

PERENCANAAN KEBUTUHAN MATERIAL STRUKTUR BETON BERTULANG MENGGUNAKAN KOEFISIEN AHSP DAN PARETO

PLANNING OF REINFORCED CONCRETE STRUCTURAL MATERIAL REQUIREMENTS USING AHSP COEFFICIENTS AND PARETO

¹Andi Asnur Pranata Muhibah Hadmar, ²Nurina Yasin, ³Ellysa, ⁴Juniarso

^{1.2.3.4}Program Studi Teknik Sipil Universitas Gunadarma

¹andiforjournal@gmail.com, ²nurinayasin@staff.gunadarma.ac.id,

³ellysa@staff.gunadarma.ac.id, ⁴juniarso@staff.gunadarma.ac.id

Abstrak

Perencanaan kebutuhan material merupakan bagian penting dalam pengendalian proyek konstruksi karena material memiliki kontribusi besar terhadap biaya pekerjaan. Ketidaktepatan perencanaan material dapat menyebabkan kelebihan pengadaan, kekurangan material, pemborosan biaya, dan keterlambatan pelaksanaan. Penelitian ini bertujuan untuk menghitung kebutuhan material struktur beton bertulang dan menentukan material dominan berdasarkan kontribusi biaya. Penelitian ini menggunakan pendekatan kuantitatif deskriptif dengan metode perhitungan kebutuhan material berbasis koefisien Analisis Harga Satuan Pekerjaan dan metode Pareto. Objek penelitian adalah pekerjaan struktur beton bertulang pada proyek gedung di Kota Banjarmasin, Provinsi Kalimantan Selatan. Data penelitian meliputi volume pekerjaan beton, pembesian, bekisting, koefisien bahan, dan harga satuan material. Hasil perhitungan menunjukkan bahwa total estimasi biaya material struktur beton bertulang sebesar Rp48.212.479.845. Baja tulangan menjadi material dengan kontribusi terbesar, yaitu Rp26.823.407.848 atau 55,64% dari total biaya material. Beton siap pakai fc'35 MPa memberikan kontribusi sebesar 21,33%, sedangkan beton siap pakai fc'40 MPa memberikan kontribusi sebesar 8,15%. Ketiga material tersebut menghasilkan kontribusi kumulatif sebesar 85,11%. Hasil analisis Pareto menunjukkan bahwa baja tulangan dan beton siap pakai menjadi material prioritas utama dalam pengendalian proyek. Penelitian ini memberikan dasar perencanaan kebutuhan material yang terukur dan dapat digunakan untuk mendukung pengendalian biaya pekerjaan struktur.

Kata kunci: AHSP, Material, Pareto, Struktur, Beton.

Abstract

Material requirement planning is an important part of construction project control because materials contribute significantly to work costs. Inaccurate material planning can cause over-procurement, material shortages, cost waste, and implementation delays. This study aims to calculate reinforced concrete structural material requirements and determine dominant materials based on cost contribution. This study uses a descriptive quantitative approach with a material requirement calculation method based on Unit Price Analysis coefficients and the Pareto method. The research object is reinforced concrete structural work in a building project located in Banjarmasin City, South Kalimantan Province. The research data include concrete, reinforcement, formwork work volumes, material coefficients, and material unit prices. The calculation results show that the total estimated cost of reinforced concrete structural materials is IDR48,212,479,845. Reinforcing steel is the material with the largest contribution, amounting to IDR26,823,407,848 or 55.64% of the total material cost. Ready-mix concrete fc'35 MPa contributes 21.33%, while ready-mix concrete fc'40 MPa contributes 8.15%. These three

materials generate a cumulative contribution of 85.11%. The Pareto analysis results show that reinforcing steel and ready-mix concrete are the main priority materials in project control. This study provides a measurable basis for material requirement planning and can support cost control in structural works.

Keywords: AHSP, Material, Pareto, Structure, Concrete.

PENDAHULUAN

Proyek konstruksi gedung memerlukan perencanaan sumber daya yang tepat agar pekerjaan dapat dilaksanakan sesuai dengan mutu, waktu, dan biaya yang telah ditetapkan. Material menjadi salah satu sumber daya utama karena hampir seluruh item pekerjaan konstruksi membutuhkan bahan dengan jenis, jumlah, mutu, dan waktu ketersediaan tertentu. Perencanaan material yang kurang tepat dapat menyebabkan kelebihan pengadaan, kekurangan material, pemborosan biaya, keterlambatan pekerjaan, dan gangguan terhadap produktivitas pelaksanaan. Kondisi tersebut menunjukkan bahwa perencanaan kebutuhan material perlu dilakukan secara sistematis sejak tahap penyusunan biaya pekerjaan. Manajemen material juga memiliki hubungan langsung dengan kinerja biaya, waktu, mutu, efisiensi, dan pengendalian pemborosan pada proyek konstruksi (Yıldız, Güneş and Kıvrak, 2024).

Pekerjaan struktur beton bertulang merupakan bagian penting dalam proyek gedung karena pekerjaan ini membentuk elemen utama bangunan. Pekerjaan tersebut umumnya mencakup pekerjaan beton, pekerjaan pembesian, dan pekerjaan bekisting. Setiap jenis pekerjaan membutuhkan material yang berbeda sesuai dengan fungsi dan karakteristik teknisnya. Pekerjaan beton membutuhkan material beton sesuai mutu rencana. Pekerjaan pembesian membutuhkan baja tulangan dan kawat bendrat sebagai material utama. Pekerjaan bekisting membutuhkan material cetakan beton dan bahan pendukung lain. Oleh karena itu, kebutuhan material pada pekerjaan struktur beton bertulang perlu dihitung berdasarkan

volume pekerjaan dan koefisien kebutuhan material yang sesuai dengan acuan teknis.

Analisis Harga Satuan Pekerjaan dapat digunakan sebagai dasar dalam menghitung kebutuhan sumber daya pada pekerjaan konstruksi. Permen PUPR Nomor 8 Tahun 2023 mengatur pedoman penyusunan perkiraan biaya pekerjaan konstruksi bidang pekerjaan umum dan perumahan rakyat. Peraturan tersebut memuat ketentuan tentang Analisis Harga Satuan Pekerjaan, analisis biaya penerapan sistem manajemen keselamatan konstruksi, dan sistem informasi harga perkiraan sendiri terintegrasi (Kementerian PUPR, 2023). Penyusunan perkiraan biaya pekerjaan konstruksi perlu dilakukan secara sistematis, logis, akurat, dan dapat dipertanggungjawabkan. Dengan demikian, penggunaan koefisien Analisis Harga Satuan Pekerjaan dalam perhitungan kebutuhan material dapat memberikan dasar analisis yang lebih terukur pada pekerjaan struktur beton bertulang.

