

Analisis Kombinasi *Excavator* dan *Dump Truck* pada Pekerjaan Galian Tanah (Studi Kasus: Proyek Pembangunan Kampus III UIN Imam Bonjol Padang)

Dyla Midya Octavia^{1*}, Raadhiyatam Mardhiyah¹ dan Citra Utami²

¹Jurusan Teknik Sipil, Institut Teknologi Padang, Jl. Gajah Mada Kandis Nanggalo, Padang, Sumatera Barat 25143

²Jurusan Teknik Sipil, Politeknik Negeri Medan, Jl. Almamater No.1, Padang Bulan, Kota Medan, Sumatera Utara 20155

Email: dylamidyaoctavia@gmail.com

Dikirim: 22 Mei 2021

Direvisi: 13 Juni 2021

Diterima: 10 Juli 2021

ABSTRAK

Dalam pekerjaan galian tanah yang menggunakan alat berat *excavator* dan *dump truck*, diperlukan kombinasi penggunaan alat yang tepat agar diperoleh produktivitas pekerjaan yang optimum dengan biaya yang lebih rendah. Tujuan penelitian ini adalah untuk mendapatkan kombinasi jumlah *excavator* dan *dump truck* yang tepat pada pekerjaan galian tanah agar diperoleh hasil yang optimum dari segi waktu dan biaya. Pekerjaan galian tanah yang ditinjau adalah pada Proyek Pembangunan Kampus III UIN Imam Bonjol Padang. Pengambilan data berupa waktu siklus masing-masing alat dilakukan dengan pengamatan langsung di lapangan, sementara spesifikasi alat berat, volume pekerjaan, dan data lainnya diperoleh dari pengumpulan data sekunder. Pada proyek studi kasus ada 3 (tiga) jenis *excavator* dengan jumlah total 7 unit. Sementara jumlah *dump truck* ada 8 unit dengan spesifikasinya yang hampir sama. Produktivitas dan biaya masing-masing alat dihitung berdasarkan data pengamatan lapangan dan data-data lainnya. Untuk kondisi *existing* (sesuai jumlah alat yang digunakan di lapangan) diperoleh estimasi durasi pekerjaan yaitu 1.648 jam dengan estimasi biaya Rp.14.496.092.609,60. Kombinasi alat paling ideal antara *excavator* dan *dump truck* adalah 1:2,36, sedangkan kombinasi alat di lapangan adalah 1:1,14, ini menunjukkan jumlah *dump truck* masih kurang sehingga akan menyebabkan *excavator* banyak menunggu atau *idle*. Dari hasil analisis, jika jumlah dan jenis *excavator* tetap menggunakan *excavator* yang ada di lapangan (7 unit), maka jumlah *dump truck* yang paling ideal adalah 16 unit. Dari kombinasi tersebut diperoleh estimasi durasi pekerjaan 836 jam atau lebih cepat 49%. Dan biaya pekerjaan menjadi Rp11.540.322.174,14 atau lebih rendah 20% dari biaya kondisi *existing*.

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

1. PENDAHULUAN

Pekerjaan konstruksi adalah rangkaian kegiatan untuk mewujudkan suatu bangunan yang terdiri komponen arsitektur, struktur, mekanikal dan elektrikal serta tata lingkungan. Tahapan konstruksi mulai dari perencanaan, pelaksanaan, serta pengawasan pekerjaan. Bangunan yang dimaksud adalah gedung, jembatan, jalan, dan bangunan lainnya. Volume pekerjaan yang cukup besar ditambah dengan waktu pelaksanaan yang terbatas menuntut pelaksana proyek untuk menggunakan alat berat, karena pemanfaatan tenaga manusia dengan alat konvensional akan membutuhkan waktu yang jauh lebih lama. Penggunaan alat berat juga tidak bisa asal digunakan saja, perlu adanya perhitungan tipe alat dan jumlah alat yang dibutuhkan. Hal ini sesuai dengan kondisi lapangan, volume pekerjaan, kemampuan operator dan kombinasi jumlah alat, khususnya untuk pekerjaan yang membutuhkan lebih dari satu jenis alat (Febrianti dan Zakia, 2018).

Proyek pembangunan gedung kampus III UIN Imam Bonjol Padang memiliki beberapa pekerjaan yang membutuhkan alat berat, salah satunya yaitu pekerjaan galian tanah. Pekerjaan galian tanah merupakan pekerjaan yang harus menggunakan alat berat pada proyek tersebut, selain karena volume pekerjaan yang besar juga karena kondisi medan yang cukup sulit yakni berupa bukit. Merencanakan penggunaan alat berat harus dilakukan sebelum memulai pekerjaan. Perencanaan alat berat bertujuan untuk mengetahui jumlah alat dan tipe alat yang dibutuhkan. Selain itu juga untuk mengetahui estimasi waktu dan biaya jika menggunakan alat tersebut agar tidak melebihi waktu dan biaya rencana.

