

TUGAS AKHIR

**“ANALISIS PRODUKTIVITAS ALAT BERAT PADA PEKERJAAN
RIGID PAVEMENT PADA PROYEK JALAN TOL TRANS SUMATERA
RUAS INDRAPURA KISARAN STA 2+000 - 3+000”
(STUDI KASUS)**

*Diajukan Untuk Memenuhi Syarat-Syarat Memperoleh
Gelar Sarjana Teknik Sipil Pada Fakultas Teknik
Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara*

Disusun Oleh :

HENDRI GUSMALA
1907210125



UMSU

Unggul | Cerdas | Terpercaya

**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA
MEDAN
2024**

LEMBAR PERSETUJUAN PEMBIMBING

Tugas Akhir ini diajukan oleh:

Nama : Hendri Gusmala

NPM : 1907210125

Program Studi : Teknik Sipil

Judul Skripsi : Analisis Produktivitas Alat Berat Pada Pekerjaan Rigid Pavement Pada Proyek Jalan Tol Trans Sumatera Ruas Indrapura Kisaran STA 2+000 - 3+000

DISETUJUI UNTUK DISAMPAIKAN KEPADA
PANITIA UJIAN SKRIPSI

Medan, 21 Februari 2024

Dosen Pembimbing



Ir. Zurkiyah, MT

HALAMAN PENGESAHAN

Tugas Akhir ini diajukan oleh:

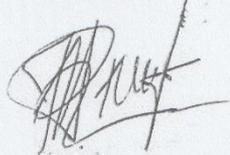
Nama : Hendri Gusmala
NPM : 1907210125
Program Studi : Teknik Sipil
Judul Skripsi : Analisis Produktivitas Alat Berat Pada Pekerjaan Rigid Pavement Pada Proyek Jalan Tol Trans Sumatera Ruas Indrapura Kisaran STA 2+000 - 3+000
Bidang Ilmu : Transportasi

Telah berhasil di pertahankan di hadapan Tim Penguji dan di terima sebagai salah satu syarat yang diperlukan untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.

Medan, 21 Februari 2024

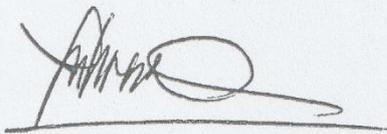
Mengetahui dan menyetujui:

Dosen Pembimbing I / Penguji



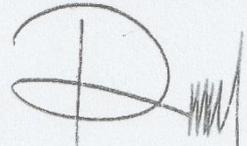
Ir. Zurkiyah, MT

Dosen Pembanding I / Penguji



Assoc. Prof Dr Fahrizal Z.M.Sc

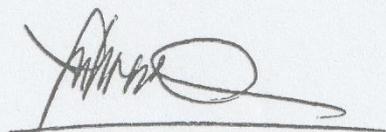
Dosen Pembanding II / Penguji



Fetra Venny Riza, S.T., M.Sc, Ph.D.

Program Studi Teknik Sipil

Ketua.



Assoc. Prof Dr Fahrizal Z.M.Sc

HALAMAN PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Hendri Gusmala
Tempat/Tanggal Lahir : Kisaran, 25 Agustus 2000
NPM : 1907210125
Fakultas : Teknik
Program Studi : Teknik Sipil

Menyatakan dengan sesungguhnya dan sejujurnya, bahwa laporan Tugas Akhir saya yang berjudul:

“Analisis Produktivitas Alat Berat Pada Pekerjaan Rigid Pavement Pada Proyek Jalan Tol Trans Sumatera Ruas Indrapura Kisaran STA 2+000 - 3+000”

Bukan merupakan plagiarisme, pencurian hasil karya milik orang lain, hasil kerja orang lain untuk kepentingan saya karena hubungan material dan non material, ataupun segala kemungkinan lain, yang pada hakekatnya bukan merupakan karya tulis Tugas Akhir saya secara orisinal dan otentik.

Bila kemudian hari diduga kuat ada ketidaksesuaian antara fakta dengan kenyataan ini, saya bersedia diproses oleh tim Fakultas yang dibentuk untuk melakukan verifikasi, dengan sanksi terberat berupa pembatalan kelulusan/kesarjanaan saya.

Demikian Surat Pernyataan ini saya buat dengan kesadaran sendiri dan tidak atas tekanan ataupun paksaan dari pihak manapun demi menegakkan integritas akademik di Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.

Medan, 21 Februari 2024

Saya yang menyatakan,



Hendri Gusmala

ABSTRAK

“ANALISIS PRODUKTIVITAS ALAT BERAT PADA PEKERJAAN RIGID PAVEMENT PADA PROYEK JALAN TOL TRANS SUMATERA RUAS INDRAPURA KISARAN STA 2+000 - 3+000” (Studi Kasus)

Hendri Gusmala
1907210125
Ir. Zurkiyah, MT

Pemeliharaan jalan merupakan salah satu cara agar jalan tetap dalam kondisi yang baik walaupun tidak semula. Pembangunan Jalan Tol ini sangat bermanfaat untuk memperlancar laju perekonomian. Pemilihan dan penentuan alat yang tepat agar peralatan dapat beroperasi secara efektif. Penelitian ini menggunakan teori produktivitas alat berat, penentu jenis dan jumlah alat sesuai dengan medan lokasi, jenis tanah yang akan digali dan dipadatkan. Dalam pekerjaan konstruksi tersebut, apabila tenaga mesin atau alat berat seperti *excavator*, *bulldozer*, *concrete paver*, dan *dump truck* dalam proses galian dan timbunan pada tanah. Komposisi alat berat yang dipakai akan mempengaruhi jumlah alat dan waktu pekerjaan alat berat yang optimum pada pelaksanaan pekerjaan tanah jalan tol sepanjang 1000 meter pada STA 2+000 - 3+000, jam kerja alat berat menggunakan jam kerja normal yaitu 10 jam, metode perhitungan yang dilakukan dengan cara trial dan error. Deskripsi data yang akan disajikan dari hasil penelitian ini adalah untuk memberikan gambaran secara umum mengenai data yang diperoleh di lapangan berupa data volume pekerjaan galian tanah (*excavating*), dan pekerjaan pemadatan tanah dan sub balas (*compacting*). Spesifikasinya disesuaikan dengan penggunaan alat berat di lapangan. Dari analisis yang dilakukan, maka didapatkan hasil membutuhkan 1 unit *excavator* 204,6 jam, 1 unit *bulldozer* 108 jam, 1 unit *motor grader* 63,8 jam, dan 2 unit *dump truck* 29 jam.

Kata Kunci: Galian, timbunan, alat berat, produktivitas

ABSTRACT

**"ANALYSIS OF HEAVY EQUIPMENT PRODUCTIVITY ON RIGID
PAVEMENT WORK ON THE TRANS SUMATERA TOLL ROAD PROJECT
FOR INDRAPURA SECTION KISARAN STA 2+000 - 3+000"
(Case Study)**

Hendri Gusmala
1907210125
Ir. Zurkiyah, MT

Road maintenance is one way to keep roads in good condition, even if they are not as good as they used to be. The construction of this toll road is very useful for accelerating the economy. Selection and determination of the right tools so that the equipment can operate effectively. This research uses the theory of heavy equipment productivity, determining the type and number of tools according to the terrain of the location, the type of soil to be excavated and compacted. In construction work, when machines or heavy equipment such as excavators, bulldozers, concrete paver and dump trucks are in the process of excavating and filling the ground. The composition of the heavy equipment used will influence the number of tools and the optimum heavy equipment work time for carrying out earthworks on a 1000 meter long toll road at STA 2+000 - 3+000, heavy equipment working hours using normal working hours, namely 10 hours, the calculation method used done by trial and error. The description of the data that will be presented from the results of this research is to provide a general overview of the data obtained in the field in the form of data on the volume of earth excavation work (excavating), and soil compaction and sub ballast (compacting) work. The specifications are adjusted to the use of heavy equipment in the field. From the analysis carried out, the results obtained required 1 units of excavators for 204,6 hours, 1 units of bulldozers for 108 hours, 1 unit of motor grader for 63,8 hours, and 2 units of dump trucks for 29 hours.

Keywords: excavation, embankment, heavy equipment, productivity

KATA PENGANTAR



Assalamu'Alaikum Warahmatullahi Wabarakatuh.

Alhamdulillahirabbil'alamin, segala puji dan syukur penulis ucapkan kehadiran Allah SWT yang telah memberikan karunia dan nikmat yang tiada terkira. Salah satu dari nikmat tersebut adalah keberhasilan penulis dalam menyelesaikan laporan Tugas Akhir ini yang “Analisis Produktivitas Alat Berat Pada Pekerjaan Rigid Pavement Pada Jalan Tol Trans Sumatera Ruas Indrapura Kisaran STA 2+000 - 3+000 (Studi Kasus)” sebagai syarat untuk meraih gelar akademik Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara (UMSU), Medan. Banyak pihak telah membantu dalam menyelesaikan laporan Tugas Akhir ini, untuk itu penulis menghaturkan rasa terimakasih yang tulus dan dalam kepada:

1. Ibu Ir. Zurkiyah, M.T, selaku Dosen Pembimbing yang telah banyak membimbing dan mengarahkan penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.
2. Bapak Assoc. Prof Dr Fahrizal Z.M.Sc, selaku Dosen Pembimbing I yang telah banyak memberikan koreksi dan masukan kepada penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.
3. Ibu Fetra Venny Riza, S.T., M.Sc, Ph.D, selaku Dosen Pembimbing II sekaligus Ketua Program Studi Teknik Sipil, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
4. Ibu Rizki Efrida, S.T., M.T. selaku Sekretaris Program Studi Teknik Sipil, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
5. Bapak Munawar Alfansury Siregar S.T., M.T. selaku Dekan Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
6. Seluruh Bapak/Ibu Dosen di Program Studi Teknik Sipil, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara yang telah banyak memberikan ilmu ketekniksipilan kepada penulis.
7. Bapak/Ibu Staf Administrasi di Biro Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.

8. Terimakasih yang teristimewa sekali kepada Ayahanda Burhanuddin dan Ibunda Nurmala yang telah bersusah payah mendidik dan membiayai saya serta menjadi penyemangat saya serta senantiasa mendoakan saya sehingga penulis dapat menyelesaikan studinya.
9. Sahabat - sahabat penulis: yaitu Teknik Sipil 2019, keluarga C1 pagi Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.

Saya menyadari bahwa Tugas Akhir ini masih jauh dari kesempurnaan untuk itu penulis berharap kritik dan masukan yang konstruktif untuk menjadi bahan pembelajaran berkesinambungan penulis di masa depan.

Akhir kata saya mengucapkan terima kasih dan rasa hormat yang sebesar - besarnya kepada semua pihak yang telah membantu dalam penyelesaian tugas akhir ini. Semoga Tugas Akhir bisa memberikan manfaat bagi kita semua terutama bagi penulis dan juga bagi teman - teman mahasiswa Teknik Sipil khususnya. Aamiin.

Wassalamu'Alaikum Warahmatullahi Wabarakatuh.

Medan, Februari 2024

Saya yang menyatakan,

Hendri Gusmala
1907210125

DAFTAR ISI

LEMBAR PERSETUJUAN PEMBIMBING	i
LEMBAR PENGESAHAN	ii
LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR	iii
ABSTRAK	iv
<i>ABSTRACT</i>	v
KATA PENGANTAR	vi
DAFTAR ISI	viii
DAFTAR TABEL	xi
DAFTAR GAMBAR	xii
BAB 1 PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang	3
1.2. Rumusan Masalah	3
1.3. Ruang Lingkup Penelitian	3
1.4. Tujuan Penelitian	4
1.5. Manfaat Penelitian	4
1.6. Sistematika Penulisan	4
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA	6
2.1. Kajian Teori	6
2.2. Proyek Kontruksi	7
2.3. Jenis dan Fungsi Perkerasan	8
2.3.1. Perkerasan Kaku (<i>Rigid Pavement</i>)	8
2.3.2. Metode Perencanaan Perkerasan Kaku (<i>Rigid Pavement</i>)	9
2.3.3. Komponen Konstruksi Perkerasan Kaku	10
2.4. Pekerjaan Pematangan Lahan	12
2.4.1. Pembersihan Lahan (<i>Land Clearing</i>)	12
2.4.2. Galian dan Timbunan (<i>Cut and Fill</i>)	13
2.5. Karakteristik Tanah	15
2.5.1. Sifat - Sifat Tanah	15
2.5.2. Macam Pekerjaan Tanah	17

2.6. Waktu Siklus	18
2.7. Manajemen Alat	19
2.7.1. Efisiensi Alat	20
2.7.2. Produktivitas dan Durasi Pekerjaan	21
2.8. Deskripsi Alat Berat	22
2.9. Jenis - Jenis Alat Berat	22
2.9.1. <i>Excavator</i>	23
2.9.2. <i>Bulldozer</i>	23
2.9.3. <i>Concrete Paver</i>	24
2.9.4. <i>Dump Truck</i>	25
2.10. Fungsi dan Cara Kerja Alat Berat	26
2.10.1. Alat Penggali (<i>Excavator/Backhoe</i>)	26
2.10.2. <i>Bulldozer</i>	28
2.10.3. <i>Concrete Paver</i>	30
2.10.4. <i>Dump Truck</i>	31
2.11. Faktor Pemilihan Alat Berat	32
BAB 3 Metode Penelitian	34
3.1. Bagan Alir Penelitian	34
3.2. Lokasi Penelitian	35
3.3. Rencana Penelitian	35
3.4. Pengumpulan Data	36
3.5. Analisis Data	36
3.6. Tahap dan Prosedur Analisa	42
BAB 4 Analisa Data	43
4.1. Deskripsi Data	43
4.2. Data Proyek	43
4.3. Alat yang bekerja pada galian dan timbunan	43
4.4. Analisa perhitungan data di lapangan	43
4.4.1. Perhitungan produksi alat berat	43
4.5. Perhitungan jumlah alat dan lama waktu pekerjaan tanah	48
4.5.1. Pekerjaan tanah yang dipindahkan	48
BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN	50

5.1. Kesimpulan	50
5.2. Saran	50

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN

DAFTAR RIWAYAT HIDUP

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1: Sifat - sifat beberapa macam tanah	16
Tabel 2.2: Konversi tanah	16
Tabel 2.3: Efisiensi kerja alat	21
Tabel 2.4: Waktu gali	28
Tabel 2.5: Waktu putar <i>excavator</i> (detik)	28
Tabel 3.1: Perhitungan Volume Galian	37
Tabel 3.2: Perhitungan Volume Timbunan	39
Tabel 4.1: Perbandingan excavator PC 200 & excavator PC 300	51
Tabel 4.2: Perbandingan bulldozer D31P & bulldozer D31E	53
Tabel 4.3: Perbandingan dump truck 260 JD & dump truck 285 JD	55

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1: Galian dan Timbunan (<i>cut and fill</i>)	14
Gambar 2.2: <i>Excavator</i>	23
Gambar 2.3: <i>Bulldozer</i>	24
Gambar 2.4: <i>Concrete Paver</i>	25
Gambar 2.5: <i>Dump Truck</i>	26
Gambar 3.1: Digaram Alir Penelitian	34
Gambar 3.2: Gambar Lokasi Penelitian	35

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Perkembangan dunia konstruksi mengakibatkan semakin tingginya kebutuhan alat berat pada setiap proyek konstruksi. Pembangunan Jalan Tol Trans Sumatera merupakan salah satu proyek untuk upaya memecah kemacetan di Pulau Sumatera. Pembangunan Jalan Tol Indrapura - Kisaran salah satu proyek pembangunan jalan tol di Pulau Sumatera, selain itu proyek jalan ini merupakan penghubung Kawasan Strategis Pariwisata Nasional (KSPN) Danau Toba.

