

**PRODUKTIVITAS PENGGUNAAN ALAT BERAT PADA  
PROYEK PEMBANGUNAN JALAN TOL TEBING TINGGI –  
INDERAPURA**

**SKRIPSI**

Diajukan Untuk Memenuhi Syarat Dalam  
Ujian Sidang Sarjana Teknik Sipil Strata Satu  
Universitas Medan Area

**OLEH**

**JEFRINDOLIN HUTASOIT  
168110077**



**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS MEDAN AREA  
2021**

**UNIVERSITAS MEDAN AREA**

© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang

1. Dilarang Mengutip sebagian atau seluruh dokumen ini tanpa mencantumkan sumber
2. Pengutipan hanya untuk keperluan pendidikan, penelitian dan penulisan karya ilmiah
3. Dilarang memperbanyak sebagian atau seluruh karya ini dalam bentuk apapun tanpa izin Universitas Medan Area

Document Accepted 15/12/21

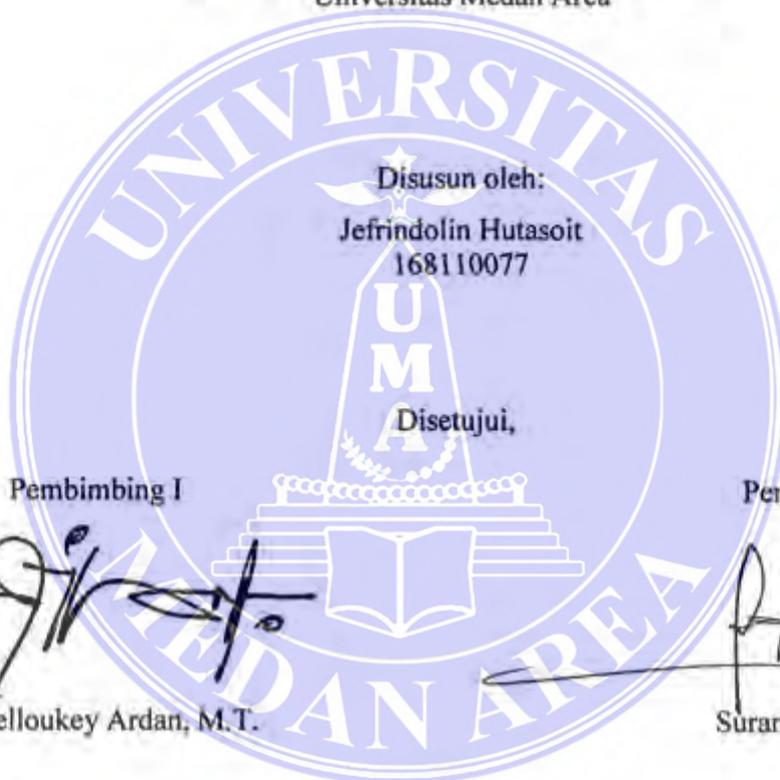
Access From (repository.uma.ac.id)15/12/21

## LEMBAR PENGESAHAN

### PRODUKTIVITAS PENGGUNAAN ALAT BERAT PADA PROYEK PEMBANGUNAN JALAN TOL TEBING TINGGI – INDERAPURA

#### SKRIPSI

Diajukan Untuk Memenuhi Syarat Dalam  
Ujian Sidang Sarjana Teknik Sipil Strata Satu  
Universitas Medan Area



Disusun oleh:  
Jefrindolin Hutasoit  
168110077

Disetujui,

Pembimbing I

Ir. Melloukey Ardan, M.T.

Pembimbing II

Suranto, S.T., M.T.

Mengetahui,

Dekan

Dr. Ir. Dina Maizana, M.T.

Plt. Program Studi

Susilawati, S.Kom., M.Kom.

## HALAMAN PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Jefrindolin Hutasoit

Npm : 168110077

Judul : Produktivitas Penggunaan Alat Berat Pada Proyek  
Pembangunan Jalan Tol Tebing Tinggi - Inderapura

Menyatakan dengan sebenarnya bahwa skripsi ini merupakan karya saya sendiri. Apabila terdapat karya orang lain yang saya kutip, maka saya akan mencantumkan sumber dengan jelas. Jika dikemudian hari ditemukan ketidakbenaran dalam pernyataan ini, maka saya bersedia menerima sanksi dengan aturan yang berlaku. Demikian pernyataan ini saya buat tanpa paksaan dari pihak mana pun.



Medan, 29 September 2021

  
METERAN TEMPEL  
ME92A IX481053883

Jefrindolin Hutasoit  
NPM. 168110077

**HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI TUGAS  
AKHIR/ SKRIPSI / TESIS UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS**

---

Sebagai civitas akademik Universitas Medan Area , saya yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : Jefrindolin Hutasoit

NPM : 168110077

Program studi : Teknik Sipil

Fakultas : Teknik

Jenis Karya : Skripsi

Demi pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Medan Area, Hak bebas Royalti Noneksklusif ( Non-exclusive Royalty-Free Right) atas karya ilmiah saya yang berjudul :

**PRODUKTIVITAS PENGGUNAAN ALAT BERAT PADA PROYEK  
PEMBANGUNAN JALAN TOL TEBING TINGGI-INDERAPURA**

Beserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Dengan hak bebas royalti Noneksklusif ini Universitas Medan Area berhak menyimpan, merawat dan mempublikasikan tugas akhir skripsi saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan sebagai pemilik hak cipta .

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Dibuat di Medan  
Pada tanggal, 29 September 2021  
Yang menyatakan



Jefrindolin Hutasoit  
NPM. 168110077

## KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis ucapkan kepada Tuhan Yang Maha Esa, yang telah melimpahkan rahmat dan kasih karunianya sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini dengan judul “PRODUKTIVITAS PENGGUNAAN ALAT BERAT PADA PROYEK PEMBANGUNAN JALAN TOL TEBING TINGGI – INDERAPURA”.

Penulis menyadari sepenuhnya bahwa Tugas Akhir ini dapat terselesaikan karena bantuan, bimbingan dan dorongan dari berbagai pihak, oleh karena itu penulis menyampaikan rasa terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Bapak Prof. Dr. Dadan Ramdan, M.Eng., M.Sc. Selaku Rektor Universitas Medan Area.
2. Ibu Dr. Ir. Dina Maizana, M.T. Selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Medan Area.
3. Ibu Susilawati, S.Kom., M.Kom. Selaku Plt Kaprodi Teknik Sipil Universitas Medan Area.
4. Bapak Ir. Melloukey Ardan, M.T. Selaku Dosen Pembimbing I yang telah meluangkan waktu, tenaga, dan pikiran dalam membantu pelaksanaan skripsi ini.
5. Bapak Suranto, S.T., M.T. Selaku Dosen Pembimbing II yang telah meluangkan waktu, tenaga, dan pikiran dalam membantu pelaksanaan skripsi ini.
6. Seluruh Dosen dan Pegawai di Fakultas Teknik Sipil Universitas Medan Area.

7. Seluruh staff dan pekerja Proyek Jalan Tol Tebing Tinggi – Inderapura PT.Hutama Karya.
8. Terima kasih yang sebesar-besarnya kepada keluarga terutama kedua orang tua saya, ayah dan ibu saya yang telah banyak memberi kasih sayang dan dukungan moril maupun materi serta doa yang tiada henti untuk penulis.
9. Terima kasih kepada diri saya sendiri yang sudah kuat menghadapi banyak rintangan dalam penyusunan tugas akhir ini.
10. Terima kasih kepada teman-teman mahasiswa/i Teknik Sipil angkatan 2016 Universitas Medan Area.

Laporan Tugas Akhir ini tentunya masih jauh dari kesempurnaan, untuk itu penyusun berharap kritik dan masukan yang dapat menjadi bahan pembelajaran berkesinambungan penulis di masa yang mendatang. Akhir kata, semoga tugas akhir ini diharapkan bermanfaat dalam memberikan informasi keilmuan maupun pengetahuan kepada penyusun dan kepada semua pihak.

Medan, 29 September 2021



Jefrindolin Hutasoit  
NPM. 168110077

## DAFTAR ISI

<b>LEMBAR PENGESAHAN</b>	
<b>HALAMAN PERNYATAAN</b> .....	ii
<b>KATA PENGANTAR</b> .....	iv
<b>DAFTAR ISI</b> .....	vi
<b>DAFTAR TABEL</b> .....	ix
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	x
<b>DAFTAR LAMPIRAN</b> .....	xi
<b>DAFTAR SIMBOL DAN LAMBANG</b> .....	xii
<b>ABSTRAK</b> .....	xiv
<b>ABSTRACT</b> .....	xv
<b>BAB I PENDAHULUAN</b> .....	1
1.1 Latar belakang.....	1
1.2 Perumusan Masalah .....	2
1.3 Batasan Masalah .....	2
1.4 Maksud dan Tujuan Penelitian.....	3
1.5 Manfaat Penelitian .....	3
<b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA</b> .....	4
2.1 Review Penelitian Terdahulu.....	4
2.2 Tinjauan Umum .....	5
2.2.1. Klasifikasi Fungsional Alat Berat.....	6
2.2.2. Klasifikasi Operasional Alat Berat.....	8
2.3 Managemen Alat Berat dan Penggunaannya .....	9
2.4 Sifat Fisik Material Tanah.....	11
2.5 Perubahan Kondisi Material.....	11
2.6 Fungsi dan Cara Kerja Alat Berat .....	15
2.6.1. Alat Penggali ( <i>Excavator/Backhoe</i> ).....	15
2.6.2. Alat Pengangkut ( <i>Dump Truck</i> ).....	16
2.6.3. Alat Perata ( <i>Motor Grader</i> ) .....	17
2.6.4. Alat Pematat ( <i>Compactor</i> ).....	19
2.7 Faktor Koreksi .....	20
2.8 Produksi Alat Berat.....	23
2.8.1. Alat Galian dan Timbunan ( <i>excavator</i> ).....	23

2.8.2. Alat Pengangkut Tanah ( <i>Dumptruck</i> ) .....	25
2.8.3. Alat Perata ( <i>Motor Grader</i> ) .....	27
2.8.4. Alat Pematat ( <i>Compactor</i> ) .....	28
2.9 Biaya Pengoperasian Alat Berat .....	30
2.9.1. Volume pekerjaan .....	30
2.9.2. Biaya penyewaan alat .....	30
2.9.3. Biaya Mobilisasi dan Demobilisasi.....	31
2.9.4. Biaya Operator alat berat dan Bahan bakar .....	31
2.9.5. Biaya Operasional Total .....	32
2.10 Estimilasi jumlah alat-alat berat yang diperlukan .....	32
<b>BAB III METODOLOGI PENELITIAN</b> .....	<b>34</b>
3.1. Persiapan .....	34
3.2. Sumber Data.....	34
3.3. Pengumpulan Data .....	35
3.3.1. Tinjauan Kepustakaan.....	35
3.3.2. Tinjauan Lapangan.....	35
3.4. Prosedur Penelitian .....	36
3.5. Diagram Alir Penelitian .....	37
<b>BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN</b> .....	<b>39</b>
4.1 Hasil Penelitian .....	39
4.2 Informasi Proyek.....	39
4.3 Data Teknis .....	40
4.2.1. Peralatan.....	40
4.2.2. Data Kebutuhan Tanah .....	42
4.4 Perhitungan Produktivitas Alat Berat .....	48
4.3.1. Analisa <i>Excavator</i> .....	48
4.3.2. Analisa <i>dumptruck</i> .....	49
4.3.3. Analisa <i>Motor Grader</i> .....	50
4.3.4. Analisa <i>Vibration Roller</i> .....	51
4.5 Estimasi Jumlah Alat Berat yang Digunakan.....	51
4.4.1. <i>Excavator</i> .....	51
4.4.2. <i>Dump truck</i> .....	52
4.4.3. <i>Motor grader</i> .....	52
4.4.4. <i>Vibration roller</i> .....	53
4.6 Perhitungan Biaya Sewa Alat .....	54

4.5.1. <i>Excavator</i> .....	54
4.5.2. <i>Dumptruck</i> .....	54
4.5.3. <i>Motor Grader</i> .....	55
4.5.4. <i>Vibration Roller</i> .....	56
4.7 Pembahasan dengan asumsi jenis dan jumlah alat berat .....	57
4.8 Pembahasan Alternatif Alat Berat dan Biaya.....	57
4.7.1. Alternatif pertama (menambah 3 unit menjadi 4 unit <i>excavator</i> ) .....	57
4.7.2. Alternatif kedua (menambah waktu kerja 2 jam menjadi 10 jam/hari)...	62
<b>BAB V KESIMPULAN DAN SARAN</b> .....	67
5.1. Kesimpulan .....	67
5.2. Saran .....	68
<b>DAFTAR PUSTAKA</b> .....	69
<b>LAMPIRAN</b>	



## DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 <i>Swelling Factor</i> .....	13
Tabel 2.2 Faktor Konversi Volume Tanah.....	14
Tabel 2.3 Efisiensi Kerja.....	21
Tabel 2.4 Efisiensi Operator .....	21
Tabel 2.5 Faktor Kondisi Pekerjaan.....	22
Tabel 2.6 Efisiensi waktu .....	22
Tabel 2.7 Faktor kedalaman galian .....	24
Tabel 2.8 Waktu gali (detik) .....	24
Tabel 2.9 Waktu untuk <i>swing</i> .....	24
Tabel 2.10 Faktor pengisian bucket .....	25
Tabel 2.11 Lembar kerja pemadatan.....	29
Tabel 2.12 Kecepatan kerja.....	29
Tabel 4.1 Volume timbunan.....	43
Tabel 4.2 Jumlah Kebutuhan Alat Berat Hasil Perhitungan .....	53
Tabel 4.3 Perbandingan Kebutuhan Alat Berat .....	53
Tabel 4.4 Total Biaya Sewa Alat Berat .....	57
Tabel 4.5 Perbandingan Biaya Sewa Alat Berat Alternatif I .....	61
Tabel 4.6 Perbandingan Biaya Sewa Alat Berat Alternatif II.....	66

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 <i>Exacavator</i> .....	16
Gambar 2.2 <i>Dump Truck</i> .....	17
Gambar 2.3 <i>Motor Grader</i> .....	19
Gambar 2.4 <i>Vibration roller</i> .....	20
Gambar 3.1 Bagan alir penelitian.....	38
Gambar 4.1 Lokasi Proyek.....	40



## DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran	I	Struktur Organisasi Proyek
Lampiran	II	Uraian analisa alat berat
Lampiran	III	Photo Dokumentasi
Lampiran	IV	<i>Plan Master &amp; Cross Section</i>



## DAFTAR SIMBOL DAN LAMBANG

### 1. Produktivitas Alat Berat



Q	= Produktivitas ( $m^3 / \text{jam}$ )
q	= Produksi per siklus ( $m^3$ )
E	= Efisiensi kerja
Cms	= Waktu siklus (detik)
ql	= Kapasitas <i>bucket</i> ( $m^3$ )
K	= Faktor <i>bucket</i>
V	= Kapasitas Bak ( $m^3$ )
E	= Faktor Efisiensi Alat
D	= Jarak Muat (m)
Fh	= Faktor pengembangan bahan
V1	= Kecepatan Rata – Rata Bermuatan (15 -30 Km/jam)
V2	= Kecepatan Rata – Rata Kosong (25 -40 Km/jam)
CT	= <i>Cycle Time</i> (menit)
Qexc	= Produksi <i>Excavator</i> ( $m^3 / \text{jam}$ )
C	= Kapasitas <i>vessel</i> ( $m^3$ )
n	= jumlah rit pengisian
Fb	= <i>Bucket</i> faktor
h	= waktu menumpah (menit)
j	= waktu menunggu (menit)
Wp	= waktu pengangkutan (menit)
Wk	= Waktu kembali (menit)

$W_m$  = waktu muat material (menit)

$L$  = Panjang hampan

$b$  = Lebar efektif kerja blade

$t$  = Tebal hampan padat

$F_a$  = Faktor Efisiensi alat

$n$  = Jumlah lintasan

$W_s$  = Waktu siklus

$V$  = Kecepatan rata-rata alat

$KP$  alat terbesar = jumlah tanah yang dihanmparkan ( $m^3/hari$ )

## 2. Biaya Operasional Alat Berat

$P_w$  = Tenaga alat (HP)

$W_s$  = Bahan bakar solar (liter)

$N$  = jumlah *dump truck* yang dibutuhkan

$C_t$  = waktu siklus *dump truck*

$LT$  = waktu antri *dump truck* (waktu muat + waktu tunggu)

