E-ISSN: 3031-8629
P-ISSN: 3032-3258
Halaman 6676- 6688
Volume 3 Nomor 4 Tahun 2026

Analisis Kebutuhan Tulangan dan Biaya Pembesian Kolom dan Balok Berdasarkan *BBS*, *RAB*, dan *CCO*

A. H. Hamidi[1], Maslina[2]

[1]Program Studi Teknik Sipil, Universitas Balikpapan
[2]Program Studi Teknik Sipil, Universitas Balikpapan
e-mail: 237011760@uniba-bpn.ac.id

Abstrak

Rasio pembesian dan distribusi diameter tulangan merupakan indikator yang berguna untuk mengendalikan material dan biaya pekerjaan struktur beton. Penelitian ini bertujuan menganalisis kebutuhan tulangan, rasio pembesian, dan biaya pembesian kolom dan balok lantai 1 dan lantai 2 (di luar sloof) pada Proyek Pembangunan Rumah Jabatan Wakil Walikota Balikpapan, serta menelaah perubahan volume dari rencana anggaran biaya penawaran ke Contract Change Order tahap 2. Metode yang digunakan adalah Bar Bending Schedule dengan data sekunder berupa gambar kerja, rencana anggaran biaya, dan rincian perubahan kontrak. Hasil penelitian menunjukkan kebutuhan tulangan sebesar 24.559 kg, terdiri atas D16 12.222 kg (49,8%), D13 3.868 kg (15,7%), dan D10 8.469 kg (34,5%). Rasio pembesian hasil perhitungan adalah 155,4 kg/m³, sedangkan pada rencana anggaran biaya penawaran 165,3 kg/m³ dan pada Contract Change Order tahap 2 197,9 kg/m³. Dari penawaran ke Contract Change Order tahap 2, volume tulangan kolom berubah +5,20% dan balok +1,48%, sehingga biaya pembesian bertambah dari Rp335.411.179 menjadi Rp345.340.793. Biaya pembesian hasil perhitungan sebesar Rp352.126.093 berselisih 4,75% terhadap penawaran dan 1,93% terhadap Contract Change Order tahap 2. Perbedaan jumlah dan tinggi kolom antara hasil perhitungan dan dokumen kontrak perlu diverifikasi terhadap gambar kerja terbaru.

Kata kunci: *Kolom, Balok, Rasio Pembesian, Bar Bending Schedule, Contract Change Order*

E-ISSN: 3031-8629
P-ISSN: 3032-3258
Halaman 6676- 6688
Volume 3 Nomor 4 Tahun 2026

Abstract

The reinforcement ratio and the distribution of bar diameters are useful indicators for controlling material and cost in structural concrete work. This study aimed to analyse the reinforcement requirement, reinforcement ratio and reinforcement cost of columns and beams on the first and second floors (excluding tie beams) of the Vice Mayor's Official Residence Project in Balikpapan, and to review the change in quantities from the tender bill of quantities to Contract Change Order stage 2. The Bar Bending Schedule method was applied to secondary data consisting of working drawings, the tender bill of quantities and the contract change order breakdown. The results show that the reinforcement requirement is 24.559 kg, consisting of 12.222 kg of D16, 3.868 kg of D13 and 8.469 kg of D10. The reinforcement ratio is 155,4 kg/m³, compared with 165,3 kg/m³ in the tender and 197,9 kg/m³ in Contract Change Order stage 2. From the tender to Contract Change Order stage 2, the column reinforcement quantity changes by +5,20% and the beam quantity by +1,48%, so that the reinforcement cost increases from Rp335.411.179 to Rp345.340.793. The calculated reinforcement cost of Rp352.126.093 differs by 4,75% from the tender and by 1,93% from Contract Change Order stage 2. The difference in the number and height of columns between the calculation and the contract documents needs to be verified against the latest working drawings.

