

OPTIMASI BIAYA UPAH TENAGA KERJA PEMBESIAN DENGAN METODE SIMPLEKS PADA PEKERJAAN BETON BERTULANG STRUKTUR ATAS

Siti Nurasiyah^{*1}, Irsan Nurdiansyah², Yudi Sekaryadi³, Rochany Natawidjana⁴

1,2,3,dan 4 Teknik Sipil Universitas Pendidikan Indonesia, Indonesia

Informasi Artikel

Kata Kunci:

AHSP, Optimal, Analisa Modern, Metode Simpleks

* Penulis Korespondensi.

Siti Nurasiyah

Alamat E-mail: siti.nurasiyah@upi.edu

Abstrak

Kebutuhan tenaga kerja yang terampil, serta memiliki produktivitas yang tinggi sangat diperlukan saat proyek dilaksanakan. Hal ini akan mempengaruhi berjalannya proyek tersebut sehingga perlu analisis sebelum proyek konstruksi dimulai, agar mendapatkan jumlah tenaga kerja yang efisien diperlukan alokasi jumlah tenaga kerja agar tidak meningkatnya biaya yang dikeluarkan. Metode simpleks merupakan salah satu model umum dalam teknik pemrograman linier yang dapat digunakan untuk pemecahan masalah dalam mengalokasikan sumber-sumber daya yang terbatas secara optimal untuk mencapai hasil yang optimal. Tujuan penelitian ini adalah mengetahui biaya upah pekerjaan pembesian berdasarkan Analisa Harga Satuan Pekerjaan (AHSP) di lapangan dan biaya upah optimum menggunakan metoda simpleks serta mengetahui besar perbedaan biaya upah berdasarkan AHSP dan analisa modern. Penelitian ini dilakukan pada proyek pembangunan Gedung FPTK COE PPPG (CWP-01). Penelitian ini menggunakan metode kualitatif dan kuantitatif. Penelitian ini menggunakan program LIPS untuk perhitungan metode simpleks. Dari hasil penelitian ini, besar biaya upah pekerjaan pembesian berdasarkan AHSP adalah sebesar Rp1.059.919.927. Optimasi biaya upah pekerjaan pembesian dengan metode simpleks menghasilkan selisih biaya RAB upah pekerjaan pembesian adalah sebesar Rp75.250.000 (6%). Dalam Analisa modern perbedaan diameter, dimensi, dan kerumitan pembesian diakomodir dengan produktivitas yang berbeda-beda, sehingga dilakukan analisa dengan hasil koefisien terendah yaitu Rp447.609.278 dan koefisien tertinggi Rp777.551.352. Optimasi biaya upah dengan metode simpleks menggunakan analisa modern didapatkan hasil sebesar Rp27.860.000 (4%) untuk koefisien terendah dan Rp64.050.000 (6%) untuk koefisien tertinggi.

1. Pendahuluan

Banyaknya pelaksanaan pekerjaan konstruksi di Indonesia menandakan bidang konstruksi dan infrastruktur semakin berkembang, hal ini selaras dengan ilmu pengetahuan dan teknologi yang berkembang pesat. Proyek konstruksi adalah gabungan dari sumber-sumber daya seperti manusia, biaya, material, peralatan, dan metoda konstruksi yang dihimpun dalam suatu wadah organisasi sementara untuk mencapai sasaran dan tujuan telah ditentukan dengan jelas dan merupakan rangkaian kegiatan yang hanya satu kali dilaksanakan dan umumnya berjangka waktu pendek, sehingga proses pekerjaan konstruksi memerlukan analisa biaya yang baik dan efisien [1], [2], [3]. Dalam proses mencapai hasil akhir kegiatan proyek tersebut telah ditentukan batasan-batasan yaitu besar biaya (anggaran) yang dialokasikan, jadwal dan mutu yang harus dipenuhi [3].

Salah satu hal yang menjadi faktor penentu keberhasilan proyek konstruksi adalah kinerja tenaga kerja yang akan mempengaruhi produktivitas. Produktivitas menggambarkan kemampuan tenaga kerja dalam menyelesaikan suatu kuantitas pekerjaan per satuan waktu [3]. Kebutuhan tenaga kerja yang terampil dan memiliki produktivitas yang tinggi sangat diperlukan pada pelaksanaan proyek. Hal ini dapat memengaruhi berjalannya proyek dan dapat menentukan kualitas kinerja suatu perusahaan kontraktor. Bila tenaga kerja yang sudah dikontrak oleh perusahaan kontraktor tidak dapat memenuhi target yang telah ditentukan sehingga terjadi produktivitas tenaga kerja yang rendah, maka dapat dikatakan bahwa kinerja perusahaan tersebut buruk. Biaya yang dikeluarkan oleh perusahaan kontraktor untuk membayar para tenaga kerja menjadi tidak optimal karena tidak sebanding dengan hasil yang didapat dan terjadi pemborosan biaya operasional konstruksi karena pembengkakan upah tenaga kerja, sehingga membuat perusahaan mengalami kerugian.

Perhitungan biaya suatu pekerjaan dipengaruhi oleh volume pekerjaan dan Analisa Harga Satuan Pekerjaan (AHSP). Berdasarkan AHSP, pekerjaan pembesian tidak memperlihatkan adanya perbedaan pengerjaan antara

diameter kecil dan diameter besar serta dimensi tulangan pendek dan tulangan panjang juga kerumitan pekerjaan pembesian. Analisa Harga Satuan Pekerjaan pekerjaan pembesian pada SNI dinyatakan dalam satuan kilogram tanpa memperinci lebih detail, sehingga menyebabkan harga yang sama dari semua perbedaan tersebut. Pekerjaan pembesian menggunakan berbagai macam diameter tulangan, dimensi tulangan yang bervariasi dan kerumitan/kesukaran dalam pengerjaan pembesian tersebut tergantung dimensi struktur [4], sehingga akan mempengaruhi produktivitas tenaga kerja jika diterapkan di dalam koefisien upah berdasarkan SNI. Analisa modern dapat mengakomodir perbedaan tersebut dengan produktivitas yang berbeda-beda untuk setiap diameter dan panjang tulangan yang mempengaruhi pengerjaan pembesian.

