

## OPTIMASI ALAT BERAT PEKERJAAN GALIAN AND TIMBUNAN PEMBANGUNAN JALAN TOL PASURUAN – PROBOLINGGO SEKSI 4 (STA. 32+150 – STA. 37+150)

**Danny Riotama Putra<sup>1</sup>, Indah Ria Riskiyah<sup>2</sup>, Fadjar Purnomo<sup>3</sup>**

Mahasiswa Jurusan Teknik Sipil Politeknik Negeri Malang<sup>1</sup>, Dosen Jurusan Teknik Sipil Politeknik Negeri Malang<sup>2</sup>, Dosen Jurusan Teknik Sipil Politeknik Negeri Malang<sup>3</sup>

Email: [dannyriotama123@gmail.com](mailto:dannyriotama123@gmail.com)<sup>1</sup>, [indahria@polinema.ac.id](mailto:indahria@polinema.ac.id)<sup>2</sup>, [fadjar.purnomo@polinema.ac.id](mailto:fadjar.purnomo@polinema.ac.id)<sup>3</sup>

### ABSTRAK

Pembangunan Jalan Tol Pasuruan-Probolinggo Seksi 4 yang merupakan salah satu proyek nasional yang dikerjakan oleh PT. Waskita Karya (Persero), Tbk. yang bertujuan untuk memajukan sektor ekonomi dan industri serta rencana jangka panjang pemerintah untuk memajukan infrastruktur jalan tol Trans Jawa. Pekerjaan *cut* and *fill* harus diperhatikan dengan seksama karena menggunakan banyak alat berat. Disebabkan kapasitas yang berbeda-beda maka alat yang digunakan dipilih dengan hati-hati untuk memaksimalkan penggunaan dan meminimalkan biaya sewa. Data tersebut berupa bentang proyek sepanjang 5 km yang terdiri dari pekerjaan *cut* 1.163.116,822 m<sup>3</sup> dan pekerjaan *fill* 46.859,675 m<sup>3</sup>. Langkah pertama mengidentifikasi jenis pekerjaan dan volume pekerjaan yang dilakukan untuk menentukan alat berat yang layak digunakan dan jumlahnya. Selanjutnya untuk Langkah kedua adalah menentukan variabel keputusan, fungsi tujuan, dan fungsi kendala, kemudian memasukkannya ke dalam *Dynamic Programming*. Analisis menghasilkan 8 alternatif untuk masing-masing pekerjaan *cut* dan pekerjaan *fill*. Dari hasil analisa biaya paling optimum untuk pekerjaan *cut* terdapat pada kombinasi 1 yang berupa kombinasi dari (EXC 1 - DT 1 - BD 1) dengan total biaya sebesar Rp.604.830.363,24 sedangkan pekerjaan *fill* terdapat pada kombinasi 2 yang berupa kombinasi dari (EXC 1 - DT 2 - BD 1 - VR 1 - PR 1 - MG 1 - WTT 1) dengan total biaya sebesar Rp.39.960.715.001,56.

**Kata kunci :** *cut and fill, program dinamis, keterlambatan, alat berat*

### ABSTRACT

*The construction of the Pasuruan-Probolinggo Toll Road Section 4, which is one of the national projects undertaken by PT Waskita Karya (Persero), Tbk. which aims to advance the economic and industrial sectors as well as the government's long-term plan to advance the Trans Java toll road infrastructure. Cut and fill work must be considered carefully because it uses a lot of heavy equipment. Due to different capacities, the tools used are carefully selected to maximize usage and minimize rental costs. The data was from a 5 km project span of 1,163,116.822 m<sup>3</sup> cut work and 46,859.675 m<sup>3</sup> fill work. The first step identifies the type of work and the volume of work performed to determine the heavy equipment that is feasible to use and the amount. The second step is to determine the decision variables, objective, and constraint functions, then input them into Dynamic Programming. The analysis resulted in 8 alternatives for each cut and fill work. From the results of the analysis, the most optimum cost for cut work is in combination 1 in the form of a combination of (EXC 1 - DT 1 - BD 1) with a total cost of Rp.604,830,363.24 while fill work is in combination 2 in the form of a combination of (EXC 1 - DT 2 - BD 1 - VR 1 - PR 1 - MG 1 - WTT 1) with a total cost of Rp.39,960,715,001.56.*