## ABSTRAK

Pembangunan jalan tol Tebing Tinggi – Inderapura merupakan seksi 1 pembangunan jalan tol Kuala Tanjung – Tebing Tinggi – Parapat dengan panjang (20,40 km) nantinya pekerjaan jalan tol akan mendorong kapasitas angkutan barang laut di pelabuhan kuala tanjung dan kawasan Ekonomi Khusus (KEK) Sei Mangkei serta mendukung transportasi bebas hambatan ke objek wisata Danau Toba yang merupakan Kawasan Strategis Pariwisata Nasional (KSPN). Pelaksanaan suatu proyek, alat berat memegang peranan penting karena dapat mempermudah dan membantu pekerja dalam menyelesaikan proyek terutama untuk proyek skala besar. Alat berat yang akan digunakan pada suatu proyek harus dianalisa untuk optimalisasi waktu dan biaya pelaksanaan proyek agar peralatan dapat beroperasi secara efektif dan efisien, sehingga studi ini dimaksudkan untuk menganalisa produktivitas alat berat dengan menggunakan teori produktivitas alat berat, menghitung kapasitas produktivitas setiap alat berat agar diperoleh nilai produktivitasnya dan alokasi kebutuhan alat berat yang diperlukan pada proyek yang di tinjau. Hasil perhitungan, diperoleh produktivitas masing-masing alat berat *excavator* 74 m<sup>3</sup>/jam, *dump truck* 12 m<sup>3</sup>/jam, *motor grader* 111 m<sup>3</sup>/jam, *vibration roller* 137,4 m<sup>3</sup>/jam. Maka didapat kebutuhan masing-masing, *excavator* 3 unit, *dump truck* sebanyak 19 unit, *motor grader* 2 unit, *vibration roller* 2 unit sedangkan pada pihak kontraktor *excavator* 4 unit, *dump truck* sebanyak 30 unit, *motor grader* 3 unit, *vibration roller* 3 unit. Perhitungan produksi alat berat dengan mengambil dua alternatif. Hasil perolehan biaya optimum yang di perlukan untuk menyelesaikan pekerjaan proyek jalan tol tebing tinggi – inderapura seksi 1 didapatkan pada alternatif kedua yaitu alternatif 2 lebih efisien, karena dapat menghemat biaya sewa alat sebesar 23% dengan selisih sebesar Rp. 3.856.060.000,00

Kata Kunci: Produktivitas, Biaya Peralatan, Alat Berat

## ABSTRACT

*The construction of the Tebing Tinggi – Inderapura toll road is section 1 of the construction of the Kuala Tanjung – Tebing Tinggi – Parapat toll road with a length of (20.40 km). Mangkei and supports barrier-free transportation to the Lake Toba tourist attraction which is a National Tourism Strategic Area (KSPN). In the implementation of a project, heavy equipment plays an important role because it can facilitate and assist workers in completing projects, especially for large-scale projects. Heavy equipment that will be used in a project must be analyzed to optimize the time and cost of project implementation so that the equipment can operate effectively and efficiently, so this study is intended to analyze the productivity of heavy equipment using heavy equipment productivity theory, calculate the productivity capacity of each heavy equipment in order to obtain the value of productivity and the allocation of heavy equipment requirements needed on the project under review. The calculation results, obtained the productivity of each heavy equipment excavator 74 m<sup>3</sup>/hour, dump truck 12 m<sup>3</sup>/hour, motor grader 111 m<sup>3</sup>/hour, vibration roller 137.4 m<sup>3</sup>/hour. Then the needs of each are obtained, 3 units of excavator, 19 units of dump truck, 2 units of motor grader, 2 units of vibration roller, while on the contractor side there are 4 excavators, 30 units of dump truck, 3 units of motor grader, and 3 units of vibration roller. Calculation of production of heavy equipment by taking two alternatives. The results of obtaining the optimum cost needed to complete the work of the Cliff High - Indrapura section 1 toll road project were obtained in the second alternative, namely alternative 2 which is more efficient, because it can save equipment rental costs by 23% with a difference of Rp. 3.856.060.000,00*

*Keywords: Productivity, Equipment Cost, Heavy Equipment*

## BAB I

### PENDAHULUAN

#### 1.1 Latar belakang

Pembangunan di Indonesia belakangan ini berkembang sangat pesat, terutama pada bidang konstruksi. Mulai dari pembangunan gedung, jembatan, jalan toll sampai pembangunan bendungan. Sebagian besar pembagunan tersebut menggunakan alat berat, Alat berat adalah faktor penting di dalam proyek-proyek konstruksi. Tujuan dari penggunaan alat berat adalah memudahkan dalam mengerjakan pekerjaan sehingga hasil yang diharapkan dapat tercapai dengan lebih mudah pada waktu yang relatif lebih singkat (Kholil Ahmad, 2012).

Proyek pembangunan Jalan Tol Tebing Tinggi – Inderapura zona 3 terdapat beberapa item pekerjaan yang membutuhkan bantuan alat berat dalam proses pelaksanaannya. Misalnya pada pekerjaan tanah. Proses pekerjaan tanah dengan volume dan kedalaman yang cukup besar, maka membutuhkan beberapa alat berat untuk menunjang efektivitas pekerjaan, masing-masing alat berat memiliki beberapa tipe dimana antara tipe satu dengan tipe yang lain memiliki kapasitas dan biaya sewa yang berbeda-beda. Penggunaan alat berat pada saat pelaksanaan harus diperhitungkan agar penggunaannya dapat optimal. Kondisi optimal yaitu kondisi ideal dimana suatu proyek dapat mencapai biaya minimum tanpa mengabaikan target waktu pelaksanaan pekerjaannya.

Dengan demikian, jalan tol Tebing Tinggi – Inderapura zona 3, Pada pembangunan infrastruktur jalan dibutuhkan waktu yang cepat dan tepat maka alat berat adalah alat yang tepat memegang peranan penting dalam keberhasilan suatu

proyek, alat berat yang dipakai haruslah sesuai pada fungsinya sehingga proyek dapat berjalan lancar.

## 1.2 Perumusan Masalah

Rumusan masalah dalam penelitian ini adalah:

- a) Berapakah besar produktivitas penggunaan alat berat pada pembangunan jalan tol Tebing Tinggi – Inderapura?
- b) Berapakah biaya yang dibutuhkan untuk penyewaan alat berat pada pembangunan jalan tol Tebing Tinggi – Inderapura ?
- c) Bagaimana menetapkan jumlah dan komposisi jenis alat berat yang digunakan agar produktivitas alat berat dapat optimal ?

## 1.3 Batasan Masalah

Batasan masalah penyusunan tugas akhir ini yaitu:

- a) Alat-alat berat yang di tinjau adalah *excavator, dump truck, motor grader, vibration roller*.
- b) Menghitung biaya dan produktivitas penggunaan alat berat serta kebutuhan alat berat pada pembangunan jalan tol Tebing Tinggi – Inderapura.
- c) Kombinasi waktu kerja alat-alat berat pada pekerjaan penimbunan
- d) Jam kerja alat berat yang di tinjau adalah jam kerja normal dengan waktu 8 jam/hari.

#### 1.4 Maksud dan Tujuan Penelitian

Maksud dari penelitian ini adalah menganalisis produktivitas dan biaya penggunaan alat berat pada proyek jalan tol Tebing Tinggi – Inderapura

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui seberapa besar biaya penggunaan alat berat, produktivitas alat berat serta kebutuhan alat berat dan alternatif yang paling optimal pada pembangunan jalan tol Tebing Tinggi – Inderapura oleh PT. Hutama Karya (PT. HK).

#### 1.5 Manfaat Penelitian

Manfaat yang didapat dalam penulisan penelitian ini adalah:

- a) Menambah wawasan dan pengetahuan mengenai pentingnya pemilihan alat berat dalam suatu proyek.
- b) Hasil penelitian dapat digunakan untuk menggambarkan bagaimana cara memperhitungkan produktivitas kebutuhan alat berat dan biaya alat berat.
- c) Menjadi referensi tambahan untuk mahasiswa dalam merakit tugas-tugas terakhir dan materi pembicaraan yang diidentifikasi dengan peralatan yang berat.

## BAB II

### TINJAUAN PUSTAKA

#### 2.1 Review Penelitian Terdahulu

Penelitian terdahulu adalah salah satu acuan penulis dalam melakukan penelitian sehingga penulis dapat memperkaya teori yang digunakan dalam mengkaji penelitian yang dilakukan. Dari penelitian terdahulu, penulis tidak menemukan penelitian dengan judul yang sama seperti judul penelitian penulis. Namun penulis mengangkat beberapa penelitian sebagai referensi dalam memperkaya bahan kajian pada penelitian penulis. Penulis akan melakukan penelitian yang berjudul “Produktivitas Penggunaan Alat Berat Pada Proyek Pembangunan Jalan Tol Tebing Tinggi-Inderapura”. pembahasan yang dilakukan pada penelitian ini merujuk pada penelitian – penelitian sebelumnya. Berikut ini akan diuraikan beberapa penelitian terdahulu yang mendukung penelitian ini:

Pertama, Gusnandar Surya Miharja, (2019) melakukan penelitian dengan judul “Optimalisasi Penggunaan Alat berat (Studi kasus: Pembangunan Jalan tol Medan – Kualanamu – Tebing Tinggi”. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mendapatkan hasil perhitungan produktivitas alat berat. serta biaya alat berat yang optimal. Hasil penelitian ini mendapatkan jumlah biaya alat yang dibutuhkan meliputi excavator, dump truck, Bulldozer, dan motor grader dalam pekerjaan Tol Medan – Kualanamu – Tebing Tinggi adalah sebesar Rp 54.857.974.000

Kedua, Afifah Ramadhani, (2017) dengan judul penelitian “Optimalisasi Penggunaan Alat Berat Pada Pekerjaan Galian Tanah Di Proyek Tol Nganjuk – Kertosono”. Adapun tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui produktivitas alat berat dan harga terendah dari kombinasi alat berat. Hasil

penelitian membuktikan Nilai produktivitas yang di dapatkan di lapangan yaitu sebesar 102,375 m<sup>3</sup>/jam, dengan indeks A3B2. Sedangkan nilai produktivitas pada hasil teoritis dengan nilai indeks A1 memiliki nilai 204,75 m<sup>3</sup>/jam, A2 198,545 m<sup>3</sup>/jam dan A3 220,283 m<sup>3</sup>/jam.

Ketiga, Triyas Afrilia, (2018) dalam penelitiannya yang berjudul “Analisa Produktivitas Alat Berat Pada Proyek Pembangunan Jalan Tol Balikpapan-Samarinda Km 28”. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui produktivitas dan jumlah alat berat yang akan digunakan pada pekerjaan galian dan timbunan proyek pembangunan jalan tol di area penelitian tersebut. Dari hasil pembahasan dalam penelitian ini diketahui total biaya yang di perlukan untuk menyelesaikan pekerjaan di proyek jalan tol Balikpapan-Samarinda Km.28 adalah sebesar Rp. 165.748.227,10

Persamaan penelitian ini dengan penelitian sebelumnya yaitu melakukan pengamatan pada *cycle time* dan produktivitas alat berat, pelaksanaan pada timbunan jalan, menentukan alternatif yang paling optimal serta menganalisa optimalisasi alat berat, jenis dan tipe alat berat sesuai yg ada dilapangan. Sedangkan perbedaaan penelitian ini dengan penelitian sebelumnya terletak pada lokasi pekerjaan, pemilihan alat berat yang digunakan, serta volume pekerjaan timbunan.

## 2.2 Tinjauan Umum

Alat berat merupakan salah satu unsur penunjang pelaksanaan pekerjaan untuk mencapai target waktu dan volume yang telah ditentukan sebelumnya (Sulistiono, 2002). Pada saat suatu proyek akan dimulai, kontraktor akan memilih alat berat yang akan digunakan untuk pengerjaan proyek tersebut. Pemilihan alat

berat yang akan dipakai merupakan salah satu faktor penting dalam keberhasilan suatu proyek sehingga dapat berjalan dengan lancar. Salah satu akibat dari kesalahan dalam pemilihan alat berat yaitu mengakibatkan proyek menjadi tidak lancar hingga pembengkakan biaya proyek. Sehingga dalam pemilihan alat berat kita harus memperhatikan klasifikasi alat yang digunakan sesuai dengan metode pelaksanaan dan kebutuhan.

Setiap perusahaan atau organisasi dalam menjalankan aktivitas/usahanya, pasti dihadapkan pada teknologi yang akan mencerminkan kekuatan perusahaan dalam mencapai tujuan, maka dari itu setiap perusahaan berlomba-lomba dalam hal teknologi salah satunya penggunaan alat berat guna mencapai sasaran.

Menurut (Rohman, 2003) melaksanakan suatu proyek konstruksi berarti menggabungkan berbagai sumber daya untuk menghasilkan produk akhir yang diinginkan, pada proyek konstruksi kebutuhan untuk peralatan antara 7 – 15 % dari biaya proyek. Peralatan konstruksi yang dimaksud adalah alat/peralatan yang diperlukan untuk melakukan pekerjaan konstruksi secara mekanis. Artinya pemanfaatan alat berat pada suatu proyek konstruksi dapat memberikan insentif pada efisiensi dan efektifitas pada tahap pelaksanaan maupun hasil yang di capai. Optimalisasi alat berat adalah proses untuk mencapai hasil alat berat yang ideal sesuai dengan kemampuan kapasitas dan produksi alat berat dalam satu siklus.

### 2.2.1. Klasifikasi Fungsional Alat Berat

Yang dimaksud klasifikasi fungsional alat berat adalah pembagian alat berat tersebut berdasarkan fungsi-fungsi utama alat. Berdasarkan fungsinya alat berat dapat (Susy Fatena Rostiyanti, 2008) dibagi atas berikut:

- a. Alat Pengelolaan Lahan, Kondisi lahan proyek kadang – kadang masih merupakan lahan asli yang harus dipersiapkan sebelum lahan mulai diolah. Jadi pada lahan masih terdapat semak atau pepohonan maka pembukaan lahan dapat dilakukan dengan menggunakan *dozer*. Untuk pengangkatan lapisan tanah paling atas dapat digunakan *scraper*. Sedangkan untuk pembentukan permukaan supaya rata selain *dozer* dapat digunakan juga *motor grader*.
- b. Alat Penggali, Jenis alat ini dikenal juga dengan istilah *excavator*. Beberapa alat berat digunakan untuk menggali tanah dan batuan, yang termasuk di dalam kategori ini adalah *front shovel*, *backhoe*, *dragline*, dan *clamshell*.
- c. Alat Pengangkut Material, *Crane* termasuk di dalam kategori alat pengangkut material karena alat ini dapat mengangkat material secara vertikal dan kemudian memindahkannya secara horizontal pada jarak jangkauan yang relatif kecil. Untuk pengangkutan material lepas (*loose material*) dengan jarak tempuh yang relatif jauh, alat yang digunakan berupa *belt*, *truck*, dan *wagon*. Alat -alat yang memerlukan alat lain yang membantu memuat material ke dalamnya.
- d. Alat Pemindah Material, Yang termasuk kategori ini adalah alat yang biasanya tidak digunakan sebagai alat transportasi tetapi digunakan untuk memindahkan material dari satu tempat ke tempat yang lain. *Loader* dan *dozer* adalah alat pemindah material.
- e. Alat Pemas, Jika pada suatu lahan dilakukan penimbunan maka pada lahan tersebut perlu dilakukan pemadatan. Pemadatan juga dilakukan untuk pembuatan jalan, baik itu jalan tanah dan jalan dengan perkerasan lentur

maupun perkerasan kaku. Yang termasuk sebagai alat pemadat adalah *tamping roller*, *pneumatic-tired*, *compactor*, dan lain-lain.

f. Alat Pemroses Material, Alat ini dipakai untuk mengubah batuan dan mineral alam menjadi suatu bentuk dan ukuran yang diinginkan. Hasil dari alat ini misalnya adalah batuan bergradasi, semen, beton, dan aspal. Yang termasuk di dalam alat ini adalah *crusher*. Alat yang dapat mencampur material – material seperti *concrete batch* dan *asphalt mixing plant*.

g. Alat Penempatan Akhir, Material Alat digolongkan pada kategori ini karena fungsinya yaitu untuk menempatkan material pada tempat yang telah ditentukan. Di tempat atau lokasi ini material disebarakan secara merata dan dipadatkan sesuai dengan spesifikasi yang telah ditentukan. Yang termasuk di dalam kategori ini adalah *concrete spreader*, *asphalt paver*, *motor grader*, dan alat pemadat.