Pembaruan acuan teknis dalam penyusunan Analisis Harga Satuan Pekerjaan juga perlu diperhatikan agar perhitungan biaya pekerjaan konstruksi sesuai dengan ketentuan terbaru. Surat Edaran Direktur Jenderal Bina Konstruksi Nomor 47/SE/Dk/2026 memuat tata cara penyusunan perkiraan biaya pekerjaan konstruksi bidang pekerjaan umum. Surat edaran tersebut memiliki beberapa lampiran, termasuk Lampiran II tentang acuan penyusunan Analisis Harga Satuan Pekerjaan dan Lampiran VI tentang Analisis Harga Satuan Pekerjaan Bidang Cipta Karya. Lampiran VI menjadi rujukan yang relevan untuk pekerjaan gedung karena bidang Cipta Karya berkaitan dengan pekerjaan bangunan gedung dan permukiman (Direktorat Jenderal

Bina Konstruksi, 2026). Oleh karena itu, penelitian ini menggunakan koefisien Analisis Harga Satuan Pekerjaan sebagai dasar perhitungan kebutuhan material struktur beton bertulang.

Perhitungan kebutuhan material menggunakan koefisien Analisis Harga Satuan Pekerjaan dapat menghasilkan jumlah material yang diperlukan pada setiap item pekerjaan. Namun, hasil perhitungan kebutuhan material belum cukup untuk menunjukkan material yang paling berpengaruh terhadap total biaya. Setiap material memiliki volume kebutuhan, harga satuan, dan nilai biaya yang berbeda. Material dengan kebutuhan volume besar belum tentu menjadi material paling dominan apabila harga satuannya rendah. Sebaliknya, material dengan volume lebih kecil dapat memberikan kontribusi biaya yang besar apabila harga satuannya tinggi. Oleh karena itu, perhitungan kebutuhan material perlu dilanjutkan dengan analisis kontribusi biaya agar prioritas pengendalian material dapat ditentukan secara lebih jelas.

Metode Pareto dapat digunakan untuk menentukan material dominan berdasarkan kontribusi biaya terbesar terhadap total biaya material. Prinsip Pareto menekankan bahwa sebagian kecil komponen dapat memberikan pengaruh besar terhadap keseluruhan hasil. Dalam konteks proyek konstruksi, metode Pareto dapat membantu peneliti dan pelaksana proyek mengidentifikasi material yang memiliki kontribusi dominan terhadap biaya atau pemborosan. Penelitian terdahulu menunjukkan bahwa metode Pareto dapat digunakan untuk menentukan material yang berpotensi menghasilkan kerugian besar pada proyek konstruksi (Putra, 2024). Penelitian lain juga menggunakan metode Pareto untuk mengidentifikasi material sisa dominan dalam pekerjaan konstruksi (Mokosuli, Mangare and Tjakra, 2023). Dengan demikian, metode Pareto dapat digunakan sebagai analisis lanjutan setelah kebutuhan dan biaya material dihitung berdasarkan koefisien Analisis Harga

Satuan Pekerjaan. Penelitian ini dilakukan pada proyek gedung yang berlokasi di Kota Banjarmasin, Provinsi Kalimantan Selatan. Objek penelitian difokuskan pada pekerjaan struktur beton bertulang yang terdiri atas pekerjaan beton, pekerjaan pembesian, dan pekerjaan bekisting. Perhitungan kebutuhan material dilakukan dengan mengalikan volume pekerjaan dan koefisien Analisis Harga Satuan Pekerjaan. Estimasi biaya material dihitung dengan mengalikan kebutuhan material dan harga satuan material. Analisis Pareto digunakan untuk mengurutkan material berdasarkan kontribusi biaya terbesar terhadap total biaya material. Rumusan masalah dalam penelitian ini adalah bagaimana kebutuhan material struktur beton bertulang berdasarkan koefisien Analisis Harga Satuan Pekerjaan, berapa estimasi biaya material yang dibutuhkan, dan material apa yang memiliki kontribusi dominan berdasarkan metode Pareto. Tujuan penelitian ini adalah menghitung kebutuhan material struktur beton bertulang, menghitung estimasi biaya material, dan menentukan material dominan sebagai dasar prioritas pengendalian material pada proyek gedung.

METODOLOGI PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan pendekatan kuantitatif deskriptif. Pendekatan kuantitatif digunakan karena penelitian ini menghitung kebutuhan material berdasarkan volume pekerjaan, koefisien Analisis Harga Satuan Pekerjaan, dan harga satuan material. Pendekatan deskriptif digunakan karena penelitian ini menjelaskan hasil perhitungan kebutuhan material, estimasi biaya material, kontribusi biaya, dan urutan material dominan berdasarkan metode Pareto. Penelitian ini tidak menggunakan pemodelan statistik, simulasi, atau alat bantu software. Seluruh proses analisis dilakukan melalui perhitungan manual berdasarkan rumus kebutuhan material, biaya material, dan kontribusi kumulatif. Hasil penelitian disajikan dalam

bentuk tabel dan uraian interpretatif agar hasil analisis dapat digunakan sebagai dasar pengendalian material pada proyek gedung.

Objek penelitian ini adalah pekerjaan struktur beton bertulang pada proyek gedung yang berlokasi di Kota Banjarmasin, Provinsi Kalimantan Selatan. Pekerjaan struktur beton bertulang dipilih karena pekerjaan ini memiliki kebutuhan material besar dan memiliki pengaruh langsung terhadap biaya pekerjaan konstruksi. Lingkup pekerjaan yang dianalisis meliputi pekerjaan beton, pekerjaan pembesian, dan pekerjaan bekisting. Pekerjaan beton dianalisis berdasarkan volume dalam satuan meter kubik. Pekerjaan pembesian dianalisis berdasarkan berat baja tulangan dalam satuan kilogram. Pekerjaan bekisting dianalisis berdasarkan luas bidang cetakan beton dalam satuan meter persegi. Pembatasan objek penelitian dilakukan agar analisis kebutuhan material dapat difokuskan pada pekerjaan struktur yang memiliki kontribusi penting terhadap pelaksanaan proyek gedung.

Data penelitian terdiri atas volume pekerjaan, koefisien bahan, dan harga satuan material. Volume pekerjaan diperoleh dari dokumen rencana pekerjaan proyek. Koefisien bahan mengacu pada Analisis Harga Satuan Pekerjaan yang relevan dengan pekerjaan struktur beton bertulang. Acuan koefisien digunakan dengan memperhatikan Permen PUPR Nomor 8 Tahun 2023 dan Surat Edaran Direktur Jenderal Bina Konstruksi Nomor 47/SE/Dk/2026, khususnya Lampiran VI tentang Analisis Harga Satuan Pekerjaan Bidang Cipta Karya. Permen PUPR Nomor 8 Tahun 2023 memuat pedoman penyusunan perkiraan biaya pekerjaan konstruksi bidang pekerjaan umum dan perumahan rakyat, sedangkan Lampiran VI SE DJBK Nomor 47/SE/Dk/2026 memuat Analisis Harga Satuan Pekerjaan Bidang Cipta Karya (Kementerian PUPR, 2023; Direktorat Jenderal Bina Konstruksi, 2026). Harga satuan material menggunakan data harga satuan bahan bangunan wilayah Provinsi Kalimantan

