

ANALISIS PRODUKTIVITAS PENGGUNAAN ALAT BERAT PEKERJAAN TIMBUNAN PILIHAN PADA PEMBANGUNAN JALAN

(Lokasi Studi : Jalan Simp.3 Km.8 Beno Harapan – Kantor Camat Batu Ampar Kabupaten Kutai Timur)

Faizah Riffat Ma'rifah

Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas 17 Agustus 1945

Jalan Ir. H. Juanda 80, Samarinda 75124, Indonesia

Email : faizahriffat@gmail.com

ABSTRACT

Road construction Simp.3 Km.8 Beno Harapan - Kantor Camat Batu Ampar Kutai Timur Regency is a project aimed at facilitating transportation that leads to Batu Ampar subdistrict in Kutai Timur Regency. This research focuses on earthworks in the form of selected pile works. In this work the heavy equipment used are Excavators, Dump Trucks, Motor Graders, Roller Vibrators, and Water Tanks.

This research uses quantitative descriptive methods. The analysis carried out is the calculation of cycle time, calculation of productivity of heavy equipment, calculation of the time of use of the tool, calculation of the cost of using the equipment, and scheduling of use of the tool.

The results of this study are the excavator productivity is 33,826 m³/ hour, dump truck is 3,972 m³/ hour, motor grader is 0.59 hours, a vibrator roller of 7,995 m³/ hour, and water tank of 49,263 m³/ hour. The total time for using the tool is 13 weeks and the total cost for using the tool is 813,382,282 Rupiah.

Keywords: Productivity, Time, Cost, Heavy Equipment.

1. Pendahuluan

1.1 Latar Belakang

Pembangunan jalan Simp.3 Km.8 Beno Harapan – Kantor Camat Batu Ampar Kabupaten Kutai Timur merupakan proyek yang ditujukan untuk memperlancar transportasi yang mengarah ke pusat kecamatan Batu Ampar Kabupaten Kutai Timur. Keberadaan jalan ini mempunyai peran yang sangat penting dalam mendukung keberhasilan dalam mewujudkan sistem distribusi antar daerah yang mampu memberikan manfaat sebesar besarnya bagi kepentingan masyarakat. Jalan Simp.3 Km.8 Beno Harapan – Kantor Camat Batu Ampar Kabupaten Kutai Timur ini memiliki total panjang fungsional ± 6000 meter mulai dari STA 00+000 sampai dengan STA 06+000 serta total panjang efektif adalah ± 2360 meter mulai dari STA 00+000 sampai dengan STA 02+360.

Pada tahap pekerjaan awal terdiri dari pekerjaan tanah yang meliputi pekerjaan galian dan pekerjaan timbunan pilihan. Pada penelitian ini pekerjaan yang diteliti adalah tentang pekerjaan timbunan pilihan dari sumber galian. Dalam pekerjaan timbunan pilihan dari sumber galian proses pengambilan material di lokasi *quarry* adalah dengan menggunakan *excavator*.

Kemudian material tersebut dimuat dan diangkut oleh *dump truck* ke lokasi yang berjarak 20 km (dari STA 00+000). Timbunan pilihan dari sumber galian digunakan untuk timbunan badan jalan dan bahu jalan. Material kemudian dihampar dengan menggunakan *motor grader* dan pemadatan harus dilakukan layer per layer sesuai dengan spesifikasi teknis dengan menggunakan alat *vibrator roller* serta dibasahi dengan menggunakan *water tank*. Oleh karena itu, maka pada penelitian ini penulis menganalisis produktivitas penggunaan alat berat terhadap waktu dan biaya.

1.2 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui waktu dan biaya penggunaan alat berat berdasarkan hasil perhitungan Produktivitas alat berat.

2. Dasar Teori

2.1 Tanah

Secara umum tanah dikelompokkan ke dalam tiga kondisi, yaitu :

- 1) Kondisi Asli (*bank cubic meter/BCM*)
Merupakan kondisi tanah yang masih sesuai dengan kondisi asli alamnya. Dalam keadaan ini butiran – butiran tanah masih terkonsolidasi dengan baik. Kondisi dimana tanah masih belum dilakukan pengerjaan apapun. Dinyatakan dalam ukuran alam BCM (*bank cubic meter*)
- 2) Kondisi Lepas (*loose cubic meter/LCM*)

Merupakan kondisi tanah sesudah mengalami gangguan atau sudah digali. Kondisi dimana tanah sudah dalam pengerjaan. Dinyatakan dalam ukuran alam LCM (*loose cubic meter*)

3.) Kondisi Padat (*solid measure/SM*)

Merupakan kondisi tanah setelah ditimbun kembali dan ada usaha pemadatan. Pada kondisi ini tanah mengalami proses pemadatan sehingga volumenya menyusut tanpa mengalami perubahan berat. Pada keadaan padat ini, volume tanah bisa lebih besar maupun lebih kecil dari volume BCM.

2.2 Pekerjaan Timbunan Pilihan

Timbunan pilihan dari tanah sumber galian merupakan lapis pondasi jalan. Pada pekerjaan tanah, pekerjaan timbunan pilihan dari sumber galian biasanya diberi persyaratan kepadatan. Oleh karena itu pekerjaan timbunan pilihan pada sumber galian pada hakekatnya adalah pekerjaan pemadatan. Hanya saja sumbernya terpilih yaitu berasal dari sumber galian. Pada aplikasi di lapangan. Pekerjaan timbunan pilihan dari sumber galian meliputi beberapa kegiatan. Yaitu : (1) Pekerjaan penggalian tanah (*excavating*) (2) Pekerjaan pemuatan tanah (*loading*) (3) Pekerjaan pengangkutan tanah (*hauling*) (4) Pekerjaan penghamparan tanah

(*spreading*) (5) Pekerjaan pemadatan tanah (*compacting*) (6) Pekerjaan pembasahan tanah (*watering*).

2.3 Pengujian Kepadatan tanah

Pengujian kepadatan tanah di lapangan biasanya menggunakan metode sand cone. Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui nilai kepadatan dan kadar air di lapangan. Metode ini juga bisa digunakan sebagai perbandingan pekerjaan yang dilaksanakan di lapangan dengan perencanaan keuangan

2.4 Alat Berat

Alat berat adalah peralatan mesin berukuran besar yang didesain untuk melaksanakan fungsi konstruksi seperti pengerjaan tanah, konstruksi jalan, konstruksi bangunan, perkebunan dan pertambangan. Keberadaan alat berat dalam setiap proyek sangatlah penting guna menunjang pembangunan infrastruktur maupun dalam mengeksplorasi hasil tambang. Banyak keuntungan yang didapat dalam menggunakan alat berat. Yaitu waktu yang cepat, tenaga yang besar, dan berbagai nilai ekonomis lainnya.

