

LAPORAN PENELITIAN

“KAJIAN ALTERNATIF KOMBINASI ALAT BERAT PADA PEKERJAAN TANAH DI APARTEMEN TAMANSARI ISWARA BEKASI”

Katarina Rini Ratnayanti, MT
Nur Laeli Hajat,, MT



**INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL
BANDUNG - 2018**

KAJIAN ALTERNATIF KOMBINASI ALAT BERAT PADA PEKERJAAN TANAH DI APARTEMEN TAMANSARI ISWARA BEKASI

Katarina Rini Ratnayanti¹ dan Nur Laeli Hajati²

¹Jurusan Teknik Sipil, Institut Teknologi Nasional, Jl. PHH. Mustopa No. 23 Bandung 40124
Email: katrinr235@gmail.com

²Jurusan Teknik Sipil, Institut Teknologi Nasional, Jl. PHH. Mustopa No. 23 Bandung 40124
Email: eli10871@gmail.com

ABSTRAK

Jenis alat berat yang akan digunakan pada sebuah proyek harus diperhatikan karena akan mempengaruhi lamanya waktu penyelesaian pekerjaan dan besarnya biaya pelaksanaan pekerjaan pada proyek konstruksi. Penelitian yang dilakukan ini bertujuan untuk menghitung lama waktu dan besar biaya dari beberapa alternatif penggunaan kombinasi alat berat yang digunakan pada pekerjaan tanah pada proyek pembangunan Basemen 2 Apartemen Tamansari Iswara Bekasi. Metode yang dilakukan pada penelitian ini adalah metode perbandingan antara beberapa alternatif kombinasi alat berat atas penggunaan dua jenis truk dan enam jenis ekskavator. Setiap alternatif kombinasi menggunakan satu jenis truk dan dua jenis ekskavator dengan kapasitas bucket besar dan kecil. Dari hasil perhitungan didapat hasil alternatif 1 besar biaya Rp1.063.387.100 dengan lama waktu 23 hari, alternatif 2 besar biaya Rp1.560.732.880,00 dengan lama waktu 25 hari, alternative 3 dengan besar biaya Rp975.193.300,00 dengan lama waktu 23 hari, alternatif 4 besar biaya Rp1.029.708.086,00 dengan lama waktu 25 hari, alternatif 5 besar biaya Rp 1.572.034.060,00 dengan lama 22 hari. Dari hasil perhitungan tersebut dapat dilihat bahwa alternatif kombinasi dengan biaya termurah adalah alternative 3, dengan lama 23 hari. Kombinasi alternatif 3 dengan jumlah dua buah ekskavator (Hitachi EX200-V dan Hitachi ZX50U-2) yang masing-masing kapasitasnya berturut-turut 1,1 m³ dan 0,16 m³, serta sembilan unit truk (Mitsubishi FN 527 ML) dengan kapasitas masing-masing truk 24 m³. Dari hasil perhitungan, disimpulkan bahwa pekerjaan tanah dari proyek ini paling murah menggunakan kombinasi alternatif 3 ini.

Kata kunci: alat berat, alternatif kombinasi, waktu, biaya

1. PENDAHULUAN

Pekerjaan tanah pada proyek konstruksi dalam skala cukup besar yang membutuhkan kecepatan dalam pelaksanaan pekerjaan membutuhkan peralatan mekanis berupa alat berat. Dalam hal ini pemilihan alat berat mempunyai peranan yang sangat penting karena alat berat dianggap memiliki kapasitas tinggi apabila dapat menghasilkan produktivitas tinggi tetapi dengan biaya yang rendah.

Pada proyek pembangunan Apartemen Tamansari Iswara (di Jalan Cut Meutia No. 2 Bekasi Barat) khususnya pelaksanaan pekerjaan tanah di Basemen 2, mulai dari proses galian tanah sampai dengan pengangkutan didominasi oleh penggunaan alat berat.

Kendala yang terjadi pada proyek konstruksi, baik kendala yang telah diperhitungkan maupun diluar perhitungan, dapat menyebabkan terhambatnya pekerjaan proyek yang berakibat masa pelaksanaan proyek melebihi waktu yang telah direncanakan. Pada pembangunan Basemen 2 Apartemen Tamansari Iswara terjadi kendala pada pekerjaan penggalian tanah, yaitu alat-alat berat tidak bekerja secara efektif dan efisien sesuai perhitungan yang diperkirakan. Hal ini menyebabkan adanya keterlambatan waktu pelaksanaan dari waktu yang telah ditentukan.

