

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Pekerjaan konstruksi berskala besar pada umumnya tidak terlepas dari penggunaan alat berat. Dalam proyek pembangunan jalan maupun pekerjaan tanah lainnya, alat berat menjadi faktor utama yang menentukan keberhasilan pelaksanaan proyek. Penggunaan alat berat bertujuan untuk mempercepat proses pekerjaan sehingga target waktu yang telah direncanakan dapat tercapai secara efektif dan efisien (Febrianti, Dian, dan Zakia, 2018).

Alat berat merupakan mesin berukuran besar yang dirancang untuk melaksanakan pekerjaan konstruksi, khususnya pekerjaan tanah (*earthwork*) dan pemindahan material. Berdasarkan fungsinya, alat berat terdiri atas beberapa jenis, antara lain alat penggali, alat pemuat, alat pengangkut, alat penghampar, dan alat pemadat. Keberadaan alat berat sangat menunjang pengembangan sarana dan prasarana karena mampu meningkatkan kapasitas produksi dibandingkan dengan tenaga manusia secara manual.

Produktivitas alat berat dipengaruhi oleh berbagai faktor, seperti jenis dan tipe alat, metode kerja, kondisi medan, kemampuan operator, serta waktu siklus kerja. Oleh karena itu, diperlukan analisis produktivitas yang tepat agar penggunaan alat berat dapat memberikan hasil optimal. Analisis tersebut harus dilakukan berdasarkan teori dan tahapan perhitungan yang sesuai sehingga seluruh aspek yang memengaruhi kinerja alat dapat diperhitungkan secara menyeluruh (Kalengkongan, *Blessing*, Tisano, dkk., 2020).

Selain berpengaruh terhadap waktu pelaksanaan, penggunaan alat berat juga berdampak signifikan terhadap biaya proyek. Pemilihan jenis dan jumlah alat yang tidak tepat dapat menyebabkan rendahnya produktivitas, keterlambatan penyelesaian pekerjaan, serta pembengkakan biaya. Oleh sebab itu, perencanaan penggunaan alat berat harus dilakukan secara cermat agar tercapai keseimbangan antara waktu, biaya, dan mutu pekerjaan.

Pada pekerjaan pengeboran sumur minyak (*wellpad*), diperlukan lokasi dengan daya dukung tanah yang stabil sesuai standar yang berlaku. Untuk mencapai kondisi tersebut, diperlukan pekerjaan penimbunan tanah sebagai bagian dari persiapan lahan. Di kawasan Pertamina Hulu Rokan terdapat pekerjaan penimbunan tanah untuk pembangunan lokasi baru di Area 3H-0601A, Kecamatan Mandau, Kabupaten Bengkalis, yang dilaksanakan oleh PT Bina Rekayasa Anugrah. Proyek ini direncanakan berlangsung mulai 13 Januari 2025 hingga 31 Juli 2025 dengan volume timbunan sebesar 6.806,03 m³. Jarak antara *borrow pit* Kesumbo Ampai (KSA-BAB) dan lokasi penimbunan adalah ±19,8 km.

Dalam pelaksanaan pekerjaan tersebut digunakan 1 unit *excavator*, 20 unit *Dump truck*, 1 unit *bulldozer*, 1 unit *pad foot*, dan 1 unit *smooth drum*. Penentuan jenis dan jumlah alat berat tersebut harus dianalisis secara tepat agar produktivitas yang dihasilkan sesuai dengan target waktu pelaksanaan proyek. Kesalahan dalam perencanaan dapat mengakibatkan ketidakseimbangan antara kapasitas produksi alat, kebutuhan volume pekerjaan, serta durasi pelaksanaan.

Berdasarkan uraian tersebut, diperlukan suatu analisis produktivitas alat berat pada pekerjaan timbunan di Area 3H-0601A. Oleh karena itu, penulis melakukan penelitian dengan judul “Analisis Produktivitas Alat Berat pada Pekerjaan Timbunan di Area *Wellpad* 3H-0601A di Wilayah Kerja PT Pertamina Hulu Rokan”. Penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi dalam perhitungan produktivitas alat berat secara

efektif dan efisien guna mendukung kelancaran pelaksanaan proyek konstruksi.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah dijelaskan, maka rumusan masalah pada penelitian ini adalah:

1. Bagaimanakah nilai produktivitas yang dihasilkan oleh alat berat pada pada Proyek Pertamina Hulu Rokan area *Wellpad* 3H-0601A?
2. Berapakah jumlah kombinasi alat berat yang lebih baik pada pekerjaan pada Proyek Pertamina Hulu Rokan area *Wellpad* 3H-0601A??

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian ini adalah :

1. Mendapatkan nilai produktivitas yang dihasilkan alat berat pada proyek timbunan *wellpad* proyek Pertamina Hulu Rokan area *Wellpad* 3H-0601A.
2. Menemukan kombinasi jumlah alat berat yang diperlukan pada proyek Pertamina Hulu Rokan area *Wellpad* 3H-0601A.

1.4 Manfaat Penelitian

Manfaat Penelitian ini adalah:

1. Mengetahui nilai produktivitas yang dihasilkan alat berat pada proyek timbunan *wellpad* proyek Pertamina Hulu Rokan area *Wellpad* 3H-0601A.
2. Mengetahui kombinasi jumlah alat berat yang diperlukan pada proyek Pertamina Hulu Rokan area *Wellpad* 3H-0601A..