Keywords : *Column, Beam, Reinforcement Ratio, Bar Bending Schedule, Contract Change Order*

LATAR BELAKANG

Struktur atas Rumah Jabatan Wakil Walikota Balikpapan berupa rangka beton bertulang dua lantai dengan sistem rangka pemikul momen (SRPM). Kolom dan balok pada sistem ini menyalurkan beban gravitasi dan beban lateral menuju struktur bawah dan harus memenuhi persyaratan beton struktural SNI 2847:2019 (Badan Standardisasi Nasional, 2019). Balok berfungsi sebagai rangka penguat horizontal, sedangkan kolom menyangga beban aksial tekan vertikal.

Baja tulangan menambah kekuatan tarik beton dan menjadi material yang perlu dikendalikan kuantitas dan biayanya. Pengendalian tersebut memerlukan perhitungan kebutuhan tulangan yang terperinci menurut diameter dan tipe elemen,

yang dapat disusun dengan Bar Bending Schedule (BBS) dari gambar kerja (Nasautama & Sitompul, 2022). Penelitian terdahulu memanfaatkan BBS untuk menghitung kebutuhan dan sisa tulangan dengan Microsoft Excel (Nasautama & Sitompul, 2022), perangkat lunak optimasi pemotongan (Partama et al., 2023), pemodelan berbasis BIM (Hidayatulloh & Beatrix, 2026), serta perhitungan waste material pada proyek gedung (Rinengga et al., 2024).

Sirait & Chairina (2024) menggunakan BBS untuk membandingkan kebutuhan tulangan dan biaya kolom dan balok pada dua jenis sambungan dan menyatakan hasilnya sebagai selisih persentase volume dan biaya. Pendekatan perbandingan tersebut diadopsi pada penelitian ini, tetapi pembandingnya adalah volume pada dokumen kontrak.

Volume pada Rencana Anggaran Biaya (RAB) penawaran dapat berubah melalui Contract Change Order (CCO) yang berdampak pada biaya penyelesaian proyek (Ferdiani et al., 2023). Dokumen RAB, volume pekerjaan change order, dan gambar kerja menjadi landasan pengajuan CCO (Arauzu et al., 2025). Dengan demikian, rasio pembesian dan distribusi diameter hasil BBS dapat dipakai untuk menelaah perubahan volume tulangan dari RAB penawaran ke CCO.

Rumusan masalah penelitian ini adalah: (a) bagaimana kebutuhan tulangan kolom dan balok menurut tipe elemen dan diameter berdasarkan BBS; (b) berapa rasio pembesian (kg/m^3) berdasarkan BBS, RAB penawaran, dan CCO; serta (c) bagaimana perubahan volume dan biaya pembesian dari RAB penawaran ke CCO dibandingkan dengan kebutuhan BBS. Penelitian dibatasi pada kolom dan balok lantai 1 dan lantai 2 di luar sloof.

METODE

Penelitian dilakukan pada Proyek Pembangunan Rumah Jabatan Wakil Walikota Balikpapan yang berlokasi di Jalan ARS Muhammad, Kelurahan Klandasan Ulu, Kota Balikpapan. Bangunan terdiri atas dua lantai dengan luas ±951,71 m^2 dan struktur rangka beton bertulang sistem rangka pemikul momen. Mutu beton f'_c = 25 MPa (K-300), baja tulangan BjTS 420B (fy = 420 MPa), dan selimut beton 40 mm. Elemen yang ditinjau adalah kolom dan balok lantai 1 dan lantai 2 seperti pada Tabel

1. Sloof, pile cap, bore pile, pelat, tangga, dan bekisting tidak termasuk dalam analisis.

Tabel 1. Rekapitulasi Dimensi dan Jumlah Elemen yang Dianalisis

Elemen	Lantai / Elevasi	Dimensi (mm)	Jumlah (buah)
Kolom K1	Lantai 1	400 × 400	76
Kolom K3	Lantai 1	250 × 250	12
Kolom K2	Lantai 2	300 × 300	33
Jumlah kolom			121
Balok	+4,00	250 × 450	127
Balok	+4,00	250 × 550	22
Balok	+4,00	400 × 600	17
Balok	+7,00	250 × 450	5
Balok	+7,60	250 × 450	72
Balok	+7,60	200 × 300	34
Balok	+7,60	250 × 550	5
Balok	+7,60	400 × 600	2
Jumlah balok			284