1.) Excavator

Excavator adalah alat yang bekerja berputar di bagian atas pada sumbu vertikal di antara sistem roda – rodanya. Secara umum alat terdiri struktur bawah, struktur atas, sistem dan bucket. Struktur bawah alat adalah penggerak yang

dapat berupa roda ban maupun roda crawler. Alat gali ini memiliki as (slewing ring) di antara alat penggerak dan badan mesin sehingga alat ini dapat melakukan gerakan memutar walaupun tidak ada gerakan pada alat penggerak atau mobilisasi.

2.) **Dump Truck**

Dump truck adalah alat angkut jarak jauh. Sehingga jalan angkut yang dilalui dapat berupa jalan datar, tanjakan, maupun turunan. Untuk mengendarai dump truck pada medan yang berbukit diperlukan keterampilan operator atau supir. Cara kerja pembongkaran alat ini adalah material dibongkar dengan cara menaikkan bak bagian depan dengan sistem hidrolis. Dump truck digunakan untuk memuat berbagai material. material seperti tanah dan pasir kering merupakan material yang umum diangkut oleh dump truck. Ukuran bak dump truck berkisar antara 25 sampai dengan 250 ton.

3.) **Motor Grader**

Motor grader adalah alat berat yang berfungsi sebagai pembentuk permukaan tanah atau perataan tanah. Blade dari motor grader dapat diatur sedemikian rupa, sehingga fungsinya bisa diubah menjadi angle dozer atau tilting dozer. Hal ini jelas lebih fleksibel daripada jenis dozer. Variasi posisi blade ini bukan berarti bahwa motor grader termasuk jenis dozer.

4.) **Vibrator Roller**

Dengan alat ini, jenis material seperti pasir, kerikil, dan batuan pecah dapat dipadatkan dengan lebih baik karena alat ini memberikan tekanan dan getaran terhadap material di bawahnya. Dengan adanya getaran maka partikel yang lebih kecil mengisi rongga di antara partikel – partikel yang lebih besar. Dengan adanya tekanan statis maka tanah akan padat dengan kekosongan minimum.

5.) **Water Tank**

Water Tank dalam aplikasinya di proyek konstruksi seringkali berbentuk truk. Alat ini

berfungsi sebagai penyedia air untuk kebutuhan material konstruksi. Cara kerjanya adalah dengan menyiramkan air (water spraying) ke area jalan. Fungsi dari penyiraman ini di dalam pekerjaan pemadatan tanah adalah untuk mencapai kadar air optimum tanah. Selain itu alat ini juga berfungsi untuk mengurangi debu. Serta untuk mencegah kondisi tidak aman (unsafe condition) karena debu proyek konstruksi dapat menyebabkan terhalangnya penglihatan yang memicu tabrakan antar alat berat atau dengan mobil operasional. Kapasitas tangki air dari alat ini bervariasi. Namun yang umum dipakai di lapangan berkisar antara 1500 liter sampai dengan 10.000 liter. Beberapa truk tangki air yang sangat besar mampu mengangkut sampai dengan 32.000 liter air.

2.5 Produktivitas Alat Berat

Menurut Kamus Besar Bahasa Indonesia (KBBI) produktivitas adalah kemampuan untuk menghasilkan sesuatu. Sehingga dapat dikatakan bahwa produktivitas alat berat adalah

kemampuan alat berat untuk menghasilkan sesuatu per satuan waktu. Produktivitas alat berat bergantung pada waktu siklus, material, dan efisiensi.

1.) Excavator

Jenis material berpengaruh dalam perhitungan excavator. Penentuan waktu siklus excavator didasarkan pada pemilihan kapasitas bucket. Rumus yang dipakai untuk menghitung produktivitas excavator adalah :

$$\text{Produktivitas} = V \times \frac{60}{CT} \times S \times \text{BFF} \times \text{efisiensi}$$

Produktivitas dihitung dalam m³ / jam, CT adalah waktu siklus S dan BFF adalah faktor koreksi.

2.) Dump Truck

Rumus yang dipakai untuk menghitung produktivitas dump truck adalah :

$$\text{Produktivitas} = \text{kapasitas} \times \frac{60}{CT} \times \text{efisiensi}$$

3.) Motor Grader

Produktivitas motor grader dihitung

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

$$T = \frac{\sum (N \times L \text{ ruas})}{V \text{ rata-rata}} \times \frac{1}{\text{efisiensi}}$$

N (passes) adalah berapa kali motor grader harus melakukan gerakan bolak balik pada suatu tempat sebelum hasil yang diinginkan tercapai. Jumlah N tergantung pada kondisi permukaan, kemampuan operator alat, dan bentuk permukaan seperti apa yang diinginkan. Sedangkan Lruas (km) adalah panjang ruas yang ditempuh oleh motor grader untuk melakukan 1 pass dan Vrata – rata (km/jam) adalah kecepatan rata – rata motor grader sepanjang 1 ruas.

4.) Vibrator Roller

Perhitungan produktivitas alat pemadat dapat

dilakukan dengan menggunakan rumus :

$$\text{Produktivitas} = \frac{(10 \times W \times S \times L \times E)}{P}$$

Dimana P adalah jumlah pass yang diperlukan untuk pemadatan (cm/jam). W adalah lebar pemadatan per pass (m). S adalah kecepatan pemadatan (km/jam). L adalah ketebalan lapisan akhir yang diinginkan (cm).

5.) Water Tank

Produktivitas water tank truck dapat dihitung dengan rumus :

$$\text{Produktivitas} = \frac{(p_a \times F_a \times 60)}{(1000 \times W_c)}$$

Dimana p_a adalah kapasitas pompa air, F_a adalah faktor efisiensi alat, dan W_c adalah kebutuhan air per m³ untuk material padat.

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.

waktu siklus dapat dirumuskan menjadi :

$$CT = LT+HT+DT+RT+ST$$

2.7 Efisiensi Alat

Efisiensi didefinisikan sebagai besar presentasi kerja alat efektif dibandingkan dengan waktu kerja keseluruhan, misalnya beberapa menit efektifnya beroperasi alat tersebut dalam waktu satu jam kerja.

Cara yang umum dipakai untuk menentukan efisiensi alat adalah dengan menghitung berapa menit alat tersebut bekerja secara efektif dalam satu jam. Contohnya jika dalam satu jam waktu efektif alat bekerja adalah 45 menit maka dapat dikatakan efisiensi alat adalah 45/60 atau 0,75. Berikut nilai faktor efisiensi kerja seperti dalam tabel 2.2.