1.5 Batasan Masalah

Untuk menjaga fokus dan ruang lingkup penelitian agar tetap terarah, maka batasan masalah dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Volume yang di gunaan pada penelitian ini adalah data Progress 1 *Hauling Distribution Fresh Soil*, volume timbunan khusus *Wellpad 3H-0601A* yang di analisis sebesar $V = 6.806,03 \text{ m}^3$
2. Alat – alat berat yang akan dihitung pada penelitian ini adalah *Excavator*, *Dump truck* (DT), *Bulldozer*, *Pad Foot Roller*, dan *Smooth Drum Roller*.
3. Type spesifikasi alat berat yang digunakan pada penelitian ini yaitu kapasitas kerja, waktu siklus, kecepatan operasi, serta efisiensi kerja alat.
4. Jam Kerja Alat Berat dan *Mainpower* rata -rata 8 jam perhari
5. Jarak hauling mengacu kepada *Jorney Management Plant* (JMP) yang ditetapkan.
6. Kecepatan Dumptruk dibatasi 40 km/jam untuk area HO dan 70 km/jam untuk area luar yg telah di tentukan oleh GPS *Dump truk* tersebut.
7. Muatan *Dump truk* dibatasi rata-rata 9-10 meter Kubik per *Dump Truk*.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA DAN LANDASAN TEORI

2.1. Tinjauan Pustaka

Beberapa penelitian terdahulu terkait produktivitas alat berat telah dilakukan baik di bidang konstruksi maupun rekayasa perminyakan. Penelitian-penelitian tersebut menjadi dasar acuan dalam memahami produktivitas alat berat pada pekerjaan timbunan pada wellpad. Berikut beberapa penelitian yang relevan :

1. Keterkaitan dengan penelitian adalah Dasar analisis produktivitas *bulldozer*. Siregar dan Ramadhan (2024) dalam Jurnal Teknik Sipil Dan Lingkungan Membahas Produktivitas Alat Pemadat Pada Pekerjaan Timbunan Tanah. Penelitian ini menunjukkan bahwa lebar *drum*, kecepatan kerja, dan jumlah lintasan pemadatan berpengaruh besar terhadap produktivitas *roller*. Produktivitas *roller* meningkat 12% jika kecepatan, lintasan, dan lebar *drum* disesuaikan dengan karakteristik tanah. Hasil penelitian ini menjadi dasar dalam analisis produktivitas alat pemadat.
2. Chen dan Liu (2024) dalam *International Journal Of Civil Engineering Yang Menganalisis Produktivitas Alat Pemadat Pada Pekerjaan Timbunan (Embankment)*. Penelitian ini menekankan pentingnya pemilihan jenis *roller* yang sesuai dengan karakteristik tanah untuk mencapai kepadatan optimal. Pemilihan *roller* yang sesuai karakteristik tanah meningkatkan kepadatan hingga 95–98% dari spesifikasi. Penelitian ini relevan sebagai pendukung analisis alat pemadat pada penelitian ini.
3. Keterkaitan dengan penelitian ini adalah Digunakan untuk analisis *roller* pada proyek ini. Brown dan Miller (2023) dalam *Journal Of Construction Research* Meneliti Produktivitas Dan Optimasi Biaya Alat Berat Pada Pekerjaan *Earthwork*. Penelitian ini menyimpulkan bahwa perhitungan produktivitas akurat menurunkan biaya operasional hingga 10% dan waktu proyek $\pm 7\%$ lebih cepat perhitungan produktivitas yang akurat dapat

membantu pengendalian biaya dan waktu pelaksanaan proyek. Penelitian ini mendukung pentingnya analisis waktu penyelesaian pekerjaan dalam penelitian ini.

4. Keterkaitan dengan penelitian ini adalah Acuan analisis keseimbangan alat. Lestari dan Prabowo (2023) dalam Jurnal Teknik Alat Berat Menganalisis Produktivitas *Bulldozer* Pada Pekerjaan Perataan Tanah Timbunan. Penelitian ini menunjukkan bahwa kapasitas blade dan jarak dorong sangat memengaruhi produktivitas *bulldozer*. Produktivitas *bulldozer* menurun 15% saat jarak dorong > 50 m. Hasil penelitian ini digunakan sebagai referensi dalam perhitungan produktivitas *bulldozer* pada penelitian ini.
5. Keterkaitan dengan penelitian adalah Mendukung analisis waktu penyelesaian pekerjaan. Nitiranda Faizah, dkk. (2022). Analisis Produktivitas Alat Berat Pada Pekerjaan Pemadatan Perkerasan Aspal Pada Proyek Peningkatan Jalan Ruas Pasar Banjit – Jukuh Batu Kabupaten Way Kanan. Dalam penelitian ini penggunaan alat berat untuk proses pemadatan Lapis Aston Aus (AC-WC) dengan volume pekerjaan 371,2 ton dan tebal pemadatan 0,04 m, diperoleh kesimpulan produktivitas alat *Tandem Roller* sebesar 78,39 ton/jam, jumlah alat yang dibutuhkan 1 unit dan jumlah hari kerja yang dibutuhkan untuk menyelesaikan pekerjaan adalah 1 hari kerja. Sedangkan, produktivitas alat *Pneumatic-tired roller* sebesar 118,93 ton/jam, jumlah alat yang dibutuhkan 1 unit dan jumlah hari kerja yang dibutuhkan untuk menyelesaikan pekerjaan adalah 1 hari kerja. Penelitian ini berbeda dengan penelitian sebelumnya, dimana pada penelitian ini menganalisis produktivitas alat berat guna mengoptimalkan penggunaan alat berat pada pekerjaan galian dan timbunan *well pad* 3H-0601A di wilayah kerja PT. Pertamina Hulu Rokan.
6. Keterkaitan dengan penelitian adalah Pembandingan hasil produktivitas *Dump truck*. Kim dan Park (2022) dalam *Automation In Construction* Melakukan Optimasi Kombinasi *Excavator* Dan *Dump truck* Pada Proyek Pekerjaan Tanah. Penelitian ini menyimpulkan bahwa Kombinasi optimal 1 *excavator* : 3–4 *Dump truck* meningkatkan produktivitas hingga 18%. Penentuan

jumlah *Dump truck* yang optimal terhadap satu unit *excavator* dapat meningkatkan produktivitas proyek serta menurunkan biaya operasional. Konsep optimasi ini menjadi landasan dalam analisis keseimbangan alat pada penelitian ini.