Dari latar belakang tersebut dalam penelitian ini akan mengkaji kombinasi penggunaan alat berat dengan studi kasus pembangunan Basemen 2 Apartemen Tamansari Iswara ditinjau dari kapasitas dan jumlah alat berat berdasarkan data-data proyek yang nantinya akan digunakan untuk menghitung besarnya biaya pengoperasian pelaksanaan pekerjaan masing-masing alat berat dan durasi waktu (*time schedule*) yang dihasilkan dari alat berat tersebut.

Pemilihan Alat Berat

Rostiyanti (2008), menyatakan bahwa alat-alat berat di dalam ilmu teknik sipil merupakan alat yang digunakan untuk membantu manusia dalam melakukan pekerjaan pembangunan suatu struktur bangunan. Alat berat merupakan faktor penting di dalam proyek, terutama proyek-proyek konstruksi dengan skala yang besar. Tujuan dari penggunaan alat

berat tersebut adalah untuk memudahkan manusia dalam mengerjakan pekerjaannya, sehingga hasil yang diharapkan dapat tercapai dengan lebih mudah pada waktu yang relatif lebih singkat.

Menurut Rochmanhadi (1992) melaksanakan suatu proyek konstruksi berarti menggabungkan berbagai sumber daya untuk menghasilkan produk akhir yang diinginkan. Peralatan konstruksi yang dimaksud adalah alat/peralatan yang diperlukan untuk melakukan pekerjaan konstruksi secara mekanis. Artinya pemanfaatan alat berat pada suatu proyek konstruksi dapat memberikan insentif pada efisiensi dan efektifitas pada tahap pelaksanaan maupun hasil yang dicapai.

Menurut Rochmanhadi (1992), pemilihan peralatan untuk suatu proyek harus sesuai dengan kondisi di lapangan, agar dapat berproduksi seoptimal dan seefisien mungkin.

Faktor-faktor dalam pemilihan alat berat, yaitu:

1. Spesifikasi alat disesuaikan dengan jenis pekerjaan yang akan dilaksanakan; seperti pemindahan tanah, penggalian.
2. Kondisi lapangan, seperti keadaan tanah, keterbatasan lahan.
3. Letak daerah/lokasi, meliputi keadaan cuaca, temperatur, topografi.
4. Jadwal rencana pelaksanaan yang digunakan.
5. Keberadaan alat untuk dikombinasikan dengan alat yang lain.
6. Pergerakan dari peralatan, meliputi mobilisasi dan demobilisasi.
7. Cara operasi alat, seperti kecepatan, frekuensi gerakan.
8. Ekonomi, meliputi investasi dan sewa alat.

2. FAKTOR DAN CARA KERJA ALAT BERAT

Beberapa fungsi alat berat yang digunakan pada proyek konstruksi, diantaranya:

1. Alat pengolah lahan.
2. Alat penggali.
3. Alat pengangkut material.
4. Alat pemindahan material.
5. Alat pemadat.
6. Alat pemroses material.

Dari keenam fungsi dasar alat berat tersebut di atas, dalam pembahasan penelitian ini hanya akan fokus pada jenis dan fungsi alat untuk penggali, dan pengangkut. Pada jenis alat penggali, jenis alat ini dikenal juga dengan istilah excavator. Alat berat yang termasuk dalam kategori ini adalah, Ekskavator, Pull Shovel, Dragline, dan Clamshell, namun akan dikhususkan untuk membahas mengenai ekskavator.

Ekskavator

Ekskavator merupakan alat berat jenis excavator yang memiliki fungsi sebagai berikut:

1. Menggali dibawah muka tanah normal dimana alat berada.
2. Menggali parit, lubang basement, dan sebagainya yang memerlukan ketepatan elevasi.
3. Dapat beroperasi pada tempat yang sempit dan menuangkan material tersebut kedalam truk karena konstruksi alat yang kaku.

Ekskavator dikhususkan untuk penggalian yang letaknya di bawah kedudukan ekskavator itu sendiri. Keuntungan ekskavator jika dibandingkan dengan dragline dan clamshell yang fungsinya juga hampir sama adalah dapat menggali dengan kedalaman yang jauh lebih teliti, ekskavator juga bisa digunakan sebagai alat pemuat bagi truk-truk.

Gerakan-gerakan Ekskavator dalam beroperasi terdiri dari:

1. Mengisi *bucket (land bucket)*.
2. Mengayun (*swing loaded*).
3. Membongkar beban (*dump bucket*).
4. Mengayun balik (*swing empty*).