Berdasarkan permasalahan pada latar belakang, maka peneliti akan menganalisis biaya upah tenaga kerja dengan menggunakan analisa modern dan selanjutnya menganalisis biaya upah yang optimal dengan metode simpleks pada pekerjaan beton bertulang struktur atas. Tujuan dari penelitian ini adalah mengetahui biaya upah pekerjaan pembesian dari struktur balok, kolom, dan plat lantai berdasarkan AHSP, mengetahui biaya upah koefisien tertinggi dan terendah dari struktur balok, kolom, dan plat lantai berdasarkan analisa modern, dan mengetahui biaya upah optimum dari struktur balok, kolom, dan plat lantai yang terjadi dengan menggunakan metode simpleks.

2. Metode Penelitian

2.1. Desain Penelitian

Penelitian ini menggunakan pendekatan metode penelitian campuran/gabungan, dengan mengkombinasikan antara dua metode penelitian kualitatif dan kuantitatif dalam suatu kegiatan penelitian sehingga akan diperoleh data yang lebih komprehensif, valid, reliabel, dan objektif. Penelitian ini dilakukan pada Proyek Pembangunan Gedung FPTK COE PPPG (CWP-01) di Kawasan Universitas Pendidikan Indonesia, Jl. Dr. Setiabudi No.207, Kelurahan Isola, Kecamatan Sukasari, Kota Bandung, Provinsi Jawa Barat dengan luas bangunan sebesar 9.940 m².

2.2. Data dan Teknik Pengumpulan Data

Data yang digunakan dalam penelitian ini adalah data primer dan data sekunder. Data primer diperoleh langsung dari wawancara kepada tenaga kerja pada proyek konstruksi sebagai responden. Wawancara digunakan sebagai teknik pengumpulan data untuk menemukan permasalahan yang harus diteliti dan juga apabila peneliti ingin mengetahui hal-hal dari responden yang lebih mendalam [5].

Data sekunder adalah data yang diperoleh secara tidak langsung atau melalui media perantara. Data sekunder dapat berupa laporan historis, laporan penelitian, ataupun jurnal yang telah tersusun dalam arsip. Pada penelitian ini data sekunder yang digunakan adalah data proyek dari PT Ciriayasa Cipta Mandiri sebagai konsultan manajemen konstruksi proyek tersebut berupa gambar bestek, AHSP, serta Rencana Anggaran Biaya (RAB).

2.3. Populasi dan Sampel Penelitian

Populasi dalam penelitian ini adalah pihak yang terlibat dalam proyek pembangunan Gedung FPTK COE PPPG (CWP-01) konstruksi pada pekerjaan pembesian. Sampel yang digunakan dalam penelitian ini adalah Penyedia Jasa yaitu PT. Adhi Karya (Persero) Tbk, konsultan manajemen konstruksi yaitu PT. Ciriayasa Cipta Mandiri.

Responden penelitian adalah personil yang terikat dan bertanggungjawab langsung dalam pelaksanaan proyek pembangunan Gedung FPTK COE PPPG (CWP-01), yaitu Mandor, Kepala Tukang Besi, dan Tukang Besi. Untuk wawancara dilakukan kepada pihak kontraktor dan konsultan manajemen konstruksi, yaitu PT. Adhi Karya (Persero) Tbk dan PT. Ciriayasa Cipta Mandiri.

2.4. Prosedur Penelitian

Prosedur penelitian merupakan tahapan-tahapan yang dilakukan dalam melakukan penelitian. Langkah-langkah pada penelitian ini sebagai berikut:

1. Menganalisa setiap pekerjaan struktur atas mulai dari tipe-tipe dimensi struktur dan juga volume pekerjaan tiap elevasi lantainya
2. Menghitung biaya upah tenaga kerja pekerjaan pembesian tiap elevasi lantai dengan AHSP pada struktur atas.
3. Menghitung biaya upah tenaga kerja pekerjaan pembesian tiap elevasi lantai dengan analisa modern pada pekerjaan struktur atas.
4. Menganalisa dengan menentukan fungsi kendala, fungsi tujuan, dan batasan-batasan fungsi tujuan.
5. Mengoptimasi biaya upah tenaga kerja pekerjaan pembesian dengan menggunakan metode simpleks, sehingga didapatkan biaya upah optimal.

2.5. Analisis Data

2.5.1. Analisa Modern Pekerjaan Pembesian

Tulangan beton dihitung berdasarkan beratnya dalam kg. Pelaksana biasanya membuat daftar khusus pembengkokan tulangan, dimana dapat dilihat jelas bentuk pembengkokan, panjang, kaitan serta pemotongannya. Hal ini dimaksudkan apabila ada sisa tulangan maka dapat dipakai untuk penulangan lainnya. Pada perhitungan volume kebutuhan besi perhitungan menyangkut tentang panjang bengkokan, kaitan dan panjang dari besi tersebut. Perhitungan volume pembesian direncanakan berdasarkan SNI 2847-2013 tentang Beton Struktural. Perhitungan volume tulangan pembesian ditentukan dengan menghitung seluruh panjang besi pada elemen struktur bangunan dan mengelompokkan berdasarkan jenis elemennya, seperti tulangan balok, kolom, plat, poer, dan pembesian tambahan dengan persamaan 1.

$$F = A + B + C + D + E \quad (1)$$

Dimana: F = Panjang total tulangan (meter), A = Panjang tulangan terpendek, B = Panjang tulangan terpanjang, C = Panjang kaitan, D = Panjang kaitan tambahan, E = Panjang bengkokan

Durasi atau waktu yang dibutuhkan untuk membuat bengkokan, kaitan, potongan dan pemasangan tergantung dari banyaknya beton yang dibutuhkan sehingga dapat ditentukan durasi pekerja untuk membuat bengkokan, kaitan dan potongan serta durasi memasang pembesian. Untuk pemotongan besi beton diperlukan waktu antara 1 sampai 3 jam untuk 100 batang tulangan tergantung dari diameternya, alat-alat potongnya, dan keterampilan buruhnya. Jam kerja buruh yang diperlukan untuk membuat 100 bengkokan dan kaitan disajikan pada Tabel 1, sedangkan Jam kerja buruh yang diperlukan untuk membuat 100 buah batang disajikan pada Tabel 2.