**Keywords :** *cut and fill, dynamic programming, delay, heavy equipment.*

### 1. PENDAHULUAN

Di Indonesia Pembangunan Jalan Tol terus ditingkatkan, untuk memastikan kualitas struktur jalan tol perbaikan dan perawatan pun juga ditingkatkan guna memaksimalkan fungsi dari bangunan ini. Pembangunan

Jalan Tol membutuhkan perencanaan, perhitungan, pelaksanaan, dan evaluasi agar hasil bangunan yang dibuat sesuai tanpa mengurangi mutu yang ada.

Pembangunan Jalan Tol Pasuruan-Probolinggo Seksi 4. Yang merupakan salah satu proyek nasional yang

bertujuan untuk memajukan sektor ekonomi dan industry serta rencana jangka panjang pemerintah untuk memajukan infrastruktur jalan Tol Trans Jawa. Lingkup pekerjaan pada pembangunan jalan tol sangat banyak, salah satunya adalah pekerjaan tanah. Pekerjaan tanah meliputi pekerjaan galian dan timbunan sangat perlu diperhatikan agar sesuai dengan mutu yang disepakati, hal ini bertujuan agar tidak mengakibatkan kerusakan.

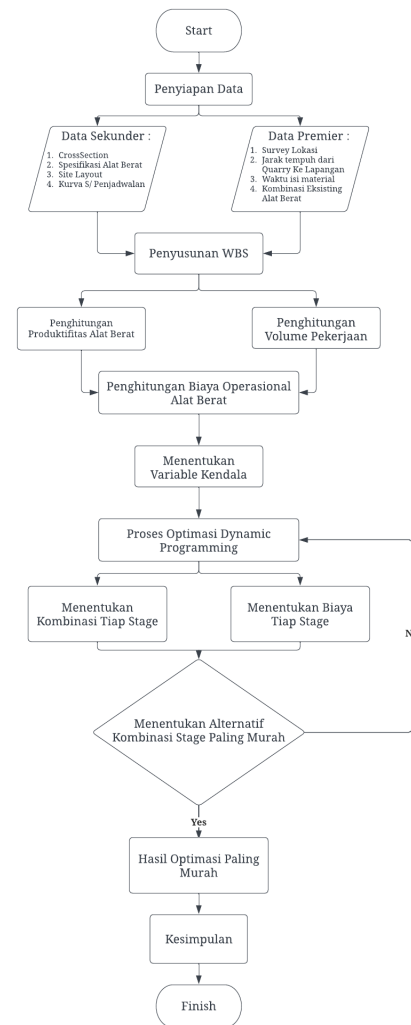
Pada pembangunan Jalan Tol ini alat berat merupakan faktor yang sangat penting karena kebanyakan pekerjaan melibatkan alat berat dalam prosesnya. Banyaknya kendala seperti cuaca yang tidak menentu sehingga kondisi di lapangan tidak memungkinkan untuk mengoperasikan alat berat dan tidak disiplinnya pekerja dapat mempengaruhi proses pekerjaan, sehingga pekerjaan dapat mengalami keterlambatan atau kemunduran. Untuk pekerjaan galian *Box Culvert* maupun *Box Underpass* diperlukan alat berupa *excavator* dan *dump truck*. Dan untuk pekerjaan timbunan diperlukan alat berupa *dump truck*, *bulldozer*, *motor grader*, *vibratory roller*, *padfoot roller* dan *water tank truck*.

Berdasarkan latar belakang dan permasalahan tersebut diatas, maka tujuan pembahasan ini meliputi:

1. Berapa volume pekerjaan galian dan timbunan pekerjaan timbunan Jalan Tol Pasuruan- Probolinggo Seksi 4 Sta.32+150 – Sta.37+150?
2. Bagaimana kombinasi alat berat yang akan digunakan?
3. Berapa biaya operasional alat berat untuk pekerjaan timbunan Jalan Tol Pasuruan- Probolinggo Seksi 4 Sta.32+150 – Sta.37+150?
4. Bagaimana penjadwalan alat berat yang digunakan?