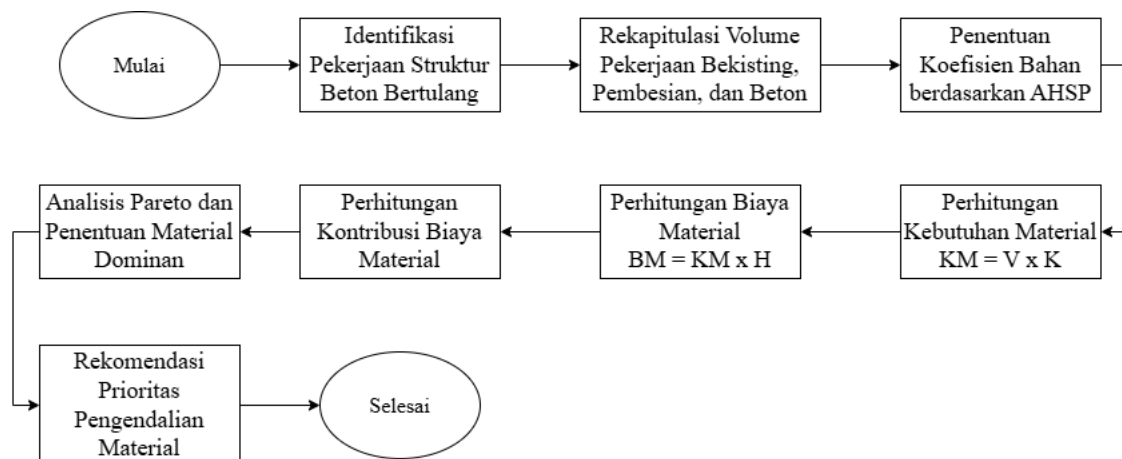
Selatan tahun 2025 yang tercantum dalam dokumen harga satuan bahan bangunan yang digunakan dalam penelitian.

Variabel penelitian terdiri atas variabel masukan dan variabel hasil. Variabel masukan meliputi jenis pekerjaan, volume pekerjaan, koefisien bahan, dan harga satuan material. Variabel hasil meliputi kebutuhan material, biaya material, persentase kontribusi biaya, persentase kumulatif, dan kategori prioritas material. Volume pekerjaan menunjukkan kuantitas pekerjaan struktur beton bertulang yang akan dihitung. Koefisien bahan menunjukkan indeks kebutuhan material untuk menghasilkan satu satuan pekerjaan. Harga satuan material menunjukkan nilai biaya setiap satuan material berdasarkan lokasi penelitian. Kebutuhan material menunjukkan jumlah material yang diperlukan berdasarkan volume pekerjaan dan koefisien bahan. Biaya material menunjukkan nilai biaya yang dibutuhkan untuk setiap jenis material.

Tahapan penelitian dilakukan secara berurutan. Tahap pertama adalah mengidentifikasi item pekerjaan struktur beton bertulang yang terdiri atas pekerjaan beton, pembesian, dan bekisting. Tahap kedua adalah mengelompokkan volume pekerjaan berdasarkan jenis pekerjaan utama. Tahap ketiga adalah menentukan koefisien bahan berdasarkan Analisis Harga Satuan Pekerjaan yang sesuai dengan item pekerjaan. Tahap keempat adalah menghitung kebutuhan material dengan mengalikan volume pekerjaan dan koefisien bahan. Tahap kelima adalah menghitung biaya material dengan mengalikan kebutuhan material dan harga satuan material. Tahap keenam adalah menghitung persentase kontribusi biaya setiap material terhadap total biaya material. Tahap ketujuh adalah mengurutkan material berdasarkan biaya terbesar sampai biaya terkecil. Tahap kedelapan adalah menerapkan metode Pareto untuk menentukan material prioritas utama dalam pengendalian pekerjaan struktur beton bertulang.

Tabel 1. Variabel Penelitian

No.	Variabel	Simbol	Satuan	Keterangan
1	Volume pekerjaan	V	m ³ , kg, m ²	Kuantitas pekerjaan struktur beton bertulang
2	Koefisien bahan	K	sesuai AHSP	Indeks kebutuhan material per satuan pekerjaan
3	Harga satuan material	H	Rp/satuan	Harga satuan material wilayah Kalimantan Selatan
4	Kebutuhan material	KM	sesuai material	Hasil perkalian volume dan koefisien bahan
5	Biaya material	BM	Rp	Hasil perkalian kebutuhan material dan harga satuan
6	Kontribusi biaya	P	%	Persentase biaya material terhadap total biaya
7	Kontribusi kumulatif	PK	%	Akumulasi kontribusi biaya berdasarkan urutan Pareto



Gambar 1. Tahapan Penelitian

Analisis kebutuhan material dilakukan dengan mengalikan volume pekerjaan dan koefisien bahan. Persamaan yang digunakan adalah sebagai berikut:

$$KM = V \times K$$

Keterangan:

KM = Kebutuhan Material

V = Volume Pekerjaan

K = Koefisien Bahan berdasarkan Analisis Harga Satuan Pekerjaan

(1)

Persamaan tersebut menunjukkan bahwa kebutuhan material berbanding lurus dengan volume pekerjaan. Semakin besar volume pekerjaan, semakin besar kebutuhan

material yang diperlukan. Koefisien bahan berfungsi sebagai faktor pengali yang menunjukkan jumlah material per satuan pekerjaan.

Hasil perhitungan kebutuhan material kemudian digunakan sebagai dasar dalam menghitung biaya material. Analisis biaya material dilakukan dengan mengalikan kebutuhan material dan harga satuan material. Persamaan yang digunakan adalah sebagai berikut:

$$BM = KM \times H$$

Keterangan:

BM = Biaya Material (2)

KM = Koefisien Material

H = Harga Satuan Material

Biaya material menunjukkan nilai biaya yang diperlukan untuk memenuhi kebutuhan setiap jenis material. Hasil perhitungan biaya material digunakan untuk mengetahui total biaya material pekerjaan struktur beton bertulang. Perhitungan biaya material juga digunakan sebagai dasar untuk menentukan kontribusi biaya setiap material terhadap total biaya material.

Analisis kontribusi biaya dilakukan dengan menghitung persentase biaya setiap material terhadap total biaya material. Persamaan yang digunakan adalah sebagai berikut:

$$P_i = \frac{BM_i}{\sum BM} \times 100\%$$

Keterangan:

P_i = Persentase Kontribusi Biaya Material ke-i

BM_i = Biaya Material ke-i

$\sum BM$ = Total Biaya Seluruh Material

(3)

Persentase kontribusi biaya menunjukkan besarnya pengaruh setiap material terhadap total biaya material. Material dengan persentase kontribusi tinggi menunjukkan material yang memiliki pengaruh besar terhadap biaya pekerjaan struktur. Hasil perhitungan persentase kontribusi kemudian diurutkan dari nilai terbesar sampai nilai terkecil sebagai dasar penerapan metode Pareto.

Metode Pareto digunakan untuk menentukan material dominan berdasarkan kontribusi biaya. Analisis Pareto dilakukan dengan mengurutkan material dari biaya terbesar sampai biaya terkecil. Setelah itu, persentase kontribusi setiap material dihitung terhadap total biaya material. Persentase kontribusi kemudian dijumlahkan secara berurutan untuk memperoleh persentase

kumulatif. Material yang membentuk kontribusi kumulatif sampai sekitar 80% dikategorikan sebagai material prioritas utama. Material pada kelompok berikutnya dikategorikan sebagai prioritas menengah dan prioritas rendah. Pengelompokan tersebut digunakan untuk menentukan prioritas pengendalian material pada pekerjaan struktur beton bertulang.