Tabel 1. Jam Kerja Buruh yang Diperlukan untuk Membuat 100 Bengkokan dan Kaitan

Ukuran besi beton	Dengan Tangan		Dengan Mesin	
	Bengkokan (jam)	Kait (jam)	Bengkokan (jam)	Kait (jam)
$\frac{1}{2}$ " (12 mm)	2 – 4	3 – 6	0,8 – 1,5	1,2 – 1,5
$\frac{5}{8}$ " (16 mm)				
$\frac{3}{4}$ " (19 mm)	2,5 – 5	4 – 8	1 – 2	1,6 – 3
$\frac{7}{8}$ " (22 mm)				
1" (25 mm)	3 – 6	5 – 10	1,2 – 2,5	2 – 4
$1 \frac{1}{8}$ " (28,5 mm)				
$1 \frac{1}{4}$ " (31,75 mm)	4 – 7	6 – 12	1,5 – 3	2,5 – 5
$1 \frac{1}{2}$ " (38,1 mm)				

(Sumber: Soedrajat, 1984)

Tabel 2. Jam Kerja Buruh yang Diperlukan untuk Membuat 100 Buah Batang

Ukuran besi beton	Panjang batang tulangan (m)		
	Dibawah 3 m	3 – 6 m	6 – 9 m
$\frac{1}{2}$ " (12 mm)	3,5 – 6	5 – 7	6 – 8
$\frac{5}{8}$ " (16 mm)			
$\frac{3}{4}$ " (19 mm)	4,5 – 7	6 – 8,5	7 – 9,5
$\frac{7}{8}$ " (22 mm)			
1" (25 mm)	5,5 – 8	7 – 10	8,5 – 11,5
$1 \frac{1}{8}$ " (28,5 mm)			
$1 \frac{1}{4}$ " (31,75 mm)	6,5 – 9	8 – 12	10 – 14
$1 \frac{1}{2}$ " (38,1 mm)			

(Sumber: Soedrajat, 1984)

2.5.2. Metode Program Linear

Menurut Mangunredjo (2016), model matematis perumusan masalah pengalokasian sumber daya untuk kegiatan disebut sebagai *Linear Programming* (LP) [6]. Model LP ini merupakan bentuk dan susunan dari dalam menyajikan masalah-masalah yang akan dipecahkan dengan Teknik LP. Dalam model LP dikenal 2 macam fungsi, yaitu fungsi tujuan (*objective function*) dan fungsi-fungsi Batasan (*constraint function*). Fungsi tujuan adalah fungsi yang menggambarkan tujuan/sasaran kita di dalam permasalahan LP yang berkaitan dengan pengaturan secara optimal sumber daya. (untuk memperoleh keuntungan maksimal atau biaya minimal). Pada umumnya nilai yang akan dioptimalkan dinyatakan sebagai Z, sedangkan fungsi batasan merupakan bentuk penyajian secara matematis batasan-batasan kapasitas yang tersedia yang akan dialokasikan secara optimal ke berbagai kegiatan [7].

2.5.3. Metode Simpleks

Pekerjaan konstruksi merupakan pekerjaan yang melibatkan banyak kegiatan, karena hal inilah metode grafik tidak dapat digunakan karena jumlah kegiatan yang ada dalam pekerjaan konstruksi melibatkan lebih dari dua kegiatan, sehingga dalam analisa masalah studi digunakan pemecahan dengan metode simpleks.

Langkah-langkah yang harus dipahami dalam menggunakan metode simpleks, yaitu:

1. formulasikan dan standarisasikan model persamaan,
2. menyusun persamaan-persamaan dalam tabel,
3. memilih kolom kunci,
4. memilih baris kunci,
5. mengubah nilai-nilai baris, ulangi langkah-langkah perbaikan mulai langkah 3 sampai langkah ke 5 untuk mendapatkan nilai optimal.
6. Penyelesaian dikatakan optimal, setelah baris fungsi tujuan tidak ada yang bernilai negatif.
7. Setelah penyelesaian optimal, kemudian membuat kesimpulan.

3. Hasil dan Pembahasan

3.1. Hasil Wawancara

Data penelitian didapatkan dengan cara wawancara kepada instansi terkait seperti penyedia jasa yaitu PT. Adhi Karya (Persero) Tbk. Dari hasil wawancara diatas dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

1. Tenaga kerja yang tersedia di lapangan terbatas, sehingga perlu adanya perhitungan optimal jumlah tenaga kerja yang diperlukan.
2. Tenaga kerja tidak mendapatkan pelatihan kerja dan sertifikasi keahlian, sehingga produktivitas masing-masing tenaga kerja dianggap sama.
3. Jam kerja yang digunakan pada proyek ini adalah dari jam 08.00-16.00, sehingga didapatkan 8 jam kerja efektif per hari.
4. Pekerjaan pembesian dalam proyek ini menggunakan mesin, sehingga memudahkan tenaga kerja dalam pekerjaan pembesian.
5. Biaya upah yang dibayarkan kepada tenaga kerja per hari, sehingga analisis dalam penelitian ini menggunakan upah harian.

