89,26 \%$$

(hasil perhitungan selanjutnya lihat tabel B.2)

Tabel B.2
Resiko Hidrologi pada Periode Ulang Berbeda

PUH (Tahun)	Resiko Hidrologi (%)
1	100
2	99,90234375
3	98,26584701
4	94,36864853
5	89,26258176
6	83,84944171
7	78,59416844
8	73,69244238
9	69,20538523
10	65,13215599

B.2 Perhitungan Curah Hujan Rencana

Untuk menghitung curah hujan rencana, terlebih dahulu harus dicari beberapa variabel, antara lain:

1. Perhitungan Curah Hujan Harian Rata-Rata (\bar{X})

$$\bar{X} = \frac{95 + 72 + 111 + 112 + 71 + 102 + 134 + 138 + 138 + 112 + 70}{10}$$

$$= 101,70 \text{ mm/hari}$$

2. Perhitungan Reduced Mean (Y_n)

Nilai reduced mean dapat diterapkan dengan menggunakan rumus sebagai berikut:

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

Keterangan:

n = Jumlah sampel

m = Urutan sampel (1,2,3...) dari nilai terbesar ke terkecil

Misal : untuk m = 4

$$Y_n = -\ln \left[-\ln \left\{ \frac{(10+1) - 4}{10+1} \right\} \right]$$

$$= 0,7941$$

(Perhitungan selanjutnya lihat Tabel B.3)

Reduced mean rata-rata:

$$\begin{aligned} \bar{Y}_n &= \frac{\sum_{i=1}^n Y_n}{n} \\ &= \frac{(-0,5334) + 0,5007 + (-0,2618) + 0,2377 + 0,7941 + (-0,8746) + 1,6061 + 2,3506 + 0,2377 + 1,1443}{10} \\ &= 0,52013 \end{aligned}$$

3. Perhitungan *Standard Deviation* (SD)

Nilai dari *Standard Deviation* dapat ditentukan dengan rumus sebagai berikut:

$$SD = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (X - \bar{X})^2}{n-1}}$$

Maka nilai *Standard Deviation* adalah :

$$SD = \sqrt{\frac{\sum(5534)^2}{10-1}} = 24,80$$

4. Perhitungan *Reduced Standard Deviation* (Sn)

Nilai dari *Reduced Standard Deviation* dapat ditentukan dengan rumus sebagai berikut :

$$S_n = \sqrt{\frac{\sum(Y_n - \bar{Y}_n)^2}{n-1}}$$

Maka nilai *Reduced Standard Deviation* adalah :

$$S_n = \sqrt{\frac{\sum(8,8212)^2}{10-1}} = 0,99 \approx 1$$

Tabel B.3
Perhitungan Curah Hujan Rencana

No	Tahun	Curah Hujan		$(X-\bar{X})^2$	n	m	Y_n	$(Y_n - \bar{Y}_n)^2$	SD	Sn
		CH Maksimum (X) mm/hari	CH Rata-rata (mm/hari)							
1	2011	95	101,7	45	10	9	-0,5334	1,1099571	24,80	1
2	2012	72		882	10	5	0,5007	0,000379332		
3	2013	111		86	10	8	-0,2618	0,611430514		
4	2014	112		106	10	6	0,2377	0,079778404		
5	2015	71		942	10	4	0,7941	0,075064136		
6	2016	102		0	10	10	-0,8746	1,945241215		
7	2017	134		1043	10	2	1,6061	1,179314298		
8	2018	138		1318	10	1	2,3506	3,350697277		
9	2019	112		106	10	6	0,2377	0,079778404		
10	2020	70		1005	10	3	1,1443	0,389563751		
Jumlah		1017		5534			5,2013	8,8212		
Rata-rata		101,7		553			0,52013			

B.3 Perhitungan Curah Hujan Rencana pada Periode Ulang Berbeda

Berdasarkan perhitungan data curah hujan diatas maka diperoleh :

Curah hujan rata-rata (\bar{X}) = 101,7 mm/hari

Standard Deviation (SD) = 24,80

Reduced mean rata-rata = 0,52013

Reduced Standard Deviation (Sn) = 1

1. Perhitungan *Reduced Variate*

Nilai dari *Reduced Variate* dapat diterapkan dengan menggunakan rumus sebagai berikut:

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

Keterangan:

T = Periode ulang (tahun)

Maka nilai *Reduced Variate* adalah :

T = 5 tahun

$$Y_t = -\ln \left[-\ln \left(\frac{5-1}{5} \right) \right] = 1,5$$

(Perhitungan selanjutnya dapat dilihat pada Tabel B.4)

2. Perhitungan Faktor *Reduced Variate*

Nilai dari faktor *Reduced Variate* dapat diterapkan dengan menggunakan rumus sebagai berikut :

$$k = \frac{(Y_t - \bar{Y}_n)}{S_n}$$

Maka nilai k adalah :

$$\begin{aligned} k &= \frac{(1,5 - 0,52013)}{1} \\ &= 0,99 \end{aligned}$$

3. Perhitungan Curah Hujan Harian Rencana

Untuk mengetahui besarnya curah hujan harian rencana dapat menggunakan rumus sebagai berikut :

$$X_t = \bar{X} + k \cdot SD$$

Maka nilai curah hujan harian rencana adalah :

$$X_t = 101,7 + (0,99 \times 27,80)$$

$$X_t = 126,24 \text{ mm/hari}$$

(Perhitungan selanjutnya dapat dilihat pada Tabel B.4)