7. Keterkaitan dengan penelitian ini adalah Mendukung penggunaan faktor efisiensi (E) dalam perhitungan Q. Arsyad dan Hidayat (2022) dalam Jurnal Rekayasa Sipil Membahas Evaluasi Produktivitas *Excavator* Dan *Dump truck* Pada Pekerjaan Earthwork. Penelitian ini menggunakan metode perhitungan waktu siklus dan produktivitas alat untuk mengevaluasi kinerja alat di lapangan. Produktivitas *Dump truck* hanya 85% dari kapasitas teoritis akibat jarak angkut dan faktor medan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa produktivitas aktual sering kali lebih rendah dari produktivitas teoritis akibat kondisi lapangan dan manajemen operasional.
8. Keterkaitan dengan penelitian ini adalah Pembanding hasil perhitungan produktivitas alat di proyek wellpad. Smith dan Zhao (2021) dalam *International Journal Of Construction Engineering And Management* Meneliti Produktivitas Alat Berat Pada Pekerjaan *Earthwork* Secara Menyeluruh. Penelitian ini menekankan pentingnya pengaruh kondisi lapangan, efisiensi operator, dan jarak angkut terhadap produktivitas alat berat. Produktivitas alat berat menurun 8–12% saat kondisi lapangan tidak ideal Hasil penelitian ini memperkuat dasar teoritis penggunaan faktor efisiensi dalam perhitungan produktivitas alat berat.
9. Keterkaitan dengan penelitian adalah Acuan analisis kombinasi alat berat di proyek ini. Andika dan Putra (2021) dalam Jurnal Teknik Sipil Universitas Diponegoro “Menganalisis Produktivitas Alat Berat Pada Pekerjaan Timbunan Tanah”. Penelitian ini menghitung produktivitas *excavator* dan *Dump truck* berdasarkan kapasitas alat, waktu siklus, serta efisiensi kerja. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa produktivitas *excavator* dan *Dump truck* aktual 10–15% lebih rendah dari produktivitas teoritis karena faktor lapangan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa pemilihan jumlah alat yang tidak tepat akan menyebabkan ketidakseimbangan sistem kerja.

Penelitian ini relevan sebagai pembanding dalam analisis produktivitas alat berat pada proyek *wellpad*.

10. Keterkaitan dengan penelitian ini adalah dasar perhitungan *cycle time* dan produktivitas (Q) alat berat. Fauzan dan Nugroho (2020) dalam Jurnal Infrastruktur Melakukan Analisis Keseimbangan Alat Gali–Angkut Pada Proyek Konstruksi Jalan. Penelitian ini menunjukkan bahwa ketidakseimbangan alat gali-angkut menyebabkan *idle time* hingga 20% dari total waktu kerjawa pengurangan waktu siklus 10–15% dapat meningkatkan produktivitas alat berat hingga 12%. Konsep keseimbangan alat yang digunakan dalam penelitian ini menjadi acuan dalam analisis kombinasi alat berat pada pekerjaan timbunan.
11. Keterkaitan dengan penelitian ini adalah Penting dalam menggali volume dan waktu pelaksaan yang di butuhkan dalam meghitung produktivitas alat berat. Ahmed dan Ali (2020) dalam *Journal Of Engineering Design And Technology*. Dalam penelitian ini membahas evaluasi kinerja alat berat berdasarkan waktu siklus kerja. Penelitian ini menekankan bahwa waktu siklus merupakan faktor utama yang memengaruhi produktivitas alat berat. Menunjukkan bahwa pengurangan waktu siklus 10–15% dapat meningkatkan produktivitas alat berat hingga 12%. Hasil penelitian menunjukkan bahwa semakin kecil waktu siklus kerja, maka produktivitas alat berat akan meningkat secara signifikan. Penelitian ini menjadi dasar dalam perhitungan waktu siklus pada masing-masing alat berat dalam penelitian ini.
12. Menurut Blessing billy, K. dkk (2020). Analisa Perhitungan Produktivitas Alat Berat Pada Pekerjaan Pematangan Lahan Pembangunan Tower Sutet Likupang – Paniki. Dalam penelitian ini, Produktivitas *excavator* per jam sesuai dengan data perhitungan literatur pada tip 65 sebagai patokan untuk waktu siklus di lapangan adalah sebesar 59,616 m³. Sedangkan untuk data perhitungan lapangan sebesar 114,134 m³. Jumlah alat berat yang digunakan sebanyak 1 *excavator* dapat memenuhi pekerjaan galian proyek dalam waktu yang cepat. Waktu pelaksanaan yang dibutuhkan untuk

menggali volume galian total proyek sebesar 14192,76 m³ adalah 248,469 jam. Sedangkan untuk data aktual lapangan hanya memerlukan 130,661 jam. Waktu yang direncanakan untuk menyelesaikan seluruh pekerjaan galian adalah 90 hari kerja atau 720 jam kerja, sehingga waktu pelaksanaan pekerjaan menurut perhitungan aktual lapangan jauh lebih cepat dari rencana waktu kerja.

2.2. Landasan Teori

2.1.1 Proyek konstruksi

Proyek konstruksi merupakan kegiatan pembangunan yang melibatkan perencanaan, pelaksanaan, dan pengawasan berbagai pekerjaan sipil. Menurut Rochmanhadi (1992), pekerjaan konstruksi skala besar biasanya membutuhkan penggunaan alat berat untuk mempercepat pelaksanaan, meningkatkan efisiensi waktu, serta menekan biaya operasional.

Dalam proyek konstruksi tanah, pemindahan, penggalian, dan penimbunan material memerlukan tenaga mesin, karena pekerjaan manual akan sangat lambat dan tidak efektif. Pekerjaan konstruksi teknik sipil termasuk infrastruktur seperti jalan, bendungan, jembatan, pelabuhan, dan rel kereta api yang umumnya berskala besar dan memerlukan peralatan canggih.

Keuntungan penggunaan alat berat antara lain:

- 1) Mempercepat pelaksanaan pekerjaan.
- 2) Memanfaatkan tenaga besar secara efisien.
- 3) Mengurangi biaya tenaga kerja manusia.
- 4) Meningkatkan mutu pekerjaan sesuai standar.

Referensi: Alat berat dan teknologi konstruksi berkembang mengikuti kebutuhan fungsinya di lapangan (Rochmanhadi, 1992; Asiyanto, 2008).

2.1.2 Teori Koefisien dalam Perhitungan Alat Berat

Menurut Rochmanhadi (1992), dalam perhitungan produktivitas alat berat pekerjaan tanah, diperlukan beberapa koefisien koreksi karena kondisi material dan operasi di lapangan tidak ideal. Koefisien ini berfungsi untuk menyesuaikan kapasitas teoritis alat dengan kondisi aktual.

1) Koefisien Pengembangan Tanah (*Swell Factor*)

Swell factor adalah perbandingan antara volume tanah dalam kondisi gembur (*loose*) terhadap volume tanah dalam kondisi asli (*in-situ*). Menurut Rochmanhadi (1992), penggalian tanah menyebabkan bertambahnya rongga udara antar butir tanah sehingga volumenya meningkat.

