

RASIO KEBUTUHAN BESI TULANGAN DAN BEKISTING PADA PEKERJAAN STRUKTUR BETON BERTULANG GEDUNG 2 LANTAI

Ferianto Raharjo^{1*}

¹Teknik Sipil, Universitas Atma Jaya Yogyakarta

Email: ferianto.raharjo@uajy.ac.id

Abstrak

Akurasi estimasi biaya pekerjaan struktur beton bertulang akan tergantung pada akurasi estimasi volume pekerjaan besi tulangan, bekisting, dan beton. Pada tahap perencanaan awal, untuk dapat melakukan estimasi secara cepat, akurat, dan wajar, dibutuhkan parameter berupa angka rasio yang akan digunakan untuk memprediksi kebutuhan besi tulangan dan bekisting. Penelitian ini bertujuan memperoleh angka rasio kebutuhan berat besi tulangan dan luas bekisting terhadap volume beton pada setiap elemen pekerjaan struktur beton bertulang bangunan gedung 2 lantai. Analisis dilakukan pada tahapan perancangan dan perencanaan dengan menggunakan data berupa dokumen *Detailed Engineering Design* (DED) dan *Bill of Quantity* (BoQ) dari tiga proyek pembangunan gedung 2 lantai. Rasio dihitung dengan membandingkan total berat besi dan total luas bekisting terhadap total volume beton pada setiap jenis kelompok pekerjaan struktur beton bertulang. Berdasarkan hasil analisis pada tiga proyek pembangunan gedung tersebut, diperoleh rasio berat besi tulangan terbesar ada pada pekerjaan balok lantai 2 dengan nilai 256,87 kg/m³, dan rasio terkecil ada pada pekerjaan fondasi dengan nilai 104,46 kg/m³. Sedangkan rasio luas bekisting terbesar ada pada pekerjaan kolom lantai 2 dengan nilai 12,59 m²/m³, dan rasio terkecil ada pada pekerjaan fondasi dengan nilai 2,89 m²/m³.

Kata kunci: bekisting, besi tulangan, beton, estimasi biaya, estimasi volume

Abstract

The accuracy of cost estimates for reinforced concrete work depends on the accuracy of volume estimates for reinforcement bar, formwork, and concrete. In the initial planning stage, to perform estimates quickly, accurately, and reasonably, it requires parameters in the form of ratio figures to predict the requirements for reinforcement bar and formwork. This study aimed to determine the ratio values for the weight of reinforcement bar and the area of formwork relative to the concrete volume for each structural element of reinforced concrete work in a two-story building. The analysis was conducted during the design and planning phases using data from Detailed Engineering Design (DED) documents and Bill of Quantities (BoQ) from three two-story building construction projects. The ratios were calculated by comparing the total weight of reinforcement bar and the total formwork area to the total concrete volume for each type of reinforced concrete structural work group. Based on the analysis of those three building construction projects, the highest reinforcement bar weight ratio was found in the second-floor beam work with a value of 256.87 kg/m³, and the lowest ratio was found in the foundation work with a value of 104.46 kg/m³. Meanwhile, the highest formwork area ratio was found in the second-floor column work with a value of 12.59 m²/m³, and the lowest ratio was found in the foundation work with a value of 2.89 m²/m³.

Keywords: concrete, cost estimation, formwork, reinforcement bar, volume estimation

1. PENDAHULUAN

Pelaksanaan proyek konstruksi akan selalu menghadapi tantangan yang saling terkait, yaitu biaya, waktu, dan mutu. Keseimbangan dalam menghadapi ketiga tantangan tersebut menjadi sangat krusial, karena perubahan yang dilakukan pada salah satu tantangan akan berpengaruh pada dua tantangan lainnya. Kegagalan dalam menghadapi tantangan-tantangan tersebut dapat menimbulkan efek domino yang dapat menyebabkan kerugian bagi para pemangku kepentingan proyek.