Tabel Efisiensi Kerja Alat

Kondisi Operasi Alat	Baik Sekali	Baik	Sedang	Buruk	Buruk Sekali
Baik Sekali	0.83	0.81	0.76	0.70	0.63
Baik	0.78	0.75	0.71	0.65	0.60
Sedang	0.72	0.69	0.65	0.60	0.54
Buruk	0.63	0.61	0.57	0.52	0.45
Buruk Sekali	0.52	0.50	0.47	0.42	0.32

Sumber : M. Sjachdirin, dkk 1998

2.8 Biaya Kepemilikan Alat Berat

Biaya pengoperasian alat akan timbul setiap alat berat dipakai. Biaya pengoperasian meliputi biaya bahan bakar, pelumas, perawatan dan perbaikan, serta alat penggerak atau roda. Operator yang menggerakkan alat termasuk dalam biaya pengoperasian alat. Selain itu mobilisasi dan demobilisasi alat juga merupakan biaya pengoperasian alat. Yang

dimaksud dengan mobilisasi adalah pengadaan alat ke proyek konstruksi. Sedangkan yang dimaksud dengan demobilisasi adalah pengembalian alat dari proyek setelah alat tersebut tidak digunakan kembali.

2.9 Biaya Pengoperasian Alat Berat

Biaya kepemilikan alat berat terdiri dari beberapa faktor. Faktor pertama adalah biaya investasi pembelian alat. Jika pemilik meminjam uang dari bank untuk membeli alat tersebut maka akan ada biaya bunga pinjaman. Faktor kedua adalah depresiasi atau penurunan nilai alat yang disebabkan bertambahnya umur alat. Faktor ketiga yang juga penting adalah pajak. Faktor keempat adalah biaya yang harus dikeluarkan pemilik untuk membayar asuransi alat. Dan faktor terakhir adalah biaya yang harus dikeluarkan untuk menyediakan tempat penyimpanan alat.

3. Metodologi Penelitian

Penelitian ini berupa perhitungan produktivitas, waktu, dan biaya penggunaan alat berat pada pekerjaan timbunan pilihan pada pembangunan badan dan bahu jalan mulai dari STA 00+000 sampai dengan STA 02+360. Metodologi penelitian dimulai dari pengumpulan data primer di lapangan dan data sekunder. Untuk analisa menggunakan metode deskriptif kuantitatif. Berikut adalah bagan metodologi penelitian :



4. Hasil dan Pembahasan

4.1 Volume Timbunan Pilihan

volume timbunan pilihan yang penulis pakai dalam penelitian ini adalah sebesar 3873 m³ dalam kondisi padat.

4.2 Trial Embankmet

1. Excavator

Uji coba alat ini menghasilkan data bahwa untuk sekali mengisi dump truck dengan kapasitas standar diperlukan 3 kali swing bucket excavator dengan kapasitas munjung (1,5 m³). Sehingga kapasitas material yang diangkut oleh dump truck berdasarkan kapasitas excavator adalah sebanyak 4.5 m³.

2. Dump Truck

Uji coba alat ini menghasilkan data jarak quarry ke lokasi kerja adalah 20 km sehingga waktu angkut material dari lokasi stockpile ke lokasi kerja (per STA 00+000) dengan kecepatan dump truck 40 km/jam sekitar 30 menit sekali berangkat dengan muatan standar (bukan peres atau munjung). Waktu

pulang dari STA 0+000 kembali ke lokasi stockpile dengan kecepatan sama adalah sekitar 20 menit.

3. Motor Grader

Alat ini diuji coba selama 14 jam (2 x 7 jam). Didapatkan hasil optimum trial penghamparan adalah dengan empat kali lintasan @100 meter (2 kali sisi kiri dan 2 kali sisi kanan). Dengan waktu satu kali lintasan adalah selama 30 menit. Per 7 jam didapatkan hasil trial sepanjang 400 meter (4 segmen) sehingga total panjang uji coba adalah sepanjang 800 meter.

4. Vibrator Roller

Alat ini diuji coba selama 14 jam (2 x 7 jam). Didapatkan hasil optimum trial penghamparan adalah dengan empat kali lintasan @100 meter (2 kali sisi kiri dan 2 kali sisi kanan). Dengan waktu satu kali lintasan adalah selama 30 menit. Per 7 jam didapatkan hasil trial sepanjang 400 meter (4 segmen) sehingga total panjang uji coba adalah sepanjang 800 meter.

5. Water Tank

Uji coba alat ini menghasilkan data dengan kecepatan truk 30 km/jam untuk mengosongkan isi tanki air dengan kapasitas

5000 liter dengan kecepatan pompa air sebesar 100 liter per menit menyiram jalan sepanjang 2.360 meter dibutuhkan waktu selama 120 menit (2 jam).

4.3 Perhitungan Produktivitas Alat Berat

1. Excavator

Kapasitas Bucket (Munjung)

(V)=1,5 m³

Kapasitas Dump Truck=4,5m³

Waktu Siklus

Waktu muat bucket (LT)

= 0,375 menit (3 kali)

Waktu swing angkut (HT)

= 0,23 menit (3 kali)

Waktu buang (DT)

= 0,16 menit (3 kali)

Waktu swing kembali (RT)

= 0,13 menit

Waktu tunggu antrian (ST)

= 5 menit

CT = LT+HT+DT+RT+ST

= (3 x 0,375) + (3 x 0,23)

x (3 x 0,16) + (3 x

0,13) + 5

= 1,125 + 0,69 + 0,48 +

0,39 + 5

= 7,685 menit

Faktor Koreksi)

Efisiensi kerja= 0,83

BFF= 100% (tanah biasa)

Faktor Koreksi S

= 1,16 (tabel 2.4)

Produktivitas Excavator

Produktivitas (Q)

= V x 60/CT x S x BFF x

efisiensi

= 4,5 x 60/7,685 x 1,16 x 1 x 0,83

= 33,826 m³/jam

2. Dump Truck

Kapasitas Bak Dump Truck

= 5 m³

Kapasitas Real Lapangan

= 4.5 m³

(hasil trial embankment)

Efisiensi Alat= 0,83 (baik)

Produktivitas Excavator

= 33,826 m³/jam

Kecepatan Dump Truck

= 40 km/jam

Waktu Siklus

Waktu muat bucket (LT) =

0,375 menit (3 kali muat

excavator)

Waktu angkut (HT)

