

OPTIMASI KOMBINASI ALAT BERAT PADA PROYEK PEMBANGUNAN GEDUNG RSUD SANJIWANI GIANYAR

I Ketut Ariadi¹, Anak Agung Gde Agung Yana², A. A. Diah Parami Dewi³

¹Program Studi Magister Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Udayana,
Email: riadimix@gmail.com

²Program Studi Magister Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Udayana,
Email: agungyana@unud.ac.id

³Program Studi Magister Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Udayana,
Email: : diahparami@civil.unud.ac.id

ABSTRAK

Peralatan konstruksi khususnya alat berat merupakan sumber daya penting pada pelaksanaan proyek konstruksi. Alat berat dapat mengefisienkan jumlah tenaga kerja serta penyelesaian proyek bias lebih cepat. Dalam pemilihan alat berat harus sesuai dengan pekerjaan saat pelaksanaan konstruksi, serta harus dipertimbangkan efisiensi alat tersebut. Proyek Pembangunan RSUD Sanjiwani Kabupaten Gianyar merupakan proyek konstruksi yang membutuhkan alat berat, sehingga proyek ini perlu manajemen dalam efisiensi waktu dan biaya penggunaan alat berat. Tujuan penelitian ini adalah untuk menganalisis kombinasi alat berat yang paling optimum dari segi waktu dan biaya pada pekerjaan galian maupun timbunan tanah, sehingga kerugian akibat keterlambatan proyek dapat dihindari. Metode yang digunakan pada penelitian ini yaitu perhitungan kapasitas produksi dan efisiensi biaya pada masing-masing alat berat. Hasil analisis menunjukkan bahwa kombinasi alat berat yang efektif untuk pekerjaan galian sebesar 9.153,89 m³ dan timbunan sebesar 456,80 m³ yaitu kombinasi antara 2 unit *Excavator* Komatsu PC200-8, 3 unit *Wheel Loader* Komatsu WA200-1, dan 11 unit *Dump Truck* Hino Dutro kapasitas 9 m³. Pekerjaan tersebut dapat terselesaikan keseluruhan dengan waktu 185 jam yang berbiaya keseluruhan sebesar Rp. 162.363.500,00. Penggunaan kombinasi ini dapat mempercepat waktu selama 95 jam (33,93%) dan menghemat biaya sebesar Rp. 47.468.500,00 (22,62%) terhadap kondisi *existing*.

Kata kunci: *produktivitas, alat berat, excavator, wheel loader, dump truck*

OPTIMIZATION OF HEAVY EQUIPMENT COMBINATIONS IN THE SANJIWANI GIANYAR REGIONAL HOSPITAL BUILDING PROJECT

ABSTRACT

Construction equipment, especially heavy equipment, is one of the important resources in the implementation of construction projects. Heavy equipment can streamline the number of workers and the completion of projects can be faster. The selection of heavy equipment must be in accordance with the work during construction, and the efficiency of the equipment must be considered. The construction project of the Sanjiwani Hospital, Gianyar Regency is a construction project that requires heavy equipment, so this project needs management in terms of time and cost efficiency of using heavy equipment. The purpose of this study was to analyze the most optimum combination of heavy equipment in terms of time and cost in excavation and soil embankment work, so that losses due to project delays can be avoided. The method used in this research is the calculation of production capacity and cost efficiency on each heavy equipment. The results of the analysis show that the effective combination of heavy equipment for excavation work is 9,153.89 m³ and embankment is 456.80 m³, namely a combination of 2 Komatsu PC200-8 Excavator, 3 Komatsu WA200-1 Wheel Loaders, and 11 Hino Dutro Dump Trucks capacity 9 m³. The work can be completed in 185 hours at a total cost of IDR 162,363,500.00. The use of this combination can speed up the time by 95 hours (33.93%) and can save costs of IDR 47,468,500.00 (22.62%) of the existing condition.

Keywords: *productivity, heavy equipment, excavator, wheel loader, dump truck*

1 PENDAHULUAN

Peralatan konstruksi khususnya alat berat merupakan sumber daya penting pada saat pelaksanaan kegiatan proyek konstruksi (Smith, 2009). Alat berat dapat digunakan untuk berbagai jenis aktivitas seperti pertambangan, proyek gedung tinggi, proyek jembatan, pekerjaan jalan, maupun pekerjaan besar lainnya (Wigroho et al, 1998). Alasan digunakan alat berat yaitu untuk menghemat jumlah tenaga kerja dan penyelesaian pekerjaan bias menjadi lebih cepat (Rostiyanti, 2002). Perlu diperhatikan tipe alat berat agar sesuai dengan pekerjaan konstruksi, serta harus dipertimbangkan efisiensi dan produktivitasnya (Rasyid, 2008). Apabila penggunaan peralatan konstruksi dipilih, dioperasikan, dipelihara dengan baik dan dipergunakan secara efisien, maka akan tercapainya kegiatan proyek yang sesuai dengan *Time Schedule* rencana dan penggunaan biaya yang tepat (Kulo et al, 2017).