Empat gerakan dasar tadi akan menentukan lama waktu siklus, tetapi waktu siklus ini juga tergantung dari ukuran ekskavator, ekskavator yang kecil waktu siklusnya akan lebih cepat dari pada ekskavator yang besar, dan tentu saja kondisi kerja yang berpengaruh.

Truk

Truk digunakan untuk mengangkut bahan material seperti pasir, kerikil atau tanah untuk keperluan konstruksi. Truk dapat memindahkan material dari jarak menengah sampai jarak jauh (500 meter – *up*). Isi muatannya diisikan oleh alat pemuat seperti excavator, wheel loader, maupun shovel, sedangkan untuk membongkar muatannya alat berat ini dapat bekerja sendiri dengan mengangkat bagian bak dengan menggunakan teknologi hidrolik.

3. EFISIENSI KERJA ALAT BERAT

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. 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:

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

4. FAKTOR-FAKTOR YANG MEMPENGARUHI KAPASITAS PRODUKSI ALAT BERAT

Ketelitian dalam menentukan faktor-faktor yang mempengaruhi kemampuan produksi alat akan memberikan nilai atas faktor-faktor tersebut, diantaranya yaitu akan menghasilkan ketepatan perhitungan produksi peralatan sekaligus memberikan ketepatan waktu penyelesaian dan ketepatan biaya produksi. Faktor-faktor yang mempengaruhi kapasitas produksi alat berat adalah sbb.:

1. Tahanan gelinding (*rolling resistance*).
2. Pengaruh landai permukaan.
3. Tenaga roda (*rimpull*).
4. Waktu siklus.

Uraian berikut adalah penjelasan untuk 4 (empat) faktor tersebut di atas.

Tahanan gelinding (*rolling resistance*)

Rolling resistance adalah gaya tahanan yang mengimbangi mesin peralatan saat bergerak di atas permukaan tanah. Faktor yang harus mempengaruhinya adalah sbb.:

1. Kendaraan roda karet:
tahanan gelinding tergantung pada ukuran ban, tekanan angin ban, dan bentuk kembangan permukaan ban.
2. Kendaraan roda rantai (*crawler*):
tahanan gelinding tergantung pada sifat permukaan tanah saja.

Tabel 1 berikut menguraikan nilai koefisien tahanan gelinding untuk berbagai tipe dan keadaan landasan.

Tabel 1. Koefisien tahanan gelinding

Tipe dan Keadaan Landasan	C_{RR}	
	Roda Besi	Roda Ban
Rel besi	0,01	-
Beton	0,02	0,02
Jalan, macadam	0,03	0,03
Perkerasan kayu	0,03	-
Jalan datar, tanpa perkerasan, kering	-	0,04
Landasan tanah keras	0,05	0,04
Landasan tanah gembur	0,10	0,05
Landasan tanah lunak	0,12	0,09
Kerikil, tidak dipadatkan	0,16	0,12
Pasir, tidak dipadatkan	0,15	0,12
Tanah basah, lumpur	0,15	0,16

Sumber: Rochmanhadi (1992)

Setiap ton berat pada roda, tahanan minimum sebesar 20 kg harus diatasi untuk menggerakkan mesin. Namun daya hambat juga akan bertambah bila terjadi penetrasi ban dan besarnya penetrasi dinyatakan sebagai berikut bahwa setiap 2,5 cm penetrasi ban ke dalam permukaan tanah diperlukan tambahan tahanan sebesar 15 kg yang harus diatasi untuk setiap ton berat (**Persamaan 1** dan **Persamaan 2**).

$$RRF = 20 \frac{\text{kg}}{\text{ton}} + \frac{15}{2,5} \frac{\frac{\text{kg}}{\text{ton}}}{\text{cm}} * \text{penetrasi ban cm} \quad (1)$$

$$RR = 2\%GVW + 1,5\%GVW \text{ (per inch penetrasi ban)} \quad (2)$$

halmana:

RRF = *rolling resistance factor*,

RR = *rolling resistance* (tahanan gelinding),

GVW = *gross vehicle weight* (berat total alat).

Pengaruh landai permukaan

Landai adalah perbandingan perubahan ketinggian persatuan panjang jalan (%). Penambahan dan pengurangan tenaga traksi akibat adanya tanjakan atau turunan berbanding lurus dengan % naik atau turunnya landai jalan tersebut. Kebutuhan tenaga traksi dalam perubahan kelandaian sebagai berikut:

$$TR = RR + GR \quad (3.a)$$

$$TR = RR - GA \quad (3.b)$$

halmana:

TR = *total resistance*,

RR = *rolling resistance*,

GR = *grade resistance*,

GA = *grade assistance*.