Asumsi dan batasan penelitian ditetapkan agar ruang lingkup analisis menjadi jelas. Penelitian ini hanya menganalisis komponen material pada pekerjaan struktur beton bertulang. Komponen tenaga kerja, peralatan, pajak, overhead, dan keuntungan tidak dianalisis sebagai variabel utama. Harga satuan material menggunakan pendekatan harga satuan wilayah Provinsi Kalimantan Selatan tahun 2025. Koefisien bahan menggunakan acuan Analisis Harga Satuan Pekerjaan terbaru yang relevan dengan pekerjaan gedung. Item pekerjaan yang dianalisis dibatasi pada pekerjaan beton, pembersian, dan bekisting. Dengan demikian, hasil penelitian menunjukkan kebutuhan dan prioritas pengendalian material, bukan total biaya keseluruhan proyek konstruksi.

Data volume pekerjaan yang digunakan dalam penelitian dikelompokkan berdasarkan pekerjaan beton, pembersian, dan bekisting. Beton dibedakan menjadi beton $f_c'35$ MPa dan beton $f_c'40$ MPa karena kedua mutu beton tersebut memiliki volume yang berbeda. Pembersian dihitung berdasarkan berat baja tulangan dalam satuan kilogram. Bekisting dihitung berdasarkan luas bidang cetakan beton dalam satuan meter persegi. Rekapitulasi volume awal digunakan sebagai dasar perhitungan kebutuhan material pada tahap hasil dan pembahasan.

Berdasarkan Tabel 3, volume pekerjaan struktur beton bertulang terdiri atas beton $f_c'35$ MPa sebesar 6.119,923 m³, beton $f_c'40$ MPa sebesar 2.334,474 m³, pembersian sebesar 1.664.441,385 kg, dan bekisting sebesar 51.485,480 m².

Data tersebut menjadi dasar perhitungan kebutuhan material pada tahap berikutnya. Perhitungan dilakukan dengan mempertahankan satuan setiap jenis pekerjaan agar hasil analisis sesuai dengan koefisien bahan yang digunakan. Setelah kebutuhan material diperoleh, hasil perhitungan dilanjutkan ke perhitungan biaya material dan analisis Pareto.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Koefisien Material yang Digunakan

Perhitungan kebutuhan material dilakukan berdasarkan volume pekerjaan dan

koefisien bahan. Koefisien bahan digunakan untuk mengubah volume pekerjaan menjadi kebutuhan material. Setiap item pekerjaan memiliki koefisien yang berbeda sesuai dengan jenis material dan satuan pekerjaannya. Pekerjaan beton menggunakan koefisien beton siap pakai, pekerjaan pembesian menggunakan koefisien baja tulangan dan kawat bendrat, sedangkan pekerjaan bekisting menggunakan koefisien material bekisting. Koefisien tersebut menjadi dasar utama dalam menghitung kebutuhan material struktur beton bertulang.

Tabel 2. Asumsi dan Batasan Penelitian

No.	Komponen	Keterangan
1	Lokasi penelitian	Kota Banjarmasin, Provinsi Kalimantan Selatan
2	Lingkup pekerjaan	Pekerjaan struktur beton bertulang
3	Item pekerjaan	Beton, pembesian, dan bekisting
4	Dasar volume	Data rencana pekerjaan proyek
5	Dasar koefisien	Analisis Harga Satuan Pekerjaan Bidang Cipta Karya
6	Dasar harga	Harga satuan bahan bangunan wilayah Kalimantan Selatan tahun 2025
7	Komponen dianalisis	Material
8	Komponen tidak dianalisis	Tenaga kerja, alat, pajak, <i>overhead</i> , dan keuntungan

Tabel 3. Rekapitulasi Volume Pekerjaan Struktur Beton Bertulang

No.	Jenis Pekerjaan	Satuan	Struktur Bawah	Struktur Atas	Total
1	Beton fc'35 MPa	m ³	1.191,612	4.928,311	6.119,923
2	Beton fc'40 MPa	m ³	0,000	2.334,474	2.334,474
3	Pembesian	kg	159.867,030	1.504.574,355	1.664.441,385
4	Bekisting	m ²	1.649,084	49.836,396	51.485,480

Tabel 4. Koefisien Material yang Digunakan

No.	Item Pekerjaan	Material	Volume Pekerjaan	Koefisien	Satuan Koefisien
1	Beton fc'35 MPa	Beton <i>ready mix</i> fc'35 MPa	6.119,923 m ³	1,020	m ³ /m ³
2	Beton fc'40 MPa	Beton <i>ready mix</i> fc'40 MPa	2.334,474 m ³	1,020	m ³ /m ³
3	Pembesian	Baja tulangan	1.664.441,385 kg	1,050	kg/kg
4	Pembesian	Kawat bendrat	1.664.441,385 kg	0,028	kg/kg
5	Bekisting	Papan kayu kelas III	51.485,480 m ²	0,000475	m ³ /m ²
6	Bekisting	Balok kayu kelas II	51.485,480 m ²	0,004925	m ³ /m ²
7	Bekisting	<i>Plywood</i> 12 mm	51.485,480 m ²	0,123420	lembar/m ²
8	Bekisting	Dolken kayu 8–10 cm	51.485,480 m ²	1,148,750	batang/m ²
9	Bekisting	Paku	51.485,480 m ²	0,397150	kg/m ²
10	Bekisting	Minyak bekisting	51.485,480 m ²	0,196180	liter/m ²
11	Bekisting	<i>Spacer</i>	51.485,480 m ²	0,427840	buah/m ²

Tabel 5. Hasil Perhitungan Kebutuhan Material

No.	Item Pekerjaan	Material	Volume	Koefisien	Kebutuhan Material	Satuan
1	Beton fc'35 MPa	Beton <i>ready mix</i> fc'35 MPa	6.119,923	1,020	6.242,321	m ³
2	Beton fc'40 MPa	Beton <i>ready mix</i> fc'40 MPa	2.334,474	1,020	2.381,164	m ³
3	Pembesian	Baja tulangan	1.664.441,385	1,050	1.747.663,454	kg
4	Pembesian	Kawat bendrat	1.664.441,385	0,028	46.604,359	kg
5	Bekisting	Papan kayu kelas III	51.485,480	0,000475	24,482	m ³
6	Bekisting	Balok kayu kelas II	51.485,480	0,004925	253,563	m ³
7	Bekisting	<i>Plywood</i> 12 mm	51.485,480	0,123420	6.354,161	lembar
8	Bekisting	Dolken kayu 8–10 cm	51.485,480	1,148,750	59.146,188	batang
9	Bekisting	Paku	51.485,480	0,397150	20.447,960	kg
10	Bekisting	Minyak bekisting	51.485,480	0,196180	10.100,743	liter
11	Bekisting	<i>Spacer</i>	51.485,480	0,427840	22.027,065	buah

Berdasarkan Tabel 4, pekerjaan beton $f_c'35$ MPa dan beton $f_c'40$ MPa menggunakan koefisien 1,020. Koefisien tersebut menunjukkan adanya kebutuhan beton siap pakai yang lebih besar daripada volume bersih pekerjaan. Pekerjaan pembesian menggunakan koefisien baja tulangan sebesar 1,050 dan kawat bendrat sebesar 0,028. Koefisien baja tulangan menunjukkan adanya tambahan kebutuhan material terhadap volume pembesian rencana. Koefisien kawat bendrat menunjukkan kebutuhan bahan pengikat terhadap berat baja tulangan. Pekerjaan bekisting menggunakan beberapa koefisien bahan karena pekerjaan ini membutuhkan material pendukung yang beragam.