Rumus *swall factor* :

$$SF = \frac{V_{loose}}{V_{insitu}} \dots\dots\dots(1)$$

Keterangan :

V_{loose} = volume tanah lepas (m^3)

V_{insitu} = volume tanah asli (m^3)

Nilai *swell factor* tanah umumnya berkisar antara 1,10 – 1,30, tergantung jenis tanah.

2) Koefisien Penyusutan Tanah (*Shrinkage Factor*)

Shrinkage factor merupakan perbandingan volume tanah dalam kondisi padat terhadap kondisi gembur.

Menurut Rochmanhadi (1992), pada proses pemadatan tanah, rongga udara berkurang sehingga volume tanah menyusut.

Rumus *shrinkage factor* :

$$ShF = \frac{V_{compact}}{V_{loose}} \dots\dots\dots(2)$$

Keterangan :

V_{loose} = volume tanah lepas (m^3)

$V_{compact}$ = volume tanah asli (m^3)

Nilai shrinkage factor umumnya berkisar antara 0,80 – 0,95, tergantung metode dan tingkat pemadatan.

Faktor Pengisian Bucket (*Bucket Fill Factor*)

Bucket Fill Factor (BFF) adalah koefisien yang menyatakan tingkat keterisian bucket *excavator* dibandingkan kapasitas nominalnya.

Menurut Rochmanhadi (1992), bucket tidak selalu terisi penuh akibat sifat material, teknik penggalian, dan keterampilan operator.

Rumus volume aktual bucket:

Rumus volume aktual bucket:

$$V_{aktual} = q \times BFF \dots\dots\dots(3)$$

Keterangan:

q = kapasitas bucket (m³)

BFF = *bucket fill factor*

Nilai BFF umumnya berkisar antara 0,80 – 1,10.

3) Faktor Efisiensi Kerja Alat

Efisiensi kerja merupakan perbandingan antara waktu kerja efektif dengan waktu kerja tersedia.

Menurut Rochmanhadi (1992), efisiensi kerja dipengaruhi oleh: kemampuan operator, kondisi alat, pengaturan kerja, cuaca dan medan.

Rumus efisiensi kerja:

$$E \frac{\text{waktu efektif}}{\text{waktu tersedia}} \dots\dots\dots(4)$$

Nilai efisiensi kerja alat berat umumnya berada pada rentang 0,70 – 0,90.

2.1.3 Pengertian Alat Berat

Alat berat merupakan peralatan mekanis berukuran besar yang digunakan untuk membantu pekerjaan konstruksi, khususnya pekerjaan tanah (*earthwork*), seperti penggalian, pemindahan, penimbunan, dan pemadatan material.

Menurut Rochmanhadi (1992), alat berat adalah peralatan mekanis yang digunakan untuk mempermudah pekerjaan manusia dalam proyek konstruksi sehingga pekerjaan dapat diselesaikan secara cepat, tepat, dan ekonomis.

Menurut Asiyanto (2008), alat berat merupakan faktor utama dalam proyek konstruksi yang berfungsi untuk meningkatkan kapasitas produksi serta efisiensi pelaksanaan pekerjaan.

Berdasarkan pendapat para ahli tersebut, dapat disimpulkan bahwa alat berat berperan penting dalam menunjang keberhasilan proyek dari segi waktu, biaya, dan mutu pekerjaan.

2.1.4 Teori Alat Berat Menurut Rochmanhadi

Menurut Rochmanhadi (1992), alat berat adalah peralatan mekanis yang dirancang untuk membantu pekerjaan konstruksi dengan kapasitas besar agar pekerjaan dapat dilaksanakan secara cepat, efisien, dan ekonomis.

1) Prinsip Kerja Alat Berat

Prinsip dasar penggunaan alat berat adalah:

- i. Mengurangi waktu pelaksanaan pekerjaan
- ii. Meningkatkan kapasitas produksi
- iii. Menekan biaya operasional proyek

Produktivitas alat berat ditentukan oleh: kapasitas alat, waktu siklus, efisiensi kerja, keseimbangan kombinasi alat.

2) Hubungan Koefisien dengan Produktivitas Alat

Rochmanhadi (1992) menegaskan bahwa produktivitas alat berat tidak boleh dihitung hanya berdasarkan kapasitas nominal, tetapi harus dikoreksi menggunakan koefisien:

$$Q = \frac{VXE}{CT} \dots \dots \dots (5)$$

Dimana volume V telah disesuaikan dengan: *swell factor*, *shrinkage factor*, *bucket fill factor*.

Tanpa koreksi koefisien tersebut, hasil perhitungan produktivitas akan lebih besar dari kondisi nyata di lapangan.

3) Keseimbangan Alat Berat (Match Factor)

Menurut Rochmanhadi (1992), keseimbangan antara alat gali dan alat angkut sangat menentukan kelancaran pekerjaan.

Jika jumlah *Dump truck* terlalu sedikit $\rightarrow$ *excavator* menunggu

Jika *Dump truck* terlalu banyak $\rightarrow$ *Dump truck* menunggu

Kondisi ideal terjadi saat: $MF \approx 1$

Nilai $MF < 1$ menunjukkan sistem belum seimbang dan terjadi idle time.

2.1.5 Klasifikasi Alat Berat

Menurut Rochmanhadi (1992), alat berat dapat diklasifikasikan berdasarkan fungsinya sebagai berikut

1) Alat Penggali (*Excavating Equipment*)

Digunakan untuk pekerjaan penggalian tanah atau material. Contoh: *excavator*. *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 *Excavator/backhoe out-triggers*. dikhususkan untuk penggalian yang letaknya di bawah kedudukan *backhoe* itu sendiri (Novi Dwi., S. 2013).