Tenaga roda (*rimpull*) merupakan tenaga gerak yang dapat disediakan mesin pada roda-roda gerak suatu kendaraan yang dinyatakan dalam kg, lbs (contoh pada **Tabel 2**). Jika *rimpull* tidak diketahui maka untuk menghitung *rimpull* dapat digunakan **Persamaan 4** berikut:

$$\text{Rimpull} = \frac{375 * \text{HP} * \text{Efisiensi}}{\text{Kecepatan} [\text{mph}]} [\text{lbs}] \quad (4)$$

dengan:

375 = angka konstan,

Efisiensi : nilai efisiensi berkisar antara 80%–85%,

HP = tenaga mesin dalam *horse power* (tenaga kuda),

Kecepatan = kecepatan kerja alat, $\left[\frac{\text{km}}{\text{jam}}\right]$ atau [mph].

Tabel 2. Daftar *rimpull* untuk truk

Gigi	Kecepatan [mph]	<i>Rimpull</i> [lb]
1	3,2	19.900
2	6,3	10.100
3	11,9	5.350
4	20,8	3.060
5	32,7	1.945

Sumber: Rochmanhadi (1992)

Waktu siklus

Waktu siklus adalah waktu muat yang dibutuhkan alat untuk 1 kali produksi. Perhitungan waktu siklus diberlakukan hanya untuk alat-alat yang tidak setiap saat memproduksi secara terus menerus. Perhitungan waktu siklus berbeda untuk setiap jenis alat. Berikut adalah uraian tentang waktu siklus untuk excavator dan truk.

1. Waktu siklus excavator.

Waktu siklus terdiri dari 4 komponen, yaitu:

1. Waktu muat *bucket* (*digging time*) (lihat **Tabel 3**).
2. Waktu putar bermuatan (*swing loaded time*).
3. Waktu buang muatan (*dumping time*).
4. Waktu putar kosong / kembali (*swing empty time*) (lihat **Tabel 4**).

Tabel 3. Waktu gali [detik]

Kedalaman Penggalian [m]	Waktu Putar Berdasarkan Kondisi Penggalian [detik]			
	Ringan	Sedang	Agak Sulit	Sulit
0–2	6	9	15	26
2–4	7	11	17	28
4–lebih	8	13	19	30

Sumber: Sensosa, L. (2013) dalam Gede, A. D. (2015)

Tabel 4. Waktu putar

Sudut Putar [°]	Waktu Putar [detik]
45–90	4–7
90–180	5–8

Sumber: Sensosa, L. (2013) dalam Gede, A. D. (2015)

Waktu siklus excavator dihitung berdasarkan **Persamaan 5** sbb.:

$$C_t = t_m + t_{pb} + t_b + t_{pk} + \text{waktu tetap} \quad (5)$$

halmana,

- C_t = waktu siklus excavator [menit],
 t_m = waktu pengisian *bucket* [menit],
 t_{pb} = waktu mengangkat beban dan kemudian *swing* [menit],
 t_b = waktu menurunkan tanah dari *bucket* [menit],
 t_{pk} = waktu koreksi [menit].

Dari **Persamaan 5** di atas terlihat bahwa:

1. Waktu muat sangat mempengaruhi jenis material lunak atau keras dan kondisi galian.
 2. Waktu putar sangat dipengaruhi oleh beban dan jarak buang (90°-180°).
 3. Waktu buang sangat dipengaruhi oleh cara pembuangan.
2. Waktu siklus truk.

Untuk waktu siklus truk terdiri dari 5 komponen waktu, yaitu:

1. Waktu muat (**Persamaan 6**):

$$T_1 = \frac{C_d}{q_l} * k * C_m \quad (6)$$

dengan:

- C_d = kapasitas truk [m³],
 q_l = kapasitas bucket alat pemuat [m³],
 k = faktor kapasitas *bucket*.
 C_m = siklus waktu (*cycle time*).

2. Waktu tempuh (**Persamaan 7**):

$$T_H = \frac{D}{v_1} \quad (7)$$

dengan:

- D = jarak angkut truk [meter],
 v_1 = kecepatan rata-rata saat muatan penuh [m/menit].

3. Waktu kembali (kosong) (**Persamaan 8**):

$$T_R = \frac{D}{v_2} \quad (8)$$

dengan:

- D = jarak angkut truk [meter],
 v_2 = kecepatan rata-rata saat muatan kosong [m/menit].

