

OPTIMASI KEBUTUHAN TENAGA KERJA PADA PROYEK PEMBANGUNAN GEDUNG ASRAMA SEKOLAH TINGGI TRANSPORTASI DARAT KABUPATEN BEKASI

Eka Ayu Mariani¹, Ni Putu Indah Yuliana², Ni Kadek Sri Ebtha Yuni³

¹Mahasiswa Sarjana Terapan Manajemen Proyek Konstruksi Jurusan Teknik Sipil, Politeknik

Negeri Bali, Jalan Kampus Bukit Jimbaran, Kuta Selatan, Badung, Bali–80364

^{2,3}Dosen Jurusan Teknik Sipil, Politeknik Negeri Bali, Jalan Kampus Bukit Jimbaran,

Kuta Selatan, Badung, Bali–80364

Email korespondensi: ekayumariani@gmail.com

ABSTRACT

The construction project of the Dormitory Building for the Land Transportation College in Bekasi Regency consisting of five floors, experienced fluctuations in workforce demand during its execution in 2022. These fluctuations in the upper structure works which accounted for 35.11% of total project scope. These fluctuations resulted in substantial cost overruns, presenting critical budgetary challenges to project execution. This research aims to analyze optimal workforce allocation for upper structure works through dynamic programming methodology to minimize workforce costs while maintaining project efficiency. The research methodology encompassed systematic workforce group calculations, workload leveling, and rigorous dynamic programming optimization to achieve optimal project outcomes. Based on the results on the Optimization of Workforce Dormitory Building for the Land Transportation College in Bekasi Regency it was found that (1) 353 working groups were required with a total cost Rp. 824.264.680,19, (2) post optimization reduction to 338 working groups were required with a total cost Rp. 505.909.355,24, (3) the cost savings achieved through optimization amounted Rp. 318.355.324,93 representing a 38,60% reduction.

Keywords : optimization, working group, Dynamic Programming, cost efficiency

ABSTRAK

Pelaksanaan proyek pembangunan Gedung Asrama Sekolah Tinggi Transportasi Darat Kabupaten Bekasi yang berjumlah 5 lantai pada tahun 2022 mengalami fluktuasi pada kebutuhan tenaga kerja. Fluktuasi tersebut terjadi terutama pada bagian pekerjaan *upper* struktur yang memiliki presentase tertinggi yaitu 35,11% dari total proyek. Hal ini menyebabkan kendala berupa pembengkakan biaya yang menjadi tantangan krusial. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk menganalisa kebutuhan optimal kelompok kerja pada pekerjaan *upper* struktur menggunakan metode *dynamic programming* sehingga dapat meminimalkan biaya kebutuhan tenaga kerja. Tahapan berupa perhitungan kebutuhan kelompok kerja, *leveling*, hingga optimasi dengan *dynamic programming* dilakukan dengan seksama untuk mendapatkan hasil terbaik demi keberlangsungan proyek. Berdasarkan hasil penelitian terhadap Optimasi Kebutuhan Tenaga Kerja Pada Proyek Pembangunan Gedung Asrama Sekolah Tinggi Transportasi Darat Kabupaten Bekasi maka diperoleh (1) 353 kelompok kerja dengan biaya Rp. 824.264.680,19, (2) sesudah optimalisasi

338 kelompok kerja dengan biaya Rp. 505.909.355,24, (3) efisien sebelum dan sesudah optimasi adalah Rp. 318.355.324,95 dengan persentase sebesar 38,60%.