= 30 menit

Waktu buang (DT)

= 0,3 menit

Waktu kembali (RT)

= 20 menit

Waktu tunggu antrian (ST)

= 5 menit

CT = LT+HT+DT+RT+ST

= (3 x 0,375) + 30 + 0,3

+ 20 + 5

= 56,425 menit

Produktivitas Dump Truck

Produktivitas = Kapasitas x

60/CT x efisiensi

= 4.5 x 60/56,425 x 0,83

= 3,972 m³/jam

3. Motor Grader

Lebar jalan = 8.2 meter

Panjang jalan = 2.360 meter

Lebar 1 efektif per pass 1
kali lintasan (W) = 8.2
meter
= (8.2 meter)/(4 segmen)
= 2.050 meter

Perhitungan produktivitas motor grader sedikit berbeda dengan alat lain. Perhitungan alat ini dinyatakan dalam dua bentuk. Dalam bentuk luasan per jam (m²/jam) dan waktu kerja keseluruhan (jam). Dalam penelitian ini penulis menggunakan perhitungan produktivitas motor grader yang dinyatakan dalam waktu kerja (jam).

Waktu Kerja

Banyaknya pass (N) = 8 pass
(hasil observasi lapangan)
Panjang ruas per 1 kali lintasan (LRUAS) = 2.360 km
Kecepatan rata – rata motor grader (V) = 4 km/jam
Efisiensi Alat(E) = 0,78

Waktu Kerja (T) = [Σ (N x L ruas)/(V rata-rata)] x 1/efisiensi
= [(8 x 2.360)/4] x 1/0,78
= 6,051 jam

Cross check lapangan :

Waktu Kerja (T) Per 1 kali Pass = (L ruas)/V
= (2.360 km)/(4 km/jam)
= 0,59 jam

Waktu Kerja (T) Total
= (T) Per 1 kali Pass x Jumlah Pass
= 0,59 jam x 8 pass
= 4,72 jam
Prosentase Waktu Kerja Terhadap Efisiensi (% T) = (T) Total x Efisiensi
= 4,72 x 0,78
= 3,681 jam
Waktu Kerja (T) Real Lapangan = (% T) x (T) Total
= 3,681 x 4,72
= 17,374 jam
Jumlah Hari Kerja = ((T) Real Lapangan)/(7 Jam)
= (17,374 jam)/7jam
= 2,482 hari
Jumlah Total Hari Kerja = Jumlah Hari Kerja x 4 Segmen
= 2,482 x 4 segmen
= 9,928 Hari
= 10 Hari

Sehingga untuk menyelesaikan pekerjaan perataan tanah sejauh 2360 meter dengan lebar 8,2 meter sesuai dengan buangan material dari dump truck motor grader perlu bekerja selama 10 hari. Adapun metode pelaksanaan dan rencana kerja motor grader adalah dengan mengikuti waktu kerja dump truck.

4. Vibrator Roller

Jumlah pass lintasan (P)
 = 8 pass (hasil observasi lapangan)
 Lebar efektif per pass 1 kali lintasan (W) = (8.2 meter)/(4 segmen)
 = 2,050 meter
 Kecepatan pemadatan (S) = 20 km/jam (hasil observasi lapangan)
 Tebal lapisan akhir rencana (L)= 20 cm (data shop drawing)
 Efisiensi Alat (E)= 0,78

Produktivitas Vibrator

Roller

Produktivitas = (10 x W x S x L x E)/P
 = (10 x 2,050 x 20 x 20 x 0,78)/8
 = 800 ccm/jam
 = 7,995 m3/jam

5. Water Tank

Kapasitas pompa air (Pa) = 100 liter/menit
 Efisiensi Alat (Fa)= 0,78
 Kebutuhan air (Wc)= 9,5% per m3
 = 0,095 m3(resume pengendalian mutu)

Produktivitas Water Tank

Produktivitas = (pa x Fa x 60)/(1000 x Wc)
 = (100 x 0,78 x 60)/(1000 x 0,095)
 = 49,263 m3/jam

4.4 Perhitungan Waktu Penggunaan

Alat Berat

1. Excavator

Produktivitas Excavator (Q real)= 33,826 m3/jam
 Produktivitas per hari = 33,826 m3/jam x 7 jam
 = 236,785 m3/hari
 Total volume pekerjaan = 3.873 m3 (padat)
 = 3.873 x 1,2 (soil conversion)
 = 4647,6 m3 (lepas)
 Total waktu penggunaan Alat =(Total Volume Pekerjaan)/(Produktivitas Per Hari)
 =(4647,6)/(236,785)
 = 19,628 Hari
 = 20 Hari
 = (19,628)/7
 = 3 minggu

2. Dump Truck

Produktivitas Dump Truck = 3,972 m3/jam
 Produktivitas per hari = 3,972 m3/jam x 7 jam
 = 27,802 m3/hari
 Total Volume Pekerjaan = 3873 m³ (padat)
 = 4647.6 m³ (lepas)
 Untuk melayani excavator, jumlah unit dump truck yang dibutuhkan = (Produktivitas Excavator)/(Produktivitas Dump Truck)
 = (33,826)/(3,972)
 = 8,517 ~ 9 unit/jam
 Produktivitas keseluruhan unit= jumlah unit x produktivitas per hari
 = 9 x 27,802
 = 236,785

Total waktu penggunaan alat
 = (Total Volume Pekerjaan)/(Produktivitas Per Hari)
 = (4647,6)/(236,785)
 = 19,628 hari
 = 20 hari
 = (19,628)/7
 = 3 minggu

Waktu kerja dump truck bergantung pada waktu kerja excavator. Maka secara total perlu 9 unit dump truck dalam sehari untuk melayani excavator secara optimal agar tidak ada waktu senggang (*idle time*) pada excavator.

3. Motor Grader

Lebar jalan = 8.2 meter

Panjang jalan = 2.360 meter
 Lebar 1 efektif per pass 1 kali lintasan (W) = 8.2 meter
 = (8.2 meter)/(4 segmen)
 = 2.050 meter

Perhitungan produktivitas motor grader sedikit berbeda dengan alat lain. Perhitungan alat ini dinyatakan dalam dua bentuk. Dalam bentuk luasan per jam (m²/jam) dan waktu kerja keseluruhan (jam). Dalam penelitian ini penulis menggunakan perhitungan produktivitas motor grader yang dinyatakan dalam waktu kerja (jam).