Pekerjaan dalam pembesian yaitu fabrikasi, pemasangan, dan perakitan tulangan memiliki biaya upah yang berbeda di lapangan tetapi dalam perhitungan perencanaan dianggap sama, sehingga perlu adanya perhitungan upah berdasarkan produktivitas yang dilakukan.

3.2. Mengetahui Alokasi Jumlah Tenaga Kerja

Metode Simpleks merupakan suatu metode yang dilakukan secara sistematis, yang dilakukan secara berulang-ulang sehingga tercapai suatu pemecahan yang optimum. Penentuan solusi optimal dilakukan dengan memeriksa titik ekstrim satu per satu dengan cara perhitungan iteratif yang disebut dengan iterasi (dengan jumlah iterasi yang terbatas) sehingga pada akhirnya akan tercapai suatu pemecahan dasar yang optimum dan setiap langkah menghasilkan suatu nilai dari fungsi tujuan yang selalu lebih optimal atau sama dari langkah-langkah sebelumnya.

3.3. Variabel Keputusan

Variabel keputusan pada penelitian ini dibentuk berdasarkan tenaga kerja pekerjaan struktur atas yaitu pada pekerja, tukang besi, kepala tukang besi dan mandor.

X1 = Alokasi jumlah pekerja

X2 = Alokasi jumlah tukang besi

X3 = Alokasi jumlah kepala tukang besi

X4 = Alokasi jumlah mandor

Dalam penelitian ini, untuk menyusun fungsi tujuan yang diminimumkan yaitu biaya upah dengan mengalokasikan jumlah tenaga kerja.

3.4. Fungsi Tujuan

Data yang dipakai dalam menetapkan persamaan fungsi tujuan yaitu data upah tenaga kerja per hari. Biaya upah tenaga kerja per hari disajikan dengan persamaan 2.

$$Z = A1.X1 + B1.X2 + C1.X3 + D1.X4 \quad (2)$$

Dimana : Z = biaya upah tenaga kerja per hari, A1 = upah pekerja per hari, B1 = upah tukang besi per hari, C1 = upah kepala tukang besi perhari, D1 = upah mandor per hari , X1 = jumlah alokasi pekerja, X2 = jumlah alokasi tukang besi, X3 = jumlah alokasi kepala tukang besi, X4 = jumlah alokasi mandor

3.5. Batasan Fungsi Tujuan

1. Batasan volume pekerjaan

Pada penelitian ini, fungsi pembatas volume pekerjaan adalah volume per hari. Volume per hari sebagai fungsi pembatas, artinya volume per hari secara persamaan linier menjadi batasan kapasitas yang akan dioptimalkan. Dalam persamaan fungsi pembatas, volume per hari disimbolkan sebagai B1. Batasan volume pekerjaan per hari dalam persamaan linier disajikan pada persamaan 3.

$$A11.X1 + A12.X2 + A13.X3 + A14.X4 \leq B1 \quad (3)$$

Dimana : A11 = produktivitas pekerja per hari, A12 = produktivitas tukang besi per hari, A13 = produktivitas kepala tukang besi per hari, A14 = produktivitas mandor per hari, X1 = jumlah alokasi pekerja, X2 = jumlah alokasi tukang besi, X3 = jumlah alokasi kepala tukang besi, X4 = jumlah alokasi mandor, B1 = batasan volume pekerjaan per hari

2. Batasan produktivitas tenaga kerja per hari

Fungsi batasan produktivitas dalam penelitian itu yaitu sebagai batasan produktivitas masing-masing tenaga kerja dalam ukuran produktivitas per hari terhadap beban volume pekerjaan per hari. Dengankata lain, setiap tenaga kerja memiliki batasan ukuran produktivitas yang harus dicapai dalam volume pekerjaan per hari, jika ditulis dalam persamaan batasan maka akan menjadi persamaan 4.

$$A11.X1 \leq B2; A12.X2 \leq B3; A13.X3 \leq B4; A14.X4 \leq B5 \quad (4)$$

Dimana : A11 = produktivitas pekerja per hari, A12 = produktivitas tukang besi per hari, A13 = produktivitas kepala tukang besi per hari, A14 = produktivitas mandor per hari, X1 = jumlah alokasi pekerja, X2 = jumlah alokasi tukang besi, X3 = jumlah alokasi kepala tukang besi, X4 = jumlah alokasi mandor, B2 = batasan produktivitas pekerja perhari, B3 = batasan produktivitas tukang besi per hari, B4 = batasan produktivitas kepala tukang besi per hari, B5 = batasan produktivitas mandor perhari

3. Batasan jumlah total tenaga kerja tersedia

Jumlah tenaga kerja sebagai fungsi pembatas jumlah tenaga kerja yang tersedia di lapangan disajikan dengan formulasi persamaan 5.

$$X1 + X2 + X3 + X4 \leq B6 \quad (5)$$

Dimana : X1 = jumlah alokasi pekerja, X2 = jumlah alokasi tukang besi, X3 = jumlah alokasi kepala tukang besi, X4 = jumlah alokasi mandor, B6 = batasan jumlah tenaga kerja

3.6. Persamaan Metode Simpleks

Setelah data yang diperlukan dalam menetapkan fungsi tujuan dan fungsi batasan telah terpenuhi, maka persamaan tersebut dapat disusun sebagai fungsi tujuan minimum pada persamaan 6.

$$Z = -9.X1 - 10.X2 - 11.X3 - 15.X4 \quad (x10000) \quad (6)$$

Batasan-batasan:

- $65,71X1 + 65,71.X2 + 71,43.X3 + 75.X4 \leq 1204,26$ (Batasan volume per hari)
- $65,71 X1 \leq 558,27$ (Batasan pekerja)
- $65,71 X2 \leq 558,27$ (Batasan tukang besi)
- $71,43 X3 \leq 55,83$ (Batasan kepala tukang besi)
- $75 X4 \leq 31,90$ (Batasan mandor)
- $X1 + X2 + X3 + X4 \leq 20$ (Batasan tenaga kerja pembesian)

3.7. Metode Simpleks dengan Software LIPS

Setelah diketahui persamaan fungsi tujuan dan fungsi pembatas, kemudian persamaan tersebut akan dioptimasi menggunakan *Software Computer* yaitu *Linear Program Solver* (LiPS). Langkah selanjutnya yaitu memasukkan persamaan fungsi tujuan dan fungsi batasan pada tabel program LiPS. Input data fungsi persamaan pada program LiPS disajikan pada Tabel 3.