2) Alat Pengangkut (*Hauling Equipment*)

Digunakan untuk mengangkut material dari satu lokasi ke lokasi lainnya. Contoh: *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 (Novi Dwi., S. 2013)

3) Alat Pendorong dan Perata (*Dozing Equipment*)

Digunakan untuk mendorong, meratakan, dan menyebarkan material. Contoh: *Bulldozer*. *Bulldozer* adalah salah satu jenis alat berat yang berfungsi untuk pemerataan material seperti tanah, pasir, kerikil yang memiliki kemampuan dorong atau tenaga yang tinggi. Bisa digunakan untuk menggali, mendorong, menggusur meratakan, menarik beban, menimbun. Mampu beroperasi di daerah yang lunak sampai daerah yang keras sekalipun. Dengan swamp dozer (dozer rawa) untuk daerah yang sangat lunak, dan daerah yang sangat keras perlu dibantu dengan *ripper* (alat garu). Pada dasarnya *bulldozer* adalah alat yang menggunakan traktor sebagai penggerak utamanya, artinya traktor yang dilengkapi alat atau pelengkap tambahan dalam hal ini perlengkapan tambahannya adalah *blade*. Sebenarnya, *bulldozer* adalah nama jenis dari dozer yang mendorong lurus ke depan.

4) Alat Pemadat (*Compacting Equipment*)

Digunakan untuk memadatkan tanah agar mencapai kepadatan yang disyaratkan. Contoh: *pad foot roller* dan *smooth drum roller*. Alat berat *Padfoot Roller*, juga dikenal sebagai *sheep's foot roller*, adalah jenis pemadat tanah yang digunakan untuk memadatkan tanah kohesif seperti tanah lempung dan material berbutir kasar, dengan tonjolan seperti kaki domba pada drumnya yang menekan dan meremukkan gumpalan tanah dari dalam untuk meningkatkan kepadatan dan stabilitas.

Smooth drum" umumnya merujuk pada jenis alat berat konstruksi yang disebut roller drum halus atau smooth drum roller, yaitu mesin pemadat dengan permukaan drum yang halus digunakan untuk meratakan dan memadatkan material seperti tanah granular, pasir, kerikil, dan aspal. Alat ini bekerja dengan mengaplikasikan getaran dan tekanan untuk memadatkan material sehingga mencapai kepadatan yang diinginkan.

2.1.6 *WellPad*

WellPad adalah sebuah fasilitas yang akan digunakan oleh RIG (*team drilling*) untuk melakukan pengeboran. Sebuah *WellPad* umumnya memiliki fasilitas-fasilitas seperti *Rig Foot Print*, *Celar Box*, *Cutting Storage*, *Water and Mud Pond*, *Cementing Pad*. *Rig Foot Print* merupakan fasilitas yang digunakan sebagai landasan atau kedudukan *Crane Rig* selama pengeboran. Konstruksi *Rig Foot Print* biasanya terbuat dari *Concrete Slab* (*Crane Mate*), perkerasan dengan base, etc. Terlebih dahulu *Subgrade* pada *Rig Foot Print* ini harus mencapai kepadatan yang maksimal (95% MDD).

Celar Box berfungsi sebagai penampungan sementara *Fluid* yang dihasilkan oleh proses pengeboran, sehingga tidak mencemari lingkungan. Dibuat berbentuk kotak dengan sisi atas terbuka. Konstruksi terbuat dari *concrete* atau *plate steel* yang sudah dibentuk. *Cutting Storage* berfungsi untuk penyimpanan material *dispose* hasil pengeboran. Material tersebut biasanya pasir dan tanah berlumpur. Konstruksinya terbuat dari *concrete*. *Water Pond* berfungsi untuk mempermudah *Rig Auger* (mata bor drilling)

menembus lapisan tanah, sehingga dibutuhkan wadah sebagai tempat tampungan air agar suplai air tetap terjaga, sedangkan *Mud Pond* adalah tempat untuk penampungan lumpur cair dan berbahaya bagi lingkungan. Baik *Water Pond* dan *Mud Pond* ditutupi oleh lapisan *geomembrane* (HDPE) agar tidak mudah tembus oleh benda tumpul. Dan *Cementing Pad* merupakan tempat *Storage Well Cement*. Fasilitas-fasilitas yang ada di sebuah *Well Pad* pada intinya di desain berdasarkan kebutuhan Rig yang akan melakukan pengeboran.

2.1.7 Tanah

Tanah berupa material yang terdiri atas *agregat* (butiran) dan mineral-mineral yang padat yang tidak terikat secara kimia satu sama lain dari bahan-bahan organik yang telah melapuk yang disertai dengan zat cair dan gas yang mengisi ruang-ruang kosong diantara partikel-partikel padat tersebut.

Butiran-butiran mineral yang membentuk bagian padat dari tanah merupakan hasil pelapukan dari batuan. Ukuran setiap butiran pada tersebut sangat bervariasi dan sifat-sifat tanah banyak tergantung dari faktor-faktor ukuran, bentuk, komposisi-kimia dari butiran (Srihandayani, Susy dan Irda Mazni, D., 2016).

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 volume antara lain.

1) Keadaan asli (*insitu*)

Keadaan material yang masih alami dan belum mengalami gangguan teknologi (dilintasi peralatan, digali, dipindahkan, diangkut dan dipadatkan).

2) Keadaan gembur (*loose*)

Material tanah 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.

3) Keadaan padat (*compact*)

Keadaan ini akan dialami oleh material yang mengalami proses pemadatan (pemampatan), dimana volume akan menyusut. Perubahan volume terjadi dikarenakan adanya pemadatan rongga udara diantara butiran-butiran material tersebut.

2.1.8 Produktivitas Alat Berat

Produktivitas alat berat adalah kemampuan suatu alat dalam menghasilkan volume pekerjaan per satuan waktu tertentu. Menurut Asiyanto (2008), produktivitas adalah perbandingan antara output yang dihasilkan dengan waktu yang digunakan. Menurut Rochmanhadi (1992), kapasitas produksi alat berat ditentukan oleh kapasitas alat per siklus dan waktu siklus kerja.

Produktifitas alat berat pada kenyataannya di lapangan tidak sama jika dibandingkan dengan kondisi ideal alat dikarenakan hal-hal tertentu seperti topografi, keahlian operator, pengoperasian dan pemeliharaan alat. Produktifitas per jam alat yang harus diperhitungkan dalam perencanaan adalah produktifitas standart alat pada kondisi ideal dikalikan suatu faktor yang disebut efisiensi kerja. Besarnya nilai efisiensi kerja ini sulit ditentukan secara tepat tetapi berdasarkan pengalaman-pengalaman dapat ditentukan efisiensi kerja yang mendekati kenyataan. Bagaimana efektivitas alat tersebut bekerja tergantung dari beberapa hal yaitu:

Kemampuan operator pemakai alat.