Pemilihan alat dan kombinasi yang tepat bertujuan untuk mendapatkan produktivitas pekerjaan yang optimum, sehingga diperoleh pelaksanaan pekerjaan dengan biaya dan waktu yang terbaik. Kombinasi alat berat merupakan perbandingan jumlah alat-alat yang harus digunakan sekaligus atau paralel. Untuk mendapatkan jumlah masing-masing alat tersebut, kita perlu untuk mengetahui terlebih dulu produktivitas masing-masing alat. Maka penelitian ini bertujuan untuk mendapatkan kombinasi alat berat yang tepat agar diperoleh hasil yang optimum dari segi biaya dan waktu dengan menghitung produktivitas dan biaya per satuan waktu dari masing-masing alat berat yakni *excavator* dan *dump truck*.

2. LANDASAN TEORI

2.1 Alat Berat

Alat berat adalah alat berkapasitas besar yang dibuat untuk membantu manusia mengerjakan pekerjaan konstruksi, khususnya pada proyek konstruksi berskala besar. Biasanya alat berat yang digunakan pada pekerjaan konstruksi seperti konstruksi jalan, konstruksi gedung, bangunan air, juga pada pekerjaan pertambangan dan lain-lain. Beberapa alasan penggunaan alat berat antara lain; 1) mempercepat proses pelaksanaan pekerjaan, 2) memudahkan pelaksanaan untuk pekerjaan bervolume besar, 3) hasil yang diperoleh ketelitiannya lebih baik dan proses pekerjaan lebih teratur, 4) kondisi medan dan sifat fisik material yang tidak mungkin dikerjakan oleh manusia, 5) keterbatasan tenaga kerja dan, 6) mengurangi resiko kecelakaan kerja. Selain itu menurut Wilopo (2009) keuntungan yang didapat dengan menggunakan alat berat yaitu 1) waktu pekerjaan dapat lebih cepat, 2) tenaga alat lebih besar dan ekonomis, dan 3) mutu dari hasil kerja lebih baik. Rostiyanti (2002) juga menyatakan bahwa alat berat merupakan salah satu sumber daya penting dalam pelaksanaan proyek konstruksi yang besar untuk mempermudah dalam menyelesaikan pekerjaan agar hasil yang dicapai sesuai harapan dengan waktu yang relatif lebih singkat dan hasil yang lebih baik tentunya.

2.2 Produktivitas Alat Berat

Kapasitas alat dan waktu siklus merupakan faktor utama yang menentukan produktivitas alat berat, yang selanjutnya dikalikan dengan faktor efisiensi pekerjaan. Kapasitas adalah ukuran *bucket* atau volume material yang dapat dikerjakan dalam 1 (satu) siklus. Kapasitas masing-masing alat tergantung pada spesifikasi alat tersebut. Sementara waktu siklus atau *cycle time* (CT) merupakan waktu yang dibutuhkan dalam satu siklus kegiatan. Waktu siklus sangat bergantung pada kondisi medan, operasi konstruksi, metode pelaksanaan, kemampuan operator, jenis material dan lain-lain. Waktu siklus terdiri dari beberapa unsur:

1. *Loading time* (LT), adalah waktu diperlukan untuk memuat material ke dalam *dump truck* sesuai kapasitas *dump truck* tersebut.
2. *Hauling time* (HT), adalah waktu angkut oleh *dump truck* yang diperlukan untuk pindah dari tempat pemuatan material ke tempat pembongkaran material.
3. *Return time* (RT), adalah waktu kembali truk untuk bergerak dari tempat pembongkaran material ke tempat pemuatan. Waktu kembali biasanya lebih singkat dari waktu angkut karena *dump truck* dalam kondisi kosong.
4. *Dumping time* (DT), adalah waktu pembongkaran oleh *dump truck* untuk membuang material di tempat pembongkaran.
5. *Spotting time* (ST), adalah waktu tunggu atau antri dari *dump truck* untuk dimuat kembali, karena ada *dump truck* lain yang sedang dimuat.

Dengan demikian rumus yang digunakan untuk menentukan waktu siklus adalah:

$$CT = LT + HT + DT + RT + ST \dots\dots\dots(1)$$

Waktu siklus yang sangat bergantung pada beberapa unsur tersebut di atas, menyebabkan produktivitas alat berat akan berbeda pada setiap proyek. Walaupun kapasitasnya sama karena alat berat yang digunakan sama spesifikasinya, namun waktu siklusnya berbeda sehingga produktivitasnya. Berikut adalah rumus dasar produktivitas alat berat:

$$\text{Produktivitas} = \frac{\text{kapasitas}}{CT} \dots\dots\dots(2)$$

Produktivitas alat berat dihitung dalam produksi/jam, sementara waktu siklus alat biasanya diamati dalam menit, maka diubah menjadi jam. Dan selanjutnya dikalikan dengan faktor efisiensi alat, sehingga rumus (2) menjadi:

$$\text{Produktivitas} = \text{kapasitas} \times \frac{60}{CT} \times \text{efisiensi} \dots\dots\dots(3)$$

Pelaksanaan suatu pekerjaan dapat menggunakan lebih dari satu jenis alat berat. Untuk pekerjaan pekerjaan galian tanah, biasanya digunakan *excavator* untuk menggali material, *loader* untuk memindahkan material galian kedalam bak *dump truck* dan *dump truck* memindahkan material ke tempat pembuangan/pembongkaran. Ketiga jenis alat berat tersebut digunakan secara bersamaan dan mempunyai produktivitas berbeda-beda. Namun, jika posisi *excavator* dapat dijangkau langsung oleh *dump truck*, maka untuk pekerjaan galian tanah juga bisa hanya menggunakan *excavator* untuk menggali material dan memuat langsung material ke dalam bak *dump truck* dan *dump truck* memindahkan material ke tempat pembuangan/pembongkaran.