Tabel 3. Input Data Fungsi Persamaan pada Program LiPS

	X1	X2	X3	X4		RHS
Objective	-9	-10	-11	-15	->	MIN
Row1	65.71	65.71	71.43	75	<=	1204.26
Row2	65.71	0	0	0	<=	558.27
Row3	0	65.71	0	0	<=	558.27
Row4	0	0	71.43	0	<=	55.83
Row5	0	0	0	75	<=	31.90
Row6	1	1	1	1	<=	20
Lower Bound	0	0	0	0		
Upper Bound	INF	INF	INF	INF		
Type	CONT	CONT	CONT	CONT		

Setelah semua fungsi persamaan dimasukkan, kemudian dilakukan proses iterasi, sehingga program dengan otomatis akan melakukan percobaan iterasi analisa metode simpleks dan mendapatkan hasil optimasi. Hasil Analisa menggunakan program LiPS disajikan pada Tabel 4.

Tabel 4. Hasil Analisa Menggunakan Program LiPS

Variable	Value	Obj. Cost	Reduced Cost
X1	8,496	-9	-1
X2	8,496	-10	0
X3	0,782	-11	0
X4	319/750	-15	0

Dari tabel 5 diperoleh hasil optimasi jumlah alokasi tenaga kerja pada pekerjaan pembesian yaitu,

X1 = 8,496 $\approx$ 8 Orang (Pekerja)

X2 = 8,496 $\approx$ 8 Orang (Tukang besi)

X3 = 0,782 $\approx$ 1 Orang (Kepala tukang besi)

X4 = 0,425 $\approx$ 1 Orang (Mandor)

3.8. Hasil Analisa dengan Software LIPS

Dari jumlah tenaga kerja awal dan hasil optimasi metode simpleks dilakukan perbandingan jumlah tenaga kerja dan biaya upah. Perbandingan hasil optimasi tenaga kerja dan biaya upah pekerjaan balok, kolom, dan plat lantai disajikan pada Tabel 5, Tabel 6, dan Tabel 7.

Tabel 5. Perbandingan Hasil Optimasi Tenaga Kerja dan Biaya Upah Pekerjaan Balok

Lantai	Jumlah Tenaga Kerja Balok Sebelum Optimasi	Jumlah Tenaga Kerja Balok Setelah Optimasi	Biaya Upah Balok Sebelum Optimasi	Biaya Upah Balok Setelah Optimasi
Lantai 1	980	882	Rp 96.530.000	Rp 87.220.000
Lantai 2	924	924	Rp 90.720.000	Rp 90.720.000
Lantai 3	945	910	Rp 92.750.000	Rp 88.900.000
Lantai 4	945	840	Rp 92.750.000	Rp 82.250.000
Lantai 5	875	770	Rp 86.100.000	Rp 75.600.000
Lantai 6	875	840	Rp 86.100.000	Rp 82.250.000
Lantai 7	770	700	Rp 75.600.000	Rp 68.950.000
TOTAL	6314	5866	Rp 620.550.000	Rp 575.890.000
Selisih	448		Rp	44.660.000
Persentase	7,10%			7,2 %

Tabel 6. Perbandingan Hasil Optimasi Tenaga Kerja dan Biaya Upah Pekerjaan Kolom

Lantai	Jumlah Tenaga Kerja Kolom Sebelum Optimasi	Jumlah Tenaga Kerja Kolom Setelah Optimasi	Biaya Upah Kolom Sebelum Optimasi	Biaya Upah Kolom Setelah Optimasi
Lantai 1	784	686	Rp 77.910.000	Rp 68.600.000
Lantai 2	588	588	Rp 58.800.000	Rp 58.800.000
Lantai 3	560	490	Rp 55.650.000	Rp 49.000.000
Lantai 4	490	490	Rp 49.000.000	Rp 49.000.000
Lantai 5	420	420	Rp 42.350.000	Rp 42.350.000
Lantai 6	420	420	Rp 42.350.000	Rp 42.350.000
Lantai 7	490	420	Rp 49.000.000	Rp 42.350.000
TOTAL	3752	3514	Rp 375.060.000	Rp 352.450.000
Selisih	238		Rp	22.610.000
Persentase	6,34%		6,03%	

Tabel 7. Perbandingan Hasil Optimasi Tenaga Kerja dan Biaya Upah Pekerjaan Plat Lantai

Lantai	Jumlah Tenaga Kerja Kolom Sebelum Optimasi	Jumlah Tenaga Kerja Plat Setelah Optimasi	Biaya Upah Plat Sebelum Optimasi	Biaya Upah Plat Setelah Optimasi
Lantai 1	392	392	Rp 40.670.000	Rp 40.670.000
Lantai 2	420	336	Rp 42.840.000	Rp 34.860.000
Lantai 3	350	350	Rp 35.700.000	Rp 35.700.000
Lantai 4	350	350	Rp 35.700.000	Rp 35.700.000
Lantai 5	350	350	Rp 35.700.000	Rp 35.700.000
Lantai 6	350	350	Rp 35.700.000	Rp 35.700.000
Lantai 7	350	350	Rp 35.700.000	Rp 35.700.000
TOTAL	2562	2478	Rp 262.010.000	Rp 254.030.000
Selisih	84		Rp	
Persentase	3,28%		3,05%	