- 1) Pemilihan dan pemeliharaan alat,
- 2) Perencanaan dan pengaturan letak alat,
- 3) Topografi dan volume pekerjaan,

- 4) Kondisi cuaca,
- 5) Metode pelaksanaan alat.

Produktivitas dapat diartikan sebagai hubungan antara hasil nyata maupun fisik dengan masukan yang sebenarnya (ILO, 1979). Produktivitas alat tergantung pada kapasitas dan waktu siklus alat. Produktivitas alat berat pada kenyataannya di lapangan tidak sama jika dibandingkan dengan kondisi ideal alat dikarenakan hal-hal tertentu seperti topografi, keahlian operator, pengoperasian dan pemeliharaan alat. Produktivitas per jam alat yang harus diperhitungkan dalam perencanaan adalah produktivitas standar alat pada kondisi ideal dikalikan suatu faktor yang disebut efisiensi kerja alat (Fa). Besarnya nilai efisiensi kerja ini sulit ditentukan secara tepat, tetapi berdasarkan pengalaman-pengalaman dapat ditentukan efisiensi kerja yang mendekati kenyataan. Faktor efisiensi kerja alat dapat dilihat pada Tabel berikut :

Tabel 2.1 Faktor Efisiensi Kerja Alat (Fa)

Kondisi Operator Alat	Pemeliharaan Mesin				
	Sangat Baik	Baik	Sedang	Buruk	Sangat Buruk
Baik Sekali	0.83	0.81	0.76	0.70	0.63
Baik	0.78	0.75	0.71	0.65	0.60
Sedang	0.72	0.69	0.65	0.60	0.54
Buruk	0.63	0.61	0.57	0.52	0.45
Buruk Sekali	0.52	0.52	0.47	0.42	0.32

(Sumber: Departemen Pekerjaan Umum, Direktorat Bina Marga)

Rumus Dasar Produktivitas. Secara umum, produktivitas dapat dirumuskan sebagai berikut:

$$Q = \frac{V \times 60 \times E}{CT} \dots\dots\dots(6)$$

Keterangan :

Q : produksi alat per jam (m³/jam)

V : volume per silus (m³)

E : efisiensi kerja

CT : waktu siklus (jam)

Jika waktu siklus dalam menit :

$$Q = \frac{qx3600xE}{Ct} \dots\dots\dots(7)$$

Waktu Siklus (*Cycle Time*)

Menurut Rochmanhadi (1992), waktu siklus adalah waktu yang diperlukan alat untuk menyelesaikan satu siklus kerja secara lengkap.

$Ct = \text{waktu gali} + \text{waktu putar} + \text{waktu buang} + \text{waktu kembali (detik)}$.

Catatan : waktu putar dihitung dua kali saat muat saat kosong

1) Produktivitas *Excavator*

Excavator berfungsi sebagai alat gali dan alat muat.

Menurut Asiyanto (2008), produktivitas *excavator* dipengaruhi oleh kapasitas bucket, faktor pengisian bucket (*bucket fill factor*), waktu siklus, dan efisiensi kerja.

Rumus produkvtas *excavator*

$$Q_{exc} = \frac{qxBFFx60xE}{CT} \dots\dots\dots(8)$$

Dimana :

q : kapasitas bucket (m³)

BFF : *Bucket Fill Factor*

E : efisiensi kerja

CT : waktu siklus (menit)

Waktu silus *excavator*

$$CT = t_{gali} + t_{ayun\ isi} + t_{buang} + t_{ayun_kosong}$$

2) Produktivitas *Dump truck*

Dump truck digunakan untuk mengangkut material dari lokasi galian ke lokasi timbunan.

Menurut Rochmanhadi (1992), produktivitas *Dump truck* dipengaruhi oleh kapasitas bak, jarak angkut, kecepatan kendaraan, waktu bongkar, dan waktu tunggu.

Waktu Siklus *Dump truck*

$$CT = t_{m\text{uat}} + t_{a\text{ngkut}} + t_{b\text{ongkar}} + t_{k\text{kembali}} + t_{t\text{unggu}}$$

Dimana :

$$t_{a\text{ngkut}} = \frac{\text{jarak}}{\text{kecepatan isi}}$$

$$t_{k\text{kembali}} = \frac{\text{jarak}}{\text{kecepatan kosong}}$$

Produktivitas *Dump truck*

$$Q_{dt} = \frac{Cx60xE}{CT} \dots\dots\dots(9)$$

Dimana:

C : kapasitas bak *Dump truck* (m³)

3) Produktivitas Bulldozer

Bulldozer digunakan untuk mendorong dan meratakan material timbunan.

Menurut Asiyanto (2008), produktivitas *bulldozer* tergantung pada kapasitas blade, jarak dorong, dan kondisi medan.

$$Q_{dozer} = \frac{qx60xE}{CT} \dots\dots\dots(10)$$

Dimana :

q : kapasitas blade (m³)

Waktu Siklus *Bulldozer*

$$CT = \frac{\text{jarak}}{\text{kecepatan maju}} + \frac{\text{jarak}}{\text{kecepatan mundur}} \dots\dots\dots(11)$$

4) Kecepatan Alat Pemadat (Roller)

Menurut Rochmanhadi (1992), produktivitas alat pemadat dipengaruhi oleh lebar drum, kecepatan, jumlah lintasan, dan efisiensi kerja.

Rumus produktivitas Roller

$$Q = \frac{W \times V \times 1000 \times E}{n} \dots\dots\dots(12)$$

Dimana :

Dimana:

W = Lebar drum (m)

V = Kecepatan (km/jam)

n = Jumlah lintasan

E = Efisiensi

Jika dihitung dalam m³/jam:

$$Q_{m^3} = Q_{m^2} \times \text{Tebal lapisan}$$

6) Efisiensi Kerja

Menurut Asiyanto (2008), efisiensi kerja adalah perbandingan antara waktu kerja efektif dengan waktu kerja tersedia.

$$E = \frac{\text{waktu efektif}}{\text{waktu tersedia}} \dots\dots\dots(13)$$

Nilai efisiensi biasanya antara 0,75-0,90 tergantung kondisi lapangan

7) Keseimbangan Kombinasi Alat

Menurut Rochmanhadi (1992), dalam sistem kerja alat berat harus terjadi keseimbangan antara alat gali dan alat angkut untuk menghindari waktu tunggu.

