

**RANCANGAN TEKNIS KEMAJUAN PENAMBANGAN
ANDESIT DI PT. HARMAK INDONESIA,
KAPANEWON KOKAP, KABUPATEN KULON PROGO,
DAERAH ISTIMEWA YOGYAKARTA**

SKRIPSI

Oleh

**RAHMAT PICES BONATAMA GULTOM
112180022**



**PROGRAM SARJANA
PROGRAM STUDI TEKNIK PERTAMBANGAN
JURUSAN TEKNIK PERTAMBANGAN
FAKULTAS TEKNOLOGI MINERAL
UNIVERSITAS PEMBANGUNAN NASIONAL “VETERAN”
YOGYAKARTA
2023**

**RANCANGAN TEKNIS KEMAJUAN PENAMBANGAN
ANDESIT DI PT. HARMAK INDONESIA,
KAPANEWON KOKAP, KABUPATEN KULON PROGO,
DAERAH ISTIMEWA YOGYAKARTA**

SKRIPSI

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

Oleh

**RAHMAT PICES BONATAMA GULTOM
112180022**



**PROGRAM SARJANA
PROGRAM STUDI TEKNIK PERTAMBANGAN
JURUSAN TEKNIK PERTAMBANGAN
FAKULTAS TEKNOLOGI MINERAL
UNIVERSITAS PEMBANGUNAN NASIONAL “VETERAN”
YOGYAKARTA
2023**

**RANCANGAN TEKNIS KEMAJUAN PENAMBANGAN
ANDESIT DI PT. HARMAK INDONESIA,
KAPANEWON KOKAP, KABUPATEN KULON PROGO,
DAERAH ISTIMEWA YOGYAKARTA**

Oleh

**RAHMAT PICES BONATAMA GULTOM
112180022**



Disetujui untuk

Program Sarjana

Program Studi Teknik Pertambangan

Jurusan Teknik Pertambangan

Fakultas Teknologi Mineral

Universitas Pembangunan Nasional "Veteran" Yogyakarta

Tanggal : 24 - 01 - 2023

Pembimbing I

(Dr. Tedy Agung Cahyadi, ST, MT, IPM)

Pembimbing II

(Ir. Hartono, M.T)

Skripsi ini saya persembahkan untuk :
Kedua Orang tua saya dan juga Adik adik saya,
Serta sahabat-sahabat saya

RINGKASAN

PT. Harmak Indonesia merupakan perusahaan yang bergerak di bidang industri penambangan dan peremukan andesit yang terletak di Desa Hargowilis, Kapanewon Kokap, Kabupaten Kulon Progo, Daerah Istimewa Yogyakarta dengan IUP seluas 28,5 Ha dengan menggunakan sistem tambang terbuka metode kuari *side hill type*. Kebutuhan andesit yang sangat besar di Kulon Progo untuk kebutuhan infrastruktur, membuat PT. Harmak Indonesia untuk membuka kuari baru.

Permasalahan pada penelitian ini ialah PT. Harmak Indonesia perlu melakukan perancangan penambangan di IUP baru tersebut yang meliputi perancangan *pushback* penambangan dengan target produksi 180.000 bcm/tahun andesit setiap tahunnya, penjadwalan produksi setiap tahunnya, perancangan jalan angkut, dan perhitungan kebutuhan alat mekanis.

Berdasarkan perhitungan yang telah dilakukan total cadangan yang dimiliki PT. Harmak Indonesia adalah 1.219.355 BCM atau 3.347.129 ton terhitung dari elevasi 353 – 277 mdpl. Rincian andesit tertambang adalah sebagai berikut :

- a. Tahun I elevasi 353 -337 mdpl jumlah 196.355 BCM luas 2,8 Ha.
- b. Tahun II elevasi 337-325 mdpl jumlah 198.972 BCM luas 3,4 Ha.
- c. Tahun III elevasi 325-317 mdpl jumlah 195.653 BCM luas 3,8 Ha.
- d. Tahun IV elevasi 317-305 mdpl jumlah 201.963 BCM luas 4,8 Ha.
- e. Tahun V elevasi 305-289 mdpl jumlah 209.624 BCM luas 6,05 Ha.
- f. Tahun VI elevasi 289-277 mdpl jumlah 216.788 BCM luas 6,68 Ha.

Hasil diatas telah memperhitungkan faktor kehilangan sebesar 5% pada *front* penambangan sampai kehilangan pada pabrik peremuk.

Produksi dan kebutuhan alat mekanis menggunakan alat bongkar *excavator rock breaker* Komatsu PC200 sebanyak 4 unit dengan cadangan 1 unit. Alat muat menggunakan *excavator* Kobelco SK200 sebanyak 2 unit dengan cadangan 1 unit. Alat angkut menggunakan *Dump Truck* Toyota Dyna 130HT dengan kebutuhan setiap tahunnya 4 unit dengan cadangan 1 unit. Kecerahan alat atau Match Factor dari tahun ke-1 hingga tahun ke-6 antara 0,60 hingga 0,68.

Kata Kunci: Produksi, Rancangan, Andesit

SUMMARY

PT. Harmak Indonesia is a company engaged in the andesite mining and crushing industry located in Hargowilis Village, Kapanewon Kokap, Kulon Progo Regency, Yogyakarta Special Region with an IUP covering an area of 28.5 hectares using an open pit mining system with side hill type quarry method. The huge demand for andesite in Kulon Progo for infrastructure needs has made PT. Harmak Indonesia to open a new quarry.

The problem in this research is PT. Harmak Indonesia needs to carry out a mining design in the new IUP which includes the design of a mining pushback with a production target of 180.000 bcm/year of andesite annually, production scheduling annually, haul road design, and calculation of mechanical equipment requirements.

Based on the calculations that have been carried out the total reserves owned by PT. Harmak Indonesia is 1.219.355 BCM or 3.347.129 tons calculated from an elevation of 353 – 277 masl. The details of the mined andesite are as follows:

- a. In the first year the elevation was 352-277 masl totaling 196,355 BCM with an area of 2.8 Ha.*
- b. Year II elevation 337-325 masl total 198.972 BCM area of 3.4 Ha.*
- c. Year III elevation 325-317 masl total 195.653 BCM with an area of 3.8 Ha.*
- d. Year IV elevation 317-305 masl total 201.963 BCM area of 4.8 Ha.*
- e. Year V elevation 305-289 masl total 209.624 BCM area of 6.05 Ha.*
- f. Year VI elevation 289-277 masl total 216.788 BCM area of 6.68 Ha.*

The above results have taken into account the loss factor of 5% on the mining front to the loss in the crusher plant.

Production and need for mechanical equipment using the Komatsu PC200 rock breaker excavator as many as 4 units with 1 unit in reserve. Loading equipment using Kobelco SK200 backhoe as much as 2 units with 1 unit spare. The means of transportation use a Toyota Dyna 130HT Dump Truck with an annual need of 4 units with 1 unit in reserve. Tool compatibility or Match Factor from year 1 to year 6 is between 0.60 to 0.68.

Keywords:;, production, Design, Andesite

KATA PENGANTAR

Puji syukur kehadiran Tuhan Yang Maha Esa, penyusunan skripsi dengan judul “*Rancangan Kemajuan Penambangan Andesit Di PT. Harmak Indonesia, Kapanewon Kokap, Kabupaten Kulon Progo, Daerah Istimewa Yogyakarta*” dapat diselesaikan dengan baik.

Skripsi ini disusun berdasarkan hasil penelitian dari tanggal 20 April 2022 sampai dengan 20 Juni 2022. Adapun tujuan dari penulisan ini untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik.

Atas segala bantuan dan bimbingan, penulis mengucapkan terimakasih kepada:

1. Bapak Prof. Dr. Mohamad Irhas Effendi., M.S, Rektor Universitas Pembangunan Nasional “ Veteran” Yogyakarta
2. Bapak Dr. Ir. Sutarto Hartosuwarno, M.T., Dekan Fakultas Teknologi Mineral.
3. Bapak Dr. Ir. Eddy Winarno, S.Si. M.T., Ketua Jurusan Teknik Pertambangan
4. Ibu Ir. Wawong Dwi Ratminah, MT, Koordinator Program Studi Sarjana Teknik Pertambangan
5. Bapak Dr. Tedy Agung Cahyadi, ST, MT, IPM, Dosen Pembimbing I
6. Bapak Ir. Hartono, MT, Dosen Pembimbing II.
7. Bapak Ir. R.Hariyanto.M.T, Dosen Pembahas I
8. Bapak Ir. Inmarlinianto, M.T. Dosen Pembahas II
9. Bapak Herry Eko Setyanto S.T., selaku pembimbing lapangan

Harapan penyusun semoga Skripsi ini bermanfaat bagi para pembaca, dan pengembangan ilmu pengetahuan khususnya di bidang pertambangan.

Yogyakarta, 18 Januari 2023

Penyusun,

Rahmat Pices Bonatama Gultom

DAFTAR ISI

	Halaman
RINGKASAN	v
<i>SUMMARY</i>	vi
KATA PENGANTAR	vii
DAFTAR ISI	viii
DAFTAR GAMBAR	x
DAFTAR TABEL	xii
DAFTAR LAMPIRAN	xiii
BAB	
I. PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang	2
1.2. Rumusan Masalah	2
1.3. Tujuan Penelitian	2
1.4. Batasan Masalah	2
1.5. Metode Penelitian	3
1.6. Manfaat Penelitian	3
1.7. Diagram Alir	4
II. TINJAUAN UMUM	5
2.1. Lokasi dan Kesampaian Daerah	5
2.2. Iklim dan Curah Hujan	7
2.3. Tinjauan Geologi	8
2.4. Kegiatan Penambangan	15
III. DASAR TEORI	18
3.1. Penaksiran Cadangan	18
3.2. Sistem Penambangan	19
3.3. Rancangan Penambangan	20
3.4. Rancangan Jalan Angkut	30
3.5. Perhitungan Produksi Alat	37
IV. HASIL PENELITIAN	44
4.1. Waktu Kerja PT. Harmak Indonesia	44
4.2. Perhitungan Cadangan Andesit	45

	Halaman
4.3. Pemilihan Sistem dan Metode Penambangan.....	45
4.4. Rancangan Jalan Angkut	45
4.5. Rancangan Geometri Penambangan.....	46
4.6. Rencana Kemajuan Penambangan.....	48
4.7. Perhitungan Peralatan Tambang.....	49
V. PEMBAHASAN	53
5.1. Rancangan <i>Pushback</i>	53
5.2. Rancangan Jalan Tambang	56
5.3. Kebutuhan Peralatan Tambang.....	57
VI. KESIMPULAN DAN SARAN	59
6.1. Kesimpulan.....	59
6.2. Saran	60
DAFTAR PUSTAKA	61
LAMPIRAN.....	62

DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
1.1 Diagram Alir	4
2.1 Peta Lokasi dan Kesampaian Daerah Penelitian	5
2.2 Grafik rata-rata curah hujan maksimum bulanan tahun 2009-2021.....	7
2.3 Grafik rata-rata hari hujan bulanan tahun 2009-2021	7
2.4 Stratigrafi Kabupaten Kulonprogo	9
2.5 Peta Geologi Lokasi Penelitian.....	14
2.5 Kegiatan Pembongkaran	15
2.6 Kegiatan Pemuatan.....	16
2.7 Kegiatan Pengangkutan Andesit	16
3.1 Metode <i>Quarry Side Hill Type</i>	20
3.2 Bagian-bagian Jenjang	21
3.3 <i>Working Bench</i> dan <i>Safety Bench</i>	22
3.4 <i>Catch Bench</i>	23
3.5 <i>Overall Slope Angle</i>	23
3.6 Penampang Skematik Perencanaan Kemajuan Tambang	24
3.7 Geometri Awal <i>Push Back</i> Penambangan.....	25
3.8 Penambangan pada <i>Bench 1</i>	25
3.9 Penambangan pada <i>Bench 2</i>	25
3.10 <i>Overall Slope Angle with Ramp</i>	27
3.11 <i>Interramp Slope Angle</i>	28
3.12 <i>Overall Slope Angle with Working Bench</i>	28
3.13 <i>Interramp Slope Angle</i> dengan Satu <i>Working Bench</i>	29
3.14 <i>Overall Slope Angle</i> dengan <i>Working Bench</i> dan <i>Ramp</i>	29
3.15 <i>Interramp Slope Angle</i> dengan <i>Working Bench</i> dan <i>Ramp</i>	29
3.16 <i>Overall Slope Angle</i> dengan Dua <i>Working Bench</i>	30
3.17 Lebar Jalan Angkut Minimum Dua Jalur pada Jalan Lurus.....	31

Gambar	Halaman
3.18 Lebar Jalan pada Tikungan	32
3.19 Dimensi <i>Safety Bern</i> pada Jalan Angkut.....	34
3.20 <i>Cross Slope</i>	34
3.21 <i>Superelevasi</i> Tikungan Jalan Angkut.....	35
3.22 Kemiringan Jalan Angkut pada Tanjakan.....	37
4.1 Geometri Jenjang Pada <i>Front</i> Penambangan.....	47
4.2 Geometri <i>Overal Slope Safety Bench</i>	47

DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
3.1 Radius Tikungan Minimum	33
3.2 Angka <i>Superelevasi</i> yang Direkomendasikan.....	35
4.1 Rencana Kalender Kerja PT. Harmak Indonesia	44
4.2 Produksi Alat Bongkar.....	50
4.3 Produksi Alat Muat	50
4.4 Produksi Alat Angkut.....	50
4.5 Kebutuhan Alat Bongkar.....	51
4.6 Kebutuhan Alat Muat.....	51
4.7 Kebutuhan Alat Angkut	51
4.8 <i>Match Factor Front</i> Penambangan PT. Harmak Indonesia	52

DAFTAR LAMPIRAN

LAMPIRAN	Halaman
A. DATA CURAH HUJAN.....	62
B. REKOMENDASI GEOTEKNIK.....	63
C. PERHITUNGAN CADANGAN ANDESIT.....	64
D. SPESIFIKASI ALAT.....	67
E. WAKTU EDAR ALAT BONGKAR (<i>ROCK BREAKER</i>).....	72
F. WAKTU EDAR ALAT MUAT (<i>BACKHOE</i>).....	74
G. WAKTU EDAR ALAT ANGKUT (<i>DUMP TRUCK</i>).....	76
H. PERHITUNGAN DIMENSI MINIMUM <i>FRONT</i> PENAMBANGAN.....	78
I. PERHITUNGAN GEOMETRI JALAN ANGKUT.....	79
J. FAKTOR PENGEMBANGAN ANDESIT.....	83
K. PRODUKSI ALAT PENAMBANGAN.....	84
L. PERHITUNGAN KEBUTUHAN ALAT PENAMBANGAN.....	89
M. PERHITUNGAN FAKTOR KESERASIAN KERJA ALAT.....	92
N. PETA.....	93

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Pertumbuhan perekonomian di Indonesia dalam dekade terakhir ini berputar sangat cepat. Seiring dengan peningkatan jumlah penduduk, maka pembangunan konstruksi bangunan dan jalan akan semakin pesat. Peningkatan pembangunan konstruksi bangunan dan jalan ini berpengaruh pada peningkatan kebutuhan bahan material dasar salah satunya yaitu batu andesit. Peningkatan pembangunan tersebut memotivasi pihak-pihak yang bergerak di bidang industri pertambangan untuk melakukan eksplorasi dan eksploitasi.

PT. Harmak Indonesia merupakan perusahaan yang bergerak di bidang industri penambangan dan peremukan andesit yang terletak di Desa Hargowilis, Kapanewon Kokap, Kabupaten Kulon Progo, Daerah Istimewa Yogyakarta dengan IUP seluas 28,5 Ha dengan sistem tambang terbuka *side hill type*.

Saat ini kegiatan penambangan pada PT. Harmak Indonesia dilakukan pada area penambangan IUP 1 dengan sistem yang sama yaitu dengan menggunakan sistem tambang terbuka *side hill type*. Dikarenakan jumlah cadangan yang berada di IUP 1 akan habis, maka PT. Harmak Indonesia akan melakukan kegiatan penambangan di wilayah IUP 2 untuk memenuhi kebutuhan andesit guna mendorong pembangunan infrastruktur yang memadai. Pada wilayah penambangan yang akan dilakukan pada IUP 2 ini belum semuanya terbuka dikarenakan terkendala belum adanya akses jalan yang memadai sehingga hanya dapat menambang di satu bukit saja.

Oleh karena itu, perlu dilakukan pembuatan rancangan teknis penambangan pada daerah penambangan IUP 2 PT. Harmak Indonesia. Pembuatan rancangan teknis penambangan dilakukan agar kegiatan penambangan dapat terlaksana dengan baik, sehingga kebutuhan produksi andesit untuk infrastruktur dapat terpenuhi.

1.2. Perumusan Masalah

Rumusan masalah pada penelitian ini, yaitu :

1. Belum adanya rancangan kemajuan tambang per tahun berdasarkan target produksi yang telah ditetapkan oleh perusahaan.
2. Diperlukan rancangan geometri jalan angkut pada setiap kemajuan penambangan.
3. Diperlukan perhitungan jumlah alat mekanis yang dibutuhkan dalam kegiatan penambangan pada setiap kemajuan penambangan.

1.3. Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk melakukan perancangan teknis penambangan andesit yang meliputi:

1. Menentukan rancangan kemajuan penambangan per tahun dengan target produksi 180.000 BCM\tahun
2. Menentukan rancangan geometri jalan angkut.
3. Menentukan jumlah alat mekanis yang dibutuhkan pada setiap kemajuan tambang untuk mencapai target produksi.

1.4. Batasan Masalah

Dalam penelitian ini terdapat batasan masalah mengenai:

1. Penanganan masalah air tambang dan rancangan penyaliran tidak dibahas pada penelitian ini.
2. Analisis yang dilakukan dibatasi oleh lingkup teknik dan tidak mempertimbangkan segi ekonomi dan lingkungan.
3. Rancangan penambangan dibuat per tahun.
4. Kegiatan pengupasan lapisan tanah penutup tidak dibahas pada penelitian ini sehingga tidak dilakukan perancangan *disposal*.
5. Geometri lereng penambangan berdasarkan rekomendasi geoteknik dari PT. Harmak Indonesia.
6. Jenis alat muat dan angkut berdasarkan ketersediaan PT. Harmak Indonesia
7. Daya dukung tanah tidak dibahas pada penelitian ini.
8. Penambangan dimulai dari elevasi 353 -277 mdpl.

1.5. Metode Penelitian

1. Studi Pustaka

Studi Pustaka dilakukan pada tahap awal penelitian dengan mencari dan mempelajari teori-teori yang berhubungan dengan masalah yang akan dibahas dilapangan melalui buku ataupun literatur-literatur atau penelitian yang pernah dilakukan sebelumnya.

2. Orientasi Lapangan

Melakukan pengamatan secara menyeluruh dengan cara mengunjungi tempat tempat yang berada di PT. Harmak Indonesia, seperti lokasi kantor, lokasi kegiatan penambangan dan sekitar kegiatan penambangan.

3. Observasi Lapangan

Melakukan pengamat secara langsung terhadap masalah yang dibahas pada penelitian, yaitu pengamatan topografi daerah penelitian, kondisi daerah penambangan, sistem penambangan dan alat mekanis yang digunakan.

4. Pengambilan Data

Pengambilan data dibagi menjadi dua yaitu data primer dan data skunder. Data primer pada penelitian ini adalah peta topografi, sedangkan data skunder yaitu data curah hujan dan data geoteknik

5. Analisis pengolahan data

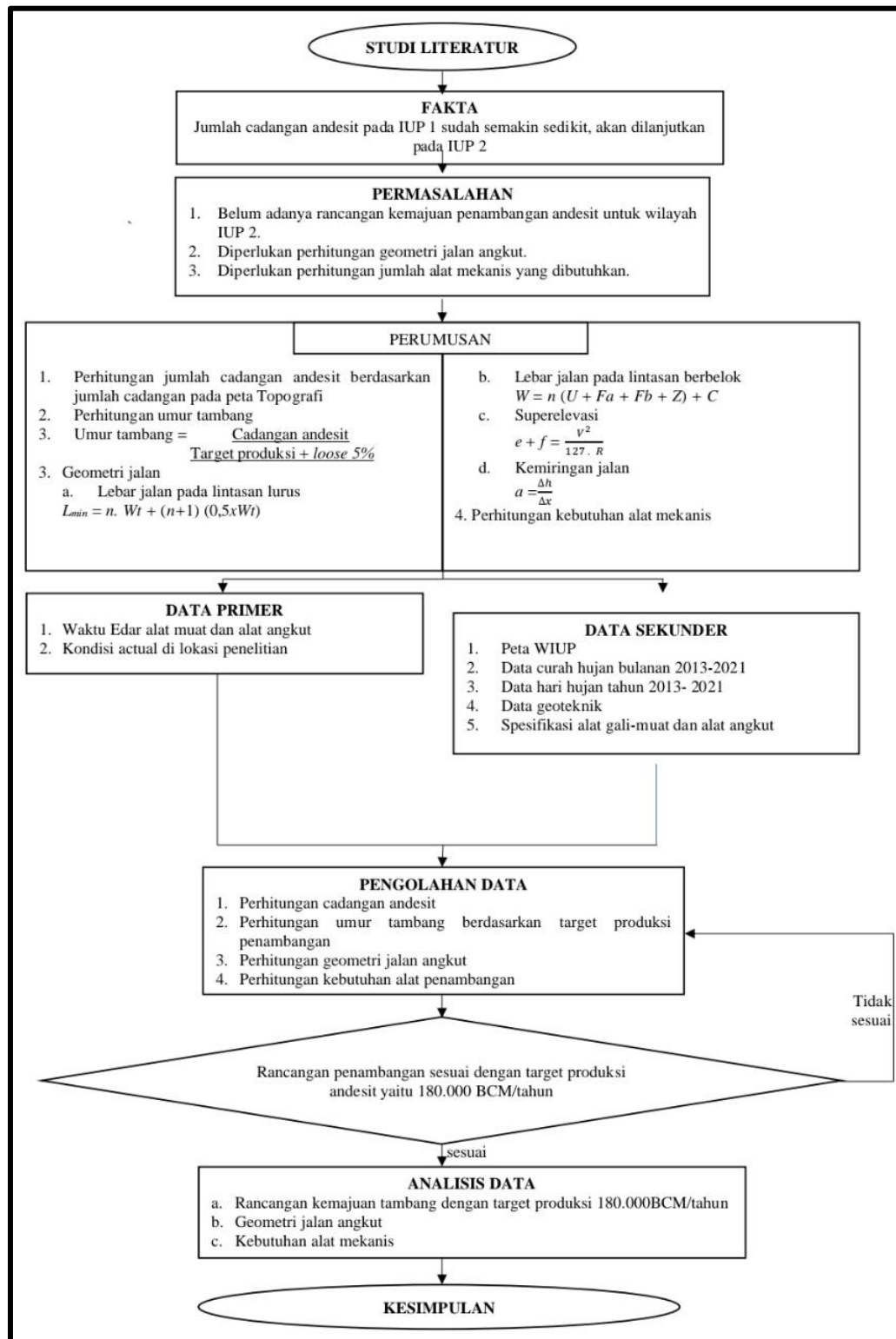
Data yang telah didapat, diolah untuk membuat rancangan penambangan menggunakan *software AutoCad* sedangkan untuk perhitungan volume yang akan dibongkar pertahun dihitung menggunakan rumus *Frustum* yang dimuat dalam *software Microsoft Excel*.

1.6. Manfaat Penelitian

Dengan melakukan penelitian ini manfaat yang diharapkan adalah :

- 1 Digunakan sebagai bahan pertimbangan dalam rencana kegiatan penambangan oleh PT. Harmak Indonesia
- 2 Hasil penelitian ini diharapkan menjadi bahan studi perbandingan bagi penelitian yang ada kaitannya dengan rancangan teknis penambangan.

1.7. Diagram Alir



Gambar 1.1
Diagram Alir

BAB II

TINJAUAN UMUM

2.1. Lokasi dan Kesampaian Daerah

Secara administratif lokasi IUP andesit ini terletak di Desa Hargowilis, Kapanewon Kokap, Kabupaten Kulon Progo, Daerah Istimewa Yogyakarta. Adapun batas-batas daerah penelitian sebagai berikut :

Batas Utara : Desa Jatimulyo, Desa Girimulyo

Batas Selatan : Desa Hargorejo

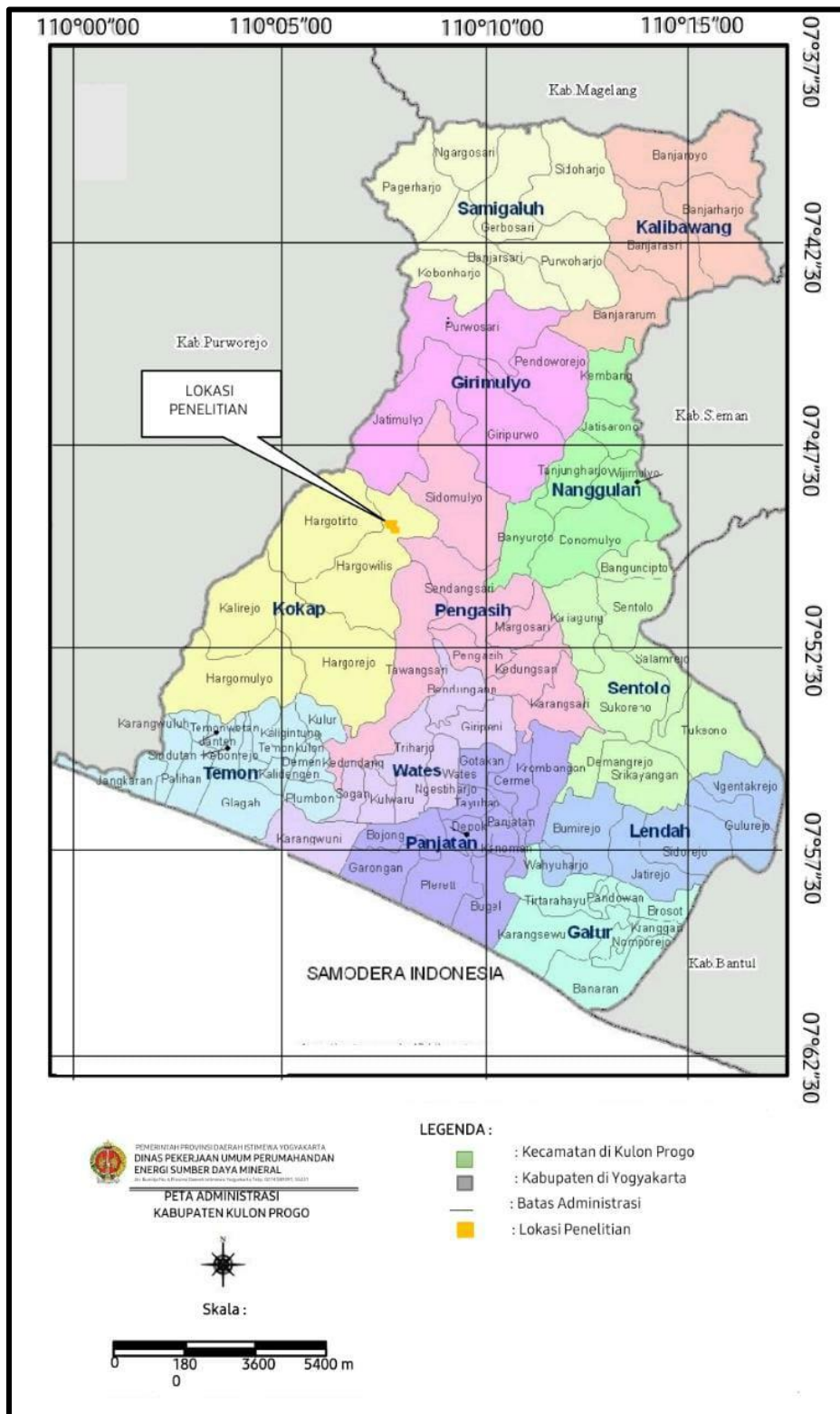
Batas Timur : Desa Sendangsari, Desa Karang Sari

Batas Barat : Desa Hargotirto

Secara astronomis, Desa Hargowilis, Kapanewon Kokap, Kabupaten Kulon Progo, Daerah Istimewa Yogyakarta terletak pada posisi antara $110^{\circ}6'37''$ - $110^{\circ}8'26''$ Bujur Timur dan $7^{\circ}49'42''$ - $7^{\circ}51'3''$ Lintang Selatan dengan ketinggian 460 meter di atas permukaan laut, dapat dilihat pada Gambar 2.1.

Lokasi penambangan dapat ditempuh menggunakan kendaraan bermotor baik sepeda motor maupun mobil melalui beberapa jalan alternatif

1. Dari arah Yogyakarta ditempuh dengan jarak tempuh kurang lebih 40 km, ke arah Barat melalui Jalan Yogya-Wates menuju ke arah Utara menuju Kapanewon Pengasih untuk sampai ke arah Kapanewon Kokap dan melewati jalan Desa Hargowilis berupa jalan cor untuk menuju ke tempat penelitian.
2. Dari arah Sleman ke arah Selatan melalui jalan Kabupaten kemudian ke arah Barat jalan Yogya-Wates dengan jarak tempuh kurang lebih 40 km.
3. Dari Kabupaten Bantul ke arah Barat melalui jalan raya Brosot ditempuh dengan jarak kurang lebih 40 km kemudian ke arah Utara menuju Kapanewon Kokap untuk menuju ke Desa Hargowilis.
4. Dari arah Kabupaten Purworejo, ke arah Timur, kurang lebih ditempuh dengan jarak kurang lebih 30 km melewati jalan Purworejo-Wates dan ke arah Utara menuju Kapanewon Kokap untuk menuju Desa Hargowilis.



Sumber : PT. Harmak Indonesia 2020.

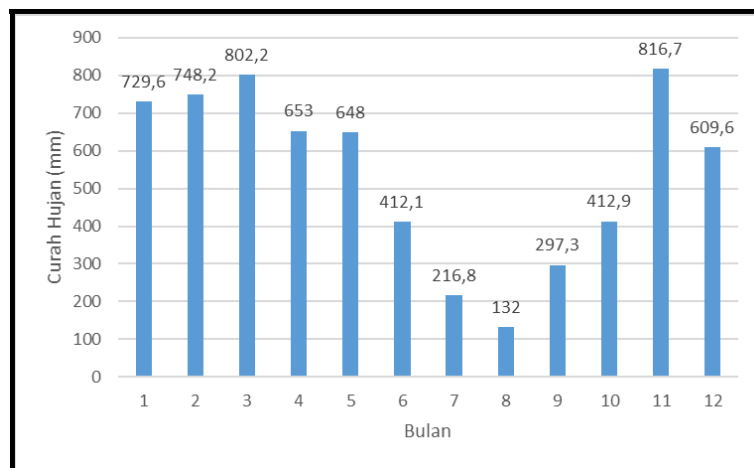
Gambar 2.1.

Peta Lokasi dan Kesempaan PT. Harmak Indonesia

2.2. Iklim dan Curah Hujan

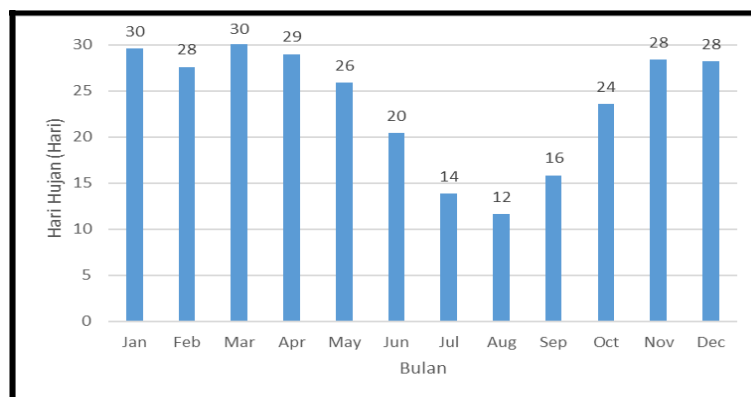
PT. Harmak Indonesia terletak didaerah yang beriklim tropis dan mempunyai dua musim yaitu musim hujan dan musim kemarau. Berdasarkan data *world wheater online* curah hujan maksimal bulanan pada 13 tahun terakhir yang didapat pada titik koordinat PT. Harmak Indonesia ditunjukkan pada Gambar 2.2.