Tabel 8. Perbandingan Tenaga Kerja dan Biaya Upah Total Hasil Optimasi (Balok, Kolom, dan Plat Lantai)

Lantai	Total Jumlah Tenaga Kerja Sebelum Optimasi	Total Jumlah Tenaga Kerja Setelah Optimasi	Total Sebelum Optimasi	Total Setelah Optimasi
Lantai 1	2156	1960	Rp 215.110.000	Rp 196.490.000
Lantai 2	1932	1848	Rp 192.360.000	Rp 184.380.000
Lantai 3	1855	1750	Rp 184.100.000	Rp 173.600.000
Lantai 4	1785	1680	Rp 177.450.000	Rp 166.950.000
Lantai 5	1645	1540	Rp 164.150.000	Rp 153.650.000
Lantai 6	1645	1610	Rp 164.150.000	Rp 160.300.000
Lantai 7	1610	1470	Rp 160.300.000	Rp 147.000.000
TOTAL	12628	11858	Rp 1.257.620.000	Rp 1.182.370.000
Selisih	770		Rp	75.250.000
Persentase	6,10%		5,98%	

Total tenaga kerja dan biaya upah yang didapat menggunakan perhitungan AHSP sebanyak 12.628 orang dengan biaya upah sebesar Rp1.257.620.000, setelah melakukan perhitungan optimasi menggunakan metode simpleks, didapatkan total jumlah tenaga kerja sebanyak 11.858 dan biaya upah sebesar Rp1.182.370.000, sehingga didapatkan selisih dari tenaga kerja sebanyak 770 orang (6,10%) dan biaya upah sebesar Rp75.250.000 (5,98%).

3.9. Analisa Modern

Perhitungan Rencana Anggaran Biaya (RAB) dengan menggunakan Analisa Modern merupakan salah satu metode alternatif yang dapat digunakan dalam mengestimasi biaya suatu pekerjaan konstruksi. Dalam estimasi biaya dengan Analisa Modern terdapat beberapa perbedaan dengan AHSP yang dikeluarkan oleh Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat (PUPR) yaitu koefisien satuan pekerjaan memiliki interval yang bisa kita tentukan sendiri berdasarkan kepada metode pengerjaan yang dilakukan, sehingga produktivitas kerja akan bergantung pada cara yang akan digunakan. Upah yang diperhitungkan merupakan upah rata-rata berdasarkan jumlah dan jenis tenaga kerja yang digunakan. Dari perhitungan didapatkan hasil perbandingan biaya upah menggunakan AHSP PU dan Analisa Modern. Perbandingan total biaya upah AHSP dan Analisa Modern disajikan pada Tabel 9.

Tabel 9. Perbandingan Total Biaya Upah AHSP dan Analisa Modern

Lantai	Total Biaya Upah AHSP	Total Biaya Upah Koef Terendah	Total Biaya Upah Koef Tertinggi
Lantai 1	Rp 177.301.748	Rp 67.746.254	Rp 117.328.546
Lantai 2	Rp 159.017.586	Rp 63.187.799	Rp 109.495.95
Lantai 3	Rp 158.173.128	Rp 60.217.694	Rp 104.373.687
Lantai 4	Rp 151.133.714	Rp 62.098.202	Rp 107.771.819
Lantai 5	Rp 138.185.044	Rp 65.098.214	Rp 113.465.963
Lantai 6	Rp 143.542.176	Rp 67.040.105	Rp 116.982.615
Lantai 7	Rp 132.566.529	Rp 62.221.007	Rp 108.132.766
TOTAL	Rp 1.059.919.927	Rp 447.609.278	Rp 777.551.352
Selisih		Rp 612.310.648	Rp 282.368.574
Persentase		48,69%	23,88%

Biaya upah yang didapatkan menggunakan Analisa Modern sebesar Rp447.609.278 (koefisien terendah) dan Rp777.551.352 (koefisien tertinggi), sehingga selisih biaya upah pekerjaan balok, kolom, dan plat lantai antara AHSP PU sebesar Rp1.059.919.927 dengan Analisa Modern (koefisien rendah) adalah sebesar Rp. 612.310.648 (48,69%) dan untuk (koefisien tertinggi) adalah sebesar Rp282.368.574 (23,88%).

3.10. Kebutuhan Tenaga Kerja Analisa Modern

Berdasarkan analisa yang telah dilakukan, didapatkan biaya upah menggunakan Analisa Modern dengan koefisien terendah dan tertinggi kemudian untuk mendapatkan kebutuhan jumlah tenaga kerja per hari dengan mengkalikan volume pekerjaan (kg) dengan koefisien tenaga kerja (orang hari, OH).

Jumlah tenaga kerja per hari dapat dihitung jika volume pekerjaan dan koefisien tenaga kerja diketahui. Karena RAB yang didapat menggunakan analisa cara modern adalah dalam satuan kelompok tenaga kerja, sehingga harus dicari bobot RAB tiap tenaga kerja menggunakan RAB dari AHSP PU dengan membagi RAB pekerja dengan total RAB. Setelah diketahui bobot setiap tenaga kerja, kemudian dapat diperoleh RAB masing-masing tenaga kerja. Setelah RAB masing-masing tenaga kerja diketahui, maka dapat diperoleh besar koefisien masing-masing tenaga kerja adalah mengkalikan RAB per volume pekerjaan (kg) dengan biaya upah harian. Jika koefisien masing-masing sudah diketahui, selanjutnya menghitung kebutuhan tenaga kerja. Untuk memperoleh jumlah tenaga kerja sesuai durasi rencana dengan membagi jumlah tenaga kerja 1 hari (orang/hari) dengan durasi rencana (hari)