Badan Pengatur Jalan Tol Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat menyatakan proyek Jalan Tol Seksi 1 - 4 Jalan Tol Kuala Tanjung - Tebing Tinggi - Parapat saat ini progress konstruksinya telah mencapai 57,32 persen. Kepala BPJT Danang Parikesit menjelaskan rencananya seksi 1 - 4 ruas tol ini akan selesai konstruksinya secara bertahap.

Pembangunan jalan tol ini sangat bermanfaat untuk memperlancar laju perekonomian. Pembangunan jalan tol ini terdiri dari enam seksi yaitu Seksi 1 Tebing Tinggi - Indrapura (20,40 km), Seksi 2 Indrapura - Kuala Tanjung (18,05 km). Kemudian Seksi 3 Tebing Tinggi - Serbelawan (30 km), Seksi 4 Serbelawan - Pematang Siantar (28 km). Keempat seksi ini merupakan porsi Badan Usaha Jalan Tol (BUJT) yaitu PT Utama Marga Waskita. Untuk Seksi 5 Pematang Siantar - Seribudolok (22,30 km), Seksi 6 Seribudolok - Parapat (16,70 km) yang merupakan dukungan Pemerintah dan saat ini dalam proses pengajuan Green Book.

Pembangunan jalan tol ini nantinya diharapkan akan memacu pertumbuhan ekonomi Sumatera Utara yang memberikan peningkatan perekonomian daerah dari Medan hingga Parapat. Adapun Jalan Tol Kuala Tanjung - Tebing Tinggi - Parapat sepanjang 143,25 Km merupakan lanjutan dari Jalan Tol Medan - Kualanamu - Tebing Tinggi (MKTT) sepanjang 61,72 Km. Sebelumnya jalan tol Medan -Kualanamu - Tebing Tinggi telah selesai dan terhubung dengan Jalan Tol Belawan - Medan - Tanjung Morawa (Belmera).

Alat berat merupakan faktor penting di dalam proyek - proyek konstruksi dengan skala yang besar maupun kecil. Namun bila skala pekerjaan cukup besar dan membutuhkan kecepatan dalam pelaksanaan pekerjaan, maka pekerjaan tanah tersebut dilakukan dengan secara mekanis atau dengan kata lain menggunakan bantuan tenaga mesin atau peralatan mekanis lainnya (alat - alat berat) (Rosyanti, 2008).

Tujuan dari penggunaan alat berat ini untuk memudahkan pekerjaan dan mengefektivaskan waktu pekerjaan. Dalam pekerjaan tanah yang diperlukan alat berat seperti *excavator*, *bulldozer*, *concrete paver* dan *dump truck*. Penggunaan alat berat sangat diperlukan waktu kerja menjadi efektif. Nilai efektivitas penggunaan alat berat dapat dilihat dari besarnya kapasitas produksi dari alat tersebut. Disamping itu efektivitas pekerjaan tanah juga tidak lepas dari metode pekerjaan dan faktor - faktor yang mempengaruhi pekerjaan tersebut. Dengan demikian, perencanaan penggunaan alat berat dan metode pekerjaannya harus dilakukan secara cermat sehingga waktu pekerjaan dapat dicapai sesuai dengan yang direncanakan (Rosyanti, 2008).

Pemilihan alat berat yang akan digunakan sangat berpengaruh pada pekerjaan galian dan timbunan suatu proyek konstruksi. Kesalahan pemilihan alat berat dapat mengakibatkan proyek tidak berjalan lancar, sehingga dapat mengakibatkan kebutuhan biaya yang akan kelebihan, produktifitas yang kecil dan tenggang waktu yang dibutuhkan untuk pengadaan alat berat yang tidak sesuai bahkan lebih lama (Rosyanti, 2008).

Berdasarkan latar belakang tersebut, maka peneliti melakukan penelitian terhadap produktivitas alat berat pada pekerjaan galian dan timbunan di area proyek tersebut melalui penulisan tugas akhir dengan judul “Analisa Produktivitas Alat Berat Pada Pekerjaan Rigid Pavement Pada Proyek Jalan Tol Trans Sumatera Ruas Indrapura Kisaran STA 2+000 - 3+000”. Terimakasih penulis dapat memberikan kontribusi pada perhitungan produktivitas alat berat secara efektif dan efisien dalam proyek jalan ini.

1.2. Rumusan Masalah

Rumusan masalah dalam tugas akhir ini adalah:

1. Bagaimana menetapkan komposisi jenis alat berat yang digunakan agar produktivitas alat berat mencapai optimal?
2. Berapa lama waktu yang diperlukan untuk menyelesaikan pekerjaan rigid pavement?
3. Perbandingan alat berat dilapangan dengan yang di hitung dengan alat berat type yang lain.

1.3. Ruang Lingkup Penelitian

Batasan permasalahan dalam penelitian ini adalah:

1. Data yang diambil jenis alat berat yang digunakan berupa *excavator*, *bulldozer*, *concrete paver*, *dump truck* dan jam kerja alat berat.
2. Penelitian dilakukan pada pekerjaan tanah yang ditinjau adalah pemindahan, perataan dan pemadatan tanah.
3. Studi kasus pada lokasi yang terletak di Indrapura, yaitu Pembuatan Badan Jalan Tol Indrapura - Kisaran STA 2+000 s/d 3+000
4. Jam kerja alat berat yang ditinjau adalah jam kerja normal dengan waktu 8 jam
5. Kondisi kelayakan alat berat mencapai 80% - 90%.

1.4. Tujuan Penelitian

Penelitian bertujuan untuk:

1. Mendapatkan kinerja *excavator*, *bulldozer*, *concrete paver*, dan *dump truck* digunakan agar seluruh alat berat dapat bekerja maksimal.
2. Untuk mengetahui waktu yang diperlukan untuk menyelesaikan pekerjaan galian dan timbunan.

1.5. Manfaat Penelitian

Manfaat yang didapat dari penelitian ini adalah:

1. Menambah pengetahuan dan pemahaman baik penulis maupun pembaca mengenai jenis alat berat yang dibahas dalam Laporan Tugas Akhir ini.
2. Mengetahui produktivitas alat berat yang digunakan dalam pekerjaan galian dan timbunan pada proyek ini.
3. Menambah wawasan bagi peneliti mengenai optimalisasi pengelolaan alat berat pada pekerjaan galian dan timbunan suatu proyek.
4. Menambah referensi bagi pengamat tentang wacana manajemen proyek alat berat pengelolaan dan pemanfaatan yang lebih baik.

1.6. Sistematika Penulisan

Untuk memudahkan pembahasan dalam penelitian ini, maka sistematika penulisan penelitian disusun dalam lima bab. Adapun sistematika penulisan penelitian adalah sebagai berikut:

BAB 1 PENDAHULUAN

Bab ini memuat latar belakang, rumusan masalah, tujuan, manfaat, dan batasan masalah penelitian serta sistematika penulisan.

BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA

Bab tinjauan pustaka merupakan menguraikan teori yang mendukung judul penelitian, dan mendasari pembahasan secara detail.

BAB 3 METODE PENELITIAN

Bab ini berisikan penjelasan mengenai langkah - langkah pengerjaan skripsi secara detail, dan menjelaskan spesifikasi jenis alat yang dipakai.

BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil dari laporan penelitian berisikan langkah - langkah pengelolaan data secara tahap demi tahap (*step by step*) dalam mengerjakan penelitian.

Pembahasan berisikan penyusunan secara sistematis dan disertai dengan argumentasi yang memiliki dasar referensi dan data - data yang valid.

BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN

Pada bab ini berisikan kesimpulan hasil penelitian dan saran untuk perbaikan sistem pada penelitian yang dibahas.

DAFTAR PUSTAKA

Memuat daftar yang berisi referensi yang digunakan sebagai bahan acuan penulisan laporan.

BAB 2

TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Kajian Teori

Dalam suatu proyek biasanya terjadi beberapa kendala, kendala yang sudah diperhitungkan maupun kendala diluar perhitungan. Kendala menjadi penyebab keterlambatan pekerjaan proyek, sehingga membuat proyek tersebut tidak berlangsung sesuai rencana. Perencanaan pembangunan proyek yang menggunakan alat berat, hal yang harus diperhatikan adalah menghitung kapasitas produksi suatu alat, maka dari itu perlu diketahui perhitungan kapasitas alat secara teoritis serta efisiensi kerja sesuai dengan job site yang bersangkutan, sehingga dapat diperkirakan dengan tepat waktu penyelesaian suatu pekerjaan.

Fungsi dari diselenggarakannya jalan tol menurut UU No.38 tahun 2004 Tentang Jalan Pasal 43 dibagi menjadi empat yaitu:

1. Memperlancar lalu lintas di daerah yang telah berkembang.
2. Meningkatkan hasil guna dan daya pelayanan distribusi barang dan jasa guna menunjang peningkatan pertumbuhan ekonomi.
3. Meringankan beban dana Pemerintah melalui partisipasi pengguna jalan.
4. Meningkatkan lebih lanjut pemerataan hasil pembangunan keadilan.

Syarat - syarat jalan tol menurut UU No.38 tahun 2004 Tentang Jalan Pasal 44:

1. Jalan tol sebagai bagian dari sistem jaringan jalan umum merupakan lintas alternatif.
2. Dalam keadaan tertentu, jalan tol dapat tidak merupakan lintas alternatif.
3. Jalan tol harus mempunyai spesifikasi dan pelayanan yang lebih tinggi dari pada jalan umum yang ada.
4. Ketentuan jalan bebas hambatan mempunyai spesifikasi yang dimaksud adalah tidak ada persimpangan sebidang, pengendalian jalan masuk atau keluar secara penuh, dilengkapi pagar ruang milik jalan, dilengkapi dengan median, paling sedikit mempunyai 2 (dua) lajur setiap jalur, dan lebar lajur peling sedikit 3,5 m.

Menurut (Setiawati, 2013). Dalam menyatakan bahwa keuntungan - keuntungan yang diperoleh dengan menggunakan alat berat antara lain:

- a. Waktu pengerjaan lebih cepat, mempercepat proses pelaksanaan pekerjaan, terutama pada pekerjaan yang sedang dikejar target penyelesaiannya.
- b. Tenaga besar, melaksanakan jenis pekerjaan yang tidak dapat dikerjakan oleh manusia.
- c. Ekonomis, karena alasan efisiensi, keterbatasan tenaga kerja, keamanan dan faktor - faktor ekonomis lainnya.
- d. Mutu hasil kerja lebih baik, dengan memakai peralatan berat, mutu hasil kerja menjadi lebih baik dan presisi.

2.2. Proyek Konstruksi

Proyek konstruksi tanah merupakan material yang selalu berhubungan dengan teknologi konstruksi sipil. Karena besarnya pengaruh tanah terhadap perencanaan seluruh konstruksi, maka tanah menjadi komponen yang sangat penting dalam perencanaan konstruksi.

Jenis pekerjaan tanah yang sudah ditetapkan berdasarkan SNI 2835 (Badan Standarisasi Nasional, 2008), meliputi:

- a. Pekerjaan galian tanah biasa dan tanah keras dalam berbagai kedalaman.
- b. Pekerjaan *stripping* atau pembuangan humus.
- c. Pekerjaan pembuangan tanah.
- d. Pekerjaan urugan kembali, urugan pasir, pemadatan tanah, perbaikan tanah sulit dan urugan sirtu.

Pada umumnya setiap pekerjaan sipil pada konstruksi bangunan apabila diperhitungkan masalah efisiensi waktu dan efektivitas kegiatan pada proyek yang berskala besar, maka perlu dilakukan dengan menggunakan bantuan tenaga mesin atau alat berat.

Konstruksi teknik sipil termasuk dalam proyek konstruksi rekayasa alat berat yang biasanya bersifat infrastruktur. Sebagai contoh proyek ini dapat berupa proyek pengerjaan jalan raya, bendungan, jembatan, rel kerta api, pelabuhan, dan masih banyak lagi. Tergolong proyek skala besar yang membutuhkan teknologi canggih. Keuntungan - keuntungan dengan menggunakan alat - alat berat antara lain waktu

yang sangat cepat, tenaga yang besar dan nilai-nilai ekonomis. Kemajuan teknologi dan material industri saat ini juga mempengaruhi perkembangan kemajuan peralatan (alat - alat berat) akan jenis atau model yang diperlukan mengikuti fungsinya di lapangan.

2.3. Jenis dan Fungsi Perkerasan

Perkerasan jalan adalah campuran antara agregat dan bahan ikat yang digunakan untuk melayani beban lalu lintas. Agregat yang dipakai antara lain adalah batu pecah, batu belah, batu kali dan hasil samping peleburan baja. Sedangkan bahan ikat yang dipakai antara lain adalah aspal, semen dan tanah liat. Berdasarkan bahan pengikatnya, konstruksi perkerasan jalan dapat dibedakan atas:

- a. Kontruksi perkerasan lentur (*flexible pavement*), yaitu perkerasan yang menggunakan aspal sebagai bahan pengikatnya.
- b. Konstruksi perkerasan kaku (*rigid pavement*), yaitu perkerasan yang menggunakan perkerasan semen (*portland cement*) sebagai bahan pengikatnya.
- c. Konstruksi perkerasan komposit (*composite pavement*), yaitu perkerasan kaku yang dikombinasikan dengan perkerasan lentur.

2.3.1. Perkerasan Kaku (*Rigid Pavement*)

Perkerasan kaku/beton didefinisikan sebagai perkerasan yang menggunakan semen (*Portland cement*) sebagai bahan pengikat. Pelat beton dengan atau tanpa tulangan diletakkan diatas tanah dasar dengan atau lapis pondasi bawah. Beban lalu lintas Sebagian besar dipikul oleh pelat beton.

Perkerasan kaku adalah suatu perkerasan yang mempunyai sifat dimana saat pembebanan berlangsung perkerasan tidak mengalami perubahan bentuk, artinya perkerasan tetap seperti kondisi semula sebelum pembebanan berlangsung. Sehingga dengan sifat ini, maka dapat dilihat apakah lapisan permukaan yang terdiri dari pelat beton tersebut akan pecah atau patah. Perkerasan kaku ini biasanya terdiri 2 lapisan yaitu:

- Lapisan permukaan (*surface course*) yang dibuat dengan pelat beton

- Lapisan pondasi (*base course*)

Pada perkerasan kaku ini, lapisan pondasi bisa ada atau tidak ada pada suatu struktur perkerasan, sebab bila kondisi tanah dasar atau tanah asli baik maka pelat beton ini dapat langsung diletakkan diatas tanah dasar atau tanah asli. Lapisan beton dibuat untuk memikul beban yang bekerja diatasnya, dan meneruskannya ke lapisan pondasi.