Waktu Kerja

Banyaknya pass (N) = 8 pass (hasil observasi lapangan)
 Panjang ruas per 1 kali lintasan (LRUAS) = 2.360 km
 Kecepatan rata – rata motor grader (V) = 4 km/jam
 Efisiensi Alat(E) = 0,78

Waktu Kerja (T) = [Σ (N x L ruas)/(V rata-rata)] x 1/efisiensi

= [(8 x 2.360)/4] x 1/0,78
 = 6,051 jam

Cross check lapangan :

Waktu Kerja (T) Per 1 kali

Pass = (L ruas)/V
 = (2.360 km)/(4 km/jam)
 = 0,59 jam

Waktu Kerja (T) Total

= (T) Per 1 kali Pass x

Jumlah Pass
 = 0,59 jam x 8 pass
 = 4,72 jam

Prosentase Waktu Kerja

Terhadap Efisiensi (% T) =

(T) Total x Efisiensi

= 4,72 x 0,78

= 3,681 jam

Waktu Kerja (T) Real

Lapangan = (% T) x (T)

Total

= 3,681 x 4,72

= 17,374 jam

Jumlah Hari Kerja = ((T)

Real Lapangan)/(7 Jam)

= (17,374 jam)/7jam

= 2,482 hari

Jumlah Total Hari Kerja
 = Jumlah Hari Kerja x
 4 Segmen
 = 2,482 x 4 segmen
 = 9,928 Hari
 = 10 Hari

Sehingga untuk menyelesaikan pekerjaan perataan tanah sejauh 2360 meter dengan lebar 8,2 meter sesuai dengan buangan material dari dump truck motor grader perlu bekerja selama 10 hari. Adapun metode pelaksanaan dan rencana kerja motor grader adalah dengan mengikuti waktu kerja dump truck.

4. Vibrator Roller

Produktivitas Vibrator Roller = 7,995 m³/jam
 Produktivitas Per Hari = 7,995 m³/jam x 7 jam = 55,965 m³/hari
 Total Volume Pekerjaan = 3.873 m³
 Total Waktu Pekerjaan = 3873/(55,965) = 69,204 Hari = 70 Hari = (69,204)/7 = 10 minggu

5. Water Tank

Produktivitas water tank = 49,263 m³/jam
 Produktivitas Per Hari = 49,263 m³/jam x 7 jam = 344,842 m³/hari

Total volume pekerjaan = 3.873 m³
 Total waktu pekerjaan = (3.873)/(344,842) = 11,231 Hari = 12 Hari = 11,231/(7) = 2 minggu

Untuk menyelesaikan pekerjaan penyiraman tanah water tank perlu bekerja selama 10 hari. Adapun metode pelaksanaan dan rencana kerja water tank adalah dengan mengikuti waktu kerja vibrator roller sesuai dengan hasil trial embankment. Sehingga dalam satu hari kerja sesuai jadwal vibrator roller water tank hanya perlu bekerja selama 2 jam dalam satu hari.

4.5 Perhitungan Biaya Penggunaan

Alat Berat

1. Excavator

Uraian Peralatan

Jenis Peralatan = Excavator 80 – 140 HP
 Tenaga (Pw)= 133 HP
 Kapasitas (Cp) = 0,92 m³
 Umur Ekonomis (A) = 5 Tahun
 Jam Kerja Dalam 1 tahun (W)= 2.000 Jam
 Harga Alat (B) = 880.000.000 Rupiah
Biaya Lain – Lain
 Tingkat Suku Bunga(i) = 10% / tahun

Upah Operator/Sopir

$$(U1) = 25.714,29$$

Rupiah/Jam

Upah

Pembantu Operator/Sopir

$$(U2) = 17.857,14 \text{ Rupiah/Jam}$$

Bahan Bakar Bensin (Mb) =

$$5.833,80 \text{ Rupiah/Liter}$$

Bahan Bakar Solar (Ms)

$$= 6.548,35 \text{ Rupiah/Liter}$$

Minyak Pelumas (Mp)

$$= 18.000 \text{ Rupiah/Liter}$$

Biaya pasti per jam kerja

Nilai sisa alat (C) = $10\% \times B$

$$= 88.000.000 \text{ Rupiah}$$

Faktor angsuran modal (D)

$$= \frac{i \times (1+i)^A}{(1+i)^A - 1}$$

$$= 0,26380$$

Biaya pengendalian modal

$$(E) = \frac{(B-C) \times D}{w}$$

$$= 104.463,80 \text{ Rupiah}$$

Asuransi, dll (F)

$$= \frac{0,2 \times B}{w}$$

$$= 88.000 \text{ Rupiah}$$

Biaya Pasti Per Jam Kerja

$$(G) = E + F$$

$$= 192.463,80 \text{ Rupiah}$$

Biaya Operasi Per Jam

Kerja

Bahan bakar (H) = $(13\%) \times$

$P_w \times M_s$

$$= 113.220,97 \text{ Rupiah}$$

Pelumas (I)

$$= (2,5\%) \times P_w \times M_s$$

$$= 59.850,00 \text{ Rupiah}$$

Biaya Bengkel (J)

$$= \frac{(8,75\%) \times B}{w}$$

$$= 38.500 \text{ Rupiah}$$

Perawatan dan Perbaikan

$$(K) = \frac{(15\%) \times B}{w}$$

$$= 66.000 \text{ Rupiah}$$

Operator (L) = (1 orang / jam) $\times U1$

$$= 25.714,29 \text{ Rupiah}$$

Pembantu Operator (M)

$$= (1 \text{ orang / jam}) \times U2$$

$$= 17.857,14 \text{ Rupiah}$$

Biaya Operasi Per Jam

kerja

$$(P) = (H + I + K + L + M)$$

$$= 321.142,40 \text{ Rupiah}$$

Total biaya sewa alat / jam

$$= G + P$$

$$= 513.606,20 \text{ Rupiah}$$

Biaya Total Pekerjaan

Waktu Kerja dalam satu hari

$$= 7 \text{ jam}$$

Biaya sewa alat per jam

$$= 513.606,20 \text{ Rupiah}$$

Biaya sewa alat per hari

$$= 3.595.243,42 \text{ Rupiah}$$

Waktu Total Penggunaan

$$\text{Alat} = 59 \text{ Hari}$$

Biaya Total Penggunaan

$$\text{Alat} = 211.701.669,83 \text{ Rupiah}$$

2. Dump Truck

Data Alat

Jenis Peralatan = Dump

Truck 5 Ton

Tenaga (Pw) = 100 HP

Kapasitas (Cp) = 5 Ton

Umur ekonomis (A)