Data yang digunakan adalah data sekunder, yaitu (1) detail penulangan dan hasil perhitungan BBS berdasarkan dokumen Analisa dan Desain Struktur serta gambar kerja, (2) volume dan harga satuan pada Rencana Anggaran Biaya (RAB) penawaran, dan (3) volume pada rincian pekerjaan tambah kurang Contract Change Order (CCO) tahap 2. Harga satuan pada RAB penawaran disusun mengacu pada Analisis Harga Satuan Pekerjaan (AHSP) Permen PUPR Nomor 8 Tahun 2023 (Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat, 2023), yaitu Rp14.337,97 per kg untuk pembesian (tenaga kerja, baja tulangan, kawat bendrat, serta biaya umum dan keuntungan 10%) dan Rp2.076.601,92 per m^3 untuk beton ready mix f′ c 25 MPa. Harga satuan yang sama digunakan pada RAB penawaran dan CCO, sehingga selisih biaya hanya dipengaruhi oleh selisih volume.

Perhitungan kebutuhan tulangan dilakukan dengan metode Bar Bending Schedule (BBS) menggunakan Microsoft Excel berdasarkan detail penulangan pada dokumen Analisa dan Desain Struktur serta gambar kerja. Berat tulangan per meter panjang dihitung dengan persamaan (1):

$$w = 0{,}006165d^2 \quad (1)$$

dengan w berat tulangan per meter panjang (kg/m) dan d diameter tulangan (mm), sehingga w = 1,579 kg/m untuk D16, 1,043 kg/m untuk D13, dan 0,617 kg/m untuk D10. Asumsi yang digunakan adalah: (a) panjang tulangan utama kolom adalah tinggi bersih ditambah panjang sambungan lewatan 40d; (b) panjang zona tumpuan sengkang kolom (lo) diambil nilai terbesar dari dimensi kolom, 1/6 tinggi bersih, dan 450 mm, dibulatkan ke atas kelipatan 50 mm; (c) panjang sengkang adalah keliling luar sengkang ditambah dua kait 75 mm; (d) pada balok, zona tumpuan dan zona lapangan masing-masing diperhitungkan 50% dari panjang bentang; dan (e) kebutuhan tambahan akibat penyaluran, kait ujung, dan sisa potongan belum diperhitungkan.

Volume beton dihitung dengan persamaan (2):

$$V = b \times h \times L \times n \quad (2)$$

dengan b dan h dimensi penampang (m), L panjang atau tinggi bersih elemen (m), dan n jumlah elemen. Biaya pembesian dihitung dengan persamaan (3), sedangkan selisih antarsumber data dihitung dengan persamaan (4) dengan X1 sebagai nilai acuan dan X2 sebagai nilai pembanding, serta rasio pembesian dengan persamaan (5).

$$\text{Biaya} = \text{Berat tulangan (kg)} \times \text{Harga satuan (Rp/kg)} \quad (3)$$

$$\text{Selisih (\%)} = \frac{X_1 - X_2}{X_1} \times 100\% \quad (4)$$

$$\text{Rasio pembesian (kg/m}^3\text{)} = \frac{\text{Berat tulangan (kg)}}{\text{Volume beton (m}^3\text{)}} \quad (5)$$

Persamaan (5) digunakan untuk membandingkan intensitas pembesian antarsumber data. Perubahan volume dari RAB penawaran ke CCO 2 dihitung dengan persamaan (4) dengan X_1 = RAB penawaran dan X_2 = CCO 2. Nilai selisih positif berarti X_1 lebih besar daripada X_2, dan nilai negatif berarti X_2 lebih besar daripada X_1.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil BBS kolom ditunjukkan pada Tabel 2. Kolom K1 (400 × 400 mm, 76 buah) dan K3 (250 × 250 mm, 12 buah) berada pada lantai 1 dengan tinggi bersih 3,55 m, sedangkan kolom K2 (300 × 300 mm, 33 buah) berada pada lantai 2 dengan tinggi bersih 3,15 m. Kolom K1 dan K2 menggunakan 8 D16, kolom K3 menggunakan 8 D13, dan sengkang menggunakan D10. Berat per elemen adalah 77,65 kg (K1), 52,39 kg (K3), dan 64,41 kg (K2).