2.3.2. Metode Perencanaan Perkerasan Kaku (*Rigid Pavement*)

Perencanaan dengan metode Bina Marga (2013) ini merupakan perkerasan yang terdiri atas pelat beton semen yang bersambung (tidak menerus) tanpa atau dengan tulangan, atau menerus dengan tulangan, terletak diatas lapis pondasi bawah atau tanah dasar, tanpa atau dengan lapis permukaan beraspal. Perkerasan beton semen juga mampu menahan beban yang jauh lebih besar dari perkerasan lentur. Perkerasan beton semen dibedakan menjadi 4 bagian:

- a. Perkerasan beton semen bersambung tanpa tulangan,
- b. Perkerasan beton semen bersambung dengan tulangan,
- c. Perkerasan beton semen menerus dengan tulangan,
- d. Perkerasan beton pra tegang.

Perkerasan beton semen juga harus memenuhi fungsi yang mendukung perencanaan pada hal ini, fungsi tersebut ialah:

- a. Mereduksi tegangan yang terjadi pada tanah dasar (akibat beban lalu lintas) sampai batas - batas yang masih mampu dipikul tanah dasar tersebut.
- b. Mampu mengatasi pengaruh kembang susut dan penurunan kekuatan tanah dasar, serta pengaruh cuaca dan lingkungan.

Faktor - faktor yang perlu diperhatikan adalah kadar air pemadatan, kepadatan dan perubahan kadar air selama masa pelayanan. Lapis pondasi bawah pada perkerasan beton semen adalah bukan merupakan bagian utama yang memikul beban, tetapi merupakan bagian yang berfungsi sebagai berikut:

- a. Mengendalikan pengaruh kembang susut tanah dasar,
- b. Mencegah intrusi dan pemompaan pada sambungan, retakan dan tepi - tepi pelat,

- c. Memberikan dukungan yang mantap dan seragam pada pelat,
- d. Sebagai perkerasan lantai kerja selama pelaksanaan.

Pelat beton semen mempunyai sifat yang cukup kaku serta dapat menyebarkan beban pada bidang yang luas dan menghasilkan tegangan yang rendah pada lapisan - lapisan dibawahnya. Permukaan perkerasan beton semen dapat dilapisi dengan lapis campuran beraspal setebal 5 cm.

2.3.3. Komponen Konstruksi Perkerasan Kaku

Pada konstruksi perkerasan beton semen, sebagai konstruksi utama adalah berupa satu lapis beton semen mutu tinggi. Sedangkan lapis pondasi bawah (*subbase* berupa *treated subbase* maupun *granular subbase*) berfungsi sebagai konstruksi pendukung atau pelengkap. Adapun komponen konstruksi perkerasan beton semen (*rigid pavement*) adalah sebagai berikut:

- a. Lapisan permukaan (*surface course*)

Lapisan permukaan struktur perkerasan lentur terdiri atas campuran mineral agregat dan bahan pengikat yang ditempatkan sebagai lapisan paling atas dan biasanya terletak diatas lapis pondasi (Program et al., 2020).

Fungsi lapis permukaan antara lain:

- Sebagai bagian perkerasan untuk menahan beban roda
- Sebagai lapisan tidak tembus air untuk melindungi badan jalan dari kerusakan akibat cuaca
- Sebagai lapisan aus (*wearing course*)

Bahan untuk lapis permukaan umumnya sama dengan bahan untuk lapis pondasi dengan persyaratan yang lebih tinggi. Penggunaan bahan aspal diperlukan agar lapisan dapat bersifat kedap air, disamping itu bahan aspal sendiri memberikan bantuan tegangan tarik, yang berarti mempertinggi daya dukung lapisan terhadap beban roda. Pemilihan bahan untuk lapis permukaan perlu mempertimbangkan kegunaan, umur rencana serta pentahapan konstruksi agar dicapai manfaat sebesar - besarnya dari biaya yang dikeluarkan.

b. Lapisan pondasi atas (*base course*)

Lapisan pondasi adalah bagian dari struktur perkerasan lentur yang terletak langsung di bawah lapis permukaan. Lapis pondasi dibangun di atas lapis pondasi bawah atau, jika tidak menggunakan lapis pondasi bawah atau, jika tidak menggunakan lapis pondasi bawah, langsung di atas tanah dasar.

Fungsi lapis pondasi antara lain:

- Sebagai bagian konstruksi perkerasan yang menahan beban roda
- Sebagai perletakan terhadap lapis permukaan

Bahan - bahan untuk lapis pondasi harus cukup kuat dan awet sehingga dapat menahan beban - beban roda. Sebelum menentukan suatu bahan untuk digunakan sebagai bahan pondasi, hendaknya dilakukan penyelidikan dan pertimbangan sebaik - baiknya sehubungan dengan persyaratan teknik.

c. Lapis pondasi bawah (*sub base course*)

Lapis pondasi bawah adalah bagian dari struktur perkerasan lentur yang terletak antara tanah dasar dan lapis pondasi. Biasanya terdiri atas lapisan dari material berbutir (*granular material*) yang dipadatkan, distabilisasi ataupun tidak, atau lapisan tanah yang distabilisasi.

Fungsi lapis pondasi bawah antara lain:

- Sebagai bagian dari konstruksi perkerasan untuk mendukung dan menyebar beban roda,
- Mencapai efisiensi penggunaan material yang relative murah agar lapisan - lapisan di atasnya dapat dikurangi ketebalannya (*penghematan biaya konstruksi*),
- Mencegah tanah dasar masuk kedalam lapis pondasi,
- Sebagai lapis pertama agar pelaksanaan konstruksi berjalan lancar, lapis pondasi bawah diperlukan sehubungan dengan terlalu lemahnya daya dukung tanah dasar terhadap roda - roda alat berat (*terutama pada saat pelaksanaan konstruksi*) atau karena kondisi lapangan yang memaksa harus segera menutup tanah dasar dari pengaruh cuaca.

d. Lapisan tanah dasar (*subgrade*)

Tanah dasar (*subgrade*) adalah merupakan permukaan dasar untuk perletakan bagian - bagian perkerasan lainnya. Kekuatan dan keawetan maupun tebal dari lapisan konstruksi perkerasan jalan sangat tergantung dari sifat - sifat dan daya dukung tanah dasar ini. Tanah dasar ini dapat terbentuk dari tanah asli yang dipadatkan (pada daerah galian) ataupun tanah timbun yang dipadatkan (pada daerah urugan). Mutu dan daya tahan konstruksi perkerasan jalan adalah tanah dasar yang berasal dari lokasi itu sendiri serta kemampuan mempertahankan perubahan volume selama masa pelayanan walaupun terdapat perbedaan kondisi lingkungan dan jenis tanah setempat.

Persoalan tanah dasar yang sering ditemui antara lain:

- Perubahan bentuk tetap (deformasi permanen) dari jenis tanah tertentu sebagai akibat beban lalu lintas,
- Sifat mengembang dan menyusut dari tanah tertentu akibat perubahan kadar air,
- Daya dukung tanah tidak merata dan sukar ditentukan secara pasti pada daerah dan jenis tanah yang sangat berbeda sifat dan kedudukannya, atau akibat pelaksanaan konstruksi,
- Lendutan dan lendutan balik selama dan sesudah pembebanan lalu lintas untuk jenis tanah tertentu,
- Tambahan pemadatan akibat pembebanan lalu lintas dan penurunan yang diakibatkannya, yaitu pada tanah dasar (*granular soil*) yang tidak dipadatkan secara baik pada saat pelaksanaan konstruksi.

2.4. Pekerjaan Pematangan Lahan

Pekerjaan pematangan lahan adalah serangkaian tanah yang bertujuan untuk menata kondisi lahan agar sesuai dengan perencanaan pada kegiatan konstruksi. Beberapa pekerjaan yang dilakukan dalam rangka pematangan lahan, antara lain:

2.4.1. Pembersihan Lahan (*Land Clearing*)

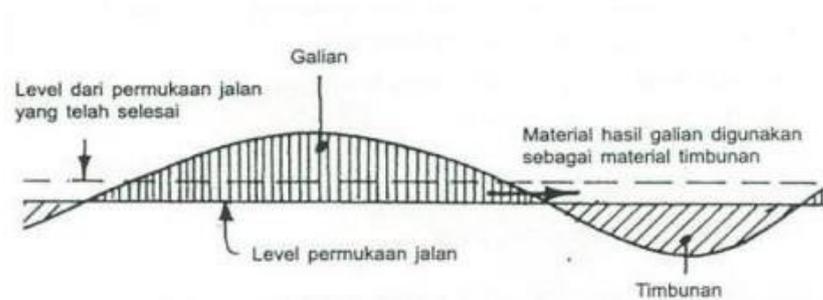
Pada proses pengerjaan pembersihan lahan, hal yang umum dilakukan adalah meliputi:

- a. *Underbrushing* adalah sebuah kegiatan yang lebih menjerus kepada pembabatan pepohonan yang berdiameter maksimum 30 cm dengan tujuan pembabatan pepohonan yang lebih besar.
- b. *Cutting* adalah kegiatan penumbangan pepohonan yang berdiameter lebih dari 30 cm. Dalam spesifikasi pekerjaan yang tersedia, biasanya disebutkan persyaratan tertentu, misalnya pohon harus ditumbangkan berikut tunggul (bonggohnya) dengan mengupayakan kerusakan top soil sekecil mungkin, kayu - kayu yang produktif harus dipotong menjadi 2 atau 4 bagian nantinya dapat dimanfaatkan bagi keperluan lainnya.
- c. *Pilling* adalah kegiatan pengumpulan kayu - kayu yang kemudian dikumpulkan menjadi tumpukan - tumpukan kayu pada jarak tertentu. Perlu diperhatikan adanya jalur tumpukan yang sesuai dengan arah angin.
- d. *Burning* adalah kegiatan pembakaran kayu - kayu yang telah ditumbangkan dan cukup kering dengan tidak melalaikan kayu - kayu yang dapat dimanfaatkan dalam spesifikasi pekerjaan umumnya diharuskan abu sisa pembakaran disebar dengan rata untuk menambah kesuburan tanah.

2.4.2. Galian dan Timbunan (*Cut and Fill*)

Proses galian dan timbunan adalah proses pengerjaan tanah dengan cara menggali sejumlah massa tanah untuk kemudian ditimbun ditempat lain. Pada suatu proyek konstruksi, pekerjaan galian dan timbunan tanah (*cut and fill*) hampir tidak pernah dapat dihindarkan. Hal tersebut diakibatkan adanya perbedaan letak permukaan tanah asli dan permukaan tanah rencana yang disebabkan topografi daerah yang berbeda - beda (Pratama, 2020). Kedua proses galian dan timbunan (*cut and fill*) dilakukan di satu lokasi yang menjadi target pengerjaan. Pekerjaan galian dan timbunan (*cut and fill*) memerlukan perencanaan sehingga jumlah tanah yang dibuang atau diambil di tempat lain minimal sehingga mengurangi biaya transportasi. Perencanaan pekerjaan galian dan timbunan (*cut and fill*) biasanya dilakukan setelah melakukan pengukuran pada lahan sehingga diperoleh peta situasi yang dilengkapi dengan garis - garis kontur atau diperoleh langsung dari

lapangan melalui pengukuran sipat datar profil melintang sepanjang koridor jalur proyek atau bangunan.



Gambar 2.1: Galian dan Timbunan (*cut and fill*)

Pada konstruksi jalan baru, galian dan timbunan mengacu pada penggalian yang perlu dilakukan agar diperoleh level pembentukan dari jalan baru, material galian ini kemudian ditempatkan pada daerah di dekatnya yang membutuhkan, yaitu daerah timbunan. Sedangkan timbunan yang dimaksud di sini adalah daerah level pembentukan jalan yang lebih tinggi daripada permukaan tanah asli.

Pada desain jalan yang ideal, volume material hasil galian sama dengan volume material yang diperlukan untuk menimbun. Perlu diperhatikan agar material yang diperlukan untuk timbunan merupakan material yang cocok sebagai bahan timbunan. Tanah gembur sebaiknya ditumpuk di suatu tempat sampai timbunan selesai. Tanah gembur tadi kemudian di gunakan sebagai penutup, baik pada lereng galian maupun timbunan.

Perencanaan yang teliti untuk menggunakan peralatan dari hasil suatu pemeriksaan lapangan (*survey*) yang cermat dan menggunakan peralatan baik akan menghasilkan daya guna yang tinggi dan daya guna hasil yang baik, selain itu perencanaan merupakan hal yang sangat penting dari pelaksanaan untuk mencapai produksi yang diinginkan.

Adapun faktor - faktor yang perlu diperhatikan dalam pemilihan penggunaan alat berat adalah sebagai berikut (Rosyanti, 2008):

1. Lokasi dan jenis pekerjaan yang akan dilaksanakan,
2. Fungsi dan jenis alat berat yang akan digunakan, seperti untuk menggali, mengangkut, menggusur, meratakan

3. Tenaga dan kapasitas alat berat
4. Metode dan cara operasional alat berat
5. Biaya peralatan berupa biaya kepemilikan dan operasional alat berat.

2.5. Karakteristik Tanah

Tanah (soil) merupakan bagian dari pekerjaan konstruksi yang harus diperhatikan karena tanah adalah elemen utama pendukung struktur dalam dunia konstruksi. Beberapa jenis tanah mungkin cocok digunakan dalam keadaan aslinya, sementara yang lain harus digali, diproses dan dipadatkan agar memenuhi tujuannya. Pengetahuan mengenai sifat - sifat, karakteristik dan perilaku tanah sangat penting bagi para pelaku proses konstruksi yang melibatkan penggunaan tanah. Sebelum membahas penanganan tanah atau menganalisa persoalan-persoalan mengenai pekerjaan tanah diperlukan sekali pengenalan lebih lanjut mengenai beberapa sifat - sifat fisik tanah. Sifat - sifat ini berpengaruh langsung atas mudah atau sulitnya penanganan tanah, pemilihan peralatan dan laju produksi peralatan.

2.5.1. Sifat - Sifat Tanah

Sebelum pekerjaan tanah dilaksanakan, terlebih dahulu harus diketahui sifat dari tanah tersebut. Sifat - sifat tanah sehubungan dengan pekerjaan pemindahan, penggusuran dan pemampatan perlu diketahui, karena tanah yang sudah dikerjakan akan mengalami perubahan dalam volume dan kepadatannya. Keadaan tanah yang mempengaruhi volume antara lain:

- a. Keadaan asli (*insitu*), yaitu keadaan material yang masih alami dan belum mengalami gangguan teknologi (lalu lalang peralatan, digali, dipindahkan, diangkut dan dipadatkan)
- b. Keadaan gembur (*loose*), yaitu material yang telah digali dari tempat asalnya (kondisi asli). Tanah akan mengalami perubahan volume yaitu mengembang dikarenakan adanya penambahan rongga udara di antara butiran-butiran material.
- c. Keadaan padat (*compact*), keadaan ini akan dialami oleh material yang mengalami proses pemadatan (pemampatan), di mana volume akan

menyusut. Perubahan volume terjadi dikarenakan adanya penyusutan rongga udara diantara partikel - partikel tanah tersebut.