Proyek Pembangunan RSUD Sanjiwani Kabupaten Gianyar adalah merupakan proyek konstruksi gedung yang membutuhkan alat berat, sehingga proyek ini perlu manajemen dalam efisiensi waktu dan biaya penggunaan alat berat. Tujuan penggunaan alat berat ini yaitu untuk mengefisienkan jumlah tenaga kerja serta penyelesaian pekerjaan dapat lebih cepat, namun penggunaan alat berat juga dapat mengakibatkan kerugian seperti pemborosan biaya yang signifikan karena pemilihan alat tersebut tidak tepat (Peurifoy, 1996). Kombinasi alat berat merupakan metodologi untuk menentukan kebutuhan atau jumlah alat berat yang ingin digunakan dan menghitung biaya maupun waktu dari setiap kombinasi alat berat tersebut (Indriatma, 2005). Maka dari itu perlu dilakukan analisis mengenai efisiensi dan produktivitas alat berat untuk pekerjaan galian dan timbunan pada Proyek Pembangunan RSUD Sanjiwani Kabupaten Gianyar, Provinsi Bali untuk mendapatkan kombinasi alat berat dengan produktivitas optimum baik dari segi waktu maupun biaya, sehingga keterlambatan dan kerugian proyek dapat dikurangi ataupun dihindari.

2 ALAT BERAT

Alat berat merupakan peralatan mesin berdesain besar yang berguna untuk melaksanakan fungsi-fungsi kegiatan konstruksi seperti pengerjaan galian tanah, konstruksi gedung, konstruksi jalan, dan pertambangan (Caterpillar, 2004). Keuntungan-keuntungan yang diperoleh dalam menggunakan alat berat antara lain (Wilopo, 2009): 1. Waktu pekerjaan lebih cepat, 2. Tenaga besar, 3. Ekonomis, 4. Mutu hasil kerja yang lebih baik. Terdapat factor-faktor yang perlu diperhatikan terkait pemilihan alat berat, sehingga tidak terjadi kesalahan dalam pemilihan alat berat tersebut, antara lain (Rostiyanti, 2002): Fungsi yang harus dilaksanakan, cara operasi, kapasitas peralatan, lokasi proyek, jenis proyek, kontur tanah, pembatasan dari metode kerja yang dipakai, serta volume pekerjaan yang harus diselesaikan sesuai *Time Schedule* rencana.

2.1 Jenis-jenis Alat Berat, Fungsi dan Cara Kerjanya

2.1.1 Excavator

Excavator merupakan alat berat yang terdiri dari lengan (*arm*), bahu (*boom*) serta alat keruk (*bucket*) dan digerakkan oleh tenaga hidrolik yang dimotori dengan mesin diesel dan berada di atas roda rantai (Saputra, 2017). Komponen-komponen utama dari *Excavator*, yaitu: Komponen atas bisa berputar = *revolving* unit, Komponen bawah berguna untuk berjalan = *travel* unit, Komponen *attachment* yang dapat dimodifikasi. Fungsi alat berat *excavator* adalah untuk pekerjaan penggalian tanah dan sebagai alat pemuat bagi *dump truck* (Rochmanhadi, 1982).

2.1.2 Wheel Loader

Wheel loader adalah alat berat yang berguna membawa muatan ke alat angkut dengan bantuan *bucket*. Gerakan *bucket* tersebut yaitu menurunkan sampai di atas elevasi tanah, kemudian bergerak ke depan untuk memuat, lalu mengayunkan *bucket*, serta memindahkan maupun membuang muatan (Wahyudin, 2017). Terdapat metode-metode pemuatan antara lain: 1. *V-loading*, yaitu metode pemuatan dengan lintasan berbentuk huruf V, 2. \perp *loading*, yaitu posisi *dump truck* berada di belakang *loader*, selanjutnya melintas berbentuk garis tegak lurus, 3. *Cross-loading*, yaitu metode pemuatan dengan *dump truck* berperan aktif bergerak, 4. *Overhead-loading*, yaitu *bucket* pada *loader* bergerak melintas di atas kabin operator (Santoso, 2013).