Jumlah *Dump truck* yang dibutuhkan:

$$N = \frac{CT_{dump\ truck}}{CT_{excavator}} \dots\dots\dots(14)$$

Agar sistem optimal :

$$Q_{xxc} \approx Q_{dt}$$

Jika tidak seimbang, akan terjadi idle time yang menurunkan produktivitas.

8) Perhitungan Waktu Penyelesaian Pekerjaan

Untuk menentukan durasi pekerjaan :

$$\text{waktu} = \frac{\text{volume pekerjaan}}{\text{produktivitas}} \dots\dots\dots(15)$$

Dalam satuan hari :

$$\text{hari} = \frac{\text{volume}}{Q \times \text{jam kerja per har}} \dots\dots\dots(16)$$

BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Jenis Dan Pendekatan Penelitian

Penelitian ini merupakan penelitian kuantitatif dengan pendekatan deskriptif-analitis. Pendekatan kuantitatif digunakan karena penelitian ini melibatkan perhitungan numerik terhadap produktivitas alat berat berdasarkan data teknis di lapangan.

Pendekatan deskriptif dilakukan untuk menggambarkan kondisi penggunaan alat berat pada pekerjaan timbunan *Wellpad* Area 3H-0601A. Selanjutnya, pendekatan analitis digunakan untuk menghitung produktivitas masing-masing alat berat serta menganalisis kombinasi alat yang optimal berdasarkan rumus teoritis yang telah dijelaskan pada BAB II.

Penelitian ini tidak melakukan eksperimen atau perlakuan tertentu terhadap objek, melainkan menganalisis data aktual proyek untuk memperoleh nilai produktivitas dan efisiensi penggunaan alat berat.

3.2 Lokasi Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan pada proyek pekerjaan timbunan *Wellpad* Area 3H-0601A yang berada di wilayah kerja PT Pertamina Hulu Rokan, Kecamatan Mandau, Kabupaten Bengkalis.

Waktu pelaksanaan proyek direncanakan mulai tanggal 13 Januari 2025 sampai dengan 31 Juli 2025. Pengumpulan data penelitian dilakukan selama periode pelaksanaan pekerjaan timbunan berlangsung.

3.3 Objek Penelitian

Objek dalam penelitian ini adalah produktivitas alat berat yang digunakan pada pekerjaan timbunan *Wellpad* Area 3H-0601A.

Alat berat yang dianalisis meliputi:

- 1) *Excavator*

- 2) *Dump truck*
- 3) Bulldozer
- 4) Pad Foot Roller
- 5) Smooth Drum Roller

Analisis difokuskan pada perhitungan produktivitas masing-masing alat serta evaluasi keseimbangan kombinasi alat dalam sistem pekerjaan timbunan.

3.4 Data Dan Sumber Data

Data yang digunakan dalam penelitian ini terdiri dari:

- 1) Data Primer, yaitu data yang diperoleh langsung dari lokasi proyek, meliputi:
 - 1) Spesifikasi teknis alat berat
 - 2) Kapasitas bucket dan kapasitas bak angkut
 - 3) Waktu siklus (*cycle time*) masing-masing alat
 - 4) Jam kerja efektif per hari
 - 5) Jumlah unit alat yang digunakan.
- 2) Data Sekunder, yaitu data yang diperoleh dari dokumen proyek dan literatur, meliputi:
 - a) Volume pekerjaan timbunan (6.806,03 m³)
 - b) Jarak angkut material ($\pm 19,8$ km)
 - c) Faktor efisiensi kerja alat
 - d) Faktor konversi tanah (*swell factor* dan *shrinkage factor*)
 - e) Referensi teoritis dari buku dan jurnal

3.5 Alat Dan Bahan

- 1) Alat Lapangan:
 - a) Bor tanah / Spade sampler
 - b) Alat pengukur elevasi dan koordinat (GPS, leveling)
 - c) Timbangan portable dan kaliper
- 2) Alat Laboratorium:

- a) Oven pengering (ASTM D2216)
 - b) Peralatan gradasi (Saringan, hydrometer)
 - c) Alat uji pemadatan Modifikasi (Modified Proctor, ASTM D-1557)
 - d) Alat ukur massa jenis tanah
- 3) Bahan:
- a) Sampel tanah timbun asli dari wellpad
 - b) Air demineralisasi untuk pengujian laboratorium

3.6 Teknik Pengumpulan Data

Teknik pengumpulan data dilakukan melalui:

- 1) Observasi Lapangan, untuk mengetahui kondisi kerja alat dan sistem operasional di proyek.
- 2) Wawancara, dengan pihak pelaksana proyek atau operator alat berat untuk memperoleh informasi teknis.
- 3) Studi Dokumentasi, melalui pengumpulan data spesifikasi alat, volume pekerjaan, serta dokumen perencanaan proyek.
- 4) Studi Literatur, untuk memperoleh teori dan rumus produktivitas alat berat sebagai dasar analisis.

3.7 Variabel Penelitian

Variabel yang digunakan dalam penelitian ini meliputi:

- 1) Kapasitas alat (m^3)
- 2) Waktu siklus kerja (menit)
- 3) Efisiensi kerja alat
- 4) Produktivitas alat (m^3/jam)
- 5) Jumlah kombinasi alat
- 6) Waktu penyelesaian pekerjaan

3.8 Metode Analisis Data

Analisis data dilakukan secara bertahap sebagai berikut:

- 1) Perhitungan Waktu Siklus (*Cycle Time*)

Waktu siklus dihitung untuk setiap jenis alat berat berdasarkan aktivitas kerja dalam satu siklus penuh.

Untuk *excavator*:

$$CT = t_{gali} + t_{ayun\ isi} + t_{uang} + t_{ayun\ kosong}$$

Waktu siklus (*cycle time*) *excavator* pada penelitian ini ditetapkan sebesar 18 detik. Nilai ini diperoleh berdasarkan rata-rata waktu siklus *excavator* kelas ± 20 ton pada pekerjaan galian dan pemuatan tanah dengan kondisi medan normal.

Menurut Rochmanhadi (1992), waktu siklus *excavator* umumnya berada pada rentang 15–20 detik, yang terdiri dari waktu menggali, ayun bermuatan, pembuangan material, dan ayun kosong.