Perhitungan Kebutuhan Material

Kebutuhan material dihitung dengan mengalikan volume pekerjaan dan koefisien material. Perhitungan ini menghasilkan jumlah material yang diperlukan untuk menyelesaikan pekerjaan struktur beton bertulang. Hasil perhitungan kebutuhan material disajikan pada Tabel 5. Berdasarkan Tabel 5, kebutuhan beton ready mix $f_c'35$ MPa adalah 6.242,321 m³. Kebutuhan beton ready mix $f_c'40$ MPa adalah 2.381,164 m³. Kebutuhan baja tulangan adalah 1.747.663,454 kg, sedangkan kebutuhan kawat bendrat adalah 46.604,359 kg. Pada pekerjaan bekisting, kebutuhan terbesar dalam jumlah satuan adalah dolken kayu 8–10 cm sebanyak 59.146,188 batang. Kebutuhan paku mencapai 20.447,960 kg, sedangkan kebutuhan minyak bekisting mencapai 10.100,743 liter. Hasil tersebut menunjukkan bahwa pekerjaan struktur beton bertulang membutuhkan pengendalian material yang rinci karena setiap kelompok pekerjaan memiliki karakteristik material yang berbeda.

Contoh Perhitungan Kebutuhan Material

Contoh perhitungan kebutuhan beton ready mix $f_c'35$ MPa dapat ditunjukkan sebagai berikut:

$$\begin{aligned} KM &= V \times K \\ &= 6.119,923 \times 1,020 \\ &= 6.242,321 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

Contoh perhitungan kebutuhan baja tulangan dapat ditunjukkan sebagai berikut:

$$\begin{aligned} KM &= 1.664.441,385 \times 1,050 \\ &= 1.747.663,454 \text{ kg} \end{aligned}$$

Hasil perhitungan tersebut menunjukkan bahwa kebutuhan material tidak selalu sama dengan volume pekerjaan. Koefisien material menyebabkan kebutuhan material dapat menjadi lebih besar daripada volume rencana. Kondisi ini perlu diperhatikan karena tambahan kebutuhan material dapat berpengaruh terhadap nilai biaya pekerjaan struktur.

Perhitungan Biaya Material

Biaya material dihitung dengan mengalikan kebutuhan material dan harga satuan material. Harga satuan material yang digunakan mengacu pada harga satuan wilayah Kalimantan Selatan tahun 2025 dan data pendekatan harga material yang relevan dengan lokasi penelitian. Perhitungan biaya material disajikan pada Tabel 6.

Berdasarkan Tabel 6, total estimasi biaya material pekerjaan struktur beton bertulang adalah Rp48.212.479.845. Biaya terbesar berasal dari baja tulangan, yaitu sebesar Rp26.823.407.848. Beton ready mix $f_c'35$ MPa menempati urutan biaya terbesar kedua dengan nilai Rp10.282.351.782. Beton ready mix $f_c'40$ MPa menempati urutan biaya terbesar ketiga dengan nilai Rp3.928.920.442. Ketiga material tersebut memiliki biaya yang jauh lebih besar dibandingkan material bekisting dan material pendukung lainnya. Hasil tersebut menunjukkan bahwa baja tulangan dan beton siap pakai menjadi komponen material utama dalam pekerjaan struktur beton bertulang.

Contoh Perhitungan Biaya Material

Contoh perhitungan biaya material baja tulangan dapat ditunjukkan sebagai berikut:

$$\begin{aligned} \text{BM} &= \text{KM} \times \text{H} \\ &= 1.747.663,454 \times 15.348 \\ &= \text{Rp. } 26.823.407,848 \end{aligned}$$

Contoh perhitungan biaya beton ready mix $f_c'35$ MPa dapat ditunjukkan sebagai berikut:

$$\begin{aligned} \text{BM} &= 6.242,321 \times 1.647.200 \\ &= \text{Rp. } 10.282.351.782 \end{aligned}$$

Hasil perhitungan tersebut menunjukkan bahwa biaya material dipengaruhi oleh kebutuhan material dan harga satuan. Baja tulangan memiliki kontribusi biaya terbesar karena kebutuhan materialnya tinggi dan harga satuannya cukup besar. Beton ready mix juga memiliki kontribusi besar karena volume pekerjaan beton pada proyek

cukup tinggi. Material pendukung bekisting memiliki kontribusi biaya lebih kecil karena nilai biaya setiap materialnya berada di bawah biaya baja tulangan dan beton siap pakai.

Analisis Kontribusi Biaya Material

Analisis kontribusi biaya material dilakukan untuk mengetahui besarnya pengaruh setiap material terhadap total biaya material struktur beton bertulang. Nilai kontribusi diperoleh dengan membandingkan biaya setiap material terhadap total biaya material. Material dengan persentase kontribusi terbesar menunjukkan material yang paling berpengaruh terhadap biaya pekerjaan struktur. Hasil analisis kontribusi biaya juga menjadi dasar dalam penerapan metode Pareto. Rekapitulasi kontribusi biaya material disajikan pada Tabel 7.

Tabel 6. Estimasi Biaya Material Struktur Beton Bertulang

No.	Material	Kebutuhan Material	Satuan	Harga Satuan	Biaya Material
1	Beton <i>ready mix</i> $f_c'35$ MPa	6.242,321	m ³	Rp1.647.200	Rp10.282.351.782
2	Beton <i>ready mix</i> $f_c'40$ MPa	2.381,164	m ³	Rp1.650.000	Rp3.928.920.442
3	Baja tulangan	1.747.663,454	kg	Rp15.348	Rp26.823.407.848
4	Kawat bendrat	46.604,359	kg	Rp23.782	Rp1.108.344.860
5	Papan kayu kelas III	24,482	m ³	Rp5.283.855	Rp129.359.348
6	Balok kayu kelas II	253,563	m ³	Rp7.323.391	Rp1.856.941.026
7	<i>Plywood</i> 12 mm	6.354,161	lembar	Rp317.379	Rp2.016.677.253
8	Dolken kayu 8–10 cm	59.146,188	batang	Rp18.660	Rp1.103.667.876
9	Paku	20.447,960	kg	Rp34.885	Rp713.327.072
10	Minyak bekisting	10.100,743	liter	Rp23.500	Rp237.367.451
11	<i>Spacer</i>	22.027,065	buah	Rp550	Rp12.114.886
Total					Rp48.212.479.845