Curah hujan bulanan tertinggi terjadi pada bulan November sebesar 816,7 mm, sedangkan curah hujan terendahnya terjadi pada bulan Agustus sebesar 132 mm dapat dilihat pada Lampiran B. Nilai rata – rata bulanan ini sesuai dengan pola distribusi musim di Indonesia dan untuk suhu udara bervariasi antara 23°C - 35°C. Grafik rata - rata curah hujan dapat dilihat pada Gambar 2, dan grafik hari hujan dapat dilihat pada Gambar 2.3.



Gambar 2.2.

Rata – Rata Jumlah Curah Hujan Bulanan Tahun 2009 – 2021



Gambar 2.3.

Rata – Rata Hari Hujan Bulanan Tahun 2009 – 2021

2.3. Tinjauan Geologi

Berdasarkan studi literatur, menurut Van Bemmelen daerah PT. Harmak Indonesia secara geologi regional adalah sebagai berikut :

2.3.1. Fisiografi

Pegunungan Kulon Progo digambarkan sebagai bukit besar dengan bagian puncak datar dan sayap-sayap curam. Bukit ini mempunyai arah utara timur laut – selatan barat daya dan diameter pendek 15 – 20 km dengan arah barat laut – timur tenggara. Di bagian utara dan timur, kompleks pegunungan ini dibatasi oleh Lembah Progo, di bagian selatan dan barat dibatasi oleh dataran pantai Jawa Tengah. Sedangkan di bagian barat laut pegunungan ini berhubungan dengan deretan Pegunungan Serayu.

Inti dari bukit ini terdiri dari 3 gunung api andesit tua yang sekarang telah tererosi cukup dalam, sehingga di beberapa bagian bekas dapur magmanya telah tersingkap. Gunung Gajah yang terletak dibagian tengah bukit tersebut merupakan gunung api tertua yang menghasilkan andesit *hiperstein augit basaltik*. Gunung api yang kemudian terbentuk yaitu Gunung api Ijo yang terletak di bagian selatan. Kegiatan Gunung api Ijo ini menghasilkan andesit *piroksen basaltik*, kemudian andesit *augit hornblende*, sedangkan pada tahap terakhir adalah intrusi dasit pada bagian inti.

Setelah kegiatan Gunung Gajah berhenti dan mengalami denudasi, di bagian utara mulai terbentuk Gunung Menoreh, yang merupakan gunung terakhir pada kompleks Pegunungan Kulon Progo. Kegiatan Gunung Menoreh mula-mula menghasilkan andesit *augit hornblende*, kemudian menghasilkan dasit dan yang terakhir yaitu andesit.

Daerah pegunungan dibatasi oleh Lembah Progo dibagian Utara dan Timur, sedangkan pada bagian Selatan dan Barat dibatasi oleh lempeng Indonesia Australia yang berada di sepanjang pantai pulau Jawa, dan dibagian Barat Laut pegunungan ini berhubungan langsung dengan deretan daerah Pegunungan Serayu.

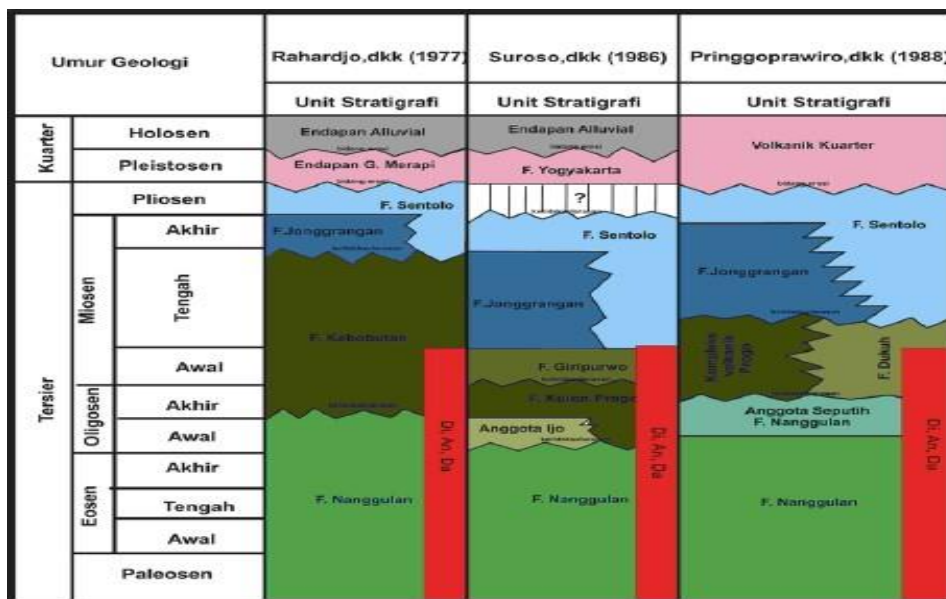
Keadaan topografi PT. Harmak Indonesia merupakan pegunungan yang memiliki elevasi 220-340 mdpl. Menurut Bemmelen (1949), Pegunungan Kulon Progo dilukiskan sebagai dome besar dengan bagian sayap - sayap curam.

Daerah pegunungan dibatasi oleh Lembah Progo dibagian Utara dan Timur, sedangkan pada bagian Selatan dan Barat dibatasi oleh lempeng Indonesia Australia yang berada di sepanjang pantai pulau Jawa, dan dibagian Barat Laut pegunungan ini berhubungan langsung dengan deretan daerah Pegunungan Serayu.

Secara morfologi daerah penelitian merupakan daerah perbukitan bergelombang curam dengan kemiringan curam $\pm 16^\circ - 40^\circ$. Morfologi desa Hargowilis merupakan daerah pegunungan yang curam dan dibentuk oleh satuan massa batuan beku yang bersifat *intermediet*. Batuan Beku tersebut yaitu andesit.

2.3.2 Stratigrafi

Dalam stratigrafi regional mengenai daerah *fieldtrip*, dibahas umur batuan berdasarkan batuan penyusunnya, untuk itu perlu diketahui sistem umur batuan penyusun tersebut, dapat dilihat pada Gambar 2. 4.



Sumber : Laporan Feasibility Study PT.Harmak Indonesia, 2015

Gambar 2.4.
Stratigrafi Kabupaten Kulon progo

Sistem tersebut antara lain :

1. Sistem *eosen*

Batuan yang menyusun sistem ini adalah batu pasir, lempung, napal, napal pasiran, batu gamping, serta banyak kandungan fosil foraminifera maupun moluska. Sistem *eosen* ini disebut “Nanggulan group”. Tipe dari sistem ini misalnya di desa Kalisongo, Nanggulan Kulon Progo, yang secara keseluruhannya tebalnya

mencapai 300 m. Tipe ini dibagi lagi menjadi empat yaitu “*Yogyakarta beds*”, “*Discoelyina*”, “*Axiens Beds*” dan *Napal Globirena*, yang masing - masing sistem ini tersusun oleh batu pasir, napal, napal pasiran, lignit dan lempung. Di sebelah timur “*Nanggulan group*” ini berkembang gamping yang kemudian dikenal sebagai gamping eosan yang mengandung fosil foraminifera, colenterata, dan moluska.

2. Sistem *oligosen – miosen*

Sistem *oligosen – miosen* terjadi ketika kegiatan vulkanisme yang memuncak dari Gunung Menoreh, Gunung Gajah, dan Gunung Ijo yang berupa letusan dan dikeluarkannya material – material piroklastik dari kecil sampai balok yang berdiameter lebih dari 2 meter. Kemudian material ini disebut formasi andesit tua, karena material vulkanik tersebut bersifat andesitik, dan terbentuk sebagai lava andesit dan tuff andesit. Sedangkan pada sistem *eosan*, diendapkan pada lingkungan laut dekat pantai yang kemudian mengalami pengangkatan dan perlipatan yang dilanjutkan dengan penyusutan air laut. Bila dari hal tersebut, maka sistem *oligosen – miosen* dengan Formasi Andesit tuanya tidak selaras dengan sistem *eosan* yang ada dibawahnya. Diperkirakan ketebalan istem ini 600 m. Formasi andesit tua ini membentuk daerah perbukitan dengan puncak – puncak miring.

3. Sistem *miosen*

Setelah pengendapan Formasi Andesit tua daerah ini mengalami penggenangan air laut, sehingga formasi ini ditutupi oleh formasi yang lebih muda secara tidak selaras. Fase pengendapan ini berkembang dengan batuan penyusunnya terdiri dari batu gamping reef, napal, tuff breksi, batupasir, batu gamping globirena dan lignit yang kemudian disebut formasi Jonggrangan, selain itu juga berkembang formasi Sentolo yang formasinya terdiri dari batu gamping, napal dan batu gamping konglomeratan. Formasi – formasi tersebut memiliki persebaran yang luas dan pada umumnya membentuk daerah perbukitan dengan puncak yang relatif bulat. Diakhir kala pleistosen daerah ini mengalami pengangkatan dan pada kuartir terbentuk endapan fluvial dan vulkanik dimana pembentukan tersebut berlangsung hingga sekarang dan letaknya tidak selaras diatas formasi yang terbentuk sebelumnya.

Kulon Progo merupakan daerah yang termasuk dalam kubah Kulon Progo yang masuk dalam formasi Andesit Tua merupakan daerah yang kompleks Gunung Api Purba dengan pusat erupsi Gunung Gajah, Ijo dan Menoreh yang secara berturut-turut menghasilkan batuan berkomposisi *basaltik* Andesit. Secara umum kenampakan geologi dari Kabupaten Kulon Progo adalah :

1. Formasi Nanggulan

Formasi Nanggulan menempati daerah dengan morfologi perbukitan bergelombang rendah hingga menengah dengan tersebar merata di daerah Nanggulan (Bagian Timur Pegunungan Kulon Progo). Secara tempat formasi ini juga dijumpai di daerah Sermo, Gandul, dan Kokap yang berupa lensa-lensa atau blok *xenolit* dalam batuan beku andesit.

Formasi ini tersingkap di bagian timur Kulon Progo, di daerah Sungai Progo dan Sungai Puru. Formasi ini terbagi menjadi 3, yaitu:

a. *Axinea Beds*

Axinea beds, yaitu formasi yang terletak paling bawah dengan ketebalan 40 meter, merupakan tipe endapan laut dangkal yang terdiri dari batupasir, serpih dengan perselingan napal dan lignit yang semuanya berfasies litoral. *Axinea beds* ini banyak mengandung fosil Pelecypoda.

b. *Yogyakarta Beds*

Yogyakarta beds, yaitu formasi yang terendapkan secara selaras di atas *Axinea beds* dengan ketebalan 60 meter. Formasi ini terdiri dari napal pasiran berseling-seling dengan batupasir dan batulempung yang mengandung *Nummulites djogjakartae*.

c. *Discocyclina Beds*

Discocyclina Beds, yaitu formasi yang diendapkan secara selaras di atas *Yogyakarta beds* dengan ketebalan 200 meter. Formasi ini terdiri dari napal dan batu andesit berselingan dengan batupasir dan serpih. Semakin ke atas bagian ini berkembang kandungan Foraminifera planktonik yang melimpah.

2. Formasi Kebo Butak (Anggota Formasi Andesit Tua)

Formasi ini diendapkan secara tidak selaras di atas Formasi Nanggulan. Litologinya berupa breksi vulkanik dengan fragmen andesit, lapilli tuf, tuf, lapilli

breksi, sisipan aliran lava andesit, aglomerat, serta batupasir vulkanik yang tersingkap di daerah Kulon Progo.

Formasi ini tersingkap baik di bagian tengah, utara, dan barat daya daerah Kulon Progo yang membentuk morfologi pegunungan bergelombang sedang hingga terjal. Ketebalan formasi ini kira-kira mencapai 600 m. Berdasarkan fosil Foraminifera planktonik yang dijumpai dalam napal dapat ditentukan umur Formasi Andesit Tuayaitu Oligosen Atas.

3. Formasi Jonggrangan

Di atas Formasi Andesit Tua diendapkan Formasi Jonggrangan secara tidak selaras. Formasi ini secara umum, bagian bawah terdiri dari konglomerat, napal tufan, dan batupasir gampingan dengan kandungan moluska serta batulempung dengan sisipan lignit. Di bagian atas, komposisi formasi ini berupa batu andesit berlapis dan batu andesit koral. Morfologi yang terbentuk dari batuan penyusun formasi ini berupa pegunungan dan perbukitan kerucut dan tersebar di bagian utara Pegunungan Kulon Progo. Ketebalan batuan penyusun dari formasi ini adalah 250 - 400 meter dan berumur Miosen Bawah – Miosen Tengah. Formasi ini dianggap berumur Miosen Bawah dan di bagian bawah berjemari-jemari dengan bagian bawah Formasi Sentolo.

4. Formasi Sentolo

Di atas Formasi Andesit Tua, selain Formasi Jonggrangan, diendapkan juga secara tidak selaras Formasi Sentolo. Hubungan Formasi Sentolo dengan Formasi Jonggrangan adalah menjari. Formasi Sentolo terdiri dari batu andesit dan batupasir napalan. Bagian bawah terdiri dari konglomerat yang ditumpuki oleh napal tufan dengan sisipan tuf kaca. Ketebalan formasi ini diperkirakan sekitar 950 m.

5. Endapan Aluvial dan Gugus Pasir

Endapan Aluvial ini terdiri dari kerakal, pasir, lanau, dan lempung sepanjang sungai yang besar dan dataran pantai. Aluvial sungai berdampingan dengan aluvial rombakan batuan vulkanik. Gugus Pasir sepanjang pantai telah dipelajari sebagai sumber besi. Jenis Andesit yang ada di Dusun Clapar III, Desa Hargowilis termasuk di dalam Formasi Andesit Tua dengan dominasi batuan beku vulkanik berupa batu

Andesit yang keberadaannya tersebar secara merata di daerah ini.

Jenis Andesit yang ada di desa Hargowilis termasuk di dalam Formasi Andesit Tua dengan dominasi batuan beku vulkanik berupa Andesit yang keberadaannya tersebar secara merata hampir di seluruh daerah ini. Sebagian besar andesit berasosiasi satuan batu lempung yang telah lapuk.

2..3.3. Struktur Geologi

Pannekoek (1939), vide (Van Bammelen, 1949, hlm. 601) mengatakan bahwa sisi utara dari Pegunungan Kulonprogo tersebut telah terpotong oleh gawir-gawir sehingga di bagian ini banyak yang hancur, yang akhirnya tertimbun di bawah aluvial Magelang. Daerah pelitian merupakan bentukan lahan struktural ditandai dengan adanya struktur geologi. Bentuk lahan struktural terbentuk karena adanya proses endogen atau proses tektonik, yang berupa pengangkatan, perlipatan, dan pensesaran. Gaya (tektonik) ini bersifat konstruktif (membangun), dan pada awalnya hampir semua bentuk lahan muka bumi ini dibentuk oleh kontrol struktural. Daerah penelitian sangat dipengaruhi oleh proses geomorfologi secara endogen berupa struktur geologi sesar naik.

PT. Harmak Indonesia dikhususkan pada area penambangan yaitu di desa Hargowilis, Kapanewon Kokap, Kabupaten Kulon Progo, Daerah Istimewa Yogyakarta, tedapat pada daerah pegunungan yang relatif curam dan dataran hasil penambangan membentuk jenjang. Pada bagian Selatan gunung menoreh terdapat sinklinal yang berupa cekungan dan sebuah sesar dengan arah Barat-Timur yang membelah gunung menoreh dengan gunung ijo. Gunung Ijo salah satu gunung api yang menghasilkan andesit piroksen basaltik, andesit augit hornblende dan pada bagian inti intrusi dasit. Pada kaki-kaki pegunungan di sekeliling kubah tersebut banyak dijumpai sesar-sesar yang membentuk pola radial, dilihat pada Gambar 2.5.

2.4. Kegiatan Penambangan

Pekerjaan persiapan penambangan adalah pekerjaan dalam tahap awal sebelum kegiatan penambangan dilaksanakan. Pekerjaan persiapan penambangan bertujuan untuk menyiapkan lahan agar siap untuk pekerjaan pada tahap selanjutnya yaitu pekerjaan penambangan/ produksi. Pekerjaan persiapan terdiri dari pekerjaan sebagai berikut :

1. Pembersihan Lahan

Pembersihan lahan atau pembabatan vegetasi serta semak belukar yang ada pada IUP operasi produksi dilakukan dengan menggunakan *Bulldozer* dan peralatan manual seperti gergaji mesin, sabit dan cangkul, sehingga semua batang pohon dan semak belukar tidak mengganggu untuk pekerjaan penambangan selanjutnya.

2. Pengupasan Lapisan Tanah Penutup

Kegiatan pengupasan lapisan tanah penutup di PT. Harmak Indonesia ini bertujuan untuk mengupas lapisan tanah yang menutupi komoditas andesit yang akan ditambang. Kegiatan pengupasan lapisan tanah penutup dilakukan dengan menggunakan *Backhoe*. Pada tahap awal, pengupasan dilakukan pada atas bukit, sedangkan yang lainnya dilakukan secara bertahap sesuai kemajuan tambang yang telah dicapai.

3. Pembuatan Jalan Tambang Awal

Kegiatan persiapan penambangan selanjutnya adalah pembuatan jalan angkut tambang, jalan angkut menghubungkan antara *front* penambangan dengan *stockpile*. Alat yang digunakan untuk pembuatan jalan angkut diantaranya adalah *bulldozer* dan *backhoe*.

4. Pembongkaran

Pembongkaran merupakan kegiatan yang bertujuan untuk melepas komoditas andesit dari batuan asalnya. Pada PT. Harmak Indonesia kegiatan pembongkaran bahan galian batu andesit dilakukan dengan menggunakan alat mekanis *hydraulic rock breaker* Komatsu PC200 untuk memecah komoditas batu andesit dari batuan induknya dan untuk mengurangi ukuran bongkahan agar sesuai dengan ukuran produksi. Kegiatan pembongkaran andesit dapat dilihat pada Gambar 2.6.



Gambar 2.6.
Kegiatan Pembongkaran

5. Pemuatan

Kegiatan pemuatan merupakan kegiatan yang bertujuan untuk memasukkan komoditas andesit yang sudah tertambang ke dalam alat angkut menggunakan alat muat. Batu andesit yang telah lepas, kemudian dimuat ke dalam *dumptruck* dengan menggunakan Eskavator Kobelco SK200, kegiatan pemuatan dapat dilihat pada Gambar 2.7.



Gambar 2.7.
Kegiatan Pemuatan

6. Pengangkutan

Pengangkutan merupakan suatu kegiatan yang dilakukan untuk mengangkut komoditas dari lokasi penambangan ke tempat lain. Salah satu alat angkut yang digunakan oleh PT. Harmak Indonesia yaitu *Dumptruck* Toyota Dyna 130 HT yang membawa bahan galian ke lokasi *crusher* dapat dilihat pada Gambar 2.8.



Gambar 2.8.

Kegiatan Pengangkutan Andesit

BAB III

DASAR TEORI

3.1. Penaksiran Cadangan

Penaksiran cadangan menggunakan metode konvensional yaitu metode penampang mendatar. Diterapkan untuk endapan mineral yang metode penambangannya adalah kuari (mineral industri) andesit. Terdapat dua persamaan penaksiran volume dengan menggunakan metode penampang mendatar, yaitu :

1. Rumus *Mean Area*

Persamaan *mean area* merupakan salah satu persamaan yang digunakan untuk menghitung volume dari satu endapan. Persamaan ini digunakan apabila terdapat dua buah penampang dengan luas A1 dan luas A2 tidak berbeda jauh atau luas A1 > ½ luas A2. Adapun persamaan yang digunakan untuk mengestimasi volume dengan menggunakan persamaan *mean area* adalah sebagai berikut :

$$V = \frac{h \times (A_1 + A_2)}{2} \dots\dots\dots (3.1)$$

Keterangan:

A1 : Luas penampang 1 (m²)

A2 : Luas penampang 2 (m²)

h : Beda tinggi antar penampang (m)

V : Volume (m³)

2. Rumus *Frustum*

Untuk menghitung volume suatu endapan. Persamaan ini digunakan apabila terdapat dua buah penampang yang luas A1 < ½ luas A2. Adapun persamaan *frustum* adalah :

$$V = \frac{1}{3} \times h \times (A_1 + A_2 + \sqrt{(A_1 \times A_2)}) \dots\dots\dots (3.2)$$

Keterangan :

A_1 : Luas penampang 1 (m^2)

A_2 : Luas penampang 2 (m^2)

h : Beda tinggi antar penampang (m)

V : Volume (m^3)

3.2. Sistem Penambangan

Sistem penambangan secara tambang terbuka adalah sistem penambangan yang segala kegiatan atau aktivitasnya dilakukan di atas atau relatif dekat dengan permukaan bumi, dan tempat kerjanya berhubungan langsung dengan udara luar.

Kuari adalah suatu metode dari sistem tambang terbuka yang diterapkan untuk menambang endapan komoditas industri atau mineral industri. Berdasarkan letak endapan yang digali atau arah penambangannya secara garis besar kuari dapat dibagi menjadi dua golongan, yaitu :

1. *Side Hill Type*

Side hill type merupakan bentuk penambangan untuk batuan atau komoditas industri yang terletak dilereng-lereng bukit (Gambar 3.1). Medan kerja dibuat mengikuti arah lereng-lereng bukit itu dengan 2 (dua) kemungkinan, yaitu:

- a. Bila Seluruh lereng bukit itu akan digali dari arah atas ke bawah, maka medan kerja akan dibuat melingkar bukit dengan jalan masuk (*access road*) berbentuk spiral.
- b. Bila hanya sebagian lereng bukit saja yang akan ditambang atau bentuk bukit itu memanjang, maka medan kerja dibuat memanjang pula dengan jalan masuk dari salah satu sisi nya atau dari depan yang disebut *straight ramp*.

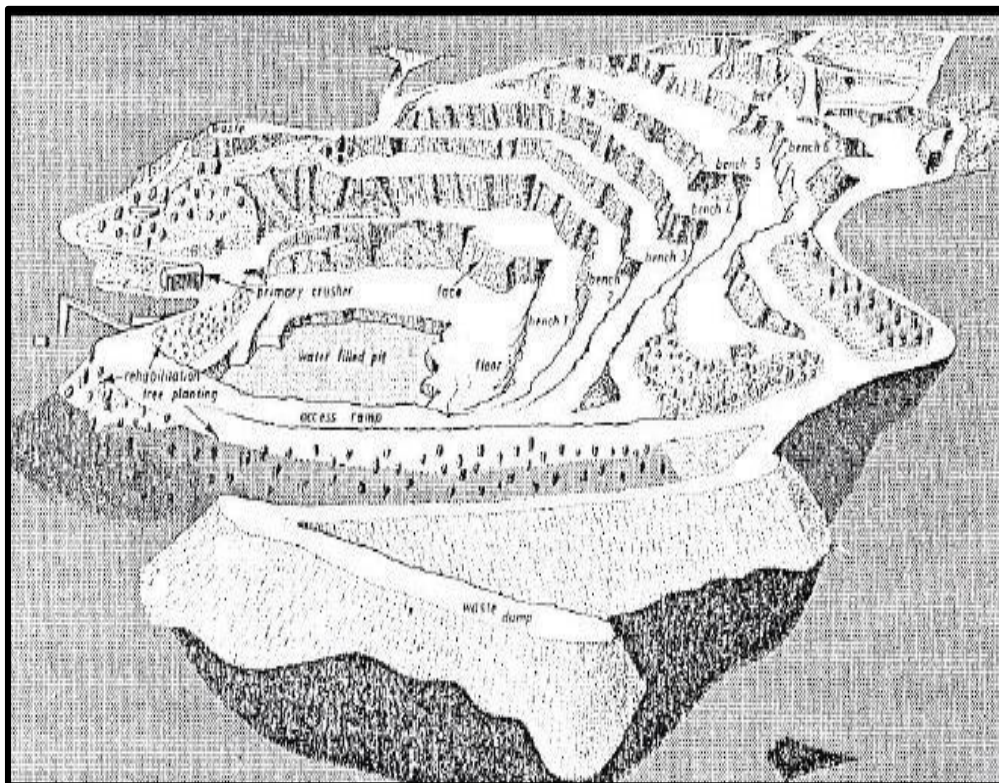
Keuntungan menambang dengan cara ini adalah:

- a. Dapat diusahakan adanya cara penirisan alamiah dengan membuat medan kerja sedikit miring ke arah luar dan di tepi jalan masuk dibuatkan saluran air.
- b. Alat-angkut bermuatan bergerak ke bawah akan mendapat bantuan gaya gravitasi, sehingga pengangkutannya (*cycle time*) efisien.

2. *Pit Type*

Pit Type merupakan bentuk penambangan untuk batuan atau komoditas industri yang terletak pada suatu daerah yang mendatar. Medan kerja harus digali ke arah bawah sehingga akan membentuk kerja atau cekungan (*pit*). Bentuk medan kerja atau cekungan tersebut ada 2 (dua) kemungkinan, yaitu :

- a. Kalau bentuk endapan kurang lebih bulat atau lonjong , maka medan kerja dan jalan masuk dibuat berbentuk spiral.
- b. Bila bentuk endapan kurang lebih empat persegi panjang atau bujur sangkar, maka medan kerjapun dibuat seperti bentuk-bentuk tersebut di atas dengan jalan masuk dari sisi yang disebut *straight ramp* atau berbentuk *switch back*, dapat dilihat pada Gambar 3.1.



Sumber: K. Sweet (1984)

Gambar 3.1

Metode *Quarry Side Hill Type*

3.3. Rancangan Penambangan

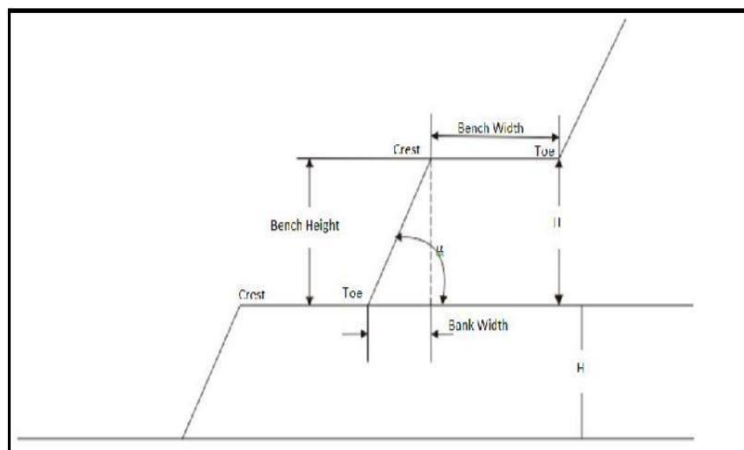
Rancangan penambangan merupakan suatu tahap penting dalam operasi

penambangan. Berikut ini adalah beberapa bagian yang perlu diperhatikan dalam membuat suatu rancangan tambang terbuka untuk mempermudah jalannya operasi penambangan.

3.3.1. Geometri Jenjang

Berhubungan dengan kemampuan alat gali/muat, yaitu pada ketinggian beberapa alat dapat bekerja efektif. Lebar jenjang berhubungan dengan penentuan ukuran minimal dimana alat dapat beroperasi dengan baik. Panjang jenjang berguna dalam penghitungan produksi sebab produksi merupakan hasil perkalian antara panjang, lebar, dan tinggi jenjang. Faktor-faktor lain yang mempengaruhi geometri jenjang ialah produksi, kondisi material, dan peralatan produksi. Produksi apabila semakin besar, maka geometri jenjang desain lebih terjal. Kondisi material berhubungan dengan daya dukung material.

Geometri jenjang (tinggi, lebar dan kemiringan) bergantung pada peralatan yang digunakan, endapan yang digali dan kondisi kerja. Tinggi jenjang yang sesuai dengan jangkauan *excavator* menjamin keselamatan dan efisiensi kerja yang tinggi, dimana peralatan dapat bekerja secara maksimal dan dapat memindahkan material sesuai dengan kemampuan alat tersebut. Dalam hal ini jenjang penangkap dibuat setiap dua atau tiga jenjang, tujuannya adalah untuk menangkap material atau bongkah yang longsor. Jenjang penangkap dibuat lebih lebar dibandingkan dengan jenjang tunggal, dapat dilihat pada Gambar 3.2.



Sumber : Hustrulid, W. & Kuchta, M., (1995).

Gambar 3.2
Bagian-Bagian Jenjang

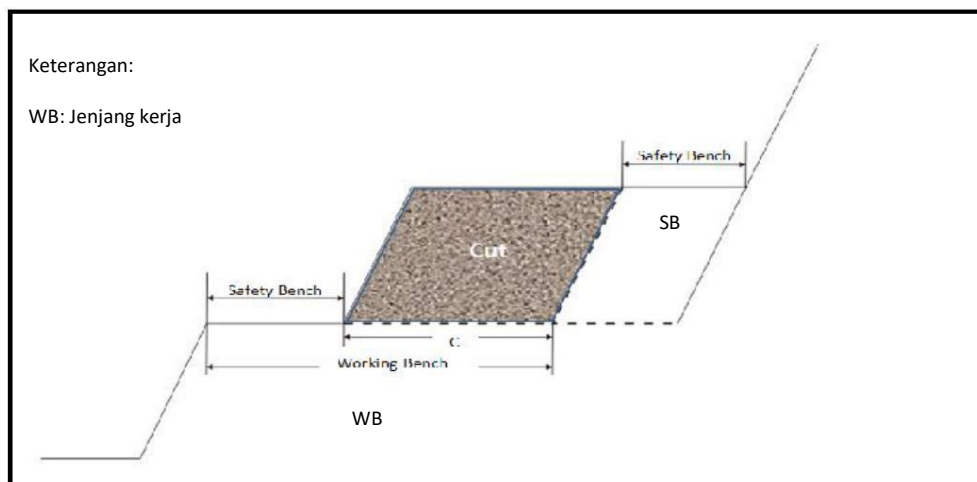
Dalam operasi di area penambangan, pengontrolan sudut lereng biasanya dilakukan dengan menandai lokasi pucuk jenjang (*crest*) yang diinginkan menggunakan bendera kecil. Operator *excavator* akan menggali sampai mangkuknya diposisi bendera tersebut. Komponen dasar pada area penambangan adalah jenjang (Gambar 3.2). Berikut ini adalah bagian-bagian jenjang.

1. *Crest dan Toe*

Crest adalah pucuk atau ujung suatu jenjang, sedangkan *toe* adalah dasar atau pangkal suatu jenjang. Sudut yang dibentuk oleh garis yang menghubungkan *crest* dan *toe* terhadap bidang vertikal disebut *face angle*.

2. Jenjang Kerja (*Working Bench*)

Adalah jenjang dimana sebagian proses penambangan berlangsung seperti penggalian dan pemuatan berlangsung. Jenjang kerja biasanya berukuran lebih besar dari jenjang biasa dengan tujuan agar alat yang beroperasi dapat bebas bermanuver, dapat dilihat pada Gambar 3.3.