Untuk pekerjaan yang membutuhkan kombinasi alat atau lebih dari 1 (satu) alat, perlu menghitung jumlah masing-masing alat agar produktivitas masing-masing alat tersebut seimbang dan tidak ada alat yang menunggu/*idle*. Dengan demikian akan diperoleh produktivitas pekerjaan yang optimum tanpa adanya waktu *idle* dari masing-masing alat karena menunggu alat yang lain. Menghitung jumlah alat dapat dilakukan dengan; 1) menentukan alat yang mempunyai produktivitas paling besar, 2) selanjutnya diasumsikan alat dengan produktivitas terbesar jumlahnya satu, 3) lalu hitung jumlah alat yang lain dengan berpatokan selalu pada alat dengan produktivitas terbesar dengan menggunakan rumus:

$$\text{Jumlah}_{\text{alat ke-}} = \frac{\text{Produktivitas}_{\text{terbesar}}}{\text{Produktivitas}_{\text{alat ke-}}} \dots\dots\dots(4)$$

Berdasarkan rumus (4) ada kemungkinan diperoleh hasil jumlah alat yang berkoma. Contohnya jumlah alat kedua diperoleh 2,5, maka harus ditentukan penggenapannya menjadi 2 atau 3. Perlu diingat bahwa jika alat dikenakan menjadi 2, maka alat pertama dengan produktivitas terbesar yang berjumlah 1 akan memiliki waktu *idle* karena menunggu alat kedua, karena perbandingan yang paling tepat adalah 1:2,5. Sementara kalau alat kedua dikenakan menjadi 3 maka justru alat kedua yang akan mengalami *idle* karena itu artinya produktivitasnya menjadi lebih besar dari alat pertama. Maka dalam menentukan penggenapannya maka dilakukan perhitungan durasi pekerjaan pada rumus (5) dan analisis biaya masing-masing alat tersebut. Jika durasi pekerjaan butuh lebih cepat maka jumlah alat pertama dapat dijadikan 2 dan jumlah alat kedua menjadi 5 sehingga perbandingan kedua alat tetap 1:2,5. Namun jika jumlah alat pertama tetap 1, maka perlu dilakukan analisis biaya alat, alat yang menunggu sebaiknya adalah alat yang biaya per jamnya lebih rendah.

$$\text{Durasi} = \frac{\text{Volume}_{\text{pekerjaan}}}{\text{Produktivitas}_{\text{terkecil}}} \dots\dots\dots(5)$$

2.3 Biaya Alat Berat

Biaya pengoperasian alat berat terdiri dari biaya kepemilikan alat dan biaya operasional alat. Biaya kepemilikan dapat diperoleh dari pembelian atau sewa. Untuk alat milik sendiri atau yang diperoleh dengan pembelian, perhitungan biaya kepemilikannya berdasarkan ilmu ekonomi teknik, yang memperhitungkan nilai uang terhadap waktu. Sedangkan jika diperoleh melalui sewa, maka biaya kepemilikannya berdasarkan biaya sewanya.

Sementara biaya operasional alat berat terdiri dari biaya bahan bakar, pelumas, roda, biaya perawatan dan perbaikan, biaya operator alat serta biaya mobilisasi dan demobilisasi alat. Berikut penjelasan dr masing-masing biaya tersebut:

- a. Biaya bahan bakar, adalah harga bahan bakar dikalikan dengan jumlah penggunaan bahan bakar. Biaya bahan bakar dihitung per jam, sehingga perlu ditentukan berapa konsumsi bahan bakar per jam dari masing-masing alat. Jumlah penggunaan bahan bakar bensin dan solar berbeda-beda. Untuk alat yang berbahan bakar bensin rata-rata mengkonsumsi bensin 0,06 galon per *horse-power* per *hour*, sedangkan alat yang berbahan bakar solar rata-rata mengkonsumsi solar 0,04 galon per *horse-power* per *hour*. Selanjutnya dikalikan dengan faktor pengoperasian (Peurifoy & Oberlender, 2005). Rumus estimasi penggunaan bahan bakar per jam sebagai berikut:

$$\text{Bensin: BBM} = 0,06 \times \text{HP} \times \text{eff} \dots\dots\dots(6)$$

$$\text{Solar:BBM} = 0,04 \times \text{HP} \times \text{eff} \dots\dots\dots(7)$$