Kata Kunci : optimasi, kelompok kerja, *Dynamic Programming*, efisiensi biaya

PENDAHULUAN

Industri konstruksi memegang peranan penting dalam pembangunan infrastruktur, namun sering kali dihadapkan pada tantangan manajemen tenaga kerja yang tidak efisien. Fluktuasi kebutuhan tenaga kerja, terutama pada proyek berskala besar, dapat menyebabkan pembengkakan biaya dan keterlambatan penyelesaian proyek [1]. Proyek Pembangunan Gedung Asrama Sekolah Tinggi Transportasi Darat Kabupaten Bekasi merupakan contoh nyata di mana pekerjaan *upper* struktur mengalami fluktuasi tenaga kerja hingga 35,11% dari total nilai proyek. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis kebutuhan tenaga kerja optimal menggunakan metode *Dynamic Programming* yang telah terbukti efektif dalam pengambilan keputusan *multistage* [2]. Kebaruan penelitian ini terletak pada penerapan *Dynamic Programming* untuk mengoptimalkan tenaga kerja harian lepas yang belum banyak diteliti sebelumnya. Hasil penelitian diharapkan dapat menjadi referensi bagi kontraktor dalam mengelola tenaga kerja secara efisien.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan pendekatan kuantitatif dengan metode *Dynamic Programming* untuk mengetahui jumlah kebutuhan kelompok kerja dan biaya optimal dalam Proyek Pembangunan Gedung Asrama Sekolah Tinggi Transportasi Darat Kabupaten Bekasi. Data primer diperoleh secara langsung oleh penulis melalui survei lapangan meliputi

jumlah tenaga kerja, volume pekerjaan, dan waktu kerja. Data sekunder adalah data yang sudah ada sebelumnya meliputi gambar kerja, *time schedule*, harga satuan 2025 dan Peraturan Menteri Ketenagakerjaan RI No 49 Tahun 2023 yang berisi perubahan kedua atas Peraturan Pemerintah Nomor 44 Tahun 2015 mengenai Penyelenggaraan Program Jaminan Kecelakaan Kerja dan Jaminan Kematian. Tahapan analisis diawali perhitungan produktivitas tenaga kerja/hari dari data hasil survei. Selanjutnya melakukan perhitungan kebutuhan kelompok kerja menggunakan koefisien tenaga kerja pada setiap pekerjaan berdasarkan durasi kerja, produktivitas harian/kelompok kerja, dan komposisi tenaga kerja per satuan pekerjaan (Husen, 2011).

Perhitungan tersebut Berdasarkan hasil perhitungan kelompok kerja per hari lalu dibentuk menjadi satuan minggu dalam bentuk *barchart*. *Barchart* kebutuhan kelompok kerja per minggu diubah ke dalam bentuk histogram untuk melihat fluktuasi tiap kelompok kerja.

Leveling dilakukan dengan cara menjumlahkan kebutuhan kelompok kerja dan membagi dengan durasi periode yang baru. *Leveling* dilakukan sesuai jenis pekerjaan karena tenaga kerja dalam satuan kelompok kerja. Pengalokasian *leveling* dilakukan dengan cara merencanakan jumlah kelompok kerja stabil dari awal periode dan semakin besar pada tengah pekerjaan proyek dan jumlah tenaga kerja kembali menurun menjelang akhir proyek.

Periode merupakan durasi yang terdiri dari beberapa minggu setelah *leveling*. Periode dibentuk hanya untuk mempermudah pengelompokan kelompok kerja. Setelah tahap-tahapan ini, jumlah kebutuhan tenaga kerja mengalami penyesuaian karena sebagai upaya untuk memaksimalkan efisiensi dan produktivitas.