## 2. METODE

Diagram alir dalam tahapan menghitung optimasi alat berat pekerjaan cut and fill Pembangunan Jalan Tol Pasuruan- Probolinggo terdapat di **Gambar 1** di dalam proses analisa memerlukan data sekunder yang berupa site plan, cross section, jenis dan spesifikasi alat berat. Setelah data diperoleh, maka selanjutnya adalah menyusun Work Breakdown Structure (WBS), lalu menyusun metode pelaksanaan pada masing -masing pekerjaan, menghitung masing-masing volume pekerjaan, menghitung kebutuhan jumlah alat berat, menghitung biaya operasional alat berat, dan yang terakhir adalah optimasi menggunakan Dynamic Programing (DP) mundur.



**Gambar 1** Flowchart Penelitian  
(Sumber Dokumen Pribadi)

## 3. HASIL DAN PEMBAHASAN Volume Pekerjaan

Dalam pelaksanaan Pembangunan Jalan Tol Pasuruann- Probolonggo Seksi 4 mendapatkan perhitungan volume seperti **Tabel 1** dibawah ini:

**Tabel 1** Volume Pekerjaan

Pekerjaan	Volume (m <sup>3</sup> )
Pek. Striping	46.859,675
Pek. Timbunan	1.163.116,822

### Jenis dan Tipe Alat Berat yang Digunakan

Pekerjaan striping dan pekerjaan timbunan yang berlangsung pada Pembangunan Jalan Tol Pasuruan- Probolinggo Seksi 4 memerlukan alat berat yang digunakan untuk membawa material berupa tanah dari quarry ke lokasi proyek, lalu dihamparkan dan dipadatkan.

**Tabel 1** Alat Berat Yang Digunakan

Unit	Tipe Alat Berat
EXC 1	Excavator Caterpillar 320D2
EXC 2	Excavator Komatsu PC-200-80M0
DT 1	Dump Truck FE SHD K
DT 2	Dump Truck Hino 500 FG253 JJ
BD 1	Bulldozer Zoomlin ZD 160-3
BD 2	Bulldozer KomatsuD85E-SS2
VR 1	Vibratory Roller Sakai SV700D
VR 2	Vibratory Roller Ammann ASC-200
PR 1	Padfoot Roller Dynapac CA250D
MG 1	Motor Grader Caterpillar 120K
WTT 1	Water Tank Truck Mitsubhisi 125 HD

**Perhitungan Produktifitas Alat Berat**

Alat berat yang dipakai memiliki kapasitas produksi masih-masing. Pada tabel merupakan produktifitas alat berat pekerjaan striping pada **Tabel 3** dan **Tabel 4** merupakan produktifitas alat berat pekerjaan timbunan.

**Tabel 2** Produktifitas Alat Berat Pekerjaan Striping

Pekerjaan Striping (m <sup>3</sup> /jam)	
EXC 1	133.268
EXC 2	126.432
DT 1	52.791
DT 2	44.074
BD 1	104.051
BD 2	82.312

**Tabel 3** Produktifitas Alat Berat Pekerjaan Timbunan

Pekerjaan Timbunan (m <sup>3</sup> /jam)	
EXC 1	133.268
EXC 2	126.432
DT 1	23.201
DT 2	34.958
BD 1	104.051
BD 2	82.312
VR 1	35.856
VR 2	39.806
PR 1	35.856
MG 1	102.052
WTT 1	76.615

**Perhitungan Biaya Sewa dan Operasional**

Setiap jenis alat berat yang digunakan memiliki biaya sewa dan operasional masing-masing.