- b. Biaya pelumas, adalah harga bahan pelumas dikalikan dengan jumlah penggunaan pelumas per jam. Estimasi penggunaan pelumas per jam (K_p) didasarkan pada tenaga mesin, faktor operasi, kapasitas *crankcase* dan lama waktu penggantian pelumas. Rumus estimasi penggunaan pelumas sebagai berikut:

$$K_p = \frac{f \times hp \times 0,006}{7,4} + \frac{c}{t} \dots \dots \dots (8)$$

Keterangan: *hp* : horse-power; *c*: kapasitas *crankcase*; *t*: penggunaan pelumas; dan *f*: faktor pengoperasian

- c. Biaya roda, adalah biaya penggunaan roda alat berdasarkan depresiasi dari roda tersebut, di mana depresiasi alat berat *crawler* berbeda dengan alat berat beroda ban. Alat beroda *crawler* depresiasinya sama dengan depresiasi alat. Sementara ban mempunyai depresiasi yang lebih pendek dari pada umur alat, sehingga selama umur ekonomis atau umur penggunaan alat, ban alat diganti beberapa kali.
- d. Biaya pemeliharaan dan perawatan alat, tergantung pada besarnya pekerjaan. Nilai depresiasi alat dan umur alat akan dipengaruhi oleh adanya perbaikan besar. Sementara perbaikan kecil adalah pemeliharaan rutin yang dihitung berdasarkan pelaksanaan pekerjaan.

2.4 Alat Berat pada Studi Kasus

Pada studi kasus yaitu Proyek Pembangunan Kampus III UIN Imam Bonjol Padang, menggunakan alat berat *excavator* dan *dump truck* untuk pekerjaan galian. Terdapat 3 (tiga) merek *Excavator* yang digunakan dengan yaitu, *Excavator* Komatsu PC200, *Excavator* Kobelco SK200 dan *Excavator* Sumitomo SH210. Sementara untuk *dump truck* yang digunakan spesifikasinya hampir sama yaitu *Dump Truck* Hino FM260 JD.

3. METODE PENELITIAN

Subjek dalam penelitian ini adalah kombinasi atau perbandingan jumlah alat berat yang tepat berdasarkan biaya dan waktu dengan menghitung produktivitas dan biaya masing-masing alat berat untuk pekerjaan galian tanah. Sementara objek penelitian adalah alat berat untuk pekerjaan galian tanah pada proyek Pembangunan Kampus III UIN Padang yaitu *excavator* dan *dump truck*. Metode penelitian secara garis besar digambarkan pada bagan alir penelitian pada Gambar 1.

4. HASIL DAN DISKUSI

4.1 Hasil Perhitungan Produktivitas Alat Berat

Berikut adalah hasil perhitungan produktivitas *excavator* dan *dump truck*, di mana waktu siklus adalah waktu siklus rata-rata yang diperoleh dari pengamatan di lapangan menggunakan *stopwatch*.

A. Excavator

1. *Excavator* Komatsu PC200

Waktu siklus (CT)	= 0,464 menit
Produktivitas	= 104,108m ³ /jam
Produksi perhari	= 728,756m ³ /hari
2. *Excavator* Kobelco SK200

Waktu siklus (CT)	= 0,412 menit
Produktivitas	= 85,862m ³ /jam
Produksi perhari	= 601,034m ³ /hari
3. *Excavator* Sumitomo SH210