Tabel B.4
Curah Hujan Rencana pada Periode Ulang Berbeda

Curah Hujan Rencana dengan Periode Ulang Berbeda									
Periode Ulang Tahun	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Nilai Y_t	0,37	0,90	1,25	1,50	1,70	1,87	2,01	2,14	2,25
Nilai \bar{Y}_n	0,52	0,52	0,52	0,52	0,52	0,52	0,52	0,52	0,52
Nilai S_n	0,99	0,99	0,99	0,99	0,99	0,99	0,99	0,99	0,99
Faktor <i>Reduced Variate</i> (k)	-0,16	0,39	0,73	0,99	1,19	1,36	1,51	1,64	1,75
Nilai SD	24,80	24,80	24,80	24,80	24,80	24,80	24,80	24,80	24,80
Curah Hujan Harian Rata-rata (mm/hari)	101,70	101,70	101,70	101,70	101,70	101,70	101,70	101,70	101,70
Curah Hujan Harian Rencana (mm/hari)	97,85	111,28	119,88	126,24	131,30	135,51	139,10	142,25	145,04

LAMPIRAN C

PERHITUNGAN INTENSITAS CURAH HUJAN

Perhitungan intensitas curah hujan dapat dilakukan dengan menggunakan beberapa metode, salah satunya menggunakan rumus *Mononobe*. Harga R_{24} adalah besarnya curah hujan rencana yang telah ditentukan yaitu sebesar 126,24 mm/hari. Nilai $t = 1$ jam, disebabkan tidak ada data curah hujan yang disajikan dalam durasi waktu satu jam lebih atau kurang. Pada perhitungan intensitas curah hujan, dikonversikan dari curah hujan harian menjadi jumlah curah hujan dalam satuan jam. Jadi, besarnya intensitas curah hujan dalam 1 jam adalah:

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

Keterangan:

I = Intensitas curah hujan (mm/jam).

R_{24} = Curah hujan maksimum (mm).

t = Lamanya waktu hujan (jam).

$$I = \frac{126,24}{24} \left(\frac{24}{1} \right)^{\frac{2}{3}} \text{ mm/jam}$$

$$I = 43,77 \text{ mm/jam}$$

LAMPIRAN D

PENENTUAN NILAI KOEFISIEN LIMPASAN

Penentuan koefisien limpasan adalah dengan cara pengamatan langsung ke lokasi penambangan dan berdasarkan peta topografi. Beberapa faktor yang dapat mempengaruhi nilai koefisien limpasan antara lain kondisi permukaan tanah, luas daerah tangkapan hujan, dan kemiringan permukaan tanah. Berikut nilai koefisien (C) yang terdapat pada tabel D.1 sesuai kemiringan dan bentuk lahan:

Tabel D.1
Nilai Koefisien Limpasan (Suripin, 2004)

Koefisien aliran $C = C_t + C_s + C_v$					
Koefisien Topografi (C_t)		Koefisien Tanah (C_s)		Koefisien Vegetasi (C_v)	
Datar (< 1%)	0,03	Pasir dan gravel	0,04	Hutan	0,04
Bergelombang (1-10%)	0,08	Lempung berpasir	0,08	Pertanian	0,11
Perbukitan (10-20%)	0,16	Lempung dan lanau	0,16	Padang rumput	0,21
Pegunungan (> 20%)	0,26	Lapisan batu	0,26	Tanpa tanaman	0,28

Sesuai dengan Tabel D.1, maka dapat diperoleh nilai koefisien dengan nilai yang berbeda-beda sesuai dengan kondisi yang ada. Berikut adalah luas daerah tangkapan hujan dengan menggunakan *software AutoCAD* dan nilai koefisien pada setiap daerah tangkapan hujan, yaitu:

Luas Daerah Tangkapan Hujan = $41.966,80 \text{ m}^2 = 0,0419668 \text{ km}^2$

Koefisien Limpasan ($C_t+C_s+C_v$) = $0,16 + 0,04 + 0,28$

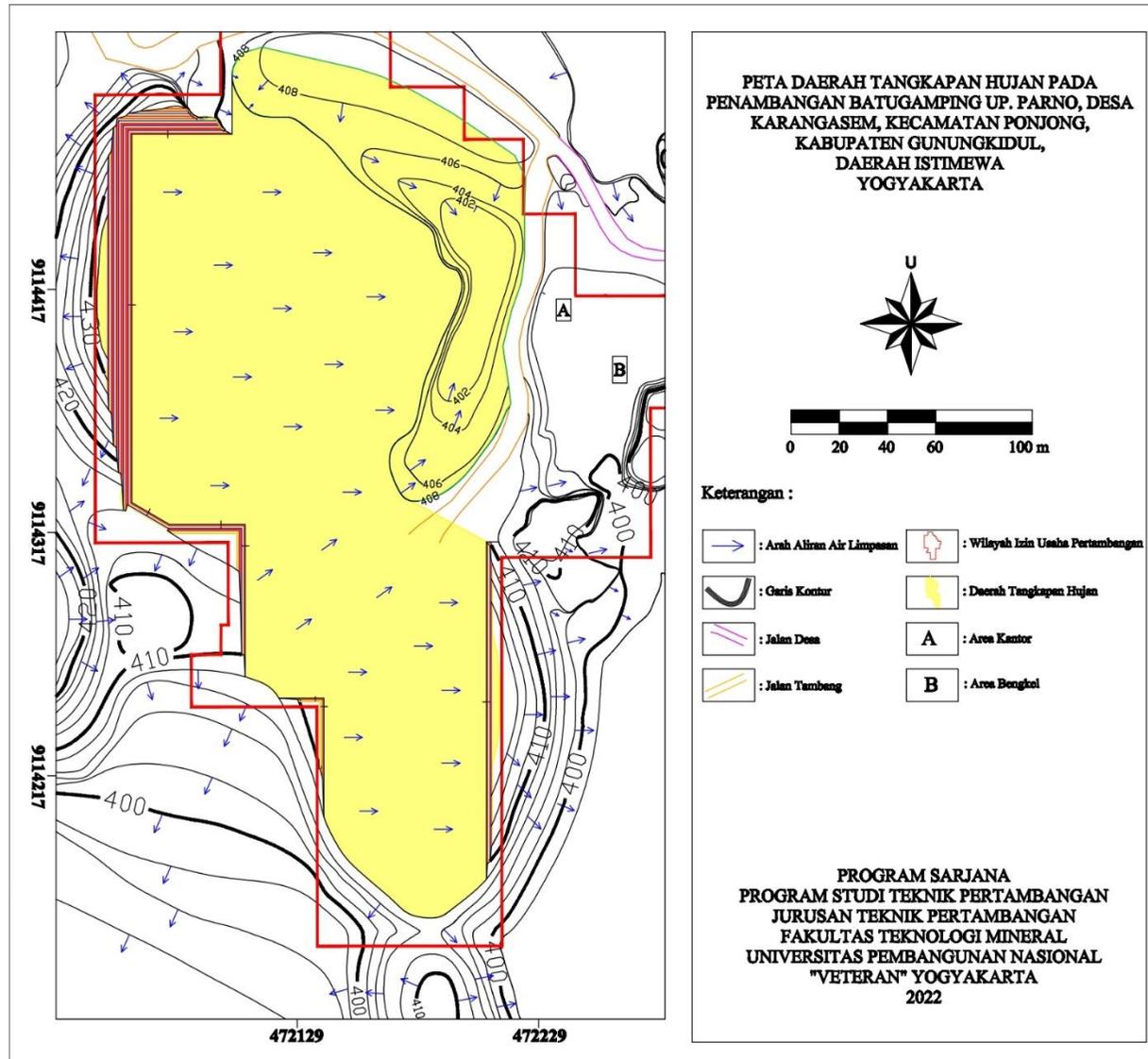
Koefisien Limpasan (C) = $0,48$

Untuk lebih jelasnya, dapat disajikan dalam Tabel D.2 sebagai berikut:

No	Lokasi	Nilai koefisien limpasan (C)
1	DTH	0,48

LAMPIRAN E
PETA ARAH ALIRAN AIR LIMPASAN DAN DAERAH
TANGKAPAN HUJAN

Hasil penentuan daerah tangkapan hujan didapatkan satu luas daerah tangkapan hujan yang dapat berpengaruh di area penambangan. Daerah tangkapan hujan ditandai dengan daerah yang berwarna kuning, luas yang diperoleh sebesar 0,0412 km². Arah aliran limpasan ditunjukkan dengan anak panah berwarna biru. Lantai jenjang pada penambangan dibuat landai ke arah Timur agar air limpasan yang masuk ke lantai penambangan dapat masuk ke dalam saluran terbuka dengan adanya gaya gravitasi, sehingga tidak terjadi genangan air pada lantai penambangan.



LAMPIRAN F

PERHITUNGAN DEBIT AIR LIMPASAN

Sumber debit air tambang di daerah penelitian berasal dari air hujan yang langsung masuk ke bukaan tambang dan air limpasan yang berasal dari daerah tangkapan hujan. Perhitungan debit air limpasan dilakukan dengan menggunakan rumus rasional sebagai berikut :

$$Q_{maks} = 0,278 \times C \times I \times A \text{ (m}^3\text{/detik)}$$

Keterangan:

Q_{maks} = Debit air limpasan maksimal (m³/detik).

C = Koefisien limpasan.

I = Intensitas curah hujan (mm/jam).

A = Luas daerah tangkapan hujan (km²).