2.1.3 Dump Truck

Dump truck merupakan alat angkut jarak jauh dari titik A ke titik B yang melintasi jalan datar, turunan maupun tanjakan. Keterampilan operator diperlukan untuk mengemudikan *dump truck* di lintasan yang sulit. Operator memiliki peranan penting saat memposisikan *dump truck* saat waktu muat, karena alat pengangkutan dan penggalian ditentukan saat pekerjaan pemuatan berlangsung (Direktorat Jendral Bina Marga, 1995).

2.2 Efisiensi Kerja

Produktivitas per jam suatu alat berat harus dikaji yaitu produktivitas dari standar alat berat saat kondisi tepat dikalikan nilai/faktor efisiensi kerja. Besaran nilai-nilai efisiensi kerja ditentukan atas dasar pengalaman yang mendekati kenyataan sesuai dengan kondisi asli di lapangan. Sebagai pendekatan dapat digunakan nilai efisiensi kerja pada Tabel 1 (Rochmanhadi, 1982).

Tabel 1. Nilai Efisiensi Kerja

KONDISI OPERASI ALAT BERAT	PEMELIHARAAN MESIN				
	Sangat Baik	Baik	Sedang	Buruk	Sangat Buruk
Baik Sekali	0,83	0,81	0,76	0,7	0,63
Baik	0,78	0,75	0,71	0,65	0,6
Sedang	0,72	0,69	0,65	0,6	0,54
Buruk	0,63	0,61	0,57	0,52	0,45
Buruk Sekali	0,52	0,5	0,47	0,42	0,32

2.3 Kapasitas Produksi Alat Berat

2.3.1 Kapasitas Produksi Excavator

Produksi *excavator* dapat dihitung dengan persamaan berikut (Rochmanhadi, 1982):

$$Q = q \times N \times E = q \times (60 / C_m) \times E \tag{1}$$

Dimana:

- Q = Produksi per jam (m³/jam)
- q = Produksi per siklus (m³)
- N = Jumlah siklus per jam, N = 60/C_m
- E = Efisiensi kerja
- C_m = Waktu siklus dalam menit
(C_m = Waktu galii + waktu memutar x 2 + waktu membuang)

Untuk kapasitas dari *bucket excavator* diperhitungkan menggunakan rumus berikut (Rochmanhadi, 1982):

$$q = q' \times K \tag{2}$$

Dimana:

- q' = Kapasitas penuh yang terlihat pada spesifikasi alat
- K = Besarnya nilai/factor dari *bucket* tergantung pada jenis/tipe serta kondisi tanah
(pemuatan ringan = 1:0,8 ; sedang = 0,8:0,6 ; agak sulit = 0,6:0,5 ; sulit = 0,5:0,4)

2.3.2 Kapasitas Produksi Wheel Loader

Produksi *wheel loader* dapat dihitung menggunakan persamaan yang sama dengan produksi *excavator*. Untuk perhitungan waktu siklus dari *wheel loader* untuk proses menggeser, ganti porsenelling dan saat mundur dapat dirumuskan dengan persamaan (Rochmanhadi, 1982):

a. Pada permukaan melintang

$$C_m = \frac{D}{F} + \frac{D}{R} + Z \tag{3}$$

b. Pada permukaan bentuk V

$$C_m = 2 \times \frac{D}{F} + 2 \times \frac{D}{R} + Z \tag{4}$$

c. Pada muat-angkut

$$C_m = 2 \times \frac{D}{F} + Z \tag{5}$$

Dimana:

- D = Jarak angkut (m)
- F = Kecepatan maju (m/menit)
- R = Kecepatan mundur (m/menit)
- Z = Waktu tetap (menit)
- *waktu tetap untuk mesin gerak langsung muat bentuk V = 0,25 ; muat melintang = 0,35
- *waktu tetap untuk mesin gerak hidrolis muat bentuk V = 0,20 ; muat melintang = 0,30
- *waktu tetap untuk mesin gerak *lordflow* muat bentuk V = 0,20 ; muat melintang = 0,30 ; muat dan angkut = 0,35

2.3.3 Kapasitas Produksi Dump Truck

Produksi suatu *dump truck* dapat diperhitungkan dengan rumus berikut (Rochmanhadi, 1987):

$$Q = \frac{C \times 60 \times E}{C_m} \quad (6)$$

Dimana:

- Q = Produksi per jam (m³/jam)
- C = Daya tampung rata-rata alat *dump truck* (m³)
- E = Efisiensi kerja
- C_m = Waktu siklus dalam satuan menit

Untuk perhitungan waktu siklus diperhitungkan menggunakan rumus berikut (Rochmanhadi, 1987):

$$C_m = n \times C_{ms} + \frac{D}{V} + \frac{D}{V} + t_1 + t_2 \quad (7)$$

$$n = \frac{C}{q' \times k} \quad (8)$$

Dimana:

- n = jumlah siklus yang diperlukan alat pemuat untuk memuat ke truck
- C = daya tampung rata-rata alat *dump truck* (m³)
- q' = daya tampung *bucket* alat pemuat (m³)
- k = nilai/faktor suatu *bucket* alat pemuat
- C_{ms} = waktu siklus alat pemuat (menit)
- D = jarak mengangkat pada *dump truck* (m)
- V₁ = kecepatan rata-rata *dump truck* bermuatan (m/menit)
- V₂ = kecepatan rata-rata *dump truck* kosong (m/menit)
- t₁ = waktu buang, standby sampai pembuangan mulai (menit)
- t₂ = waktu untuk posisi pengisian dan pemuatan mulai mengisi (menit)

2.4 Biaya Alat Berat

Metode untuk menghitung harga suatu pekerjaan meliputi biaya-biaya yang terkait atau biaya yang memengaruhi pekerjaan itu sendiri, yaitu: 1. Biaya kepemilikan alat yang harus diperhatikan selama alat yang bersangkutan dioperasikan, apabila alat tersebut milik sendiri; 2. Biaya Penyewaan alat dengan ketentuan-ketentuan yang dikeluarkan Departemen Pekerjaan Umum; 3. Jam operasional atau waktu bekerja alat berat yang ditetapkan selama 8 jam/hari dengan upah kerja sebesar upah kerja normal ataupun kerja lembur.

3 METODE

Proses pertama dalam penelitian yaitu melakukan studi literatur baik melalui buku, jurnal, maupun internet yang bertujuan untuk mengetahui informasi tentang teori yang berkaitan dengan pokok permasalahan. Kemudian dilakukan pengumpulan data-data proyek yang didapat langsung dari dokumen proyek berupa data sekunder yang meliputi gambar kerja, volume pekerjaan galian dan timbunan, harga satuan pekerjaan, serta melihat langsung kondisi asli di lapangan terkait penggunaan alat berat. Selanjutnya dilakukan pengolahan data dan analisis dari dokumen proyek tersebut yang berupa perhitungan produktivitas alat berat, biaya operasional alat berat, serta menemukan kombinasi alat berat yang efektif dan efisien pada pekerjaan galian dan timbunan tanah. Setelah mendapatkan hasil analisis data proyek, maka dapat ditarik kesimpulan.

4 HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Tinjauan Umum Proyek

Data volume galian beserta timbunan tanah didapatkan dari perhitungan RAB Konsultan Perencana berdasarkan hasil data pengukuran dan peninjauan kondisi site di lapangan. Volume galian adalah total pekerjaan galian basement hingga galian pile cap dan galian pondasi menerus yaitu sebesar 9.153,89 m³. Pada area untuk pondasi gedung digali dengan bantuan *excavator*. Tanah hasil galian itu dihimpun di *stockpile* dekat dengan daerah galian. Selanjutnya tanah hasil galian yang tidak terpakai akan diangkut menggunakan *dump truck* ke tempat pembuangan tanah (*quarry*). Dalam memuat tanah ke *dump truck* diperlukan *excavator* maupun *wheel loader*, jarak yang diperlukan untuk membuang tanah dari *stockpile* (tanah sisa) menuju *quarry* yaitu sekitar 7 kilometer. Setelah tiba *Quarry*, lalu tanah dihamparkan. Untuk pekerjaan timbunan diambil dari tanah yang dihimpun di *stockpile* dengan bantuan *wheel loader* untuk menimbun. Pada lubang galian yang sudah disiapkan terlebih dahulu, seluruh pondasi pada gedung dikerjakan sampai selesai di cor, kemudian celah-celah pada sisa galian pondasi tersebut akan ditimbun tanah kembali.