Tabel 2.1: Sifat - sifat beberapa macam tanah (Haryanto. Y. W dan Hendra. S. D)

No	Jenis Tanah	<i>Sweel (%)</i>	<i>Load Factor</i>
1	Lempung alami	38	0,72
2	Lempung berikil kering	36	0,73
3	Lempung berikil basah	33	0,73
4	Tanah biasa baik kering	24	0,81
5	Tanah biasa baik basah	26	0,79
6	Kerikil	14	0,88
7	Pasir kering	11	0,90
8	Pasir basah	12	0,89
9	Batu	62	0,61

Sifat - sifat tanah seperti tersebut di atas dipengaruhi oleh keadaan tanah asli tersebut, karena bila tanah dipindahkan dari tempat aslinya, selalu akan terjadi perubahan isi dan kepadatannya dari keadaan yang asli. Oleh sebab itu dari data - data tanah di atas dapat dikonversikan sebagai berikut pada tabel 2.2 Konversi tanah:

Tabel 2.2: Konversi Tanah (Rochmanhandi)

Jenis Tanah	Kondisi Tanah Semula	Kondisi Tanah Yang Akan		
		Asli	Lepas	Padat
Pasir	(A)	1,00	1,11	0,95
	(B)	0,90	1,00	0,86
	(C)	1,05	1,17	1,00
Batuan Hasil Peledakan	(A)	1,00	1,80	1,30
	(B)	0,56	1,00	0,72
	(C)	0,77	1,38	1,00

Tabel 2.2: *Lanjutan*

Jenis Tanah	Kondisi Tanah Semula	Kondisi Tanah Yang Akan		
		Asli	Lepas	Padat
Tanah biasa	(A)	1,00	1,25	0,90
	(B)	0,70	1,00	0,72
	(C)	1,11	1,39	1,00
Tanah liat	(A)	1,00	1,25	0,90
	(B)	0,70	1,00	0,63
	(C)	1,11	1,59	1,00
Tanah campur kerikil	(A)	1,00	1,18	1,08
	(B)	0,85	1,00	0,91
	(C)	0,93	1,09	1,00
Kerikil	(A)	1,00	1,13	1,03
	(B)	0,88	1,00	0,91
	(C)	0,97	1,10	1,00
Kerikil kasar	(A)	1,00	1,42	1,29
	(B)	0,88	1,00	0,91
	(C)	0,97	1,00	1,00
Pecahan cadas	(A)	1,00	1,65	1,22
	(B)	0,61	1,00	0,74
	(C)	0,82	1,10	1,00

Keterangan: (A) Tanah Asli (B) Tanah Lepas (C) Tanah Padat

2.5.2. Macam Pekerjaan Tanah

Berdasarkan diktat kuliah pemindahan tanah mekanis, pekerjaan tanah dapat dipisahkan menjadi beberapa kegiatan, yaitu:

- a. Pekerjaan pemotongan tanah (*Cutting*), pekerjaan yang dimaksud mengurangi ketinggian tanah sampai dengan ketinggian yang direncanakan.
- b. Pekerjaan pemuatan (*loading*), pekerjaan memuat hasil pemotongan tanah kedalam alat pengangkut.
- c. Pekerjaan pengangkutan (*hauling*), pekerjaan memindahkan tanah ke tempat lain.
- d. Pekerjaan penebaran tanah (*spreading*), penebaran tanah untuk mendapatkan tanah yang rata.

- e. Pekerjaan pembersihan permukaan (*stripping*), pemotongan bagian permukaan tanah agar bersih dari rumput maupun tanah yang kurang baik.
- f. Pekerjaan pemadatan tanah (*compacting*), pekerjaan memadatkan tanah agar didapatkan kepadatan tanah yang disyaratkan.
- g. Pekerjaan pembasahan (*watering*), pekerjaan membasahi tanah agar pada pelaksanaan pemadatan diperoleh kepadatan yang maksimal dalam waktu yang singkat.
- h. Pekerjaan galian tanah (*excavating*), pekerjaan membuat lubang atau saluran yang lebih rendah dari permukaan tanah dimana alat tersebut berdiri. Karena sifat pekerjaannya yang berbeda - beda, maka tiap pekerjaan memerlukan alat yang berbeda pula.

2.6. Waktu Siklus

Siklus kerja dalam pemindahan material merupakan suatu kegiatan yang dilakukan berulang. Pekerjaan utama di dalam kegiatan tersebut adalah menggali, memuat, memindahkan, membongkar muatan, dan kembali ke kegiatan awal. Semua kegiatan tersebut dapat dilakukan oleh satu alat atau oleh beberapa alat.

Dengan demikian rumus waktu siklus adalah:

$$CT = LT + HT + DT + RT + ST. \quad (2.1)$$

Keterangan :

CT = waktu siklus

LT = waktu muat

HT= waktu angkut

DT = waktu pembongkaran

RT = waktu Kembali

ST = waktu tunggu

Waktu yang diperlukan di dalam siklus kegiatan di atas disebut waktu siklus atau *cycle time* (CT). Waktu siklus terdiri dari beberapa unsur. Pertama adalah waktu muat atau loading time (LT). Waktu muat merupakan waktu yang dibutuhkan oleh suatu alat untuk memuat material ke dalam alat angkut sesuai dengan kapasitas alat angkut tersebut. Nilai LT dapat ditentukan walaupun

tergantung dari jenis tanah, ukuran unit pengangkut (*blade, bowl, bucket, dst.*), metode dalam pemuatan dan efisiensi alat (Sosrodarseno, 2003).

Unsur kedua adalah waktu angkut atau hauling time (HT). Waktu angkut merupakan waktu yang diperlukan oleh suatu alat untuk bergerak dari tempat pemuatan ke tempat pembongkaran. Waktu angkut tergantung dari jarak angkut, kondisi jalan, tenaga alat, dan lain - lain. Pada saat alat kembali ke tempat pemuatan maka waktu yang diperlukan untuk kembali tersebut lebih singkat daripada waktu berangkat karena kendaraan dalam keadaan kosong.

Waktu pembongkaran atau dumping time (DT) juga merupakan unsure penting dari waktu siklus. Waktu ini tergantung dari jenis tanah, jenis alat, dan metode yang digunakan. Waktu pembongkaran merupakan bagian yang terkecil dari waktu siklus.

2.7. Manajemen Alat

Manajemen pemilihan dan pengendalian alat berat adalah proses merencanakan dan mengendalikan alat berat untuk mencapai tujuan pekerjaan yang ditentukan (Rasyid 2008), beliau menjelaskan bahwa faktor - faktor yang harus diperhatikan dalam pemilihan alat berat, sehingga kesalahan dalam pemilihan alat dapat dihindari, antara lain adalah:

- a. Fungsi yang harus dilaksanakan, alat berat dikelompokkan berdasarkan fungsinya seperti untuk menggali, mengangkut, meratakan permukaan, dan lain-lain
- b. Kapasitas peralatan, pemilihan alat berat didasarkan pada volume total atau berat material yang harus diangkut atau dikerjakan. Kapasitas alat yang dipilih harus sesuai sehingga pekerjaan dapat diselesaikan pada waktu yang telah ditentukan.
- c. Cara operasi, alat berat dipilih berdasarkan arah (horizontal maupun vertikal) dan gerak, kecepatan, frekuensi gerakan dan lain-lain.
- d. Pembatasan dari metode yang dipakai, pembatasan yang mempengaruhi pemilihan alat berat antara lain peraturan lalu lintas, biaya dan pembongkaran. Selain itu, metode konstruksi yang dipakai dapat membuat pemilihan alat dapat berubah.

- e. Ekonomi, selain biaya investasi atau biaya sewa peralatan, biaya operasi dan pemeliharaan merupakan factor penting didalam pemilihan alat berat.
- f. Jenis proyek, ada beberapa proyek yang umumnya menggunakan alat berat. Proyek - proyek tersebut antara lain proyek gedung, pelabuhan, jalan, jembatan, irigasi, pembukaan hutan, dan sebagainya.
- g. Lokasi proyek, lokasi proyek juga merupakan hal lain yang perlu diperhatikan dalam pemilihan alat berat. Sebagai contoh lokasi proyek dataran tinggi memerlukan alat berat yang berada dengan lokasi proyek di dataran rendah.
- h. Jenis dan daya dukung tanah, jenis tanah di lokasi proyek dan material yang akan dikerjakan dapat mempengaruhi alat berat yang akan dipakai. Tanah dapat dalam kondisi padat, lepas, keras atau lembek.
- i. Kondisi lapangan, kondisi dengan medan yang sulit dengan kondisi 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.
- c. Dengan jenis dan jumlah alat berat yang tersedia, dapat ditentukan berapa volume yang dapat diselesaikan, serta waktu yang diperlukan.

2.7.1. Efisiensi Alat

Dalam pelaksanaan pekerjaan dengan menggunakan alat berat terdapat faktor yang mempengaruhi produktivitas alat yaitu efisiensi alat. Bagaimana efektifitas alat tersebut bekerja tergantung dari beberapa hal yaitu:

1. Kemampuan operator pemakaian alat,
2. Pemilihan dan pemeliharaan alat,
3. Perencanaan dan pengaturan letak alat,
4. Topografi dan volume pekerjaan,
5. Kondisi cuaca,
6. Metode pelaksanaan alat.

Cuaca yang umum dipakai untuk menentukan efisiensi alat adalah dengan menghitung beberapa menit alat tersebut bekerja secara efektif dalam satu jam.

Tabel 2.3: Efisiensi Kerja Alat (Permen PU 2013)

Kondisi Operasi	Pemeliharaan Mesin				
	Baik sekali	Baik	Sedang	Buruk	Buruk Sekali
Baik sekali	0,83	0,81	0,76	0,7	0,63
Baik	0,78	0,75	0,71	0,65	0,6
Sedang	0,72	0,69	0,6	0,6	0,54
Buruk	0,63	0,61	0,52	0,52	0,45
Buruk sekali	0,53	0,5	0,42	0,42	0,32

2.7.2. Produktivitas dan Durasi Pekerjaan

Dalam menentukan durasi suatu pekerjaan maka hal - hal yang perlu diketahui adalah volume pekerjaan dan produktivitas alat tersebut. Produktivitas alat tergantung pada kapasitas dan waktu siklus alat. Rumus dasar untuk mencari produktivitas alat adalah:

$$\text{Produktivitas} = \frac{\text{Kapasitas}}{ct} \quad (2.2)$$

Umumnya waktu siklus alat ditetapkan dalam menit sedangkan, produktivitas alat dihitung dalam produksi/jam. Jika faktor efisiensi alat dimasukkan maka rumus diatas menjadi:

$$\text{Produktivitas} = \frac{px3600xE}{ct} \quad (2.3)$$

Pada umumnya dalam suatu pekerjaan terdapat lebih dari satu jenis alat yang digunakan. Sebagai contoh pekerjaan penggalian dan pemindahan tanah. Umumnya alat yang digunakan adalah *excavator* untuk menggali, *loader* untuk memindahkan hasil galian ke dalam bak truck, dan truck digunakan untuk memindahkan tanah. Karena ketiga jenis alat tersebut mempunyai produktivitas yang berbeda-beda, maka perlu diperhitungkan untuk mempersingkat durasi pekerjaan. Salah satu cara menghitung jumlah alat adalah sebagai berikut:

1. Tentukan alat yang mempunyai produktivitas terbesar
2. Asumsikan alat dengan produktivitas terbesar berjumlah satu

3. Hitung jumlah alat jenis lainnya dengan selalu berpatokan pada alat dengan produktivitas terbesar
4. Untuk menghitung jumlah alat - alat lainnya maka gunakan rumus:

$$\text{Jumlah alat 1} = \frac{\text{produktivitas}}{\text{produktivitas alat 1}} \quad (2.4)$$

Setelah jumlah masing - masing alat diketahui maka selanjutnya perlu dihitung durasi pekerjaan alat - alat tersebut. Salah satu caranya dengan menentukan berapa produktivitas total alat setelah dikalikan jumlahnya. Kemudian dengan menggunakan produktivitas total terkecil maka lama pekerjaan dapat dicari dengan menggunakan rumus:

$$\text{Durasi} = \frac{\text{volume pekerjaan}}{\text{produktivitas terkecil}} \quad (2.5)$$

2.8. Deskripsi Alat Berat

Dalam bidang teknik sipil, alat-alat berat yang digunakan untuk membantu manusia dalam melakukan pekerjaan pembangunan untuk struktur bangunan. Saat ini, alat berat merupakan faktor penting didalam proyek, terutama proyek-proyek konstruksi dengan skala besar. Tujuan penggunaan alat-alat berat tersebut untuk memudahkan manusia dalam mengerjakan pekerjaannya sehingga hasil yang diharapkan dapat tercapai dengan lebih mudah pada waktu yang relatif lebih singkat. Alat berat yang umum dipakai dalam proyek konstruksi antara lain: Dozer, alat gali (excavator) seperti *Backhoe*, *Front shovel*, *Clamshell*, *Motor grader* alat pengangkut seperti *Loader*, *Truck* dan *Conveyor Belt*, alat pemadat seperti *Roler* dan *Compactor*.

Alat berat yang akan dipakai merupakan salah satu faktor penting dalam keberhasilan suatu proyek. Alat berat yang dipilih haruslah tepat baik jenis, ukuran maupun jumlahnya ketepatan dalam pemilihan alat proyek akan memperlancar jalannya proyek (Rosyanti, 2008).

Alat berat adalah mesin berukuran besar yang didesain untuk melaksanakan fungsi konstruksi seperti pekerjaan tanah dan memindahkan bahan bangunan. Alat berat pada umumnya terdiri atas lima komponen, yaitu implemen, alat traksi, struktur, sumber tenaga dan transmisinya (power train), serta sistem kendali (Bejasekto, 2020).

2.9. Jenis - Jenis Alat Berat

2.9.1. *Excavator*

Excavator adalah alat berat yang digunakan untuk membantu menyelesaikan pekerjaan berat seperti penggalian tanah yang tidak dapat dilakukan dengan tenaga manusia. Alat ini memiliki roda khusus yang dilengkapi dengan lengan (arm) dan alat pengeruk (bucket). Excavator mempunyai fungsi utama yaitu penggalian yang letaknya dibawah level dari kedudukan excavator itu sendiri. Bagian utama dari excavator adalah:

1. Bagian *attachment* yang dapat diganti,
2. Bagian atas, *revolving* unit yang dapat berputar,
3. Bagian bawah, travel unit yang digunakan untuk berjalan.

Jenis excavator ada dua macam menurut jenis kendalinya, yaitu:

1. Dengan *cabel controlled*/kendali kabel
2. Dengan *hydraulic controlled*/kendali hidrolis

Attachman alat ini adalah boom dan bucket yang dipasang dibagian depan, dan pergerakannya kearah belakang (Kusrin ST, 2008).