F.1 Perhitungan Debit Air Limpasan pada Peta Rancangan Tahun 2021

LAMPIRAN E Untuk daerah tangkapan hujan, didapatkan data-data sebagai berikut:

Luas daerah tangkapan hujan (A) = 41.966,80 m² = 0,0419668 km²

Intensitas curah hujan (I) = 43,77 mm/jam

Koefisien limpasan (C) = 0,48

Sehingga, debit air hujan:

$$\begin{aligned} Q_{maks} &= 0,278 \times 0,48 \times 43,77 \text{ mm/jam} \times 0,0419668 \text{ km}^2 \\ &= 0,245 \text{ m}^3\text{/detik} \end{aligned}$$

F.2 Perhitungan Total Debit Air Tambang pada Peta Rancangan Tahun 2021

Total debit air tambang yaitu jumlah debit air hujan dan debit air limpasan yang akan mengalir ke kolam pengendapan. Air limpasan yang masuk ke kolam

pengendapan berasal dari DTH. Total debit air masuk kolam pengendapan sebesar 0,245 m³/detik.

LAMPIRAN G

PERHITUNGAN SALURAN TERBUKA

Penentuan dimensi penampang saluran terbuka dapat dihitung berdasarkan rumus *Manning*, yaitu:

$$Q = \frac{1}{n} \times S^{\frac{1}{2}} \times R^{\frac{2}{3}} \times A$$

Keterangan:

Q = Debit air yang akan dialirkan (m³/s).

n = Koefisien kekasaran dinding saluran menurut *Manning*.

S = Kemiringan dasar saluran terbuka (%).

R = Jari-jari hidrolik (m).

A = Luas penampang basah saluran (m²).

Harga n pada hal ini digunakan 0,03 karena menggunakan tipe dinding saluran tanah (Tabel G.1)

Tabel G.1
Harga Koefisien Kekasaran Dinding Saluran Terbuka (Suripin, 2004)

Tipe Dinding Saluran	n
Semen	0,010 - 0,014
Beton	0,011 - 0,016
Bata	0,012 - 0,02
Besi	0,013 - 0,017
Tanah	0,02 - 0,03
Gravel	0,022 - 0,035
Tanah yang ditanam	0,025 - 0,04

Dalam menentukan dimensi saluran yang berbentuk trapesium dengan luas penampang hidrolis maksimum, maka luas penampang basah saluran (A), jari-jari hidrolis (R), kedalaman aliran (d), kedalaman saluran (h), lebar dasar saluran (B), panjang sisi luar saluran dari dasar ke permukaan (a), lebar permukaan saluran (b),

dan kemiringan dinding saluran (m) mempunyai hubungan yang dapat dinyatakan sebagai berikut:

$$\text{Lebar dasar saluran (B)} = 2 [\sqrt{m^2 + 1} - m] h$$

$$\text{Luas penampang basah (A)} = h^2 \sqrt{3}$$

$$\text{Jari-jari hidrolis} = \frac{1}{2} h$$

$$\text{Lebar permukaan saluran (b)} = B + 2.m.h$$

$$\text{Keliling basah (P)} = 2h\sqrt{3}$$

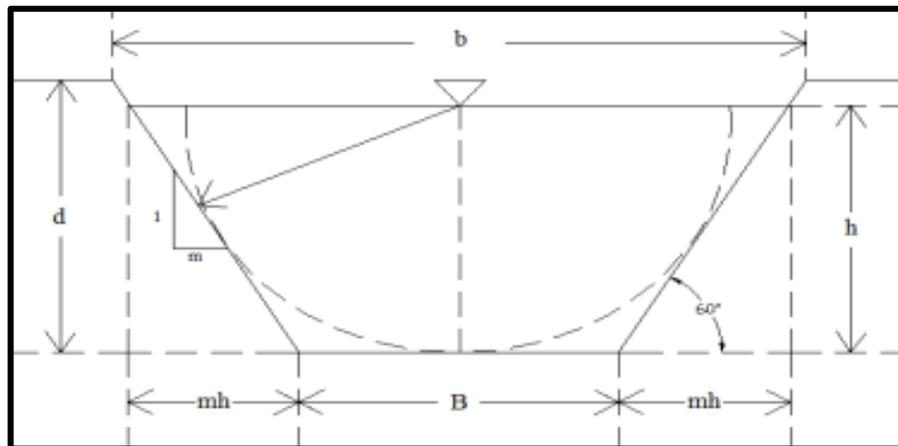
Untuk dimensi saluran penyaliran berbentuk trapesium dengan luas penampang optimum dan mempunyai sudut kemiringan dinding saluran sebesar 60° , maka:

$$m = \cotg \alpha$$

$$m = \cotg 60^\circ$$

$$= 0,58$$

Sedangkan kemiringan dasar saluran menurut Pflieger E. P. (*Surface Mining*) umumnya adalah $S = 0,25\% - 0,5\%$, hal ini ditentukan dengan pertimbangan bahwa suatu aliran dapat mengalir secara alamiah yang merupakan syarat agar tidak terjadi erosi yang berlebihan dan pengendapan partikel padatan.