4.2 *Jenis Alat Berat yang Digunakan*

Pemilihan kombinasi alat berat yang dianalisis pada penelitian ini diharapkan bisa mengoptimasi pekerjaan baik dari segi waktu maupun biaya. Berikut merupakan jenis alat berat sebagai dasar perhitungan kombinasi pada Proyek Pembangunan RSUD Sanjiwani Kabupaten Gianyar yaitu: 1. Excavator Komatsu PC200-8 dengan kapasitas 0,8 m³ Tahun 2016, 2. Wheel Loader Komatsu WA200 dengan kapasitas 2 m³ Tahun 2014, 3. Dump Truck Hino Dutro dengan kapasitas 9 m³ Tahun 2016.

4.3 *Perhitungan Kapasitas Produksi Alat Berat*

Produktivitas *excavator* untuk pekerjaan menggali didapat sebesar 62,74 m³/jam, sedangkan produktivitas untuk pekerjaan memindahkan tanah ke *dump truck* didapat sebesar 75,82 m³/jam. Pada produktivitas *wheel loader* untuk pekerjaan timbunan didapat sebesar 40,15 m³/jam, sedangkan produktivitas untuk pekerjaan memindahkan tanah ke *dump truck* didapat sebesar 87,61 m³/jam. Pada produktivitas *dump truck* yang dimuatkan oleh *wheel loader* adalah sebesar 16,08 m³/jam, sedangkan yang dimuat oleh *excavator* adalah sebesar 15,63 m³/jam.

4.4 *Perhitungan Biaya Sewa Alat*

Dari hasil survey pada perusahaan yang menyewakan alat berat di wilayah Bali didapat harga sewa alat *excavator* sebesar Rp.180.000,00/jam, bahan bakar sebesar Rp.136.000,00/jam, operator sebesar Rp.25.000,00/jam, sehingga harga sewa total untuk 1 unit *excavator* adalah sebesar Rp.341.000,00/jam. Untuk harga sewa alat *wheel loader* yaitu Rp.200.000,00/jam, bahan bakar sebesar Rp.170.000,00/jam, operator sebesar Rp.25.000,00/jam, sehingga harga sewa total untuk 1 unit *wheel loader* adalah sebesar Rp.395.000,00/jam. Kemudian harga sewa *dump truck* yaitu Rp.400.000,00/hari atau Rp.50.000/jam, biaya bahan bakar sebesar Rp.68.000,00/jam, biaya operator sebesar Rp.6.250,00/jam, sehingga harga sewa total untuk 1 unit *dump truck* adalah sebesar Rp.124.250,00/jam.

4.5 *Perhitungan Analisis Alternatif Kombinasi Alat Berat*

4.5.1 *Kondisi Asli di Lapangan*

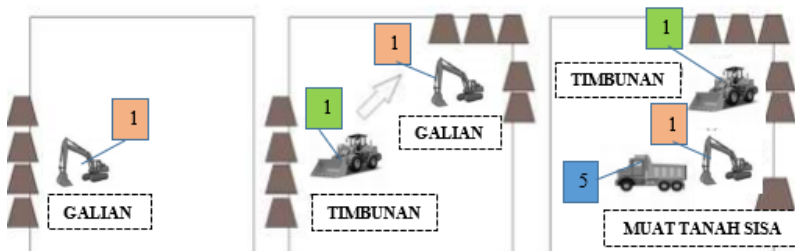
Pada proyek pembangunan RSUD Sanjiwani Gianyar sesuai dengan kondisi asli di *existing*, tugas dari *excavator* hanya untuk menggali tanah asli dalam pembuatan basement beserta pondasinya, kemudian tanah tersebut dikumpulkan di *stockpile* dekat lokasi galian tanah dengan besar volume tanah 7.937,87 m³. Setelah seluruh pekerjaan pondasi gedung selesai dipasang, maka selanjutnya tanah bisa diratakan. Tanah hasil galian diangkut dari *stockpile* dengan bantuan alat *wheel loader* kemudian menimbunnya pada pondasi yang sudah selesai dipasang dengan volume sebesar 326,94 m³. Kemudian tanah sisa dari hasil galian akan dipindahkan dengan bantuan *dump truck*. Maka didapatkan hasil seperti pada Tabel 2.

Tabel 2. Hasil Perhitungan Alat Berat Pada Kondisi *Existing*

Jenis Alat	Kode	Jumlah Alat	Durasi (Jam)	Biaya (Rp)	Keterangan
<i>Excavator</i>	EX	2	112,00	76.384.000,00	Gali dan Muat
<i>Wheel loader</i>	WL	1	56,00	22.120.000,00	Timbun
<i>Dump truck</i>	DT	8	112,00	111.328.000,00	
Total			280,00	209.832.000,00	

4.5.2 *Analisis Alternatif 1*

Pada alternatif 1 diperoleh kombinasi alat berat seperti skema pada Gambar 1.