Gambar 2.2: Excavator/backhoe

Backhoe terdiri dari enam bagian utama, yaitu struktur atas yang dapat berputar boom, lengan (arm), bucket, slewing ring, dan struktur bawah. Boom lengan dan bucket digerakkan oleh sistem hidrolis. Struktur bawah adalah penggerak utama yang dapat berupa roda ban atau roda crawler. Ada enam Gerakan dasar yang mencakup Gerakan 24 gerakan pada masing - masing bagian, yaitu:

- a. Gerakan boom merupakan gerakan boom yang mengarahkan bucket menuju tanah galian.

- b. Gerakan bucket menggali merupakan gerakan bucket saat menggali material.
- c. Gerakan bucket membongkar adalah gerakan bucket yang arahnya berlawanan dengan saat menggali.
- d. Gerakan lengan merupakan gerakan mengangkat lengan dengan radius sampai 100°.
- e. Gerakan slewing ring merupakan gerakan as yang bertujuan agar bagian atas backhoe dapat berputar 30°.
- f. Gerakan struktur bawah dipakai untuk perpindahan tempat jika area telah selesai digali.



Gambar 2.3: *Bulldozer*

2.9.2. *Bulldozer*

Alat ini merupakan alat berat yang sangat kuat untuk pekerjaan pekerjaan: mendorong tanah, menggosur tanah (*dozer*), membantu pekerjaan alat - alat muat, dan pembersihan lokasi (*land clearing*) dalam (Setiawati, 2013). Kegunaan Bulldozer sangat beragam antara lain untuk: Pembabatan atau penebasan (*clearing*) lokasi proyek, merintis (*pioneering*) jalan proyek, gali/angkut jarak pendek, *pusher loading*, menyebarkan material, penimbunan kembali, *trimming* dan *sloping, ditching*, menarik, memuat.

2.9.3. *Concrete Paver*

Suatu unit mesin atau peralatan yang digunakan untuk menghamparkan material beton yang digunakan untuk membuat perkerasan jalan. Material beton yang ditumpuhkan di mulut alat, secara otomatis akan dibentuk dan diratakan sesuai dengan ketebalan dan lengkungan jalan yang diinginkan. Agar didapat

permukaan yang rata, kekentalan (*slump*) beton yang dipakai harus sesuai dengan karakteristik alat.

Concrete Paver mencakup beberapa bagian antara lain:

- *Auger* : Penyebar adukan beton
- *Screed* : Pengatur masukan beton ke dalam mold cetakan
- *Vibrator* : Jumlahnya cukup dan tersebar merata (frekuensi 160-200 Hz)
- *Mold* : Pembentuk perkerasan / cetakan
- *Super smooter* : Penghalus permukaan
- TBI & DBI : Penyisip tulangan sambungan memanjang dan melintang secara otomatis
- OCB : *Grooting* otomatis
- *Slip Form* : Cetakan samping



Gambar 2.4: *Concrete Paver*

2.9.4. *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.

Pada waktu mengangkut ataupun kosong, perlu dihindari terjadinya selip. Selip adalah keadaan gerakan mendatar ke samping dari keadaan yang tidak dapat dikuasai oleh operator. Selip ini biasanya terjadi jika roda berputar lebih cepat daripada yang diperlukan untuk keadaan kendaraan, atau apabila putaran roda lebih lambat daripada yang diperlukan untuk gerakan kendaraan, misalnya waktu direm, 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 diatas permukaan tanah yang cukup kuat dan keras untuk menghindari supaya ban - ban tidak terperosok kedalam tanah yang kurang baik, misalnya pada permukaan tanah hasil buangan sebelumnya.



Gambar 2.5: *Dump Truck*

2.10. Fungsi dan Cara Kerja Alat Berat

2.10.1. Alat Penggali (*Excavator/Backhoe*)

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

Excavator/backhoe dikhususkan untuk penggalian yang letaknya dibawah kedudukan *backhoe* itu sendiri. Kegunaan utama dari *excavator* adalah : menggali - memuat - mengangkat material - membuat saluran air atau saluran pipa. *Excavator* juga merupakan penggerak utama/prime mover sebagai: Sebagai tenaga penggerak untuk menggali, sebagai tenaga penggerak untuk mengangkat, sebagai tenaga penggerak untuk membuat dan memutar.

Posisi/kedudukan mesin pada excavator dapat berputar 3600 , mesin dan roda tidak menjadi satu bagian dengan rangka, tetapi mesin berada di atas alas yang dapat berputar 3600, selama bekerja alat ini tidak berpindah - pindah, tetapi tetap ditempatnya (Kusrin ST, 2008).

Perhitungan waktu siklus pada pelaksanaan pekerjaan galian tanah, waktu siklus terdiri atas: waktu gali, waktu putar 2 kali) pada keadaan penuh muatan atau kosong) dan waktu buang. Waktu menggali biasanya tergantung pada kedalaman galian dan kondisi galian. Dan untuk waktu siklus excavator bisa dilihat dari tabel dibawah ini dari mulai menggali dan memutar.

Kapasitas Produksi excavator dapat dihitung dengan persamaan dibawah ini:

$$Q = \frac{q \times 3600 \times E}{C_m} \quad (2.6)$$

Dengan:

Q = Produksi per jam (m^3 /jam)

q = Produksi per siklus (m^3)

E = Efisiensi kerja

C_m = Waktu gali + (2 x waktu putar) + waktu buang

Sedangkan produksi per siklus dapat dihitung dengan menggunakan rumus berikut:

$$q = q_1 \times K \quad (2.7)$$

Dengan:

q_1 = Kapasitas munjung (penuh) yang terancam dalam spesifikasi alat

K = Faktor bucket yang besarnya tergantung tipe dan keadaan tanah

Tabel 2.4: Waktu Gali (Menteri PUPR RI, 2016)

Kondisi Gali/Kedalaman Gali	Ringan (detik)	Sedang (detik)	Agak Sulit (detik)	Sulit (detik)
0 - 2 m	6	9	15	26
2 - 4 m	7	11	17	28
4 - lebih	8	13	19	30

Sedangkan untuk data waktu putar tergantung dari sudut dan kecepatan putaran, sebagai pertimbangan disajikan pula seperti pada tabel 2.5 sebagai berikut:

Tabel 2.5: Waktu Putar *Excavator* (detik) (Menteri PUPR RI, 2016)

Sudut Putar	Waktu Putar
45 - 90 (Derajat)	4 - 7 detik
90 - 180 (Derajat)	5 - 8 detik

2.10.2. *Bulldozer*

Pada dasarnya bulldozer adalah alat yang menggunakan traktor sebagai penggerak utama. Kita kita menyebutnya bulldozer, karena biasanya traktor dilengkapi dengan dozer attachment, dalam hal ini attachmantnnya adalah blade, atau pelengkapnya blade. *Bulldozer* sebenarnya adalah nama jenis dari dozer, yang mempunyai kemampuan untuk mendorong kedepan.

Pada proyek - proyek konstruksi, terutama proyek yang ada hubungannya dengan pemindahan tanah tentunya, bulldozer digunakan pada pelaksanaan pekerjaan seperti tersebut dibawah ini (Nursin et al., 1983):

1. Pembersihan medan dari kayu - kayuan, pokok - pokok / tonggak - tonggak pohon dan batu - batuan;
2. Pembukaan jalan kerja di pegunungan maupun di daerah berbatu - batu;
3. Memindahkan tanah yang jauhnya hingga 300 feet, atau \pm 90 m.
4. Menarik scraper
5. Menghampar tanah isian 1 urugan (fills)
6. Menimbun kembali trencher;
7. Pembersihan sites/medan
8. Pemeliharaan jalan kerja

9. Menyiapkan material - material dari *soil borrow pit* dan *quarry pill* tempat pengambilan material.

Seperti dijelaskan di atas bahwa Bulldozer mempunyai blade yang tegak lurus pada arah gerak maju, sedang untuk angle dozer, blade selain tegak lurus juga dapat menyerong. Bulldozer mendorong tanah ke depan, sedang angle dozer ke depan dan ke samping. Beberapa konstruksi bulldozer mempunyai blade yang memungkinkan berfungsi sebagai bulldozer, juga sebagai angle dozer, dengan cara menyatel bladenya sedemikian rupa sesuai dengan kebutuhan (Nursin et al., 1983). Pada umumnya blade yang dipakai pada bulldozer dan/atau. Jangle dozer ada beberapa jenis:

1. *Universal Blade* (U-Blade) adalah sayap (wing) yang terdapat di sisi blade maksudnya adalah untuk menahan material agar tidak keluar dari jalur dorongan. Hal ini memungkinkan *bulldozer* membawa/mendorong muatan lebih banyak karena kehilangan muatan yang relatif kecil dalam jarak yang cukup jauh. Kebanyakan *bulldozer* dengan *blade* jenis ini digunakan pada pekerjaan - pekerjaan:
 - a. *Land reclamation*/reklamasi tanah,
 - b. *Stock pile work*/pekerjaan - pekerjaan penyediaan material.
 - c. Dan lain-lain.
2. *Straight Blade* (S - Blade), Blade jenis ini adalah yang paling cocok untuk segala jenis lapangan, blade ini juga merupakan modifikasi dari U blade, manuever lebih mudah dan dengan blade ini pula bulldozer dapat menghandel material dengan mudah.
3. *Angling Blade* (A- Blade)
Angle blade ini dibuat untuk posisi lurus dan menyerong. Biade ini juga dibuat untuk:
 - a. Pembuangan ke samping (*side casting*)
 - b. Pembukaan jalan (*pioneering roads*)
 - c. Menggali saluran (*cutting ditches*).
 - d. Dan lain - lain pekerjaan yang sesuai.
4. *Cushion Blade* (C - Blade), Blade jenis ini dilengkapi oleh "*rubber cushion*" (bantalan karet) untuk meredam tumbukan. Selain untuk *push-loading*, blade

ini juga dipakai untuk pemeliharaan jalan dan pekerjaan dozing yang lain mengingat lebar C blade ini memungkinkan untuk meningkatkan kemampuan manuver.

5. *Bowldozer*, blade demikian dibuat untuk mendorong material, agar jumlah kehilangan tanah selama penggusuran sedikit mungkin, hal ini terjadi akibat adanya dinding - dinding besi yang ada disamping blade, juga untuk jarak yang cukup jauh.

6. *Universal Blade (U Blade For Light Material)*. Blade ini didisain untuk pekerjaan yang non cohesive material (material yang terlepas) yang ringan.

Bulldozer digunakan untuk mendorong atau menggusur kearah lurus kedepan *bulldozer* digunakan untuk mendorong atau menggusur kearah lurus kedepan.

Produksi per jam dari *bulldozer* dapat dihitung dengan rumus sebagai berikut:

$$Q = \frac{q \times 3600 \times E}{Cm} \quad (2.8)$$

Dengan:

Q = Produksi per jam (m³/jam)

q = Produksi per siklus (m³)

E = Efisiensi kerja

Cm = Waktu gali + (2 x waktu putar) + waktu buang

Sedangkan perhitungan produksi persiklus *bulldozer* adalah:

$$q = L \times H^2 \times a \quad (2.9)$$

Dengan:

q = Produksi persiklus (m³)

L = Lebar sudut / blade (meter)

H = Tinggi sudut / blade (meter)

A = Faktor sudut / blade

2.10.3. Concrete Paver

Concrete Paver merupakan alat - alat mesin untuk membuat rigid jalan beton / rigid lantai beton, lapangan parkir mobil dan pesawat terbang, basement beton, lantai pabrik dan lantai gedung yang membutuhkan kerataan.

Peralatan penghampar campuran aspal panas atau asphalt paver adalah peralatan bermesin untuk menghamparkan campuran aspal panas di atas

permukaan badan jalan sesuai dengan lebar dan tinggi ketebalan hamparan yang direncanakan.

$$\text{Kap. Prod / Jam} = b \times t \times Fa \times v \times 60 \quad (2.10)$$

Dengan:

- b = Kapasitas (lebar hamparan) (M)
- t = Tebal hamparan (M)
- V = Kecepatan menghampar (M/menit)
- Fa = Faktor efisiensi alat

2.10.4. *Dump Truck*

Dump Truck dimasukkan sebagai suatu alat pengangkut yang dapat menumpahkan sendiri muatannya dari dalam badannya. *Dump truck* yang pembuangannya ke belakang cocok digunakan untuk pengangkutan berbagai bahan. Bentuk bak, seperti seberapa tajam sudut-sudutnya, pojokpojok dan bentuk bagian belakang, tempat bahan itu mengalir selama pencurahan muatan akan mempengaruhi mudah atau sulitnya pencurahan (Kulo, 2017).

Dump truk adalah alat angkut material dan bahan pekerjaan konstruksi bangunan. Jenisnya ada 3 macam yaitu:

1. *Side dump truck*, cara penumpahan muatan ke arah samping
2. *Rear dump truck*, cara penumpahan muatan ke arah belakang
3. *Rear and side dump truck*, cara penumpahan muatan ke arah belakang dan ke samping.

Agar efektif jalan kerja *dump truck* harus keras dan rata, untuk itu jalan kerja harus dijaga dan dipelihara. Ukuran kapasitas *dump truck* bermacam - macam, dalam pemilihan kapasitas supaya disesuaikan dengan alat pemuatnya, rata - rata diambil 4 - 5 kali kapasitas alat pemuatnya, hal ini berpengaruh terhadap efisiensi kerja secara menyeluruh terutama terhadap waktu (Sosrodarseno, 2003).

Pemilihan besar atau kecil *dump truck* untuk operasi, didasarkan pada pertimbangan - pertimbangan sebagai berikut:

1. *Dump truck* kecil
 - a. Lebih lincah dan mudah pengoperasian
 - b. Lebih fleksibel untuk jarak dekat – sedang

- c. Pertimbangan jalan kerjanya sederhana karena ringan
 - d. Pemeliharaanya mudah
2. *Dump truck* besar
- a. Untuk volume yang dikerjakan sama, maka armadanya lebih sedikit
 - b. Lebih mudah dalam pemuatan karena ukuran bak lebih besar
 - c. Penyediaan pengemudi lebih sedikit
 - d. Pengamananya lebih mudah karena lebih sedikit
 - e. Cocok untuk jarak jauh.

Produksi per siklus dapat diperoleh dengan persamaan sebagai berikut:

$$C = n \times q^3 \times K \quad (2.11)$$

Dengan:

- n = Jumlah siklus yang diperoleh oleh loader untuk mengisi dump truck
- q^3 = Kapasitas bucket dari excavator (m^3)
- K = Faktor bucket dari excavator

2.11. Faktor Pemilihan Alat Berat

Pemilihan alat berat dilakukan pada tahap perencanaan, dimana jenis, jumlah, dan kapasitas alat merupakan faktor - faktor penentu. Tidak setiap alat berat dapat dipakai untuk setiap proyek konstruksi. Oleh karena itu pemilihan alat berat yang tepat sangatlah diperlukan. Apabila terjadi kesalahan dalam pemilihan alat berat maka akan terjadi keterlambatan didalam pelaksanaan, biaya proyek yang membengkak, dan hasil yang tidak sesuai dengan rencana.