Tabel 7. Kontribusi Biaya Material Struktur Beton Bertulang

No.	Material	Biaya Material	Kontribusi	Peringkat
1	Baja tulangan	Rp26.823.407.848	55,64%	1
2	Beton <i>ready mix</i> $f_c'35$ MPa	Rp10.282.351.782	21,33%	2

3	Beton <i>ready mix</i> fc'40 MPa	Rp3.928.920.442	8,15%	3
4	Plywood 12 mm	Rp2.016.677.253	4,18%	4
5	Balok kayu kelas II	Rp1.856.941.026	3,85%	5
6	Kawat bendrat	Rp1.108.344.860	2,30%	6
7	Dolken kayu 8–10 cm	Rp1.103.667.876	2,29%	7
8	Paku	Rp713.327.072	1,48%	8
9	Minyak bekisting	Rp237.367.451	0,49%	9
10	Papan kayu kelas III	Rp129.359.348	0,27%	10
11	<i>Spacer</i>	Rp12.114.886	0,03%	11
Total		Rp48.212.479.845	100,00%	

Berdasarkan Tabel 7, baja tulangan memiliki kontribusi biaya terbesar terhadap total biaya material. Nilai biaya baja tulangan mencapai Rp26.823.407.848 atau 55,64% dari total biaya material. Beton ready mix fc'35 MPa memiliki kontribusi sebesar Rp10.282.351.782 atau 21,33%. Beton ready mix fc'40 MPa memiliki kontribusi sebesar Rp3.928.920.442 atau 8,15%. Ketiga material tersebut memiliki pengaruh biaya paling besar dibandingkan material lainnya. Kondisi ini menunjukkan bahwa pekerjaan pembesian dan pekerjaan beton menjadi kelompok pekerjaan yang perlu mendapat perhatian utama dalam perencanaan kebutuhan material struktur beton bertulang.

Kontribusi biaya material bekisting berada di bawah kontribusi biaya baja tulangan dan beton ready mix. Plywood 12 mm memiliki kontribusi sebesar 4,18%, balok kayu kelas II sebesar 3,85%, dolken kayu 8–10 cm sebesar 2,29%, paku sebesar 1,48%, minyak bekisting sebesar 0,49%, dan papan kayu kelas III sebesar 0,27%. Kawat bendrat memiliki

kontribusi sebesar 2,30% karena material ini mengikuti volume pekerjaan pembesian. Spacer memiliki kontribusi terkecil, yaitu 0,03%. Hasil tersebut menunjukkan bahwa material bekisting dan material pendukung tetap perlu dihitung, tetapi pengaruhnya terhadap total biaya material lebih kecil dibandingkan baja tulangan dan beton ready mix.

Contoh Perhitungan Kontribusi Biaya

Contoh perhitungan kontribusi biaya baja tulangan dapat ditunjukkan sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
 P_i &= \frac{BM_i}{\sum BM} \times 100\% \\
 &= \frac{26.823.407.848}{48.212.479.845} \times 100\% \\
 &= 55,64\%
 \end{aligned}$$

Contoh perhitungan kontribusi biaya beton ready mix fc'35 MPa dapat ditunjukkan sebagai berikut:

$$P_i = \frac{10.282.351.782}{48.212.479.845} \times 100\% \\ = 21,33\%$$

Hasil perhitungan tersebut menunjukkan bahwa baja tulangan memberikan lebih dari setengah total biaya material struktur beton bertulang. Beton ready mix $fc'35$ MPa juga memberikan kontribusi besar karena volume pekerjaan beton $fc'35$ MPa lebih tinggi daripada volume beton $fc'40$ MPa.

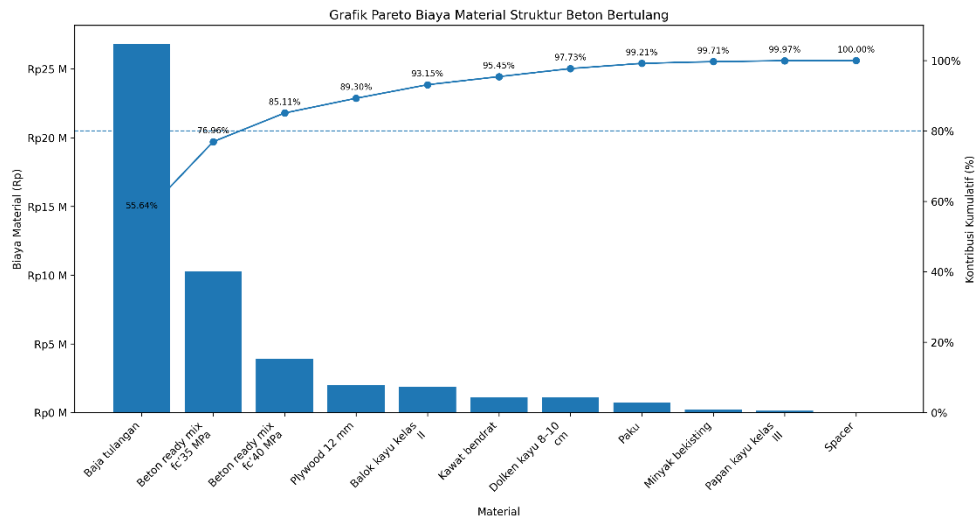
Dengan demikian, kedua material tersebut perlu menjadi perhatian utama dalam pengendalian biaya material.

Analisis Pareto Material

Analisis Pareto dilakukan dengan mengurutkan material dari biaya terbesar sampai biaya terkecil. Setelah itu, persentase kontribusi setiap material dijumlahkan secara berurutan untuk memperoleh nilai kumulatif. Material yang membentuk kontribusi kumulatif sampai sekitar 80% dikategorikan sebagai material prioritas utama. Material yang melewati batas kumulatif tersebut tetap dapat dimasukkan sebagai prioritas utama apabila material tersebut menjadi komponen yang menyebabkan kumulatif pertama kali melampaui batas 80%. Hasil analisis Pareto material disajikan pada Tabel 8.

Tabel 8. Analisis Pareto Material Struktur Beton Bertulang

No.	Material	Biaya Material	Kontribusi	Kumulatif	Kategori
1	Baja tulangan	Rp26.823.407.848	55,64%	55,64%	Prioritas utama
2	Beton <i>ready mix</i> $fc'35$ MPa	Rp10.282.351.782	21,33%	76,96%	Prioritas utama
3	Beton <i>ready mix</i> $fc'40$ MPa	Rp3.928.920.442	8,15%	85,11%	Prioritas utama
4	<i>Plywood</i> 12 mm	Rp2.016.677.253	4,18%	89,30%	Prioritas menengah
5	Balok kayu kelas II	Rp1.856.941.026	3,85%	93,15%	Prioritas menengah
6	Kawat bendrat	Rp1.108.344.860	2,30%	95,45%	Prioritas menengah
7	Dolken kayu 8–10 cm	Rp1.103.667.876	2,29%	97,73%	Prioritas rendah
8	Paku	Rp713.327.072	1,48%	99,21%	Prioritas rendah
9	Minyak bekisting	Rp237.367.451	0,49%	99,71%	Prioritas rendah
10	Papan kayu kelas III	Rp129.359.348	0,27%	99,97%	Prioritas rendah
11	<i>Spacer</i>	Rp12.114.886	0,03%	100,00%	Prioritas rendah



Gambar 2. Grafik Pareto Biaya Material Struktur Beton Bertulang

Berdasarkan Tabel 8, material prioritas utama terdiri atas baja tulangan, beton ready mix fc'35 MPa, dan beton ready mix fc'40 MPa. Ketiga material tersebut menghasilkan kontribusi kumulatif sebesar 85,11%. Nilai tersebut menunjukkan bahwa sebagian kecil material memberikan pengaruh terbesar terhadap total biaya material struktur beton bertulang. Hasil ini sesuai dengan prinsip Pareto karena material dominan dapat ditentukan berdasarkan akumulasi kontribusi biaya terbesar. Oleh karena itu, pengendalian material pada proyek gedung perlu diprioritaskan pada baja tulangan dan beton ready mix.