Gambar G.1

Penampang Saluran Terbuka Bentuk Trapesium (Suripin, 2004)

G.1 Perhitungan Total Debit Air Tambang pada Peta Rancangan Penambangan Tahun 2021

Lokasi saluran terbuka yang dirancang ada di sekeliling bukaan tambang dengan debit $0,245 \text{ m}^3/\text{detik}$. Air tersebut dialirkan menuju kolam pengendapan,

Dinding saluran terbuat dari tanah sehingga koefisien kekasaran *Manning* yang digunakan adalah 0,030.

1. Saluran Terbuka

$$Q = 0,245 \text{ m}^3/\text{detik}$$

Perhitungan :

$$Q = \frac{I}{n} \times S^{\frac{1}{2}} \times R^{\frac{2}{3}} \times A \text{ m}^3/\text{detik}$$

$$0,245 = \frac{1}{0,03} \times 0,0025^{\frac{1}{2}} \times 0,5h^{\frac{2}{3}} \times h^2\sqrt{3}$$

$$0,245 = 33,33 \times 0,05 \times 0,63 \times 1,73 \times h^{\frac{8}{3}}$$

$$0,245 = 1,82 \times h^{\frac{8}{3}}$$

$$h^{\frac{8}{3}} = \left(\frac{0,245}{1,82} \right)$$

h = 0,48 m, besarnya tinggi jagaan adalah 20% dari 0,48 m, sehingga :

$$d = 0,58 \text{ m}$$

Bila harga $m = \cotg 60^\circ = 0,58$

$$A = (0,48)^2 \times 1,73 = 0,40 \text{ m}$$

$$\begin{aligned} B &= 2 [\sqrt{m^2 + 1} - m] h \\ &= 2 [\sqrt{0,58^2 + 1} - 0,58] 0,48 \\ &= 0,84 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} b &= B + 2mh \\ &= 0,84 + (2 \times 0,58 \times 0,48) \\ &= 1,40 \text{ m} \end{aligned}$$

$$a = \frac{0,48}{\sin 60^\circ} = 0,55 \text{ m}$$

Maka dimensi saluran:

Kemiringan dinding saluran (α) = 60°

Lebar dasar saluran (B) = 0,84 m \approx 1,00 m

Lebar bagian atas saluran (b) = 1,40 m \approx 1,50 m

Kedalaman air (h) = 0,48 m \approx 0,50 m

Kedalaman saluran (d) = 0,58 m \approx 0,60 m

Panjang dinding saluran (a) = 0,55 m \approx 0,60 m

Panjang saluran terbuka = 273,25 m (berdasarkan Software Autocad 2007)

G.2 Perhitungan Gorong-gorong yang Dibutuhkan

Penentuan dimensi gorong-gorong dapat dihitung berdasarkan rumus *Manning*, yaitu:

$$Q = \frac{I}{n} \times S^{\frac{1}{2}} \times R^{\frac{2}{3}} \times A$$

Keterangan:

Q = Debit air yang akan dialirkan (m³/s).

N = Koefisien kekasaran dinding saluran menurut *Manning*.

S = Kemiringan dasar saluran terbuka (%).

R = Jari-jari hidrolis (m).

A = Luas penampang basah saluran (m²).

Harga n pada hal ini digunakan 0,013 karena menggunakan beton (Tabel G.2)

Tabel G.2
Harga Koefisien Kekasaran Dinding Saluran Terbuka (Chow,1959)

No.	Tipe saluran dan jenis bahan	Harga n		
		Minimum	Normal	Maksimum
1.	Beton			
	▪ Gorong-gorong lurus dan bebas dari kotoran	0,010	0,011	0,013
	▪ Gorong-gorong dengan lengkungan dan sedikit kotoran/gangguan	0,011	0,013	0,014
	▪ Beton dipoles	0,011	0,012	0,014
	▪ Saluran pembuang dengan bak kontrol	0,013	0,015	0,017
2.	Tanah, lurus dan seragam			
	▪ Bersih baru	0,016	0,018	0,020
	▪ Bersih telah melapuk	0,018	0,022	0,025
	▪ Berkerikil	0,022	0,025	0,030
	▪ Berumput pendek, sedikit tanaman pengganggu	0,022	0,027	0,033
3.	Saluran alam			
	▪ Bersih lurus	0,025	0,030	0,033
	▪ Bersih, berkelok-kelok	0,033	0,040	0,045
	▪ Banyak tanaman pengganggu	0,050	0,070	0,08
	▪ Dataran banjir berumput pendek – tinggi	0,025	0,030	0,035
	▪ Saluran di belukar	0,035	0,050	0,07

Daftar lengkap dapat dilihat dalam Open Channel Hydraulics oleh Ven Te Chow.

Gorong-gorong yang dibuat terletak di bagian saluran terbuka yang berfungsi untuk mengalirkan air melewati jalan angkut. Debit total yang masuk ke dalam

gorong-gorong sebesar 0,245 m³/detik. Gorong-gorong menggunakan bahan dari beton, sehingga koefisien yang digunakan adalah 0,013.