3.11. Optimasi Analisa Modern

Variabel keputusan, fungsi tujuan, dan batasan-batasan fungsi tujuan untuk Analisa Modern tidak berbeda dengan RAB AHSP PU, hanya berbeda pada jumlah tenaga kerja per hari, sehingga hanya ditulis persamaannya saja dengan contoh perhitungan pekerjaan balok lantai 1 koefisien terendah sebagai fungsi tujuan minimum pada persamaan 7.

$$Z = -9.X_1 - 10.X_2 - 11.X_3 - 15.X_4 \quad (\times 10.000) \quad (7)$$

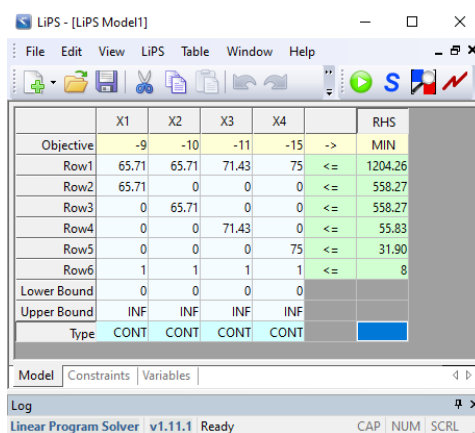
Batasan-batasan:

- $65,71.X_1 + 65,71.X_2 + 71,43.X_3 + 75.X_4 \leq 1204,26$ (Batasan volume per hari)
- $65,71.X_1 \leq 558,27$ (Batasan produktivitas pekerja)
- $65,71.X_2 \leq 558,27$ (Batasan produktivitas tukang besi)
- $71,43.X_3 \leq 55,83$ (Batasan produktivitas kepala tukang besi)
- $75.X_4 \leq 31,90$ (Batasan produktivitas mandor)
- $X_1 + X_2 + X_3 + X_4 \leq 8$ (Batasan tenaga kerja pembesian)

3.12. Metode Simpleks Analisa Modern dengan Software LiPS

Setelah diketahui seluruh persamaan kemudian persamaan tersebut akan dioptimasi menggunakan *Software LiPS* dengan memasukkan persamaan fungsi tujuan dan fungsi batasan pada Tabel 10 berikut.

Tabel 10. Input Data Fungsi Persamaan Analisa Modern pada Program LiPS



	X1	X2	X3	X4		RHS
Objective	-9	-10	-11	-15	->	MIN
Row1	65.71	65.71	71.43	75	<=	1204.26
Row2	65.71	0	0	0	<=	558.27
Row3	0	65.71	0	0	<=	558.27
Row4	0	0	71.43	0	<=	55.83
Row5	0	0	0	75	<=	31.90
Row6	1	1	1	1	<=	8
Lower Bound	0	0	0	0		
Upper Bound	INF	INF	INF	INF		
Type	CONT	CONT	CONT	CONT		

Setelah semua fungsi persamaan dimasukkan, kemudian dilakukan proses iterasi, setelah percobaan iterasi analisa metode simpleks dilakukan dan mendapatkan hasil optimasi pada Tabel 11.

Tabel 11. Hasil Analisa Menggunakan Program LiPS

Variable	Value	Obj. Cost	Reduced Cost
X1	0	-9	-1
X2	6,793	-10	0
X3	0,783	-11	0
X4	319/750	-15	0

Dari tabel diatas, diperoleh hasil optimasi jumlah alokasi tenaga kerja pada pekerjaan pembesian yaitu,
 $X1 = 0 \approx 0$ Orang (Pekerja)
 $X2 = 6,793 \approx 6$ Orang (Tukang besi)
 $X3 = 0,783 \approx 0$ Orang (Kepala tukang besi)
 $X4 = 0,425 \approx 1$ Orang (Mandor)

Dari hasil optimasi diatas pekerjamenjadi tidak ada, yang berarti telah dialokasikan kepada tukang besi agar optimal dan kepala tukang besi dihilangkan karena dapat diwakilkan di lapangan oleh mandor 1 orang. Perbandingan tenaga kerja dan biaya upah hasil optimasi dengan Analisa Modern disajikan pada Tabel 12 dan Tabel 13.

Tabel 12. Perbandingan Tenaga Kerja dan Biaya Upah Total Hasil Optimasi Pekerjaan Balok, Kolom, dan Plat Lantai dengan Analisa Modern Koefisien Terendah

Lantai	Total Jumlah Tenaga Kerja Sebelum Optimasi	Total Jumlah Tenaga Kerja Setelah Optimasi	Total Biaya Upah Koef Terendah	Total Optimasi Biaya Upah Koef Terendah
Lantai 1	980	882	Rp 103.390.000	Rp 95.060.000
Lantai 2	1008	924	Rp 104.580.000	Rp 97.440.000
Lantai 3	910	875	Rp 93.800.000	Rp 91.700.000
Lantai 4	980	910	Rp 100.450.000	Rp 94.500.000
Lantai 5	980	945	Rp 100.450.000	Rp 97.650.000
Lantai 6	980	945	Rp 100.450.000	Rp 97.650.000
Lantai 7	910	875	Rp 93.800.000	Rp 90.650.000
TOTAL	6748	6356	Rp 696.920.000	Rp 664.650.000
Selisih	392		Rp	32.270.000
Persentase	5,81%			4,63%

Tabel 13. Perbandingan Tenaga Kerja dan Biaya Upah Total Hasil Optimasi Pekerjaan Balok, Kolom, dan Plat Lantai dengan Analisa Modern Koefisien Tertinggi