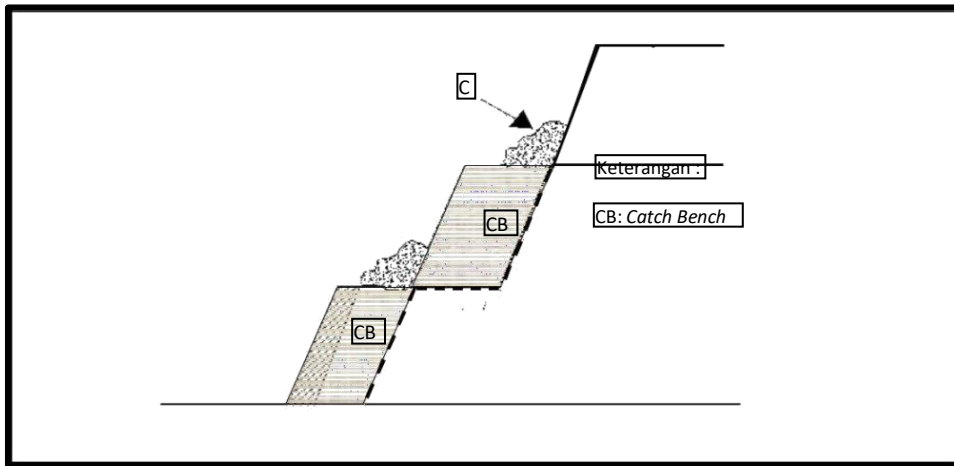
Sumber Hustrulid, W. & Kuchta, M., (1995)

Gambar 3.3

Working Bench dan Safety Bench

3. Jenjang Penangkap (*Catch Bench*)

Jenjang penangkap (Gambar 3.4) merupakan jenjang yang dibuat untuk menangkap material yang longsor. Fungsi dari *catch bench* ini adalah untuk melindungi aktifitas yang ada pada *working bench* maupun pada *ramp*, dapat dilihat pada Gambar 3.4.



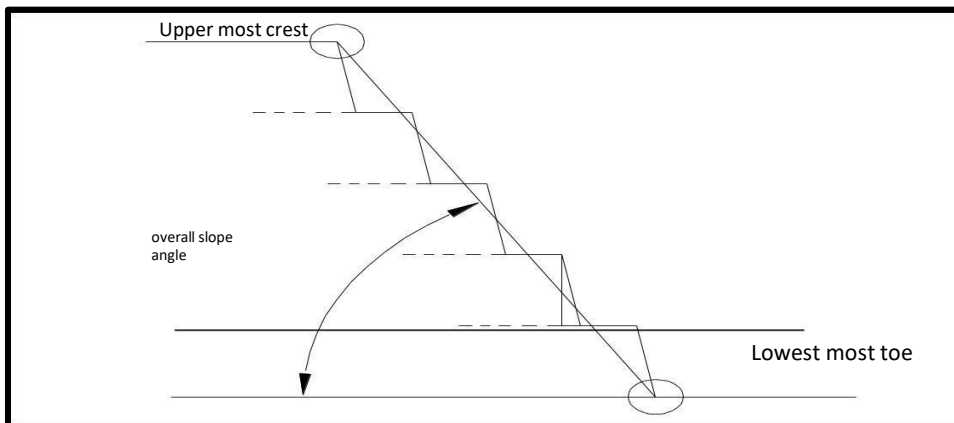
Sumber Hustrulid, W. & Kuchta, M., (1995).

Gambar 3.4.

Catch Bench

4. *Overall Slope Angle*

Merupakan sudut kemiringan dari keseluruhan jenjang yang dibuat pada *front* penambangan, baik itu *catch bench*, jalan tambang, *safety bench* maupun *working bench* yang ada pada permukaan jenjang. Kemiringan ini diukur dari *crest* paling atas sampai dengan *toe* paling akhir dari *front* penambangan, seperti Gambar 3.5



Sumber Hustrulid, W. & Kuchta, M., (1995)

Gambar 3.5

Overall Slope Angle

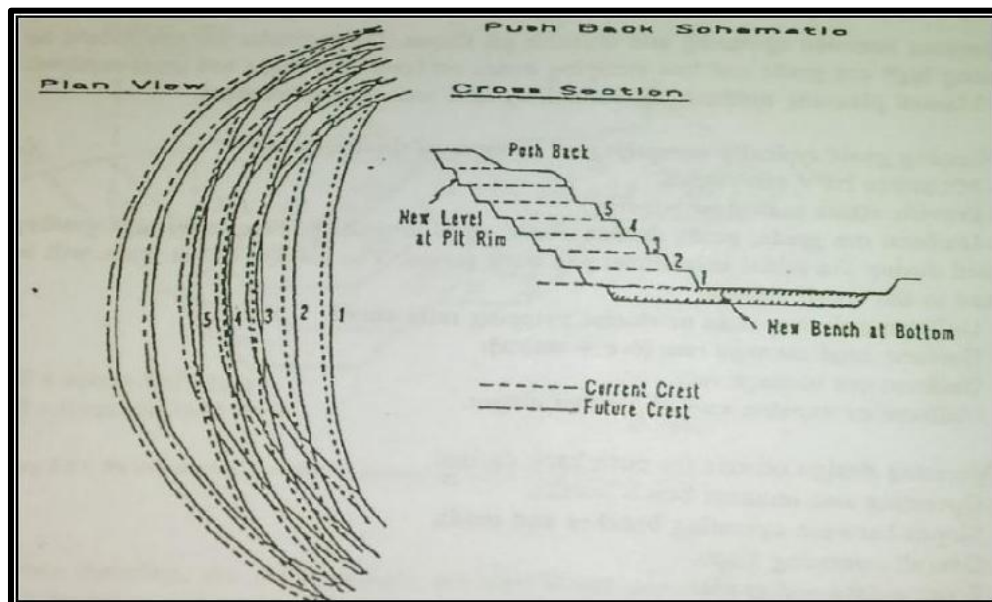
Overall slope angle pada suatu rancangan kegiatan sangat dipengaruhi oleh kondisi tanah dan juga batuan yang ada disekitar lokasi penambangan. Selain itu juga dipengaruhi oleh beberapa ukuran jenjang yang ada.

3.3.2. Tahapan Penambangan

Merupakan bentuk-bentuk penambangan yang menunjukkan bagaimana suatu bukit akan ditambang dari titik awal masuk hingga bentuk akhir bukit. Tujuan umum dari tahapan penambangan adalah untuk membagi seluruh volume yang ada dalam bukit ke dalam unit-unit perencanaan yang lebih kecil sehingga mudah ditangani. Dalam perancangan, parameter waktu dapat mulai diperhitungkan, karena waktu merupakan parameter yang sangat berpengaruh.

Pada tahap perencanaan, awalnya diusahakan untuk mengkaitkan hubungan antara geometri penambangan dengan geometri andesit. Tahapan penambangan yang dirancang secara baik akan memberikan akses ke semua daerah kerja dan menyediakan ruang kerja yang cukup untuk operasi peralatan kerja secara efisien.

Pembagian kemajuan tambang merupakan kemajuan tambang untuk menentukan kedalaman hingga mencapai target produksi yang akan di dapat sehingga akan membentuk jenjang pada akhir penambangan, , dapat dilihat pada Gambar 3.6.



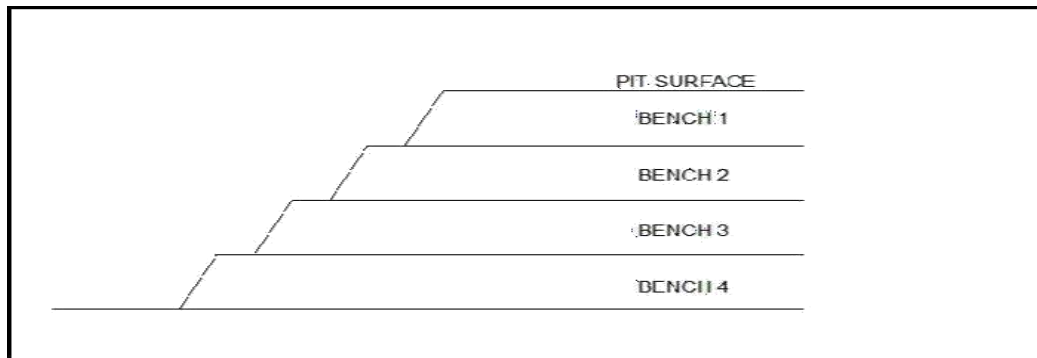
Sumber : Hustrulid, W. & Kuchta, M., (1995)

Gambar 3.6

Penampang Skematik Perencanaan Kemajuan Tambang

Kegiatan penambangan ini merupakan penggambaran dari penjelasan Gambar 3.6, terbagi menjadi beberapa jenjang sehingga didapatkan geometri awal

penambangan, dapat dilihat pada Gambar 3.7.

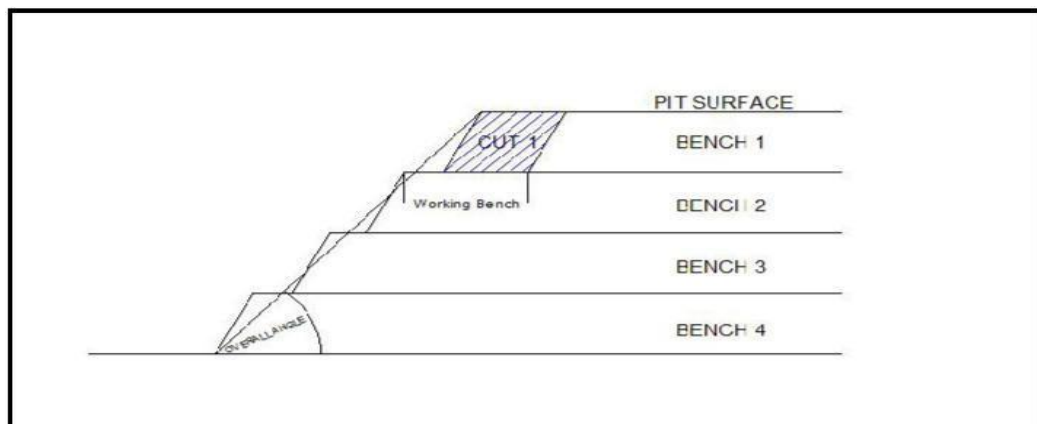


Sumber : Hustrulid, W. & Kuchta, M., (1995)

Gambar 3.7

Geometri Awal *Push Back* Penambangan

Tahap ini sudah dilakukan penggalian pada bagian *bench 1* dengan mempertimbangkan area kerja (*working bench*) untuk mendapatkan material tersebut dan pada akhirnya akan menyesuaikan sudut yang dibentuk berdasarkan faktor keamanan yang ditetapkan, dapat dilihat pada Gambar 3.8.

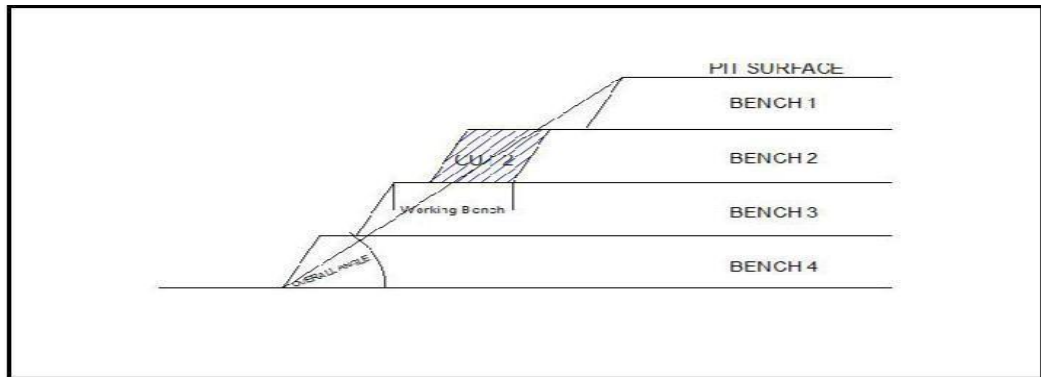


Sumber : Hustrulid, W. & Kuchta, M., (1995)

Gambar 3.8

Penambangan pada *Bench 1*

Tahap selanjutnya apabila sudah dilakukan penambangan pada *bench 1*, kemudian dilanjutkan ke *bench 2* dengan mempertimbangkan jenjang kerja dan menyesuaikan kemiringan jenjang keseluruhan yang sudah ditetapkan. Tahap ini selanjutnya yaitu melakukan kegiatan yang sama yang pada akhirnya akan meninggalkan jenjang akhir yang sesuai dengan faktor keamanan, dapat dilihat pada Gambar 3.9.



Sumber : Hustrulid, W. & Kuchta, M., (1995)

Gambar 3.9

Penambangan pada *Bench 2*

3.3.3. Geometri Jenjang Menurut KepMen 1827 Tahun 2018

Berdasarkan Keputusan Menteri Pertambangan dan Energi Nomor: 1827 tahun 2018 Tentang Tinggi Permukaan Kerja dan Lebar Teras Kerja bahwa :

1. Kemiringan, tinggi dan lebar teras harus dibuat dengan baik dan aman untuk keselamatan para pekerja agar terhindar dari material atau benda jatuh.
2. Tinggi jenjang (*bench*) untuk pekerjaan yang dilakukan pada lapisan yang mengandung pasir, tanah liat, kerikil dan material lepas lainnya harus :
 - a. Tidak boleh dari 2,5 meter apabila dilakukan secara manual.
 - b. Tidak boleh lebih dari 6 meter apabila dilakukan secara mekanik dan
 - c. Tidak boleh lebih dari 20 meter apabila dilakukan *clamshell*, *dragline*, *bucketwheel excavator* atau alat sejenis kecuali mendapat persetujuan Kepala Pelaksana Inspeksi Tambang.
3. Tinggi jenjang untuk pekerja yang dilakukan pada material kompak tidak boleh lebih dari 6 meter, apabila dilakukan secara manual.
4. Dalam hal penggalian dilakukan sepenuhnya dengan alat mekanis yang dilengkapi dengan kabin pengaman yang kuat, maka tinggi jenjang maksimum untuk material kompak 15 meter, kecuali mendapat persetujuan Kepala Pelaksana Inspektur Tambang.
5. Studi kemantapan lereng harus dibuat apabila:
 - a. Tinggi jenjang keseluruhan pada sistem penambangan berjenjang lebih dari 15 meter

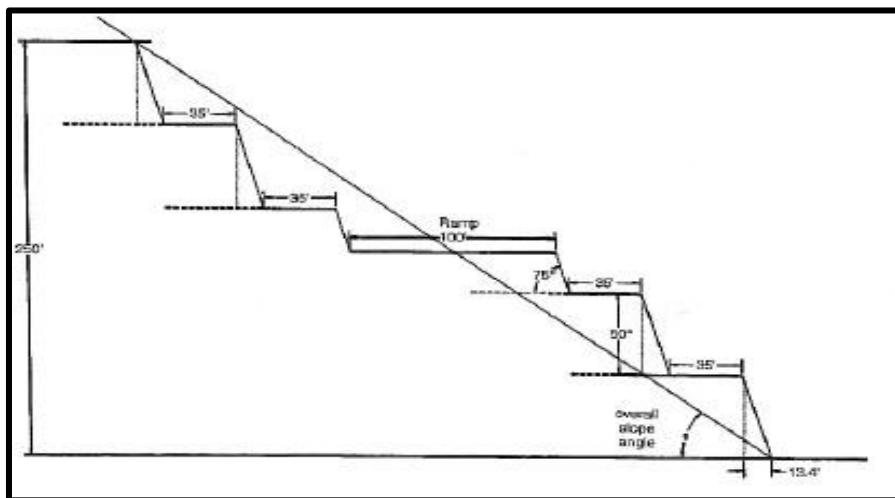
- b. Tinggi setiap jenjang lebih dari 15 meter.
6. Lebar lantai teras kerja sekurang kurangnya 1,5 kali tinggi jenjang atau disesuaikan dengan jumlah alat yang digunakan, sehingga dapat bekerja dengan aman dan harus dilengkapi dengan tanggul pengaman (*safety berm*) pada tebing yang terbuka dan diperiksa pada setiap giliran kerja dari kemungkinan adanya rekahan atau tanda-tanda kelemahan lainnya.

3.3.4. Sudut Lereng *Inter-ramp* dan *Overall*

Sudut lereng keseluruhan (*overall slope angle*) adalah sudut yang sebenarnya dari dinding *pit* keseluruhan, dengan memperhitungkan jalan angkut, jenjang penangkap dan semua profil lain di *pit wall*.

1. *Overall slope angle with ramp*

Pada bagian pertengahan dari *overall slope* akan diberi salah satu jenjang yang dimensi ukurannya lebih besar dan digunakan sebagai jalan angkut, dapat dilihat pada Gambar 3.10.



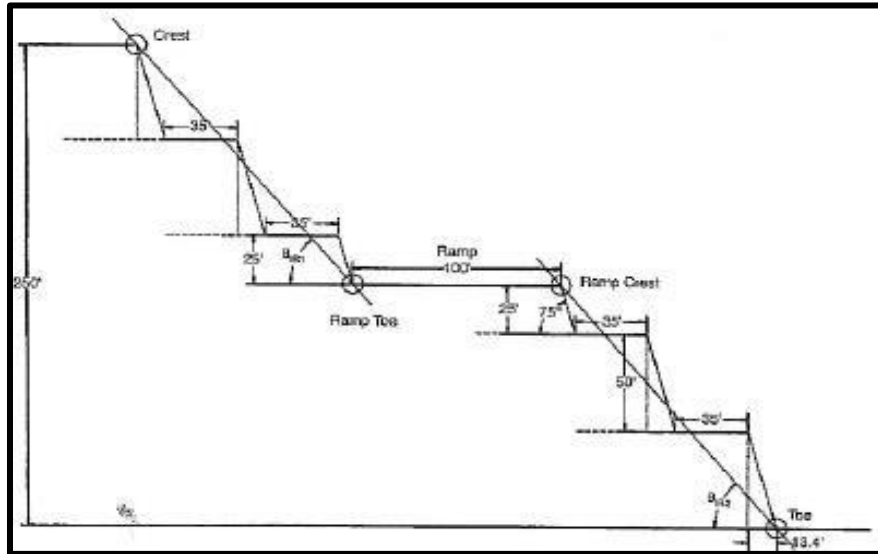
Sumber : Hustrulid, W. & Kuchta, M., (1995)

Gambar 3.10

Overall Slope Angle with Ramp

2. *Interramp slope angle*

Interramp slope angle merupakan sudut yang berada di antara *ramp* yang diukur mulai dari *crest* sampai dengan *toe* pada *ramp*, dapat dilihat seperti pada Gambar 3.11.



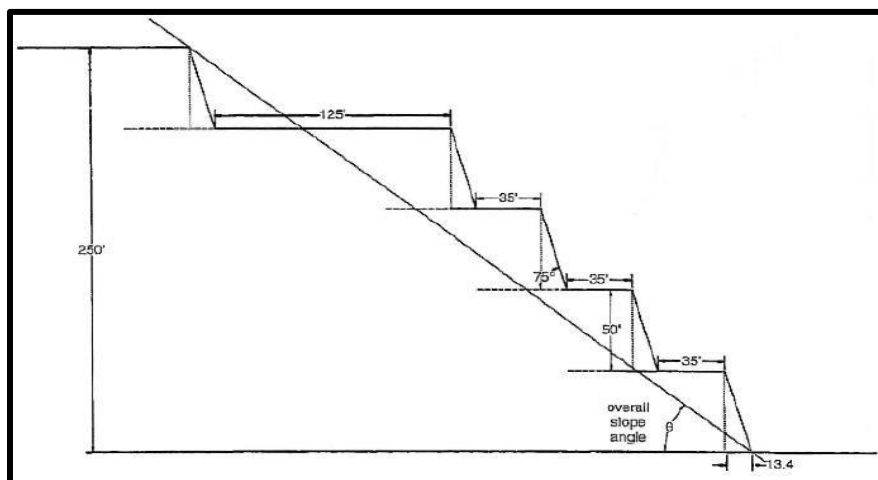
Sumber : Hustrulid, W. & Kuchta, M., (1995)

Gambar 3.11

Interramp Slope Angle

3. *Overall slope angle with working bench*

Overall slope angle pada jenjang kerja dan beberapa jenjang lain diukur dari *crest* sampai *toe*, dapat dilihat pada Gambar 3. 12.



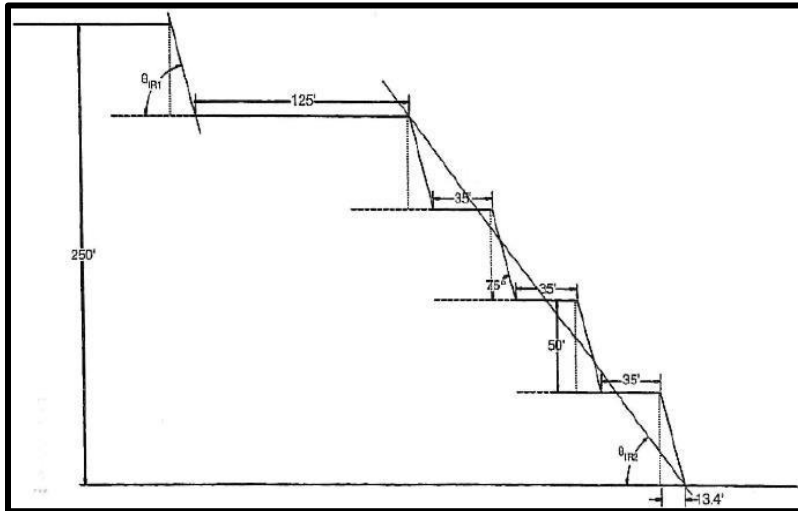
Sumber : Hustrulid, W. & Kuchta, M., (1995)

Gambar 3.12

Overall Slope Angle with Working Bench

4. *Interramp slope angle* dengan satu *working bench*

Kemiringan jenjang diukur dari *crest* pada bagian *bench* yang sejajar dengan jenjangkerja sampai *toe*, dapat dilihat pada Gambar 3. 13.



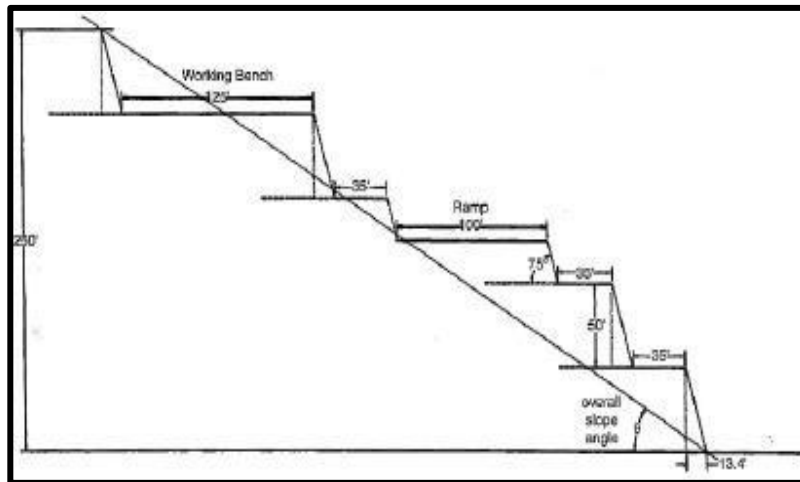
Sumber : Hustrulid, W. & Kuchta, M., (1995)

Gambar 3.13

Interramp Slope Angle dengan Satu Working Bench

5. *Interramp slope angle dengan satu working bench*

Kemiringan jenjang diukur dari *crest* pada *bench* yang sejajar jenjangkerja sampai *toe*, dapat dilihat pada Gambar 3.14.



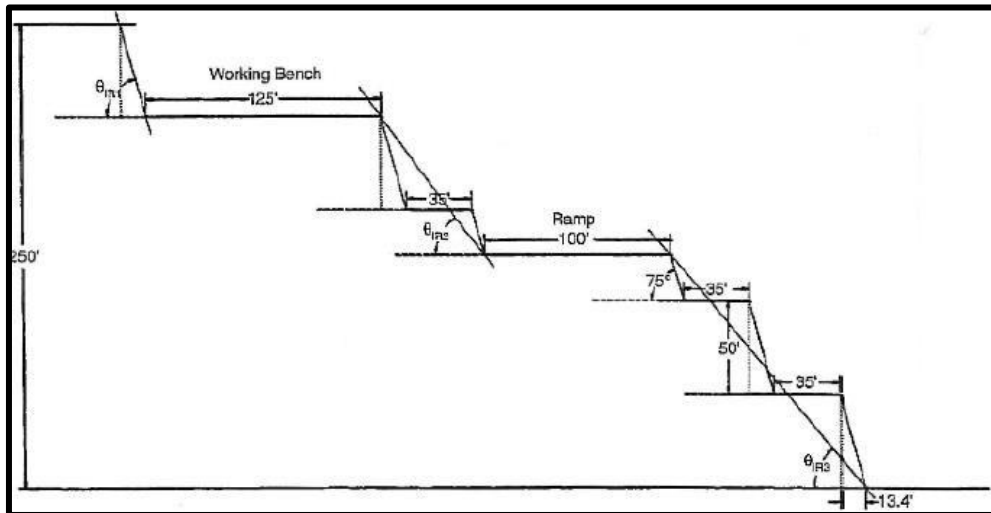
Sumber : Hustrulid, W. & Kuchta, M., (1995)

Gambar 3.14

Overall Slope Angle dengan Working Bench dan Ramp

6. *Interramp slope angle dengan working bench dan ramp*

Kemiringan jenjang yang diukur dari *crest* pada *bench* yang sejajar dengan jenjang kerja hingga *toe*. Tinggi jenjang dan sudut pada kemiringan masing-masing *working bench* dan *ramp*, dapat dilihat pada Gambar 3. 15.



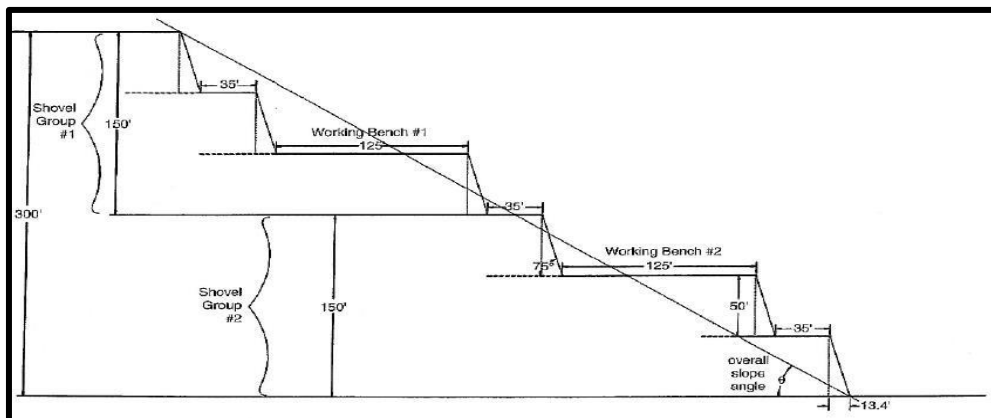
Sumber:Hustrulid, W. & Kuchta, M., (1995)

Gambar 3.15

Interramp Slope Angle dengan Working Bench dan Ramp

7. *Overall slope dengan dua working bench*

Kemiringan keseluruhan pada jenjang yang dibentuk pada akhir penambangan. Jenjang kerja yang mempengaruhi terhadap jalannya kegiatan penambangan lebih produktif sesuai dengan desain lereng. Kemiringan sudutnya diukur dari *crest* dan *toe* paling bawah darijenjang yang ada, dapat dilihat pada Gambar 3. 16.



Sumber : Hustrulid, W. & Kuchta, M., (1995)

Gambar 3.16

Overall Slope Angle dengan Dua Working Bench

3.4. Rancangan Jalan Angkut

Geometri jalan angkut yang memenuhi syarat adalah bentuk dan ukuran dari jalan angkut sesuai dengan alat angkut yang digunakan dan kondisi medan yang ada

sehingga menjamin serta menunjang segi keamanan dan keselamatan operasi pengangkutan.

3.4.1. Lebar Jalan Angkut

Lebar jalan angkut dibagi menjadi dua yaitu :

1. Lebar pada jalan lurus

Penentuan lebar jalan angkut minimum untuk jalan lurus didasarkan pada *Rule of Thumb* yang dikemukakan *Aasho Manual Rural High-way Design* adalah

$$L_{min} = n \cdot W_t + (n + 1)(0,5 \cdot W_t) \dots \dots \dots (3.3)$$

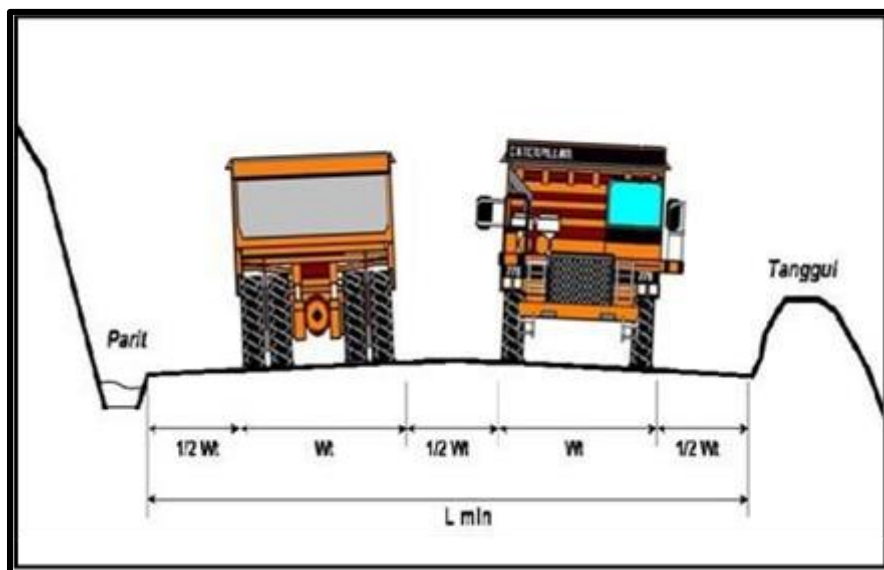
Keterangan :

L_{min} = Lebar jalan angkut minimum (m)

n = Jumlah jalur

W_t = Lebar alat angkut total (m)

Perumusan diatas hanya digunakan untuk lebar jalan dua jalur (n), nilai 0,5 artinya adalah lebar terbesar dari alat angkut yang digunakan dari ukuran aman masing-masing kendaraan di tepi kiri-kanan jalan, dapat dilihat seperti pada Gambar 3. 17.



Sumber: Awang Suwandi,(2004)

Gambar 3.17

Lebar Jalan Angkut Minimum Dua Jalur Pada Jalan Lurus

2. Lebar Pada Jalan Tikungan

Lebar jalan angkut pada tikungan lebih besar dari pada jalan lurus, dapat

dilihat pada Gambar 3.18. Untuk jalur ganda, lebar minimum pada tikungan dihitung berdasarkan pada :

- Lebar jejak ban alat angkut
- Lebar jantai atau tonjolan (*overhang*) alat angkut bagian depan dan belakang pada saat membelok.
- Jarak antara alat angkut pada saat bersimpangan
- Jarak (*space*) alat angkut dengan tepi jalan.