Berdasarkan pengamatan lapangan dan wawancara dengan operator, *excavator* bekerja dengan sudut ayun $\pm 90^\circ$ dan jarak buang relatif dekat, sehingga waktu siklus yang digunakan dalam analisis ini diambil sebesar 18 detik sebagai nilai representatif kondisi aktual di lapangan.

Untuk *Dump truck* :

$$CT = t_{muat} + t_{angkut} + t_{ongkar} + t_{kembali} + t_{tunggu}$$

Dimana :

$$t_{angkut} = \frac{jarak}{kecepatan\ isi}$$

$$t_{kembali} = \frac{jarak}{kecepatan\ kosong}$$

Waktu Siklus Bulldozer

$$CT = \frac{jarak}{kecepatan\ maju} + \frac{jarak}{kecepatan\ mundur}$$

Roller

Jika dihitung dalam m^3/jam :

$$Q_{m^3} = Q_{m^2} \times T_{tebal\ lapisan}$$

2) Perhitungan Produktivitas Alat

Produktivitas masing-masing alat dihitung berdasarkan rumus teoritis pada BAB II.

a) Produktivitas

$$Q = \frac{V \times 60 \times E}{CT}$$

Keterangan :

Q : produksi alat per jam (m^3 /jam)

V : volume per silus (m^3)

E : efisiensi kerja

CT : waktu siklus (jam)

Jika waktu siklus dalam menit :

$$Q = \frac{q \times 3600 \times E}{Ct}$$

b) *Excavator*

$$Q_{exc} = \frac{q \times BFF \times 60 \times E}{CT}$$

Dimana :

q : kapasitas bucket (m^3)

BFF : *Bucket Fill Factor*

E : efisiensi kerja

CT : waktu siklus (menit)

6) *Dump truck*

$$Q_{dt} = \frac{C \times 60 \times E}{CT}$$

Dimana:

C : kapasitas bak *Dump truck* (m^3)

7) *Bulldozer*

$$Q_{dozer} = \frac{q \times 60 \times E}{CT}$$

Dimana :

q : kapasitas *blade* (m^3)

8) Kecepatan Alat Pemadat (*Roller*)

$$Q = \frac{W \times V \times 1000 \times E}{n}$$

Dimana :

Dimana:

W = Lebar drum (m)

V = Kecepatan (km/jam)

n = Jumlah lintasan

E = Efisiensi

9) Efisiensi Kerja

$$E = \frac{\text{waktu efektif}}{\text{waktu tersedia}}$$

Nilai efisiensi biasanya antara 0,75-0,90 tergantung kondisi lapangan

10) Keseimbangan Kombinasi Alat

$$N = \frac{CT_{dump\ truck}}{CT_{excavator}}$$

Agar sistem optimal :

$$Q_{exc} \approx Q_{dt}$$

Jika tidak seimbang, akan terjadi *idle time* yang menurunkan produktivitas.

11) Perhitungan Waktu Penyelesaian Pekerjaan

Untuk menentukan durasi pekerjaan :

$$\text{waktu} = \frac{\text{volume pekerjaan}}{\text{produktivitas}}$$

Dalam satuan hari :

$$\text{hari} = \frac{\text{volume}}{Q \times \text{jam kerja per hari}}$$

3.9 Tahap Penelitian

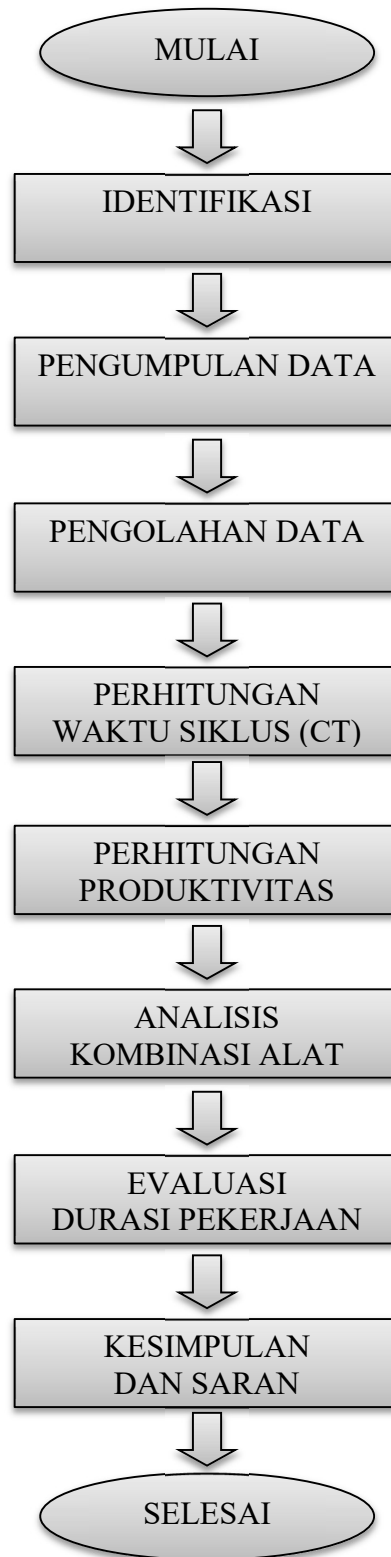
Tahapan penelitian dilakukan sebagai berikut:

- 1) Identifikasi permasalahan produktivitas alat berat. Tahap awal penelitian dimulai dengan mengidentifikasi permasalahan yang terjadi pada proyek pekerjaan timbunan *Wellpad* Area 3H-0601A di wilayah kerja PT Pertamina Hulu Rokan.

Permasalahan yang diidentifikasi meliputi:

- a) Kesesuaian produktivitas alat berat terhadap target pekerjaan
- b) Keseimbangan kombinasi alat gali–angkut–ratakan–padat
- c) Efektivitas waktu penyelesaian pekerjaan
- d) Identifikasi ini dilakukan melalui pengamatan awal di lapangan serta diskusi dengan pihak pelaksana proyek.
- e) Pengumpulan data teknis alat dan volume pekerjaan
- f) Perhitungan waktu siklus masing-masing alat
- g) Perhitungan produktivitas alat berat
- h) Analisis keseimbangan kombinasi alat
- i) Evaluasi waktu penyelesaian pekerjaan
- j) Penarikan kesimpulan dan rekomendasi

3.10 Diagram Alir Penelitian



Gambar 3.1. Alir Penelitian