4. Waktu bongkar muat.

5. Waktu mengatur posisi.

Jadi waktu siklus adalah (**Persamaan 9**):

$$C_{mt} = (n * C_{ms}) + \frac{D}{v_1} + t_1 + \frac{D}{v_2} + t_2 \quad (9)$$

$$n = \frac{C_l}{q_1} * K \quad (10)$$

dengan:

- C_{mt} = waktu siklus truk [menit],
- n = jumlah siklus yang diperlukan excavator untuk mengisi truk (**Persamaan 10**),
- C_{ms} = waktu siklus excavator [menit],
- n = jumlah siklus yang diperlukan excavator untuk mengisi truk,
- t_1 = waktu buang [menit],
- t_2 = waktu tunggu dan tunda yaitu waktu yang diperlukan untuk posisi pengisian dan untuk excavator mulai mengisi [menit],

Secara lebih ringkas untuk memudahkan perhitungan maka untuk perhitungan waktu buang dan waktu tunggu dapat dilihat pada **Tabel 5** berikut:

Tabel 5. Waktu buang dan waktu tunggu

No.	Kondisi	Waktu Buang [menit]	Waktu Tunggu [menit]
1	Baik	0,50 - 0,70	0,10 - 0,20
2	Sedang	1,00 - 1,30	0,25 - 0,35
3	Kurang	1,50 - 2,00	0,40 - 0,50

Sumber: Rochmanhadi (1992)

Kriteria kondisi adalah:

1. Kondisi baik: (a) pembuangan bebas; (b) tidak perlu manuver; (c) antrian tidak terjadi.
2. Kondisi sedang: (a) pembuangan bebas; (b) perlu manuver; (c) antrian tidak lebih dari satu unit.
3. Kondisi kurang: (a) pembuangan tidak terbatas; (b) perlu manuver ekstra; (c) antrian menumpuk lebih dari dua unit.

5. KAPASITAS PRODUKSI ALAT BERAT

Langkah pertama dalam membuat estimasi kapasitas alat adalah menghitung kapasitas operasi alat-alat berat. Hasil perhitungan tersebut kemudian dibandingkan dengan pengalaman yang nyata dari pekerjaan-pekerjaan yang pernah dilakukan dari pekerjaan-pekerjaan sejenis. Atas dasar perbandingan itu, terutama pada efisiensi kerjanya, harga besaran estimasi kapasitas alat yang paling sesuai untuk proyek bersangkutan dapat ditentukan, sehingga estimasi kapasitas biaya proyek tidak terlalu besar.

Kapasitas Produksi Ekskavator

Sebelum menghitung produktivitas dari sebuah ekskavator, perlu dilakukan perhitungan terhadap kapasitas dari ekskavator. Terdapat faktor-faktor yang mempengaruhi produktivitas ekskavator antara lain:

1. Faktor keadaan pekerjaan:
 - a. Keadaan dan jenis tanah.
 - b. Tipe dan ukuran saluran (jika menggali saluran)
 - c. Jarak pembuangan.
 - d. Kemampuan operator.
 - e. *Job management*/pengaturan operasional dan sebagainya.
2. Faktor keadaan mesin :
 - a. *Attachment* yang cocok untuk pekerjaan yang bersangkutan.
 - b. Kapasitas bucket
 - c. Waktu siklus yang banyak dipengaruhi oleh kecepatan *travel* dan sistem hidrolik.
 - d. Kapasitas mengangkat.
3. Pengaruh dalam pemotongan dan sudut *swing*

Makin dalam pemotongan yang diukur dari permukaan dimana excavator sedang beroperasi, makin sulit pula mengisi *bucket* secara optimal dengan hanya sekali gerakan, sehingga dengan penambahan gerakan akan menambah waktu siklus.

Operator harus memilih salah satu dari dua alternatif yang ada:

- Mengisi *bucket* sampai penuh dengan resiko waktu siklus akan bertambah.
- Membawa seadanya material dari satu gerakan saja dengan resiko kapasitas bucket tidak terisi secara optimal.

Dengan adanya hal tersebut, produktivitas alat akan berkurang, sehingga efek ini harus kita perhitungkan. Perlu diketahui bahwa kedalaman optimum adalah suatu kedalaman dimana pada tinggi tersebut waktu bucket mencapai titik tertinggi, telah penuh tanpa memberikan beban tambahan terhadap mesin. Selain faktor itu, sudut *swing* yakni besar sudut-sudut yang dibentuk antara posisi *dripper (bucket)* waktu mengisi dan waktu membuang beban akan berpengaruh terhadap waktu siklus, makin besar sudut swing, makin besar pula waktu siklus.