Pada setiap pelaksanaan proyek konstruksi, perencanaan biaya yang matang akan menjadi salah satu kunci utama untuk mencapai efisiensi dan keberhasilan (Sawalhi, 2012). Salah satu tahapan perencanaan biaya yang paling krusial adalah tahapan *quantity take-off*, yaitu aktivitas pengukuran dan perhitungan volume setiap item pekerjaan konstruksi yang ada pada gambar rencana untuk menentukan jumlah kebutuhan material, tenaga kerja, dan peralatan. Perhitungan jumlah kebutuhan material yang akurat akan memastikan ketersediaan material di lapangan, meminimalkan pemborosan, mengoptimalkan penugasan sumber daya manusia, menjamin kualitas pekerjaan, dan ketepatan biaya pelaksanaan.

Perencanaan biaya akan menghasilkan perkiraan biaya yang dibutuhkan untuk menyelesaikan pekerjaan proyek konstruksi. Salah satu komponen pekerjaan yang memiliki persentase signifikan terhadap biaya total proyek pembangunan gedung adalah pekerjaan struktur beton bertulang, yang terdiri dari pekerjaan besi tulangan, bekisting, dan beton. Biaya yang diperlukan untuk pekerjaan struktur beton bertulang bisa mencapai 30% hingga 50% dari total biaya pembangunan gedung (Permatasari, 2023). Hal ini disebabkan pekerjaan struktur memiliki persentase yang besar karena melibatkan material bervolume besar dengan harga yang tinggi, yaitu besi tulangan, bekisting, dan beton.

Estimasi biaya yang akurat pada pekerjaan struktur beton bertulang akan bergantung pada akurasi perhitungan volume pekerjaan besi tulangan, bekisting, dan beton. Pada tahap perencanaan awal, gambar detail struktur beton bertulang biasanya belum tersedia, sehingga *Estimator* atau *Quantity Surveyor* (QS) akan membutuhkan metode estimasi cepat tetapi akurat untuk menentukan rencana anggaran biaya awal. Untuk dapat melakukan estimasi cepat, dibutuhkan parameter berupa angka rasio material. Pada perencanaan biaya pekerjaan struktur beton bertulang, angka rasio berat besi tulangan (kg/m^3) dan luas bekisting (m^2/m^3) terhadap volume beton dapat digunakan sebagai parameter pembanding untuk melakukan estimasi cepat kebutuhan volume besi tulangan dan bekisting yang dibutuhkan untuk membuat perhitungan awal rencana anggaran biaya yang wajar.

Beberapa kajian terkait perhitungan rasio kebutuhan besi tulangan dan bekisting terhadap volume beton telah dilakukan. Variasi dimensi elemen struktur, kompleksitas desain struktur, perbedaan fungsi gedung, dan zona gempa yang berbeda akan mengakibatkan rasio berat besi tulangan dan luas bekisting terhadap volume beton yang tidak pernah seragam (Sutanto, 2016). Ketidakteragaman ini dapat menimbulkan risiko finansial bagi pemilik proyek maupun kontraktor. Estimasi yang terlalu rendah (*underestimate*) dapat menyebabkan terhentinya proyek karena kekurangan dana, sementara estimasi yang terlalu tinggi (*overestimate*) akan membuat penawaran harga menjadi tidak kompetitif.

Dengan persentase biaya yang besar pada pekerjaan struktur beton bertulang, dari berbagai item pekerjaan yang ada pada proyek bangunan gedung, penelitian ini dibatasi hanya dilakukan pada pekerjaan struktur utama beton bertulang saja.

Penelitian ini bertujuan untuk memperoleh angka rasio kebutuhan berat besi tulangan dan luas bekisting terhadap volume beton pada setiap elemen pekerjaan struktur beton bertulang bangunan gedung 2 lantai. Angka rasio yang diperoleh diharapkan dapat menjadi data empiris yang valid, yang dapat dijadikan sebagai acuan teknis untuk menghitung dengan cepat kebutuhan material pekerjaan struktur beton bertulang pada bangunan gedung 2 lantai lainnya.