#### 2.2.2. Klasifikasi Operasional Alat Berat

Alat – alat berat dalam pengoperasiannya dapat dipindahkan dari satu tempat ke tempat yang lain atau tidak dapat digerakan atau statis. Jadi klasifikasi alat berdasarkan pergerakannya dapat dibagi atas berikut.

##### a. Alat dengan Penggerak

Alat penggerak merupakan bagian dari alat berat yang menerjemahkan hasil dari mesin menjadi kerja. Bentuk dari alat penggerak adalah *crawler* atau roda kelabang dan ban karet. Sedangkan *belt* merupakan alat penggerak pada *conveyor belt*

## b. Alat Statis

Yang termasuk dalam kategori ini adalah *tower crane*, *batching plant*, baik untuk beton maupun untuk aspal serta *crusher plant*.

### 2.3 Manajemen Alat Berat dan Penggunaannya

Manajemen pemilihan dan pengendalian alat berat adalah proses merencanakan, mengorganisir, memimpin dan mengendalikan alat berat untuk mencapai tujuan pekerjaan yang ditentukan. Penggunaan alat-alat berat untuk pekerjaan konstruksi sipil pada masa sekarang terus mengalami peningkatan sesuai dengan perkembangan teknologi yang semakin canggih. Penggunaan alat berat yang kurang tepat dengan situasi dan kondisi lapangan pekerjaan akan berpengaruh berupa kerugian, antara lain rendahnya produksi, tidak tercapainya target/jadwal yang telah ditentukan, atau kerugian repair yang tidak semestinya.

Beberapa faktor yang harus diperhatikan dalam pemilihan alat berat, sehingga kesalahan dalam pemilihan alat dapat di hindari, antara lain adalah:

- a. Fungsi yang harus dilaksanakan. Alat berat dikelompokkan berdasarkan fungsinya, seperti untuk menggali, mengangkat, meratakan permukaan
- b. Kapasitas peralatan. Pemilihan alat berat didasarkan pada volume total atau berat material yang harus di angkut atau dikerjakan. Kapasitas alat yang di pilih harus sesuai sehingga pekerjaan dapat diselesaikan pada waktu yang telah ditentukan
- c. Cara operasi. Alat berat di pilih berdasarkan arah (horizontal maupun vertikal) dan jarak gerakan, kecepatan, frekuensi gerakan
- d. Pembatasan dari metode yang di pakai. Pembatasan yang mempengaruhi pemilihan alat berat antara lain peraturan lalu lintas, biaya, dan

pembongkaran. Selain itu metode konstruksi yang di pakai dapat membuat pemilihan alat dapat berubah

- e. Ekonomi. Selain biaya investasi atau biaya sewa peralatan, biaya operasi dan pemeliharaan merupakan faktor penting di dalam pemilihan alat berat
- f. Jenis proyek. Ada beberapa jenis proyek yang umumnya menggunakan alat berat. Proyek-proyek tersebut antar lain proyek gedung, pelabuhan, jalan, jembatan, irigasi, pembukaan hutan, dam.
- g. Lokasi proyek. Lokasi proyek juga merupakan hal lain yang perlu diperhatikan dalam pemilihan alat berat. Sebagai contoh lokasi proyek di dataran tinggi memerlukan alat berat yang berbeda dengan lokasi proyek di dataran rendah
- h. Jenis dan daya dukung tanah. Jenis tanah di lokasi proyek dan jenis material yang akan dikerjakan dapat mempengaruhi alat berat yang akan di pakai. Tanah dapat dalam kondisi padat, lepas, keras, atau lembek.
- i. Kondisi lapangan. Kondisi dengan medan yang sulit dan medan yang baik merupakan faktor lain yang mempengaruhi pemilihan alat berat. Selain itu hal-hal yang perlu diperhatikan dalam menyusun rencana kerja alat berat antara lain:
  - a. Volume pekerjaan yang harus diselesaikan dalam batas waktu tertentu
  - b. Dengan volume pekerjaan yang ada tersebut dan waktu yang telah ditentukan harus ditetapkan jenis dan jumlah alat berat yang diperlukan untuk menyelesaikan pekerjaan tersebut.

Dengan jenis dan jumlah alat berat yang tersedia, dapat ditentukan berapa volume yang dapat diselesaikan, serta waktu yang diperlukan.

## 2.4 Sifat Fisik Material Tanah

Material yang ada saat ini sangat beraneka ragam, baik jenis, bentuk, dan sebagainya. Oleh karena itu alat yang dapat dipergunakan untuk memindahkan material juga beraneka ragam. Yang dimaksud dengan material dalam bidang pemindahan tanah (*earth moving*) meliputi tanah, batuan, vegetasi (pohon, semak belukar, dan alang-alang) dimana kesemuanya mempunyai karakteristik dan sifat fisik masing-masing yang berpengaruh besar terhadap alat berat terutama dalam hal:

- a. Menentukan jenis alat yang akan digunakan dan taksiran kapasitas produksinya.
- b. Perhitungan volume pekerjaan.
- c. Kemampuan kerja alat pada kondisi material yang ada.

Dengan demikian, harus diperlukan kesesuaian alat dengan kondisi material. Jika tidak, maka akan menimbulkan kesulitan berupa tidak efisiennya alat tersebut sehingga akan menimbulkan kerugian karena banyaknya "*loss time*".

## 2.5 Perubahan Kondisi Material

Perubahan kondisi material adalah perubahan berupa penambahan atau pengurangan volume material (tanah) yang diganggu dari bentuk aslinya. Dari faktor tersebut bentuk material dibagi dalam 3 keadaan seperti berikut ini:

### 2.5.1. Keadaan Asli (*Bank Condition*)

Keadaan material yang masih alami dan belum mengalami gangguan teknologi disebut keadaan asli (*bank*). Dalam keadaan seperti ini butiran-butiran yang dikandungnya masih terkonsolidasi dengan baik. Ukuran tanah demikian

biasanya dinyatakan dalam ukuran alam atau bank measure = *Bank Cubic Meter* (BCM) yang digunakan sebagai dasar perhitungan jumlah pemindahan tanah.

#### 2.5.2. Keadaan Lepas (*Loose Condition*)

Keadaan material (tanah) setelah dilakukan pengerjaan (*disturb*), tanah demikian misalnya terdapat di depan *dozer blade*, di atas *truck*, di dalam *bucket* dan sebagian material yang tergalai dari tempat asalnya, akan mengalami perubahan volume (mengembang). Hal ini disebabkan adanya penambahan rongga udara di antara butiran - butiran tanah. Ukuran volume tanah dalam keadaan lepas biasanya dinyatakan dalam *loose measure = Loose Cubic Meter* (LCM) yang besarnya sama dengan  $BCM + \% \text{ swell} \times BCM$  dimana faktor “*swell*” tergantung jenis tanah. Dengan demikian dapat dimengerti bahwa LCM mempunyai nilai yang lebih besar dari BCM.

#### 2.5.3. Keadaan Padat (*Compact Condition*)

Keadaan tanah setelah ditimbun kembali dengan disertai usaha pemadatan. Keadaan ini akan dialami oleh material yang mengalami proses pemadatan. Perubahan volume terjadi karena adanya penyusutan rongga udara di antara partikel – partikel tanah tersebut. Dengan demikian volumenya berkurang, sedangkan beratnya tetap. Volume tanah setelah dipadatkan pemadatan, mungkin lebih besar atau mungkin juga lebih kecil dari volume dalam keadaan bank, hal ini tergantung dari usaha pemadatan yang dilakukan. Ukuran volume tanah dalam keadaan padat biasanya dinyatakan dalam *compact measure = Compact Cubic Measure* (CCM). Sebagai gambaran berikut disajikan tabel mengenai faktor kembang tanah:

**Tabel 2.1 Swelling Factor**

Jenis Tanah	<i>Swell</i> (%BM)
Pasir	5 – 10
Tanah Permukaan	10 – 25
Tanah Biasa	20 – 45
Lempung	30 – 60
Batu	50 – 60

Sumber: Tenrisukki (2003)

Perlu diketahui bahwa angka – angka yang tertera pada Tabel 2.1. di atas tidak pasti tergantung dari berbagai faktor yang dijumpai secara nyata di lapangan. Selain itu perlu diketahui faktor tanah yang dapat berpengaruh terhadap produktivitas alat berat yaitu berat material, kekerasan, dan daya ikat (*cohesivity*).

Sebagai contoh untuk tabel di atas adalah sebagai berikut:

Tanah biasa pada keadaan asli (*Bank*) : 1 m<sup>3</sup>

*Swell* 20% - 45% (tanah biasa) : 0.2 – 0.45 m<sup>3</sup>

Volume dalam keadaan lepas (*Loose*) : 1.2 – 1.45 m<sup>3</sup>

Dalam perhitungan produksi, material yang didorong atau digusur dengan menggunakan *blade*, yang dimuat dengan *bucket* atau *vessel*, kemudian dihampar adalah dalam kondisi gembur. Untuk menghitung volume tanah yang telah diganggu dari bentuk aslinya, dengan melakukan penggalian material tersebut, atau melakukan pemadatan dari material yang sudah gembur ke padat, perlu dikalikan dengan suatu faktor yang disebut “faktor konversi” yang dapat dibaca dengan mudah pada Tabel 2.2.

**Tabel 2.2. Faktor Konversi Volume Tanah**

Jenis Material	Kondisi Awal	Perubahan Kondisi		
		Awal	Gembur	Padat
<i>Sand</i> /Tanah Berpasir	(A)	1,00	1,11	0,99
	(B)	0,9	1,00	0,8
	(C)	1,05	1,17	1,00
<i>Sand clay</i> /Tanah Biasa	(A)	1,00	1,25	0,9
	(B)	0,8	1,00	0,72
	(C)	1,11	1,39	1,00
<i>Clay</i> / Tanah liat	(A)	1,00	1,25	0,9
	(B)	0,7	1,00	0,72
	(C)	1,11	1,39	1,00
<i>Gravelly Soil</i> / Tanah Berkerikil	(A)	1,00	1,25	1,08
	(B)	0,85	1,00	0,91
	(C)	0,93	1,59	1,00
<i>Gravels</i> /Kerikil	(A)	1,00	1,18	1,29
	(B)	0,88	1,00	0,91
	(C)	0,97	1,1	1,00
Kerikil Besar dan Padat	(A)	1,00	1,42	1,03
	(B)	0,7	1,00	0,91
	(C)	0,77	1,1	1,00
Pecahan Batu Kapur, Batu Pasir, Cadas Lunak, Sirtu	(A)	1,00	1,65	1,22
	(B)	0,61	1,00	0,74
	(C)	0,82	1,35	1,00
Pecahan Granit, Basalt, Cadas Keras, Dan Lainnya	(A)	1,00	1,7	1,31
	(B)	0,59	1,00	0,77
	(C)	0,76	1,3	1,00
Pecahan Cadas <i>Broken Rock</i>	(A)	1,00	1,75	1,4
	(B)	0,57	1,00	0,8
	(C)	0,71	1,24	1,00
Ledakan Batu Cadas, Kapur Keras	(A)	1,00	1,8	1,3
	(B)	0,56	1,00	0,72
	(C)	0,77	1,38	1,00

Sumber: Tenrisukki (2003)

## 2.6 Fungsi dan Cara Kerja Alat Berat

Berikut adalah pembagian alat berdasarkan fungsi-fungsi utama alat:

### 2.6.1. Alat Penggali (*Excavator/Backhoe*)

*Excavator* adalah alat yang bekerjanya berputar bagian atasnya pada sumbu vertikal di antara system roda-rodanya, sehingga *excavator* yang beroda ban (*truck mounted*), pada kedudukan arah kerja *attachment* tidak searah dengan sumbu memanjang system roda-roda, sering terjadi proyeksi pusat berat alat yang dimuati berada di luar pusat berat dari system kendaraan, sehingga dapat menyebabkan alat berat terguling. Untuk mengurangi kemungkinan terguling ini diberikan alat yang disebut *Excavator/backhoe* dikhususkan untuk penggalian yang letaknya dibawah kedudukan *backhoe* itu sendiri.

Tipe *excavator* dibedakan dalam beberapa hal antara lain dari alat kendali dan *undercarriage* nya menurut alat kendali ,*excavator* dibedakan atas:

- Dengan kendali kabel (*cable controlled*)
- Dengan kendali hidrolis (*hidroulic controlled*)

Sedangkan menurut *undercarriage*-nya, *excavator* dibedakan atas:

- Roda rantai (*crawler mounted*)
- Roda karet (*whell mounted*)



Gambar 2.1 *Excavator*, 2021  
Sumber : Dokumentasi lapangan

### 2.6.2. Alat Pengangkut (*Dump Truck*)

*Dump truck* adalah alat angkut jarak jauh, sehingga jalan angkut yang dilalui dapat berupa jalan datar, tanjakan dan turunan. Untuk mengendarai *dump truck* pada medan yang berbukit diperlukan keterampilan operator atau sopir. Operator harus segera mengambil tindakan dengan memindah gigi ke gigi rendah bila mesin mulai tidak mampu bekerja pada gigi yang tinggi. Hal ini perlu dilakukan agar *dump truck* tidak berjalan mundur karena tidak mampu menanjak pada saat terlambat memindah pada gigi yang rendah. Untuk jalan yang menurun perlu juga dipertimbangkan menggunakan gigi rendah, karena kebiasaan berjalan pada gigi tinggi dengan hanya mengandalkan pada rem (*brakes*) sangat berbahaya dan dapat berakibat kurang baik.

Untuk pekerjaan konstruksi sipil umumnya digunakan *truck* yang dapat membuang muatan dari bak secara otomatis. *Truck* semacam ini disebut dengan *dump truck* atau *tripping truck*. Penumpahan muatan (*dumping*) dilakukan dengan cara hidrolis yang menyebabkan bak terangkat satu sisi, sedang sisi lain yang berhadapan berputar sebagai engsel. Dengan membedakan arah muatan ditumpahkan *dump truck* dibedakan dalam 3 macam yaitu:

1. *Rear dump truck* yang membuang muatan ke belakang
2. *Side dump truck* yang membuang muatan ke samping.
3. *Bottom dump truck* yang membuang muatan melalui bawah bak.

Waktu mengangkut ataupun kosong, perlu dihindari terjadinya selip. Selip adalah keadaan gerakan mendatar ke samping dari kendaraan yang tidak dapat dikuasai oleh operator. Selip ini biasanya terjadi jika roda berputar lebih cepat dari pada yang diperlukan untuk gerakan kendaraan, atau apabila putaran roda lebih lambat dari pada gerakan kendaraan, misalnya waktu di rem, atau dapat terjadi pada tikungan yang tajam dalam keadaan kecepatan tinggi. Membuang muatan (*dumping*) operator harus hati-hati dan cermat. Operator harus yakin bahwa roda-roda berada di atas permukaan tanah yang cukup kuat dan keras untuk menghindari supaya ban-ban tidak terperosok ke dalam tanah yang kurang baik, misalnya pada permukaan tanah hasil buangan sebelumnya.



Gambar 2.2 *Dump Truck*, 2021  
Sumber : Dokumentasi lapangan

### 2.6.3. Alat Perata (Motor Grader)

*Motor grader* merupakan alat perata yang mempunyai bermacam-macam kegunaan. *Motor grader* dapat digunakan untuk meratakan tanah dan membentuk permukaan tanah. *Grader* juga dapat dimanfaatkan untuk mencampurkan dan

menebarkan tanah dan campuran aspal. Pada umumnya *grader* digunakan dalam proyek dan perawatan jalan dan dengan kemampuannya dalam bergerak, motor *grader* sering digunakan dalam proyek lapangan terbang. Panjang *blade* biasanya berkisar antar 3-5 meter.

*Motor Grader* termasuk ke dalam alat berat yang bisa bergerak dengan fleksibel karena bisa dikendarai di darat dengan menggunakan ban dan transmisi. Seperti yang sudah dipaparkan di atas, *motor grader* berfungsi untuk meratakan tanah, namun pengerjaannya tidak sebatas pada itu saja. Selain meratakan permukaan tanah, ternyata *motor grader* juga memiliki keunggulan lain. Alat berat ini mampu mengupas tanah, menyebarkan material ringan, hingga membentuk permukaan tanah. Alat ini juga bisa dimanfaatkan untuk memotong gundukan dan membuat lubang. Meskipun mampu membuat lubang, alat berat ini tidak dapat digunakan untuk pertambangan bawah tanah, karena untuk proyek tersebut membutuhkan alat berat pertambangan bawah tanah yaitu *longwall mining*. Selain beberapa fungsi yang telah disebutkan di atas, motor grader juga dapat bermanfaat ketika anda hendak menambahkan atau mengurangi material di permukaan tanah, sebelum dipadatkan dengan compactor. Komponen *motorgrader* terbagi atas enam bagian utama.