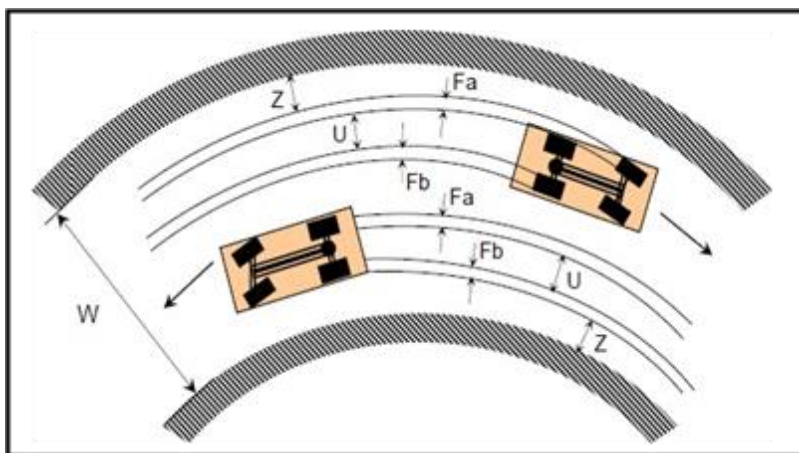
Lebar jalan angkut pada tikungan dapat dihitung menggunakan rumus:

$$W = n (U + Fa + Fb + Z) + C \dots\dots\dots (3.4)$$

$$C = Z = \frac{1}{2} (U + Fa + Fb) \dots\dots\dots (3.5)$$

Keterangan:

- W = Lebar jalan angkut pada tikungan (m)
- N = Jumlah jalur
- U = Jarak jejak roda alat angkut (m)
- C = Jarak antara dua alat angkut yang akan bersimpangan (m)
- Z = Jarak sisi luar alat angkut ke tepi jalan (m)
- Fa = Lebar jantai depan (m)
- Fb = Lebar jantai belakang (m)



Sumber : Awang Suwandi, (2004)

Gambar 3.18

Lebar Jalan Pada Tikungan

3.4.2. Radius Jalan Tikungan

Radius jalan angkut (R) adalah radius yang besarnya dihitung dari pusat

tikungan sampai ke perpotongan garis-garis yang ditarik dari titik dimana jalan mulai membelok, sampai ke titik akhir belokan. Dalam pembuatan jalan menikung, jari – jari tikungan harus dibuat lebih besar dari jari – jari lintasan alat angkut atau minimal sama. Semakin besar jari-jari tikungan untuk sudut tikungan yang sama maka jari-jari tikungan yang lebih besar akan lebih memberikan rasa aman bagi operator karena kendaraan tidak perlu mengurangi kecepatannya seperti pada jari-jari tikungan yang lebih kecil. Ini berarti besarnya radius tikungan minimum dipengaruhi oleh nilai *superelevasi* (e) dan koefisien gesekan melintang maksimum, sehingga terdapat nilai radius tikungan minimum untuk nilai *superelevasi* maksimum dan koefisien gesekan melintang maksimum.

$$R = \frac{V^2}{127(e + f)} \dots\dots\dots (3.6)$$

Keterangan:

R : Radius tikungan, m

V : Kecepatan truk, km/jam

e : *superelevasi*, m/m , → minimum 0.04 m/m

f : koefisien gesek melintang, untuk kecepatan < 80 km/jam

Untuk menentukan jari-jari tikungan minimum pada jalan angkut besarnya tergantung pada berat alat angkut yang akan melewati jalan angkut tersebut. Semakin berat alat angkut yang digunakan maka jari-jari tikungan yang dibutuhkan oleh alat angkut tersebut untuk membelok semakin besar, seperti Tabel 3. 1.

Tabel 3.1

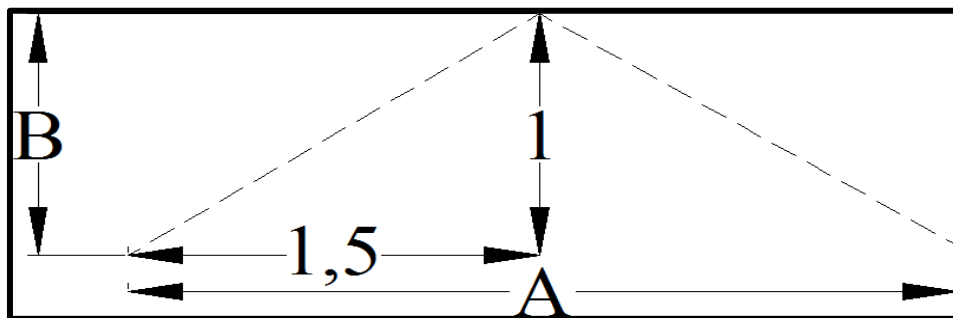
Radius Tikungan Minimum

Klasifikasi Berat Kendaraan	Berat Kendaraan (lbs)	Radius Tikungan Minimum(ft)
1	<100.000	19
2	100 -200.000	24
3	200-400.000	31
4	>400.000	39

Sumber : Kaufman and Ault, (1997)

3.4.3. *Safety Berm* Pada Jalan Angkut

Safety berm (*guardrails*) atau pagar pengaman berfungsi untuk menjaga alat angkut agar tetap berada pada jalurnya sehingga kecelakaan akibat keteledoran pengemudi dapat dikurangi. Material yang digunakan untuk pembuatan *berm* umumnya adalah batuan hasil peremukan dan pasir atau bongkahan hasil dari peledakan, dapat dilihat pada Gambar 3.19.



Sumber : Hustrulid, W. & Kuchta, M. (1995)

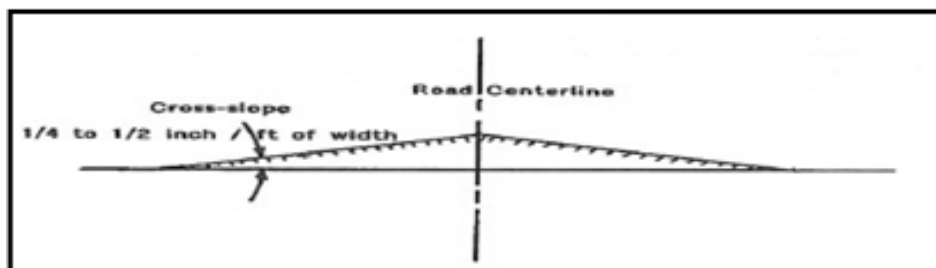
Gambar 3.19

Dimensi *Safety Berm* Pada Jalan Angkut

3.4.4. Kemiringan Jalan

1. Kemiringan Badan Jalan (*Cross Slope*)

Untuk mengatasi tergenangnya air pada badan jalan maka badan jalan dibuat miring lebih rendah kearah luar, sehingga badan jalan tetap kering tanpa ada genangan air. Nilai kemiringan badan jalan atau yang disebut *cross slope* tersebut adalah $\frac{1}{4}$ sampai $\frac{1}{2}$ inch dari lebar badan jalan, dapat dilihat pada Gambar 3. 20.



Sumber : Kaufman and Ault, (1997)

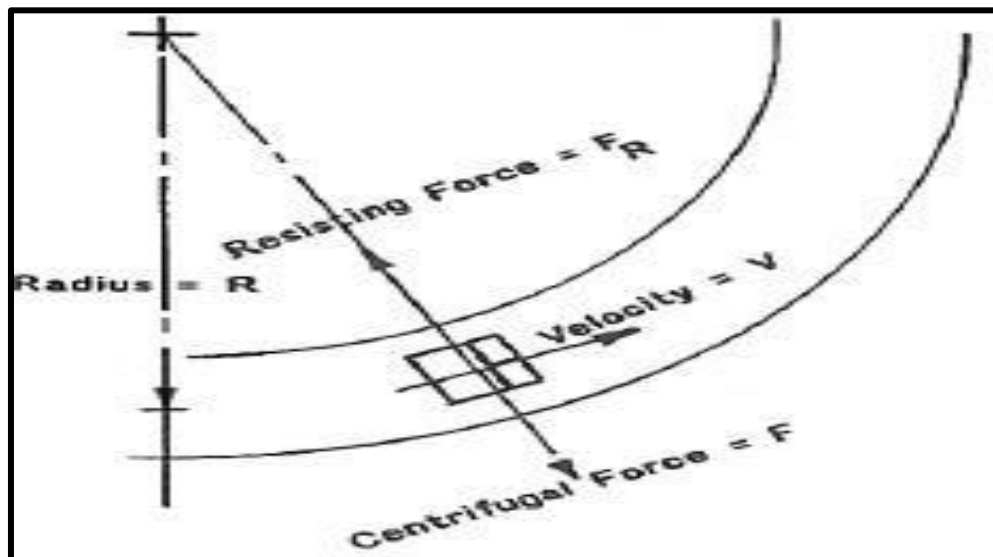
Gambar 3.20

Cross Slope

2. Kemiringan Jalan Pada Tikungan (*Superelevasi*)

Superelevasi merupakan kemiringan jalan pada tikungan yang

terbentuk oleh batas antara tepi jalan terluar dengan tepi jalan terdalam karena perbedaan kemiringan. Tujuan dari dibuatnya *superelevasi* pada daerah tikungan jalan angkut yaitu untuk menghindari atau mencegah terjadinya kendaraan tergelincir keluar jalan atau terguling, dapat dilihat pada Gambar 3. 21.



Sumber : Hustrulid, W. & Kuchta, M., (1997)

Gambar 3.21

Superelevasi Tikungan Jalan Angkut

Besarnya angka *superelevasi* untuk beberapa jari-jari tikungan dengan berbagai variasi kecepatan alat angkut dapat bermacam-macam, untuk itu penentuan *superelevasi* selain dengan menggunakan rumus juga dapat dilakukan dengan penggunaan tabel seperti ditunjukkan dalam Tabel 3.2. Dalam Tabel 3.2 terdapat angka *superelevasi* yang sama untuk kecepatan dan jari-jari yang berbeda.

Hal ini disebabkan oleh nilai koefisien gesek yang berbeda untuk kombinasi kecepatan dan jari-jari tikungan, atau dengan kata lain dapat dikatakan bahwa untuk melintasi tikungan dengan jari-jari tikungan dan kecepatan yang berbeda, maka gaya sentrifugal yang dialami oleh alat angkut juga akan berbeda, sehingga akan membuat alat angkut mempunyai kemampuan yang berbeda. Untuk perencanaan, AASHTO menganjurkan pemakaian beberapa nilai *superelevasi* yaitu 0,02, 0,04, 0,06, 0,08, 0,010 dan 0,012.

Berikut ini merupakan tabel nilai *superelevasi* yang disarankan oleh ASSHTO, dapat dilihat seperti pada Tabel 3. 2.

Tabel 3.2

Angka *Superelevasi* yang Direkomendasikan

Jari-jari Tikungan(meter)	Kecepatan (km/h)					
	16	24	32	40	48	>56
15	0,04	0,04				
30	0,04	0,04	0,04			
46	0,04	0,04	0,04	0,05		
76	0,04	0,04	0,04	0,04	0,05	
91	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,05
183	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04
305	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04

Sumber : Kaufman dalam Dwayne and Bruce, (2001).

3. Kemiringan Jalan Angkut (*Grade*)

Kemiringan jalang angkut (*grade*) merupakan suatu faktor penting yang harus diamati secara detail dalam kegiatan kajian terhadap kondisi jalantambang. Hal ini dikarenakan kemiringan jalan angkut berhubungan langsung dengan kemampuan alat angkut, baik dalam pengereman maupun dalam mengatasi tanjakan. Kemiringan jalan angkut biasanya dinyatakan dalam persen (%). Kemiringan (α) 1% berarti jalan tersebut naik atau turun 1 m pada jarak mendatar sejauh 100 m. Kemiringan (*grade*) dapat dihitung dengan menggunakan rumus:

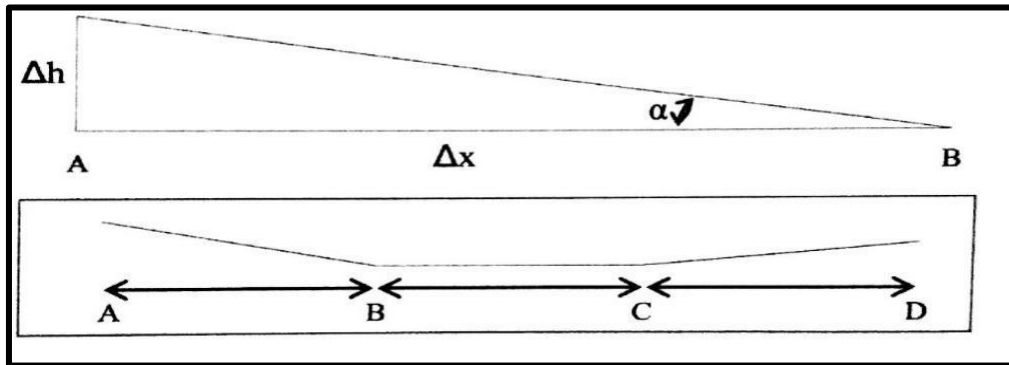
$$Grade (\%) = \frac{\Delta h}{\Delta x} \times 100\% \dots\dots\dots(3.7)$$

Dengan :

Δh = Beda tinggi antara dua titik yang diukur.

Δx = Jarak antara dua titik yang diukur.

Secara umum kemiringan jalan maksimum yang dapat dilalui dengan baik dan aman oleh alat angkut adalah kurang dari 10%. Untuk jalan naik maupun turun pada daerah perbukitan, lebih aman menggunakan kemiringan jalan maksimum 8% atau 4,5°, dapat dilihat pada Gambar 3.22.



Sumber : Waterman Sulistyana Bargawa, (2015)

Gambar 3.22

Kemiringan Jalan Angkut Pada Tanjakan

Untuk menentukan tempat kerja, maka menggunakan perhitungan dimensi minimum *front* penambangan :

- a. Lebar minimum *front* penambangan dihitung dengan rumus :

$$W_{\min} = 2 \times (0,5 \times R_s) + A + M_t \dots \dots \dots (3.8)$$

- b. Panjang minimum *front* penambangan dapat dihitung dengan rumus :

$$L_{\min} = R_s + 2A \dots \dots \dots (3.9)$$

Keterangan:

- W_{\min} = Lebar minimum front penambangan
- R_s = Swing radius alat gali muat.
- A = Jarak tambahan, 1 meter.
- M_t = Lebar alat angkut saat membentuk sudut 35° .

3.5. Perhitungan Produksi Alat

Salah satu hal untuk mengetahui hasil kerja suatu alat muat dan alat angkut adalah besarnya produksi yang dapat dicapai oleh alat tersebut. Untuk memperkirakan produksi alat agar teliti, perlu dipelajari hal-hal yang mempengaruhi hasil kerja alat-alat di Lapangan.

3.5.1. Waktu Edar (*Cycle Time*)

Waktu edar adalah jumlah waktu yang diperlukan oleh alat mekanis baik alat muat maupun alat angkut untuk melakukan satu siklus kegiatan produksi dari kegiatan awal sampai kegiatan akhir dan kembali siap untuk memulai kegiatan awal lagi.

1. Waktu Edar Alat Muat

Dapat dinyatakan dalam persamaan :

$$CT_m = T_{m1} + T_{m2} + T_{m3} + T_{m4} \dots\dots\dots (3.10)$$

Keterangan :

- CT_m = Total waktu edar alat muat (menit)
- T_{m1} = Waktu untuk mengisi muatan (menit)
- T_{m2} = Waktu ayunan bermuatan (menit)
- T_{m3} = Waktu untuk menumpahkan muatan (menit)
- T_{m4} = Waktu ayunan kosong (menit)

2. Waktu Edar Alat Angkut

Dapat dinyatakan dalam persamaan :

$$C_{ta} = T_{a1} + T_{a2} + T_{a3} + T_{a4} + T_{a5} + T_{a6} \dots\dots\dots (3.11)$$

Keterangan :

- C_{ta} = Total waktu edar alat angkut (menit)
- T_{a1} = Waktu mengatur posisi untuk diisi muatan (menit)
- T_{a2} = Waktu diisi muatan (menit)
- T_{a3} = Waktu mengangkut muatan (menit)
- T_{a4} = Waktu mengatur posisi untuk menumpahkan muatan (menit)
- T_{a5} = Waktu menumpahkan muatan (menit)
- T_{a6} = Waktu kembali kosong (menit)

3.5.2 Sifat Fisik Material

Sifat fisik material ini berpengaruh besar terhadap operasi alat-alat mekanis, terutama dalam menentukan jenis alat yang akan digunakan dan taksiran produksinya. Beberapa sifat fisik yang penting untuk diperhatikan adalah :

1. Faktor Pengembangan Material

Yang dimaksud dengan pengembangan material adalah perubahan volume material apabila material tersebut dirubah dari bentuk aslinya. Di dalam material didapati dalam keadaan padat sehingga hanya sedikit bagian-bagian yang kosong yang terisi udara diantara butir-butirnya. Apabila material tersebut digali dari tempat aslinya, maka akan terjadi pengembangan volume. Untuk menyatakan

besarnya pengembangan volume ada dua hal yang bisa dihitung yaitu :

- a. Faktor Pengembangan (*Swell Factor*)
- b. Persen Pengembangan (*Percent Swell*)

Faktor pengembangan material perlu diketahui karena yang diperhitungkan dalam penggalian selalu didasarkan pada kondisi material sebelum digali, yang dinyatakan dalam volume insitu (*bank volume*). Sedangkan material yang ditangani pada kegiatan pemuatan dan pengangkutan adalah material pada kondisi *loose* (*loose volume*). Angka-angka *swell factor* untuk setiap klasifikasi material berbeda sesuai dengan jenis material itu sendiri.

Rumus untuk menghitung *swell factor* dan % *swell* ada dua, yaitu :

- a. Berdasarkan volume :

$$\text{Swell Factor} = \frac{\text{bank volume}}{\text{Loose volume}} \dots\dots\dots (3.12)$$

$$\% \text{swell} = \frac{(\text{loose volume} - \text{bank volume})}{\text{Bank volume}} \times 100 \% \dots\dots\dots (3.13)$$

- b. Berdasarkan densitas (kerapatan) :

$$\text{Swell Factor} = \frac{\text{loose weight}}{\text{weight in bank}} \dots\dots\dots (3.14)$$

$$\% \text{swell} = \frac{(\text{weight in bank} - \text{loose weight})}{\text{loose weight}} \times 100 \% \dots\dots\dots (3.15)$$

2. Densitas Material

Densitas adalah berat per unit volume dari suatu material. Material mempunyai densitas yang berbeda karena dipengaruhi sifat-sifat fisiknya, antara lain: ukuran partikel, kandungan air, pori-pori dan kondisi fisik lainnya.

$$\gamma = \frac{\text{Berat Material}}{\text{Volume Material}} \dots\dots\dots (3.16)$$

3. Bentuk Material

Bentuk material ini didasarkan pada ukuran butir material yang akan mempengaruhi susunan butir-butir material dalam suatu kesatuan volume atau tempat. Material yang halus dan seragam, kemungkinan besar volumenya akan sama dengan volume ruang yang ditempati karena rongga udara yang terbentuk oleh material kasar dan berbongkah akan lebih besar sehingga mengurangi volume

sebenarnya pada alat.

4. Kekerasan Material

Kekerasan material akan berpengaruh terhadap mudah tidaknya material tersebut dibongkar. Material yang keras akan lebih sulit untuk dibongkar atau digali dengan menggunakan alat mekanis selain juga menurunkan produktivitas alat. Kekerasan material berkaitan dengan kekuatan dan kerapatan material.

3.5.3. Produksi Peralatan

1. Produksi Alat

Kemampuan produksi alat dapat digunakan untuk menilai kinerja dari alat muat dan alat angkut. Semakin baik tingkat penggunaan alat maka semakin besar produksi yang dihasilkan alat tersebut.

a. Produksi Alat Muat

Perhitungan untuk produksi alat muat adalah :

$$P_m = \frac{60}{C_{tm}} \times C_{am} \times F \times E \times S_f \dots\dots\dots (3.17)$$

Keterangan :

P_m = Kemampuan produksi alat muat (BCM/jam)

C_{tm} = Waktu edar alat muat sekali pemuatan (menit)

C_{am} = Kapasitas mangkuk alat muat (m^3)

F = Faktor pengisian (%)

E = Effisiensi kerja (%)

S_f = *Swell factor*

b. Produksi Alat Angkut

Perhitungan produksi untuk truk adalah :

$$P_a = N_a \times \frac{60}{C_{ta}} \times C_a \times E \times S_f \dots\dots\dots (3.18)$$

Keterangan :

P_a = Kemampuan produksi alat angkut (BCM/jam)

N_a = Jumlah alat angkut (unit)

C_{ta} = Waktu edar alat angkut (menit)

C_a = Kapasitas bak alat angkut (m^3)

= $n \times C_{am} \times F$

- N = Jumlah pengisian bucket alat muat untuk penuh bak alat angkut
- Ca = Kapasitas mangkuk alat muat (m³)
- F = Faktor pengisian (%)
- E = Effisiensi kerja (%)
- Sf = *Swell factor*

c. Produksi Alat Bongkar

Perhitungan untuk produksi alat muat adalah :

$$KP = n \times \frac{V}{n} \times Sf \times PA \times UA \dots \dots \dots (3.19)$$

Keterangan :

- KP = Kemampuan Produksi BCM/jam
- n = Jumlah Penetrasi/ jam
- V = Volume Terbongkar m³/jam
- Sf = *Swell factor*

2. Jumlah Kebutuhan Alat

$$N = \frac{Tp}{P} \dots \dots \dots (3.20)$$

Keterangan :

- N = Jumlah alat yang diperlukan (unit)
- Tp = Sasaran produksi (BCM/jam)
- P = Produksi alat (BCM/jam)

3.5.4. Keserasian Kerja Alat (Match Factor)

Untuk mendapatkan hubungan kerja yang serasi antara alat muat dan alat angkut maka produksi alat muat harus sesuai dengan produksi alat angkut. Faktor keserasian alat muat dan alat angkut didasarkan pada produksi alat muat dan produksi alat angkut, yang dinyatakan dalam *Match Factor* (MF).

Secara teoritis produksi alat muat haruslah sama dengan produksi alat angkut, sehingga perbandingan antara alat angkut dan alat muat mempunyai nilai.

Untuk menghitung *match factor* (MF) dapat dirumuskan sebagai berikut:

$$MF = \frac{Na \times CTm}{Nm \times Cta} \dots \dots \dots (3.21)$$

Keterangan :

- MF = *Match Factor*
- Na = Jumlah alat angkut, unit
- CTm = Waktu edar pemuatan, menit
- Nm = Jumlah alat muat, unit
- Cta = Waktu edar alat angkut, menit

Adapun cara menilai nya adalah :

MF < 1, artinya alat muat bekerja kurang dari 100%, sedang alat angkut bekerja 100% sehingga terdapat waktu tunggu alat muat karena menunggu alat angkut.

MF = 1, artinya alat muat dan angkut bekerja 100%, sehingga tidak terjadi waktu tunggu dari kedua jenis alat tersebut.

MF > 1, artinya alat muat bekerja 100%, sedangkan alat angkut bekerja kurang dari 100%, sehingga terdapat waktu tunggu bagi alat angkut.

3.5.4 Ketersediaan Alat

Salah satu hal yang terpenting dalam pengaturan peralatan mekanis dalam pengoperasiannya adalah mengenai ketersediaan mekanis dari alat tersebut. Beberapa pengertian yang menunjukkan tingkat ketersediaan alat mekanis adalah sebagai berikut :

1. Ketersediaan Mekanik (*Mechanical Availability, MA*)

Ketersediaan mekanik (MA) ini menunjukkan secara nyata ketersediaan alat karena adanya waktu akibat masalah mekanik. Persamaan dari ketersediaan mekanik adalah :

$$MA = \frac{W}{W+R} \times 100\% \dots\dots\dots(3.22)$$

Keterangan :

W = Jumlah jam kerja alat, yaitu waktu dibebankan kepada seorang operator suatu alat yang dalam kondisi dapat dioperasikan, artinya tidak rusak. Waktu ini meliputi pula tiap waktu hambatan yang ada, seperti waktu untuk pulang pergi ke permukaan kerja, waktu pelumasan dan pengisian bahan bakar, dan waktu hambatan akibat cuaca.

R = Jumlah jam perbaikan, yaitu waktu untuk perbaikan dan waktu yang hilang

karena saat perbaikan termasuk juga waktu untuk penyediaan suku cadang serta waktu untuk perawatan pencegahan .

2. Kesiediaan Fisik (*Physical Availability, PA*)

Merupakan catatan mengenai keadaan fisik dari alat yang dipergunakan dalam beroperasi. Faktor ini meliputi adanya pengaruh dari segala waktu akibat permasalahan yang ada. Tingkat efisiensi dari sebuah alat mekanis baik, jika angka kesiediaan fisik (PA) mendekati angka kesiediaan mekanik (MA). Persamaan dari keadaan fisik (PA), sebagai berikut :

$$PA = \frac{W + S}{W + R + S} \times 100\% \dots\dots\dots(3.23)$$

Keterangan :

S = jumlah jam menunggu alat, yaitu jumlah jam suatu alat yang tidak dapat dipergunakan padahal alat baik dan dalam keadaan siap beroperasi.

3. Kesiediaan Pemakaian (*Use of Availability, UA*).

Menunjukkan berapa persen waktu yang dipergunakan oleh suatu alat untuk beroperasi pada saat alat tersebut dapat dipergunakan. Persamaan dari kesiediaan pemakaian (UA), sebagai berikut :

$$UA = \frac{W}{W + S} \times 100\% \dots\dots\dots(3.24)$$

Angka dari kesiediaan pemakaian (UA) biasanya dapat memperhatikan seberapa efektif suatu alat yang tidak sedang rusak dapat dimanfaatkan. Hal ini dapat menjadi ukuran pengelolaan peralatan yang digunakan.

4. Penggunaan Efektif (*Effective Utilization, EU*)

Menunjukkan beberapa persen dari seluruh waktu kerja yang tersedia dapat dimanfaatkan untuk bekerja produktif. Penggunaan efektif (EU) sebenarnya sama dengan pengertian efisiensi kerja. Persamaan dari penggunaan efektif (EU) sebagai berikut :

$$EU = \frac{W}{W + R + S} \times 100\% \dots\dots\dots(3.25)$$

BAB IV

RANCANGAN TEKNIS PENAMBANGAN

Kegiatan penambangan andesit pada PT. Harmak Indonesia terletak di Desa Hargowilis, Kapanewon Kokap dilakukan pengujian kualitas komoditas andesit dan perhitungan cadangan untuk memperkirakan kelayakan umur tambang. Dalam perhitungan cadangan dan perencanaan penambangan andesit menggunakan perangkat lunak *AutoCAD*

Dalam merancang penambangan andesit meliputi perhitungan cadangan tertambang, menentukan metode penambangan, rancangan bukaan tambang, rancangan jalan angkut, penjadwalan produksi andesit, dan menghitung kebutuhan alat mekanis.

4.1. Waktu Kerja PT. Harmak Indonesia

Penjadwalan produksi yang direncanakan yaitu 1 *shift* dengan waktu 10 jam, dalam 1 tahun terdapat 290 hari yang efektif. Berikut rencana kerja PT. Harmak Indonesia dapat dilihat pada Tabel 4.1.

Tabel 4.1

Rencana Kalender Kerja PT. Harmak Indonesia

JUMLAH HARI / TAHUN	SATUAN	JUMLAH
Jumlah libur nasional	Hari/tahun	18
Jumlah hari kerja	Hari/tahun	347
Shift per hari		1
Jam shift per hari	Jam/hari	10
TOTAL JAM KERJA PER TAHUN	Jam/tahun	3.540
Istirahat makan	Jam/tahun	347
Persiapan kerja	Jam/tahun	173,5
Sholat jumat	Jam/tahun	52
TOTAL KEHILANGAN JAM	Jam/tahun	573
TOTAL JAM YANG DIRENCANAKAN PERTAHUN	Jam/tahun	2.897
HARI KERJA EFEKTIF PER TAHUN	Hari/tahun	290

4.2. Perhitungan Cadangan Andesit

Metode untuk menaksir cadangan andesit di Desa Hargowilis, Kapanewon Kokap yaitu dengan menggunakan metode kontur dengan interval 4 meter. Perhitungan dimulai dari jenjang awal yaitu di elevasi 353-349 mdpl dengan cadangan andesit dan OB sebesar 26.444 BCM dan jenjang akhir di elevasi 281-277 mdpl dengan cadangan andesit dan OB sebesar 48.695 BCM. Hasil dari perhitungan didapatkan cadangan tertaksir sebanyak 1.219.355 BCM atau 3.347.129 ton, dapat dilihat pada Lampiran C.

4.3. Pemilihan Sistem dan Metode Penambangan

Sistem penambangan yang direkomendasikan adalah sistem tambang terbuka dikarenakan kondisi bahan galian yang letaknya dekat dengan permukaan tanah sehingga efektif jika menggunakan tambang terbuka dengan metode penambangan kuari *side hill type*. Metode tambang terbuka *side hill type* dipilih karena letaknya yang berada di daerah bukit sesuai dengan morfologinya.

4.4. Rancangan Jalan Angkut

Dalam membuat rancangan jalan angkut yang perlu dihitung adalah lebar jalan angkut pada jalan lurus maupun pada tikungan, *superelevasi*, kemiringan jalan melintang, dan persen *grade* kemiringan jalan. Pembuatan jalan angkut dirancang dengan memperhatikan aspek berikut :

1. Letak Jalan Angkut

Letak jalan angkut pada daerah penelitian dibuat mengelilingi bukit dikarenakan lokasi penambangannya diatas perbukitan.

2. Geometri Jalan Angkut

Geometri jalan angkut dibuat 2 jalur berdasarkan rekomendasi geoteknik dan spesifikasi alat mekanis yang beroperasi di lokasi penelitian.

3. Kontruksi Jalan Angkut

Kontruksi jalan angkut meliputi pembuatan *cross slope*, *superelevasi*, *safety berms*, dan pelapisan jalan angkut yang harus disusun sesuai dengan ketentuan supaya jalan angkut kuat ketika alat mekanis melintas. Merancang jalan angkut di luar tambang dilakukan bersamaan dengan pembuatan rancangan kemajuan

tambang (*pushback*). Pembuatan jalan angkut dibagi dua tahap, tahap pertama adalah jalan angkut yang digunakan untuk pengangkutan andesit menuju *stockyard*.

Jalan angkut yang kedua adalah jalan yang akan digunakan untuk mengangkut *overburden* ke arah *disposal area*. Jarak antara lokasi penambangan menuju *stockyard* 1900 m. Jalan angkut dibuat dengan menggunakan alat mekanis *Bulldozer* dimana lebar jalan lurus 7 m. Karena kondisi topografi yang relatif curam, maka kemiringan jalan mempunyai *grade* 8-12 %.

Dimensi jalan angkut hasil perhitungan menggunakan rumus Kaufman and Ault(1997), diketahui sebagai berikut :

- a. Lebar total : 7 m
- b. Lebar Tikungan : 10 m
- c. Gradien Maksimum : 8-12 % (AASHTO 1994)
- d. *Superelevasi* : 4 % (AASHTO 1994)

(Perhitungan geometri jalan angkut dapat dilihat pada Lampiran I)

4.5. Rancangan Geometri Penambangan

Rancangan teknis perlu adanya penelitian geoteknik untuk mengetahui desain penambangan dengan memerlukan beberapa parameter –parameter, yaitu :

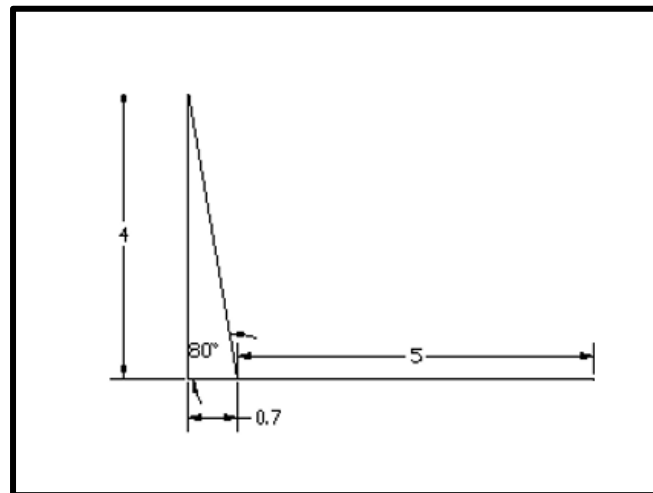
1. Rekomendasi geoteknik untuk tinggi jenjang 4 m.
2. Rekomendasi geoteknik pada jenjang dalam front penambangan *bank width* 0,7 meter dengan sudut 80°.
3. Rekomendasi jalan tambang dengan kemiringan (*grade*) 8-12 %.