Gambar 1. Skema Kombinasi Alat Berat pada Alternatif 1

Pada Gambar 1. dijelaskan kombinasi antara 1 unit *excavator* (EX) untuk menggali dan memuat tanah ke *dump truck*, 1 unit *wheel loader* (WL) untuk menimbun tanah, dan 5 unit *dump truck* (DT) untuk membuang tanah sisa ke *quarry*. Hasil perhitungan kombinasi alat berat alternatif 1 dapat dilihat pada Tabel 3.

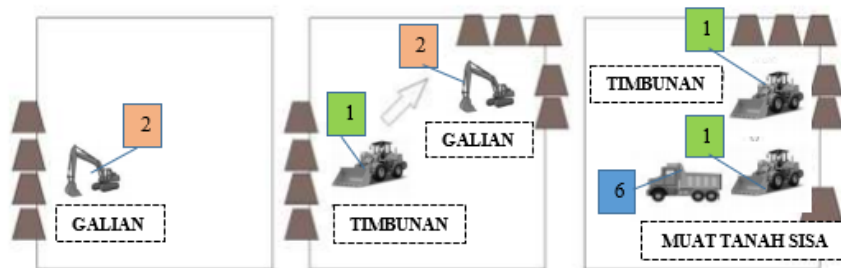
Tabel 3. Hasil Perhitungan Analisis pada Alternatif 1

Jenis Alat	Kode	Jumlah Alat	Durasi (Jam)	Biaya (Rp)	Keterangan
<i>Excavator</i>	EX	1	261,00	89.001.000,00	Gali dan Muat
<i>Wheel loader</i>	WL	1	12,00	4.740.000,00	Timbun
<i>Dump truck</i>	DT	5	115,00	71.443.750,00	
Total			388,00	165.184.750,00	

Pada Tabel 3. dapat dilihat bahwa pada alternatif 1 untuk pekerjaan tanah dapat terselesaikan semua dengan waktu 388 jam dan memerlukan biaya sebesar Rp.165.184.750,00. Jika dibandingkan dengan keadaan *existing* maka akan terjadinya kenaikan waktu kerja alat sebesar 108 jam atau 38,57% (lebih lambat), namun terjadi penurunan pada biaya yaitu sebesar Rp.44.647.250,00 atau 21,28% (lebih murah).

4.5.3 Analisis Alternatif 2

Pada alternatif 2 diperoleh kombinasi alat berat seperti skema pada Gambar 2.



Gambar 2. Skema Kombinasi Alat Berat pada Alternatif 2

Pada Gambar 2. dijelaskan kombinasi antara 2 unit *excavator* (EX) untuk menggali tanah, 1 unit *wheel loader* (WL) untuk menimbun dan memuat tanah ke *dump truck*, dan 6 unit *dump truck* (DT) untuk membuang tanah sisa ke *quarry*. Hasil perhitungan kombinasi alat berat alternatif 2 dilihat pada Tabel 4.

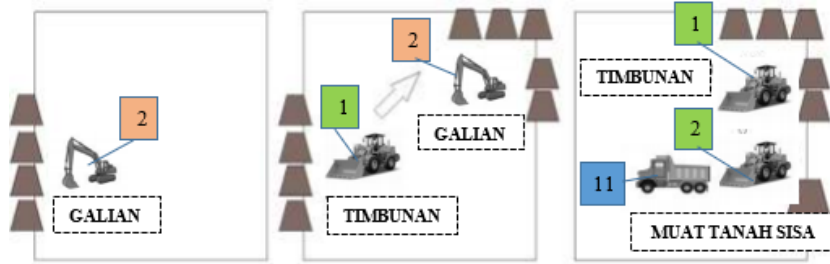
Tabel 4. Hasil Perhitungan Analisis pada Alternatif 2

Jenis Alat	Kode	Jumlah Alat	Durasi (Jam)	Biaya (Rp)	Keterangan
<i>Excavator</i>	EX	2	73,00	49.786.000,00	Gali
<i>Wheel loader</i>	WL	1	112,00	44.240.000,00	Timbun dan Muat
<i>Dump truck</i>	DT	6	100,00	74.550.000,00	
Total			285,00	168.576.000,00	

Pada Tabel 4. dapat dilihat bahwa pada alternatif 2 untuk pekerjaan tanah dapat terselesaikan semua dengan waktu 285 jam dan memerlukan biaya sebesar Rp. 168.576.000,00. Jika dibandingkan dengan keadaan *existing* maka akan terjadi penambahannya waktu kerja alat sebesar 5 jam atau 1,79% (lebih lambat), tetapi terjadi penurunan pada biaya yaitu sebesar Rp.41.256.000,00 atau 19,66% (lebih murah).