**Tabel 4** Biaya Sewa dan Operasional Alat Berat

Pekerjaan Striping dan Timbunan (Rp/jam)	
EXC 1	Rp. 311.556,63
EXC 2	Rp.315.268,40
DT 1	Rp. 233.195,60
DT 2	Rp.231.859,36
BD 1	Rp.348.782,10
BD 2	Rp.363.393,71
VR 1	Rp.323.797,23
VR 2	Rp.386.702,50
PR 1	Rp.215.871,95
MG 1	Rp.319.880,31
WTT 1	Rp.232.350,63

**Menentukan Alternatif Alat Berat**

Alternatif kombinasi alat berat dipilih berdasarkan seluruh jenis alat berat dan tipe dari spesifikasi alat berat yang berbeda-beda, dalam proses optimasi pemilihan alat berat yang efektif dan efisien dalam Proyek Pembangunan Jalan Tol Pasuruan-Probolinggo Seksi 4. Pada **Tabel 6** dibawah ini adalah alternatif kombinasi pekerjaan striping

**Tabel 5** Alternatif Kombinasi Alat Berat Pekerjaan Striping

Pekerjaan Striping	
Alternatif 1	Alternatif 2
EXC 1	EXC 1
DT 1	DT 1
BD 1	BD 2
Alternatif 3	Alternatif 4
EXC 1	EXC 1
DT 2	DT 2
BD 1	BD 2
Alternatif 5	Alternatif 6
EXC 2	EXC 2
DT 1	DT 1
BD 1	BD 2
Alternatif 7	Alternatif 8
EXC 2	EXC 2
DT 1	DT 2
BD 2	BD 2

Sedangkan untuk **Tabel 7** dibawah ini adalah alternatif kebutuhan pekerjaan timbunan

**Tabel 6** Alternatif Kombinasi Alat Berat Pekerjaan Timbunan

Pekerjaan Tmbunan	
Alternatif 1	Alternatif 2
EXC 1	EXC 1
DT 1	DT 2
BD 1	BD 1
VR 1	VR 1
PR 1	PR 1
MG 1	MG 1
WTT 1	WTT 1
Alternatif 3	Alternatif 4
EXC 1	EXC 1
DT 1	DT 2
BD 2	BD 2
VR 2	VR 2
PR 1	PR 1
MG 1	MG 1
WTT 1	WTT 1
Alternatif 5	Alternatif 6
EXC 2	EXC 2
DT 1	DT 2
BD 1	BD 1
VR 1	VR 1
PR 1	PR 1
MG 1	MG 1
WTT 1	WTT 1

Alternatif 7	Alternatif 8
EXC 2	EXC 2
DT 1	DT 2
BD 2	BD 2
VR 2	VR 2
PR 1	PR 1
MG 1	MG 1
WTT 1	WTT 1

**Proses Optimasi Menggunakan Dynamic Programming**

Setelah terjabarkan volume pekerjaan, produktivitas alat berat, alternatif kombinasi, biaya sewa dan operasional, lalu masuk ke langkah proses optimasi menggunakan dynamic programming.

**Penentuan Pemodelan Optimasi**

Dalam pemodelan optimasi kali ini pada ssetiap tahapnya berisi variable keputusan, fungsi tujuan, dan fungsi kendala

- Variabel Keputusan merupakan jumlah alat berat
- Fungsi Tujuan merupakan meminimlkan biaya pengadaan alat berat
- Fungsi Kendala merupakan ketergantungan alat (biaya mempertahankan dan memulangkan alat)

**Pembentukan Persamaan Rekrusif Untuk Metode Dynamic Programming**

Komponen-komponen yang harus ada dalam proses optimasi:

- Stage atau tahap j adalah periode ke-j yang ditinjau yakni jenis pekerjaan.
- Stage Yj-1 pada stage j adalah jumlah kebutuhan alat berat yang ada pada periode ke-j.
- Alternatif Yj (variabel keputusan) adalah jumlah kebutuhan alat berat yang adapada tahap ke-j.
- Yj-bj adalah jumlah mempertahankan kebutuhan alat berat dari jumlah minimum.
- C1 adalah biaya tambahan untuk mempertahankan kebutuhan alat berat dari kebutuhan jumlah minimum.
- C2 adalah biaya mendatangkan alat berat jika terjadi penambahan jumlah alat berat dari stage sebelumnya, biaya mendatangkan akan terjadi jika Yj-1 < Yj, sehingga C2 bernilai Rp3.800.000,00 per unit.
- C3 adalah biaya memulangkan alat berat untuk tiap alat berat, biaya memulangkan akan terjadi jika Yj-1 > Yj, sehingga C3 bernilai Rp4.200.000,00 per unit.