= 5 Tahun
 Jam Kerja Dalam 1 tahun
 $(W) = 2.000 \text{ Jam}$
 Harga Alat (B)
 $= 368.500.000 \text{ Rupiah}$
Biaya Lain – Lain
 Tingkat Suku Bunga (i) =
 $10\% / \text{tahun}$
 Upah Operator/Sopir
 $(U1) = 25.714,29 \text{ Rupiah/Jam}$
 Upah Pembantu
 Operator/Sopir (U2) =
 $17.857,14 \text{ Rupiah/Jam}$
 Bahan Bakar Bensin (Mb) =
 $5.833,80 \text{ Rupiah/Liter}$
 Bahan Bakar Solar (Ms)
 $= 6.548,35 \text{ Rupiah/Liter}$
 Minyak Pelumas (Mp)
 $= 18.000 \text{ Rupiah/Liter}$
Biaya pasti per jam kerja
 Nilai sisa alat (C)
 $= 10\% \times B$
 $= 36.850.000 \text{ Rupiah}$
 Faktor angsuran modal (D)
 $= (i \times (1 + i)^A) / ((1+i)^A - 1)$
 $= 0,26380$
 Biaya pengendalian modal
 $(E) = ((B - C) \times D) / W$
 $= 43.744,22 \text{ Rupiah}$
 Asuransi, dll (F)
 $= (0,2 \times B) / W$
 $= 36.850 \text{ Rupiah}$
 Biaya Pasti Per Jam Kerja (G)
 $= E + F$
 $= 80.594,22 \text{ Rupiah}$
Biaya Operasi Per Jam Kerja
 Bahan bakar (H) = $(13\%) \times Pw \times Ms$
 $\times Ms$

= 85.128,55 Rupiah
 Pelumas (I)
 $= (2,5\%) \times Pw \times Ms$
 $= 45.000,00 \text{ Rupiah}$
 Biaya Bengkel (J)
 $= (8,75\%) \times B / W$
 $= 16.122 \text{ Rupiah}$
 Perawatan dan Perbaikan (K)
 $= (15\%) \times B / W$
 $= 27.637,50 \text{ Rupiah}$
 Operator (L)
 $= (1 \text{ orang} / \text{jam}) \times U1$
 $= 25.714,29 \text{ Rupiah}$
 Pembantu Operator (M)
 $= (1 \text{ orang} / \text{jam}) \times U2$
 $= 17.857,14 \text{ Rupiah}$
Biaya Operasi Per Jam kerja
 $(P) = (H + I + K + L + M)$
 $= 217.459,35 \text{ Rupiah}$
 Total biaya sewa alat / jam
 $= G + P$
 $= 298.053,57 \text{ Rupiah}$
Biaya Total Pekerjaan
 Waktu Kerja dalam satu hari = 7 jam
 Biaya sewa alat per jam
 $= 298.053,57 \text{ Rupiah}$
 Biaya Sewa alat per jam (9 Unit) = 2.682.482,14 Rupiah
 Biaya sewa alat per hari
 $= 2.086.375,00 \text{ Rupiah}$
 Biaya Sewa Alat Per Hari (9 Unit) =
 $18.777.374,96 \text{ Rupiah}$
 Waktu Total Penggunaan Alat = 59 Hari

Biaya Total Penggunaan

Alat= 368.561.195 Rupiah

3. Motor Grader**Data Alat**

Jenis Peralatan

= Motor Grader > 100 HP

Tenaga (Pw)= 135 HP

Kapasitas (Cp)= 10800

Umur ekonomis (A)

= 5 Tahun

Jam Kerja Dalam 1 tahun (W)

= 2000 Jam

Harga Alat (B)

= 1.475.000.000 Rupiah

Biaya Lain – Lain

Tingkat Suku Bunga(i)

= 10% / tahun

Upah Operator/Sopir

(U1)= 25.714,29 Rupiah/Jam

Upah Pembantu

Operator/Sopir (U2)=

17.857,14 Rupiah/Jam

Bahan Bakar Bensin (Mb)

= 5.833,80 Rupiah/Liter

Bahan Bakar Solar (Ms)

= 6.548,35 Rupiah/Liter

Minyak Pelumas (Mp)

= 18.000 Rupiah/Liter

Biaya pasti per jam kerja

Nilai sisa alat (C)

= 10% x B

= 147.500.000 Rupiah

Faktor angsuran modal (D)

= $(i \times (1 + i)^A) / ((1+i)^A - 1)$

= 0,26380

Biaya pengendalian modal (E)

= $((B - C) \times D) / W$

= 175.095,58 Rupiah

Asuransi, dll (F)

= $(0,2 \times B) / W$

= 147.500,00 Rupiah

Biaya Pasti Per Jam Kerja

(G) = E + F

= 322.595,58 Rupiah

Biaya Operasi Per Jam**Kerja**

Bahan bakar (H)

= $(13.5\%) \times Pw \times Ms$

= 119,343.68 Rupiah

Pelumas (I)

= $(2,5\%) \times Pw \times Ms$

= 60.750,00 Rupiah

Biaya Bengkel (J)

= $(8,75\%) \times B / W$

= 64.531 Rupiah

Perawatan dan Perbaikan (K)

= $(15\%) \times B / W$

= 110.625,00 Rupiah

Operator (L)

= $(1 \text{ orang} / \text{jam}) \times U1$

= 25.714,29 Rupiah

Pembantu Operator (M)

= $(1 \text{ orang} / \text{jam}) \times U2$

= 17.857,14 Rupiah

Biaya Operasi Per Jam**kerja**

(P) = $(H + I + K + L + M)$

= 398.821,36 Rupiah

Total biaya sewa alat / jam

= G + P

= 721.416,94 Rupiah

Biaya Total Pekerjaan

Waktu Kerja dalam satu hari

= 7 jam

Biaya sewa alat per jam

= 721.416,94 Rupiah

Biaya sewa alat per hari
= 5.049.918,55 Rupiah
Waktu Total Penggunaan Alat
= 10 Hari

Biaya Total Penggunaan

Alat = 50.499.185

Rupiah

4. Vibrator Roller

Data Alat

Jenis Peralatan
= Tandem Roller 6 – 8 Ton
Tenaga (Pw)= 82 HP
Kapasitas (Cp)= 8,1 Ton
Umur ekonomis (A)= 5 Tahun
Jam Kerja Dalam 1 tahun (W)
= 2000 Jam