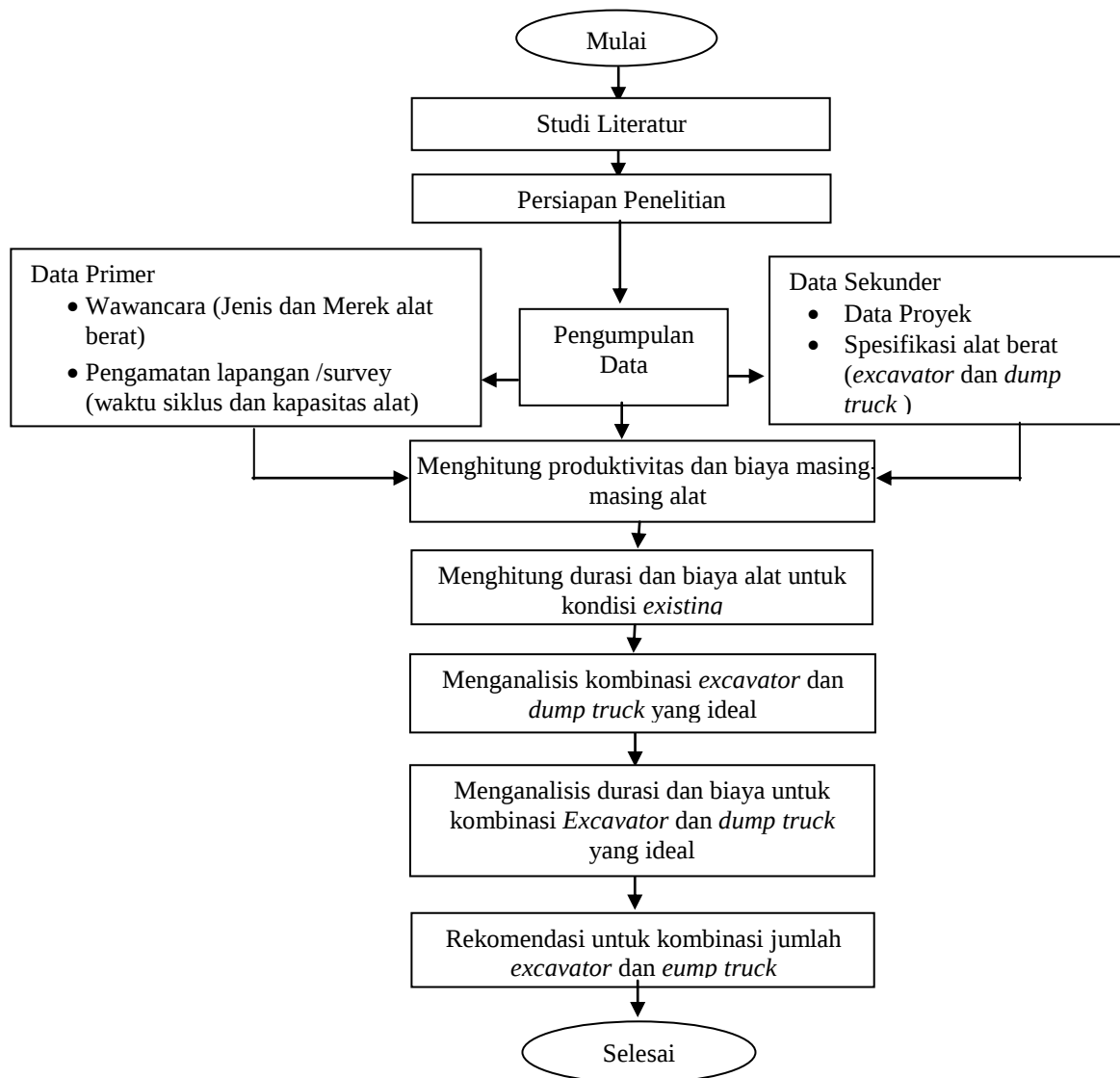
Waktu siklus (CT)	= 0,463 menit
Produktivitas	= 96,803m ³ /jam
Produksi perhari	= 677,621m ³ /hari

B. Dump Truck

1. Produktivitas *dump truck* dengan pemuatan material oleh *Excavator* Komatsu PC200:

Kapasitas <i>bucket</i> yang terisi oleh <i>excavator</i> (q)	= 6,984m ³
Waktu siklus (Cm)	= 9,661menit
Produktivitas	= 36,001m ³ /jam
Produksi perhari	= 252,007m ³ /hari

2. Produktivitas dump truck dengan pemuatan material oleh *Excavator* Kobelco SK200:
 Kapasitas *bucket* yang terisi oleh *excavator* (q) = $9,96\text{m}^3$
 Waktu siklus (Cm) = 11,148menit
 Produktivitas = $44,493\text{m}^3/\text{jam}$
 Produksi perhari = $4311,451\text{m}^3/\text{hari}$
3. Produktivitas dump truck dengan pemuatan material oleh *Excavator* Sumitomo SH210:
 Kapasitas *bucket* yang terisi oleh *excavator* (q) = $8,64\text{m}^3$
 Waktu siklus (Cm) = 10,069menit
 Produktivitas = $42,732\text{ m}^3/\text{jam}$
 Produksi perhari = $299,124\text{m}^3/\text{hari}$



Gambar 1. Bagan Alir Penelitian

4.2 Biaya Alat Berat

A. Excavator

1. Excavator Komatsu PC200

Data alat *excavator* yang digunakan adalah sebagai berikut:

- a. Jenis *excavator* : *Excavator* Komatsu PC200
- b. Tenaga mesin (Hp) : 155 HP
- c. Kapasitas *bucket* (Q_b) : $0,97\text{ M}^3$

- d. Umur ekonomis (N) : 5 tahun
- e. Jam kerja dalam per tahun (J) : 2.000 jam
- f. Harga alat (P) : Rp. 1.500.000.000,00
- g. Nilai sisa alat (S) : Rp. 150.000.000,00

Data-data lainnya yang diperlukan sebagai berikut:

- a. Tingkat suku bunga (i) : 15 %
- b. Upah operator (Uo) : Rp. 19.230,76 /jam
- c. Upah pembantu operator (Up) : Rp. 15.348,62/jam
- d. Bahan bakar bensin (Mb) : Rp. 7.850,00 /liter
- e. Bahan bakar solar (Ms) : Rp. 9.600,00 /liter
- f. Minyak pelumas (Mp) : Rp. 30.000,00 /liter

Biaya Kepemilikan Perjam

- a. Biaya Kepemilikan (E) = Rp. 212.613,00
- b. Asuransi, dll (F) = Rp. 1.500,00