Biaya-biaya yang diperhitungkan adalah biaya mempertahankan dan biaya menambah. Biaya memberhentikan tidak dihitung dikarenakan pekerja merupakan tenaga harian lepas. Berikut merupakan rumusnya: Biaya mempertahankan = upah pekerja/hari + biaya fasilitas (asuransi, bedeng, P3K, listrik+ air, dan pembuatan MCK sementara) Biaya menambah = upah pekerja/hari + biaya perantara Jumlah kebutuhan kelompok kerja tiap periode sebelum *leveling* dan optimasi kemudian dikalikan dengan biaya mempertahankan dan menambah untuk mendapatkan biaya per periode. Total biaya per periode kemudian dijumlahkan untuk mendapatkan total biaya kebutuhan kelompok kerja sebelum sebelum *leveling* dan optimasi. Untuk menghitung total biaya sesudah *leveling* dan sebelum optimasi juga dapat dilakukan cara yang sama. Optimasi diawali dengan menentukan pemodelan meliputi variabel keputusan, fungsi tujuan, dan fungsi kendala. Persamaan rekursif pada metode *dynamic programming* pada penelitian ini berupa persamaan rekursif mundur di mana perhitungannya dimulai dari belakang ke depan (Widhiawati dan Ariawan, 2010).

$$F_j(Y_{j-1}) = \{C_1 * (Y_j - b_i) + C_2 * (Y_j - Y_{j-1}); \text{ untuk } j = n \quad (1)$$

$$F_j(Y_{j-1}) = \{C_1 * (Y_j - b_i) + C_2 * (Y_j - Y_{j-1}); \text{ untuk } j = 1, 2, 3, 4, \dots, n-1 \quad (2)$$

1. Tahap j menunjukkan periode ke- j yang ditinjau.
2. State Y_{j-1} pada tahap j adalah jumlah tenaga kerja yang ada pada akhir tahap $j-1$.
3. Alternatif Y_j (variabel keputusan) merupakan jumlah tenaga kerja yang ada pada periode ke- j .
4. C_1 adalah biaya mempertahankan jika Y_j melebihi b_i ($Y_j > b_i$)
5. C_2 adalah biaya yang dikeluarkan jika menambah tenaga kerja baru ($Y_j > Y_{j-1}$).
6. b_i menunjukkan jumlah tenaga kerja minimum yang harus ada pada tahap ke- j .

Setelah dilakukan perhitungan *dynamic programming*, maka dapat dilanjutkan dengan perhitungan biaya penambahan dan biaya optimal dari tiap tahap. Tahap terakhir adalah melakukan perbandingan antara biaya sebelum dan sesudah optimasi.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Untuk menentukan kebutuhan kelompok kerja tenaga kerja memerlukan data koefisien tenaga kerja, volume pekerjaan dan durasi pekerjaan. Menentukan koefisien tenaga kerja pada setiap kegiatan menggunakan perhitungan yang mengacu pada produktivitas pekerja per hari. Perhitungan kebutuhan kelompok kerja per hari mendapatkan 353 kelompok kerja meliputi 266 kelompok kerja pembesian, 50 kelompok kerja bekisting dan 37 kelompok kerja pengecoran dengan durasi total 16 minggu. Kebutuhan kelompok kerja tiap minggu dapat diketahui dengan membuat *barchart* pada tiap pekerjaan yang sejenis. Untuk mengurangi fluktuasi maka proses *leveling* perlu dilakukan dan membagi dengan durasi periode yang baru. *Leveling* dilakukan sesuai jenis pekerjaan karena tenaga kerja dinyatakan dalam satuan kelompok kerja.

Tabel 1. Kebutuhan Kelompok Kerja Harian Per Periode

Periode	Jumlah Kelompok Kerja			Total
	Pembesian n	Bekistin g	Pengecora n	
1	3	0	0	42
2	4	2	1	107
3	5	2	2	139
4	3	1	1	50

Setelah dilakukan proses *leveling* dapat diketahui bahwa jumlah total kelompok kerja pada pekerjaan *upper* struktur adalah sebanyak 338 kelompok kerja dengan total durasi 15 minggu atau 4 periode. Selanjutnya dapat dilakukan perhitungan kebutuhan kelompok kerja sebelum *leveling* dan optimasi:

Tabel 2. Biaya Kelompok Kerja Sebelum *Leveling*

Periode	Biaya Kelompok Kerja			Biaya Total Per Periode
	Pembesian	Bekisting	Pengecoran	
1	Rp. 103.073.193,88	Rp -	Rp -	Rp. 103.073.193,88
2	Rp. 212.093.193,88	Rp. 53.990.720,61	Rp. 20.313.393,29	Rp. 286.397.307,79
3	Rp. 161.972.161,82	Rp. 26.995.360,30	Rp. 14.509.566,64	Rp. 203.477.088,76
4	Rp. 171.452.161,82	Rp. 41.215.360,30	Rp. 18.649.566,64	Rp. 231.317.088,76
Total Biaya				Rp. 824.264.680,19

Tabel 3. Biaya Kelompok Kerja Sesudah *Leveling*

Periode	Biaya Kelompok Kerja			Biaya Total Per Periode
	Pembesian	Bekisting	Pengecoran	
1	Rp. 103.312.892,42	Rp -	Rp -	Rp. 103.312.892,42
2	Rp. 175.490.861,68	Rp. 58.306.362,52	Rp. 16.023.301,49	Rp. 249.820.525,69
3	Rp. 254.509.338,62	Rp. 39.012.044,81	Rp. 28.366.637,72	Rp. 321.888.021,15
4	Rp. 88.553.907,78	Rp. 19.435.454,17	Rp. 8.739.982,63	Rp. 116.729.344,59
Total Biaya				Rp. 791.750.783,85

Hasil perhitungan biaya kebutuhan kelompok kerja yang dijadikan acuan untuk menentukan efisiensi adalah yang sebelum optimasi dan *leveling* sebesar Rp. 824.264.680,19. Untuk memulai optimasi terlebih dahulu membentuk pemodelan optimasi. Pemodelan optimasi meliputi variabel keputusan, fungsi tujuan, dan fungsi kendala sebagai berikut:

1. Variabel Keputusan: Jumlah kelompok kerja per periode
2. Fungsi Tujuan : Minimal biaya kelompok kerja
3. Fungsi kendala: Biaya mempertahankan dan biaya menambah

Perhitungan optimasi memerlukan data C1, C2, dan kemungkinan Yj. Biaya mempertahankan (C1) terdiri dari biaya upah tenaga kerja dan biaya fasilitas untuk pekerja selama bekerja di proyek. Biaya menambah tenaga kerja (C2) dihitung dari biaya perantara untuk mendatangkan pekerja dan upah. Kemungkinan Yj adalah jumlah kemungkinan pekerja yang ada pada tahap ke j.

Persamaan rekursif dari kelompok kerja pembesian dapat dirumuskan sebagai berikut:

$$F_1(Y_0) = \text{Rp}103.312.892,42 * (Y_1 - b_1) + \text{Rp}.33.180.000,00 * (Y_1 - Y_0) + F_2(Y_1)$$

$$F_2(Y_1) = \text{Rp}132.830.861,68 * (Y_2 - b_2) + \text{Rp}42.660.000,00 * (Y_2 - Y_1) + F_3(Y_2)$$

$$F_3(Y_2) = \text{Rp}154.969.338,62 * (Y_3 - b_3) + \text{Rp}99.540.000,00 * (Y_3 - Y_2) + F_4(Y_3)$$

$$F_4(Y_3) = \text{Rp}88.553.907,78 * (Y_4 - b_4) + \text{Rp}.28.440.000,00 * (Y_3 - Y_4)$$

Persamaan rekursif dari kelompok kerja bekisting dapat dirumuskan sebagai berikut:

$$F_1(Y_0) = \text{Rp } 0 * (Y_1 - b_1) + \text{Rp } 0 * (Y_1 - Y_0) + F_2(Y_1)$$

$$F_2(Y_1) = \text{Rp}29.153.181,26 * (Y_2 - b_2) + \text{Rp}.28.080.000,0 * (Y_2 - Y_1) + F_3(Y_2)$$

$$F_3(Y_2) = \text{Rp}17.006.022,40 * (Y_3 - b_3) + \text{Rp}.16.380.000,00 * (Y_3 - Y_2) + F_4(Y_3)$$

$$F_4(Y_3) = \text{Rp}19.435.454,17 * (Y_4 - b_4) + \text{Rp}.18.720.000,00 * (Y_3 - Y_4)$$