Rancangan bentuk penambangan yang dibuat yaitu dengan mempertimbangkan faktor ruang kerja alat. Daerah yang direncanakan untuk ditambang harus dapat dijangkau oleh alat mekanis yang digunakan dan dapat bekerja secara aman dengan mempertimbangkan adanya jalan masuk ke *front* penambangan.

Lereng *single slope* didesain mengikuti rekomendasi geoteknik dari perusahaan. Kegiatan penambangan ini menggunakan ketinggian 4 meter dan lebar *bench* menggunakan 5 meter sebagai tempat kerja alat mekanis untuk melakukan kegiatan penambangan. Lebar minimum *front* penambangan sebesar 10 m, dapat dilihat pada Lampiran H.

a. Geometri jenjang pada proses/*front* penambangan :

- i. Tinggi jenjang : 4 meter
- ii. Lebar *Bank* : 0,7 meter
- iii. Kemiringan jenjang : 80°
- iv. Lebar *bench* : 5 meter
- v. Lebar *front* : 10 meter

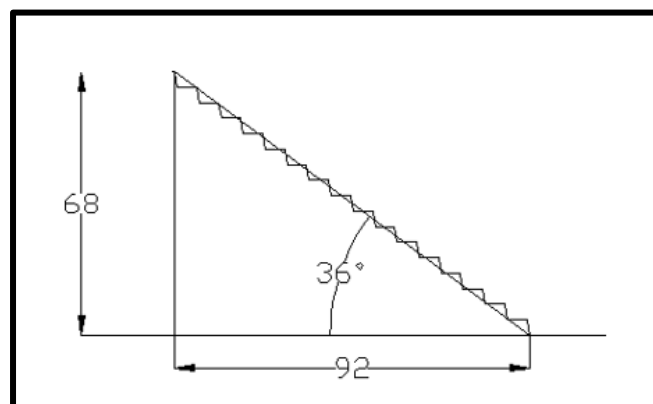


Gambar 4.1

Geometri Jenjang pada Proses/*Front* Penambangan

b. Geometri *overall slope safety bench* Akhir Penambangan :

- 1. Tinggi jenjang total : 68 m
- 2. Lebar jenjang total : 92 m
- 3. Kemiringan total : 36°



Gambar 4.2

Geometri *overall slope safety bench*

4.6. Rencana Kemajuan Penambangan

Umur tambang ditentukan berdasarkan desain penambangan dan cadangan tertambang andesit yaitu 1.219.355 BCM atau 3.347.128 ton. Untuk mengatasi adanya kehilangan produksi dalam proses penambangan, maka target produksi andesit per tahun sebesar 180.000 BCM ditambahkan dengan faktor kehilangan sebesar 5% (pada lokasi penambangan, pemuatan – pengangkutan), target produksi ditambah jumlah kehilangan (*losses*) menjadi 189.000 BCM yang sudah dilakukan pembongkaran, sehingga umur tambang PT. Harmak Indonesia adalah 6 tahun, dapat dilihat pada Lampiran C.

Sebelum dilakukan penambangan, dilakukan pengupasan *top soil* pada area penambangan tersebut sehingga akan mempermudah untuk dilakukannya kegiatan penambangan. Rencana kemajuan penambangan yang akan dibuat dimulai dari elevasi 353 hingga 277 mdpl. Berikut penjelasan rancangan *pushback* dari tahun pertama hingga tahun keenam :

1. Rancangan kemajuan penambangan tahun pertama

Rancangan kemajuan tambang tahun pertama dimulai dari koordinat UTM(49) X= 404745 Y= 9138170 Z= 353. Andesit yang tertambang sebanyak 196.355 BCM. Penambangan dilakukan pada elevasi 353 mdpl – 337 mdpl dengan luas bukaan 2,82 Ha. Dapat dilihat pada Lampiran D.

2. Rancangan kemajuan penambangan Tahun Kedua

Kemajuan tambang tahun kedua dimulai dari elevasi 337-325 mdpl dengan mengikuti arah penambangan pada tahun pertama. Luas bukaan tambang yang didapat pada akhir tahun sebesar 3,41 Ha dengan andesit yang tertambang sebanyak 198.972 BCM.

3. Rancangan kemajuan penambangan Tahun Ketiga

Pada akhir tahun ketiga dengan bukaan tambang seluas 3,89 Ha dengan bahan galian tertambang sebanyak 195.653 BCM pada elevasi 325-317 mdpl.

4. Rancangan *Pushback* Tahun Keempat Kegiatan penambangan pada tahun ini, bahan galian yang dapat ditambang sebesar 201.963 BCM pada elevasi 317-305 mdpl dengan luas bukaan tambang adalah 4,8 Ha, dapat dilihat pada Lampiran C.

5. Rancangan kemajuan penambangan Tahun Kelima

Kegiatan penambangan pada tahun ini ,bahan galian yang dapat ditambang sebesar 209.624 BCM pada elevasi 305-289 mdpl dengan luas bukaan tambang adalah 6,05 Ha.

6. Rancangan kemajuan penambangan Tahun Keenam

Rancangan tahun keenam merupakan tahun terakhir desain penambangan, sehingga sudah dibuat *safety bench* yang akan ditinggalkan. Kegiatan tahun ini, bahan galian tertambang adalah 216.788 BCM dengan elevasi 289-277 mdpl dengan luas bukaan tambang akhir adalah 6,68 Ha.

4.7. Perhitungan Peralatan Tambang

Alat mekanis untuk penambangan andesit meliputi :

1. Alat bongkar adalah *rock breaker* Komatsu PC200
2. Alat muat adalah *excavator* Kobelco SK200
3. Alat angkut menggunakan *dumptruck* Toyota Dyna 130HT

4.7.1. Produksi Peralatan Mekanis

Dalam pemilihan peralatan penambangan PT. Harmak Indonesia menggunakan 4 alat bongkar berupa *Hydraulic Rock Breaker Attachment* merk Excavator Komatsu PC200 dengan merk Doosan SB 151TS P dengan produksi 158.741 ton/tahun pada tahun pertama. Untuk tahun ke-2 hingga ke-6 jumlah kebutuhan *rock breaker* sama.

Alat muat yang digunakan dalam kegiatan penambangan pada tahun pertama yaitu 2 excavator dengan kemampuan produksi 493.971 ton/tahun. Jumlah alat muat yang digunakan pada tahun ke-2 hingga tahun ke-6 dengan kebutuhan 2 unit. Alat muat yang digunakan dengan kapasitas bucket excavator Kobelco SK200 sebesar 0,9 m³.

Alat angkut yang digunakan adalah *dumptruck* Toyota Dyna 130HT dengan kapasitas bak sebesar 9,62 m³. Spesifikasi peralatan mekanis dapat dilihat pada Lampiran E. Jumlah kebutuhan alat angkut setiap tahunnya berbeda-beda dikarenakan adanya perubahan jarak yang ditempuh untuk mengangkut hasil tambang menuju *stockyard*.

Perhitungan produksi alat - alat mekanis dapat dilihat pada Lampiran L. Hasil perhitungan produksi alat bongkar dapat dilihat dalam Tabel 4.2, perhitungan produksi alat muat dapat dilihat pada Tabel 4.3, dan perhitungan produksi alat angkut dapat dilihat pada Tabel 4.4.

Tabel 4.2
Produksi Alat Bongkar

Tahun	PA	UA	<i>Swell Factor</i>	Produksi (BCM/ jam)	Produksi (BCM/hari)	Produksi (BCM/ tahun)
1	89%	94%	0,58	20,0	199,3	57.829
2	88%	94%	0,58	19,7	197,1	57.141
3	87%	94%	0,58	19,3	194,5	56.452
4	86%	94%	0,58	19,3	192,3	55.764
5	86%	94%	0,58	19,3	192,3	55.764
6	84%	94%	0,58	18,6	187,6	54.387

Tabel 4.3
Produksi Alat Muat

Tahun	<i>Cycle time</i> (detik)	BFF	PA	UA	<i>Density loose</i> (ton/m3)	Kapasitas Bucket (m3)	Produksi (BCM/jam)	Produksi (BCM/hari)	Produksi (BCM/ tahun)
1	21,73	0,85	89%	94%	1.6	0.9	61,9	620,4	179.953
2	21,73	0,85	88%	94%	1.6	0.9	61,2	613,1	177.811
3	21,73	0,85	87%	94%	1.6	0.9	60,5	605,8	175.668
4	21,73	0,85	86%	94%	1.6	0.9	59,7	598,5	173.526
5	21,73	0,85	86%	94%	1.6	0.9	59,7	598,5	173.526
6	21,73	0,85	84%	94%	1.6	0.9	58,3	583,6	169.242

Tabel 4.4
Produksi Alat Angkut

Tahun	<i>Cycle time</i> (detik)	Jumlah curah per isian	<i>Density loose</i> (ton/m3)	FF	Kapasitas Bucket (m3)	PA	UA	Produksi (BCM/jam)	Produksi (BCM/hari)	Produksi (BCM/tahun)
1	939	13	1,6	0,85	0,9	89%	94%	18,6	186,5	54.137
2	890	13	1,6	0,85	0,9	88%	94%	19,3	194,5	56.417
3	856	13	1,6	0,85	0,9	87%	94%	20,0	200,0	57.982
4	847	13	1,6	0,85	0,9	86%	94%	20,0	199,6	57.888
5	834	13	1,6	0,85	0,9	86%	94%	20,4	202,6	58.748
6	829	13	1,6	0,85	0,9	84%	94%	20,0	198,9	57.694

4.7.2. Kebutuhan Peralatan Mekanis

Berikut hasil dari perhitungan (Tabel 4.5, Tabel 4.6, Tabel 4.7) yang merupakan tabel kebutuhan alat PT. Harmak Indonesia dapat dilihat pada Lampiran K.

Tabel 4.5
Kebutuhan Alat Bongkar

Tahun	Produksi alat (BCM/tahun)	Target produksi (BCM/tahun)	MA	Jumlah alat	Cadangan
1	57.829	196.355	88%	4	1
2	57.141	198.972	87%	4	1
3	56.452	195.653	86%	4	1
4	55.764	201.963	85%	4	1
5	55.764	209.624	84%	4	1
6	54.387	216.788	83%	4	1

Tabel 4.6
Kebutuhan Alat Muat

Tahun	Produksi alat (BCM/tahun)	Target produksi (BCM/tahun)	MA	Jumlah alat	Cadangan
1	179.953	196.355	88%	2	1
2	177.811	198.972	87%	2	1
3	175.668	195.653	86%	2	1
4	173.526	201.963	85%	2	1
5	173.526	209.624	84%	2	1
6	169.242	216.788	83%	2	1

Tabel 4.7
Kebutuhan Alat Angkut

Tahun	Produksi alat (BCM/tahun)	Target produksi (BCM/tahun)	MA	Jumlah alat	Cadangan
1	54.137	196.355	88%	4	1
2	56.417	198.972	87%	4	1
3	57.982	195.653	86%	4	1
4	57.888	201.963	85%	4	1
5	58.748	209.624	84%	4	1
6	57.694	216.788	83%	4	1

Kebutuhan alat mekanis adalah perbandingan antara rencana target produksi dengan produksi alat mekanis setiap tahunnya sehingga dapat mengetahui kebutuhan alat mekanis setiap tahunnya

4.7.3. Keserasian Kerja (*Match Factor*)

Match Factor merupakan keserasian kerja antara alat muat dengan alat angkut. Berdasarkan data hasil perhitungan waktu edar dan jumlah alat yang digunakan, berikut dapat dilihat pada Tabel 4.8 merupakan hasil perhitungan *Match Factor* pada *front* penambangan, dapat dilihat pada Lampiran M.

Tabel 4.8

Match Factor Front Penambangan PT. Harmak Indonesia

Tahun	Na	Cta	Nm	CTm	n	Faktor Keserasian
Tahun I	4	939	2	21,73	13	0,60
Tahun II	4	890	2	21,73	13	0,63
Tahun III	4	856	2	21,73	13	0,66
Tahun IV	4	847	2	21,73	13	0,67
Tahun V	4	834	2	21,73	13	0,68
Tahun VI	4	829	2	21,73	13	0,68

BAB V

PEMBAHASAN

Rancangan kemajuan penambangan sangat penting perencanaannya dalam salah satu tahap kegiatan penambangan. Perancangan Tambang pada awal penambangan akan berpengaruh secara keseluruhan pada proses penambangan. Perancangan yang baik dalam suatu kegiatan penambangan harus memperhatikan tahapan kelanjutan dari kegiatan yang akan dilakukan baik dalam perencanaan jangka pendek maupun jangka panjang. Desain kemajuan penambangan mengacu pada target produksi dan rekomendasi geoteknik, sehingga hasil perancangan yang dilakukan dapat mendekati terget produksi dan keamanan jenjang kerja yang direncanakan .

Perancangan tambang yang dilakukan di daerah penelitian membahas mengenai desain *pushback*, jalan angkut tambang, penjadwalan produksi penambangan andesit, jumlah kebutuhan alat alat penambangan, dan keserasian alat (*match factor*)

5.1. Rancangan Kemajuan Penambangan

Sistem penambangan yang digunakan yaitu sistem tambang terbuka dengan metode kuari *side hill type*. Metode penambangan ini dipilih karena faktor –faktor sebagai berikut :

1. Kondisi Topografi

Keadaan topografi daerah penelitian adalah berbentuk bukit terjal dengan elevasi tertinggi 353 mdpl dan kemiringan 45°- 80°.

2. Kondisi Geologi

Cadangan andesit di daerah penelitian tertutup *top soil* dan *overburden* berupa lempung secara tidak merata, ketebalan *overburden* tidak lebih dari 1 meter. Berdasarkan jalan masuk (*access road*) ke *front* penambangan termasuk jalan masuk langsung maka kegiatan penambangan tersebut menggunakan metode *side hill type*

quarry. Metode penambangan andesit dengan *side hill type quarry* tersebut digunakan atas dasar sebagai berikut :

- a. Andesit terletak di lereng bukit atau berbentuk bukit.
- b. *Front* penambangan yang digunakan adalah bagian atas bukit dan jalan masuk dibuat melingkar.

5.1.1. Lebar Minimum *Front* Penambangan

Penentuan lebar minimum *front* penambangan dibuat sesuai dengan dimensi ukuran alat muat dan lebar jangkauan alat muat serta alat angkut yang digunakan. Penentuan lebar minimum *front* penambangan digunakan sebagai lebar minimum pada *quarry buttom*, sehingga nanti tidak akan mengganggu ruang gerak maupun kinerja alat ketika melakukan penambangan. Hasil perhitungan lebar minimum *front* penambangan berdasarkan dimensi alat muat Kobelco SK200 dan alat angkut Toyota Dyna 130 HT adalah 10 m. Diperoleh lebar minimum *front* penambangan berdasarkan perhitungan dengan menghubungkan dimensi alat muat dan angkut adalah 10 m.

5.1.2. Rancangan Geometri Jenjang

Rancangan geometri jenjang dibuat berdasarkan pada rekomendasi geoteknik. Tinggi dan sudut lereng yang diterapkan harus disesuaikan dengan jenis lapisan batuan yang ada pada daerah penelitian. Perancangan desain geometri tambang dengan sudut kemiringan lereng semakin tegak sehingga dapat menghasilkan jumlah produksi andesit yang cukup besar. Perancangan desain geometri penambangan dilakukan dengan membuat satu desain kuari yang mencakup seluruh penyebaran andesit. Berdasarkan rekomendasi geoteknik, diperoleh dimensi jenjang yang aman dengan kemiringan jenjang tunggal 80° , *overal slope* 36° , tinggi jenjang tunggal 4 meter, tinggi jenjang keseluruhan 76 meter, dan lebar jenjang 5 meter. Alasan menggunakan tinggi jenjang 4 meter berdasarkan keputusan Kepmen 1827 tahun 2018 mengenai jenjang kerja . Alasan digunakan lebar jenjang 5 meter dikarenakan menyesuaikan lebar alat mekanis berdasarkan spesifikasi alat untuk memudahkan dalam melakukan *manuver* pada saat penggalian maupun pengangkutan, serta menyesuaikan faktor keamanan yang didapat berdasarkan rekomendasi perusahaan.

Dengan hasil perhitungan lebar *front* minimum, maka setiap *single slope* dilakukan penggalian setiap 5 meter dengan *safety bench* 5 meter. Didapatkan *working bench* 10 meter. Penggalian ini dilakukan dari arah topografi elevasi tinggi ke elevasi rendah dikarenakan daerah topografi yang berbentuk bukit serta metode penambangan yang digunakan yaitu *side hill type*.

5.1.3. Penjadwalan Produksi

Penjadwalan produksi yang direncanakan setiap tahunnya dengan jumlah andesit tertambang sebesar 1.219.355 BCM dengan target produksi 180.000 BCM menjadi 189.000 BCM/tahun yang telah ditambahkan 5% untuk mengatasi adanya kehilangan produksi. Didapatkan umur tambang pada kuari baru PT. Harmak Indonesia adalah 6 tahun. Dalam pembuatan desain penambangan andesit dengan rekomendasi geoteknik dari perusahaan.

Tahun ke-1, kegiatan penambangan andesit terambil 196.355 BCM atau 538.995 ton dilakukan pada elevasi 353 hingga 337mdpl. Jumlah alat bongkar *rock breaker* Komatsu PC200 yang digunakan 4 unit dan jumlah cadangan alat bongkar 1 unit. Alat muat yang digunakan adalah *Excavator* Kobelco SK200 dengan *bucket* 0,9 m³ sebanyak 2 unit dengan jumlah cadangan sebanyak 1 unit. Alat angkut yang digunakan adalah *dumpruck* Toyota Dyna 130HT kapasitas kapasitas 9,62 m³ sebanyak 4 unit dengan cadangan 1 unit.

Pada tahun ke-2, penambangan dimulai dari elevasi 337-325 mdpl dengan produksi 198.972 BCM, pada tahun ke-3 dimulai dari elevasi 325-317 mdpl dengan produksi 195.653 BCM, pada tahun ke-4 dimulai dari dari elevasi 317-305 mdpl dengan produksi 201.963 BCM, pada tahun ke-5 dimulai dari elevasi 305-289 mdpl dengan produksi 209.624 BCM dan pada tahun ke-6 dimulai dari elevasi 289-277 mdpl dengan produksi sebesar 216.788 BCM.

Hasil produksi dari kemajuan penambangan setiap tahunnya relatif mengalami peningkatan produksi dikarenakan jarak yang ditempuh untuk mengangkut andesit dari *front* penambangan menuju tempat pengolahan setiap tahunnya mengalami perubahan, yaitu jarak tempuhnya semakin pendek sehingga produksi perusahaan relative meningkat dengan jumlah alat yang sama setiap tahunnya.

5.2. Rancangan Jalan Tambang

Peranan jalan angkut dalam suatu kegiatan penambangan sangat penting, sehingga desain jalan angkut sangat menunjang kegiatan penambangan serta untuk mempermudah kegiatan penambangan dalam hal kegiatan pengangkutan material hasil penambangan. Semakin lebar jalan angkut maka akan semakin aman dan lancar bagi alat angkut untuk melakukan pengangkutan. Lebar jalan angkut minimum diperoleh dari lebar alat angkut yang digunakan dan jumlah jalur yang digunakan. Perhitungan geometri jalan angkut menggunakan pedoman ukuran *Dumptruck* Toyota Dyna 130HT yang memiliki lebar 1,945 meter. Perencanaan jalan tambang dilakukan terhadap lebar jalan pada kondisi lurus, lebar jalan pada tikungan .radius tikungan, *cross slope*, kemiringan jalan serta *superelevasi*. Diperoleh dimensi jalan angkut adalah sebagai berikut :

1. Lebar jalan pada jalan lurus

Penentuan lebar jalan pada jalan lurus berdasarkan pada jumlah jalur dan lebar kendaraan yang melintasi pada jalan tersebut. Berdasarkan perhitungan yang dilakukan terhadap *Dumptruck* merk Toyota Dyna 130HT, didapatkan hasil perhitungan lebar jalan angkut pada jalan lurus dengan dua jalur sebesar 7 meter.

2. Lebar jalan minimum pada tikungan

Lebar jalan pada tikungan dihitung berdasarkan faktor sebagai berikut yaitu:

- a. Lebar jejak ban
- b. Lebar jantai alat angkut pada bagian depan atau belakang dan jarak antara alat dengan tepi jalan.

Berdasarkan perhitungan yang dilakukan terhadap *dumptruck* merk Toyota Dyna 130HT, maka didapatkan lebar jalan angkut minimum pada tikungan adalah sebesar 10 meter, dapat dilihat pada Lampiran J.

3. Radius Tikungan

Parameter yang digunakan untuk menentukan radius tikungan yang digunakan dalam kegiatan penambangan adalah lebar maksimum alat angkut dan berat alat angkut yang akan melewati jalan angkut tersebut

4. *Cross slope*

Maksud dari pembuatan *cross slope* adalah agar jika terdapat air pada badan

jalan, baik itu yang berasal dari air hujan, maupun air yang digunakan untuk perawatan jalan, maka air tersebut akan dapat mengalir pada tepi jalan, sebab air tersebut dapat mengakibatkan kerusakan jalan sehingga proses pengangkutan andesit tidak terganggu. Besaran nilai *cross slope* yang akan digunakan sebesar 40mm/m dari lebar jalan angkut pada jalan lurus. Berdasarkan perhitungan *cross slope*, dapat dilihat pada Lampiran J dengan menggunakan lebar jalan minimum diperoleh nilai minimum 0,14 meter.

5. *Superelevasi* pada tikungan jalan

Maksud dari pembuatan *superelevasi* pada tikungan adalah untuk keamanan kendaraan yang melintasi jalan tersebut agar tidak tergelincir keluar jalan. *Superelevasi* merupakan kemiringan jalan pada tikungan yang terbentuk oleh batas antara tepi jalan terluar dengan tepi jalan karena perbedaan ketinggian. Berdasarkan perhitungan *superelevasi*, dapat dilihat pada Lampiran J diperoleh nilai 0,042.

5.3. Kebutuhan Peralatan Tambang

Material yang ditambang akan ditampung di daerah sekitar *bench*, apabila alat angkut telah datang maka material dimuatkan kedalam alat angkut untuk diangkut menuju *stockyard*. Beberapa pertimbangan dalam pemilihan spesifikasi teknis peralatan adalah :

1. Karakteristik lapisan andesit dan lapisan penutup berdasarkan sifat mekanik dilokasi penelitian sangat memungkinkan untuk membongkar dengan *excavator rock breaker*.
2. Aspek teknis dan ekonomis

Produksi di PT. Harmak Indonesia dengan menggunakan alat bongkar *excavator rock breaker* Komatsu PC200 dengan produksi yang berbeda tiap tahunnya. Kebutuhan alat bongkar yang digunakan untuk membongkar andesit adalah 4 unit dengan cadangan alat bongkar 1 unit.

5.3.1. Alat Bongkar Andesit

Peralatan mekanis yang digunakan untuk membongkar andesit yaitu *excavator rock breaker* Komatsu PC200 dengan produksi yang berbeda tiap

tahunnya. Kebutuhan alat bongkar yang digunakan untuk membongkar andesit yaitu 4 unit dengan cadangan alat bongkar 1 unit dapat dilihat pada Lampiran M.

5.3.2. Alat Gali Muat Andesit

Peralatan mekanis yang digunakan untuk memuat material andesit adalah *excavator* Kobelco SK200 dengan kapasitas *bucket* 0,9m³. Kebutuhan alat gali – muat pada tahun pertama hingga tahun keenam berjumlah 2 unit dengan cadangan alat muat 1 unit, dapat dilihat pada Lampiran L.

5.3.3. Alat Angkut Andesit

Peralatan mekanis yang digunakan untuk mengangkut material andesit menuju *stockyard* adalah *Dumptruck* Toyota Dyna 130HT dengan kapasitas bak 9,62 m³. Kebutuhan alat angkut setiap tahunnya berbeda dan akan semakin dekat sehingga waktu edar yang dibutuhkan alat angkut akan semakin pendek. Berikut adalah kebutuhan alat angkut setiap tahunnya, dapat dilihat pada Lampiran M.

5.3.4. *Match Factor (MF)*

Jumlah alat gali-muat yang digunakan tidak mengalami penambahan jumlah unit. Hasil perhitungan faktor keserasian kerja alat muat dan alat angkut pada tahun ke dua sampai tahun ke enam dapat dilihat pada Lampiran M.

BAB VI

KESIMPULAN DAN SARAN

6.1. Kesimpulan

Berdasarkan hasil pengamatan dan perhitungan, maka dapat disimpulkan sebagai berikut :

1. Berdasarkan hasil desain tambang yang dilakukan dengan target produksi 180.000 BCM\tahun didapatkan hasil desain tambang dengan produksi penambangan selama 6 tahun adalah sebagai berikut:

- a. Tahun I elevasi 353-337 mdpl jumlah 196.355 BCM luas 2,8 Ha.
- b. Tahun II elevasi 337-325 mdpl jumlah 198.972 BCM luas 3,4 Ha.
- c. Tahun III elevasi 325-317 mdpl jumlah 195.653 BCM luas 3,8 Ha.
- d. Tahun IV elevasi 317-305 mdpl jumlah 201.963 BCM luas 4,8 Ha.
- e. Tahun V elevasi 305-289 mdpl jumlah 209.624 BCM luas 6,05 Ha.
- f. Tahun VI elevasi 289-277 mdpl jumlah 216.788 BCM luas 6,68 Ha.

2. Didapatkan dimensi jalan angkut dengan lebar 7 meter pada jalan lurus dan pada tikungan dengan lebar minimum 10 meter pada 2 jalur. *Superelevasi* 0,042 m/m. *Cross slope* 0,14 m/m. Kemiringan jalan (*grade*) adalah 8 - 12%.

3. Alat yang digunakan dan jumlah kebutuhan alat mekanis yaitu :

- a. Alat bongkar 4 unit dengan 1 unit cadangan setiap tahunnya menggunakan *Excavator Rock Breaker* Komatsu PC200.
- b. Alat muat 2 unit dengan 1 unit cadangan setiap tahunnya dan menggunakan *Excavator* Kobelco SK200 .
- c. Alat angkut menggunakan *Dump Truck* Toyota Dyna 130HT. Kebutuhan alat angkut setiap tahunnya yaitu :
 - 1.) Tahun I 4 unit dengan cadangan 1 unit dengan keserasian 0,60.
 - 2.) Tahun II 4 unit dengan cadangan 1 unit dengan keserasian 0,63.
 - 3.) Tahun II 4 unit dengan cadangan 1 unit dengan keserasian 0,66.

- 4.) Tahun IV 4 unit dengan cadangan 1 unit dengan keserasian 0,67.
- 5.) Tahun V 4 unit dengan cadangan 1 unit dengan keserasian 0,68.
- 6.) Tahun VI 4 unit dengan cadangan 1 unit dengan keserasian 0,68.

6.2. Saran

1. Perlu dilakukan rancangan penambangan secara detail dengan menggunakan jangka waktu produksi per bulan dan per minggu untuk perencanaan jangka pendek.
2. Untuk penelitian selanjutnya, pada geometri jalan juga dilakukan kajian terhadap lebar paritan.
3. Dilakukan penggantian alat muat agar faktor keserasian yang dihasilkan dapat optimal.

DAFTAR PUSTAKA

1. Abdul Rauf (1998). “*Modul Perhitungan Cadangan Endapan Mineral*” Jurusan Teknik Pertambangan, Fakultas Teknologi Mineral, UPN “Veteran” Yogyakarta.
2. Awang Suwandi, 2004, *Perencanaan Jalan Tambang*, Universitas Islam Bandung.
3. Chandranata Wisnu, 2018. *Rancangan Pushback Penambangan Andesit Di Kabupaten Kulon Progo DIY*. Skripsi, Teknik Pertambangan UPN Veteteran Yogyakarta.
4. Dwayne & Bruce, (2001) “*Guidelines for Mine Haul Road Design*”, School of British Columbia-Okanagan. 111 hal..
5. Hustrulid W and Kuchta M, (1995), “*Open Pit Mine Planning & Design Volume 3*”, A.A. Balkema/Rotterdam/Brookfield.
6. Kaufman, W. W, &Ault, JC (1997) “*Design of Surface Mine Haulage Road-A Manual*”, Dept. of Interior, Beurau of Mines, USA
7. K. Sweet, 1984, *Quarrying*, Technical Publications Trust Prospect Place, Perth, Western Australia. 300 hal.
8. Pusat Penelitian Geologi. (1995). *Statigrafi Daerah Kulon Progo Gabungan Penelitian Terdahulu*. Yogyakarta.
9. Waterman Sulistyana, 2015, *Perencanaan Tambang*, Program Studi Teknik Pertambangan, UPN “Veteran” Yogyakarta.
10. Yanto Indonesianto, (2014) “*Pemindahan Tanah Mekanis*”, Program Studi Teknik Pertambangan UPN “Veteran”, Yogyakarta.
11. _____, (1995), *Keputusan Menteri Pertambangan dan Energi No. 555/Pasal 241*, Departemen Pertambangan dan Energi.
12. _____, (2015), “*Laporan Feasibility Study PT Harmak Indonesia*”, Kabupaten Kulon Progo, Provinsi Daerah Istimewa Yogyakarta.