2. METODOLOGI

Analisis dilakukan berdasarkan data yang diperoleh pada tahap perancangan dan perencanaan, dimana dokumen *Detailed Engineering Design* (DED) dan *Bill of Quantity* (BoQ) telah selesai dibuat. Dengan data yang tersedia pada tahap ini, diperoleh hasil perhitungan volume kebutuhan besi tulangan, bekisting, dan beton yang tepat dan terperinci, karena dihitung dengan berpedoman pada gambar rencana, gambar potongan, gambar detail, dan spesifikasi lainnya yang telah tersedia.

Volume kebutuhan besi tulangan, bekisting, dan beton yang digunakan pada penelitian ini bersumber pada data sekunder, yaitu daftar volume kebutuhan besi tulangan (kg), bekisting (m^2), dan beton (m^3), yang diperoleh dari *Bill of Quantity* tiga buah proyek pembangunan gedung 2 lantai. Karakteristik utama dari tiga proyek gedung tersebut ditunjukkan pada Tabel 1.

Tabel 1. Karakteristik gedung yang digunakan pada penelitian

	Gedung 1	Gedung 2	Gedung 3
Fungsi Bangunan	Gedung Pertemuan	Gedung Asrama	Gedung Pertemuan
Lokasi Bangunan	Yogyakarta	Yogyakarta	Gombong
Tahun Perancangan	2025	2025	2025
Struktur Utama	Beton Bertulang	Beton Bertulang	Beton Bertulang
Jenis Fondasi	Fondasi Telapak	Fondasi Telapak	Fondasi Telapak
Mutu Beton (MPa)	22,8	22,8	22,8
Mutu Besi Tulangan (MPa)	Polos – 280 Ulir – 420	Polos – 280 Ulir – 420	Polos – 280 Ulir – 420
Luas Bangunan (m^2)	840	560	1.340
Sistem Struktur	SRPMK	SRPMK	SRPMK

Data volume kebutuhan besi tulangan, bekisting, dan beton yang digunakan dibatasi hanya pada pekerjaan struktur utama saja, dengan pengelompokan pekerjaan struktur dibuat berdasarkan *Bill of Quantity* yang terdiri dari:

- Pekerjaan struktur bawah, berupa pekerjaan fondasi dan sloof.
- Pekerjaan struktur lantai 1, berupa pekerjaan kolom lantai 1.
- Pekerjaan struktur lantai 2, berupa pekerjaan balok lantai 2, pelat lantai 2, dan kolom lantai 2.
- Pekerjaan struktur atap, berupa pekerjaan balok ring.

Dari data kebutuhan besi tulangan, bekisting, dan beton yang ada pada *Bill of Quantity* setiap proyek bangunan gedung tersebut kemudian dihitung angka rasio kebutuhan berat besi tulangan dan luasan bekisting terhadap volume beton untuk setiap jenis kelompok pekerjaan struktur yang sudah dikelompokkan. Perhitungan rasio besi/beton dan bekisting/beton menggunakan Persamaan 1 dan Persamaan 2.

$$\text{Rasio besi/beton (kg/m}^3\text{)} = \frac{\text{Total berat besi (kg)}}{\text{Total volume beton (m}^3\text{)}} \quad (1)$$

$$\text{Rasio bekisting/beton (m}^2\text{/m}^3\text{)} = \frac{\text{Total luasan bekisting (m}^2\text{)}}{\text{Total volume beton (m}^3\text{)}} \quad (2)$$