Tabel 6 berikut menguraikan tentang faktor *swing* dan kedalaman galian untuk ekskavator.

Tabel 6. Faktor *swing* & kedalaman galian untuk ekskavator

Kedalaman Optimum (%)	Besar Sudut <i>Swing</i> [derajat]						
	45	60	75	90	120	150	180
40	0,93	0,85	0,85	0,80	0,72	0,65	0,59
60	1,10	1,03	0,96	0,91	0,81	0,73	0,66
80	1,22	1,12	1,04	0,98	0,86	0,77	0,69
100	1,26	1,16	1,07	1,00	0,88	0,79	0,71
120	1,20	1,11	1,03	0,97	0,86	0,77	0,70
140	1,12	1,04	0,97	0,91	0,81	0,73	0,66
160	1,03	0,96	0,90	0,85	0,75	0,67	0,62

Sumber: Rochmanhadi (1992)

Selain faktor-faktor tadi, faktor kondisi pekerjaan dan faktor pengisian masih berpengaruh terhadap produktivitas ekskavator. Faktor-faktor ini dapat dilihat dari **Tabel 7** dan **Tabel 8** di bawah ini:

Tabel 7. Faktor kondisi kerja dan tata laksana

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

Sumber: Rochmanhadi (1992)

Tabel 8. Faktor pengisian bucket untuk ekskavator

Material	Faktor Pengisian Bucket
Pasir & kerikil	0,90 – 1,00
Tanah biasa	0,80 – 0,90

Tabel 8. Faktor pengisian bucket untuk ekskavator (lanjutan)

Material	Faktor Pengisian Bucket
Tanah liat keras	0,65 – 0,75
Tanah liat basah	0,50 – 0,60
Batu, pecahan sempurna	0,60– 0,75
Batu, pecahan buruk	0,40– 0,50

Kapasitas Produksi Excavator

Kapasitas produksi excavator dapat dihitung dengan **Persamaan 11** sebagai berikut:

$$Q = \frac{q * 3600 * E}{C_m} \quad (11)$$

dengan:

- Q = produksi per-jam [m^3 /jam],
 q = produksi per siklus [m^3] (**Persamaan 12**),
 E = efisiensi kerja,
 C_m = waktu siklus [detik].

Produksi per siklus:

$$q = q_i * K \quad (12)$$

dengan:

- q_i = kapasitas munjung menurut spesifikasi,
 K = faktor *bucket* (**Tabel 8**).

6. STUDI KASUS PENELITIAN

Studi kasus dilakukan di proyek pembangunan *Basement 2* Apartemen Tamansari Iswara, dengan kriteria tanahnya adalah tanah keras dan merupakan bekas rawa, namun pada saat akan melakukan pekerjaan proyek dilakukan proses urugan tanah. Rawa tersebut mengalami kekeringan karena musim kemarau, lalu aliran airnya dialirkan menggunakan pipa karena merupakan air limbah warga. Karena pembangunan Basemen 2 ini berfungsi sebagai tempat penyimpanan kendaraan roda empat maka diperlukan permukaan tanah yang rata dan luas untuk menampung kendaraan roda empat tersebut.

Untuk area galian yang memiliki luas sebesar 1.028,37 m^2 dibagi menjadi 4 zona dan memiliki elevasi yang berbeda beda, maka untuk Basemen 2 diambil elevasi -7.000. Pada area yang akan dikerjakan terdapat tiang pancang sebanyak 134 buah. Alat berat pada proyek ini digunakan 1 buah excavator standar untuk mengerjakan galian tanah basemen dan 1 buah mini excavator untuk mengerjakan galian *pile cap* serta truk sebagai alat pengangkut hasil galian yang nantinya hasil galian tersebut akan dibuang ke luar area proyek yang berjarak 16,4 km. Tempat pembuangan material tanah hasil galian dikelola oleh Institusi Angkatan Udara Republik Indonesia (AURI) yang berlokasi di Bandara Halim Perdanakusuma.

Pekerjaan ini terdiri dari penggalian tanah yang dibagi menjadi 4 zona dan memiliki elevasi yang berbeda-beda, pengangkutan, pembuangan, pemotongan tiang pancang dan terakhir penimbunan dan pemadatan tanah untuk Zona 4 terkecuali area *pit lift*.