Biaya Kepemilikan perjam (BKj) = Rp. 214.113,00

Biaya Operasi Perjam Kerja

- a. Bahan bakar (B) = Rp. 223.200,00
- b. Pelumas (Pl) = Rp. 69.750,00
- c. Perawatan dan perbaikan (Pp) = Rp. 20.250,00
- d. Operator (O) = Rp. 19.230,76
- e. Pembantu Operator (Po) = Rp. 15.348,62

Biaya operasi perjam (BOj) = Rp. 347.779,38

Total Biaya Alat / Jam (TB = BKj + BOj) = Rp. 561.892,38

2. Excavator Kobelco SK200

Data alat *excavator* yang digunakan adalah sebagai berikut:

- a. Jenis excavator : *Excavator Kobelco SK200*
- b. Tenaga mesin (Hp) : 157 HP
- c. Kapasitas *bucket* (Qb) : 0,80 M³
- d. Umur ekonomis (N) : 5 tahun
- e. Jam kerja per tahun (J) : 2.000 jam
- f. Harga alat (P) : Rp. 1.300.000.000,00
- g. Nilai sisa alat (S) : Rp. 130.000.000,00

Data-data lainnya yang diperlukan sebagai berikut:

- a. Tingkat suku bunga (i) : 15 %
- b. Upah operator (Uo) : Rp. 19.230,76 /jam
- c. Upah pembantu operator (Up) : Rp. 15.348,62/jam
- d. Bahan bakar bensin (Mb) : Rp. 7.850,00 /liter
- e. Bahan bakar solar (Ms) : Rp. 9.600,00 /liter
- f. Minyak pelumas (Mp) : Rp. 30.000,00 /liter

Biaya Kepemilikan Perjam

- Biaya Kepemilikan (E) = Rp. 184.265,00
- Asuransi, dll (F) = Rp. 1.300,00

Biaya Kepemilikan perjam (BKj) = Rp. 185.565,00

Biaya Operasi Perjam Kerja

- a. Bahan bakar (B) = Rp. 226.080,00
- b. Pelumas (Pl) = Rp. 70.650,00
- c. Perawatan dan perbaikan (Pp) = Rp. 17.550,00
- d. Operator (O) = Rp. 19.230,76
- e. Pembantu Operator (Po) = Rp. 15.348,62

Biaya operasi perjam (BOj) = Rp. 348.859,38

Total Biaya Alat / Jam (TB = BKj+BOj) = Rp. 534.424,38

3. Excavator Sumitomo SH210

Data alat *excavator* yang digunakan adalah sebagai berikut:

- a. Jenis excavator : *Excavator Sumitomo SH210*
- b. Tenaga mesin (Hp) : 157 HP
- c. Kapasitas *bucket* (Qb) : 0,93 M³

- d. Umur ekonomis (N) : 5 tahun
- e. Jam kerja per tahun (J) : 2.000 jam
- f. Harga alat (P) : Rp. 1.100.000.000,00
- g. Nilai Sisa Alat (S) : Rp. 110.000.000,00

Data-data lainnya yang diperlukan sebagai berikut:

- a. Tingkat suku bunga (i) : 15 %
- b. Upah operator (Uo) : Rp. 19.230,76 /jam
- c. Upah pembantu operator (Up) : Rp. 15.348,62/jam
- d. Bahan bakar bensin (Mb) : Rp. 7.850,00 /liter
- e. Bahan bakar solar (Ms) : Rp. 9.600,00 /liter
- f. Minyak pelumas (Mp) : Rp. 30.000,00 /liter

Biaya Kepemilikan Perjam

- a. Biaya Kepemilikan (E) = Rp. 155.916,00
- b. Asuransi, dll (F) = Rp. 1.100,00

Biaya Kepemilikan perjam (BKj) = Rp. 157.016,00

Biaya Operasi Perjam Kerja

- a. Bahan bakar (B) = Rp. 226.080,00
- b. Pelumas (Pl) = Rp. 70.650,00
- c. Perawatan dan perbaikan (Pp) = Rp. 14.850,00
- d. Operator (O) = Rp. 19.230,76
- e. Pembantu Operator (Po) = Rp. 15.348,62

Biaya operasi perjam (BOj) = Rp. 346.159,38

Total Biaya Alat / Jam (TB = BKj + BOj) = Rp. 503.175,38

B. Dump Truck

Data *dump truck* pada proyek adalah sebagai berikut:

- a. Jenis *dump truck* : *Dump truck* Hino 500 CC7684
- b. Tenaga mesin (Hp) : 260 HP
- c. Kapasitas bak (Qb) : 20 Ton
- d. Umur ekonomis (N) : 5 tahun
- e. Jam kerja per tahun (J) : 2.000 jam
- f. Harga alat (P) : Rp. 637.000.000,00
- g. Nilai Sisa Alat (S) : Rp. 63.700.000,00

Data-data lainnya yang diperlukan sebagai berikut:

- a. Tingkat suku bunga (i) : 15 %/tahun
- b. Upah operator (Uo) : Rp. 19.230,76 /jam
- c. Upah pembantu operator (Up) : Rp. 15.348,62/jam
- d. Bahan bakar bensin (Mb) : Rp. 7.850,00 /liter
- e. Bahan bakar solar (Ms) : Rp. 9.600,00 /liter
- f. Minyak pelumas (Mp) : Rp. 30.000,00 /liter

Biaya Kepemilikan Perjam

- a. Biaya Kepemilikan (E) = Rp. 90.290,00
- b. Asuransi, dll (F) = Rp. 637,00

Biaya Kepemilikan perjam (BKj) = Rp. 90.927,00

Biaya Operasi Perjam Kerja

- a. Bahan bakar (B) = Rp. 374.400,00
- b. Pelumas (Pl) = Rp. 117.000,00
- c. Perawatan dan perbaikan (Pp) = Rp. 8.599,50
- d. Operator (O) = Rp. 19.230,76
- e. Pembantu Operator (P) = Rp. 15.348,62

Biaya operasi perjam (BOj) = Rp. 534.578,88

Total Biaya Alat / Jam (TB = BKj + BOj) = Rp. 625.505,88

4.3 Analisis Kombinasi Jumlah Alat

Berdasarkan kondisi *existing* di lapangan, jumlah *excavator* yang digunakan adalah 7 unit (3 unit *Excavator* Komatsu PC200, 3 unit *Excavator* Kobelco SK200, dan 1 unit *Excavator* Sumitomo SH210), sementara jumlah *dump truck* ada 9 unit. Selanjutnya untuk mengetahui estimasi biaya berdasarkan kondisi *existing* penggunaan *excavator* dan *dump truck* di lapangan, dilakukan perhitungan biaya dan produktivitas

pekerjaan (produktivitas kombinasi) dengan menggunakan kombinasi masing-masing jumlah alat berat berdasarkan jumlah total alat yang ada di lapangan yaitu 7 unit *excavator* dan 9 unit *dump truck*. Hasil perhitungan estimasi biaya alat per jam untuk pekerjaan galian tanah berdasarkan kombinasi *existing* alat berat di lapangan dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Estimasi Produktivitas dan Biaya Alat Berat Berdasarkan Jumlah alat di Lapangan

No Kombinasi	Jenis Alat	Jumlah Alat	Biaya/jam (Rp)	Produktivitas Alat (m ³ /jam)	Produktivitas Kombinasi (m ³ /jam)
1	Excavator Komatsu PC200	3	Rp 1.685.677,14	312,324	144,004
	Dump Truck HINO 500 CC7684	4	Rp 2.502.023,52	144,004	
2	Excavator Kobelco SK200	3	Rp 1.603.273,14	257,586	133,479
	Dump Truck HINO 500 CC7684	3	Rp 1.876.517,64	133,479	
3	Excavator Sumitomo SH210	1	Rp 503.175,38	96,803	42,732
	Dump Truck HINO 500 CC7684	1	Rp 625.505,88	42,732	
Total			Rp 8.796.172,70		320,215

Dari dokumen kontrak proyek diketahui bahwa volume pekerjaan galian adalah 527.717,15m³, jika produktivitas pekerjaan berdasarkan kombinasi alat (Tabel 1) adalah 320,215 m³/jam, maka dengan menggunakan rumus (5), durasi pekerjaan galian tanah adalah 1648 jam, dengan estimasi biaya Rp.14.496.092.609,60.

Selanjutnya untuk mengetahui apakah kombinasi *excavator* dan *dump truck* di lapangan tepat atau tidak, dilakukan analisis kombinasi alat berdasarkan produktivitas dari masing-masing alat tersebut. Untuk menganalisis kombinasi alat, maka jumlah alat yang memiliki produktivitas terbesar dimisalkan 1 unit, sedangkan alat lain dihitung dengan membagi produktivitas terbesar dengan produktivitas alat yang lain. Dari hasil perhitungan produktivitas, diperoleh produktivitas *excavator* lebih besar dari produktivitas *dump truck*. Dimisalkan jumlah *excavator* jenis Komatsu PC200 1 unit maka perbandingan jumlah *dump truck* yang dapat digunakan untuk *excavator* jenis Komatsu PC200 tersebut yaitu sebanyak 2,892 unit. Perbandingan antara masing-masing *excavator* dengan *dump truck* dapat dilihat pada Tabel 2 berikut:

Tabel 2. Kombinasi *Excavator* dan *Dump Truck* yang Ideal

NO	JENIS ALAT	PRODUKTIVITAS (m ³ /jam)	PERBANDINGAN (unit)	
			Excavator	Dump Truck
1	Excavator Komatsu PC200	104,108	1	2,892
	Dump Truck HINO 500 CC7684	36,001		
2	Excavator Kobelco SK200	85,862	1	1,930
	Dump Truck HINO 500 CC7684	44,493		
3	Excavator Sumitomo SH210	96,803	1	2,265
	Dump Truck HINO 500 CC7684	42,732		
Rata-Rata			1	2,362