Material prioritas menengah terdiri atas plywood 12 mm, balok kayu kelas II, dan kawat bendrat. Ketiga material tersebut meningkatkan kontribusi kumulatif dari 85,11% menjadi 95,45%. Material prioritas menengah tetap perlu dikendalikan karena material tersebut masih memiliki pengaruh biaya yang cukup berarti. Plywood dan balok kayu berhubungan dengan pekerjaan bekisting, sedangkan kawat bendrat berhubungan dengan pekerjaan pembesian. Pengendalian kelompok material ini dapat dilakukan melalui pengaturan jumlah pengadaan, perawatan material, penggunaan

ulang material bekisting, dan pengawasan kehilangan material di lapangan.

Material prioritas rendah terdiri atas dolken kayu 8–10 cm, paku, minyak bekisting, papan kayu kelas III, dan spacer. Kelompok material ini memiliki kontribusi biaya yang lebih kecil dibandingkan material prioritas utama dan prioritas menengah. Meskipun demikian, material tersebut tetap perlu direncanakan dan diawasi agar tidak terjadi kekurangan pada saat pelaksanaan pekerjaan. Material prioritas rendah lebih tepat dikendalikan melalui pencatatan kebutuhan, pemeriksaan ketersediaan, dan pengawasan penggunaan harian. Dengan demikian, semua material tetap masuk dalam sistem pengendalian, tetapi tingkat pengawasannya disesuaikan dengan pengaruh biaya masing-masing material.

Interpretasi Hasil Pareto

Hasil analisis Pareto menunjukkan bahwa baja tulangan menjadi material paling dominan dalam pekerjaan struktur beton bertulang. Kondisi tersebut terjadi karena volume pembesian mencapai 1.664.441,385 kg sebelum dikalikan koefisien. Setelah dikalikan koefisien 1,050, kebutuhan baja tulangan menjadi 1.747.663,454 kg. Selain

volume kebutuhan yang besar, harga satuan baja tulangan juga cukup tinggi dibandingkan beberapa material lain. Kombinasi antara kebutuhan material dan harga satuan tersebut menyebabkan baja tulangan menjadi material dengan kontribusi biaya terbesar. Oleh karena itu, pengendalian baja tulangan perlu menjadi prioritas utama dalam pelaksanaan proyek.

Beton ready mix $fc'35$ MPa menjadi material dominan kedua karena volume pekerjaan beton $fc'35$ MPa mencapai 6.119,923 m³. Setelah dikalikan koefisien 1,020, kebutuhan beton ready mix $fc'35$ MPa menjadi 6.242,321 m³. Beton ready mix $fc'40$ MPa menjadi material dominan ketiga dengan kebutuhan sebesar 2.381,164 m³. Kedua jenis beton tersebut memiliki kontribusi biaya besar karena pekerjaan beton merupakan bagian utama dalam struktur gedung. Kebutuhan beton yang besar perlu dikendalikan melalui perencanaan volume pemesanan dan penjadwalan pengecoran yang tepat. Pengendalian tersebut penting karena kesalahan pemesanan beton dapat menyebabkan kelebihan volume, kekurangan pasokan, gangguan pengecoran, dan pemborosan biaya.

Hasil Pareto juga menunjukkan bahwa material bekisting tidak termasuk kelompok prioritas utama, tetapi tetap memiliki peran penting dalam pekerjaan struktur. Plywood 12 mm dan balok kayu kelas II masuk dalam kelompok prioritas menengah karena keduanya memiliki kontribusi biaya lebih besar dibandingkan beberapa material pendukung lain. Material bekisting memiliki karakter yang berbeda dengan beton dan baja tulangan karena sebagian material dapat digunakan ulang.

Oleh karena itu, pengendalian material bekisting perlu memperhatikan jumlah pembelian awal, frekuensi penggunaan ulang, tingkat kerusakan, dan metode penyimpanan. Strategi ini dapat membantu proyek menekan biaya bekisting tanpa mengurangi mutu pekerjaan beton.

Implikasi Pengendalian Material

Hasil perhitungan dan analisis Pareto dapat digunakan sebagai dasar pengendalian material proyek. Pengendalian material prioritas utama perlu dilakukan secara lebih ketat karena kelompok material ini memiliki pengaruh paling besar terhadap total biaya material. Baja tulangan perlu dikendalikan melalui pemeriksaan diameter, panjang, berat, jumlah, penyimpanan, pemotongan, pembengkokan, dan pemanfaatan sisa potongan. Pengendalian tersebut diperlukan agar kebutuhan baja tulangan sesuai dengan rencana dan sisa material dapat diminimalkan. Kesalahan kecil dalam pengelolaan baja tulangan dapat memberikan dampak biaya yang besar karena nilai kontribusinya mencapai 55,64%.

Pengendalian beton ready mix perlu difokuskan pada kesesuaian mutu, volume pemesanan, waktu pengiriman, dan kesiapan lokasi pengecoran. Proyek perlu memastikan bahwa volume beton yang dipesan sesuai dengan volume pekerjaan dan kebutuhan aktual di lapangan. Koordinasi antara pemasok beton dan pelaksana lapangan perlu dilakukan sebelum pengecoran agar keterlambatan pengiriman dapat dihindari. Kesiapan bekisting, pembesian, tenaga kerja, dan alat bantu pengecoran juga perlu diperiksa sebelum beton datang ke lokasi. Pengendalian ini penting karena beton ready mix memiliki waktu kerja tertentu dan tidak dapat disimpan seperti material padat lainnya.

Pengendalian material bekisting perlu diarahkan pada efisiensi penggunaan ulang dan pengurangan kerusakan material. Plywood, balok kayu, dolken, papan, paku, dan minyak bekisting perlu digunakan sesuai kebutuhan lapangan. Material bekisting yang masih layak pakai perlu disimpan dengan baik agar dapat digunakan kembali pada pekerjaan berikutnya. Penggunaan ulang yang terencana dapat menurunkan kebutuhan pembelian material baru. Namun, penggunaan ulang juga harus tetap mempertimbangkan mutu cetakan

beton dan keamanan pelaksanaan pekerjaan. Dengan demikian, pengendalian bekisting perlu menyeimbangkan efisiensi biaya, mutu pekerjaan, dan keselamatan kerja.