Harga Alat (B)
= 1.345.500.000 Rupiah

Biaya Lain – Lain

Tingkat Suku Bunga(i)
= 10% / tahun
Upah Operator/Sopir
(U1)= 25.714,29 Rupiah/Jam
Upah Pembantu
Operator/Sopir (U2) =
17.857,14 Rupiah/Jam
Bahan Bakar Bensin (Mb)
= 5.833,80 Rupiah/Liter
Bahan Bakar Solar (Ms)
= 6.548,35 Rupiah/Liter
Minyak Pelumas (Mp)
= 18.000 Rupiah/Liter

Biaya pasti per jam kerja

Nilai sisa alat (C)
= 10% x B
= 134.550.000 Rupiah
Faktor angsuran modal (D)
= $(i \times (1 + i)^A) / ((1+i)^A - 1)$

= 0,26380
Biaya pengendalian modal (E)
= $((B - C) \times D) / W$

= 159.722,78 Rupiah
Asuransi, dll (F)
= $(0,2 \times B) / W$
= 134.550,00 Rupiah

Biaya Pasti Per Jam Kerja

(G) = E + F
= 294.272,78 Rupiah

Biaya Operasi Per Jam

Kerja

Bahan bakar (H)
= $(14\%) \times Pw \times Ms$
= 75.175,06 Rupiah
Pelumas (I)
= $(3\%) \times Pw \times Ms$
= 44.280,00 Rupiah
Biaya Bengkel (J)
= $(8,75\%) \times B / W$
= 58.866 Rupiah
Perawatan dan Perbaikan (K)
= $(16\%) \times B / W$
= 107.640,00 Rupiah
Operator (L)
= $(1 \text{ orang} / \text{jam}) \times U1$
= 25.714,29 Rupiah
Pembantu Operator (M)
= $(1 \text{ orang} / \text{jam}) \times U2$
= 17.857,14 Rupiah

Biaya Operasi Per Jam

kerja

(P)= $(H + I + K + L + M)$
= 329.532,11 Rupiah
Total biaya sewa alat / jam
= G + P
= 623.804,89 Rupiah

Biaya Total Pekerjaan

Waktu Kerja dalam satu hari
 = 7 jam
 Biaya sewa alat per jam
 = 623.804,89 Rupiah
 Biaya sewa alat per hari
 = 4.366.634,24 Rupiah
 Waktu Total Penggunaan Alat
 = 69 Hari

Biaya Total Penggunaan

**Alat = 302.188.410,74
 Rupiah**

5. Water Tank

Data Alat

Jenis Peralatan
 = Water Tank 5000 L
 Tenaga (Pw)= 100 HP
 Kapasitas (Cp)
 = 5000 Liter
 Umur ekonomis (A)
 = 5 Tahun
 Jam Kerja Dalam 1 tahun
 (W) = 2000 Jam
 Harga Alat
 = 248.400.000 Rupiah

Biaya Lain – Lain

Tingkat Suku Bunga(i) =
 10% / tahun
 Upah Operator/Sopir
 (U1) = 25.714,29
 Rupiah/Jam
 UpahPembantu
 Operator/Sopir(U2)=
 17.857,14 Rupiah/Jam
 Bahan Bakar Bensin (Mb) =
 5.833,80 Rupiah/Liter
 Bahan Bakar Solar (Ms)
 = 6.548,35 Rupiah/Liter

Minyak Pelumas (Mp)
 = 18.000 Rupiah/Liter
Biaya pasti per jam kerja
 Nilai sisa alat (C)
 = 10% x B
 = 24.840.000 Rupiah
 Faktor angsuran modal (D)
 = $(i \times (1 + i)^A) / ((1+i)^A - 1)$
 = 0,26380

Biaya pengendalian modal
 (E) = $((B - C) \times D) / W$
 = 29.487,28 Rupiah
 Asuransi, dll (F)
 = $(0,2 \times B) / W$
 = 24.840,00 Rupiah

Biaya Pasti Per Jam Kerja

(G) = E + F
 = 54.327,28 Rupiah

**Biaya Operasi Per Jam
 Kerja**

Bahan bakar (H)
 = $(14\%) \times Pw \times Ms$
 = 91.676,90 Rupiah
 Pelumas (I)
 = $(3\%) \times Pw \times Ms$
 = 54.000,00 Rupiah
 Biaya Bengkel (J)
 = $(8,75\%) \times B / W$
 = 10.868 Rupiah
 Perawatan dan Perbaikan
 (K) = $(16\%) \times B / W$
 = 19.872,00 Rupiah
 Operator (L)
 = $(1 \text{ orang / jam}) \times U1$
 = 25.714,29 Rupiah
 Pembantu Operator (M)
 = $(1 \text{ orang / jam}) \times U2$
 = 17.857,14 Rupiah

Biaya Operasi Per Jam kerja

$$(P) = (H + I + K + L + M)$$
$$= 219.987,83 \text{ Rupiah}$$
$$\text{Total biaya sewa alat / jam} = G + P$$
$$= 274.315,11 \text{ Rupiah}$$

Biaya Total Pekerjaan

$$\text{Waktu Kerja dalam satu hari} = 7 \text{ jam}$$
$$\text{Biaya sewa alat per jam} = 274.315,11 \text{ Rupiah}$$
$$\text{Biaya sewa alat per hari} = 1.920.205,78 \text{ Rupiah}$$
$$\text{Waktu Total Penggunaan Alat} = 12 \text{ Hari}$$
$$\text{Biaya Total Penggunaan Alat} = 21.566.267,17 \text{ Rupiah}$$

5. Penutup

5.1 Kesimpulan

Dari hasil perhitungan didapatkan besaran angka produktivitas excavator adalah sebesar 33,826 m³/jam, dump truck sebesar 3,972 m³/jam, motor grader sebesar 0,59 jam, vibrator roller sebesar 7,995 m³/jam, dan water tank sebesar 49,263 m³/jam.

Dari hasil perhitungan produktivitas penggunaan alat berat didapatkan kesimpulan bahwa waktu total pekerjaan timbunan pilihan adalah sebesar 13 minggu (jadwal alat terlampir).

Sementara untuk biaya, didapatkan kesimpulan bahwa biaya total pekerjaan timbunan pilihan berdasarkan perhitungan produktivitas

penggunaan alat berat adalah sebesar 813.382.282 Rupiah.