Dalam pemilihan alat berat, ada beberapa faktor yang harus diperhatikan sehingga kesalahan dalam pemilihan alat dapat dihindari. Faktor - faktor tersebut antara lain (Rosyanti, 2008):

1. Fungsi yang harus dilaksanakan. Alat berat dikelompokkan berdasarkan fungsinya, seperti untuk menggali, mengangkat, meratakan permukaan, dan lain - lain.
2. Kapasitas peralatan. Pemilihan alat berat didasarkan pada volume total atau berat material yang harus diangkut atau dikerjakan. Kapasitas alat yang

dipilih harus sesuai sehingga pekerjaan dapat diselesaikan pada waktu yang telah ditentukan.

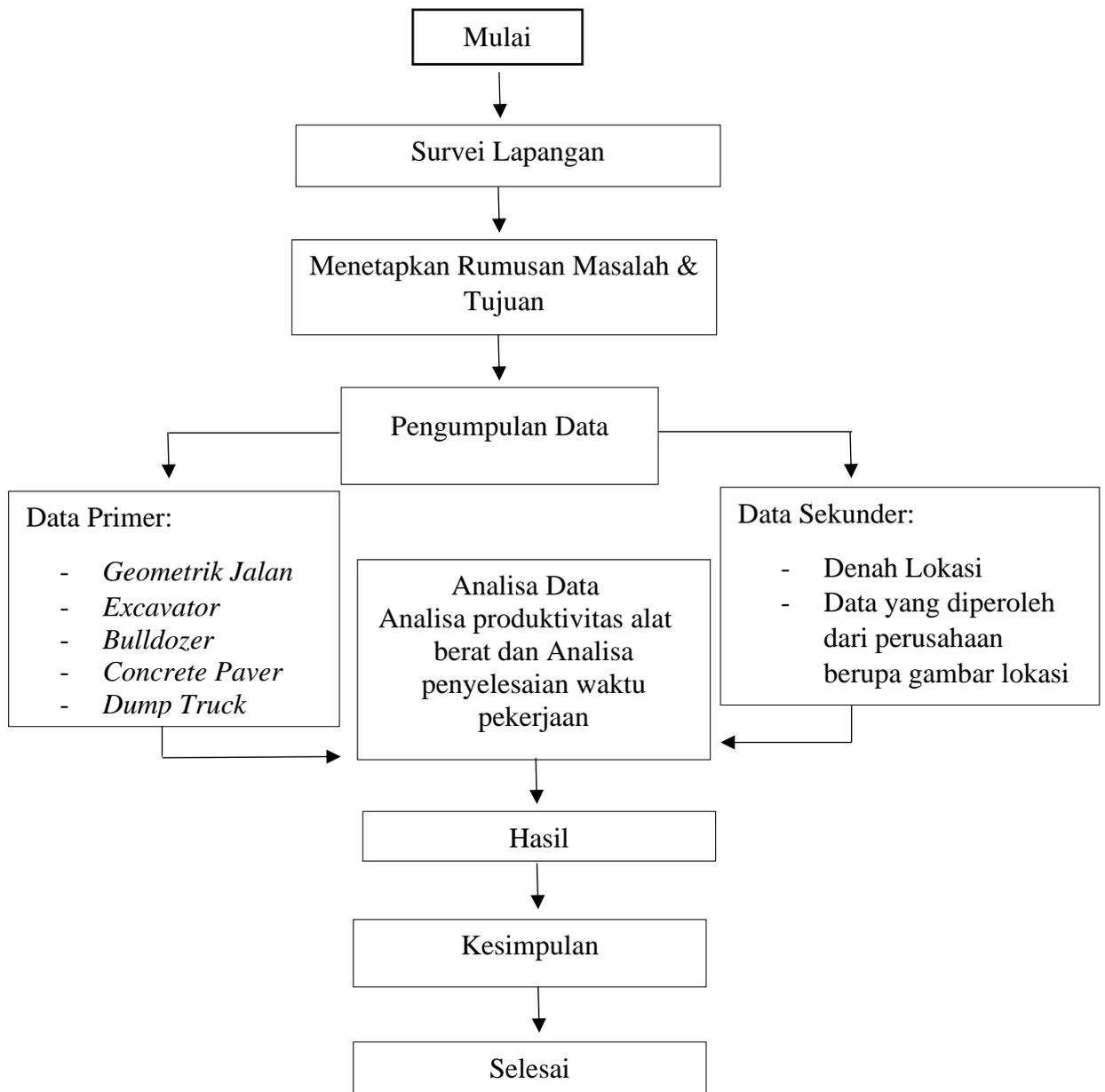
3. Cara operasi. Alat berat dipilih berdasarkan arah (horizontal maupun vertical) dan jarak gerakan, kecepatan, frekuensi gerakan, dan lain-lain.
4. Pembatasan dari metode yang dipakai. Pembatas yang mempengaruhi pemilihan alat berat antara lain peraturan lalu lintas, biaya, dan pembongkaran. Selain itu metode konstruksi yang dipakai dapat membuat pemilihan alat dapat berubah.
5. Ekonomi. Selain biaya investasi atau biaya sewa peralatan, biaya operasional dan pemeliharaan merupakan faktor penting didalam pemilihan alat berat.
6. Jenis proyek. Ada beberapa jenis proyek yang umumnya menggunakan alat berat. Proyek - proyek tersebut antara lain proyek gedung, pelabuhan, jalan, jembatan, irigasi, pembukaan hutan, dam, dan lain lain.
7. 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.
8. Jenis dan biaya dukung tanah. Jenis tanah dilokasi proyek dan jenis tanah material yang akan dikerjakan dapat mempengaruhi alat berat yang akan dipakai. Tanah dapat dalam kondisi padat, lepas, keras, atau lembek.
9. Kondisi Lapangan. Kondisi dengan medan yang sulit dan medan yang baik merupakan faktor lain yang mempengaruhi pemilihan alat berat (Rosyanti, 2008).

BAB 3

METODE PENELITIAN

3.1. Bagan Alir Penelitian

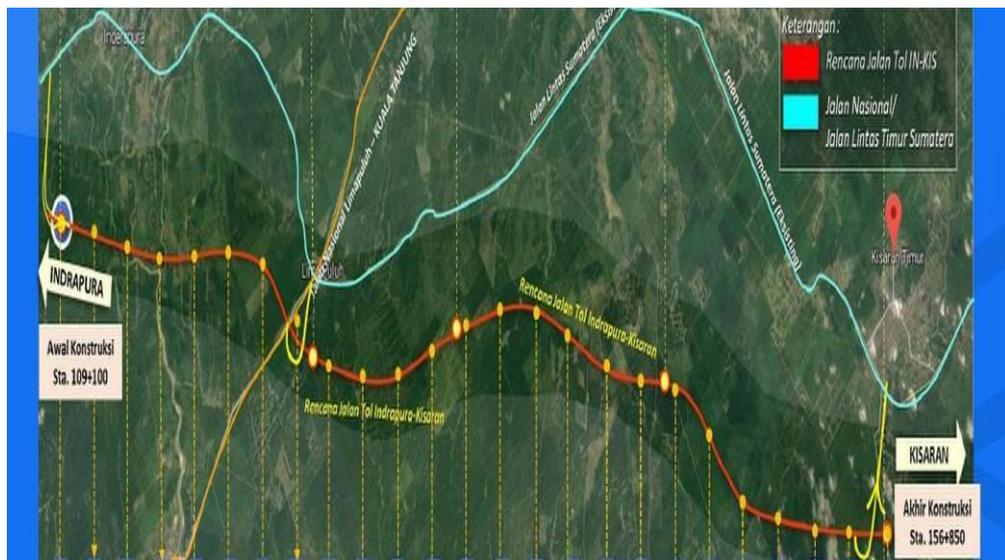
Adapun tahapan bagan alir penelitian merupakan suatu kerangka dasar yang membentuk alur kerja dan berfungsi sebagai pedoman umum untuk membantu proses penyusunan Tugas Akhir dapat dilihat pada Gambar 3.1.



Gambar 3.1: Diagram Alir Penelitian

3.2. Lokasi Penelitian

Lokasi studi kasus dilaksanakan di proyek jalan tol trans Sumatera ruas Indrapura Kisaran sta 2+000 - 3+000. Penelitian ini akan menganalisis produktivitas alat berat pada pekerjaan galian dan timbunan di proyek tersebut.



Gambar 3.2: Gambar Lokasi Penelitian

3.3. Rencana Penelitian

Untuk proyek terakhir ini, direncanakan beberapa program sebagai berikut:

1. Persiapan penelitian

Dalam proses persiapan ini perlu dilakukan pengumpulan data tugas akhir, editing tugas akhir, seminar tugas akhir, dll.

2. Pelaksanaan penelitian

Pelaksanaan penelitian dimulai dengan pengumpulan teori dan melalui berbagai tahapan untuk mempersiapkan tugas akhir, dari pengumpulan data yang dilakukan langsung di lapangan.

3. Penyusunan laporan tugas akhir

Setelah semua data terkumpul, maka akan dianalisa dengan baik untuk melakukan penyusunan laporan tugas akhir.

3.4. Pengumpulan Data

Sumber data yang digunakan dalam penelitian mengenai analisis produktivitas alat berat *rigid pavement* pada proyek Jalan Tol Trans Sumatera Ruas Indrapura Kisaran sta 2+000 - 3+000, antara lain:

1. Data primer, data yang diperoleh dari hasil survei berupa jenis alat berat yang digunakan geometrik jalan.
2. Data sekunder, yaitu data yang diperoleh antara lain berupa gambar lokasi pekerjaan, volume *rigid pavement*, jam kerja alat, kerjaan galian dan timbunan Jalan Tol Trans Sumatera Ruas Indrapura Kisaran.

3.5. Analisis Data

Analisa data merupakan pengolahan terhadap data - data yang telah dikumpulkan. Analisa yang digunakan pada penelitian ini, yaitu analisa mengenai topik yang menyangkut tentang produktivitas alat berat pada pekerjaan sipil dibidang pematangan lahan, dengan menggunakan program Excel sebagai alat bantu dalam pengolahan data. Dari pengolahan data dalam penelitian ini diharapkan dapat meningkatkan kualitas efisiensi waktu.

1. Tahapan Penelitian
 - a. Studi pustaka dari berbagai buku literatur yang berhubungan dengan alat berat proyek,
 - b. Merangkum teori yang saling berhubungan antara manajemen konstruksi dan hal - hal terkait dengan alat berat,
 - c. Mengumpulkan dan mengolah data - data yang didapat,
 - d. Menentukan volume galian dan timbunan pada pekerjaan galian dan timbunan,
 - e. Menentukan alternatif komposisi alat berat yang digunakan (*excavator, bulldozer, concrete paver, dan dump truck*),
 - f. Menghitung perbandingan waktu yang optimum pada setiap alternatif.
2. Perhitungan volume concrete paver

Tabel 3.1: Perhitungan Volume Concrete Paver

TANGGAL	JARAK	WAKTU
15 November 2023	100	8 jam/hari
16 November 2023	100	8 jam/hari
17 November 2023	100	8 jam/hari
18 November 2023	100	8 jam/hari
19 November 2023	100	8 jam/hari
20 November 2023	100	8 jam/hari
21 November 2023	100	8 jam/hari
22 November 2023	100	8 jam/hari
23 November 2023	100	8 jam/hari
24 November 2023	100	8 jam/hari
Total Keseluruhan		
10 hari produksi	1000 m	8 jam/hari

Perhitungan pekerjaan concrete paver didapatkan 10 hari produksi dengan jarak 1000 m dan waktu 8 jam/hari.

3. Perhitungan volume galian

Tabel 3.1: Perhitungan Volume Galian

STA	LUAS (m ²)	JARAK (m)	VOLUME (m ³)
2+000	643.652		
		25	0
2+025	173.051		
		25	2163.138
2+050	0		
		25	3013.45
2+075	241.076		
		25	8895.263
2+100	470.545		
		25	11918.38
2+125	482.925		
		25	13467.44
2+150	594.47		
		25	16257.95
2+175	706.166		
		25	9764.3

STA	LUAS (m ²)	JARAK (m)	VOLUME (m ³)
2+200	74.978		
		25	937.225
2+225	0		
		25	0
2+250	0		
		25	1166.275
2+275	93.302		
		25	3310.425
2+300	171.532		
		25	5680.25
2+325	282.888		
		25	5931.563
2+350	191.637		
		25	2395.463
2+375	0		
		25	0
2+400	0		
		25	0
2+425	0		
		25	0
2+450	0		
		25	0
2+475	342.432		
		25	4237.15
2+500	6356.544		
		25	2312.451
2+525	543.988		
		25	247.15
2+550	546.144		
		25	4567.25
2+575	95.9766		
		25	2508.324
2+600	4574.756		
		25	15913.125
2+625	8467.257		
		25	3241.116
2+650	2324.634		
2+675	0		
		25	0

STA	LUAS (m ²)	JARAK (m)	VOLUME (m ³)
2+700	0		
		25	0
2+725	0		
		25	0
2+750	0		
		25	0
2+775	0		
		25	0
2+800	0		
		25	0
2+825	0		
		25	0
2+850	0		
		25	0
2+875	9646.86		
		25	31235.535
2+900	45324		
		25	5533.533
2+925	0		
		25	0
2+950	0		
		25	0
2+975	0		
		25	0
3+000	0		
		25	0
			154636.756

Perhitungan Volume Timbunan

Tabel 3.2: Perhitungan Volume Timbunan

STA	LUAS (m ²)	JARAK (m)	VOLUME (m ³)
2+000	0		
		25	0
2+025	0		
		25	0
2+050	176.082		
		25	2452.1375

STA	LUAS (m ²)	JARAK (m)	VOLUME (m ³)
2+075	0		
		25	0
2+100	0		
		25	0
2+125	0		
		25	0
2+150	0		
		25	0
2+175	0		
		25	0
2+200	0		
		25	0
2+225	53434.575		
		25	4663.75
2+250	4366.644		
		25	5475.777
2+275	0		
		25	0
2+300	0		
		25	0
2+325	0		
		25	0
2+350	0		
		25	0
2+375	74544.66		
		25	53675.753
2+400	2355.57		
		25	34675.421
2+425	8355.673		
		25	3466.34
2+450	3657.75		
		25	4346.346
2+475	0		
		25	0
2+500	0		
		25	0
2+525	0		
		25	0
2+550	0		
		25	0

STA	LUAS (m ²)	JARAK (m)	VOLUME (m ³)
2+575	0		
		25	0
2+600	0		
		25	0
2+625	0		
		25	0
2+650	0		
		25	0
2+675	45577.54		
		25	3467.63
2+700	3357.545		
		25	5368.366
2+725	7445.434		
		25	9543.533
2+750	3536.86		
		25	5667.3677
2+775	7553.896		
		25	4377.345
2+800	4368.425		
		25	8346.232
2+825	74524.754		
		25	34747.457
2+850	8433.664		
		25	4578.233
2+875	0		
		25	0
2+900	0		
		25	0
2+925	6456.563		
		25	4347.757
2+950	6366.886		
		25	6846.856
2+975	4587.764		
		25	5267.234
3+000	5677.553		
		25	7846.67
			210156.999

Perhitungan pekerjaan galian dan timbunan pada pekerjaan tanah, maka didapat volume yang harus dipindahkan sebesar.