4.5.4 Analisis Alternatif 3

Pada alternatif 3 diperoleh kombinasi alat berat seperti skema pada Gambar 3.



Gambar 3. Skema Kombinasi Alat Berat pada Alternatif 3

Pada Gambar 3. dijelaskan kombinasi antara 2 unit *excavator* (EX) untuk menggali tanah, 1 unit *wheel loader* (WL) untuk menimbun tanah dan 2 unit *wheel loader* (WL) memuat tanah ke *dump truck*, dan 11 unit *dump truck* (DT) untuk membuang tanah sisa ke *quarry*. Hasil perhitungan kombinasi alat berat alternatif 3 dapat dilihat pada Tabel 5.

Tabel 5. Hasil Perhitungan Analisis pada Alternatif 3

Jenis Alat	Kode	Jumlah Alat	Durasi (Jam)	Biaya (Rp)	Keterangan
<i>Excavator</i>	EX	2	73,00	49.786.000,00	Gali
<i>Wheel loader</i>	WL	1	12,00	4.740.000,00	Timbun
<i>Wheel loader</i>	WL	2	50,00	39.500.000,00	Muat
<i>Dump truck</i>	DT	11	50,00	68.337.500,00	
Total			185,00	162.363.500,00	

Pada Tabel 5. dapat dilihat bahwa pada alternatif 3 untuk pekerjaan tanah dapat terselesaikan semua dengan waktu 185 jam dan memerlukan biaya sebesar Rp. 162.363.500,00. Jika dibandingkan keadaan *existing* maka akan mengalami pengurangan durasi kerja alat sebesar 95 jam atau 33,93% (lebih cepat) dan menghasilkan biaya yang relatif lebih kecil mencapai Rp.47.468.500,00 atau sebesar 19,66% (lebih murah).

4.6 Hasil Rekapitulasi Perbandingan Alat Berat

Hasil perbandingan alat berat antara masing-masing alternatif terhadap kondisi *existing* dari segi biaya dan waktu dapat dilihat pada Tabel 6.

Tabel 6. Hasil Perbandingan Masing-masing Alternatif Alat Berat Terhadap Kondisi *Existing*

	EXISTING	ALTERNATIF 1	ALTERNATIF 2	ALTERNATIF 3
Biaya (Rp)		-Rp 44.647.250	-Rp 41.256.000	-Rp 47.468.500
Biaya (%)		-21,28%	-19,66%	-22,62%
Waktu (Jam)		108,00	5,00	-95,00
Waktu (%)		38,57%	1,79%	-33,93%

Keterangan:

- (-) Pekerjaan berbiaya lebih murah dan waktu lebih cepat
- (+) Pekerjaan berbiaya lebih mahal dan waktu lebih lambat

Pada Tabel 6. didapat hasil bahwa alternatif 3 dengan kombinasi alat yaitu 2 unit *Excavator* Komatsu PC200-8, 3 unit *Wheel Loader* Komatsu WA200-1, dan 11 unit *Dump Truck* Hino Dutro daya tampung 9 m³, alternatif tersebut memiliki selisih biaya dan waktu paling kecil terhadap kondisi *existing*. Pada selisih biaya sebesar Rp. 47.468.500,00 (22,62%) dan selisih untuk waktu pengerjaan selama 95 jam (33,93%).

Pada alternatif 3, tugas dari 2 unit *Excavator* adalah untuk pekerjaan penggalian tanah sebesar 9.153,89 m³, sedangkan pekerjaan timbunan tanah sebesar 456,80 m³ dilakukan dengan 1 unit *Wheel Loader*, dan untuk melakukan pemindahan tanah sisa sebesar 8.697,10 m³ ke *quarry* dengan jarak 7 km dilakukan oleh 11 unit *Dump Truck* dengan proses pemuatan dipergunakan 2 unit *Wheel Loader*. Maka disimpulkan bahwa alternatif 3 dapat direkomendasikan untuk melakukan kegiatan pekerjaan pemindahan tanah pada proyek pembangunan RSUD Sanjiwani Gianyar.