Persamaan rekrusif dari pekerjaan striping tahap menggunakan excavator dapat dirumuskan sebagai berikut ini

$$F1(Y0) = \min [(Rp.29.909.436,10 \times (Y1-b1) + ((Rp.3.800.000 \times R \times (Y1-b0)) + ((Rp.4.200.000 \times R \times (Y1 - Y0) + F2(Y1))]$$

$$F2(Y1) = \min [(Rp.29.909.436,10 \times (Y2-b2) + ((Rp.3.800.000 \times R \times (Y2-b1)) + ((Rp.4.200.000 \times R \times (Y2 - Y1) + F3(Y2))]$$

$$F3(Y2) = \min [(Rp.29.909.436,10 \times (Y3-b3) + ((Rp.3.800.000 \times R \times (Y3-b2)) + ((Rp.4.200.000 \times R \times (Y3 - Y2) + F4(Y3))]$$

$$F4(Y3) = \min [(Rp.29.909.436,10 \times (Y4-b4) + ((Rp.3.800.000 \times R \times (Y4-b3)) + ((Rp.4.200.000 \times R \times (Y4 - Y3) + F4(Y3))]$$

$$F5(Y4) = \min [(Rp.29.909.436,10 \times (Y5-b5) + ((Rp.3.800.000 \times R \times (Y5-b4)) + ((Rp.4.200.000 \times R \times (Y5 - Y4) + F4(Y3))]$$

**Perhitungan Optimasi Dengan dynamic programming**

Perhitungan dilakukan dengan cara mundur dengan menggunakan persamaan rekrusi yang telah ditentukan. Dibawah ini adalah contoh perhitungan optimasi alat berat excavator pada pekerjaan striping:

- Nilai C1 biaya mempertahankan atau operasional alat berat excavator Rp.29.909.436,10
- Nilai C2 atau biaya mendatangkan alat berat adalah Rp.3.800.000
- Nilai C3 atau biaya memulangkan alat berat adalah Rp.4.200.000
- Membuat tabel kemungkinan Yj
- Hal-hal yang harus diperhatikan dalam perhitungan optimasi:
  - RC2 = 0 Jika (Yj ≤ Yj-1)
  - RC 2 = 1 Jika (Yj > Yj-1)
  - RC 3 = 0 Jika (Yj ≤ Yj-1)
  - RC 3 = 1 Jika (Yj > Yj-1)
- Membuat tabel perhitungan biaya excavator dengan cara mundur ke belakang pada pekerjaan striping seperti contoh dibawah ini:

**Tabel 7** Perhitungan Dynamic Programming Tahap 5 - Tahap 1

Y4	Y5	b5	RC2	RC3	C1	C2	C3	FY6(Y5)	FY5(Y4)
2	2	0	0	1	Rp 29.909.436,10	Rp -	Rp 8.400.000,00	Rp -	Rp 38.309.436,10

Y4	Y3	b4	RC2	RC3	C1	C2	C3	FY5(Y4)	FY4(Y3)
2	2	2	0	0	Rp 29.909.436,10	Rp -	Rp -	Rp 38.309.436,10	Rp 68.218.872,19

Y3	Y2	b3	RC2	RC3	C1	C2	C3	FY4(Y3)	FY3(Y2)
2	2	2	0	0	Rp 29.909.436,10	Rp -	Rp -	Rp 68.218.872,19	Rp 98.128.308,29

Y2	Y1	b2	RC2	RC3	C1	C2	C3	FY3(Y2)	FY2(Y1)
2	2	2	0	0	Rp 29.909.436,10	Rp -	Rp -	Rp 98.128.308,29	Rp 128.037.744,39

Y1	b2	RC2	RC3	C1	C2	C3	FY3(Y2)	FY2(Y1)
----	----	-----	-----	----	----	----	---------	---------

2	0	1	0	Rp 29.909.436,10	Rp 7.600.000,00	Rp -	Rp 128.037.744,39	Rp 165.547.180,48
---	---	---	---	---------------------	--------------------	---------	----------------------	----------------------

g. Hasil optimasi kombinasi excavator 1 pada seluruh tahap pekerjaan striping ditampilkan pada tabel