Ada penggerak yang berupa roda ban, kerangka atau *frame* yang menghubungkan bagian penggerak dengan komponen lain, *blade* atau pisau yang dikenal sebagai *moldboard*, *sacrifier*, *circle*, dan juga *drawbar*. Nantinya, *moldboard* inilah yang akan mengeksekusi permukaan tanah dan bisa digerakkan sedemikian rupa. *Circle* atau cincin penggerak lah yang bisa membuat *moldboard*

ini berputar dan bergerak. Setelah dieksekusi dengan  *moldboard*, material juga akan dihancurkan oleh  *sacrifier* atau unit dari alat berat yang bergigi.

Alat berat  *motor grader* biasanya akan difungsikan menjelang  *finishing* proyek. Ia akan bergerak di atas permukaan tanah dan membentuk jalan sesuai dengan bentuk yang diinginkan. Selain pembuatan jalan, alat berat ini juga bisa difungsikan untuk membuat lapangan golf, pembuatan jalur balapan, dan lain sebagainya.  *Motor grader* akan digunakan ketika alat berat seperti  *excavator* atau  *bulldozer* tidak bisa menjangkau permukaannya.



Gambar 2.3  *Motor grader*, 2021  
Sumber : Dokumentasi lapangan

#### 2.6.4. Alat Pematat (Compactor)

Pemadatan tanah merupakan proses untuk mengurangi adanya rongga antar partikel tanah sehingga volume tanah menjadi lebih kecil. Pada umumnya proses ini dilakukan oleh pematat khususnya  *roller*. Akan tetapi, dengan adanya lalu lintas di atas suatu permukaan maka secara tidak langsung material di atas permukaan tersebut menjadi lebih padat, apalagi yang melewati permukaan tersebut adalah alat berat. Klasifikasi  *roller* yang banyak dikenal antara lain:

- 1) berdasarkan cara Bergeraknya, ada yang bergerak sendiri ( *self propelled*) dan ada yang ditarik traktor ( *towed*)

- 2) berdasarkan bahan roda-roda penggilasnya, ada yang terbuat dari baja (*steel whell*) dan ada yang terbuat dari karet (*pneumatic*)
- 3) dilihat dari bentuk permukaan roda, ada yang berbentuk permukaannya halus (*plain*), *segment grid*, *sheepfoot* (kaki domba dan lain-lain)
- 4) dilihat dari susunan roda-roda gilas, ada yang beroda tiga (*three whell*), *tandem roller* (roda dua) dan *three axle tandem roller*.
- 5) Alat penggilas khusus, misalnya *vibration roller* bekerja menggunakan getaran sebagai unsur utama dalam pemampatan tanah.



Gambar 2.4 *Vibration Roller*, 2021  
Sumber : Dokumentasi lapangan

## 2.7 Faktor Koreksi

Dalam melaksanakan suatu proyek produktivitas perjam dari suatu alat yang diperlukan adalah produktivitas standard dari alat tersebut dalam kondisi ideal dikalikan dengan suatu faktor. Faktor tersebut dinamakan, faktor koreksi. Faktor koreksi tergantung dari banyak faktor seperti topografi, keahlian operator, pemilihan standard, pemeliharaan dan sebagainya yang menyangkut pengoperasian alat. Dalam kenyataannya sulit menentukan besarnya faktor

koreksi, tetapi dengan berdasarkan pada pengalaman dapat ditentukan faktor koreksi yang mendekati kenyataan.

Faktor – faktor koreksi tersebut adalah :

- a. Efisiensi kerja adalah perbandingan antara waktu produktif dengan waktu kerja yang tersedia. untuk efisiensi kerja, tergantung banyak faktor seperti : topografi, keahlian operator, pemilihan standard pemeliharaan dan sebagainya yang menyangkut operasi alat Seperti pada tabel dibawah ini :

**Tabel 2.3 Efisiensi Kerja**

Kondisi Alat					
Kondisi Operasi Medan	Baik Sekali	Baik	Sedang	Buruk	Buruk Sekali
Baik sekali	0,83	0,81	0,76	0,70	0,63
Baik	0,78	0,75	0,71	0,65	0,60
Sedang	0,72	0,69	0,65	0,60	0,54
Buruk	0,63	0,61	0,57	0,52	0,45
Buruk sekali	0,52	0,50	0,47	0,2	0,32

Sumber : Rochmanhadi, 1985

- b. Untuk faktor efisiensi operator, keterampilan operator dalam mengoperasikan alat adalah factor penting yang perlu diperhatikan, agar tidak terjadi keterlambatan kerja. Dibawah ini adalah tabel faktor efisiensi operator :

**Tabel 2.4 Efisiensi Operator**

Keterampilan Operator	Faktor Efisiensi
Baik	0,90 – 1,00
Normal	0,75
Jelek	0,50 – 0,60

Sumber : Rochmanhadi, 1985

- c. Kondisi dengan medan yang sulit dan medan yang baik merupakan faktor lain yang mempengaruhi pemilihan alat-alat berat, seperti tabel dibawah ini:

**Tabel 2.5 Faktor Kondisi Pekerjaan**

Kondisi Pekerjaan	Kondisi Tata Pekerjaan			
	Baik Sekali	Baik	Sedang	Buruk
Baik	0,84	0,81	0,75	0,70
Baik sekali	0,78	0,75	0,71	0,65
Sedang	0,72	0,69	0,65	0,60
Buruk	0,63	0,61	0,57	0,52

Sumber : Rochmanhadi, 1985

- d. Dalam pelaksanaan pekerjaan dengan menggunakan alat-alat berat terdapat faktor yang mempengaruhi produktivitas alat, yaitu faktor efisiensi waktu dimana kondisi pekerjaan mempengaruhi alat-alat berat yang dipakai, seperti tabel dibawah ini :

**Tabel 2.6 Efisiensi waktu**

Kondisi Kerja	Efisiensi
Menyenangkan	0,90
Normal	0,83
Buruk	0,75

Sumber : Rochmanhadi, 1985

- e. Faktor material

1) Faktor kohesif = 0,75 – 1,00

2) Faktor non kohesif = 0,60 – 1,00

- f. Faktor cuaca

1) Baik = 1,00

2) Sedang = 0,80

## 2.8 Produksi Alat Berat

Metode perhitungan produksi alat berat merupakan suatu cara yang digunakan untuk mengetahui kapasitas produksi suatu alat berat yang akan digunakan. Berikut ini macam – macam metode perhitungan produktivitas alat berat.

### 2.8.1. Alat Galian dan Timbunan (*excavator*)

Penentuan waktu siklus *backhoe* didasarkan pada pemilihan kapasitas *bucket*. Rumus yang dipakai untuk menghitung produktivitas *backhoe* adalah:

$$a. \text{ Produktivitas} = V \times Fb \times Fa \times 60 / CT \times Fv \dots\dots\dots (2.1)$$

Atau dengan menggunakan rumus:

$$Q = \frac{q \times 3600 \times E}{Cms} \dots\dots\dots (2.2)$$

Keterangan:

Q = Produktivitas (m<sup>3</sup> / jam)

q = Produksi per siklus (m<sup>3</sup>)

E = Efisiensi kerja

Cms = Waktu siklus (detik)

Produksi per siklus :

$$q = ql \times K$$

Dimana :

ql = Kapasitas *bucket*

K = Faktor *bucket*

b. Waktu siklus (Cm)

Siklus kerja merupakan gerakan dari suatu alat mulai dari gerakan awalnya hingga kembali lagi pada gerakan awal tersebut. Waktu siklus merupakan waktu yang dibutuhkan untuk melakukan satu siklus pekerjaan.

$$Cms = \text{waktu gali} + \text{waktu putar} \times 2 + \text{waktu buang} \dots\dots\dots 2.3$$

**Tabel 2.7 Faktor kedalaman galian**

Kedalaman Galian	Kondisi Penggalian			
	Mudah	Normal	Agak Sulit	Sulit Sekali
Dibawah 40%	0,7	0,9	1,1	1,4
(40 – 70)%	0,8	1,0	1,3	1,6
Diatas 70%	0,9	1,1	1,5	1,8

Sumber : Rochmanhadi, 1985

**Tabel 2.8 Waktu gali (detik)**

Kondisi Penggalian	Mudah	Normal	Agak Sulit	Sulit Sekali
	0-2 m	6	9	15
2m – 4m	7	11	17	28
>4m	8	13	19	30

Sumber : Rochmanhadi, 1985

**Tabel 2.9 Waktu untuk swing (detik)**

Swing (Derajat)	Waktu (Detik)
45° - 90°	4-7
90° - 180°	5-8

Sumber : Rochmanhadi, 1985

**Tabel 2.10 Waktu untuk buang (detik)**

<i>Swing</i> (Derajat)	Waktu (Detik)
Ke dalam <i>dump truck</i>	5-8
Ke dalam pebuangan	3-6

Sumber : Rochmanhadi, 1985

**Tabel 2.11 Faktor pengisian bucket**

	Kondisi Pemuatan	Faktor
Ringan	Menggali dan memuat stockpile atau material yang telah dikeruk oleh excavator lain, yang tidak membutuhkan gaya gali dan dapat dibuat munjung dalam bucket	1.0 – 0.0
Sedang	Menggali dan memuat stockpile lepas dari tanah yang lebih sulit untuk digali dan dikeruk tetapi dapat dimuat hampir munjung. Pasir kering, tanah berpasir, tanah campuran tanah liat, tanah liat, gravel yang belum disaring, pasir yang telah memadat dan sebagainya, atau menggali dan memuat gravel langsung dari bukit gravel asli.	0.8 – 0.6
Agak sulit	Menggali dan memuat batu-batu pecah, tanah liat yang keras, pasir campur kerikil, tanah berpasir, tanah koloidal liat, tanah liat dengan kadar air tinggi yang telah di stockpile oleh excavator lain. Sulit untuk mengisi bucket dengan material tersebut.	0.6 – 0.5
Sulit	Bongkahan, batuan besar dengan bentuk tak teratur dengan ruangan diantaranya batuan hasil ledakan, batuan bundar, pasir campur tanah liat, tanah liat yang sulit untuk dikeruk dengan bucket.	0.5 – 0.4

Sumber : Rochmanhadi, 1985

### 2.8.2. Alat Pengangkut Tanah (*Dumptruck*)

Produktivitas *dump truck* yang mengerjakan beberapa pekerjaan secara efisien tergantung:

1. Produktivitas per siklus
2. Jarak angkut

3. Jumlah *dump truck*

Untuk produktivitas per siklus *dump truck* dari quarry tergantung pada:

1. Kapasitas bucket dari pemuat
2. Kapasitas dari *dump truck* sendiri
3. Faktor *bucket*

Alat pengangkut tanah atau *dump truck* memilih perhitungan produktivitas rumus yang dipakai untuk menghitung produktivitas *truck* adalah:

1. Produktivitas  $= V \times E \times 60 / Fh \times CT$ .....(2.4)

Keterangan:

- Q = Produktivitas (m<sup>3</sup> / jam)
- V = Kapasitas Bak (m<sup>3</sup>)
- E = Faktor Efisiensi Alat
- D = Jarak Muat (m)
- Fh = Faktor pengembangan bahan
- V1 = Kecepatan Rata – Rata Bermuatan (15 -30 Km/jam)
- V2 = Kecepatan Rata – Rata Kosong (25 -40 Km/jam)
- CT = *Cycle Time* (menit)
- Q<sub>exc</sub> = Produksi *Excavator* (m<sup>3</sup> / jam)

2. Kapasitas *vessel*

$C = n \times q \times Fb$ .....(2.5)

Dimana :

C = Kapasitas *vessel* (m<sup>3</sup>)

n = jumlah rit pengisian

q = kapasitas *Bucket* (m<sup>3</sup>)

Fb = faktor *Bucket*

Untuk mendapat “n”

$$n = \frac{v}{q \times Fb} \dots\dots\dots(2.6)$$

3. Waktu siklus

$$Ct = h + j + Wp + Wk + Wm \dots\dots\dots(2.7)$$

Dimana :

- h = waktu menumpah (menit)
- j = waktu menunggu (menit)
- Wp = waktu pengangkutan (menit)
- Wk = Waktu kembali (menit)
- Wm = waktu muat material (menit)

2.8.3. Alat Perata (*Motor Grader*)

Produktivitas *motor grader* dihitung berdasarkan jarak tempuh alat per jam pada proyek jalan, sedangkan pada proyek-proyek lainnya, perhitungan produktivitas *motor grader* adalah luas area per jam. Waktu (jam) yang dibutuhkan untuk menyelesaikan pekerjaan jalan dihitung berdasarkan rumus:

a. Produktivitas *motor grader*

$$Q = \frac{L \times b \times t \times Fa \times 60}{Ws \times n} \dots\dots\dots(2.8)$$

Dimana :

- Q = produksi alat per jam (m<sup>3</sup>/jam)
- L = Panjang hamparan
- b = Lebar efektif kerja blade
- t = Tebal hamparan padat

- Fa = Faktor Efisiensi alat
- n = Jumlah lintasan
- Ws = Waktu siklus
- v = Kecepatan rata-rata alat

b. Waktu siklus *motor grader*

$$W_s = W_1 + W_2 \dots\dots\dots(2.9)$$

Dimana:

$$W_1 = L : v \times 1000 \times 60$$

W1 = Waktu lainnya

2.8.4. Alat Pemas (Compactor)

Alat pemas *compactor*, Perhitungan produktivitas alat pemas dapat dilakukan dengan menggunakan 2 rumus berikut ini.

1. Dalam satuan luas area yang dipadatkan (m<sup>3</sup>/jam)

$$KP = b \times v \times t \times F_k / n \dots\dots\dots(2.10)$$

2. Dalam satuan volume material yang dipadatkan (m<sup>3</sup>/jam)

$$KP = b \times v \times t \times 1000 \times F_k / n \dots\dots\dots(2.11)$$

Keterangan :

- KP = produktivitas (m<sup>3</sup>/jam)
- v = kecepatan kerja (m/menit)
- t = ketebalan material yang dipadatkan setiap jalur
- n = jumlah passing
- Fa = Faktor efisiensi alat
- b = lebar kerja

Cara menghitung produktivitas alat berat adalah dengan menggunakan tabel-tabel waktu tergantung pada faktor, lebar pekerjaan tergantung pada jenis alat yang di pakai, selain itu juga diperlukan waktu kecepatan kerja.

**Tabel 2.12 Lebar kerja pemadatan**

JENIS ALAT	LEBAR KERJA
Tipe gilas mata dam	Lebar roda gerak = 0,2 m
Mesin gilas tandem	Lebar roda gerak = 0,2 m
Compactor tanah	(Lebar roda gerak x 2) = 0,2 m
Mesin gilas roda ban	Jarak antara sisi dari ban paling luar 0,3 m
Mesin gilas getar dan besar	Lebar roller = 0,2 m
Bulldozer	(Lebar trackshoe x 2) = 0,2 m
Mesin gilas yang kecil	Lebar roller = 0,1 m

Sumber : Rochmanhadi, 1985

**Tabel 2.13 Kecepatan kerja**

JENIS ALAT	KECEPATAN KERJA
Mesin gilas roda besi	± 2 km/jam
Mesin gilas roda ban	± 2,5 km/jam
Mesin gilas getar	± 1,5 km/jam
Mesin gilas kaki kambing	± 20 mil/jam
Compactor tanah	± 4-10 km/jam
Tamper	± 1,0 km/jam

Sumber : Rochmanhadi, 1985

Ketebalan setiap lapisan-lapisan pemadatan tergantung dari spesifikasi tingkat kepadatan atau berdasarkan hasil kepadatan (berdasarkan hasil yang dilakukan). Tetapi secara teoritis untuk memudahkan menghitung produktivitas pada umumnya ketebalan setiap lapis pemadatan diambil 0,2 – 0,5 m. jumlah passing

atau lintasan tergantung pada spesifikasi teknis atau kekuatan konstruksi yang dikehendaki. Oleh karena itu jumlah lintasan ditentukan dari hasil test berdasarkan tingkat kepadatan.