- a. Volume tanah galian = 154636.756
- b. Volume tanah timbunan = 210156.999

3.6. Tahap dan Prosedur Analisa

Tahap dalam analisis data merupakan urutan langkah yang dilaksanakan secara sistematis dan logis sesuai dengan dasar teori permasalahan sehingga didapat analisis yang akurat untuk mencapai tujuan penulisan. Adapun tahap dan prosedur penelitian yang akan dilakukan adalah sebagai berikut:

A. Tahap Persiapan

Langkah yang akan dilakukan pada tahap ini adalah sebagai berikut:

1. Merumuskan analisa, tujuan analisa, menentukan metode yang akan digunakan dan menggali kepustakaan. Melakukan studi pustaka dengan membaca materi kuliah, buku - buku referensi, jurnal penelitian dan buku - buku Tugas Akhir yang berhubungan dengan pembuatan laporan analisa.
2. Mengumpulkan data - data proyek yang akan dijadikan objek penelitian, berupa data lapangan dari kontraktor, instansi terkait, dan pihak yang bersangkutan.
3. Untuk mendukung penelitian dilakukan wawancara dengan pihak yang terkait dengan proyek tersebut.

B. Tahap Proses

Adapun langkah - langkah yang dilakukan adalah:

1. Melakukan perhitungan produktivitas alat berat pada masing - masing tahapan pekerjaan.
2. Melakukan analisa perhitungan biaya sewa alat dan biaya operasional kendaraan untuk mengetahui kebutuhan biaya alat berat dan tenaga kerja yang digunakan pada masing - masing tahapan pekerjaan.

BAB 4

ANALISA DATA

4.1. Deskripsi Data

Deskripsi data yang akan disajikan dari hasil penelitian ini adalah untuk memberikan gambaran secara umum mengenai data yang diperoleh dilapangan. Berdasarkan survei yang dilakukan, maka diperoleh beberapa data yang ada dilapangan berupa data volume pekerjaan concrete paver.

4.2. Data Proyek

Volume pekerjaan rigid pavement dihitung berdasarkan layout gambar potongan melintang STA 2+000 - 3+000. Dan lampiran gambar layout untuk potongan melintang, pada potongan melintang jarak panjang per 100 m (meter).

4.3. Alat yang bekerja pada rigid pavement dan galian timbunan

1. Excavator tipe Komatsu PC 200
2. Bulldozer tipe Komatsu D31P
3. Concrete Paver
4. Dump truck tipe Hino FM 260 JD

4.4. Analisa Perhitungan Data di Lapangan

4.4.1. Perhitungan Produksi Alat Berat

1. Excavator type Komatsu PC 200

Kondisi kerja alat berat di lapangan:

Alat = Komatsu PC 200

Kapasitas Bucket = 1 m^3 (spesifikasi alat yang digunakan di lapangan)

Efisiensi Kerja (E) = 0,75 (baik Tabel 2.3 Efisiensi Kerja)

Jam Kerja/Hari = 10 jam

Faktor Bucket = 0,8

Waktu Gali = 13 detik (4 m - lebih, Tabel 2.4 Waktu gali *Excavator*)

Waktu buang = 5 detik (pengamatan di lapangan)

Waktu putar = 5 - 8 detik (90° - 180°, Tabel 2.5 Waktu putar *Excavator*)

- Menggali

Waktu siklus:

$$\begin{aligned}C_m &= \text{Waktu gali} + (2 \times \text{waktu putar}) + \text{waktu buang} \\ &= 13 + (2 \times 7) + 5 \\ &= 32 \text{ detik}\end{aligned}$$

Produksi per siklus:

$$\begin{aligned}q &= q_1 \times K \\ &= 1 \times 0,8 \\ &= 0,8 \text{ m}^3\end{aligned}$$

Produktivitas Excavator per jam (m^3 / jam) untuk tanah asli:

$$\begin{aligned}Q &= \frac{(q \times 3600 \times E)}{C_m} \\ &= \frac{(0,8 \times 3600 \times 0,75)}{32} \\ &= 67,5 \text{ m}^3/\text{jam}\end{aligned}$$

Produktivitas per hari excavator:

$$= 67,5 \times 10 = 675 \text{ m}^3/\text{hari}$$

- Memuat

Waktu siklus:

$$\begin{aligned}C_m &= \text{Waktu gali} + (2 \times \text{waktu putar} + \text{waktu buang}) \\ &= 6 + (2 \times 7) + 5 \\ &= 25 \text{ detik}\end{aligned}$$

Produksi per siklus:

$$\begin{aligned}q &= q_1 \times K \\ &= 1 \times 0,8 \\ &= 0,8 \text{ m}^3\end{aligned}$$

Produktivitas excavator per jam (m^3/jam) untuk tanah lepas:

$$\begin{aligned}Q &= \frac{(q \times 3600 \times E)}{C_m} \\ &= \frac{(0,8 \times 3600 \times 0,75)}{25} \\ &= 86,4 \text{ m}^3/\text{jam}\end{aligned}$$

Produktivitas per hari excavator:

$$= 86,4 \times 10 = 864 \text{ m}^3/\text{hari}$$

2. Bulldozer type Komatsu D31P

Kondisi kerja alat berat dilapangan:

Jarak gusur	= 1000 m
Efisiensi kerja	= 0,81 (Tabel 2.3 Efisiensi kerja)
Jam kerja/hari	= 10 jam
Faktor sudut	= 0,70 (Tabel 2.7 Faktor sudut)
Tinggi sudut	= 1,30 m (pengamatan di lapangan)
Kecepatan maju F	= 2 km/jam (pengamatan di lapangan)
Kecepatan mundur	= 2 km/jam (pengamatan di lapangan)
Waktu ganti perseneling Z	= 0,05 menit (pengamatan di lapangan)

- Area galian:

Waktu siklus:

$$F = 2 \text{ km/jam} = 33,33 \text{ m/menit}$$

$$R = 2 \text{ km/jam} = 33,33 \text{ m/menit}$$

$$\begin{aligned} C_m &= \frac{D}{F} + \frac{D}{R} + Z \text{ (menit)} \\ &= \frac{1000}{33,33} + \frac{1000}{33,33} + 0,05 \\ &= 60,05 \text{ menit} \end{aligned}$$

Produksi per siklus:

$$\begin{aligned} q &= L \times H_2 \times a \\ &= 2,85 \times (1,30)^2 \times 0,70 \\ &= 3,37 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

Produktivitas *bulldozer* per jam (m^3/jam) untuk tanah asli:

$$\begin{aligned} Q &= \frac{(q \times 3600 \times E)}{C_m} \\ &= \frac{(3,37 \times 3600 \times 0,81)}{60,05} \\ &= 163,645 \text{ m}^3/\text{jam} \end{aligned}$$

Produktivitas per hari *bulldozer*:

$$\begin{aligned} &= 163,645 \times 10 \\ &= 1636,45 \text{ m}^3/\text{jam} \end{aligned}$$

- Area Timbunan

Waktu siklus:

$$\begin{aligned} C_m &= \frac{D}{F} + \frac{D}{R} + Z \text{ (menit)} \\ &= \frac{1000}{33,33} + \frac{1000}{33,33} + 0,05 \\ &= 60,05 \text{ menit} \end{aligned}$$

Produksi per siklus:

$$\begin{aligned} q &= L \times H_2 \times a \\ &= 2,85 \times (1,30)^2 \times 0,70 \\ &= 3,37 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

Produktivitas *bulldozer* per jam (m^3/jam) untuk tanah lepas:

$$\begin{aligned} Q &= \frac{(q \times 3600 \times E)}{C_m} \\ &= \frac{(3,37 \times 3600 \times 0,81)}{60,05} \\ &= 163,645 \text{ m}^3/\text{jam} \end{aligned}$$

Produktivitas per hari *bulldozer*:

$$\begin{aligned} &= 163,645 \times 10 \\ &= 1636,45 \text{ m}^3/\text{jam} \end{aligned}$$

3. Concrete Paver

Kapasitas (lebar hamparan) (b) = 3,50 m

Tebal hamparan (t) = 0,30 m

Kecepatan menghampar (v) = 5,00/menit

Faktor efisiensi alat (Fa) = 0,83

Produksi concrete paver per jam (m^3/jam)

$$\begin{aligned} \text{Kap.Prod/jam} &= b \times t \times Fa \times v \times 60 \\ &= 3,50 \times 0,30 \times 5,00 \times 0,83 \times 60 \\ &= 261,45 \text{ m}^3/\text{jam} \end{aligned}$$

Produksi concrete paver per hari (m^3/hari)

$$\begin{aligned} \text{Kap.Prod/hari} &= 261,45 \times 8 \text{ jam} \\ &= 2091,6 \text{ m}^3/\text{hari} \end{aligned}$$

4. *Dump truck* tipe Hino FM 260 JD

Kondisi kerja alat berat di lapangan:

Kapasitas bak <i>dump truck</i> (C^1)	= 7 m ³
Kapasitas pemuat (q_1)	= 1,8 m ³
Faktor bucket pemuat (K)	= 0,8
Efisiensi kerja (E)	= 0,75 (Tabel 2.3 Efisiensi Kerja)
Jam kerja/hari	= 10 jam
Waktu angkut bermuatan (ta_1)	= 10,5 menit
Waktu angkut kosong (ta_2)	= 6,8 menit
Waktu buang (t_1)	= 0,5 menit
Waktu tunggu (t_2)	= 0,2 menit
Waktu siklus pemuat (Cms)	= 0,38 menit

Jumlah siklus *excavator* untuk mengisi *dump truck* dapat dicari dengan persamaan dibawah ini:

$$\begin{aligned}n &= \frac{C^1}{q^1 \times K} \\ &= \frac{7}{1,8 \times 0,8} \\ &= 5 \text{ siklus}\end{aligned}$$

Produksi per siklus:

$$\begin{aligned}C &= n \times q^1 \times K \\ &= 5 \times 1,8 \times 0,8 \\ &= 7,2 \text{ m}^3\end{aligned}$$

Waktu siklus:

$$\begin{aligned}Cm &= n \times Cms + ta_1 + ta_2 + t_1 + t_2 \\ &= 9 \times 0,38 + 10,5 + 6,8 + 0,5 + 0,2 \\ &= 21,42 \text{ menit}\end{aligned}$$

Produktivitas per jam *dump truck*:

$$\begin{aligned}&= \frac{C \times 60 \times E}{Cm} \\ &= \frac{7,2 \times 60 \times 0,75}{21,42} \\ &= 15,126 \text{ m}^3/\text{jam}\end{aligned}$$

Produktivitas per hari *dump truck*:

$$= 15,126 \times 10 = 151,26 \text{ m}^3/\text{hari}$$

4.6. Perhitungan jumlah alat dan lama waktu pekerjaan tanah

4.6.1. Pekerjaan tanah yang dipindahkan

1. *Excavator* tipe Komatsu PC 200

Untuk menentukan jam kerja yang dibutuhkan, yaitu volume galian dibagi dengan produksi per hari:

$$\begin{aligned} &= \frac{\text{Volume galian}}{\text{Produksi per hari}} \\ &= \frac{17685,22}{864} = 20,46 \text{ hari} \\ &= 10 \times 20,46 \\ &= 204,6 \text{ jam} \end{aligned}$$

Waktu kerja yang tersedia

$$\begin{aligned} &= \text{hari kerja} \times \text{jam kerja} \\ &= 26 \times 10 \\ &= 260 \text{ jam} \end{aligned}$$

Maka rumus yang digunakan untuk menghitung jumlah alat yang dibutuhkan, adalah:

$$\begin{aligned} &= \frac{\text{Jam kerja}}{\text{Waktu kerja}} \\ &= \frac{204,6}{260} \\ &= 0,786 = 1 \text{ unit} \end{aligned}$$

2. *Bulldozer* tipe Komatsu D31P

Jumlah *bulldozer* yang dibutuhkan di lapangan:

$$\begin{aligned} n &= \frac{\text{Volume tanah yang dipindahkan}}{\text{Produksi per hari} \times \text{jam kerja/hari}} \\ n &= \frac{17685,22}{2516,49 \times 10} = 0,70 = 1 \text{ unit} \end{aligned}$$

Lama waktu pekerjaan:

$$\text{Produksi per unit} = 251,649 \text{ m}^3/\text{jam}$$

Jumlah *bulldozer* = 1 unit dengan waktu operasi 10 jam

$$\text{Produksi 1 unit} = 1 \times 251,649 = 251,649 \text{ m}^3/\text{jam}$$

$$\text{Produksi per hari} = 10 \times 251,649 = 2516,49 \text{ m}^3/\text{hari}$$

Volume tanah yang dipindahkan:

$$= 17685,22 \text{ m}^3$$

$$= \frac{17685,22}{2516,49} = 7,02$$

$$= 10 \times 7,02 = 70,2 \text{ jam}$$

3. *Concrete Paver*

Lama waktu pekerjaan:

$$\text{Produksi per unit} = 2091,6 \text{ m}^3/\text{jam}$$

Jumlah *concrete paver* = 1 unit dengan waktu operasi 8 jam

$$\text{Produksi 1 unit} = 1 \times 2091,6 = 2091,6 \text{ m}^3/\text{jam}$$

$$\text{Produksi per hari} = 10 \times 2091,6 = 20,916 \text{ m}^3/\text{hari}$$

Volume tanah yang dipindahkan:

$$= 16685,22 \text{ m}^3$$

$$= \frac{16685,22}{20,916} = 797,725$$

$$= 8 \times 797,725 = 6381,8 \text{ jam}$$

4. *Dump truck* tipe Hino FM 260 JD

Untuk menghitung jumlah alat berat *dump truck* yang dibutuhkan, rumus digunakan adalah produksi/hari *excavator* terbesar dibagi dengan produksi/*dump truck* maka:

$$= \frac{\text{Site output per hari excavator}}{\text{Site output per hari dump truck}}$$

$$= \frac{675}{151,26} = 4,46 = 4 \text{ unit}$$

$$\text{Produksi per unit} = 151,26 \text{ m}^3/\text{jam}$$

Jumlah *dump truck* = 4 unit dengan waktu operasi 10 jam

$$\text{Produksi 4 unit} = 4 \times 151,26 = 605,04 \text{ m}^3/\text{jam}$$

$$\text{Produksi per hari} = 10 \times 605,04 = 6050,4 \text{ m}^3/\text{hari}$$

Volume tanah yang dipindahkan:

$$= 17685,22 \text{ m}^3$$

$$= \frac{17685,22}{6050,4} = 2,92$$

$$= 10 \times 2,92 = 29 \text{ jam}$$

Analisa Perhitungan Produksi Alat Berat Untuk Perbandingan Merk dan Type lain

1. Excavator type Komatsu PC 300

Kondisi kerja alat berat di lapangan:

Alat = Komatsu PC 300

Kapasitas Bucket = 1,5 m³ (spesifikasi alat yang digunakan di lapangan)