Persamaan rekursif dari kelompok kerja pengecoran dapat dirumuskan sebagai berikut:

$$F_1(Y_0) = \text{Rp}0,00 * (Y_1 - b_1) + \text{Rp}0,00 * (Y_1 - Y_0) + F_2(Y_1)$$

$$F_2(Y_1) = \text{Rp}16.023.301,49 - b_2) + \text{Rp}.15.180.000,00 * (Y_2 - Y_1) + F_3(Y_2)$$

$$F_3(Y_2) = \text{Rp}14.566.637,72 * (Y_3 - b_3) + \text{Rp}.13.800.000,00 * (Y_3 - Y_2) + F_4(Y_3)$$

$$F_4(Y_3) = \text{Rp}8.739.982,63 * (Y_4 - b_4) + \text{Rp}.8.280.000,00 * (Y_3 - Y_4)$$

Berikut merupakan contoh perhitungan optimasi pada pekerjaan pembesian

1. Menentukan nilai C1 dan C2

Tabel 4. Nilai C1 dan C2

Periode	C1	C2
1	Rp103.312.892,42	Rp33.180.000,00
2	Rp132.830.861,68	Rp42.660.000,00
3	Rp154.969.338,62	Rp99.540.000,00
4	Rp88.553.907,78	Rp28.440.000,00

2. Menentukan nilai b_i dan Y_{j-1}
3. Nilai Y_j awal dianggap sama dengan b_i
4. Membuat tabel kemungkinan nilai Y_j

Tabel 5. Kemungkinan Nilai Y_j

Tahap	b_i	Kemungkinan Y_j		
1	3	3	-	3
2	4	4	-	4
3	5	5	-	5
4	3	3	-	3

Pada tahap ini nilai Y_j minimum dibuat sesuai dengan b_i karena biaya mempertahankan (C_1) lebih besar dibanding dengan biaya menambah (C_2).

5. Hal yang harus diperhatikan adalah:
 - a. Jika nilai $b_i = Y_j$, maka nilai $C_1 = 0$
 - b. Jika nilai $b_i < Y_j$, maka nilai $C_1 = C_1$
 - c. Jika nilai Y_j
 - d. Jika nilai $Y_j \geq Y_{j-1}$, maka nilai $C_2 = C_2$ dan nilai Y_{j-1} antara Y_j dengan Y_{j-1}
6. Membuat tabel perhitungan mundur ke belakang Berikut merupakan contoh penerapan rekursif mundur ke belakang pada pekerjaan pembesian:

Tabel 6. Rekursif Mundur ke Belakang Pekerjaan Pembesian Tahap 4

Y_{j-1}		Keputusan Optimal			
Tahap	4	$Y_4 =$	3	-	5
$b_4 =$	3	$Y_3 =$	5	-	5
	$Y_4 =$	3	$\leq$	$Y_3 =$	5
$C_1*(Y_4 - b_4) + C_2*(Y_3 - Y_4)$					
Y_3	Y_4	$C_1*(Y_4 - b_4)$	$C_2*(Y_3 - Y_4)$	$F_4(Y_3)$	Hasil
5	3	Rp0,00	Rp56.880.000,00	Rp56.880.000,00	$Y_4 = 3$
5	4	Rp88.553.907,78	Rp28.440.000,00	Rp116.993.907,78	
5	5	Rp177.107.815,57	Rp0,00	Rp177.107.815,57	

Nilai b_4 merupakan jumlah kelompok kerja pekerja yang dibutuhkan pada tahap 4, Y_4 dan Y_3 merupakan jumlah kelompok kerja yang tersedia pada tahap 4 dan 3. Dengan memasukkan nilai tersebut maka dihasilkan sejumlah biaya yang akan dikeluarkan. Keputusan optimalnya adalah nilai biaya paling minimum dari semua alternatif tersebut. Biaya minimum tersebut kemudian menjadi nilai *input* untuk tahap berikutnya.