Berdasarkan Tabel 2 di atas, diperoleh bahwa rata-rata perbandingan antara *excavator* dan *dump truck* adalah 1:2,362, ini merupakan estimasi kombinasi alat yang paling ideal antara *excavator* dan *dump truck* untuk pekerjaan galian tanah pada proyek studi kasus. Sementara perbandingan *excavator* dan *dump truck* di lapangan adalah 1:1,143 (7 unit *excavator* dan 8 unit *dump truck*), ini menunjukkan bahwa kombinasi alat yang digunakan di lapangan tidak tepat. Jumlah truk yang digunakan jauh lebih sedikit dari kondisi ideal, artinya dalam pelaksanaan pekerjaan, *excavator* akan banyak menunggu atau *idle*. Selanjutnya berdasarkan kombinasi pada Tabel 2, dilakukan analisis perhitungan produktivitas dan biaya alat berat per jam sehingga diperoleh durasi dan biaya pekerjaan galian yang paling baik. Berikut perhitungannya pada Tabel 3 di bawah ini.

Tabel 3. Analisis Produktivitas dan Biaya untuk Kombinasi *Excavator* dan *Dump Truck* yang Ideal

No.	Jenis Alat	Jumlah Alat	Produktivitas/ Alat (m ³ /jam)	Produktivitas x jumlah alat (m ³ /jam) (5) = (3) x (4)	Produktivitas Kombinasi (m ³ /jam) (6)	Biaya alat per jam (7)	Biaya alat per jam x jumlah Alat (8) = (3) x (7)
1	<i>Excavator</i> Komatsu PC200	3	104,108	312,324	288,008	Rp. 561.892,38	Rp1.685.677,14
	<i>Dump Truck</i> HINO 500 CC7684	8	36,001	288,008		Rp 625.505,88	Rp5.004.047,04
2	<i>Excavator</i> Kobelco SK200	3	85,862	257,586	257,586	Rp. 534.424,38	Rp1.603.273,14
	<i>Dump Truck</i> HINO 500 CC7684	6	44,493	266,958		Rp. 625.505,88	Rp3.753.035,28
3	<i>Excavator</i> Sumitomo SH210	7	96,803	96,803	85,464	Rp. 503.175,38	Rp503.175,38
	<i>Dump Truck</i> HINO 500 CC7684	2	42,732	85,464		Rp. 625.505,88	Rp1.251.011,76
Total					631,058		Rp13.800.219,74

Durasi pekerjaan diperoleh dengan membagi volume pekerjaan (527.717,15 m³) dengan produktivitas total dari kombinasi alat pada Tabel 3 (631,058 m³/jam), sehingga diperoleh durasi pekerjaan adalah 836 jam, Durasi ini jauh lebih cepat 49% dari durasi berdasarkan kondisi *existing* kombinasi alat di lapangan. Sementara biaya pekerjaan adalah total biaya alat per jam (Rp. 13.800.219,74) dikali dengan durasi pekerjaan, sehingga biaya total pekerjaan galian tanah adalah Rp11.540.322.174,14. Nilai ini juga jauh lebih rendah 20% dari biaya berdasarkan kondisi *existing* kombinasi alat di lapangan. Hal menunjukkan bahwa jika menggunakan 7 unit excavator sebagaimana yang digunakan di lapangan, maka jumlah *dump truck* sebaiknya adalah 16 unit.

4. KESIMPULAN

Dari hasil perhitungan estimasi biaya *existing* didapatkan lama durasi pekerjaan yaitu 1.648 jam dengan total biaya Rp. 14.496.092.609,60. Setelah dilakukan analisis kombinasi ideal dengan jumlah *excavator* tetap seperti yang digunakan di lapangan yakni berjumlah 7 unit (3 unit *Excavator* Komatsu PC200, 3 unit *Excavator* Kobelco SK200, dan 1 unit *Excavator* Sumitomo SH210), dan jumlah *dump truck* ditambah dari 8 unit menjadi 16 unit. Maka diperoleh durasi pelaksanaan pekerjaan yang lebih cepat 49% dari durasi yaitu 836 jam dengan biaya yang juga lebih murah yaitu Rp. Rp11.540.322.174,14. Jadi kombinasi alat *excavator* dan *dump truck* alat tersebut menghasilkan durasi dan biaya yang jauh lebih baik.

DAFTAR PUSTAKA

- Departemen Pekerjaan Umum, 2016. *Spesifikasi Umum*. Jakarta: Diektorat Jendral Bina Marga.
- Febrianti, D., Zakia., 2018. *Analisis Produktivitas dan Waktu Penggunaan Alat Berat Excavator Pada Pekerjaan Galian Tanah*. Universitas Teuku Umar.
- Peurify, R.L. & Oberlender, G.D. 2005. *Estimating Construction Cost, 5th Ed.* McGraw Hill, New York.
- Rostiyanti, S.F. 2002. *Alat Berat Untuk Proyek Konstruksi*. Jakarta: Rineka Cipta.
- Wilopo, Djoko. 2009. *Metode Konstruksi Dan Alat-Alat Berat*. Universitas Indonesia (UI-Press), Jakarta.