## 2.9 Biaya Pengoperasian Alat Berat

Biaya-biaya yang termasuk biaya pengeluaran alat berat adalah biaya penyewaan alat, biaya mobilisasi dan demobilisasi, dan biaya upah tenaga operator. Peralatan konstruksi yang digerakkan oleh motor bakar (internal combustion engine) memerlukan solar, yang juga harus diperhitungkan sebagai biaya operasional. Perhitungan biaya kebutuhan alat berat didapatkan dari perkalian antara volume masing-masing pekerjaan, jumlah alat yang digunakan serta harga satuan pekerjaan.

### 2.9.1. Volume pekerjaan

Volume pekerjaan merupakan salah satu faktor yang sangat penting dalam perhitungan biaya, yaitu sebagai salah satu faktor pengali untuk harga satuan. Perhitungan volume ini didasarkan pada gambar rencana proyek.

### 2.9.2. Biaya penyewaan alat

Tidak semua peralatan konstruksi dimiliki oleh kontraktor. Dalam menyelesaikan pekerjaan-pekerjaan tertentu, diperlukan peralatan-peralatan khusus yang diperoleh dengan cara menyewa. Biaya penyewaan alat berat tersebut dihitung dalam biaya per jam. Dalam satu bulan biasanya ditentukan batas penyewaan minimum per alat berat. Biaya penyewaan alat

bervariasi, tergantung dari jenis dan tipe alat yang akan disewa dan juga tergantung dari tempat alat itu disewa.

### 2.9.3. Biaya Mobilisasi dan Demobilisasi

Alat berat yang disewa dari suatu tempat, membutuhkan biaya transportasi alat tersebut ke lokasi proyek dan biaya transportasi alat tersebut kembali ketempat asalnya. Untuk alatalat berat tertentu bahkan diperlukan kendaraan khusus untuk mengangkat alat berat tersebut ke lokasi proyek dan sebaliknya. Biaya-biaya yang diperlukan ini termasuk biaya mobilisasi dan demobilisasi. Biaya mobilisasi dan demobilisasi tergantung dari kendaraan untuk mengangkut alat berat yang disewa, dan jauh dekatnya tempat penyewaan ke lokasi proyek. Jadi masing-masing alat yang disewa dari tempat penyewaan yang berbeda, mempunyai biaya mobilisasi dan demobilisasi yang berbeda.

### 2.9.4. Biaya Operator alat berat dan Bahan bakar

Besarnya upah kerja untuk operator alat berat adalah tergantung dari lokasi pekerjaan atau proyek, perusahaan yang bersangkutan, peraturan yang berlaku dilokasi, serta kontrak kerja antara dua pihak tersebut.

$$\text{Upah Operator} = \frac{\text{Upah operator} + \text{Pembantu operator}}{\text{Jam operasi per bulan (jam)}}$$

$$\text{Biaya bahan bakar} = (10\% - 12\%) \times P_w \times M_s$$

Dimana :

$$P_w = \text{Tenaga alat (HP)}$$

$$W_s = \text{Bahan bakar solar (liter)}$$

### 2.9.5. Biaya Operasional Total

Biaya operasional total yang dikeluarkan untuk masing-masing tipe alat adalah penjumlahan semua biaya yang dikeluarkan untuk penyewaan alat, upah tenaga operator dan biaya untuk pemakaian solar selama waktu pelaksanaan pekerjaan ditambah biaya mobilisasi dan demobilisasi alat.

$$\text{Total Biaya} = b + c + d + e$$

Dimana :  $b$  = Biaya sewa

$c$  = Biaya mobilisasi/demobilisasi

$d$  = Biaya operator

$e$  = Biaya bahan bakar

### 2.10 Estimilasi jumlah alat-alat berat yang diperlukan

Untuk dapat mengatasi berapa jumlah alat berat yang dibutuhkan, maka harus diketahui dahulu:

1. Waktu pelaksanaan pekerjaan biasanya dinyatakan dalam jamkerja.
2. Volume pekerjaan
3. Produktivitas pekerjaan
  - a. Di *quarry*

Jadi jumlah *dump truck* yang dibutuhkan secara teoritis adalah:

$$N = \frac{Ct - LT + 1}{LT} \dots\dots\dots(2.11)$$

Dimana :

$N$  = jumlah *dump truck* yang dibutuhkan

$Ct$  = waktu siklus *dump truck*

$LT$  = waktu antri *dump truck* (waktu muat + waktu tunggu)

LT 2 adalah waktu antri *dump truck* direncanakan menjadi hanya 1 kali untuk satu hari kerja dimana LT 2 hanya terjadi di awal pekerjaan yaitu dipagi hari.

LT 2 hanya terjadi untuk *dump truck* nomor pengisian ke -2 dan seterusnya, sehingga dalam hal ini *dump truck* pertama tidak akan melakukan antrian waktu tunggu dan waktu muat, untuk *truck* pertama adalah waktu antri bagi *dump truck* berangkat ke disposal area setelah dimuat.

Jumlah *dump truck* yang digunakan:

$$N = \frac{KP \text{ excavator}}{KP \text{ dumptruck}} \dots\dots\dots(2.12)$$

Disini jumlah *dump truck* yang digunakan bisa sama dengan jumlah *dump truck* teoritis ataupun lebih sedikit jumlah *dump truck* teoritis.

b. Dilokasi proyek

Untuk menghitung jumlah *motor grader* dan *compactor* yang digunakan rumus sebagai berikut:

$$N = \frac{KP \text{ terbesar}}{KP \text{ alat}} \dots\dots\dots(2.13)$$

Dimana :

N = jumlah alat (unit)

KP alat terbesar = jumlah tanah yang dihamparkan (m<sup>3</sup>/hari)

KP = kapasitas produktivitas (m<sup>3</sup>/hari)

## BAB III

### METODOLOGI PENELITIAN

Metode penelitian adalah langkah-langkah dan rencana dari proses berpikir dan memecahkan masalah mulai dari penelitian pendahuluan, penemuan masalah, pengamatan, pengumpulan data baik dari referensi tertulis maupun observasi langsung di lapangan, melakukan pengolahan dan interpretasi data sampai penarikan kesimpulan atas permasalahan yang diteliti. Proses penelitian dimulai dengan menemukenali permasalahan yang ada, dengan menggunakan tinjauan pustaka untuk mengetahui sejauh mana tinjauan terdapat masalah yang akan diteliti.

#### 3.1. Persiapan

Tahapan persiapan ini merupakan rangkaian pekerjaan sebelum memulai pengumpulan data. Dalam tahap awal disusun hal-hal yang penting yang harus dilakukan untuk mengoptimalkan waktu perjalanan. Tahap persiapan ini meliputi kegiatan-kegiatan sebagai berikut:

1. Studi pustaka terhadap materi untuk penentuan desain.
2. Menentukan data yang dibutuhkan.
3. Mencari instansi yang akan dijadikan sumber data.
4. Survey lokasi untuk mendapatkan gambaran umum kondisi proyek.

#### 3.2. Sumber Data

Sumber data yang digunakan dalam penelitian mengenai produktivitas penggunaan alat berat pada proyek pembangunan jalan tol Tebing Tinggi – Inderapura seksi 1 antara lain:

1. Data primer, yaitu data yang diperoleh dari PT. Utama Karya antara lain berupa gambar kontur tanah, jenis alat yang digunakan, volume tanah, jam kerja alat pada pekerjaan penimbunan tanah.
2. Data sekunder, berupa data yang di peroleh dari referensi tertentu atau literatur-literatur yang berkaitan dengan alat berat.

### 3.3. Pengumpulan Data

Pengumpulan data merupakan sarana pokok untuk penyelesaian suatu masalah secara ilmiah. Dalam pengumpulan data peran instansi terkait sangat diperlukan sebagai pendukung dalam memperoleh data - data yang dibutuhkan, data – data dalam penulisan mengenai produktivitas penggunaan alat berat pada Proyek Pembangunan Jalan Tol Tebing Tinggi – Inderapura diperoleh dengan cara antara lain:

#### 3.3.1. Tinjauan Kepustakaan

Tinjauan pustaka bertujuan untuk mendapatkan informasi dan data mengenai teori-teori yang berkaitan dengan pokok permasalahan yang diperoleh dari literatur-literatur, bahan kuliah, majalah konstruksi, media internet dan media cetak lainnya. Selain itu studi pustaka tersebut digunakan untuk mendapatkan gambaran mengenai teori yang dapat di pakai dalam penelitian sebagai hasil yang didapatkan bersifat ilmiah.

#### 3.3.2. Tinjauan Lapangan

Pengumpulan data dilakukan secara langsung pada lokasi pengamatan, setelah terlebih dahulu mengetahui kondisi proyek

dimana penelitian akan dilakukan. Pada studi lapangan ini teknik-teknik pengambilan data yang dilakukan sebagai berikut:

- a) Wawancara, yaitu dengan melakukan tanya jawab langsung dengan narasumber yang terkait untuk mendapatkan data yang diperlukan.
- b) Observasi langsung, yaitu dengan mengadakan pengamatan/survey secara langsung terhadap kegiatan-kegiatan yang terjadi di lokasi proyek.

### 3.4. Prosedur Penelitian

Adapun langkah – langkah dalam penelitian yang akan dilakukan yaitu:

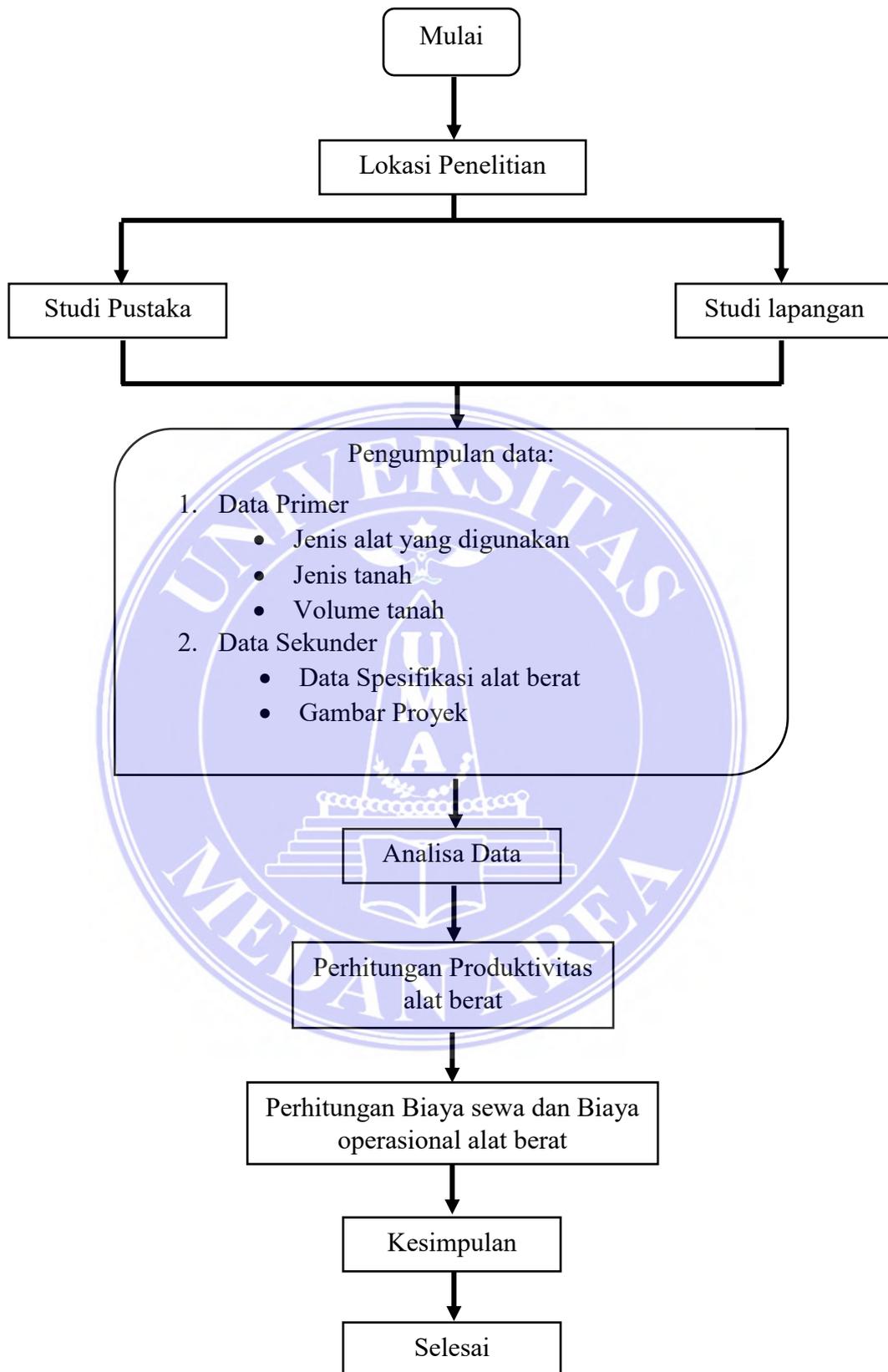
1. Studi pustaka dari berbagai buku literatur yang berhubungan dengan alat berat proyek,
2. Merangkum teori yang saling berhubungan antara manajemen konstruksi dan hal-hal terkait dengan alat berat,
3. Mengumpulkan dan mengolah data-data yang di dapat dari PT. Utama Karya sebagai kontraktor/pelaksana pekerjaan pematangan lahan jalan tol Proyek Pembangunan jalan tol Tebing Tinggi-Inderapura Zona 3.
4. Menentukan volume galian dan timbunan pada pekerjaan pematangan lahan proyek Pembangunan jalan tol Tebing Tinggi-Inderapura Zona 3,
5. Menentukan alternatif komposisi alat berat yang digunakan *Excavator*, *Dump truck*, *Motor grader* dan *Vibration roller*..
6. Melakukan perhitungan produktivitas alat berat *Excavator*, *Dump Truck*, *Motor Grader*, *Vibration roller*.

7. Melakukan perhitungan durasi pekerjaan dan kebutuhan alat untuk setiap masing-masing alat berat.
8. Menyimpulkan hasil pembahasan

### 3.5. Diagram Alir Penelitian

Adapun langkah-langkah dalam penelitian ini dapat dilihat pada diagram alir penelitian dibawah ini:





Gambar 3.1 diagram alir penelitian

## BAB V

### KESIMPULAN DAN SARAN

#### 5.1. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan pada proyek pembangunan jalan tol tebing tinggi – inderapura, maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut :

1. Dari perhitungan di dapat produktivitas alat dengan jam kerja efektif

8 jam per hari:

- |                     |                             |                               |
|---------------------|-----------------------------|-------------------------------|
| a. Excavator        | = 74 m <sup>3</sup> /jam    | = 592 m <sup>3</sup> /hari    |
| b. Dumptruck        | = 12 m <sup>3</sup> /jam    | = 96 m <sup>3</sup> /hari     |
| c. Motor grader     | = 111 m <sup>3</sup> /jam   | = 888 m <sup>3</sup> /hari    |
| d. Vibration roller | = 137,4 m <sup>3</sup> /jam | = 1099,2 m <sup>3</sup> /hari |

2. Total biaya peralatan yang dibutuhkan untuk pekerjaan tanah pada proyek pembangunan Jalan Tol Tebing Tinggi-Inderapura Seksi I.3 kurang lebih Rp 16.911.160.000,00 (terbilang : enam belas miliar sembilan ratus sebelas juta seratus enam puluh ribu rupiah)

3. Jumlah peralatan yang digunakan di lapangan terdapat perbedaan dengan jumlah peralatan dari hasil perhitungan.

4. Berdasarkan asumsi dengan menggunakan 2 *trial* untuk mengoptimalkan baik waktu ataupun biaya agar lebih efisien diperoleh hasil penelitian sebagai berikut:

- a. Menggunakan alternatif I dengan menambah jumlah excavator dari 3 menjadi 4 unit , pekerjaan lebih cepat 49 hari dari yang direncanakan 195 hari menjadi 146 hari kerja

tetapi menambah jumlah alat yang mengakibatkan bertambahnya kebutuhan biaya dengan selisih **Rp. 3.057.432.000,00**

- b. Menggunakan alternatif II dengan menambah waktu kerja 8 jam menjadi 10 jam /hari, waktu kerja tetap selama 195 hari menghemat biaya sewa alat sebesar **Rp.3.856.060.000,00** dengan selisih 23%

Hasil perhitungan dari kedua alternatif tersebut, setelah ditinjau kembali, maka dapat disimpulkan bahwa komposisi alternatif 2 lebih efisien, karena dapat menghemat biaya sewa alat berat **Rp. 3.856.060.000,00** (terbilang : tiga miliar delapan ratus lima puluh enam juta enam puluh ribu rupiah)

## 5.2. Saran

Dari penulisan Tugas Akhir yang berjudul Produktivitas Penggunaan Alat Berat pada Proyek Jalan Tol Tebing Tinggi – Inderapura Zona 3, maka ada beberapa saran yang dapat diberikan:

1. Alat berat yang digunakan sebaiknya mempunyai suku cadang unitnya, karena bila terjadi kerusakan pada salah satu alat tidak akan mengganggu pekerjaan yang akan mempengaruhi durasi kerja.
2. Dalam melaksanakan pekerjaan galian dan timbunan hendaknya diperhatikan kondisi lapangan disekitar proyek.
3. Sebaiknya perlu dipertimbangkan faktor curah hujan, karena jika sewaktu-waktu terjadi hujan, maka akan memperlambat produktivitas pekerjaan.