Urutan kerja sbb.:

1. Galian pertama, seluruh zona digali sampai dengan elevasi Basemen 2, yaitu mulai dari elevasi -3.500 sampai dengan elevasi -7.000. Urutan pengerjaan dimulai dari Zona 2, Zona 1, Zona 4 dan terakhir Zona 3.
2. Galian kedua, tanah digali sesuai dengan elevasi yang telah direncanakan untuk masing-masing zona.
3. Galian ketiga, untuk *pile cap* yaitu menggali dari elevasi rencana masing-masing zona sampai dengan -15 cm dari *bottom pile cap*.

Data pekerjaan tanah sbb:

1. Luas area pekerjaan galian : 1.028,37 m^2
 2. Volume galian tanah keseluruhan : 5.431,766 m^3
 - a. Volume galian sampai dengan *top pile* : 4.709,116 m^3
 - Zona 1 : 1.127,6 m^3
 - Zona 2 : 1.949,445 m^3
 - Zona 3 : 729,855 m^3
 - Zona 4 : 902,216 m^3
 - b. Volume galian *pile cap* : 722,65 m^3
 3. Pekerjaan pemotongan tiang pancang : 134 titik
- Kedalaman :
- Zona 1 : 5 meter
 - Zona 2 : 4,5 meter
 - Zona 3 : 3.5 meter
 - Zona 4 : 5,6 meter

4. Elevasi:

a. Sebelum Galian : -3.500

b. Elevasi Galian :

- Zona 1 : -8.500 s/d *pile cap* -10.000 (Ruang Genset)
- Zona 2 : -8.000 s/d *pile cap* -9.500 (STP)
- Zona 3 : -7.000 s/d *pile cap* -8.500 (Basemen 2)
- Zona 4 : -9.100 s/d *pile cap* -11.600 (*Pit Lift*)

Data alat-alat berat ekskavator disampaikan pada **Tabel 9** dan data alat-alat berat truk disampaikan pada **Tabel 10** berikut:

Tabel 9. Data alat-alat berat ekskavator

Merek dan Tipe Ekskavator	Kapasitas <i>Bucket</i> [m ³]	Daya Mesin [hp]	Panjang Lengan [m]	Maksimum Menggali [m]	Harga Sewa [Rp/jam]	Upah Operator [Rp/hari]	Sewa Trailer Angkut PP [Rp]
Komatsu PC200-8	0,80	148	2,41	6,095	160.000,00	150.000,00	4.000.000,00
Kobelco SK200-8	0,93	153	2,40	6,160	185.000,00	150.000,00	4.000.000,00
Hitachi X200LC	1,10	132	2,22	5,980	210.000,00	150.000,00	4.000.000,00
Hitachi ZX50U-2	0,16	39	1,69	3,860	100.000,00	150.000,00	2.000.000,00
Komatsu PC50-MR3	0,17	40	1,64	3,800	100.000,00	150.000,00	2.000.000,00
Kobelco SK50MR-2	0,18	38	1,69	3,900	100.000,00	150.000,00	2.000.000,00

Tabel 10. Data alat-alat berat truk

Merek dan Tipe Truk	Dimensi			Kapasitas [m ³]	Daya Mesin [hp]	Harga Sewa [Rp/hari]	Upah Operator [Rp/hari]
	P [m]	L [m]	T [m]				
Hino FM 260 JD	8,6	2,5	2,7	24	256	1.400.000,00	350.000,00
Mitsubishi FN 527 ML	8,6	2,5	2,7	20	217	1.200.000,00	350.000,00
Mitsubishi Fuso FN 527 ML	8,26	2,46	2,75	24	217	1.400.000,00	350.000,00

7. PENGOLAHAN DATA

Perhitungan kapasitas ekskavator disajikan pada **Tabel 11** dan perhitungan kapasitas truk disajikan pada **Tabel 1** berikut:

Tabel 11. Perhitungan kapasitas ekskavator

Alternatif	Merek dan Tipe	Kapasitas <i>Bucket</i> [m ³]	Jumlah Trip per Jam	Kapasitas ekskavator	
				[bcy/jam]	[bcy/hari]
1	Kobelco SK 200-8	0,93	105	37,348	298,784
	Kobelco PC50MR-2	0,18	154	26,565	212,520
2	Komatsu PC200-8	0,80	115	34,101	272,808
	Komatsu PC 55 MR-3	0,17	158	18,888	151,104
3	Hitachi EX200LC	1,10	100	41,521	332,168
	Hitachi ZX50U-2	0,16	158	18,533	148,264