LAMPIRAN

LAMPIRAN A

DATA CURAH HUJAN

Tabel A.1
Data Curah Hujan Bulanan Tahun 2009– 2021

Data Curah Hujan Rata - Rata Bulanan Tahun 2009 - 2021												
Tahun	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec
2009	641,3	691,3	449,9	556,4	388,3	187,3	98,9	31,1	108,5	291,5	494,5	105,1
2010	524,2	863,1	639,2	470,6	825,3	457,4	290,9	213,6	482,1	585,2	612,1	348,1
2011	350,4	248,2	302,7	386,4	480,8	116,7	101,2	23,6	52,1	361,8	674,4	36,4
2012	403,7	481,4	256,2	472	393,1	165,5	39,8	17,9	62,4	272,4	686,2	634,8
2013	568,4	481,2	482,6	553,1	498,6	359,2	325,5	92	60,8	250,2	362,7	367,8
2014	30,7	314,8	357,9	469,7	416,9	521,5	420,8	204,5	78,1	61,1	196,7	514,2
2015	325	474,8	734,3	631,5	204,4	172,9	9,8	13,9	34,3	84,8	916,7	661
2016	768,8	752,7	923	643,6	680,9	409,1	159	182,1	538,4	863,2	1141,1	444
2017	615,4	752,5	491,1	735,2	424,3	288,9	74,5	32,5	200,5	584,1	1004,4	511,2
2018	749,4	565	611,4	432,8	335,4	162,6	26,7	18,7	119,6	132,6	652,1	538,4
2019	752,6	768,9	818,4	576,5	243,6	27,1	9,4	3,5	5,8	33,6	174,9	594
2020	572,7	561,3	719,5	655,6	569,6	197	82,1	55,1	87,8	480,7	532	532
2021	523,9	543,6	427,8	340,3	113,4	332,6	62,2	123	62,3	44,5	164,6	84,2
average	525,1154	576,8308	554,9231	532,5923	428,8154	261,3692	130,8308	77,80769	145,5923	311,2077	585,5692	413,1692

Sumber : BMKG Klas I Yogyakarta Pos Klimatologi, 2017

Tabel A.2
Data Hari Hujan Bulanan Tahun 2009 – 2021

Data Rata - Rata Hari Hujan Tahun 2009 - 2021												
Tahun	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec
2009	30	29	30	30	31	24	12	10	18	30	29	26
2010	31	28	31	30	31	28	26	28	30	28	30	30
2011	31	27	31	29	26	13	15	4	14	24	30	30
2012	30	28	29	29	25	16	8	4	13	27	30	31
2013	31	27	31	30	30	28	25	16	12	23	28	26
2014	31	27	30	28	29	29	24	19	13	25	29	29
2015	26	26	31	30	19	10	2	4	13	16	30	31
2016	31	29	30	30	31	27	19	24	29	31	30	31
2017	31	28	31	29	21	24	15	10	17	29	29	27
2018	31	28	29	26	21	14	4	4	14	20	29	31
2019	30	26	29	30	28	6	3	0	1	12	21	30
2020	26	28	31	30	28	21	18	8	19	31	28	28
2021	26	28	28	26	17	26	9	20	13	11	26	17
average	29,61538	27,61538	30,07692	29	25,92308	20,46154	13,84615	11,61538	15,84615	23,61538	28,38462	28,23077

Sumber : BMKG Klas I Yogyakarta Pos Klimatologi, 2017

LAMPIRAN B

REKOMENDASI GEOTEKNIK

Tabel B.1.
Sifat Fisik dan Sifat Mekanik

Sampel	Pengujian Sifat Fisik dan Mekanik					
	Bobot isi (gr/cm ³)	Berat jenis	Kadar air (%)	Kohesi (Mpa)	ϕ (^o)	Kuat Tekan (Mpa)
1	2,68	2,72	0,22	2,92	40,58	68,61
2	2,73	2,77	0,32	3,03	39,77	68,61
3	2,39	2,67	6,19	2,99	43,57	56,03
4	2,06	2,53	6,12	3,14	38,53	62,44

Sumber : Laporan Feasibility Study PT Harmak Indonesia, (2015)

Tabel B.2.
Rekomendasi Geoteknik

Lokasi	Tinggi (m)	Bank Width (m)	Lebar Jenjang (m)	Single Slope (^o)	Overall Slope (^o)
Jenjang Penambangan	4	0,7	5	80	0
Jenjang akhir penambangan (Safety Bench)	68	0,7	5	80	36

Sumber : Laporan Feasibility Study PT Harmak Indonesia, (2015)

LAMPIRAN C
PERHITUNGAN CADANGAN ANDESIT

A. Cadangan Andesit Tertaksir

Tabel C.1
Cadangan Andesit tertaksir

Elevasi (mdpl)	Cadangan Andesit + OB				Volume Top Soil			Cadangan (BCM)	
	Luas 1 (m2)	Luas 2 (m2)	Tinggi (m)	Volume (BCM)	Luas bukaan (m2)	Tinggi (m)	Volume (BCM)		
353-349	4588	8867	4	26.444	28239	0,4	11.292	15.152	
349-345	8867	12937	4	43.353	-	-	-	43.353	
345-341	12937	17533	4	60.708	-	-	-	60.708	
341-337	17533	21042	4	77.043	-	-	-	77.043	
337-333	21042	18615	4	79.264	5943	0,4	2.377,2	76.886,8	
333-329	18614,8	14642	4	66.355	-	-	-	66.355	
325-325	14642	13235	4	55.730	-	-	-	55.730	
325-321	13235	15456	4	57.325	4773	0,4	1.909,2	55.415,8	
321-317	15456	17519	4	65.907	-	-	-	65.907	
317-313	17519	19667	4	74.331	-	-	-	74.331	
313-309	19667	27278	4	93.476	9379	0,4	3.751,6	89.724,4	
309-305	27278	28556	4	111.658	-	-	-	111.658	
305-301	25892	21455	4	79.438	12233	0,4	4.893,2	74.544,8	
301-397	21455	18973	4	70.295	-	-	-	70.295	
397-293	18973	15578	4	64.826	-	-	-	64.826	
293-289	15578	14385	4	59.910	6330	0,4	2.532	57.378	
289-285	14385	13995	4	56.758	-	-	-	56.758	
285-281	13995	12978	4	53.933	-	-	-	53.933	
281-277	12978	11387	4	48.695	-	-	-	48.695	
Total				1.245.410	Total			26.755	1.219.355

B. Cadangan Andesit Tertambang

(Perhitungan berdasarkan jumlah cadangan pada peta topografi)

1. Tertambang Tahun Ke-1

Elevasi (mdpl)	Cadangan Andesit + OB				Volume Top Soil			Cadangan (BCM)	
	Luas 1 (m2)	Luas 2 (m2)	Tinggi (m)	Volume (BCM)	Luas bukaan (m2)	Tinggi (m)	Volume (BCM)		
353-349	4588	8867	4	26.444	28.239	0,4	11.292	15.152	
349-345	8867	12937	4	43.353	-	-	-	43.353	
345-341	12937	17533	4	60.708	-	-	-	60.708	
341-337	17533	21042	4	77.043	-	-	-	77.043	
Total				207.548	Total			11.292	196.355

2. Tertambang Tahun Ke-2

Elevasi (mdpl)	Cadangan Andesit + OB				Volume Top Soil			Cadangan (BCM)
	Luas 1 (m ²)	Luas 2 (m ²)	Tinggi (m)	Volume (BCM)	Luas bukaan (m ²)	Tinggi (m)	Volume (BCM)	
337-333	21042	18615	4	79.264	5943	0,4	2.377,2	76.886,8
333-329	18614.8	14642	4	66.355	-	-	-	66.355
325-325	14642	13235	4	55.730	-	-	-	55.730
Total				201.349	Total		2377.2	198.972

3. Tertambang Tahun Ke-3

Elevasi (mdpl)	Cadangan Andesit + OB				Volume Top Soil			Cadangan (BCM)
	Luas 1 (m ²)	Luas 2 (m ²)	Tinggi (m)	Volume (BCM)	Luas bukaan (m ²)	Tinggi (m)	Volume (BCM)	
325-321	13235	15456	4	57.325	4.773	0,4	1.909,2	55.415,8
321-317	15456	17519	4	65.907	-	-	-	65.907
317-313	17519	19667	4	74.331	-	-	-	74.331
Total				197.562	Total		1.909,2	195.653

4. Tertambang Tahun Ke-4

Elevasi (mdpl)	Cadangan Andesit + OB				Volume Top Soil			Cadangan (BCM)
	Luas 1 (m ²)	Luas 2 (m ²)	Tinggi (m)	Volume (BCM)	Luas bukaan (m ²)	Tinggi (m)	Volume (BCM)	
313-309	19667	27278	4	93.476	9.379	0,4	3.751,6	89.724,4
309-305	27278	28556	4	111.658	-	-	-	111.658
Total				205.134	Total		3.751,6	201.383

5. Tertambang Tahun Ke-5

Elevasi (mdpl)	Cadangan Andesit + OB				Volume Top Soil			Cadangan (BCM)
	Luas 1 (m ²)	Luas 2 (m ²)	Tinggi (m)	Volume (BCM)	Luas bukaan (m ²)	Tinggi (m)	Volume (BCM)	
305-301	25892	21455	4	79.438	12233	0,4	4.893,2	74.544,8
301-397	21455	18973	4	70.295				70.295
397-293	18973	15578	4	64.826				64.826
Total				214.559	Total		4.893,2	209.666

6. Tertambang Tahun Ke-6

Elevasi (mdpl)	Cadangan Andesit + OB				Volume Top Soil			Cadangan (BCM)
	Luas 1 (m ²)	Luas 2 (m ²)	Tinggi (m)	Volume (BCM)	Luas bukaan (m ²)	Tinggi (m)	Volume (BCM)	
293-289	15578	14385	4	59.910	6.330	0,4	2.532	57.378
289-285	14385	13995	4	56.758				56.758
285-281	13995	12978	4	53.933				53.933
281-277	12978	11387	4	48.695				48.695
Total				219.297	Total		2.532	216.788

Total *topsoil* = 26.755 BCM
 Total Cadangan Andesit = 1.219.355 BCM
 Total Tonase Cadangan Andesit = 1.219.355 BCM x 2,745 ton/m³
 = 3.347.128 ton

C. Perhitungan Umur Tambang

Umur tambang dihitung menggunakan jumlah cadangan tertambang dibagi dengan target produksi per tahun. Hasil perhitungan umur tambang, sebagaiberikut:

Tabel C.2
Jumlah Cadangan Andesit dan Target Produksi

Cadangan tertambang	Target produksi per tahun	Target produksi + loose 5%
1.219.355 BCM	180.000 BCM	$= 180.000 \times \frac{100}{95}$ $= 189.000 \text{ BCM}$

$$\begin{aligned} \text{Umur tambang} &= \frac{\text{cadangan andesit}}{\text{target produksi} + \text{loose } 5\%} \\ &= \frac{1.219.355 \text{ m}^3}{189.000 \text{ m}^3} \\ &= 6,45 \approx 6 \text{ tahun} \end{aligned}$$

Umur tambang kuari andesit PT. Harmak Indonesia dari hasil perhitungan adalah 6 tahun.

LAMPIRAN D

SPESIFIKASI ALAT

D.1 Spesifikasi Alat Bongkar

D.1.1 Spesifikasi *Excavator* Komatsu PC200

<i>Make</i>	Komatsu	
<i>Model</i>	6D105	
<i>Gross Power</i>	105 hp	78.3 kw
<i>Displacement</i>	396 cu in	6.5 L
<i>Operational</i>		
<i>Operating Weight</i>	41446.9 lb	18800 kg
<i>Fuel Capacity</i>	68.7 gal	260 L
<i>Hydraulic System Fluid Capacity</i>	47.6 gal	180 L
<i>Hydraulic System Relief Valve Pressure</i>	3980 psi	27441.1 kPa
<i>Hydraulic Pump Flow Capacity</i>	116.8 gal/min	442 L/min
<i>Swing Mechanism</i>		
<i>Swing Speed</i>	13 rpm	
<i>Undercarriage</i>		
<i>Shoe Size</i>	24 in	610 mm
<i>Ground Pressure</i>	6.5 psi	45.1 kPa
<i>Max Travel Speed</i>	2.3 mph	3.7 km/h
<i>Track Gauge</i>	7.2 ft in	2180 mm

Boom/Stick Option (HEX) 1

Boom/Stick Option

(HEX) 1

Stick 8'0" (2440mm)

Max Digging Depth 19.5 ft in 5950 mm

*Max Reach Along
Ground* 29.9 ft in 9105 mm

Max Cutting Height 28.2 ft in 8590 mm

Max Loading Height 19.5 ft in 5940 mm

*Max Vertical Wall
Digging Depth* 16.6 ft in 5060 mm

Boom/Stick Option (HEX) 2

Boom/Stick Option

(HEX) 2

Stick 9'8" (2955mm)

Max Digging Depth 21.2 ft in 6470 mm

*Max Reach Along
Ground* 31.7 ft in 9660 mm

Max Cutting Height 29.5 ft in 9000 mm

Max Loading Height 20.7 ft in 6295 mm

*Max Vertical Wall
Digging Depth* 19.2 ft in 5840 mm

Boom/Stick Option (HEX) 3

Boom/Stick Option

(HEX) 3

Stick 9'8" (2955mm) with 3'9"
(1130mm) extension arm

Max Digging Depth 24.9 ft in 7600 mm

*Max Reach Along
Ground* 35.1 ft in 10710 mm

Max Cutting Height 30.7 ft in 9370 mm

Max Loading Height 21.9 ft in 6675 mm

<i>Max Vertical Wall Digging Depth</i>	22.7 ft in	6910 mm
<i>Dimensions</i>		
<i>Width to Outside of Tracks</i>	9.2 ft in	2790 mm
<i>Shipping Height</i>	9.4 ft in	2890 mm
<i>Ground Clearance</i>	1.5 ft in	455 mm
<i>Counterweight Clearance</i>	3.2 ft in	980 mm
<i>Tail Swing Radius</i>	8.9 ft in	2700 mm
<i>Length of Track on Ground</i>	11.1 ft in	3270 mm

Soosan (Mata Breaker)

Model	SB 151TS P
<i>Operating weight</i>	3991 kg
<i>Oil flow</i>	210 – 290 l/min
<i>Operating pressure</i>	160 – 180 kg/cm ²
<i>Impact rate</i>	200 – 350 BPM
85dB (A) radius	38 – 45 m
<i>Tool diameter</i>	175 mm
<i>Applicable carrier weight</i>	40 – 55 ton
<i>Tool length</i>	110 cm



Gambar D.1
Excavator Komatsu PC200

D.2. Spesifikasi Alat Muat

D.2.1 Spesifikasi *Excavator Kobelco SK200*

Model = SK 200
Operating weight = 20.200 kg
Horse Power = 152,9/1.950 HP/rpm

Performance :

- *Swing Speed* = 3,7 rpm
- *Max Travel Speed* = 6 km/h

Engine :

- *Model* = J05E
- *Number Cylinder* = 4
- *Piston displacement* = 5,1 ltr

Hydraulic System :

- *Hydraulic pump* = 2 x Variable Piston
- *Max oil flow* = 440 ltr/minute
- *Max oil pressure* = 4974 Psi
- *Track shoe width ground pressure* = 800/0,37mm (kg

cm²)Machine Spec :

- *Boom* = 3,2 m
- *Arm* = 9,4 m
- *Bucket* = 0,9 m³
Cycle Time = 0,22 minute
Factor of excavating conditions = 0,85
Height of Digging = 6 m

D.3. Spesifikasi Alat Angkut

D.3.1. Spesifikasi *Toyota Dyna 130HT*

Merk dan Model :Toyota Dyna 130HTBerat
Maksimal Keseluruhan :8,25 ton
Kapasitas Tanki Bahan Bakar :100 ltr Kecepatan Maksimal
:103 km/jam
Jumlah Roda :6
Kemiringan jalan maksimal : 4

Dimensi

Panjang	: 6.026 mm
Lebar	: 1.945 mm
Tinggi	: 2.165 mm
Jarak antar roda depan	: 1455 mm
Jarak antar roda belakang	: 1.480 mm
Jantai depan	: 1,066 m
Jantai belakang	: 1,580 m

Perbandingan gigi

Ke 1	: 5, 315
Ke 2	: 2,908
Ke 3	: 1,558
Ke 4	: 1,000
Ke 5	: 0,721
Mundur	: 5,068

Bak

Panjang	: 400 cm
Lebar	: 185 cm
Tinggi	: 130 cm
Volume Peres	: 9,62 m ³

LAMPIRAN E

WAKTU EDAR ALAT BONGKAR (*ROCK BREAKER*)

Waktu edar Komatsu PC200 *Hydraulic Excavator Rock Breaker* dapat dirumuskan sebagai berikut :

$$CTb = Tb_1 + Tb_2$$

Keterangan :

CT = Total waktu edar alat bongkar (detik)

Tb₁ = Waktu melepas dan bersiap pembongkaran (detik)

Tb₂ = Waktu pembongkaran (detik)

Untuk perkiraan waktu edar diperoleh dari alat bongkar adalah :

Waktu melepas dan bersiap pembongkaran :	7,36 detik	
Waktu pembongkaran	: <u>29,98 detik</u>	+
Total waktu edar <i>rock breaker</i>	: 37,34 detik	



Gambar E.1
Rock Breaker Komatsu PC200

Tabel E.1
Waktu Edar *Rock Breaker*

No	Waktu melepas dan bersiap pembongkaran (detik)	Waktu pembongkaran(detik)
1	6,28	20,45
2	7,38	22,46
3	5,93	28,93
4	6,92	27,93
5	7,36	30,35
6	8,56	32,47
7	9,63	37,25
8	8,73	27,83
9	7,64	35,5
10	8,74	32,5
11	11,42	38,84
12	9,24	29,42
13	8,63	31,92
14	7,45	34,53
15	5,92	30,82
16	6,87	30,44
17	6,89	32,52
18	5,63	42,53
19	4,93	22,57
20	5,76	35,83
21	5,84	33,52
22	6,87	30,23
23	6,46	34,34
24	8,94	29,94
25	7,53	28,59
26	6,54	20,95
27	7,35	25,74
28	8,51	20,87
29	5,35	25,31
30	7,37	24,85
Total	220,67	899,43
Rata-rata	7,36	29,98

LAMPIRAN F

WAKTU EDAR ALAT MUAT (*BACKHOE*)

Waktu edar (*cycle time*) alat muat dapat dirumuskan sebagai berikut :

$$CT_m = Tm_1 + Tm_2 + Tm_3 + Tm_4$$

Keterangan :

CT_m = Waktu edar alat muat, menit

Tm_1 = Waktu menggali andesit, detik

Tm_2 = Waktu berputar dengan *bucket* terisi muatan, detik

Tm_3 = Waktu menumpahkan muatan, detik

Tm_4 = Waktu berputar dengan *bucket* kosong, detik

Untuk *cycle time* alat muat *excavator* Kobelco SK200 diperkirakan :

- a. Waktu rata-rata menggali = 6,52 detik
- b. Waktu rata-rata berputar isi = 5,88 detik
- c. Waktu rata-rata menumpahkan = 3,71 detik
- d. Waktu rata-rata berputar kosong = 5,62 detik +

Total waktu edar (*cycle time*) = 21,73 detik

Data waktu edar alat muat yang diamati dapat dilihat pada Tabel G.1.



Gambar F.1
Excavator Kobelco SK 200

Tabel F.1
Waktu Edar Alat Muat Kobelco SK200

No	Waktu Menggali (detik)	Waktu berputar isi (detik)	Waktu menumpahkan muatan (detik)	Waktu berputar kosong (detik)	Cycle Time (detik)
1	5,12	8,03	2,97	4,55	20,67
2	6,43	5,77	3,54	4,92	20,66
3	6,62	4,56	2,85	5,76	19,79
4	7,86	6,42	3,76	5,11	23,15
5	4,99	4,84	3,44	5,37	18,64
6	7,64	5,92	3,44	5,32	22,32
7	6,31	4,74	2,98	6,44	20,47
8	7,33	5,42	2,76	6,39	21,9
9	6,45	6,62	3,47	4,52	21,06
10	5,21	5,88	2,95	5,48	19,52
11	7,81	5,33	3,48	5,17	21,79
12	7,11	6,61	4,52	5,63	23,87
13	6,43	5,78	2,71	5,31	20,23
14	6,08	3,92	2,53	5,31	17,84
15	6,49	5,73	4,81	5,09	22,12
16	7,33	5,85	4,53	5,3	23,01
17	7,12	5,23	3,33	5,72	21,4
18	6,37	5,89	3,53	5,31	21,1
19	6,74	6,84	4,35	5,04	22,97
20	6,54	5,38	4,73	6,64	23,29
21	6,02	5,89	4,82	5,82	22,55
22	6,32	5,31	3,88	5,31	20,82
23	5,18	6,32	3,71	6,84	22,05
24	6,93	6,42	3,73	5,7	22,78
25	6,45	5,81	4,82	5,47	22,55
26	6,75	6,92	4,65	6,33	24,65
27	6,89	5,89	3,12	6,88	22,78
28	5,94	7,24	3,44	6,42	23,04
29	6,53	6,37	3,82	5,72	22,44
30	6,65	5,53	4,67	5,65	22,5
Rata-rata	6,52	5,88	3,71	5,62	21,73

LAMPIRAN G

WAKTU EDAR ALAT ANGKUT (*DUMP TRUCK*)

Waktu edar alat angkut dapat dirumuskan sebagai berikut :

$$C_{ta} = (Ta_3 \times Ta_5) + (Ta_4 \times Ta_5) + Ta_1 + Ta_2 + Ta_6 + Ta_7$$

Dimana :

C_{ta} = Waktu edar alat angkut, detik.

Ta_1 = Waktu mengambil posisi untuk dimuati, detik.

Ta_2 = Waktu diisi muatan (*loading*), detik.

Ta_3 = Kecepatan bermuatan, m/detik.

Ta_4 = Kecepatan tanpa muatan, m/detik.

Ta_5 = Jarak tempuh dari *front* penambangan ke *storage*, meter.

Ta_6 = Waktu mengambil posisi untuk penumpahan, detik.

Ta_7 = Waktu pengosongan muatan (*dumping*), detik.

Jenis alat angkut yang digunakan dilokasi penambangan adalah *dumptruck*.

Untuk perkiraan waktu edar *dumptruck* Toyota Dyna 130HT adalah : Waktu posisi

untuk dimuati (Ta_1) = 28,21 detik.

Waktu diisi muatan (*loading*) (Ta_2) = 282,49 detik. (*ct. exca x*

curah) Kecepatan bermuatan (Ta_3) = 20 km/jam = 5,5 m/dtk.

Kecepatan tanpa muatan (Ta_4) = 30 km/jam = 8,3 m/dtk. Jarak

Tempuh (Ta_5) = 1.852 m

Waktu posisi penumpahan (Ta_6) = 31,06 detik

Waktu *dumping* (Ta_7) = 37,38 detik

Perhitungan waktu edar pada *pushback* 1 :

$$C_{ta} = (Ta_5 : Ta_3) + (Ta_5 : Ta_4) + Ta_1 + Ta_2 + Ta_6 + Ta_7$$

$$= (1.852 \text{ m} : 5,5 \text{ m/dtk}) + (1.852 \text{ m} : 8,3 \text{ m/dtk}) + (28,21 + 282,49 + 31,06 + 37,38) \text{ detik}$$

$$= 938,99 \text{ detik.}$$

Kecepatan alat angkut pada saat bermuatan adalah 20 km/jam dan kecepatan tanpa muatan adalah 30 km/jam. Perhitungan jarak dumping diasumsikan dari jarak terjauh pada lokasi *front* penambangan menuju *stockyard* yang setiap tahunnya berbeda sehingga membuat waktu edar dari alat angkut akan berbeda setiap tahunnya. Berdasarkan perhitungan maka didapat hasil pada tabel H.1

Tabel G.1
Waktu Edar Alat Angkut

Pushback	Alat Angkut	Jarak (m)	Loading Time	Mengangkut muatan	Mengambil posisi dumping	Dumping	Waktu Kembali Kosong	Mengambil posisi loading	Cycle Time
1	Toyota Dyna 130HT	1852	282.49	336.73	31.06	37.38	223.13	28.21	938.9998
2	Toyota Dyna 130HT	1691	282.49	307.45	31.06	37.38	203.73	28.21	890.3295
3	Toyota Dyna 130HT	1577	282.49	286.73	31.06	37.38	190.00	28.21	855.8673
4	Toyota Dyna 130HT	1547	282.49	281.27	31.06	37.38	186.39	28.21	846.7983
5	Toyota Dyna 130HT	1506	282.49	273.82	31.06	37.38	181.45	28.21	834.404
6	Toyota Dyna 130HT	1487	282.49	270.36	31.06	37.38	179.16	28.21	828.6603



Gambar G.1
Dump truk Toyota 130 HT

LAMPIRAN H
PERHITUNGAN DIMENSI MINIMUM
***FRONT* PENAMBANGAN**

H.1. Lebar Minimum *Front* Penambangan

Dihitung dengan rumus :

$$W_{\min} = 2 \times (0,5 \times R_s) + A + M_t$$

Keterangan :

W_{\min} = Lebar minimum *front* penambangan

R_s = swing radius alat gali muat, 2,75 m

A = jarak tambahan, 1 m

M_t = lebar alat angkut saat membentuk sudut α

α = sudut yang dibentuk pada saat spotting 35°

Lebar alat angkut saat membentuk sudut 35° :

$$M_t = L_t \cos 35^\circ + W_t \sin 35^\circ \quad (L_t : \text{Panjang alat; } W_t : \text{Lebar alat})$$

$$= 6,026 \cos 35^\circ + 1,945 \sin 35^\circ$$

$$= 6,051 \text{ m}$$

$$W_{\min} = 2 \times (0,5 \times 2,75) + 1 + 6,051$$

$$= 9,801 \text{ m} \approx 10 \text{ m}$$

H.2. Panjang Minimum *Front* Penambangan

Dihitung dengan rumus :

$$L_{\min} = R_s + 2A$$

$$= 2,75 + 2(1)$$

$$= 4,75 \text{ m} \approx 5 \text{ m}$$

LAMPIRAN I

PERHITUNGAN GEOMETRI JALAN ANGKUT

I.1 Lebar Jalan Angkut

Semakin lebar jalan angkut maka lalu lintas pengangkutan akan semakin aman. Perhitungan lebar jalan angkut minimum yang dapat dilalui didasarkan pada lebar kendaraan Toyota Dyna 130HT

a. Lebar jalan angkut minimum pada jalan lurus

Berdasarkan spesifikasi teknis, *dump truck* Toyota Dyna 130HT lebar 1,945 meter sehingga lebar jalan angkut pada kondisi lurus adalah :

$$L_{(m)} = n \cdot W_t + (n + 1) (1/2 \cdot W_t)$$

Keterangan :

$L_{(m)}$: lebar minimum jalan angkut, meter. N: jumlah jalur

$W_{(t)}$: lebar alat angkut, meter. Maka :

$$n = 2$$

$$W_t = 1,945$$

$$\begin{aligned} L_{(m)} &= 2 \times 1,945 + (2 + 1) (1/2 \times 1,945) \\ &= 6,80755 \approx 7 \text{ m} \end{aligned}$$

Jadi lebar jalan angkut minimum pada jalan lurus adalah **7** meter.

b. Lebar jalan pada tikungan

Untuk 2 (dua) jalur jalan angkut, maka lebar minimum pada tikungan didasarkan pada lebar atau jarak jejak roda kendaraan, lebar tonjolan atau jantai *truck* bagian depan dan belakang pada saat membelok diperhitungkan pula jarak antar *truck* pada saat persimpangan serta jarak sisi luar *truck* ke tepi jalan. Persamaan yang digunakan adalah :

$$\begin{aligned} W_{\min} &= n (U + F_a + F_b + Z) + CC \\ &= Z = 0,5 (U + F_a + F_b) \end{aligned}$$

Keterangan :

W= lebar jalan angkut pada tikungan

$$\begin{aligned}U &= \text{jarak jejak roda} &&= 1,45 \text{ meter.} \\Fa &= \text{lebar jantai depan} &&= 1,066 \times \sin 30^\circ = 0,533 \text{ meter} \\Fb &= \text{lebar jantai belakang} &&= 1,580 \times \sin 30^\circ = 0,79 \text{ meter.} \\Z &= \text{lebar bagian tepi jalan, meter.} \\C &= \text{lebar antar } truck, \text{ meter.}\end{aligned}$$

Alat angkut yang digunakan adalah *dump truck* Toyota Dyna 130HT,

$$C = Z = \frac{(1,45 + 0,533 + 0,79) \text{ m}}{2} = 1,39 \text{ meter}$$

$$W_{\min} = 2 (1,45 + 0,533 + 0,79 + 1,39) \text{ m} + 1,39 \text{ m}$$

$$W_{\min} = 9,716 \text{ meter} \approx 10 \text{ meter}$$

Maka lebar jalan angkut minimum pada tikungan adalah 10 meter.

I.2. Jari-jari Tikungan

$$R = \frac{V^2}{127 (e + f)}$$

Keterangan :

V = Kecepatan *truck*, 20 km/jam
R = jari-jari tikungan, m

e = *superelevasi* = 0,04 m/m

f = koefisien gesek melintang, untuk kecepatan < 80 km/jam

$$= - 0,00065 \cdot V + 0,192 = - 0,00065 (20) + 0,192 = 0,179$$

$$\begin{aligned}R &= \frac{20^2}{127 (0,04 + 0,179)} \\&= 17,21 \text{ meter}\end{aligned}$$

I.1. Superelevasi

Superelevasi merupakan kemiringan jalan pada tikungan yang terbentuk oleh batas antara tepi jalan terluar dengan tepi jalan terdalam karena perbedaan ketinggian. Besarnya angka *superelevasi* dapat dihitung dengan rumus sebagai berikut :

$$e + f = \frac{v^2}{127 \times R}$$

Keterangan :

e = *Superelevasi*

V = Kecepatan kendaraan (km/jam)

R = Radius/jari – jari tikungan (m)

f = Koefisien gesekan melintang

Untuk kecepatan < 80 km/jam nilai f = - 0,00065 × V + 0,192

Untuk kecepatan rencana antara 80km/jam - 112km/jam nilai f = - 0,00125 × V + 0,24

Diketahui :

Kecepatan *dump truck* (V) = 20 km/jam Radius tikungan (R) = 17,21 m

Koefisien gesekan (f) = - 0,00065 × V + 0,192
 = - 0,00065 × 20 + 0,192
 = 0,179

Jawab:

$$e + f = \frac{v^2}{127 \times R}$$

$$e + 0,179 = \frac{(20 \text{ km/jam})^2}{127 \times 17,21 \text{ m}}$$

$$= \left(\frac{20 \text{ km/jam}}{127 \times 17,21 \text{ m}} \right)^2 - 0,179$$

$$= 0,221 - 0,179$$

$$= 0,042 \text{ m/m}$$

Dengan besar *superelevasi* 0,042 m atau 4,2 cm, artinya beda tinggi sisi luar tikungan dengan sisi dalam tikungan adalah sebesar 4,2 cm.

Tabel I.1
 Nilai Superelevasi yang diijinkan (*Kaufman dan Ault, 1997*)

Radius Tikungan (m)	Kecepatan Kendaraan (km/jam)					
	16	24	32	40	48	>56
15	0,04	0,04				
30	0,04	0,04	0,04			
46	0,04	0,04	0,04	0,05		
76	0,04	0,04	0,04	0,04	0,05	
91	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,05
183	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04
305	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04

I.4 *Cross Slope*

Angka *cross slope* pada jalan angkut dinyatakan dalam perbandingan jarak vertikal dan horizontal dengan satuan mm/m. Pada konstruksi jalan angkut tambang terbuka besarnya *cross slope* yang dianjurkan mempunyai ketebalan antara $\frac{1}{4}$ sampai $\frac{1}{2}$ inch untuk tiap *feet* jarak horizontal atau sekitar 20 mm sampai 40 mm untuk tiap meter. Untuk mengetahui beda tinggi dapat digunakan rumus berikut :

$Q = P \times \text{cross slope}$
 $P = \frac{1}{2} \times Wt$ Dengan:

Q = Beda tinggi

P = Beda ketinggian pada poros jalan

Wt = Lebar jalan

Maka :

$$P = \frac{1}{2} \times 7 \text{ m}$$

$$= 3,5 \text{ m}$$

Sehingga beda tinggi yang dibuat :

$$Q = 3,5 \text{ m} \times 40 \text{ mm/m}$$

$$= 140 \text{ mm}$$

$$= 0,14 \text{ m}$$

LAMPIRAN J

FAKTOR PENGEMBANGAN ANDESIT

Faktor pengembangan andesit adalah perbandingan antara volume andesit dalam keadaan alamiah (*bank*) dengan volume andesit dalam keadaan lepas (*loose*). Oleh karena itu, perhitungan faktor pengembangan dapat dihitung berdasarkan densitas andesit dalam keadaan asli (*bank*). Berdasarkan data yang dimiliki oleh perusahaan, *loose density* adalah 1,60 ton/m³ dan *density in bank* adalah 2,745 ton/m³. Didapatkan faktor pengembangan sebagai berikut :

$$\begin{aligned} \text{SF} &= \frac{\text{Loose Density (ton/m}^3\text{)}}{\text{Bank Density (ton/m}^3\text{)}} \\ &= \frac{1,60 \text{ ton/m}^3}{2,745 \text{ ton/m}^3} \\ &= 0,58 \end{aligned}$$

LAMPIRAN K

PRODUKSI ALAT PENAMBANGAN

Produksi alat gali-muat dan alat angkut, memperhatikan kalender kerja dalam satu tahun, target produksi, faktor koreksi (*availability*), dan *cycle time* alat.

K.1 Kalender Kerja Setiap Tahun

Tabel 4.1 (Rencana Kerja Kalender PT. Harmak Indonesia)

K.2.Faktor Koreksi

Rumus No. 3.21, 3.22, 3.23, 3.24

Waktu perbaikan alat diasumsikan setiap tahunnya mengalami peningkatan, lihat pada tabel L.1.

Tabel K.1.
Waktu W, R, S per *Shift*.