## DAFTAR PUSTAKA

- Bagus Nur Handoko, 2017. Produktivitas Alat Berat Pada Pembangunan Jalan Ruas Jailolo- Matui Provinsi Maluku Utara. Jurnal Teknik Sipil, Universitas Pakuan Bogor.
- Gusnandar Surya Miharja, 2019. Optimalisasi Penggunaan Alat berat (Studi kasus: Pembangunan Jalan tol Medan – Kualanamu – Tebing Tinggi. Jurnal Teknik Sipil. Universitas Pakuan Bogor.
- Ir. Rochmanhadi. 1982 Alat – Alat Berat Dan Penggunaannya. Jakarta, Departemen Pekerjaan Umum
- Ramadhani, A. 2017. Optimalisasi Penggunaan Alat Berat pada Galian di Proyek Tol Nganjuk-Kertosono. Jurnal Teknik Sipil. Universitas Brawijaya. Kota Malang.
- Rochmanhadi. (1985). Perhitungan Biaya Pelaksanaan Pekerjaan dengan Menggunakan Alat-alat Berat. Jakarta: Departemen Pekerjaan Umum.
- Rostiyanti, S.F. (2002). Alat Berat Untuk Proyek Konstruksi. Jakarta: Rineka Cipta.
- Tenrisukki T., Andi. 2003. Pemindahan Tanah Mekanis, Seri Diklat Kuliah. Jakarta: Gunadarma.
- Triyas Afrilia, 2018. Analisa Produktivitas Alat Berat Pada Proyek Pembangunan Jalan Tol Balikpapan-Samarinda Km 28. Jurnal Teknik Sipil, Politeknik Negeri Balikpapan. Balikpapan.



No.	URAIAN	KODE	KOEF.	SATUAN	KET.
<b>A. URAIAN PERALATAN</b>					
1.	Jenis Peralatan	<b>EXCAVATOR 80-140 HP</b>			<b>E10</b>
2.	Tenaga	Pw	133,0	HP	
3.	Kapasitas	Cp	0,93	M3	
4.	Alat Baru : a. Umur Ekonomis	A	5,0	Tahun	
	b. Jam Kerja Dalam 1 Tahun	W	2.000,0	Jam	
	c. Harga Alat	B	1.100.000.000	Rupiah	
<b>B. BIAYA PASTI PER JAM KERJA</b>					
1.	Nilai Sisa Alat = 10 % x B	C	110.000.000	Rupiah	
2.	Faktor Angsuran Modal = $\frac{i \times (1 + i)^A}{(1 + i)^A - 1}$	D	0,26380	-	
3.	Biaya Pasti per Jam :				
	a. Biaya Pengembalian Modal = $\frac{(B - C) \times D}{W}$	E	130.579,75	Rupiah	
	b. Asuransi, dll = $\frac{0,002 \times B}{W}$	F	1.100,00	Rupiah	
	<b>Biaya Pasti per Jam = (E + F)</b>	G	<b>131.679,75</b>	Rupiah	
<b>C. BIAYA OPERASI PER JAM KERJA</b>					
1.	Bahan Bakar = (10%-12%) x Pw x Ms	H	192.850,00	Rupiah	
2.	Pelumas = (0,25%-0,35%) x Pw x Mp	I	13.965,00	Rupiah	
	Biaya bengkel = $\frac{(2,2\% - 2,8\%) \times B}{W}$	J	15.400,00	Rupiah	
3.	Perawatan dan perbaikan = $\frac{(6,4\% - 9\%) \times B}{W}$	K	35.200,00	Rupiah	
4.	Operator = (1 Orang / Jam) x U1	L	30.066,21	Rupiah	
5.	Pembantu Operator = (1 Orang / Jam) x U2	M	25.803,30	Rupiah	
	<b>Biaya Operasi per Jam = (H+I+K+L+M)</b>	P	<b>313.284,51</b>	Rupiah	
D.	<b>TOTAL BIAYA SEWA ALAT / JAM = (G + P)</b>	<b>S</b>	<b>444.964,26</b>	<b>Rupiah</b>	
<b>E. LAIN - LAIN</b>					
1.	Tingkat Suku Bunga	i	10,00	% / Tahun	
2.	Upah Operator / Sopir	U1	30.066,21	Rp./Jam	
3.	Upah Pembantu Operator / Pmb.Sopir	U2	25.803,30	Rp./Jam	
4.	Bahan Bakar Bensin	Mb	7.000,00	Liter	
5.	Bahan Bakar Solar	Ms	14.500,00	Liter	
6.	Minyak Pelumas	Mp	42.000,00	Liter	
7.	PPN diperhitungkan pada lembar Rekapitulasi Biaya Pekerjaan				

Lampiran II : Uraian analisa alat

Lampiran III : Photo Dokumentasi



“Proses perataan tanah dengan *bulldozer*”

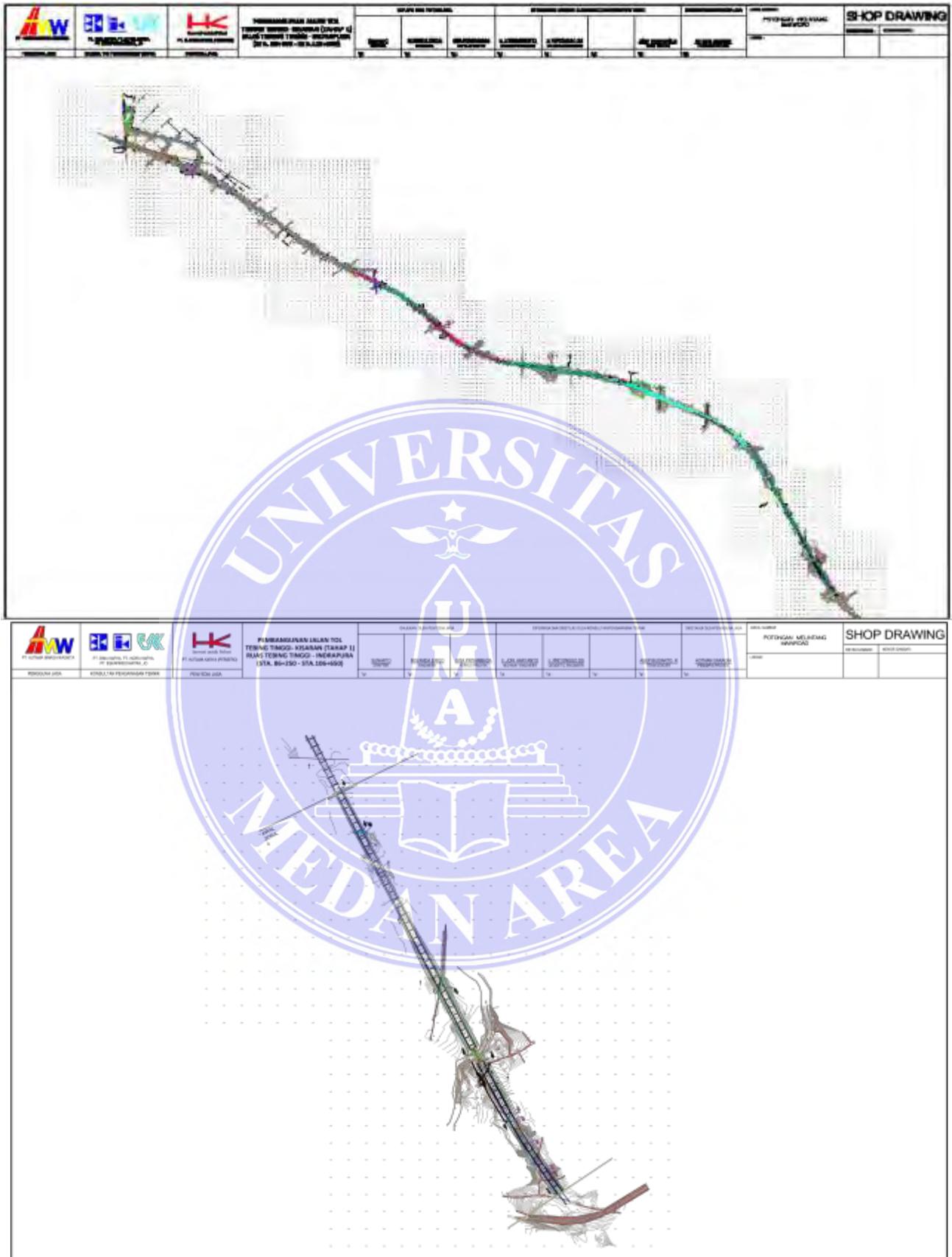


“Proses menumpahkan tanah dengan *dumptruck*”



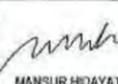
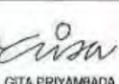
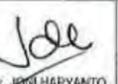
“Proses pemadatan tanah dengan *compactor*”



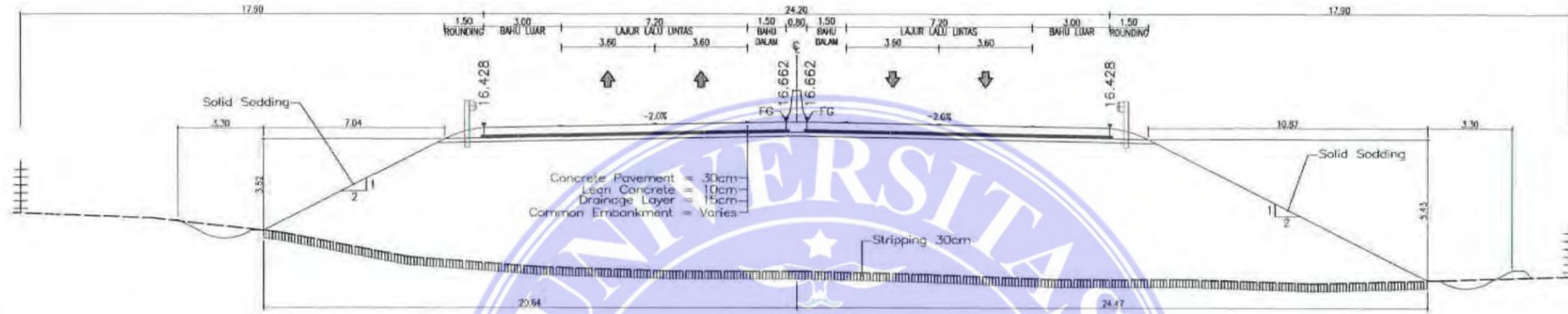


Lampiran IV : Plan Master STA 102+200 s/d 104+250



 PT. HUTAMA MARGA WASKITA PENGGUNA JASA	 PT. BINA KARYA, PT. INDRAPURA, PT. ESKAPINDO MATRA, JO KONSULTAN PENGAWASAN TEKNIK	 Inovasi untuk Solusi PT. HUTAMA KARYA (PERSERO) PENYEDIA JASA	DIBUAT OLEH PENYEDIA JASA  SUNARTO DRAFTER  MANSUR HIDAYAT S.E.M. Tgl:			DIPERIKSA DAN DIBETULI OLEH KONSULTAN PENGAWASAN TEKNIK  GITA PRIYAMBADA KEPALA PROYEK  I. JANI HARYANTO HIGHWAY ENGINEER Tgl:			DITOLAK OLEH PENGGUNA JASA  SOLIHIN PEMIMPIN PROYEK Tgl:			JUDUL GAMBAR: POTONGAN MELINTANG MAINROAD	<b>SHOP DRAWING</b> REVISI GAMBAR: HOMOR GAMBAR:	
			PEMBANGUNAN JALAN TOL TEBING TINGGI- KISARAN (TAHAP 1) RUAS TEBING TINGGI - INDRAPURA (STA. 86+250 - STA.106+650)			Tgl:			Tgl:			LOKAS: Sta. 86+250-106+650	Rev.0	XS.103+450-475

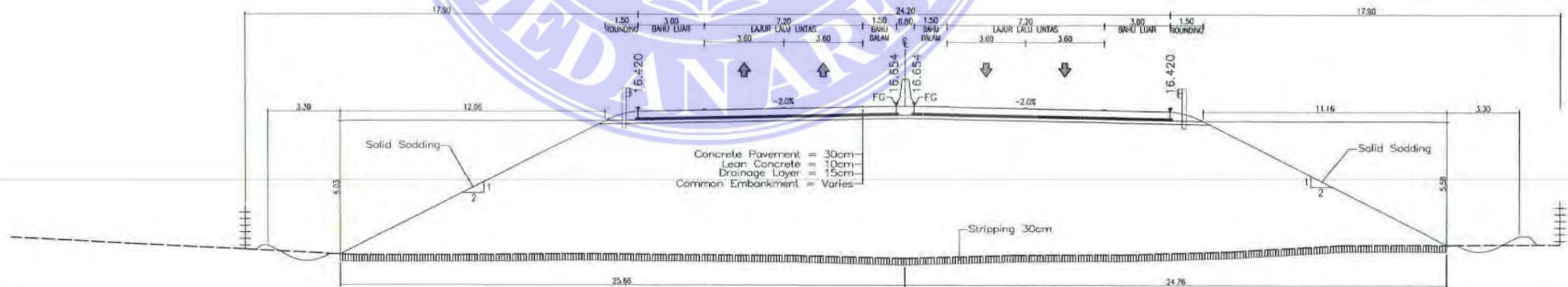
MASTER



Datum Elev. 8.00

ELEVASI EKSTING	13.175	12.957	12.405	11.452	11.072	10.919	10.917	10.792	10.597	10.612	10.447	10.579	10.735
JARAK (m)	-30.30	-25.00	-20.00	-15.00	-10.00	-5.00	0.00	5.00	10.00	15.00	20.00	25.00	30.10

103+450



Datum Elev. 8.00

ELEVASI EKSTING	10.744	10.435	10.185	9.925	9.932	9.981	9.915	9.783	9.936	9.955	10.100	10.399	10.410	10.435
JARAK (m)	-30.60	-35.00	-30.00	-25.00	-20.00	-15.00	-5.00	0.00	5.00	10.00	15.00	20.00	25.00	30.00

103+475

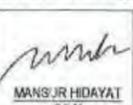
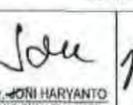
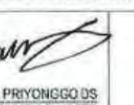
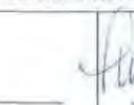
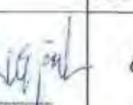
UNIVERSITAS MEDAN AREA

© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang

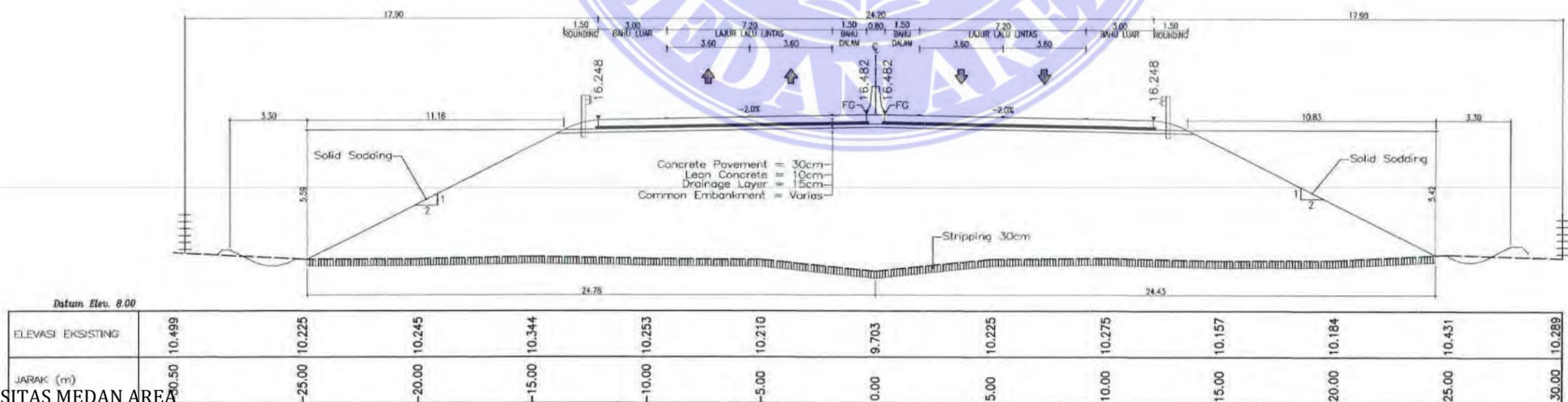
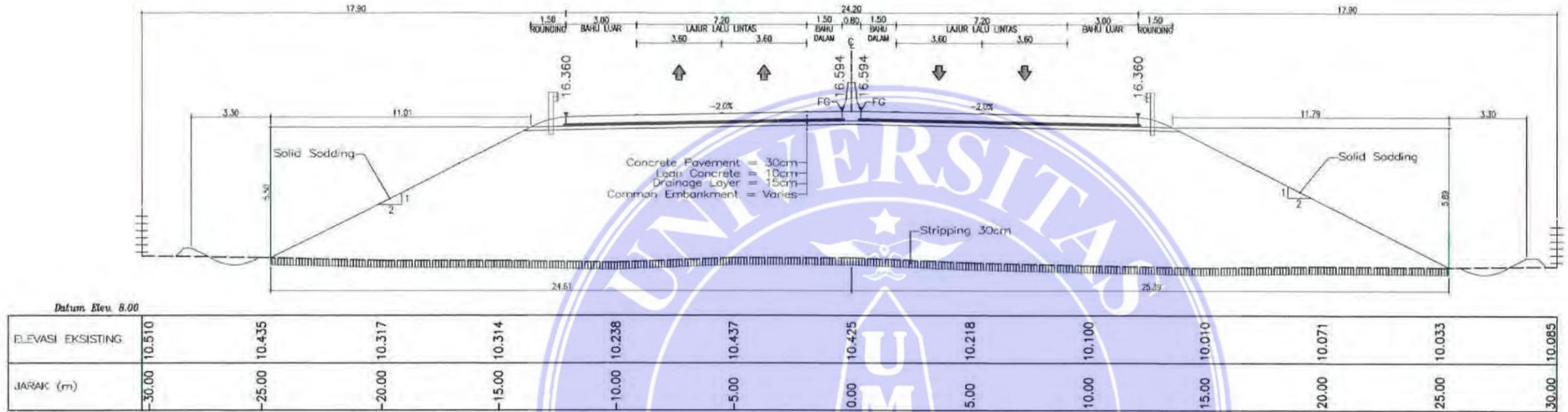
- Dilarang Mengutip sebagian atau seluruh dokumen ini tanpa mencantumkan sumber
- Pengutipan hanya untuk keperluan pendidikan, penelitian dan penulisan karya ilmiah
- Dilarang memperbanyak sebagian atau seluruh karya ini dalam bentuk apapun tanpa izin Universitas Medan Area

Document Accepted 15/12/21

Access From (repository.uma.ac.id)15/12/21

 PT. HUTAMA MARGA WASKITA PENGGUNA JASA	 PT. BINA KARYA, PT. INDIRA KARYA, PT. ESKAPINDO MATRA, JO KONSULTAN PENGAWASAN TEKNIK	 Inovasi untuk Solusi PT. HUTAMA KARYA (PERSERO) PENYEDIA JASA	DIBANJAK OLEH PENYEDIA JASA  SUNARDO DRAFTER Tgl.			DIPERIKSA DAN DISetujui OLEH KONSULTAN PENGAWASAN TEKNIK  MANSUR HIDAYAT S.E.M. Tgl.			DITETAP OLEH PENGGUNA JASA  GITA PRIYAMBADA KEPALA PROYEK Tgl.			DITETAP OLEH PENGGUNA JASA  I. JONI HARYANTO HIGHWAY ENGINEER Tgl.			DITETAP OLEH PENGGUNA JASA  I. PRIYONGGO DS GEODETIC ENGINEER Tgl.			DITETAP OLEH PENGGUNA JASA  TEAM LEADER Tgl.			DITETAP OLEH PENGGUNA JASA  SOLIHIN PEMIMPIN PROYEK Tgl.			JUDUL GAMBAR POTONGAN MELINTANG MAINROAD REVISI GAMBAR : Rev.0			NOMOR GAMBAR : XS.103+500-525		
			JALAN TOL TEBING TINGGI... <b>PEMBANGUNAN JALAN TOL          TEBING TINGGI- KISARAN (TAHAP 1)          RUAS TEBING TINGGI - INDRAPURA          (STA. 86+250 - STA.106+650)</b>												LOKASI Sta. 86+250-106+650														

MASTER



UNIVERSITAS MEDAN AREA

© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang

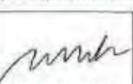
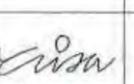
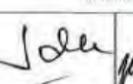
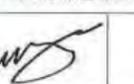
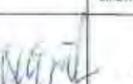
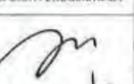
1. Dilarang Mengutip sebagian atau seluruh dokumen ini tanpa mencantumkan sumber
2. Pengutipan hanya untuk keperluan pendidikan, penelitian dan penulisan karya ilmiah
3. Dilarang memperbanyak sebagian atau seluruh karya ini dalam bentuk apapun tanpa izin Universitas Medan Area

103+525

Document Accepted 15/12/21

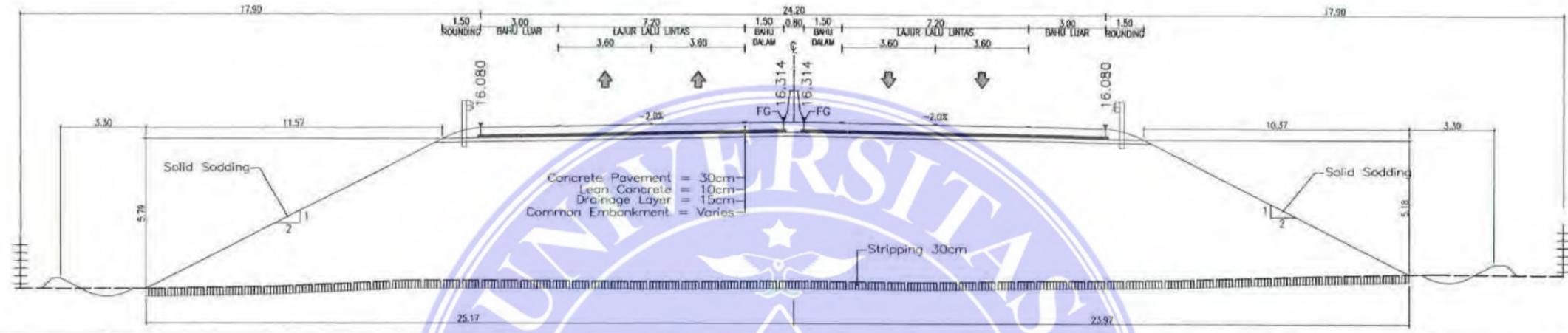
Access From (repository.uma.ac.id)15/12/21

**PEMBANGUNAN JALAN TOL  
TEBING TINGGI- KISARAN (TAHAP 1)  
RUAS TEBING TINGGI - INDRAPURA  
(STA. 86+250 - STA.106+650)**

DIARAHKAN OLEH PENYEDIA JASA			DIPERIKSA DAN DISETUJUI OLEH KONSULTAN PENGAWASAH TEKNIK				DIRETAKRUI OLEH PENGGUNA JASA	
								
SUNARTO DRAJAT	MANSUR HIDAYAT S.E.M	GITA PRIYAMBADA KEPALA PROYEK	JONI HARYANTO HIGHWAY ENGINEER	PRIYONGGO D.S GEODETIK ENGINEER	TEAM LEADER	SOLIHIN PEMIMPIN PROYEK		
Tgl:								

JUDUL GAMBAR POTONGAN MELINTANG MAINROAD		REVISI GAMBAR	NOMOR GAMBAR
LOKASI Sta. 86+250-106+650			
		Rev.0	XS.103+550-575

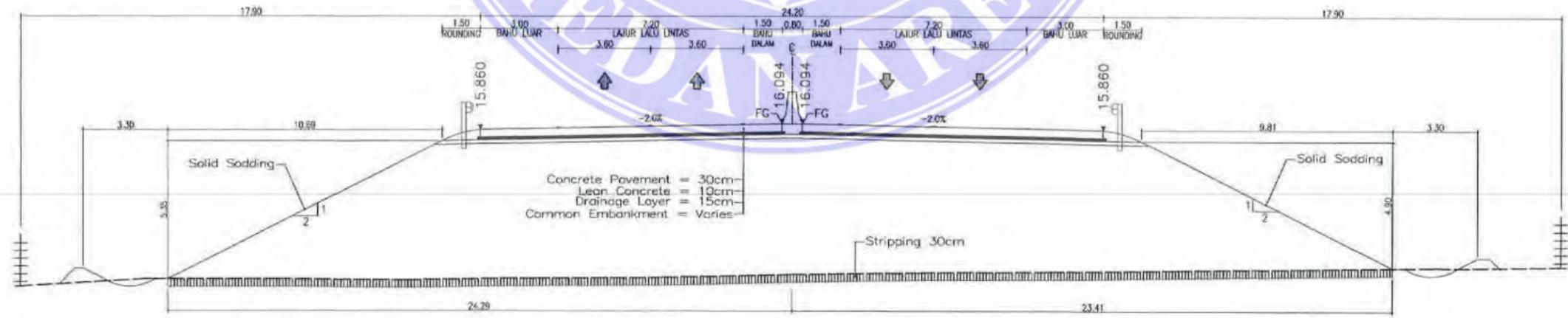
**MASTER**



Datum Elev. 8.00

ELEVASI EKSTING	9.870	9.863	9.945	10.185	10.183	10.143	10.181	10.120	10.184	10.233	10.388	10.487	10.447
JARAK (m)	-30.20	-25.00	-20.00	-15.00	-10.00	-5.00	0.00	5.00	10.00	15.00	20.00	25.00	30.00

103+550



Datum Elev. 8.00

ELEVASI EKSTING	9.784	10.083	10.082	10.035	10.114	10.135	10.255	10.341	10.363	10.424	10.488	10.543	10.599
JARAK (m)	-30.20	-25.00	-20.00	-15.00	-10.00	-5.00	0.00	5.00	10.00	15.00	20.00	25.00	30.20

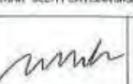
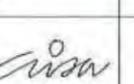
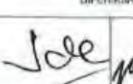
103+575

UNIVERSITAS MEDAN AREA

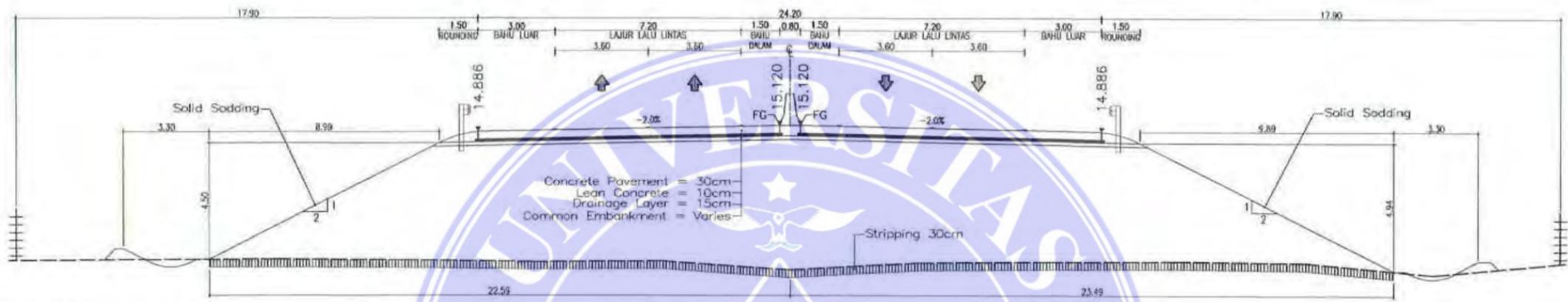
© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang

1. Dilarang Mengutip sebagian atau seluruh dokumen ini tanpa mencantumkan sumber
2. Pengutipan hanya untuk keperluan pendidikan, penelitian dan penulisan karya ilmiah
3. Dilarang memperbanyak sebagian atau seluruh karya ini dalam bentuk apapun tanpa izin Universitas Medan Area



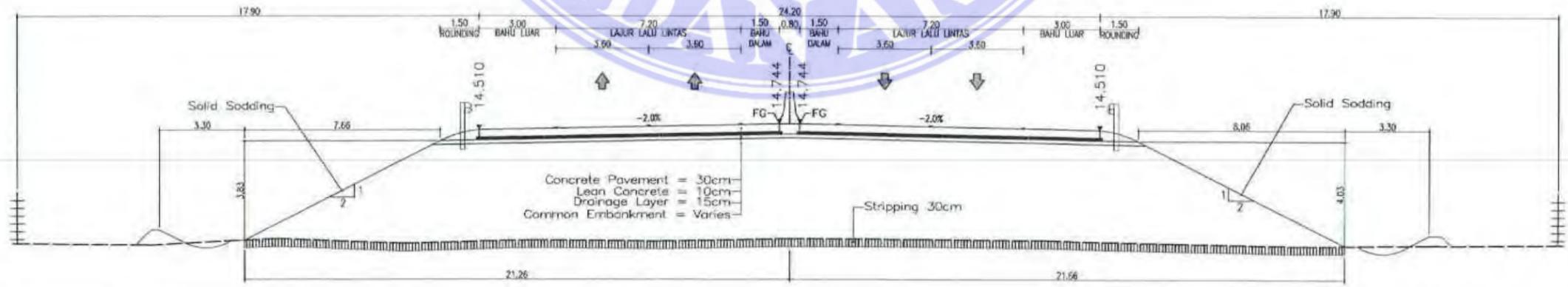
 PT. HUTAMA MARGA WASKITA	 PT. BINA KARYA, PT. INDIRA KARYA, PT. ESKAFINDO MATRA, JO	 Inovasi untuk Solusi PT. HUTAMA KARYA (PERSEROD)	<b>PEMBANGUNAN JALAN TOL                  TEBING TINGGI- KISARAN (TAHAP 1)                  RUAS TEBING TINGGI - INDRAPURA                  (STA. 86+250 - STA.106+650)</b>	DIAJUKAN OLEH PENYEDIA JASA  <b>SUNARYO</b> DRAFTER			DIFERIKSA DAN DISetujui OLEH KONSULTAN PENGAWASAN TEKNIK  <b>MANSUR HIDAYAT</b> S.E.M.			DITETAPILAH OLEH PENGGUNA JASA  <b>GITA PRIYAMBADA</b> KEPALA PROYEK			DITETAPILAH OLEH PENGGUNA JASA  <b>F. JONI MARYANTO</b> HIGHWAY ENGINEER			DITETAPILAH OLEH PENGGUNA JASA  <b>F. PRIYONGGO DS</b> GEODETIC ENGINEER			DITETAPILAH OLEH PENGGUNA JASA  <b>SOLIHIN</b> PEMIMPIN PROYEK			JUDUL GAMBAR POTONGAN MELINTANG MAINROAD			REVISI GAMBAR : Rev.0			NOMOR GAMBAR : XS.103+650-675		
				PENGGUNA JASA			KONSULTAN PENGAWASAN TEKNIK			PENYEDIA JASA			LOKASI Sta. 86+250-106+650			REVISI GAMBAR : Rev.0			NOMOR GAMBAR : XS.103+650-675											

**MASTER**



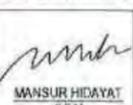
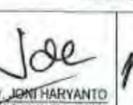
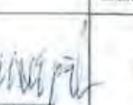
Datum Elev. 8.00													
ELEVASI EKSTING	9.921	9.953	9.967	9.942	9.873	9.886	9.549	9.829	9.865	9.887	9.835	9.373	9.843
JARAK (m)	-30.30	-25.00	-20.00	-15.00	-10.00	-5.00	0.00	5.00	10.00	15.00	20.00	25.00	30.20