5 KESIMPULAN

Berdasarkan hasil dan pembahasan yang telah dilakukan, maka diperoleh simpulan sebagai berikut:

1. Kombinasi alat berat yang efektif untuk pekerjaan galian tanah dan timbunan tanah pada Proyek Pembangunan RSUD Sanjiwani Kabupaten Gianyar yaitu kombinasi alternatif 3 yang terdiri dari 2 unit *Excavator* Komatsu PC200-8, 3 unit *Wheel Loader* Komatsu WA200-1, dan 11 unit *Dump Truck* Hino Dutro kapasitas 9 m³.
2. Pekerjaan galian dan timbunan dapat terselesaikan keseluruhan dengan waktu 185 jam dan biaya total yang diperlukan sebesar Rp. 162.363.500,00. Penggunaan alternatif 3 dapat mempercepat waktu selama 95 jam (33,93%) dan mampu menghemat biaya sebesar Rp. 47.468.500,00 (22,62%) terhadap kondisi *existing*.

Adapun saran untuk penelitian berikutnya diharapkan dapat menggunakan alternatif lain dengan kapasitas produksi alat berat yang bervariasi, sehingga akan menghasilkan waktu maupun biaya yang lebih optimum. Sebaiknya memperhatikan jalur lintasan jalan yang ditempuh oleh *dump truck* terkait pemindahan tanah sisa ke *quarry* supaya jumlah unit *dump truck* yang dianalisis dapat melintasi jalan tersebut.

DAFTAR PUSTAKA

- Caterpillar Performance Handbook. Edition 35. 2004. Caterpillar Inc, Peoria Illinois, USA.
- Direktorat Jendral Bina Marga. 1995. Panduan Analisis harga Satuan No. 028/T/BM/1995, Direktorat Jendral Bina Marga Departemen Pekerjaan Umum. Jakarta.
- Indriatma, B dan Prastyanto, I. 2005. Analisis Manajemen Alat Berat Pada Pekerjaan Persiapan Proyek Stadion Sleman, Tugas Akhir S1 Jurusan Teknik Sipil Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta.
- Kulo, E.N., Waani, J.E., Kaseke, O.H. 2017. Analisa Produktivitas Alat Berat Untuk Pekerjaan Pembangunan Jalan. *Jurnal Sipil Statik* Vol.5 No.7 September 2017 (465-474) ISSN: 2337-6732.
- Peurifoy, J., Ledbetter, W.B., Schexnayder, C.J. 1996. *Construction Planning, Equipment and Methods*, 5th Edition. New York: Mc Graw-Hill.
- Rasyid, R. 2008. Analisis Produktivitas Alat-Alat Berat Proyek, Tugas Akhir S1 Jurusan Teknik Sipil Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta.
- Rochmanhadi. 1982. Kapasitas dan Produksi Alat-Alat Berat. Departemen Pekerjaan Umum. Jakarta.
- Rochmanhadi. 1987. Alat-alat Berat dan Penggunaannya. Jakarta. Departemen Pekerjaan Umum.
- Rostiyanti, S.F. 2002. Alat Berat Untuk Proyek Konstruksi. Rineka Cipta. Jakarta.
- Santoso, R. 2013. Analisis Manajemen Alat Berat Berdasarkan Nilai Biaya dan Waktu Optimal Produktivitas, Tugas Akhir S1 Jurusan Teknik Sipil Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta.
- Saputra, H. 2017. Dokumentasi Excavator Caterpillar 304E, Samarinda dan Dokumentasi Dump Truck kapasitas Bak 7m³, Samarinda. Suryadharma, (1998), Sifat-Sifat Beberapa Macam Tanah, Yogyakarta.
- Smith, R. C. 2009. *Principles and Practices Of Heavy Construction* Third Edition.,1986. Englewood, New Jersey Wedhanto, Sony.
- Wahyudin, F. 2017. Analisis Pemilihan Kombinasi Alat Berat Pada Pekerjaan Pemindahan Tanah Proyek Pembangunan Rumah Sakit UII, Tugas Akhir S1 Jurusan Teknik Sipil Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta.
- Wigroho, H.Y dan Suryadharma, H. 1998. Alat-Alat Berat Revisi, Universitas Atma Jaya Yogyakarta, Yogyakarta.
- Wilopo, D. 2009. *Motode Konstruksi Dan Alat-Alat Berat*. UI- Press. Jakarta.