Hasil perhitungan angka rasio besi/beton dan bekisting/beton yang diperoleh untuk setiap jenis pekerjaan kemudian disusun ke dalam tabel. Dari angka rasio tersebut, kemudian dipilih angka rasio minimal, maksimal dan rerata untuk setiap jenis pekerjaan. Visualisasi dalam bentuk grafik dipilih untuk memudahkan melihat dan membandingkan hasil perhitungan, angka rasio minimal, maksimal, dan rerata.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Data bersumber dari *Bill of Quantity* tiga proyek pembangunan gedung 2 lantai. Dari berbagai item pekerjaan yang ada pada *Bill of Quantity* di setiap proyek tersebut, hanya dipilih item pekerjaan struktur utama beton bertulang saja. Berat besi tulangan dihitung dengan menjumlahkan berat besi tulangan berbagai diameter yang digunakan pada setiap kelompok elemen pekerjaan. Daftar volume kebutuhan besi tulangan, bekisting, dan beton dari ketiga proyek pembangunan gedung tersebut kemudian disusun ke dalam tabel seperti ditunjukkan pada Tabel 2, Tabel 3, dan Tabel 4.

Tabel 2. Daftar kebutuhan besi tulangan, bekisting, dan beton pada gedung 1

Pekerjaan	Besi Tulangan (kg)	Bekisting (m ²)	Beton (m ³)
Bawah			
Fondasi	2.013,95	47,28	20,76
Sloof	2.706,79	120,73	9,05
Lantai 1			
Kolom	5.479,84	266,70	22,05
Lantai 2			
Balok	6.866,43	308,33	26,43
Pelat Lantai	3.867,66	324,72	38,23
Kolom	1.538,94	108,80	8,08
Atap			
Balok Ring	1.109,93	91,37	6,71

Tabel 3. Daftar kebutuhan besi tulangan, bekisting, dan beton pada gedung 2

Pekerjaan	Besi Tulangan (kg)	Bekisting (m ²)	Beton (m ³)
Bawah			
Fondasi	980,14	29,40	9,69
Sloof	1.599,56	78,64	5,90
Lantai 1			
Kolom	3.808,04	250,22	17,86
Lantai 2			
Balok	4.057,00	190,03	14,84
Pelat Lantai	2.635,72	196,86	23,62
Kolom	1.206,72	96,22	5,98
Atap			
Balok Ring	894,02	48,66	3,65

Tabel 4. Daftar kebutuhan besi tulangan, bekisting, dan beton pada gedung 3

Pekerjaan	Besi Tulangan (kg)	Bekisting (m ²)	Beton (m ³)
Bawah			
Fondasi	2.323,75	67,56	20,17
Sloof	2.455,34	101,55	12,69
Lantai 1			
Kolom	7.793,57	213,44	26,68
Lantai 2			
Balok	7.951,99	241,47	33,49
Pelat Lantai	3.462,69	248,61	29,83
Kolom	6.115,64	194,44	23,65
Atap			
Balok Ring	3.561,54	163,77	18,54

Dari daftar kebutuhan besi tulangan, bekisting, dan beton pada tiga bangunan gedung tersebut, kemudian dihitung rasio kebutuhan berat besi tulangan dan luas bekisting terhadap volume beton untuk setiap jenis pekerjaan struktur beton bertulang. Perhitungan rasio dilakukan berdasarkan volume besi tulangan, bekisting, dan beton pada masing-masing gedung. Nilai rasio yang diperoleh dari hasil perhitungan kemudian disusun ke dalam tabel seperti ditunjukkan pada Tabel 5 dan Tabel 6.

Tabel 5. Rasio berat besi tulangan terhadap volume beton (kg/m³)

Pekerjaan	Gedung 1	Gedung 2	Gedung 3
Bawah			
Fondasi	97,01	101,15	115,21
Sloof	299,09	271,11	193,49
Lantai 1			
Kolom	248,52	213,22	292,11
Lantai 2			
Balok	259,80	273,38	237,44
Pelat Lantai	101,17	111,59	116,08
Kolom	190,46	201,79	258,59
Atap			
Balok Ring	165,41	244,94	192,10

Tabel 6. Rasio luas bekisting terhadap volume beton (m²/m³)