Tabel 12. Perhitungan kapasitas truk

Merek dan Tipe	Alternatif	<i>Rolling Resistance</i> [kg/ton]	<i>Total Resistance</i> [kg/ton]	Tenaga yang Dibutuhkan [kg]	Tenaga yang Tersedia [kg]	Kapasitas	
						[bcy/jam]	[bcy/hari]
Hino FM260JD	1	0	30	780	2.747,641	13,730	109,840
Mitsubishi N527ML	2	0	30	744	2.766,769	12,011	96,088
Mitsubishi FN527ML	3	0	30	744	2.766,769	13,765	110,120
Mitsubishi N527ML	4	0	30	744	2.766,769	13,625	109,000
Mitsubishi FN527ML	5	0	30	744	2.766,769	11,832	94,656

Tabel 13. Alternatif kombinasi alat berat

Alternatif	Alat Berat	Kapasitas Bucket [m ³]	Waktu Siklus [menit]	Kapasitas [bcy/hari]	Lama Kerja [hari]	Jumlah [unit]	Biaya [Rp]	Biaya Total [Rp]
1	Ekskavator Kobelco SK 200-8	0,93	0,57	298,784	23	1	81.676.980,00	1.063.387.100,00
	Ekskavator Kobelco PC50MR-2	0,18	0,39	212,520		1	11.927.540,00	
	Truk Hino FM 260 JD	24,00	87,00	109,840		9	969.782.580,00	
2	Ekskavator Komatsu PC200-8	0,80	0,52	272,808	25	1	69.523.360,00	1.560.732.880,00
	Ekskavator Komatsu PC 55 MR-3	0,17	0,38	151,100		1	78.377.360,00	
	Truk Mitsubishi FN 527 ML	20,00	83,00	96,088		16	1.482.355.520,00	
3	Ekskavator Hitachi EX200LC	1,10	0,60	332,168	25	1	77.423.680,00	926.850.260,00
	Ekskavator Hitachi ZX50U-2	0,16	0,38	148,264		1	11.767.660,00	
	Truk Mitsubishi FN 527 ML	24,00	87,00	110,120		9	837.171.720,00	
4	Ekskavator Komatsu PC200-8	0,80	0,52	272,808	25	1	69.523.360,00	1.029.708.086,00
	Ekskavator Komatsu PC 55 MR-3	0,17	0,38	151,100		1	8.854.000,00	
	Truk Mitsubishi FN 527 ML	24,00	87,00	109,000		9	951.331.500,00	
5	Ekskavator Hitachi EX200LC	1,10	0,60	332,168	22	1	77.423.680,00	1.572.034.060,00
	Ekskavator Hitachi ZX50U-2	0,16	0,38	148,264		1	11.767.660,00	
	Truk Mitsubishi FN 527 ML	20,00	87,00	94,656		9	1.482.355.520,00	

Dari **Tabel 11 s.d. Tabel 13** di atas dapat dilihat penggunaan alat berat pada Alternatif 3 lebih tepat dalam pekerjaan galian tanah pada proyek pembangunan Basemen 2 Apartemen Tamansari Iswara dibandingkan dengan alternatif yang lainnya karena Alternatif 3 menghasilkan biaya yang lebih murah dan waktu yang diperlukan untuk menyelesaikan pekerjaan lebih cepat.

8. KESIMPULAN

Dari hasil perhitungan waktu dan biaya dari lima alternatif kombinasi alat berat ekskavator dan truk, didapatkan bahwa Alternatif 3 yang menggunakan dua buah ekskavator (Hitachi EX200-V dan Hitachi ZX50U-2) yang masing-masing kapasitasnya berturut-turut 1,1 m³ dan 0,16 m³, serta sembilan unit truk (Mitsubishi FN 527 ML) dengan kapasitas masing-masing truk 24 m³ memiliki waktu tercepat selama 23 hari dan biaya termurah sebesar Rp975.193.300,00 untuk pelaksanaan pekerjaan galian tanah pada proyek Apartemen Tamansari Iswara Bekasi.

DAFTAR PUSTAKA

- Gede, A. D. (2015). *Penggunaan alat berat pada pekerjaan galian tanah*. Universitas Udayana, Denpasar.
- Indrayani. (2010). *Pemindahan Tanah Mekanis dan Alat Berat*. Politeknik Negeri Sriwijaya, Palembang.
- Rochmanhadi. (1992). *Alat-Alat Berat dan Penggunaannya*. Departemen Pekerjaan Umum, Jakarta.
- Rostiyanti, F. S. (2008). *Alat Berat untuk Proyek Konstruksi*. Rineka cipta, Jakarta.