**Tabel 8** Contoh Hasil Perhitungan Dynamic Programming Excavator 1 Pekerjaan Striping

Stage	Pekerjaan	bj (Unit)	Yj(unit)	Yj-bj	Hiring (unit)	Firing (Unit)
1	Tahap 1	2	2	0	2	0
2	Tahap 2	2	2	0	0	0
3	Tahap 3	2	2	0	0	0
4	Tahap 4	2	2	0	0	0
5	Tahap 5	2	2	0	0	2
Total		10	10	0	2	2

h. Rekapitulasi hitungan optimasi alat berat pekerjaan striping terdapat pada **Tabel 10** dibawah ini

**Tabel 9** Rekapitulasi Hasil Perhitungan Proses Optimasi Pengadaan Alat Berat Pekerjaan Striping Seluruh Alternatif Kombinasi Stage

No	Kebutuhan Alat Berat	Biaya Pengadaan	Biaya Operasional	Biaya Total
Alternatif Kombinasi 1	Kebutuhan Jumlah Optimum	Rp 64.000.000,00	Rp 540.830.363,24	Rp 604.830.363,24
Alternatif Kombinasi 2	Kebutuhan Jumlah Optimum	Rp 72.000.000,00	Rp 635.058.425,79	Rp 707.058.425,79
Alternatif Kombinasi 3	Kebutuhan Jumlah Optimum	Rp 72.000.000,00	Rp 595.193.821,25	Rp 667.193.821,25
Alternatif Kombinasi 4	Kebutuhan Jumlah Optimum	Rp 80.000.000,00	Rp 689.421.883,80	Rp 769.421.883,80
Alternatif Kombinasi 5	Kebutuhan Jumlah Optimum	Rp 64.000.000,00	Rp 542.612.013,51	Rp 606.612.013,51
Alternatif Kombinasi 6	Kebutuhan Jumlah Optimum	Rp 72.000.000,00	Rp 636.840.076,06	Rp 708.840.076,06
Alternatif Kombinasi 7	Kebutuhan Jumlah Optimum	Rp 72.000.000,00	Rp 596.975.471,52	Rp 668.975.471,52
Alternatif Kombinasi 8	Kebutuhan Jumlah Optimum	Rp 80.000.000,00	Rp 691.203.534,07	Rp 771.203.534,07

Dan pada **Tabel 11** untuk pekerjaan timbunan **Tabel 10** Rekapitulasi Hasil Perhitungan Proses Optimasi Pengadaan Alat Berat Pekerjaan Timbunan Seluruh Alternatif Kombinasi Stage

No	Kebutuhan Alat Berat	Biaya Pengadaan	Biaya Operasional	Biaya Total
Alternatif Kombinasi 1	Kebutuhan Jumlah Optimum	Rp 960.000.000,00	Rp 44.793.393.509,28	Rp 45.753.393.509,28
Alternatif Kombinasi 2	Kebutuhan Jumlah Optimum	Rp 688.000.000,00	Rp 39.272.715.001,56	Rp 39.960.715.001,56
Alternatif Kombinasi 3	Kebutuhan Jumlah Optimum	Rp 808.400.000,00	Rp 47.000.525.592,03	Rp 47.808.925.592,03
Alternatif Kombinasi 4	Kebutuhan Jumlah Optimum	Rp 696.400.000,00	Rp 41.479.847.084,31	Rp 42.176.247.084,31
Alternatif Kombinasi 5	Kebutuhan Jumlah Optimum	Rp 800.000.000,00	Rp 44.830.808.164,84	Rp 45.630.808.164,84
Alternatif Kombinasi 6	Kebutuhan Jumlah Optimum	Rp 688.000.000,00	Rp 39.310.129.657,12	Rp 39.998.129.657,12
Alternatif Kombinasi 7	Kebutuhan Jumlah Optimum	Rp 808.400.000,00	Rp 47.037.940.247,59	Rp 47.846.340.247,59
Alternatif Kombinasi 8	Kebutuhan Jumlah Optimum	Rp 696.400.000,00	Rp 41.517.261.739,87	Rp 42.213.661.739,87