Efisiensi Kerja (E) = 0,75 (baik Tabel 2.3 Efisiensi Kerja)

Jam Kerja/Hari = 10 jam

Faktor Bucket = 1

Waktu Gali = 13 detik (4 m - lebih, Tabel 2.4 Waktu gali *Excavator*)

Waktu buang = 5 detik (pengamatan di lapangan)

Waktu putar = 5 - 8 detik (90° - 180°, Tabel 2.5 Waktu putar *Excavator*)

- Menggali

Waktu siklus:

$$C_m = \text{Waktu gali} + (2 \times \text{waktu putar}) + \text{waktu buang}$$

$$= 13 + (2 \times 7) + 5$$

$$= 32 \text{ detik}$$

Produksi per siklus:

$$q = q_1 \times K$$

$$= 1,5 \times 1$$

$$= 1,5 \text{ m}^3$$

Produktivitas Excavator per jam (m³ / jam) untuk tanah asli:

$$Q = \frac{(q \times 3600 \times E)}{C_m}$$

$$= \frac{(1,5 \times 3600 \times 0,75)}{32}$$

$$= 126,5 \text{ m}^3/\text{jam}$$

Produktivitas per hari excavator:

$$= 126,5 \times 10 = 1265 \text{ m}^3/\text{hari}$$

- Memuat

Waktu siklus:

$$\begin{aligned} C_m &= \text{Waktu gali} + (2 \times \text{waktu putar} + \text{waktu buang}) \\ &= 6 + (2 \times 7) + 5 \\ &= 25 \text{ detik} \end{aligned}$$

Produksi per siklus:

$$\begin{aligned} q &= q_1 \times K \\ &= 1,5 \times 1 \\ &= 1,5 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

Produktivitas excavator per jam (m^3/jam) untuk tanah lepas:

$$\begin{aligned} Q &= \frac{(q \times 3600 \times E)}{C_m} \\ &= \frac{(1,5 \times 3600 \times 0,75)}{25} \\ &= 162 \text{ m}^3/\text{jam} \end{aligned}$$

Produktivitas per hari excavator:

$$= 162 \times 10 = 1620 \text{ m}^3/\text{hari}$$

Tabel 4.1: Perbandingan excavator type Komatsu PC 200 & excavator type Komatsu PC 300

Uraian	Excavator PC 200	Excavator PC 200
Menggali		
Waktu Siklus	32 detik	32 detik
Produksi per siklus	0,8 m ³	1,5 m ³
Produktivitas per jam	67,5 m ³ /jam	126,5 m ³ /jam
Produktivitas per hari	675 m ³ /hari	1265 m ³ /hari
Memuat		
Waktu Siklus	25 detik	25 detik
Produksi per siklus	0,8 m ³	1,5 m ³
Produktivitas per jam	86,4 m ³ /jam	162 m ³ /jam
Produktivitas per hari	864 m ³ /hari	1620 m ³ /hari

2. Bulldozer type Komatsu D31e

Kondisi kerja alat berat dilapangan:

Jarak gusur	= 1000 m
Efisiensi kerja	= 0,81 (Tabel 2.3 Efisiensi kerja)
Jam kerja/hari	= 10 jam
Faktor sudut	= 0,70 (Tabel 2.7 Faktor sudut)
Tinggi sudut	= 1,50 m (pengamatan di lapangan)
Kecepatan maju F	= 2 km/jam (pengamatan di lapangan)
Kecepatan mundur	= 2 km/jam (pengamatan di lapangan)
Waktu ganti perseneling Z	= 0,05 menit (pengamatan di lapangan)

- Area galian:

Waktu siklus:

$$F = 2 \text{ km/jam} = 33,33 \text{ m/menit}$$

$$R = 2 \text{ km/jam} = 33,33 \text{ m/menit}$$

$$\begin{aligned} C_m &= \frac{D}{F} + \frac{D}{R} + Z \text{ (menit)} \\ &= \frac{1000}{33,33} + \frac{1000}{33,33} + 0,05 \\ &= 60,05 \text{ menit} \end{aligned}$$

Produksi per siklus:

$$\begin{aligned} q &= L \times H_2 \times a \\ &= 2,85 \times (1,50)^2 \times 0,70 \\ &= 4,48 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

Produktivitas *bulldozer* per jam (m^3/jam) untuk tanah asli:

$$\begin{aligned} Q &= \frac{(q \times 3600 \times E)}{C_m} \\ &= \frac{(4,48 \times 3600 \times 0,81)}{60,05} \\ &= 217,546 \text{ m}^3/\text{jam} \end{aligned}$$

Produktivitas per hari *bulldozer*:

$$\begin{aligned} &= 217,546 \times 10 \\ &= 2175,46 \text{ m}^3/\text{jam} \end{aligned}$$

- Area Timbunan

Waktu siklus:

$$\begin{aligned}
 C_m &= \frac{D}{F} + \frac{D}{R} + Z \text{ (menit)} \\
 &= \frac{1000}{33,33} + \frac{1000}{33,33} + 0,05 \\
 &= 60,05 \text{ menit}
 \end{aligned}$$

Produksi per siklus:

$$\begin{aligned}
 q &= L \times H_2 \times a \\
 &= 2,85 \times (1,50)^2 \times 0,70 \\
 &= 4,48 \text{ m}^3
 \end{aligned}$$

Produktivitas *bulldozer* per jam (m^3/jam) untuk tanah lepas:

$$\begin{aligned}
 Q &= \frac{(q \times 3600 \times E)}{C_m} \\
 &= \frac{(4,48 \times 3600 \times 0,81)}{60,05} \\
 &= 217,546 \text{ m}^3/\text{jam}
 \end{aligned}$$

Produktivitas per hari *bulldozer*:

$$\begin{aligned}
 &= 217,546 \times 10 \\
 &= 2175,46 \text{ m}^3/\text{jam}
 \end{aligned}$$

Tabel 4.2: Perbandingan bulldozer type Komatsu D31P & bulldozer type Komatsu D31E

Uraian	Bulldozer D31P	Bulldozer D31E
Area galian		
Waktu Siklus	60,05 menit	60,05 menit
Produksi per siklus	3,37 m ³	4,48 m ³
Produktivitas per jam	163,645 m ³ /jam	217,546 m ³ /jam
Produktivitas per hari	1636,45 m ³ /hari	2175,46 m ³ /hari
Area timbunan		
Waktu Siklus	60,05 menit	60,05 menit
Produksi per siklus	3,37 m ³	4,48 m ³
Produktivitas per jam	163,645 m ³ /jam	217,546 m ³ /jam
Produktivitas per hari	1636,45 m ³ /hari	2175,46 m ³ /hari

3. *Dump truck* tipe Hino FM 285 JD

Kondisi kerja alat berat di lapangan:

$$\text{Kapasitas bak dump truck (C}^1\text{)} = 9 \text{ m}^3$$

$$\text{Kapasitas pemuat (q}_1\text{)} = 1,8 \text{ m}^3$$

$$\text{Faktor bucket pemuat (K)} = 0,8$$

Efisiensi kerja (E)	= 0,75 (Tabel 2.3 Efisiensi Kerja)
Jam kerja/hari	= 10 jam
Waktu angkut bermuatan (ta_1)	= 10,5 menit
Waktu angkut kosong (ta_2)	= 6,8 menit
Waktu buang (t_1)	= 0,5 menit
Waktu tunggu (t_2)	= 0,2 menit
Waktu siklus pemuat (Cms)	= 0,38 menit

Jumlah siklus *excavator* untuk mengisi *dump truck* dapat dicari dengan persamaan dibawah ini:

$$\begin{aligned}
 n &= \frac{c'}{q' \times k} \\
 &= \frac{9}{1,8 \times 0,8} \\
 &= 4 \text{ siklus}
 \end{aligned}$$

Produksi per siklus:

$$\begin{aligned}
 C &= n \times q' \times K \\
 &= 4 \times 1,8 \times 0,8 \\
 &= 5,76 \text{ m}^3
 \end{aligned}$$

Waktu siklus:

$$\begin{aligned}
 C_m &= n \times C_{ms} + ta_1 + ta_2 + t_1 + t_2 \\
 &= 4 \times 0,38 + 10,5 + 6,8 + 0,5 + 0,2 \\
 &= 19,52 \text{ menit}
 \end{aligned}$$

Produktivitas per jam *dump truck*:

$$\begin{aligned}
 &= \frac{c \times 60 \times E}{C_m} \\
 &= \frac{7,2 \times 60 \times 0,75}{19,52} \\
 &= 16,598 \text{ m}^3/\text{jam}
 \end{aligned}$$

Produktivitas per hari *dump truck*:

$$= 16,598 \times 10 = 16,598 \text{ m}^3/\text{hari}$$

Tabel 4.3: Perbandingan dump truck Hino FM 260 JD & dump truck Hino FM 285 JD

Uraian	Dump truck Hino FM 260 JD	Dump truck Hino FM 285 JD
Waktu Siklus	21,42 menit	19,52 menit
Produksi per siklus	7,2 m ³	5,76 m ³
Produktivitas per jam	15,126 m ³ /jam	16,598 m ³ /jam
Produktivitas per hari	151,26 m ³ /hari	16,598 m ³ /hari

BAB 5

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1. Kesimpulan

Dari penelitian dan pembahasan yang dilakukan maka di dapat hasil sebagai berikut, yaitu:

1. Produktivitas Alat Berat:

- 1 unit *excavator* didapat sebesar 67,5 m³/jam, dengan membutuhkan alat pada galian dan timbunan tanah 1 unit.
- 1 unit *bulldozer* didapat sebesar 1636,45 m³/jam, untuk tanah asli dengan membutuhkan 2 unit.
- 1 unit *concrete paver* didapat sebesar 2091,6 m³/jam, dengan membutuhkan 1 unit.
- 1 unit *dump truck* 15,126 m³/jam, pada pekerjaan galian dan timbunan dengan membutuhkan 4 unit.

2. Waktu yang diperlukan untuk menyelesaikan pekerjaan:

- 1 unit *excavator* memerlukan waktu selama 204,6 jam.
- 1 unit *bulldozer* memerlukan waktu selama 108 jam.
- 1 unit *concrete paver* memerlukan waktu selama 5,76 jam.
- 4 unit *dump truck* memerlukan waktu selama 29 jam.

5.2. Saran

Setelah melakukan penelitian ini penulis memberikan saran yang perlu diperhatikan sebagai berikut:

1. Dalam tugas akhir ini, jika ada terdapat hasil yang kurang sesuai diharapkan agar dapat diskusi dengan penulis. Apabila ada nilai yang didapatkan jauh dari hasil yang ada.
2. Alat berat yang digunakan harus dengan keadaan bagus dan perawatan yang rutin, agar efisiensi alat berat baik sehingga mempengaruhi siklus waktu untuk lebih cepat.

3. Diharapkan tugas akhir ini dievaluasi Kembali dalam rangka mendapatkan hasil yang optimal dan dapat dilakukan perbandingan terhadap hasil yang ada.
4. Dalam melakukan perhitungan produktivitas alat maka data - data alat harus betul - betul diperhatikan dari kapasitas, waktu siklus, dan efisiensi kerja alat, karena hal tersebut akan menentukan produksi alat yang digunakan.
5. Jumlah alat yang akan digunakan hendaknya harus disesuaikan dengan lama waktu yang dibutuhkan untuk menyelesaikan pelaksanaan pekerjaan tersebut.

DAFTAR PUSTAKA

- Bejasekto, S. (2020). Jalan Impeksi opas indah (Analysis of Productivity needs for heavy Equipment in the road of inspection opas indah) Santoni Bejasekto Jalan Impeksi opas indah (Anlysis of Productivity needs for Heavy Equipment In the Road of inspection Opas Indah)
- C.Migliaccio, J. E. (2019). Construction Equipment Management. London and New York: Routledge.
- Dr.Diah Lydianingtias, S. (2018). Alat Berat. Malang: Polinema Press.
- Edi Nurhadi Kulo, J. E. (2017, september). Analisa Produktivitas Alat Berat Untuk Pekerjaan Pembangunan Jalan. Jurnal Sipil Statik, vol.5, 465-474.
- Kulo, E. N. (2017). Analisa produktivitas alat berat untuk pekerjaan pembangunan jalan (Studi Kasus: Proyek Pembangunan Jalan Lingkar SKPD Tahap 2 Lokasi Kecamatan Tutuyan Bolaang Mongondow Timur). Jurnal Sipil Statik, 5(7), 465–474.
- Menteri PUPR RI. (2016). Peraturan Menteri Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat Republik Indonesia Nomor 28/PRT/M/2016 Tentang Pedoman analisis harga satuan pekerjaan Bidang Pekerjaan Umum (Issue May). JDIH Kementerian PUPR.
- Nugroho, P.A. 2015. Skripsi Optimalisasi Penggunaan Alat Berat Pada Proyek Peningkatan Jalan. Fakultas Teknik Program Studi Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Purworejo.
- Kementerian pekerjaan umum dan perumahan rakyat. (2021). Diakses pada 15 Agustus 2021, dari <https://bpjt.pu.go.id/berita/progres-mencapai-5732-jalan-tol-kuala-tanjung-tebing-tinggi-parapat-seksi-1-4>
- Ramdhani, M. I., & Johari, G. J. (2021). Analisis Produktivitas Pemakaian Alat Berat Terhadap Biaya dan Waktu pada Pembangunan Jalan Baru Lingkar Cipanas Kabupaten Garut. Jurnal Konstruksi, 18(2), 62–71. <https://doi.org/10.33364/konstruksi/v.18-2.810>.
- Supit, D. D. (2020).Analisa Produktivitas dan Efisiensi Alat Berat Untuk Pekerjaan Tanah, dan Pekerjaan Perkerasan berbutir. 5(1), 906–917
- Wior, M. H. (2015). Analisa Kelayakan Investasi Ready Mix Concrete di Provinsi Sulawesi Utara. Jurnal Sipil Statik, 3(7), 492-500.

DAFTAR RIWAYAT HIDUP



DATA DIRI PESERTA

Nama Lengkap : Hendri Gusmala
Nama Panggilan : Hendri
Tempat, Tanggal Lahir : Kisaran, 25 Agustus 2000
Jenis Kelamin : Laki - Laki
Alamat : Jl. Rahmadsyah, Kp. Lalang, Kec. Tanjung Tiram
Agama : Islam

NAMA ORANG TUA

Ayah : Burhanuddin
Ibu : Nurmala
No. HP : 085267649311
Email : 25hendry08@gmail.com

RIWAYAT PENDIDIKAN

Nomor Pokok Mahasiswa : 1907210125
Fakultas : Teknik
Program Studi : Teknik Sipil
Perguruan Tinggi : Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara
Alamat Perguruan Tinggi : Jalan Kapten Muchtar Basri No. 3 Medan 20238

No.	Tingkat Pendidikan	Nama Sekolah	Tahun Kelulusan
1.	SD	SDN 010163	2013
2.	SMP	SPMN 1 Talawi	2016
3.	SMA	SMKN Binaan Prov.SU	2019
4.	Melanjutkan kuliah di Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara Tahun 2019 sampai selesai		