Tabel Hasil Perhitungan Waktu dan Biaya Penggunaan Alat Berat Berdasarkan Hasil Perhitungan Produktivitas Alat Berat

Jenis Alat	Waktu (Minggu)	Biaya (Rp.)	Ket
Excavator	3	70.567.223	
Dump Truck	3	368.561.195	Waktu kerja bersamaan dengan excavator
Motor Grader	2	50.499.185	Waktu kerja bersamaan dengan Dump Truck
Vibrator Roller	10	302.188.410	
Water Tank	2	21.566.267	Waktu kerja bersamaan dengan Vibrator Roller
Total	13	767.933.015	

5.2 Saran

Produktivitas penggunaan alat berat memegang peranan penting dalam proses manajemen pemilihan dan pengendalian alat berat. Perencanaan yang cermat dan ketepatan metode pelaksanaan mendukung penjadwalan alat yang pada pelaksanaannya diharapkan optimal produksinya, tepat waktunya, dan efisien biayanya. Sehingga saran yang dapat penulis berikan pada penelitian ini adalah :

1. Perlu ditambahkan alat berat berupa dump truck agar penggunaan alat optimal.
2. Pengawasan dari site manager terkait pelaksanaan alat di lapangan yang bekerja simultan (excavator, dump truck, dan motor grader) agar tidak ada waktu senggang (*idle time*) dari salah satu alat dikarenakan kinerja yang kurang baik dari alat yang lain.

DAFTAR PUSTAKA

Anonim, 2014, "Spesifikasi Alat Berat : Excavator Dan Shovel"

- <https://jefrihutagalung.wordpress.com/2014/03/21/spesifikasi-alat-berat-excavator-dan-shovel/> (diakses tanggal 21 Nopember 2014)
- Anonim, 2015 “*Kimia tanah : filosofi Tanah Lempung dan Tanah Merah*”
- Anonimos, “*Panduan Analisis Harga Satuan*”, Direktorat Jenderal Bina Marga, Departemen Pekerjaan Umum, Kalimantan Timur, 2008.
- Arthur Wignall, Peter S Kendrik, Roy Ancill, Malcolm Copson, Tahun 1992, *Proyek Jalan – Teori & Praktek* : Penerbit Erlangga, Jakarta
- Caterpillar Performance Handbook*, Edisi 18 Okcober 1987
- Caterpillar Publication., 1997, *Caterpillar Performance Hand Book*, 33th Edition, Peoria, Illionis, USA.
- Departemen Pekerjaan Umum, 2008, *Standar Nasional Indonesia tentang Analisis Biaya Pekerjaan Konstruksi*, Penerbit Dep. PU, Jakarta.
- Departemen Pekerjaan Umum, Tahun 2002, *Analisa Pekerjaan Kebinamargaan*, Direktorat Jenderal Bina Marga, Jakarta
- Dipto, 2002, *Aplikasi Alat-Alat Berat Untuk Proyek Pertambangan*, Application Engineering Departemen PT United Tractors Indonesia Tbk, Jakarta.
- Djoko Wilopo, *Metode Konstruksi dan Alat – Alat Berat*, Badan Penerbit Universitas Indonesia (UI-Press), Jakarta, 2009.
- H.Bactiar Ibrahim, 2001, *Rencana dan of Cost*, Penerbit Bumi Aksara, Jakarta. Hadi, R., 1983, *Kapasitas Alat-Alat Berat*, Penerbit PU
- Tejoyuwono, N., 1983, *Buku Pengantar Pengajian Tanah-Tanah Wilayah Tropika Dan Subtropika*, Penerbit Gajah Mada University Prees. P.O. Box 14, Bulaksumur, Yogyakarta
- Hardiyatmo, H.C., 2007 “*Mekanika Tanah 2*”, Gadjah Mada University Press, Yogyakarta,
- Hasan A., 2013, *Pemindahan Tanah Mekanis*, Tidak Dipublikasi, Universitas Islam “45” (UNISMA) Bekasi
- <http://www.anehira.com/Kimia-tanah.htm> (diakses tanggal 26 Nopember 2014)
- Ir. Rochmanhadi, *Alat – Alat Berat dan Penggunaannya*, Yayasan Badan Penerbit Pekerjaan Umum, Jakarta, 1992.
- Ir. Rochmanhadi, *Kapasitas dan Produksi Alat – Alat Berat*, 1983.
- Ir. Susy Fatena Rostiyanti, M.sc, *Alat Berat untuk Proyek Konstruksi*, Penerbit Rineka Cipta, Jakarta, 2002.
- K Church, Horace, 1981. “*Excavation Handbook*”, Mc Graw Hill Inch. New York,
- Komatsu Publication., (1989)., *Komatsu Sales Mates*, Japan
- Mekanika Tanah : Badan Penerbit Departemen Pekerjaan Umum, Jakarta Selatan.
- Mukamoko,1994, *Dasar Penyusunan Anggaran Biaya Bangunan*, Penerbit Gaya Media Pratama, Jakarta.
- Pemindahan Tanah Mekanis, *Penerbit Institut Teknologi Nasional Malang*, 1998.
- Pengetahuan Dasar Mengenai Alat – Alat Berat*, United Traktor, Jakarta.
- Peraturan Presiden Nomor 54 Tahun 2010 Pasal 66 Ayat (7) dan Perubahannya dalam Peraturan Presiden Nomor 70 Tahun 2012
- Perturan Menteri Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat Nomor 15/KPTS/M/2004 Tanggal 17 Desember Tahun 2004. Direktorat Jenderal Bina Marga Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat, Jakarta
- Peurifoy R.L, PE, 1985. “*Constction Planning Equipment and Methods*”, 4th Edition, Mc Graw Hill Book Company,
- Peurifoy, et al., 1996

- PT United Tractor, *Manajemen Alat – Alat Besar*.
- Soedrajad, 1982, *Efisiensi Penggunaan Alat Berat Pada Pengaspalan JalanRaya*, Nova, Jakarta.
- Wilopo, D., 2011, *Metode Konstruksi dan Alat – Alat Berat*, Fakultas Teknik Universitas Indonesia, Jakarta.
- Rochmanhadi., 1990, *Pengantar dan Dasar – dasar Pemindahan Tanah Mekanis*, Badan Penerbitan Pekerjaan Umum, Jakarta.
- Sjachdirin, M., *Pengoperasian Alat Berat di Bidang Industri Konstruksi. Diktat PTM, Jakarta : Universitas Tarumanagara, 1997.*
- Specifications And Aplication Handbook, Komatsu, Edisi 17 Januari 1996*
- Specifications and Aplication handbook, Edition 5, Komatsu.*
- Spesifikasi Umum Untuk Pekerjaan Jalan dan Jembatan, 2018. Direktorat Jenderal Bina Marga Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat, Jakarta
- Lampiran Peraturan Menteri Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat No 28 Tahun 2016. Direktorat Jenderal Bina Marga Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat, Jakarta
- Sunggono, 1995, *Buku Teknik Sipil* :Penerbit Nova, Bandung..
- Wesley, Tahun. 1977,