#### 4. KESIMPULAN

1. Dari perhitungan volume pekerjaan didapatkan volume Pekerjaan Striping 46.859,675 m<sup>3</sup> dan Pekerjaan Timbunan 1.158.930,577 m<sup>3</sup>
2. Alternatif alat berat, pada pekerjaan striping terdapat 8 alternatif kombinasi dan pada pekerjaan

timbunan terdapat 8 alternatif kombinasi, dibawah ini adalah rincian alternatif yang digunakan

- a. Pekerjaan Striping
    1. EXC 1 - DT 1 – BD 1
    2. EXC 1 – DT 1 – BD 2
    3. EXC 1- DT 2 – BD 1
    4. EXC 1 – DT 2 – BD 2
    5. EXC 2 - DT 1 – BD 1
    6. EXC 2 – DT 1 – BD 2
    7. EXC 2 - DT 2 – BD 1
    8. EXC 2 – DT 2 – BD 2
  - b. Pekerjaan Galian
    1. EXC 1 - DT 1 – BD 1 – VR 1 – PR 1 – MG 1 – WTT 1
    2. EXC 1 – DT 2 – BD 1 - VR 1 – PR 1 – MG 1 – WTT 1
    3. EXC 1- DT 1 – BD 2 – VR 2 - PR 1 – MG 1 – WTT 1
    4. EXC 1 – DT 2 – BD 2 - VR 2 - PR 1 – MG 1 – WTT 1
    5. EXC 2 - DT 1 – BD 1 – VR 1 – PR 1 – MG 1 – WTT 1
    6. EXC 2 – DT 2 – BD 1 – VR 1 – PR 1 – MG 1 – WTT 1
    7. EXC 2 - DT 1 – BD 2 – VR 2 – PR 1 – MG 1 – WTT 1
    8. EXC 2 – DT 2 – BD 2– VR 2 – PR 1 – MG 1 – WTT 1
3. Melalui proses optimasi menggunakan persamaan rekursif dynamic programming maka diperoleh solusi optimum untuk pekerjaan striping pada kombinasi 1 (EXC 1 - DT 1 – BD 1) dengan total biaya Rp.583.830.371,24. Sedangkan untuk pekerjaan timbunan solusi optimum pada kombinasi 2 (EXC 1 – DT 2 – BD 1 – VR 1 – PR 1 – MG 1 – WTT 1) dengan total biaya Rp.39.628.915.087,56.

#### DAFTAR PUSTAKA

- [1] Mochamad Hasan Sarmada. 2022 “Optimasi Alat Berat Pada Pekerjaan Galian Dan Timbunan Proyek JLS Pket 9 Sta.0+000-3+000” Skripsi, Polinema.
- [2] Juanita Felik Suprianto. 2022 “Optimasi Kebutuhan Tenaga Kerja Pada Proyek Rehabilitasi R.S.U.D Bangil Dengan Metode Dynamic Programming” Skripsi, Polinema.
- [3] Rostiyanti, S.F. 2002. *Alat Berat Untuk Proyek Konstruksi*. Penerbit Rineka Cipta, Jakarta.
- [4] Suhariyanto, D.L (2018). *Alat Berat*. Malang : Polinema Press.
- [5] Rochmanhadi (1982). *Alat-alat Berat dan Penggunaannya*. Jakarta : Dapertemen Pekerjaan Umum.
- [6] Warist, Rafdi K. (2016). “Optimasi Penggunaan Tenaga Kerja Proyek Pembangunan Gedung Teknik Mesin Politeknik Negeri Malang dengan Metode Dynamic Programming” Skripsi, Polinema.

- [7] Taufan Adhi Putra. 2020 “*Optimasi Jumlah Operator Alat Berat Pada Pekerjaan Struktur Proyek Apartemen X Menggunakan Dynamic Programing Method*” Skripsi, Polinema
- [8] *Peraturan Pemerintahan Republik Indonesia Nomor 1 Tahun 2022 tentang Pedoman AHSP bidang PU*