103+650

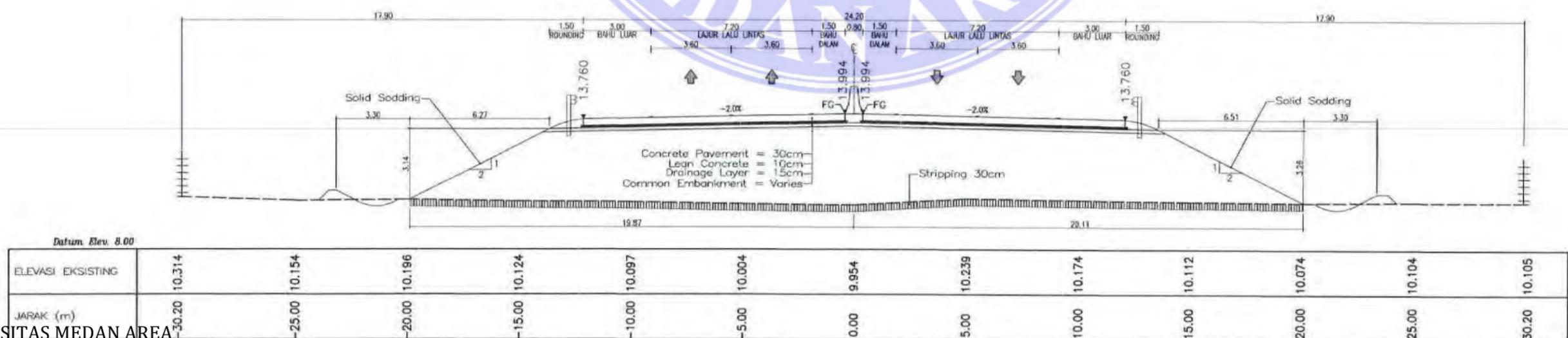
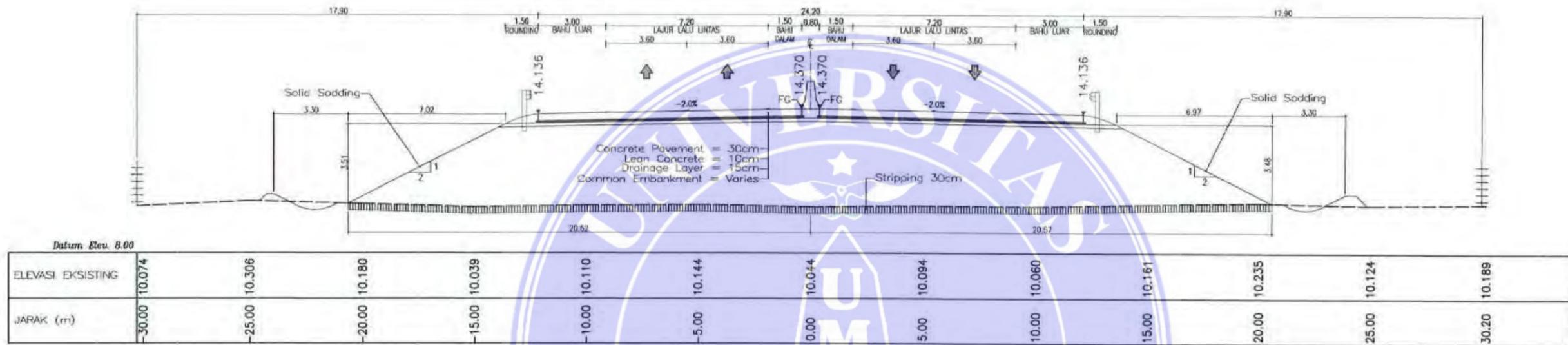


Datum Elev. 8.00													
ELEVASI EKSTING	10.124	10.071	10.311	10.126	10.257	10.214	10.309	10.291	10.240	10.126	10.034	10.077	10.120
JARAK (m)	-30.20	-25.00	-20.00	-15.00	-10.00	-5.00	0.00	5.00	10.00	15.00	20.00	25.00	30.20

103+675

 PT HUTAMA MARGA WASKITA	 PT BINA KARYA, PT INDIRA KARYA, PT ESKAPINDO MATRA JO	 Inovasi untuk Solusi PT. HUTAMA KARYA (PERSERO)	<b>Jalan Tol Tebing Tinggi....</b> <b>PEMBANGUNAN JALAN TOL</b> <b>TEBING TINGGI- KISARAN (TAHAP 1)</b> <b>RUAS TEBING TINGGI - INDRAPURA</b> <b>(STA. 86+250 - STA.106+650)</b>	IBUJUKAN OLEH PENYEDIA JASA			DIPERIKSA DAN DISETUI OLEH KONSULTAN PENGAWASAN TEKNIK			DIKETAHUI OLEH PENGGUNA JASA		JUDUL GAMBAR: <b>POTONGAN MELINTANG</b> <b>MAINROAD</b>	<b>SHOP DRAWING</b>	
				PENGUNA JASA	KONSULTAN PENGAWASAN TEKNIK	PENYEDIA JASA	 SUNARTO DRAFTER	 MANSUR HIDAYAT S.E.M	 GITA PRIYAMBADA KEPALA PROYEK	 I. JONHARYANTO HIGHWAY ENGINEER	 I. PRIYONGGO DS GEODETIC ENGINEER	 TEAM LEADER	 SOLIHIN PEMIMPIN PROYEK	REVISI GAMBAR
LOKASI: Sta. 86+250-106+650											Rev.0	XS.103+700-725		

MASTER



UNIVERSITAS MEDAN AREA

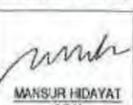
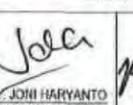
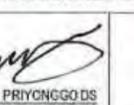
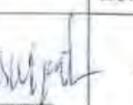
© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang

1. Dilarang Mengutip sebagian atau seluruh dokumen ini tanpa mencantumkan sumber
2. Pengutipan hanya untuk keperluan pendidikan, penelitian dan penulisan karya ilmiah
3. Dilarang memperbanyak sebagian atau seluruh karya ini dalam bentuk apapun tanpa izin Universitas Medan Area

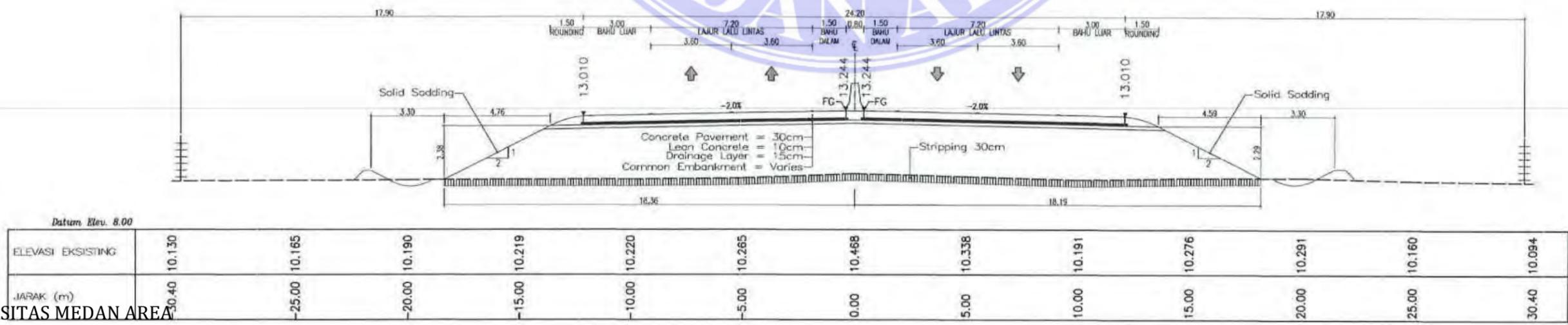
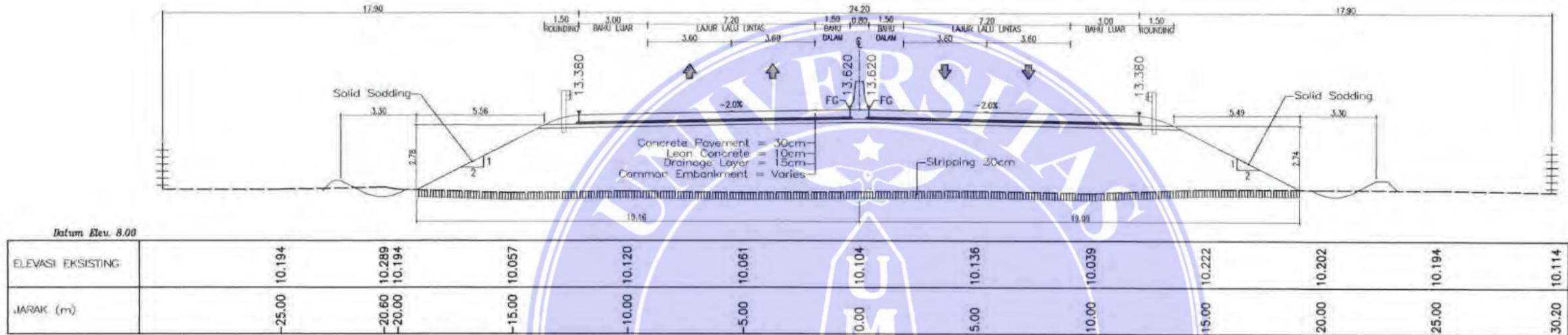
103+725

Document Accepted 15/12/21

Access From (repository.uma.ac.id)15/12/21

 PT. HUTAMA MARGA WASKITA PENGGUNA JASA	 PT. BINA KARYA, PT. INDRAL KARYA, PT. ESKAPINDO MATRA JO KONSULTAN PENGAWASAN TEKNIK	 Inovasi untuk Solusi PT. HUTAMA KARYA (PERSERO) PENYEDIA JASA	DIAJUKAN OLEH PENYEDIA JASA  SUNARTO DRAFTER Tgl:			DIPERIKSA DAN DISETUJUI OLEH KONSULTAN PENGAWASAN TEKNIK  MANSUR HIDAYAT S.E.M. Tgl:			DOKETAHIR OLEH PENGGUNA JASA  GITA PRIYAMBADA KEPALA PROYEK Tgl:			 YONI HARYANTO HIGHWAY ENGINEER Tgl:			 I. PRIYONGGO D.S. GEODETIC ENGINEER Tgl:			 TEAM LEADER Tgl:			 S. O. L. H. I. N. PEMIMPIN PROYEK Tgl:			JUDUL GAMBAR: POTONGAN MELINTANG MAINROAD LOKASI: Sta. 86+250-106+650			<b>SHOP DRAWING</b> REVISI GAMBAR: Rev.0 NOMOR GAMBAR: XS.103+750-775		

MASTER



UNIVERSITAS MEDAN AREA

© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang  
 1. Dilarang Mengutip sebagian atau seluruh dokumen ini tanpa mencantumkan sumber  
 2. Pengutipan hanya untuk keperluan pendidikan, penelitian dan penulisan karya ilmiah  
 3. Dilarang memperbanyak sebagian atau seluruh karya ini dalam bentuk apapun tanpa izin Universitas Medan Area

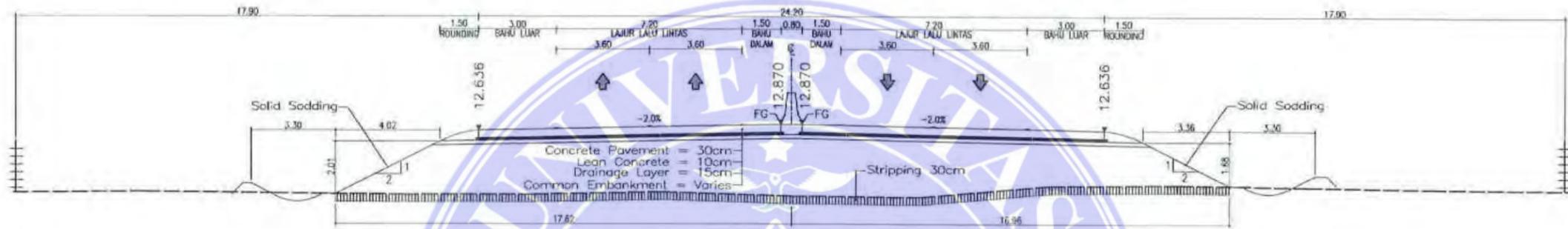
103+775

Document Accepted 15/12/21

Access From (repository.uma.ac.id)15/12/21

 FT. HUTAMA MARGA WASKITA	 PT. BINA KARYA, PT. HIDRA KARYA, PT. ESKAPINDO MATRA, JO	 Inovasi untuk Solusi PT. HUTAMA KARYA (PERSERO)	<b>Jalan Tol Tebing Tinggi....</b> <b>PEMBANGUNAN JALAN TOL</b> <b>TEBING TINGGI- KISARAN (TAHAP 1)</b> <b>RUAS TEBING TINGGI - INDRAPURA</b> <b>(STA. 86+250 - STA.106+650)</b>	DIANJUKAN OLEH PENYEDIA JASA			DIPERIKSA DAN DISETUJUI OLEH KONSULTAN/PENGAWASAN TEKNIK			DIKETAHUI OLEH PENGGUNA JASA		JUDUL GAMBAR: <b>POTONGAN MELINTANG</b> <b>MAINROAD</b>	<b>SHOP DRAWING</b>	
				SUNARYO DRAFTER	MANSUR HIDAYAT S.E.M.	GITA PRIYAMBADA KEPALA PROYEK	I. JONI HARYANTO HIGHWAY ENGINEER	I. PRIYONGGO DS GEODETIC ENGINEER	TEAM LEADER	SOLIHIN PENYEMERIN PROYEK	REVISI GAMBAR: Rev.0	NOMOR GAMBAR: XS.103+800-825		
PENGGUNA JASA	KONSULTAN PENGAWASAN TEKNIK	PENYEDIA JASA									LOKASI: Sta. 86+250-106+650			

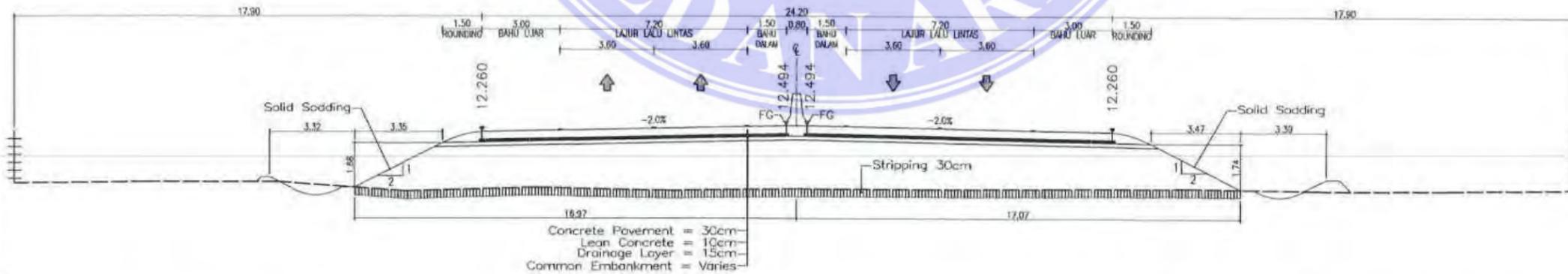
MASTER



Datsum Elev. 8.00

ELEVASI EKSTING	10.243	10.280	10.218	10.171	10.178	10.266	10.118	10.073	10.511	10.553	10.480	10.412	10.379
JARAK (m)	-30.10	-25.00	-20.00	-15.00	-10.00	-5.00	0.00	5.00	10.00	15.00	20.00	25.00	30.40

103+800



Datsum Elev. 6.00

ELEVASI EKSTING	10.310	10.360	10.363	10.005	10.148	10.037	10.099	10.075	10.099	10.124	10.052	10.068	10.132
JARAK (m)	0.00	-25.00	-20.00	-15.00	-10.00	-5.00	0.00	5.00	10.00	15.00	20.00	25.00	30.20

103+825

UNIVERSITAS MEDAN AREA

© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang

1. Dilarang Mengutip sebagian atau seluruh dokumen ini tanpa mencantumkan sumber

2. Pengutipan hanya untuk keperluan pendidikan, penelitian dan penulisan karya ilmiah

3. Dilarang memperbanyak sebagian atau seluruh karya ini dalam bentuk apapun tanpa izin Universitas Medan Area

Document Accepted 15/12/21

Access From (repository.uma.ac.id)15/12/21