Pada tahap 4 dengan kebutuhan minimum pekerja (b_4) sebanyak 3 kelompok kerja menunjukkan bahwa keputusan optimal adalah mempertahankan 3 kelompok kerja ($Y_4 = 3$). Opsi ini dipilih karena memberikan total biaya terendah sebesar Rp56.880.000,00. Biaya ini terdiri dari biaya

mempertahankan (C1) sebesar Rp0,00 karena jumlah pekerja tepat memenuhi kebutuhan minimum, dan biaya menambah (C2) sebesar Rp56.880.000,00 untuk menyesuaikan dari 5 kelompok kerja di tahap sebelumnya menjadi 3 kelompok kerja di tahap ini.

Sebagai perbandingan, opsi alternatif menunjukkan biaya yang lebih tinggi. Mempertahankan 4 kelompok kerja ($Y_4=4$) akan menghasilkan total biaya Rp116.993.907,78, yang terdiri dari biaya mempertahankan C1 Rp88.553.907,78 dan biaya menambah C2 Rp28.440.000,00. Sementara itu, mempertahankan 5 kelompok kerja ($Y_4=5$) akan menyebabkan biaya mencapai Rp177.107.815,57. Selanjutnya, biaya minimum pada tahap 4 yaitu Rp56.880.000,00 akan ditambahkan dengan biaya minimum saat perhitungan tahap 3. Alur perhitungan ini terus berlanjut pada tahap-tahap berikutnya hingga tahap 1.

Tabel 7. Rekursif Mundur ke Belakang Pekerjaan Pembesian Tahap 3

Yj-1		Keputusan Optimal			
Tahap	3	$Y_3 =$	5	-	5
b3 =	5	$Y_2 =$	4	-	4
		$Y_3 =$	5	$\geq$	$Y_2 =$ 4
$C1*(Y_3-b_3)+C2*(Y_3-Y_2)+F_4(Y_3)$					
Y2	Y3	$C1*(Y_3-b_3)$	$C2*(Y_3-Y_2)$	$F_3(Y_2)$	Hasil
4	5	Rp0,00	Rp99.540.000,00	Rp156.420.000,00	$Y_3=5$

Pada tahap 3 dengan kebutuhan minimal 5 kelompok kerja ($b_3=6$) dan ketersediaan 4 kelompok kerja dari tahap sebelumnya ($Y_2=4$), analisis menunjukkan bahwa keputusan optimal adalah meningkatkan jumlah tenaga kerja menjadi 5 kelompok kerja ($Y_3=5$). Pilihan ini menghasilkan total biaya sebesar Rp156.420.000,00 yang terdiri dari biaya mempertahankan (C1) sebesar Rp0 karena jumlah tenaga kerja tepat memenuhi kebutuhan minimum, biaya menambah (C2) sebesar Rp99.540.000,00 dan biaya tahap 4 sebesar Rp56.880.000,00. Sehingga menghasilkan biaya total pada tahap 3 sebesar Rp156.420.000,00

Tabel 8. Rekursif Mundur ke Belakang Pekerjaan Pembesian Tahap 2

Yj-1		Keputusan Optimal			
Tahap	2	$Y_2 =$	4	-	4
b2 =	4	$Y_1 =$	3	-	3
		$Y_2 =$	4	$\geq$	$Y_1 =$ 3
$C1*(Y_2-b_2)+C2*(Y_2-Y_1)+F_3(Y_2)$					
Y1	Y2	$C1*(Y_2-b_2)$	$C2*(Y_2-Y_1)$	$F_2(Y_1)$	Hasil
3	4	Rp0,00	Rp42.660.000,00	Rp199.080.000,00	$Y_2=4$