Rumus Manning:

$$Q = \frac{I}{n} \times S^{\frac{1}{2}} \times R^{\frac{2}{3}} \times A$$

$$Q = \frac{1}{0,013} \times 0,0025^{\frac{1}{2}} \times 0,5 d^{\frac{2}{3}} \times d^2 \sqrt{3}$$

$$0,245 = 76,92 \times 0,05 \times 0,63 \times 1,73 \times d^{\frac{8}{3}}$$

$$d^{\frac{8}{3}} = \frac{0,245}{4,19}$$

$$d = 0,35 \text{ m}$$

Diameter gorong-gorong yang disediakan adalah 0,35 m.

LAMPIRAN H

SPESIFIKASI ALAT GALI

Backhoe Komatsu PC 200

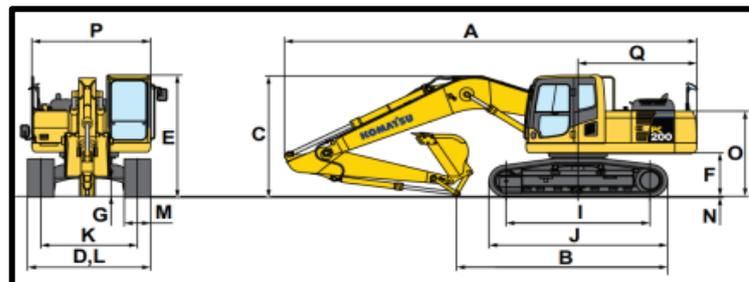
<i>Merk</i>	: Komatsu
<i>Type</i>	: PC 200
<i>Model Engine</i>	: Komatsu SAA6D107E-1
<i>Net Power</i>	: 148 HP
Berat	: 20.000 kg
Kapasitas bahan bakar	: 400 liter
Kapasitas bucket	: 1,2 m ³

Performance:

1. *Swing Torque* : 67.664,8 Nm
2. *Max. Travel Speed* : 5,5 km/jam
3. *Max. Cutting Height* : 9.800 mm
4. *Max. Digging Depth* : 6.095 mm

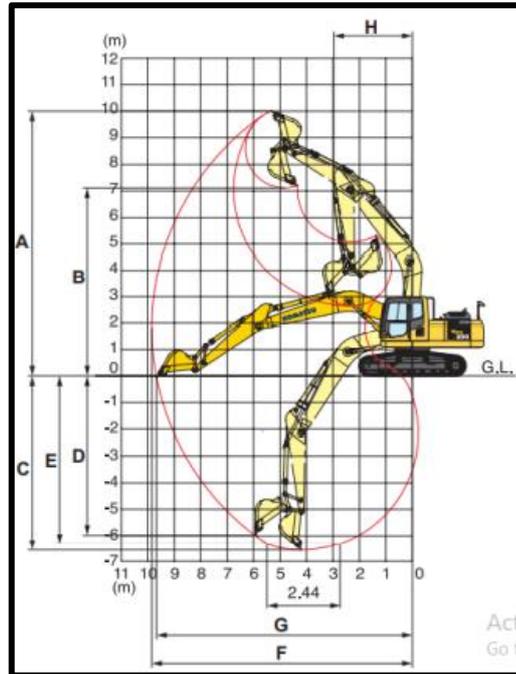
Dimensi Alat:

5. Panjang : 9.480 mm
6. Tinggi : 3.040 mm
7. Lebar : 3.000 mm
8. Jumlah : 1 unit



Gambar H.1

Tampak Depan dan Tampak Samping *Backhoe Komatsu PC 200*



Gambar H.2
Dimensi *Backhoe Komatsu PC 200*

Boom / Tongkat Option

A. Pengiriman Panjang Unit	18,7 ft = 5700 mm
C. Pengiriman Tinggi Unit	10,5 ft = 3190 mm
I. Max Cutting Tinggi	32,2 ft = 9800 mm
J. Max Loading Tinggi	22,6 ft = 6890 mm
K. Max Jangkauan Seiring Tanah	30,2 ft = 9190 mm
L. Max Dinding Kedalaman Menggali Vertikal	17,8 ft = 5430 mm
M. Max Menggali Kedalaman	20 ft = 6095 mm

Ukuran

B. Lebar ke luar Tracks	9,8 ft = 3000 mm
D. Panjang Track di Lapangan	10,7 ft = 3275 mm
E. Ground Clearance	1,4 ft = 440 mm
G. Tinggi ke Puncak Cab	10 ft = 3040 mm
H. Tail swing Radius	9 ft = 2.750 mm
O. Counterweight Perijinan	3,6 ft = 1.085 mm

Undercarriage

F. Jalur Gauge	7,2 ft = 2.200 mm
N. Ukuran Sepatu	31,5 ft = 800 mm

LAMPIRAN I

PERHITUNGAN KECEPATAN PENGENDAPAN PARTIKEL

Dalam merancang kolam pengendapan terdapat beberapa faktor yang harus dipertimbangkan, antara lain bentuk dan ukuran butiran padatan, persen padatan, kecepatan aliran, dan sebagainya. Hal ini perlu dilakukan agar kolam pengendapan hasil rancangan dapat digunakan secara optimal. Luas kolam pengendapan secara analitis dapat dihitung berdasarkan parameter dan asumsi sebagai berikut:

1. Hukum Stokes berlaku apabila persen padatan kurang dari 40% dan untuk persen padatan lebih besar dari 40% berlaku Hukum Newton.
2. Diameter partikel padatan tidak lebih dari 9×10^{-6} m, karena jika lebih besar akan diperoleh ukuran luas kolam pengendapan yang tidak memadai.
3. Kekentalan air $1,31 \times 10^{-6}$ kg/m.s.
4. Partikel padatan dalam lumpur dari material yang sejenis.
5. Batasan ukuran partikel yang diperbolehkan keluar dari kolam pengendapan diketahui.
6. Kecepatan pengendapan partikel dianggap sama.
7. Perbandingan cairan dan padatan telah ditentukan.

I.1 Kecepatan Pengendapan

Persen padatan yang diperoleh berdasarkan data di lokasi penelitian yaitu sebesar 0,32%. Perhitungan kecepatan pengendapan partikel dilakukan menggunakan Hukum Stokes, yaitu:

$$V_t = \frac{g \cdot D^2 \cdot (\rho_p - \rho_a)}{18 \mu}$$

Keterangan :

V_t = Kecepatan pengendapan partikel (m/s).

g = Percepatan gravitasi (m/s^2).

ρp = Berat jenis partikel padatan (kg/m^3).

ρa = Berat jenis air (kg/m^3).

μ = Kekentalan dinamik air (kg/m.s).

D = Diameter partikel padatan (m).

Maka:

$$V_t = \frac{9,8 \cdot 0,000002^2 \cdot (2680 - 1000)}{18 \cdot 1,31 \times 10^{-6}}$$

$$V_t = 0,00279 \text{ m/detik}$$

I.2 Luas Kolam Pengendapan yang Dibutuhkan

Dalam menghitung luas kolam pengendapan menggunakan perbandingan antara debit air yang masuk ke dalam kolam pengendapan dibagi dengan kecepatan pengendapan partikel padatan. Debit air total yang masuk ke dalam kolam pengendapan sebesar $0,245 \text{ m}^3/\text{detik}$. Kecepatan pengendapan yang diperoleh dari hasil perhitungan sebesar $0,00279 \text{ m/detik}$, sehingga luas kolam yang dibutuhkan tiap kompartemen yaitu:

$$\begin{aligned} \text{Luas Kolam} &= \frac{\text{Debit total}}{\text{Kecepatan pengendapan}} \\ &= \frac{0,245}{0,00279} \\ &= 88 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

Jadi, luas kolam pengendapan yang dibutuhkan tiap kompartemen sebesar 88 m^2 .

I.3 Perhitungan Dimensi Kolam Pengendapan

Pengukuran kedalaman kolam maksimum didasarkan pada alat gali yang digunakan untuk menggali endapan yang ada di dasar kolam tersebut. Alat gali yang digunakan adalah *Backhoe Komatsu PC-200* dengan spesifikasi sebagai berikut:

Kapasitas mangkok munjung = $1,20 \text{ m}^3$

Jangkauan kedalaman penggalian = $6,09 \text{ m}$

Jangkauan gali mendatar = $9,19 \text{ m}$

Lebar alat = 3 m

Berdasarkan data tersebut, maka dapat ditentukan ukuran kolam pengendapan yang direncanakan, yaitu:

1. Kedalaman kolam = 3 m
2. Lebar kolam = 8 m
3. Jumlah kompartemen = 3
4. Lebar penyekat = 3 m
5. Panjang penyekat = 7 m
6. Panjang tiap kompartemen = $\frac{\text{Luas tiap kompartemen}}{\text{Lebar kolam}}$
 $= \frac{88}{8} = 11 \text{ m}$
7. Panjang kolam total = (jumlah kompartemen \times panjang kompartemen)
 $= (3 \times 11) = 33 \text{ m}$
8. Luas kolam = panjang total kolam \times lebar kolam
 $= 33 \text{ m} \times 8 \text{ m} = 264 \text{ m}^2$
9. Volume kolam =
 (luas kolam \times kedalaman) – (jumlah penyekat \times volume penyekat)
 $= (312 \times 2) - [2 (7 \times 3 \times 3)]$
 $= 666 \text{ m}^3$

I.3.1 Persen Padatan dalam Air

Dari hasil lapangan didapatkan nilai TSS sebesar 8.500 mg/liter atau sebesar 0,0085 gr/cm³. Dengan debit sebesar 245.000 cm³/detik dihitung nilai % air dan nilai % padatan sebagai berikut.