Keterangan	Tahun ke 1	Tahun ke 2	Tahun ke 3	Tahun ke 4	Tahun ke 5	Tahun 6
W+R+S (jam)	10	10	10	10	10	10
W (jam)	8,4	8,3	8,2	8,1	8,0	7,9
R (jam)	1,1	1,2	1,3	1,4	1,5	1,6
S (jam)	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5

Sehingga faktor koreksi pada tahun pertama dapat dihitung :Jumlah kerja tiap tahun adalah 290 hari.

$$1. MA = \left(\frac{W}{W+R} \right)$$

$$= 2.436 / (2.436 + 319)$$

$$= 88 \%$$

$$2. PA = \left(\frac{W+S}{W+R+S} \right)$$

$$= (2.436 + 145) / (2436 + 319 + 145)$$

$$= 89 \%$$

$$3. UA = \left(\frac{W}{W+S} \right)$$

$$= 2.436 / (2.436 + 145) = 94 \%$$

$$4. EU = \left(\frac{W}{W+R+S} \right)$$

$$= 2.436 / (2.436 + 319 + 145)$$

$$= 84 \%$$

Untuk perhitungan faktor koreksi tahun pertama sampai tahun keenam dapat dilihat pada Tabel K.2.

Tabel L.2
Availability tahun 1 hingga tahun 6

Keterangan	Tahun 1	Tahun 2	Tahun 3	Tahun 4	Tahun 5	Tahun 6
MA	88%	87%	86%	85%	84%	83%
PA	89%	88%	87%	86%	86%	84%
UA	94%	94%	94%	94%	94%	94%
EU	84%	83%	82%	81%	81%	79%

K.1 Produksi Alat Bongkar

Kemampuan Produksi *Komatsu PC200 Hydraulic Excavator Rock Breaker*

Attachment Soosan SB 151TS P :

$$CT = 37,34 \text{ detik/penetrasi}$$

$$\text{Volume material terbongkar } m^3/\text{jam} = 40,94 \text{ m}^3/\text{jam}$$

$$\text{Physical availability tahun 1} = 89 \%$$

$$\text{Use of availability tahun 1} = 94 \%$$

$$\text{Sweel Factor} = 0,58$$

$$\text{Densitas Asli (Bank)} = 2,745 \text{ ton/m}^3$$

$$\text{Jumlah Penetrasi per jam} = \frac{3600 \text{ detik/jam}}{37,3 \text{ detik/penetrasi}} = 96,41 \text{ penetrasi/jam}$$

Volume material terbongkar m^3 per jam = L x P x T (diperkirakan)

$$= 5,6 \text{ m} \times 8,6 \text{ m} \times 0,85 \text{ m}$$

$$= 40,94 \text{ m}^3/\text{jam}$$

Kemampuan Produksi (KP) per Jam = 96,41 penetrasi/jam

$$\frac{40,94 \text{ m}^3/\text{jam}}{96,41 \text{ penetrasi/jam}} \times 89 \% \times 94 \%$$

$$= 34,38 \text{ LCM/jam}$$

$$= 34,38 \text{ LCM/jam} \times 0,58 = 19,94 \text{ BCM/jam}$$

$$= 19,94 \text{ BCM/jam} \times 2,745 \text{ ton/m}^3 = 54,74 \text{ ton/jam}$$

$$= 55 \text{ ton/jam (dibulatkan)}$$

Hasil perhitungan produksi alat bongkar tahun I sampai ke VI (Tabel L.3)

Tabel K.3
Produksi Alat Bongkar (*Breaker*)

Tahun	PA	UA	<i>Swell Factor</i>	Produksi (ton/ jam)	Produksi (ton/hari)	Produksi (ton/ tahun)
I	89 %	94 %	0,58	55	547	158.741
II	88 %	94 %	0,58	54	541	156.851
III	87 %	94 %	0,58	53	534	154.962
IV	86 %	94 %	0,58	53	528	153.072
V	85 %	94 %	0,58	53	528	153.072
VI	84%	94%	0,58	51	515	149.292

L.1. Produksi Alat Muat

Perhitungan untuk produksi alat muat adalah

$$KP = \frac{KB \times 3600 \times FK \times Fk}{CT}, \text{ ton/jam}$$

Keterangan :

KP = Kemampuan produksi alat muat (ton/jam)

CT = Waktu edar alat muat sekali pemuatan (menit)

KB = Kapasitas baku mangkuk alat muat (m³)

FK = Faktor koreksi (Efisiensi kerja, faktor pengisian)

Fk = Faktor konversi (Densitas *loose*)

Berdasarkan data hasil pengukuran di lapangan :

Produksi *Kobelco SK200*

Cycle Time = 21,73 detik

Kapasitas Bucket = 0,9 m³

Fill Factor = 85 % = 0,85

Physical availability = 89 % = 0,89

Use of availability = 94 % = 0,94

Densitas Lepas (*Loose*) Andesit = 1,60 ton/m³

Kemampuan Produksi (KP)

$$= \frac{0,9 \times 3600 \times (0,85 \times 0,89 \times 0,94) \times 1,60}{21,73} \times 10 \text{ jam} \times 287 \text{ hari}$$

21,73

= 486.895,5 ton/tahun

= 486.896 ton/tahun (dibulatkan)

Hasil perhitungan produksi alat muat pada tahun II sampai ke V (Tabel K.4)

Tabel K.4
Produksi Alat Muat Kobelco SK200

Tahun	Cycle time (detik)	BFF	PA	UA	Density loose (ton/m ³)	Kapasitas bucket(m ³)	Produksi (ton/jam)	Produksi (ton/hari)	Produksi (ton/ tahun)
1	21.73	0.85	89%	94%	1.6	0.9	170	1,703	493,971
2	21.73	0.85	88%	94%	1.6	0.9	168	1,683	488,090
3	21.73	0.85	87%	94%	1.6	0.9	166	1,663	482,210
4	21.73	0.85	86%	94%	1.6	0.9	164	1,643	476,329
5	21.73	0.85	86%	94%	1.6	0.9	164	1,643	476,329
6	21.73	0.85	84%	94%	1.6	0.9	160	1,602	464,568

K.2 Produksi Alat Angkut.

Kemampuan Produksi Alat Angkut *Toyota Dyna 130HT* :

$$KP = \frac{KT \times 3600 \times FK \times Fk}{Cta}, \text{ ton/jam}$$

Keterangan :

KP = Kemampuan produksi alat angkut (ton/jam)

Cta = Waktu edar alat angkut (detik)

KT = Kapasitas bak alat angkut (m³)
= n x Cam x F

N = Jumlah pengisian bucket alat muat untuk penuh bak alat angkut

Cam = Kapasitas mangkuk alat muat (m²)

F = Faktor pengisian (%)

FK = Faktor koreksi (Efisiensi kerja)

Fk = faktor konversi (*Densitas loose*)

Perhitungan produksi alat angkut pada tahun pertama adalah sebagai berikut :

$$\begin{aligned} \text{Jumlah curah/isian} &= \frac{\text{kap.bak dump truck}}{\text{kap. bucket exca} \times \text{bucket fill factor}} \\ &= \frac{9,62}{0,9 \times 0,85} \\ &= 13 \text{ curah/isian} \end{aligned}$$

Diketahui :

Produksi alat angkut *Dump Truck Toyota Dyna 130 HT*

Densitas Loose = 1,60 ton/m³

Faktor pengisian = 85% = 0,85

Waktu edar total mitsubishi = 939 detik

Physical availability = 89 % = 0,89

Use of availability = 94 % = 0,94

Jumlah curah = 13 kali

Kapasitas mangkuk alat muat = 0.9 m³ Kemampuan Produksi (1 truk)

$$= \frac{(13 \times 0,9 \times 0,85) \times 3600 \times 0,89 \times 0,94 \times 1,60}{939} \times 10 \text{ jam} \times 290 \text{ hari}$$

= 148.603 ton/tahun

Hasil perhitungan produksi alat angkut pada pushback I sampai ke VI (Tabel L.5)

Tabel K.5

Produksi Dump Truck Toyota Dyna 130HT

Tahun	Cycle time (detik)	Jumlah curah per isian	density loose (ton/m ³)	FF	Kapasitas Bucket (m ³)	PA	UA	Produksi (ton/jam)	Produksi (ton/hari)	Produksi (ton/tahun)
1	939	13	1.6	0.85	0.9	89%	94%	51	512	148.607
2	890	13	1.6	0.85	0.9	88%	94%	53	534	154.865
3	856	13	1.6	0.85	0.9	87%	94%	55	549	159.160
4	847	13	1.6	0.85	0.9	86%	94%	55	548	158.902
5	834	13	1.6	0.85	0.9	86%	94%	56	556	161.263
6	829	13	1.6	0.85	0.9	84%	94%	55	546	158.371

LAMPIRAN L

PERHITUNGAN KEBUTUHAN ALAT PENAMBANGAN

L.1. Kebutuhan Alat Bongkar

Diketahui :

Target produksi andesit pada tahun I = 538.985 ton/tahun

Produksi alat bongkar *Rock Breaker* = 158.741 ton/tahun

Perhitungan kebutuhan alat bongkar pada tahun 1 dapat dihitung dengan rumus sebagai berikut :

$$\begin{aligned} \text{Kebutuhan alat bongkar} &= \frac{\text{Target produksi}}{\text{Produksi alat bongkar}} \\ &= \frac{538.985 \text{ ton/tahun}}{158.741 \text{ ton/tahun}} = 3,39 \approx 4 \text{ unit} \\ \\ \text{Cadangan alat bongkar} &= \left(\frac{n}{MA} \right) - n \\ &= \frac{4}{88\%} - 4 \\ &= 4,54 - 4 \\ &= 0,54 \approx 1 \text{ unit} \end{aligned}$$

Untuk hasil perhitungan kebutuhan alat bongkar tahun ke 2 hingga ke 6 dapat dilihat pada tabel L.1

Tabel L.1
Kebutuhan Alat Bongkar Setiap Tahun

Tahun	Produksi alat (ton/tahun)	Target produksi (ton/tahun)	MA	Jumlah alat	Cadangan
1	158,741	538,995	88%	4	1
2	156,851	546,177	87%	4	1
3	154,962	537,068	86%	4	1
4	153,072	554,389	85%	4	1
5	153,072	575,417	84%	4	1
6	149,292	595,083	83%	4	1

L.2. Kebutuhan Alat Muat.

Diketahui :

Target produksi andesit pada tahun I = 538.995 ton/tahun

Produksi alat muat komatsu Kobelco SK200 = 493.971 ton/tahun

Perhitungan kebutuhan alat muat pada tahun ke 1 dapat dihitung dengan rumus sebagai berikut:

$$\begin{aligned} \text{Kebutuhan alat muat} &= \frac{\text{Target produksi}}{\text{Produksi alat muat}} \\ &= \frac{538.995 \text{ ton/tahun}}{493.971 \text{ ton/tahun}} = 1,09 \approx 2 \text{ unit} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Cadangan alat muat} &= \left(\frac{n}{MA} \right) - n \\ &= \left(\frac{2}{88\%} \right) - 2 \\ &= 2,27 - 2 \\ &= 0,27 \approx 1 \text{ unit} \end{aligned}$$

Untuk hasil perhitungan kebutuhan alat muat tahun ke 2 hingga ke 6 dapat dilihat pada tabel M.2

Tabel L.2
Kebutuhan Alat Muat Setiap Tahun

Tahun	Produksi alat (ton/tahun)	Target produksi (ton/tahun)	MA	Jumlah alat	Cadangan
1	493,971	538,995	88%	2	1
2	488,090	546,177	87%	2	1
3	482,210	537,068	86%	2	1
4	476,329	554,389	85%	2	1
5	476,329	575,417	84%	2	1
6	464,568	595,083	83%	2	1

L.3. Kebutuhan alat angkut.

Diketahui :

Target produksi andesit pada tahun I = 538.995 ton/tahun

Produksi alat angkut Toyota Dyna 130HT = 148.607 ton/tahun

Perhitungan kebutuhan alat muat pada tahun 1 dihitung dengan rumus sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
 \text{Kebutuhan alat angkut} &= \frac{\text{Target produksi}}{\text{Produksi alat angkut}} \\
 &= \frac{538.995 \text{ ton/tahun}}{148.607 \text{ ton/tahun}} \\
 &= 3,62 \approx 4 \text{ unit} \\
 \text{Cadangan alat angkut} &= \left(\frac{n}{MA}\right) - n \\
 &= \left(\frac{4}{88\%}\right) - 4 \\
 &= 4,54 - 4 \\
 &= 0,54 \approx 1 \text{ unit}
 \end{aligned}$$

Untuk hasil perhitungan kebutuhan alat bongkar tahun ke 2 hingga ke 6 dapat dilihat pada tabel L.3

Tabel L.3
Kebutuhan Alat Angkut Setiap Tahun

Tahun	Produksi alat (ton/tahun)	Target produksi (ton/tahun)	MA	Jumlahalat	Cadangan
1	148,607	538,995	88%	4	1
2	154,865	546,177	87%	4	1
3	159,160	537,068	86%	4	1
4	158,902	554,389	85%	4	1
5	161,263	575,417	84%	4	1
6	158,371	595,083	83%	4	1

LAMPIRAN M

PERHITUNGAN FAKTOR KESERASIAN KERJA ALAT

Faktor keserasian alat muat dengan alat angkut dapat dihitung dengan rumus sebagai berikut:

Nomor rumus 3.20Keterangan:

Na = Jumlah alat angkut, unit

CTm = Waktu edar alat muat, detik

N = Jumlah pengisian

Nm = Jumlah alat muat, unit

CTa = Waktu edar alat angkut, detik

Perhitungan faktor keserasian pada *pushback* pertama adalah sebagai berikut :

$$\begin{aligned} \text{Faktor Keserasian} &= \frac{Na \times (n \times CTm)}{Nm \times CTa} \\ &= \frac{4 \times (13 \times 21,73)}{2 \times 938} \\ &= 0,60 \end{aligned}$$

Hasil perhitungan faktor keserasian kerja alat muat dan alat angkut pada tahun kedua sampai tahun ke enam dapat dilihat di tabel M.1

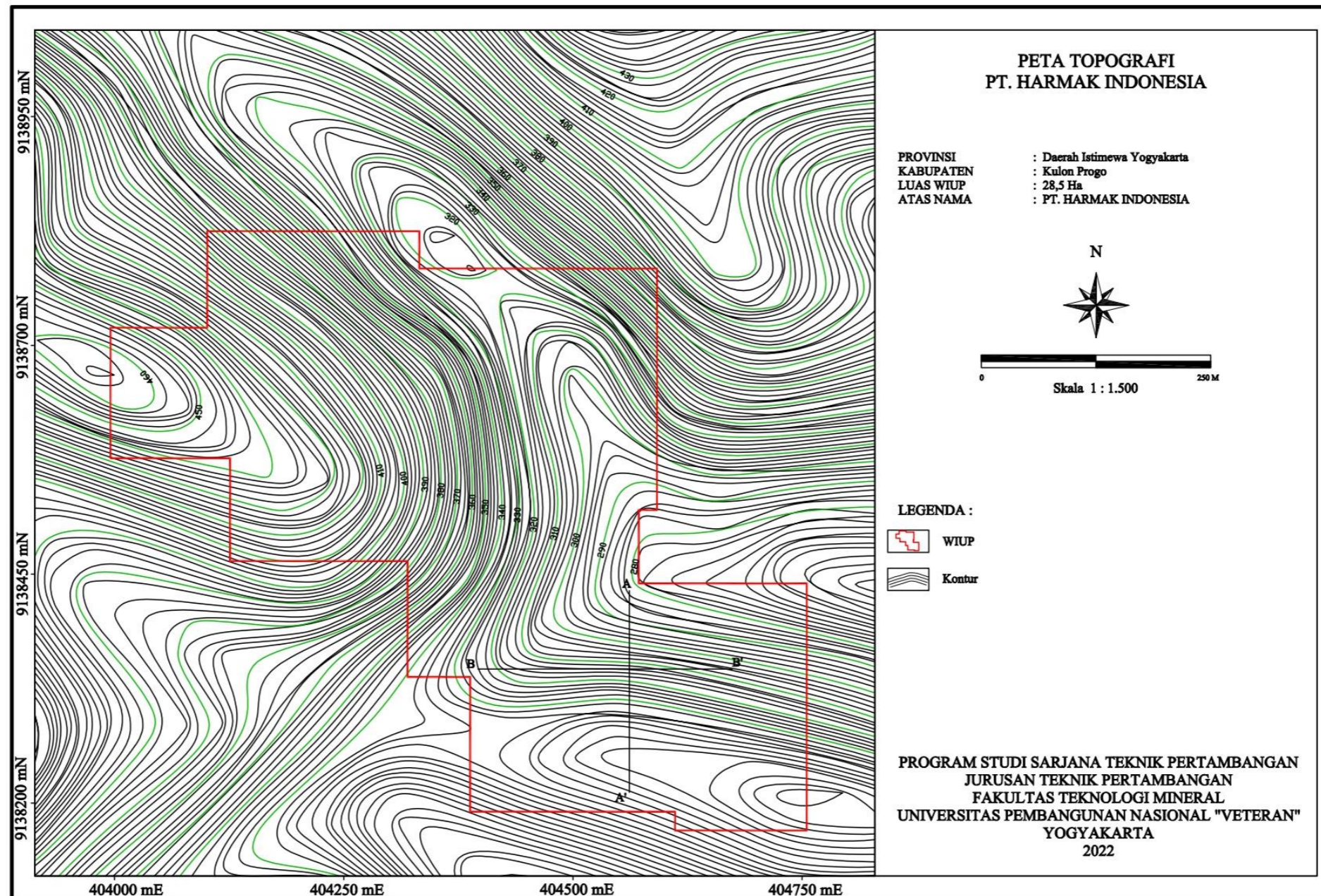
Tabel M.1
Nilai Faktor Keserasian Setiap Tahun

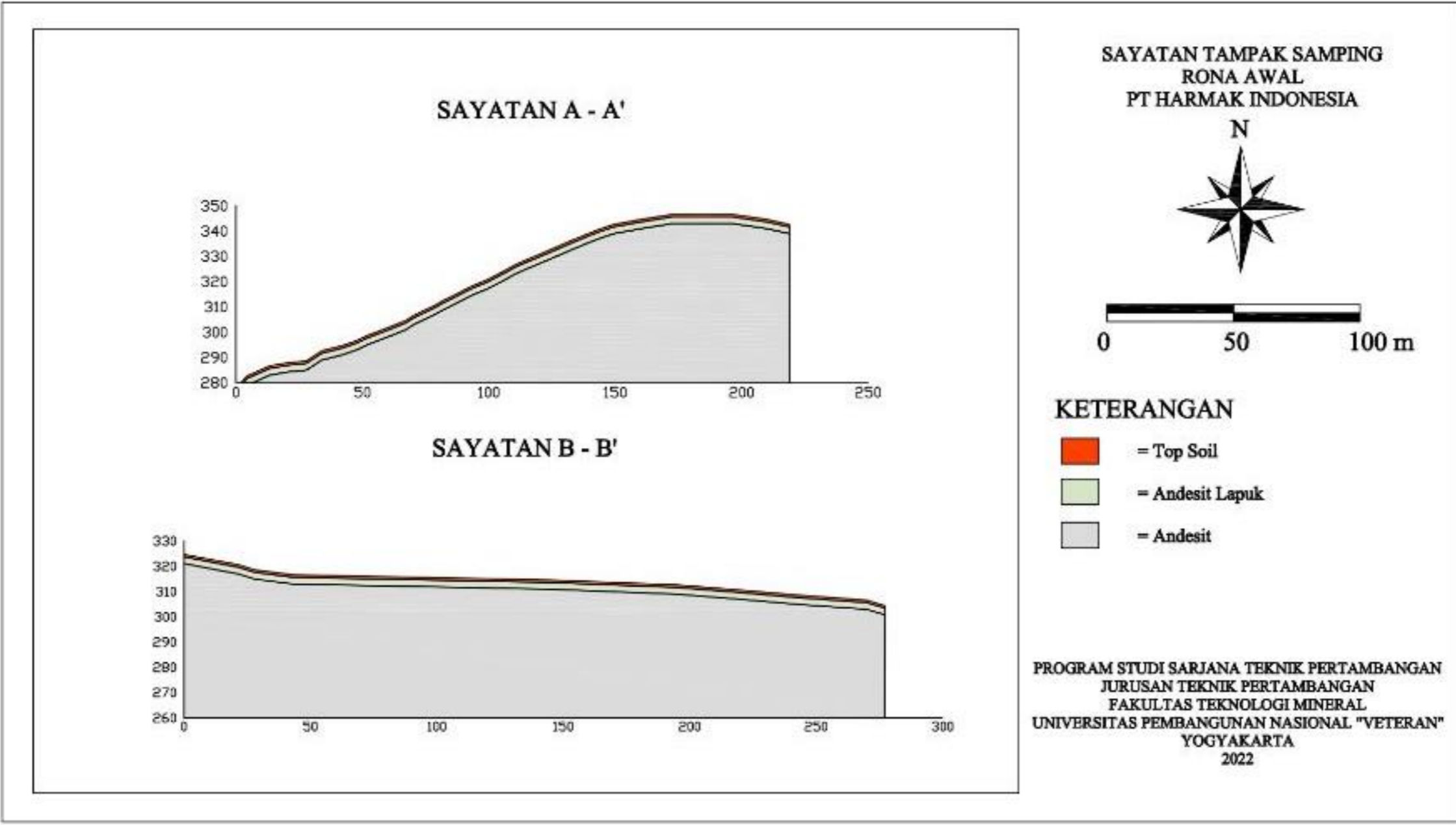
Tahun	Na	Cta	Nm	CTm	n	Faktor Keserasian
Tahun I	4	939	2	21.73	13	0.60
Tahun II	4	890	2	21.73	13	0.63
Tahun III	4	856	2	21.73	13	0.66
Tahun IV	4	847	2	21.73	13	0.67
Tahun V	4	834	2	21.73	13	0.68
Tahun VI	4	829	2	21.73	13	0.68

LAMPIRAN N

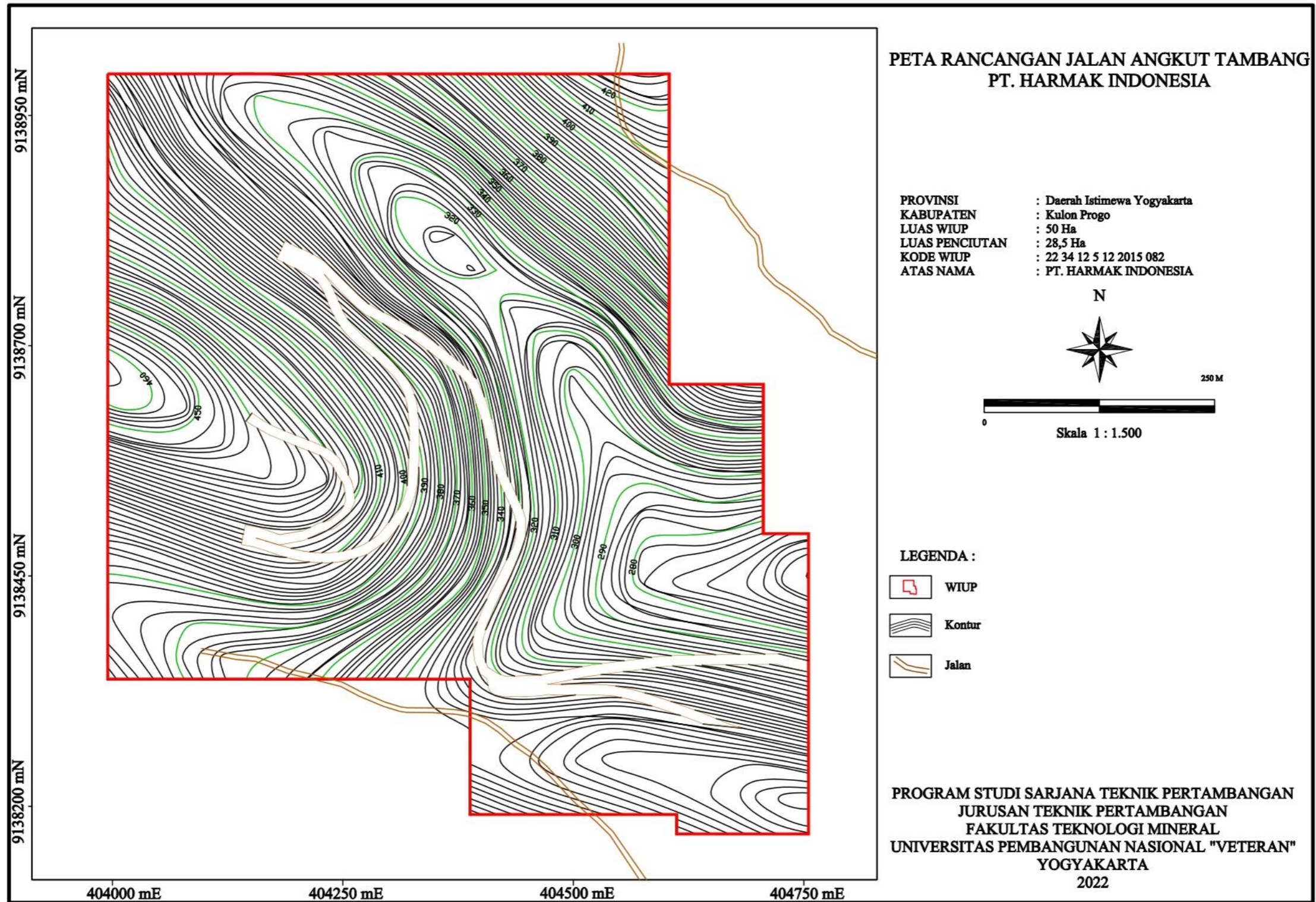
PETA

1. Peta Topografi

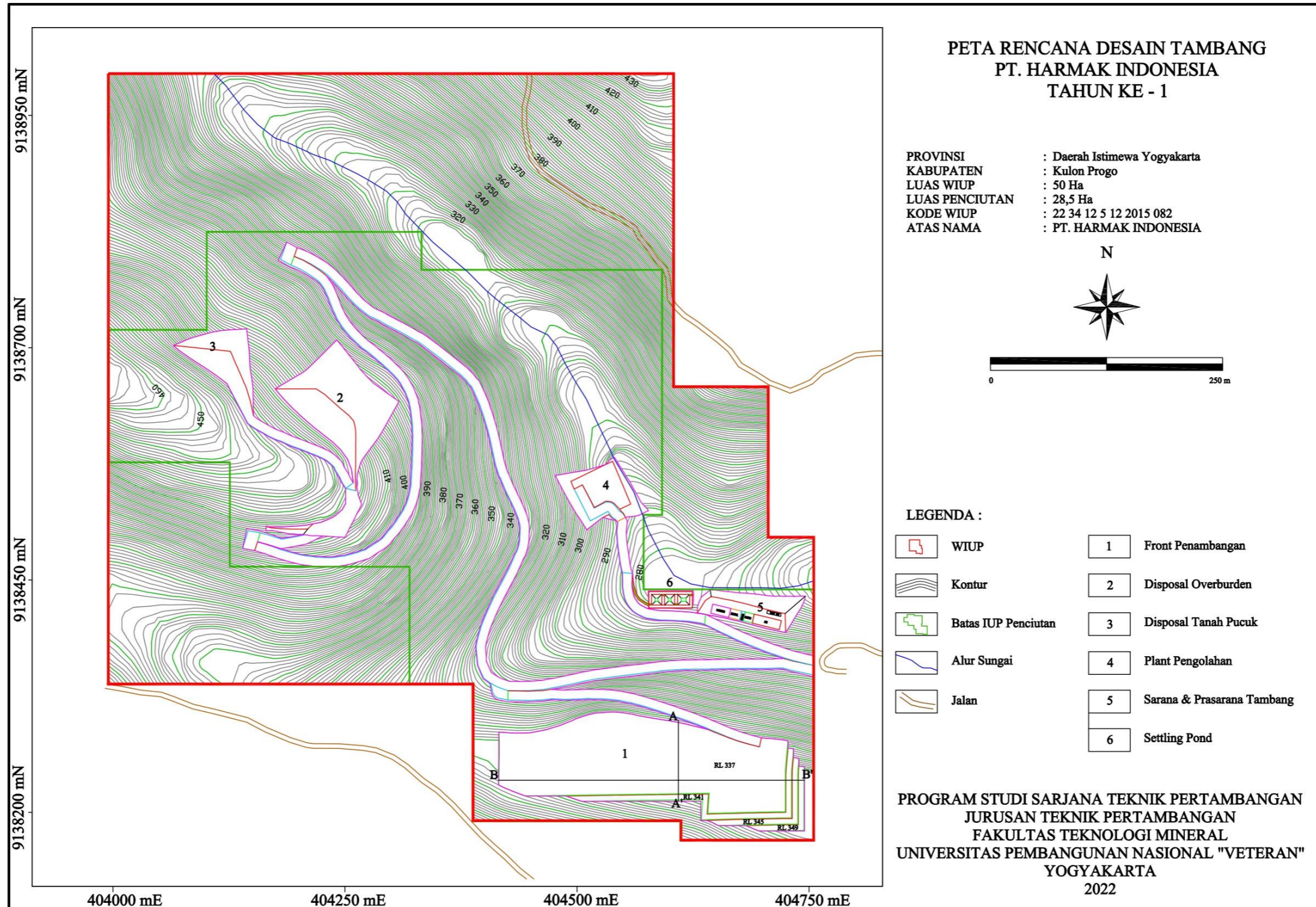




2. Peta Jalan Angkut

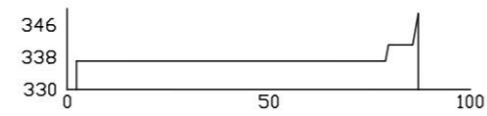


3. Peta Rancangan Tahun ke-1

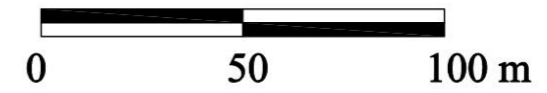
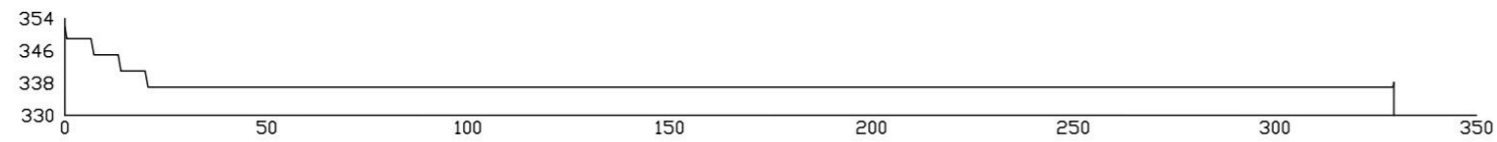


**SAYATAN TAMPAK SAMPING
PUSHBACK TAHUN KE-1
PT HARMAK INDONESIA**

SAYATAN A - A'