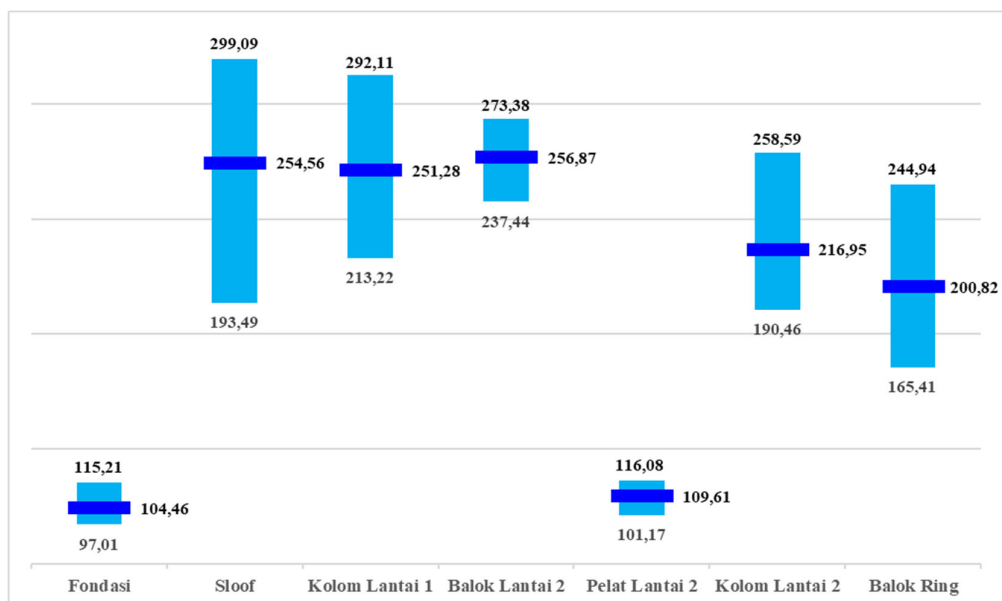
Pekerjaan	Gedung 1	Gedung 2	Gedung 3
Bawah			
Fondasi	2,28	3,03	3,35
Sloof	13,34	13,33	8,00
Lantai 1			
Kolom	12,10	14,01	8,00
Lantai 2			
Balok	11,67	12,81	7,21
Pelat Lantai	8,49	8,33	8,33
Kolom	13,47	16,09	8,22
Atap			
Balok Ring	13,62	13,33	8,83

3.1. Rasio berat besi tulangan terhadap volume beton

Dari rekapitulasi rasio berat besi tulangan terhadap volume beton yang ditunjukkan pada Tabel 5, dipilih rasio minimal, rasio maksimal, dan dihitung rasio rerata pada setiap jenis pekerjaan. Nilai rasio ini kemudian divisualisasikan dalam bentuk grafik seperti ditunjukkan pada Gambar 1.

Berdasarkan hasil analisis data diperoleh rasio berat besi tulangan terhadap volume beton pada setiap elemen struktur bangunan adalah sebagai berikut:

- Rasio rerata pada pekerjaan fondasi adalah 104,46 kg/m³, dengan rasio minimal 97,01 kg/m³ dan rasio maksimal 115,21 kg/m³.
- Rasio rerata pada pekerjaan sloof adalah 254,56 kg/m³, dengan rasio minimal 193,49 kg/m³ dan rasio maksimal 299,09 kg/m³.
- Rasio rerata pada pekerjaan kolom lantai 1 adalah 251,28 kg/m³, dengan rasio minimal 213,22 kg/m³ dan rasio maksimal 292,11 kg/m³.