Pada tahap 2 dengan kebutuhan minimum pekerja (b_2) sebanyak 4 kelompok kerja, menunjukkan bahwa keputusan optimal adalah mempertahankan 4 kelompok kerja. Opsi ini dipilih karena

memberikan total biaya terendah sebesar Rp199.080.000,00. Biaya ini terdiri dari biaya mempertahankan (C1) sebesar Rp0,00 karena jumlah pekerja tepat memenuhi kebutuhan minimum, biaya menambah (C2) sebesar Rp42.660.000,00 untuk menyesuaikan dari 3 kelompok kerja di tahap sebelumnya menjadi 4 kelompok kerja, dan Rp156.420.000,00 biaya pada tahap 3.

Tabel 9. Rekursif Mundur ke Belakang Pekerjaan Pembesian Tahap 1

Yj-1		Keputusan Optimal			
Tahap	1	Y1 =	3	-	3
b1 =	3	Y0 =	0	-	0
	Y1=	3	≥	Y0=	0
C1*(Y1-b1)+C2*(Y1-Y0)+F2(Y1)					
Y0	Y1	C1*(Y1-B1)	C2*(Y1-Y0)	F1(Y0)	Hasil
0	3	0	Rp99.540.000,00	Rp298.620.000,00	Y1=3

Pada tahap 1 dengan kebutuhan minimum pekerja (b1) sebanyak 3 kelompok kerja menunjukkan bahwa keputusan optimal adalah mempertahankan 3 kelompok kerja (Y1=3). Opsi ini dipilih karena memberikan total biaya terendah. Biaya ini terdiri dari biaya mempertahankan (C1) sebesar Rp0,00 karena jumlah pekerja tepat memenuhi kebutuhan minimum, biaya menambah (C2) Rp99.540.000,00 untuk menambah 3 kelompok kerja dari kondisi awal tanpa tenaga kerja, dan Rp199.080.000,00 biaya pada tahap 2.

Analisis di atas menunjukkan meskipun diperlukan biaya penambahan yang signifikan, memenuhi kebutuhan minimum tenaga kerja secara tepat ternyata lebih ekonomis dalam jangka panjang dibandingkan opsi-opsi alternatif yang mungkin memerlukan penyesuaian lebih besar di tahap-tahap berikutnya.

7. Menentukan penambahan biaya tiap perhitungan

Menghitung penambahan biaya dilakukan dengan mengurangi biaya optimal kelompok kerja dari tahap 1 dengan tahap selanjutnya. Contoh perhitungan penambahan biaya pekerjaan pembesian:

Tabel 10. Penambahan Biaya Pekerjaan Pembesian

Tahap	Jumlah Kelompok Kerja Optimal	Biaya	Penambahan Biaya
1	42	Rp298.620.000,00	—
2	72	Rp199.080.000,00	Rp99.540.000,00
3	105	Rp156.420.000,00	Rp42.660.000,00
4	36	Rp56.880.000,00	Rp99.540.000,00

Berdasarkan tabel di atas dapat diketahui bahwa untuk tahap 1 penambahan biaya sebesar Rp. 0, untuk tahap 2 biaya adalah sebesar Rp99.540.000,00, untuk tahap 3 adalah sebesar Rp42.660.000,00, dan untuk tahap 4 adalah sebesar Rp99.540.000,00.