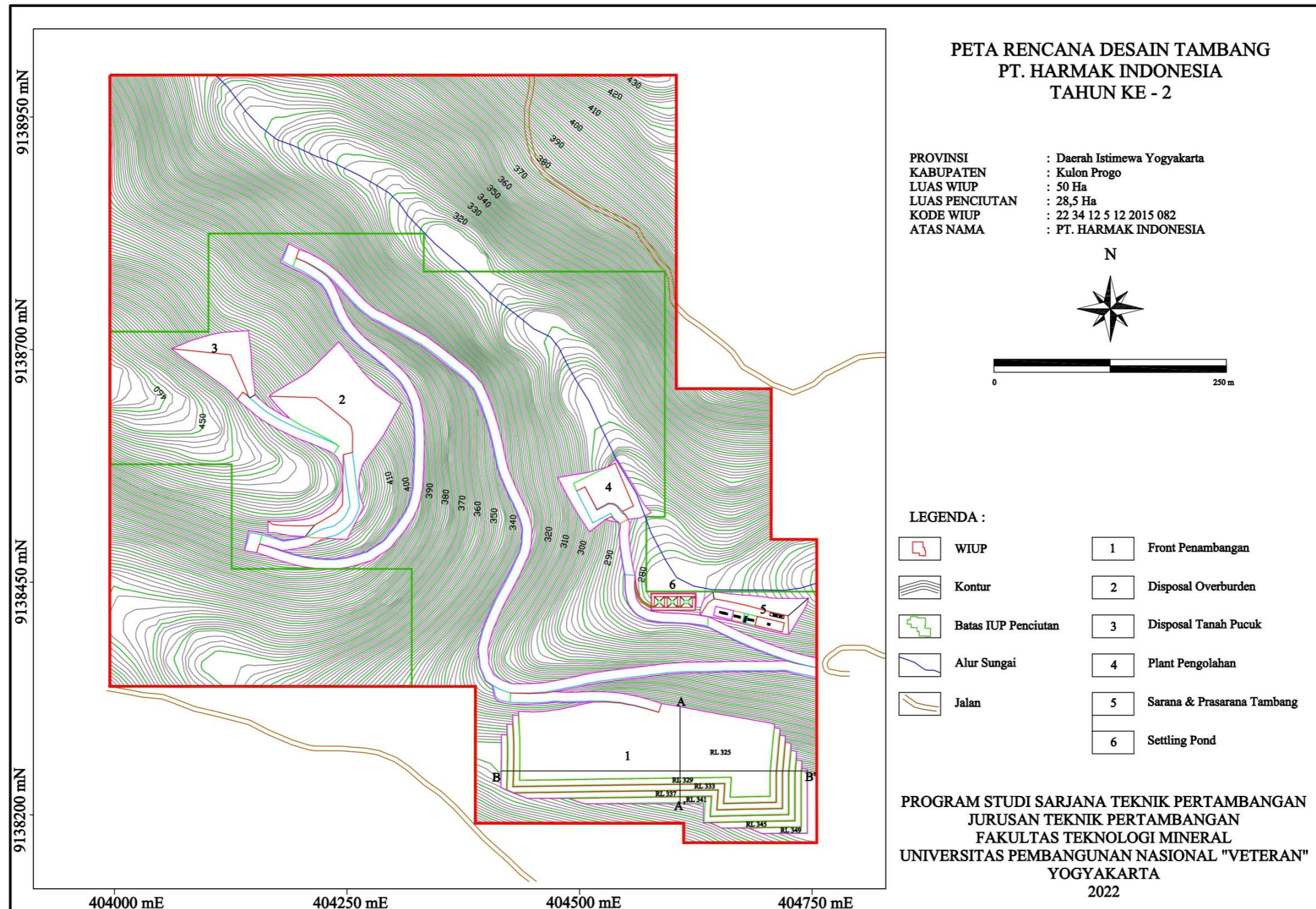


SAYATAN B - B'



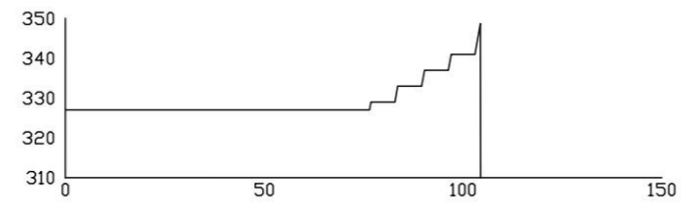
**PROGRAM STUDI SARJANA TEKNIK PERTAMBANGAN
JURUSAN TEKNIK PERTAMBANGAN
FAKULTAS TEKNOLOGI MINERAL
UNIVERSITAS PEMBANGUNAN NASIONAL "VETERAN"
YOGYAKARTA
2022**

4. Peta Rancangan Tahun ke-2

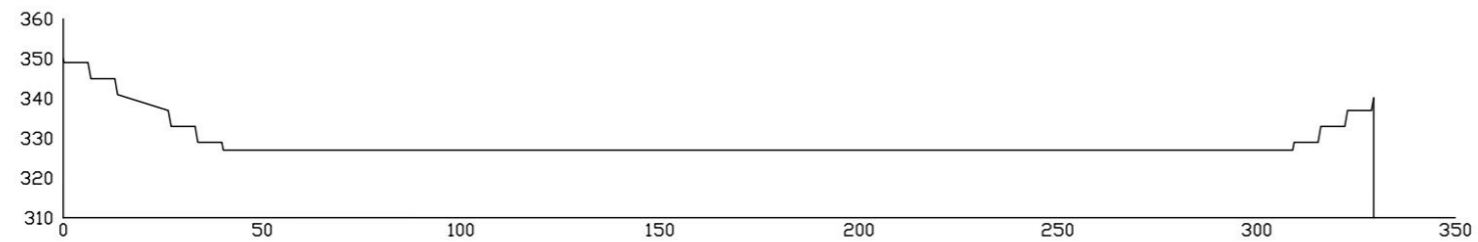


**SAYATAN TAMPAK SAMPING
PUSHBACK TAHUN KE-2
PT HARMAK INDONESIA**

SAYATAN A - A'

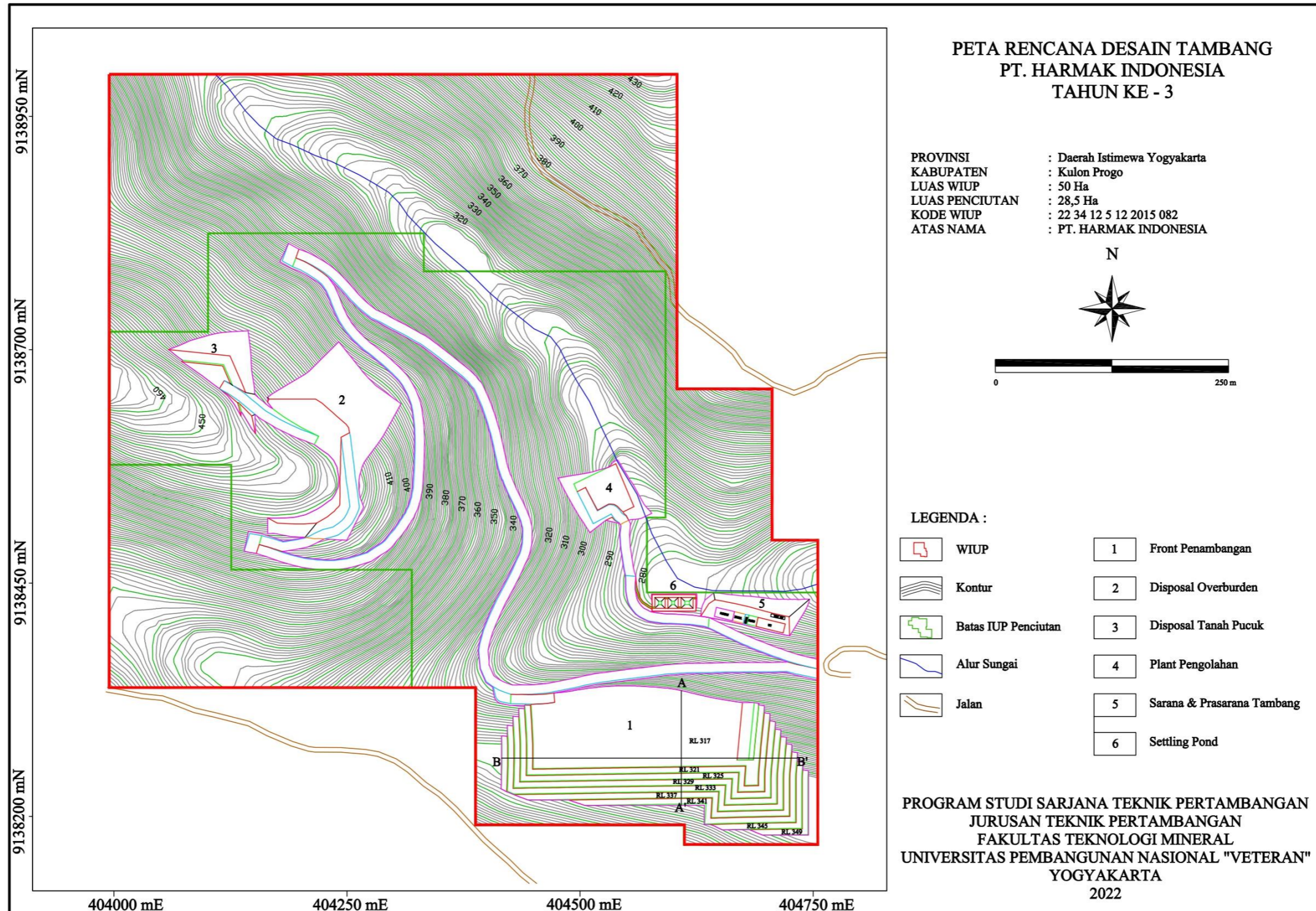


SAYATAN B - B'



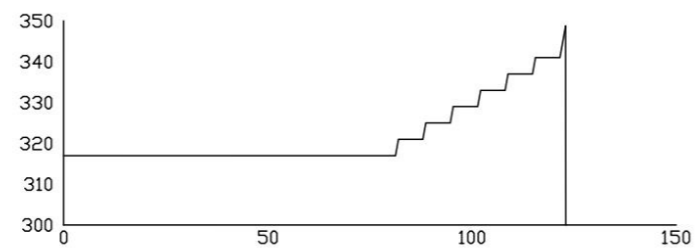
**PROGRAM STUDI SARJANA TEKNIK PERTAMBANGAN
JURUSAN TEKNIK PERTAMBANGAN
FAKULTAS TEKNOLOGI MINERAL
UNIVERSITAS PEMBANGUNAN NASIONAL "VETERAN"
YOGYAKARTA
2022**

5. Peta Rancangan Tahun ke-3

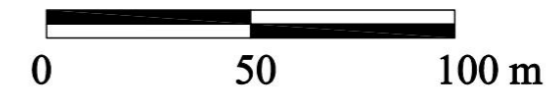
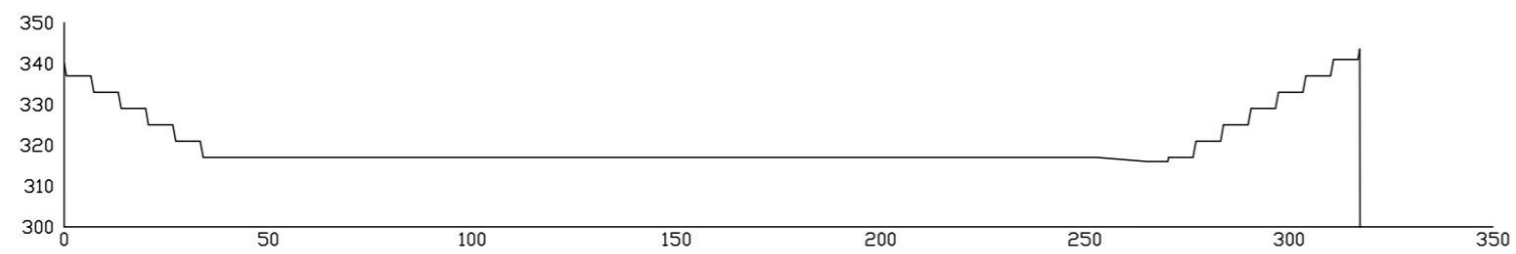


**SAYATAN TAMPAK SAMPING
PUSHBACK TAHUN KE-3
PT HARMAK INDONESIA**

SAYATAN A - A'

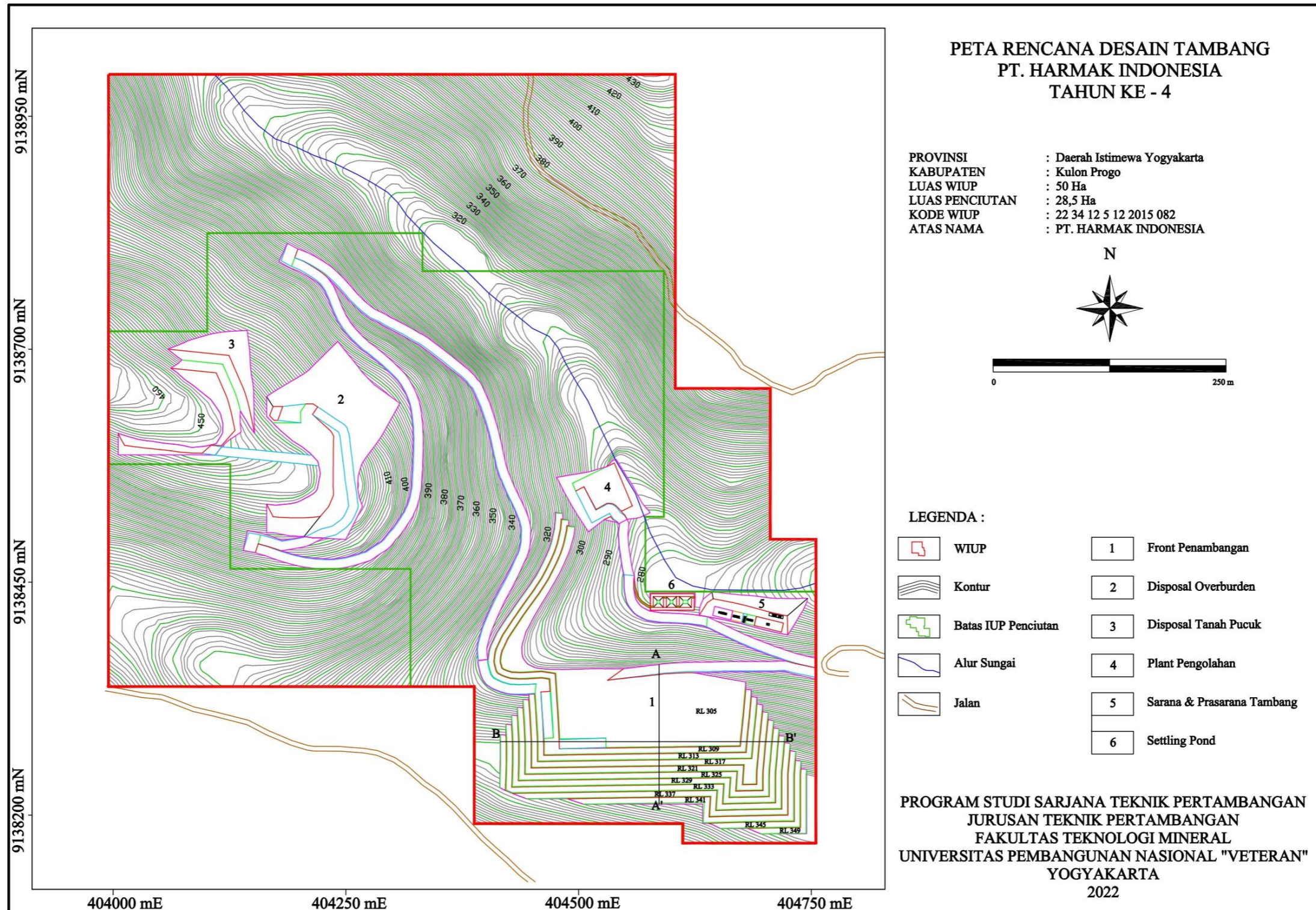


SAYATAN B - B'



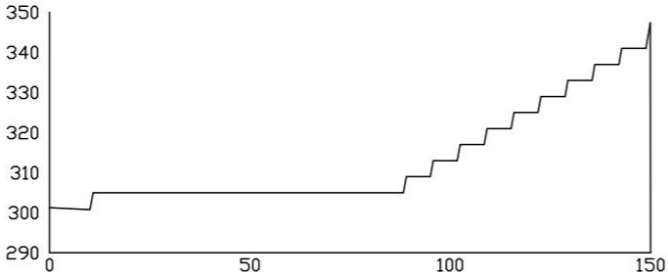
**PROGRAM STUDI SARJANA TEKNIK PERTAMBANGAN
JURUSAN TEKNIK PERTAMBANGAN
FAKULTAS TEKNOLOGI MINERAL
UNIVERSITAS PEMBANGUNAN NASIONAL "VETERAN"
YOGYAKARTA
2022**

6. Peta Rancangan Tahun ke-4

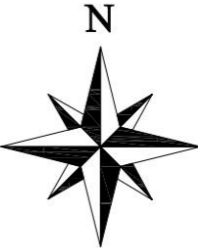
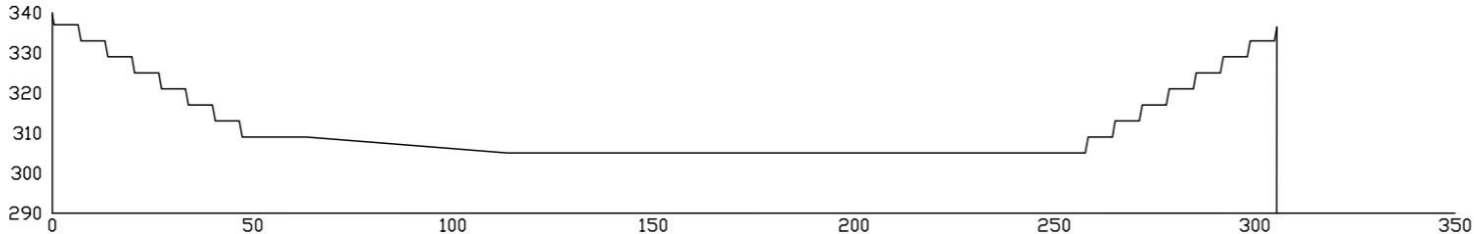


**SAYATAN TAMPAK SAMPING
PUSHBACK TAHUN KE-4
PT HARMAK INDONESIA**

SAYATAN A - A'

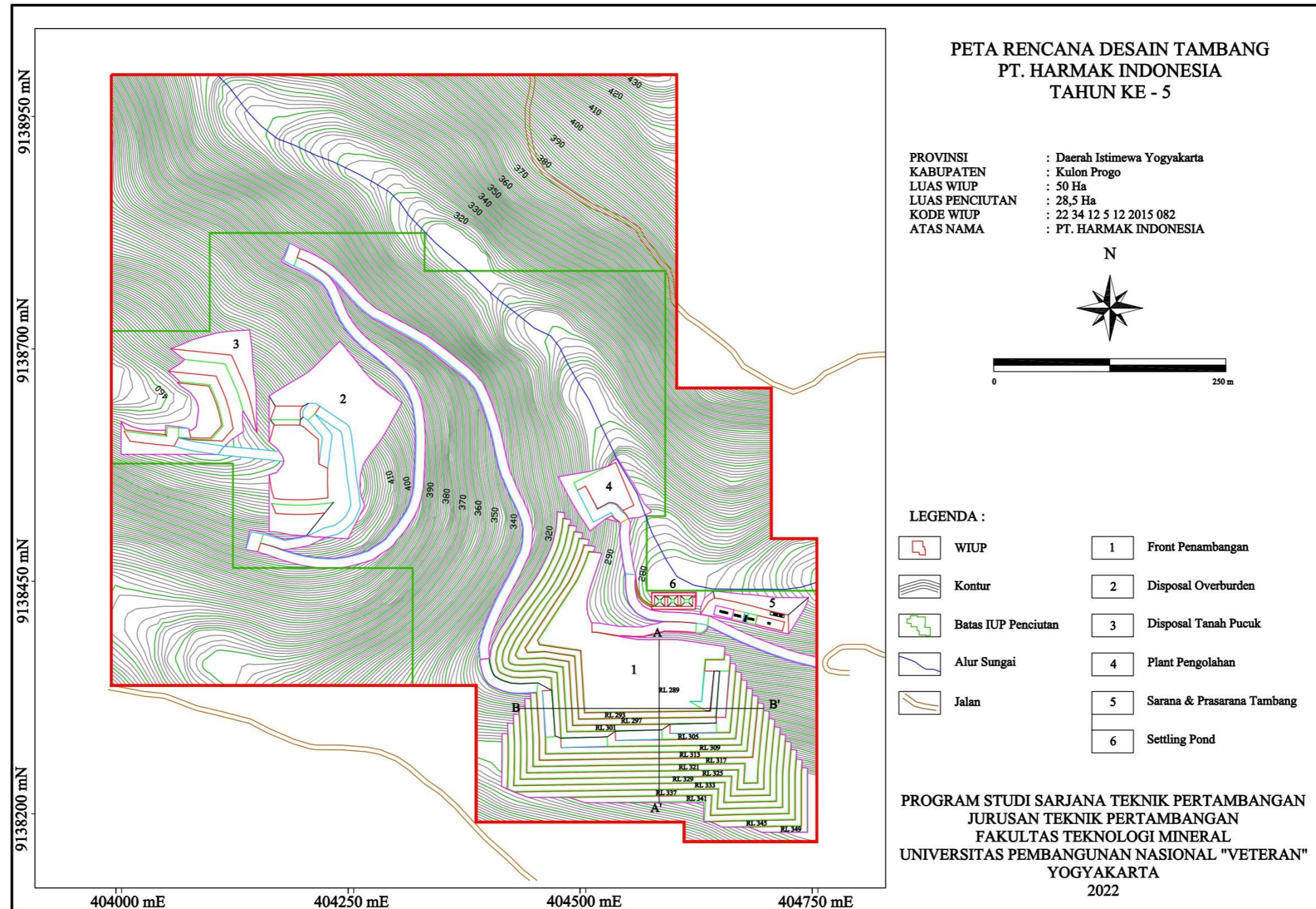


SAYATAN B - B'



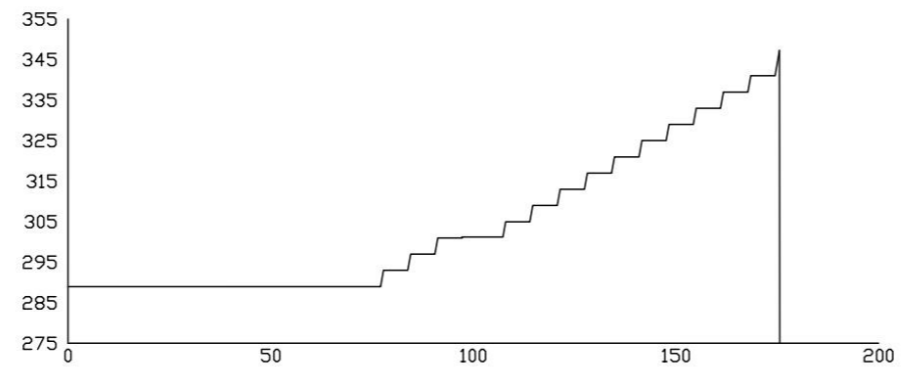
**PROGRAM STUDI SARJANA TEKNIK PERTAMBANGAN
JURUSAN TEKNIK PERTAMBANGAN
FAKULTAS TEKNOLOGI MINERAL
UNIVERSITAS PEMBANGUNAN NASIONAL "VETERAN"
YOGYAKARTA
2022**

7. Peta Rancangan Tahun ke-5

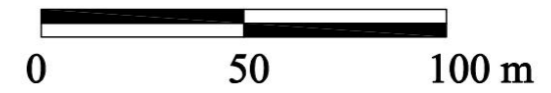
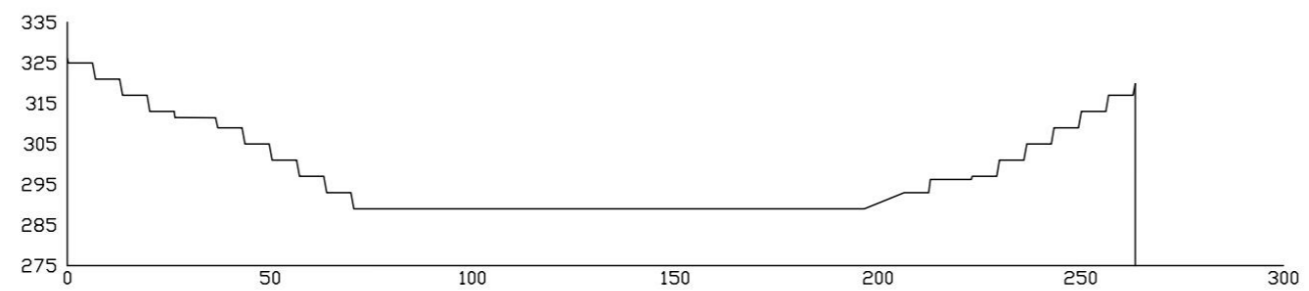


**SAYATAN TAMPAK SAMPING
PUSHBACK TAHUN KE-5
PT HARMAK INDONESIA**

SAYATAN A - A'

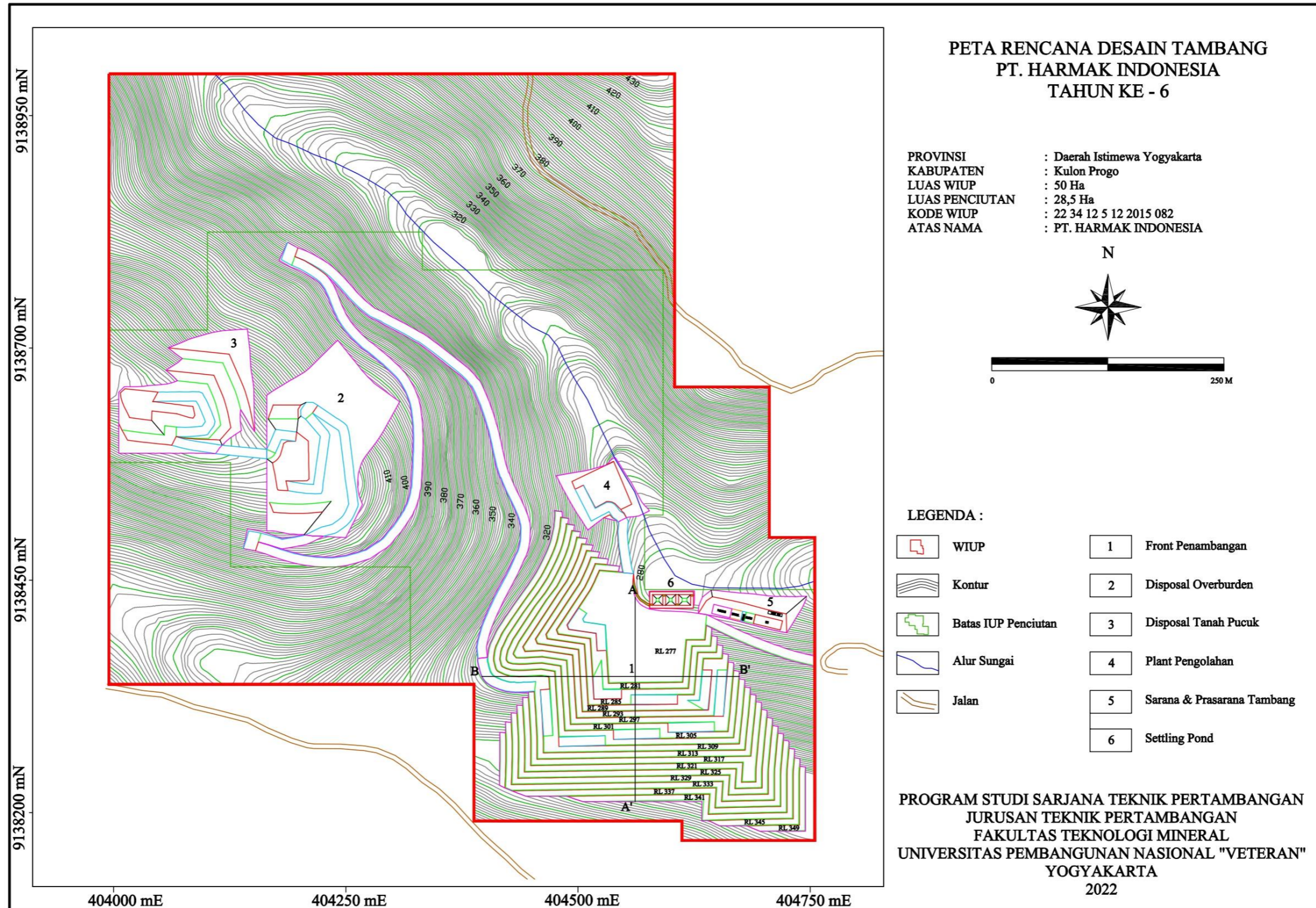


SAYATAN B - B'



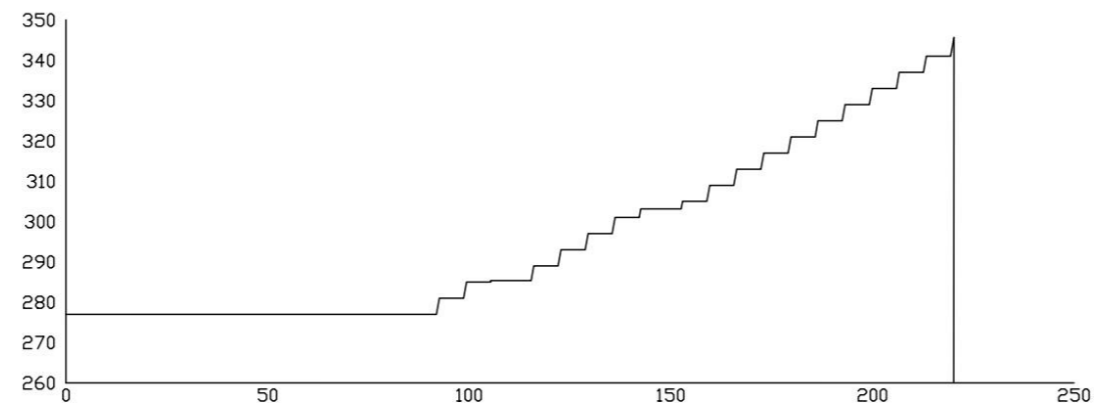
**PROGRAM STUDI SARJANA TEKNIK PERTAMBANGAN
JURUSAN TEKNIK PERTAMBANGAN
FAKULTAS TEKNOLOGI MINERAL
UNIVERSITAS PEMBANGUNAN NASIONAL "VETERAN"
YOGYAKARTA
2022**

8. Peta Rancangan Tahun ke-6

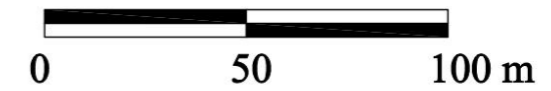
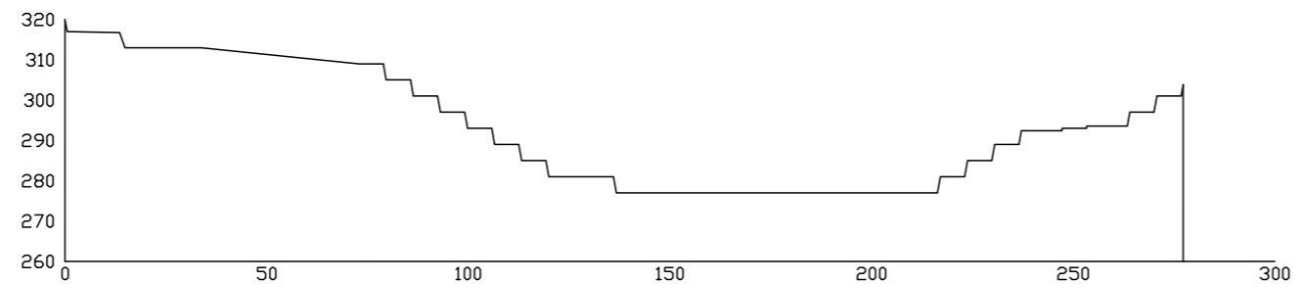


**SAYATAN TAMPAK SAMPING
PUSHBACK TAHUN KE-6
PT HARMAK INDONESIA**

SAYATAN A - A'



SAYATAN B - B'



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