Secara keseluruhan, kombinasi koefisien Analisis Harga Satuan Pekerjaan dan metode Pareto memberikan dua manfaat utama dalam perencanaan kebutuhan material. Koefisien Analisis Harga Satuan Pekerjaan memberikan dasar kuantitatif untuk menghitung jumlah kebutuhan material. Metode Pareto memberikan dasar prioritas untuk menentukan material yang paling berpengaruh terhadap biaya. Kombinasi kedua metode tersebut membuat perencanaan material menjadi lebih terarah. Hasil penelitian tidak hanya menunjukkan jumlah kebutuhan material, tetapi juga menunjukkan material yang perlu mendapat prioritas pengendalian. Dengan demikian, metode ini dapat digunakan sebagai pendekatan praktis dalam pengendalian material pekerjaan struktur beton bertulang pada proyek gedung.

SIMPULAN

Berdasarkan hasil perhitungan, kebutuhan material struktur beton bertulang dapat direncanakan secara sistematis menggunakan volume pekerjaan dan koefisien Analisis Harga Satuan Pekerjaan. Volume pekerjaan yang dianalisis terdiri atas beton fc'35 MPa sebesar 6.119,923 m³, beton fc'40 MPa sebesar 2.334,474 m³, pembesian sebesar 1.664.441,385 kg, dan bekisting sebesar 51.485,480 m². Hasil perhitungan menunjukkan bahwa kebutuhan beton ready mix fc'35 MPa adalah 6.242,321 m³, beton ready mix fc'40 MPa adalah 2.381,164 m³, baja tulangan adalah 1.747.663,454 kg, dan kawat bendrat adalah 46.604,359 kg. Kebutuhan material bekisting terdiri atas papan kayu kelas III sebesar 24,482 m³, balok kayu kelas II sebesar 253,563 m³, plywood 12 mm sebesar 6.354,161 lembar, dolken kayu 8–10 cm sebesar 59.146,188 batang, paku sebesar 20.447,960 kg, minyak bekisting

sebesar 10.100,743 liter, dan spacer sebesar 22.027,065 buah.

Hasil estimasi biaya menunjukkan bahwa total biaya material struktur beton bertulang adalah sebesar Rp48.212.479.845. Baja tulangan menjadi material dengan biaya terbesar, yaitu Rp26.823.407.848 atau 55,64% dari total biaya material. Beton ready mix fc'35 MPa menempati urutan kedua dengan biaya sebesar Rp10.282.351.782 atau 21,33%. Beton ready mix fc'40 MPa menempati urutan ketiga dengan biaya sebesar Rp3.928.920.442 atau 8,15%. Hasil tersebut menunjukkan bahwa baja tulangan dan beton ready mix merupakan komponen material yang paling berpengaruh terhadap biaya pekerjaan struktur beton bertulang.

Hasil analisis Pareto menunjukkan bahwa baja tulangan, beton ready mix fc'35 MPa, dan beton ready mix fc'40 MPa termasuk dalam kelompok material prioritas utama. Ketiga material tersebut menghasilkan kontribusi kumulatif sebesar 85,11% terhadap total biaya material. Material prioritas menengah terdiri atas plywood 12 mm, balok kayu kelas II, dan kawat bendrat. Material prioritas rendah terdiri atas dolken kayu 8–10 cm, paku, minyak bekisting, papan kayu kelas III, dan spacer. Hasil ini menunjukkan bahwa pengendalian material perlu difokuskan terlebih dahulu pada baja tulangan dan beton ready mix karena kedua kelompok material tersebut memiliki pengaruh paling besar terhadap biaya pekerjaan struktur.

Penelitian ini menunjukkan bahwa kombinasi koefisien Analisis Harga Satuan Pekerjaan dan metode Pareto dapat digunakan sebagai pendekatan perencanaan kebutuhan material yang terukur. Koefisien Analisis Harga Satuan Pekerjaan dapat membantu menghitung jumlah kebutuhan material berdasarkan volume pekerjaan. Metode Pareto dapat membantu menentukan material yang perlu menjadi prioritas pengendalian berdasarkan kontribusi biaya. Hasil penelitian ini dapat digunakan sebagai dasar dalam

menyusun rencana pengadaan material, mengendalikan biaya pekerjaan struktur, dan menentukan fokus pengawasan material pada proyek gedung. Penelitian berikutnya dapat menambahkan data realisasi penggunaan material di lapangan agar hasil perencanaan dapat dibandingkan dengan kondisi aktual proyek.

DAFTAR PUSTAKA

- Andriawan, M. A. and Susanto, S. (2026) 'Penerapan Lean Construction Untuk Mengurangi Waste Baja Ringan Pada Rangka Atap Perumahan', *Jurnal Civil Engineering Study*, 6(1).
- Direktorat Jenderal Bina Konstruksi. (2026) Lampiran VI Surat Edaran Direktur Jenderal Bina Konstruksi Nomor 47/SE/Dk/2026 tentang Analisis Harga Satuan Pekerjaan Bidang Cipta Karya. Jakarta: Kementerian Pekerjaan Umum.
- Jurnal HSBBKI. (2025) *Jurnal Harga Satuan Bahan Bangunan Konstruksi dan Interior: Journal of Building Construction, Interior & Material Prices*. Edisi 44 Tahun XXXI. Jakarta: Jurnal HSBBKI.
- Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat. (2023) Peraturan Menteri Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat Nomor 8 Tahun 2023 tentang Pedoman Penyusunan Perkiraan Biaya Pekerjaan Konstruksi Bidang Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat. Jakarta: Kementerian PUPR.
- Kurniawan, D., Malingkas, G. Y. and Tjakra, J. (2026) 'Analisis Sisa Material Konstruksi Menggunakan Metode Pareto dan Fishbone Diagram pada Proyek Pembangunan Rumah Sakit Umum Hermana Lembean', *TEKNO*, 24(95).
- Mokosuli, T. A. P. J., Mangare, J. B. and Tjakra, J. (2023) 'Evaluasi Sisa Material Konstruksi Menggunakan Metode Pareto dan Fishbone Diagram pada Proyek Pembangunan Rumah Tipe 72/125 di Perumahan Sawangan Permai', *TEKNO*, 21(85).
- Pemerintah Kota Banjarmasin. (2024) Peraturan Wali Kota Banjarmasin Nomor 66 Tahun 2024 tentang Standar Satuan Harga Barang dan Jasa Kota Banjarmasin Tahun Anggaran 2025. Banjarmasin: Pemerintah Kota Banjarmasin.
- Putra, D. P., Dwiantoro, E. and Hariza, E. R. (2024) 'Evaluasi Waste Material pada Proyek Konstruksi Menggunakan Metode Pareto dan Fishbone Diagram: Studi Kasus Rusun Ponpes Al-Muslimun Bengkulu Tengah', *Jurnal Penelitian IPTEKS*, 9(2), pp. 258–267.
- Yıldız, S., Güneş, S. and Kıvrak, S. (2024) 'Examining the Impact of Material Management Practices on Project Performance in the Construction Industry', *Buildings*, 14(7), p. 2076.