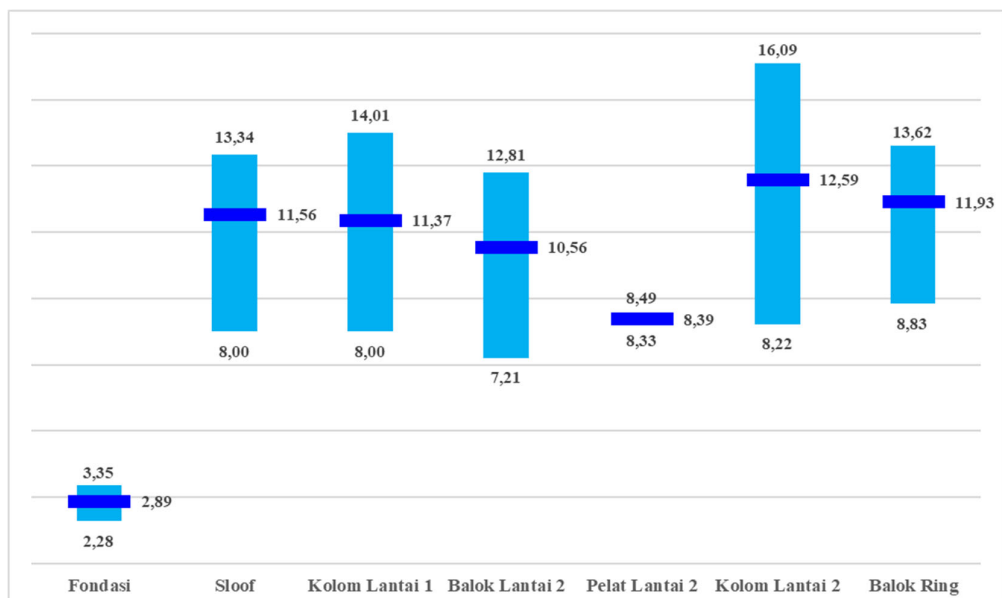


Gambar 1. Rasio minimal, rerata, dan maksimal berat besi tulangan terhadap volume beton (kg/m³).
 (hasil analisis)

- d) Rasio rerata pada pekerjaan balok lantai 2 adalah 256,87 kg/m³, dengan rasio minimal 237,44 kg/m³ dan rasio maksimal 273,38 kg/m³.
- e) Rasio rerata pada pekerjaan pelat lantai 2 adalah 109,61 kg/m³, dengan rasio minimal 101,17 kg/m³ dan rasio maksimal 116,08 kg/m³.
- f) Rasio rerata pada pekerjaan kolom lantai 2 adalah 216,95 kg/m³, dengan rasio minimal 190,46 kg/m³ dan rasio maksimal 258,59 kg/m³.
- g) Rasio rerata pada pekerjaan balok ring adalah 200,82 kg/m³, dengan rasio minimal 165,41 kg/m³ dan rasio maksimal 244,94 kg/m³.

3.2. Rasio luas bekisting terhadap volume beton

Dari rekapitulasi rasio luas bekisting terhadap volume beton yang ditunjukkan pada Tabel 6, dipilih rasio minimal, rasio maksimal, dan dihitung rasio rerata pada setiap jenis pekerjaan. Nilai rasio ini kemudian divisualisasikan dalam bentuk grafik seperti ditunjukkan pada Gambar 2.



Gambar 2. Rasio minimal, rerata, dan maksimal luas bekisting terhadap volume beton (m²/m³).
 (hasil analisis)

Berdasarkan hasil analisis data diperoleh rasio luas bekisting terhadap volume beton pada setiap elemen struktur bangunan adalah sebagai berikut:

- a) Rasio rerata pada pekerjaan fondasi adalah $2,89 \text{ m}^2/\text{m}^3$, dengan rasio minimal $2,28 \text{ m}^2/\text{m}^3$ dan rasio maksimal $3,35 \text{ m}^2/\text{m}^3$.
- b) Rasio rerata pada pekerjaan sloof adalah $11,56 \text{ m}^2/\text{m}^3$, dengan rasio minimal $8,00 \text{ m}^2/\text{m}^3$ dan rasio maksimal $13,34 \text{ m}^2/\text{m}^3$.
- c) Rasio rerata pada pekerjaan kolom lantai 1 adalah $11,37 \text{ m}^2/\text{m}^3$, dengan rasio minimal $8,00 \text{ m}^2/\text{m}^3$ dan rasio maksimal $14,01 \text{ m}^2/\text{m}^3$.
- d) Rasio rerata pada pekerjaan balok lantai 2 adalah $10,56 \text{ m}^2/\text{m}^3$, dengan rasio minimal $7,21 \text{ m}^2/\text{m}^3$ dan rasio maksimal $12,81 \text{ m}^2/\text{m}^3$.
- e) Rasio rerata pada pekerjaan pelat lantai 2 adalah $8,39 \text{ m}^2/\text{m}^3$, dengan rasio minimal $8,33 \text{ m}^2/\text{m}^3$ dan rasio maksimal $8,49 \text{ m}^2/\text{m}^3$.
- f) Rasio rerata pada pekerjaan kolom lantai 2 adalah $12,59 \text{ m}^2/\text{m}^3$, dengan rasio minimal $8,22 \text{ m}^2/\text{m}^3$ dan rasio maksimal $16,09 \text{ m}^2/\text{m}^3$.
- g) Rasio rerata pada pekerjaan balok ring adalah $11,93 \text{ m}^2/\text{m}^3$, dengan rasio minimal $8,83 \text{ m}^2/\text{m}^3$ dan rasio maksimal $13,62 \text{ m}^2/\text{m}^3$.

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil analisis pada tiga proyek bangunan gedung tersebut, diperoleh hasil berupa angka rasio kebutuhan berat besi tulangan dan luas bekisting terhadap volume beton pada setiap elemen pekerjaan struktur beton bertulang bangunan gedung 2 lantai sebagai berikut:

- a) Angka rasio rerata berat besi tulangan terbesar ada pada pekerjaan balok lantai 2, sloof, dan kolom lantai 1 dengan rerata rasio $256,87 \text{ kg/m}^3$, $254,56 \text{ kg/m}^3$, dan $251,28 \text{ kg/m}^3$.
- b) Angka rasio rerata berat besi tulangan terkecil ada pada pekerjaan fondasi dan pelat lantai 2 dengan rerata rasio $104,46 \text{ kg/m}^3$ dan $109,61 \text{ kg/m}^3$.
- c) Angka rasio rerata luas bekisting terbesar ada pada pekerjaan kolom lantai 2, balok ring, dan sloof dengan rerata rasio $12,59 \text{ m}^2/\text{m}^3$, $11,93 \text{ m}^2/\text{m}^3$, dan $11,56 \text{ m}^2/\text{m}^3$.
- d) Angka rasio rerata luas bekisting terkecil ada pada pekerjaan fondasi dengan rerata rasio $2,89 \text{ m}^2/\text{m}^3$.

Angka rasio ini dapat menjadi referensi empiris awal untuk melakukan estimasi cepat menghitung kebutuhan besi tulangan dan bekisting pada pekerjaan struktur beton bertulang pada bangunan gedung 2 lantai dengan karakteristik serupa. Estimator juga dapat menggunakan angka rasio ini untuk melakukan *cross-check* sehingga dapat meminimalisir kesalahan saat menghitung volume kebutuhan pekerjaan beton bertulang pada proyek serupa.

DAFTAR PUSTAKA

- Permatasari, S.N., Nugroho, A.S.B., dan Supriyadi, B., 2023, Model Persamaan Kebutuhan Material Baja Tulangan dan Beton Struktur Bangunan Gedung Berdasarkan Hasil Analisis Software Cubicost, *Jurnal Aplikasi Teknik Sipil*, No.2, Vol.21, 161-170, <http://dx.doi.org/10.12962%2Fj2579-891X.v21i2.14875>.
- Sawalhi, N.I.E., 2012, Modeling the Parametric Construction Project Cost Estimate using Fuzzy Logic, *International Journal of Emerging Technology and Advanced Engineering*, No.4., Vol.2, 1-7.
- Sutanto, I., Andi, dan Arijanto, L., 2016, Rasio Kebutuhan Beton, Besi Tulangan, dan Bekisting untuk Pekerjaan Struktur pada Proyek Apartemen dan Hotel, *Dimensi Utama Teknik Sipil*, No.1, Vol.3, 23-30, <https://doi.org/10.9744/duts.3.1.23-30>.