$$\begin{aligned} \text{Residu terlarut} &= \text{Debit Air} \times \text{TSS} \\ &= 245.000 \text{ cm}^3/\text{detik} \times 0,0085 \text{ gr/cm}^3 \\ &= 2.082,5 \text{ gr/detik} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Volume padatan} &= \frac{\text{Residu terlarut (gr/detik)}}{\text{massa jenis (gr/m}^3)} \\ &= \frac{2.082,5 \text{ gr/detik}}{2.680.000 \text{ gr/m}^3} \\ &= 7,78 \times 10^{-4} \text{ m}^3/\text{detik} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Persen (\%) Padatan} &= \frac{\text{Volume padatan (m}^3/\text{detik)}}{\text{Debit air (m}^3/\text{detik)}} \times 100\% \\ &= \frac{7,78 \times 10^{-4} \text{ m}^3/\text{detik}}{0,245 \text{ m}^3/\text{detik}} \times 100\% \end{aligned}$$

$$\text{Persen (\%) Padatan} = 0,32\%$$

$$\text{Persen (\%) Air} = 100\% - 0,32\% = 99,68\%$$

I.3.2 Volume Padatan dalam Air

$$\text{Debit air yang masuk} = 0,245 \text{ m}^3/\text{detik}$$

$$\text{Persen padatan} = 0,32\%$$

$$\text{Volume padatan per detik} = (0,32\%) \times 0,245 = 7,84 \times 10^{-4} \text{ m}^3/\text{detik}$$

I.3.3 Perhitungan Persentase Pengendapan

Waktu yang dibutuhkan partikel untuk mengendap (t_v) adalah:

$$\begin{aligned} t_v &= \frac{h}{v_t} \\ &= \frac{3}{0,00279} \\ &= 1.075,27 \text{ detik} \\ &= 17,93 \text{ menit} \end{aligned}$$

Partikel padatan akan mengendap dengan baik apabila waktu yang dibutuhkan untuk keluar dari kolam pengendapan (t_h) lebih besar daripada waktu yang dibutuhkan partikel untuk mengendap (t_v).

Kecepatan air di dalam kolam (v_h) :

$$\begin{aligned} v_h &= \frac{Q_{\text{total}}}{A} \\ &= \frac{0,245 \text{ m}^3/\text{detik}}{3 \text{ m} \times 8 \text{ m}} \\ &= 0,010 \text{ m/detik} \end{aligned}$$

Sehingga t_h dapat dicari dengan rumus;

$$\begin{aligned} t_h &= \frac{\text{panjang kolam total}}{v_h} \\ &= \frac{33 \text{ m}}{0,015 \text{ m/detik}} \\ &= 3300 \text{ detik} \\ &= 55 \text{ menit} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \% \text{Pengendapan} &= \frac{\text{waktu yang dibutuhkan air keluar}}{\text{waktu yang dibutuhkan air keluar} + \text{waktu pengendapan}} \times 100\% \\ &= \frac{55}{55 + 17,93} \times 100\% \\ &= 75,42\% \end{aligned}$$

Dengan persentase tersebut maka material yang terlarut dalam air tidak semuanya terendapkan. Padatan yang berhasil diendapkan hanya 75,42 % dari total padatan yang masuk ke kolam pengendapan. Nilai TSS yang didapat dari hasil penelitian sebesar 8.500 mg/L, sedangkan padatan yang berhasil diendapkan sebesar 75,42% dari total padatan yang masuk ke kolam pengendapan sehingga tidak semua material yang terlarut dalam air tidak semuanya terendapkan. Padatan yang berhasil diendapkan dalam waktu sehari dengan jam hujan perhari 1 jam adalah:

Padatan yang berhasil diendapkan

$$= 7,84 \times 10^{-4} \times 3600 \text{ detik/jam} \times 1 \text{ jam/hari} \times 75,42\%$$

$$= 2,13 \text{ m}^3/\text{hari}$$

$$\text{Waktu pengerukan} = \frac{\text{volume kolam pengendapan}}{\text{volume total padatan yang berhasil diendapkan}}$$

$$= \frac{666 \text{ m}^3}{2,13 \text{ m}^3/\text{hari}}$$

$$= 312,68 \text{ hari} = 313 \text{ hari}$$

$$= 10 \text{ bulan } 13 \text{ hari}$$

Sehingga, pengerukan endapan dari dasar kolam dapat dilakukan dengan interval 10 bulan 13 hari.

LAMPIRAN J
PETA *LAYOUT* RANCANGAN SISTEM PENYALIRAN
TAMBANG

Saluran terbuka dimulai dari sisi sebelah Timur dan sebelah Tenggara area penambangan, kemudian mengikuti sisi area penambangan yang mengalirkan air dari DTH dan air hujan yang langsung masuk ke area penambangan. Gorong-gorong berfungsi untuk mengalirkan air dari saluran terbuka yang memotong jalan angkut, letak gorong- gorong berada di sisi sebelah Utara area penambangan. Hasil rancangan kolam pengendapan pada peta *layout* yang dibuat dapat digunakan untuk mengalirkan air yang sudah melalui proses pengendapan dalam keadaan yang cukup jernih menuju ke sungai. Lokasi kolam pengendapan direncanakan berada di sebelah Timur area penambangan dan berhubungan langsung dengan saluran terbuka. Lokasi tersebut dipilih karena berada di elevasi lebih rendah, memiliki area yang luas dan datar sehingga bisa digunakan untuk membuat kolam pengendapan dengan ukuran yang besar.