Lantai	Total Jumlah Tenaga Kerja Sebelum Optimasi	Total Jumlah Tenaga Kerja Setelah Optimasi	Total Biaya Upah Koef Tertinggi	Total Optimasi Biaya Upah Koef Tertinggi
Lantai 1	1568	1470	Rp 159.250.000	Rp 149.450.000
Lantai 2	1512	1470	Rp 152.460.000	Rp 148.260.000
Lantai 3	1330	1295	Rp 133.700.000	Rp 130.900.000
Lantai 4	1330	1295	Rp 133.700.000	Rp 130.550.000
Lantai 5	1400	1225	Rp 140.350.000	Rp 123.550.000
Lantai 6	1400	1295	Rp 140.350.000	Rp 130.200.000
Lantai 7	1400	1225	Rp 140.350.000	Rp 123.200.000
TOTAL	9940	9275	Rp 1.000.160.000	Rp 936.110.000
Selisih	665		Rp	64.050.000
Persentase	6,69%			6,40%

Total tenaga kerja yang didapat menggunakan analisa modern sebanyak 6748 (koefisien terendah) dan 9940 (koefisien tertinggi), sedangkan biayanya adalah sebesar Rp696.920.000 (koefisien terendah) dan Rp936.110.000 (koefisien tertinggi). Setelah melakukan perhitungan optimasi analisa modern menggunakan metode simpleks, didapatkan jumlah tenaga kerja sebanyak 6356 orang (koefisien terendah) dan 9275 orang (koefisien tertinggi), sehingga selisih dari tenaga kerja sebanyak 392 orang (5,81%) (koefisien terendah) dan 665 orang (6,69%) (koefisien tertinggi). Biaya upah yang didapatkan menggunakan metode simpleks sebesar Rp664.650.000 (koefisien terendah) dan Rp936.110.000 (koefisien tertinggi) sehingga selisih biaya upah sebesar Rp. 32.270.000,00 (4,63%), (koefisien tertinggi) dan Rp64.050.000,00 (6,40%).

4. Kesimpulan

Kesimpulan yang dapat diambil dari penelitian ini adalah:

1. Biaya upah tenaga kerja struktur balok menurut AHSP di lapangan yaitu Rp557.210.015,05. Biaya upah tenaga kerja struktur kolom menurut AHSP di lapangan yaitu Rp313.916.482,53. Biaya upah tenaga kerja struktur plat menurut AHSP di lapangan yaitu Rp188.793.429,75.
2. Biaya upah tenaga kerja koefisien terendah dan tertinggi struktur balok menurut Analisa Harga Satuan (cara modern) didapatkan selisih 56,13% dan 31,20% dari AHSP PU. Biaya upah tenaga kerja koefisien terendah dan tertinggi struktur kolom menurut Analisa Harga Satuan (cara modern) didapatkan selisih 36,92% dan 1,30% dari AHSP. Biaya upah tenaga kerja koefisien terendah dan tertinggi struktur plat menurut Analisa Harga Satuan (cara modern) didapatkan selisih 47,91% dan 41,12% dari AHSP, sehingga didapatkan selisih biaya upah dengan total koefisien terendah adalah sebesar Rp612.310.648,77 (48,69%) dan koefisien tertinggi Rp282.368.574,36 (23,88%). Biaya upah optimal AHSP yang didapat menggunakan metode simpleks dari strukturalok, kolom, dan plat lantai didapatkan selisih biaya upah Rp75.250.000 (5,98%) dari AHSP PU. Biaya upah optimal RAB modern koefisien terendah menggunakan metode simpleks dari struktur balok, kolom, dan plat lantai didapatkan selisih Rp32.270.000 (4,63%) dari RAB.
3. Biaya upah optimal AHSP yang didapat menggunakan metode simpleks dari struktur balok, kolom, dan plat lantai didapatkan selisih biaya upah Rp75.250.000 (5,98%) dari AHSP PU. Biaya upah optimal RAB modern koefisien terendah menggunakan metode simpleks dari struktur balok, kolom, dan plat lantai didapatkan selisih Rp32.270.000 (4,63%) dari RAB Modern koefisien terendah. Biaya upah optimal RAB modern koefisien tertinggi menggunakan metode simpleks dari struktur balok, kolom, dan plat lantai didapatkan selisih Rp64.050.000 (6,40%) dari RAB Modern koefisien tertinggi.

Referensi

- [1] A. Husein, *Manajemen Proyek: Perencanaan, penjadwalan, dan pengendalian proyek*. Yogyakarta: CV ANDI OFFSET, 2011.
- [2] W. I. Erianto, *Manajemen Proyek Konstruksi*. Yogyakarta: ANDI, 2011. Accessed: Sep. 02, 2024. [Online]. Available: <https://openlibrary.telkomuniversity.ac.id/pustaka/21787/manajemen-proyek-konstruksi.html>
- [3] I. Soeharto, *Manajemen Proyek Edisi 2 Jilid 1: Dari Konseptual Sampai Operasional* / Iman Soeharto. Jakarta: Erlangga, 1999.
- [4] A. Soedradjat, *Analisa (Cara Modern) Anggaran Biaya Pelaksanaan*. Bandung: Nova, 1984.
- [5] Sugiyono, *Metode Penelitian*. Bandung: Alfabeta, 2019.
- [6] R. E. S. Mangunredjo, "Optimasi Jumlah Tenaga Kerja Konstruksi Oleh Kontraktor dengan Metode Simpleks Pada Proyek Pembangunan Gedung Ruang Arsip dan Ruang Serbaguna Balai Sarana dan Prasarana Unit Hidrologi Tahap II Kota Ambon," *Institut Teknologi Nasional Malang*, 2016, [Online]. Available: <http://eprints.itn.ac.id/id/eprint/2111>
- [7] P. Subagyo, M. Asri, and T. H. Handoko, *Dasar-dasar operations research*, 2nd ed. Yogyakarta: BPFE UGM, 1992.