8. Menentukan biaya kelompok kerja optimal

Menghitung biaya kelompok kerja tahap 1 dilakukan dengan menambah biaya mempertahankan dan menambah. Tahap 2 dan selanjutnya dihitung dengan total biaya sebelumnya ditambah penambahan biaya. Contoh perhitungan biaya kelompok kerja pembesian yang optimal pada tabel 11:

Tabel 11. Biaya Optimal Kelompok Kerja Pembesian

Tahap	Jumlah Kelompok Kerja Optimal	Biaya
1	42	Rp103.312.892,42
2	72	Rp202.852.892,42
3	105	Rp245.512.892,42
4	36	Rp345.052.892,42
Biaya Optimal		Rp345.052.892,42

Berdasarkan tabel di atas dapat diketahui bahwa biaya optimal tahap 1 sebesar Rp103.312.892,42, tahap 2 sebesar Rp202.852.892,42, tahap 3 sebesar Rp245.512.892,42, dan tahap 4 sebesar Rp345.052.892,42. Sehingga total biaya optimal untuk pekerjaan pembesian *upper* struktur yang diperoleh adalah sebesar Rp345.052.892,42.

Hasil optimasi kelompok kerja tiap tahap kemudian dihitung penambahan biaya tiap periode. Dari perhitungan penambahan total biaya didapat biaya kebutuhan sesudah optimasi.

Tabel 12. Perbandingan Biaya Kelompok Kerja

Kelompok Kerja	Biaya Sebelum Optimasi	Biaya Sesudah Optimasi
Pembesian	Rp. 648.590.711,41	Rp. 345.052.892,42
Bekisting	Rp. 122.201.441,21	Rp. 115.915.938,52
Pengecoran	Rp. 53.472.526,57	Rp. 44.940.523,30
Total	Rp. 824.264.680,19	Rp. 505.909.335,24
Selisih	Rp. 318.355.324,95	
Efisiensi	38,60%	

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil analisis optimasi kebutuhan tenaga kerja menggunakan metode *dynamic programming* pada proyek pembangunan Gedung Asrama Sekolah Tinggi Transportasi Darat Kabupaten Bekasi dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

1. Total kebutuhan kelompok kerja dan biaya untuk pekerjaan *upper* struktur proyek pembangunan Gedung Asrama Sekolah Tinggi Transportasi Darat Kabupaten Bekasi adalah 353 kelompok kerja dengan rincian 266 kelompok pekerjaan pembesian, 50 kelompok pekerjaan bekisting, dan 37 kelompok pekerjaan pengecoran. Untuk biaya total sebesar Rp. 824.264.680,19 rincian Rp. 648.590.711,41 untuk pekerjaan pembesian, Rp. 122.201.441,21 untuk pekerjaan bekisting, dan Rp. 53.472.526,57 untuk pekerjaan pengecoran.

2. Jumlah kebutuhan kelompok kerja dan biaya yang optimal untuk pekerjaan *upper* struktur proyek pembangunan Gedung Asrama Sekolah Tinggi Transportasi Darat Kabupaten Bekasi adalah 338 kelompok kerja dengan rincian 255 kelompok pekerjaan pembesian, 47 kelompok pekerjaan bekisting, dan 37 kelompok pekerjaan pengecoran. Biaya totalnya sebesar Rp. 505.909.355,24 dengan rincian Rp 345.052.892,42 untuk pekerjaan pembesian, Rp. 115.915.938,52 untuk pekerjaan bekisting, dan Rp. 44.940.523,30 untuk pekerjaan pengecoran.
3. Hasil efisiensi biaya yang diperoleh mencapai 38,60% dengan selisih biaya antara sesudah dan optimasi adalah sebesar Rp. 318.355.324,95.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Sumantri, Aep Triana, Manajemen Pengawasan Konstruksi dan Detail Engineering Design (DED), 1st ed., Yogyakarta: Deepublish, 2021
- [2] Bellman, Richard E., Dynamic Programming, 1st ed., New Jersey: Princeton University Press, 1957.
- [3] Husen, Abrar, Manajemen Proyek (Perencanaan, Penjadwalan, & Pengendalian Proyek, 1st ed., Yogyakarta: Andi Offset, 2011.
- [4] I. Widhiawati and I. Ariawan, "Analisis Biaya Kerja dengan Program Dinamik," Konferensi Nasional Teknik Sipil. 2010.