Tabel 2. Kebutuhan Tulangan dan Beton Kolom (BBS)

Tipe	D16 (kg)	D13 (kg)	D10 (kg)	Total (kg)	Beton (m^3)
K1	4.024,20	–	1.877,20	5.901,40	43,168
K3	–	407,40	221,28	628,68	2,662
K2	1.580,37	–	545,16	2.125,53	9,356
Total	5.604,57	407,40	2.643,64	8.655,61	55,186

Kebutuhan tulangan kolom adalah 8.655,61 kg (dibulatkan 8.656 kg). Kolom K1 menyumbang 68,2% dari berat tulangan kolom karena jumlahnya paling banyak, sedangkan K2 menyumbang 24,6% dan K3 7,3%.

Balok terdiri atas empat tipe sebanyak 284 buah dengan panjang total 921,09 m′ (400 × 600 mm: 97,67 m′ ; 250 × 550 mm: 9,02 m′ ; 250 × 450 mm: 558,75 m′ ; 200 × 300 mm: 255,65 m′). Berat per meter panjang adalah 26,22 kg/m′ (400 × 600), 18,92 kg/m′ (250 × 550), 17,89 kg/m′ (250 × 450), dan 12,42 kg/m′ (200 × 300). Tulangan longitudinal balok 400 × 600, 250 × 550, dan 250 × 450 mm berupa D16, sedangkan balok 200 × 300 mm menggunakan D13; tulangan torsi berupa D13 dan sengkang berupa D10. Rincian berat tulangan per diameter ditunjukkan pada Tabel 3.

Tabel 3. Kebutuhan Tulangan Balok per Tipe dan Diameter (BBS)

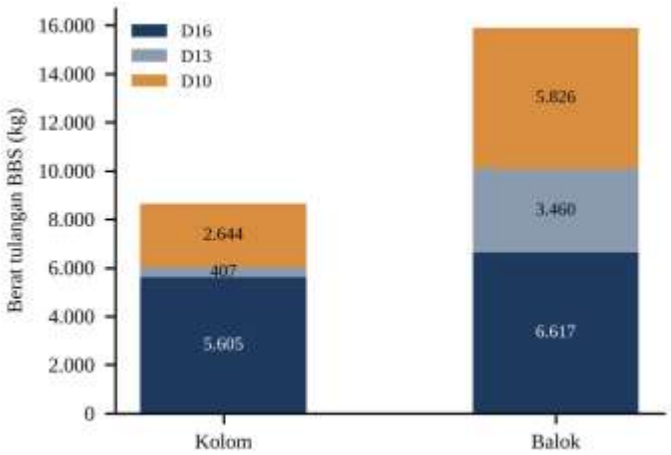
Tipe (mm)	D16 (kg)	D13 (kg)	D10 (kg)	Total (kg)
400 × 600	1.235	407	919	2.561
250 × 550	86	19	66	171

250 × 450	5.297	1.168	3.531	9.996
200 × 300	–	1.866	1.309	3.175
Total	6.617	3.460	5.826	15.903

Kebutuhan tulangan balok adalah 15.903 kg dengan volume beton 102,879 m³. Balok 250 × 450 mm menyumbang 62,9% dari berat tulangan balok. Gabungan kolom dan balok pada Tabel 4 dan Gambar 1 menunjukkan bahwa D16 mendominasi kebutuhan tulangan (49,8%), diikuti D10 (34,5%) dan D13 (15,7%). Pada kolom, D16 mencapai 64,7% dari berat, sedangkan pada balok D16 sebesar 41,6% dan D10 sebesar 36,6%, yang mencerminkan besarnya porsi sengkang pada balok.

Tabel 4. Kebutuhan Tulangan Kolom dan Balok per Diameter (BBS)

Elemen	D16 (kg)	D13 (kg)	D10 (kg)
Kolom	5.605	407	2.644
Balok	6.617	3.460	5.826
Kolom + Balok	12.222	3.868	8.469
Persentase (%)	49,8	15,7	34,5



Gambar 1. Kebutuhan Tulangan Menurut Diameter (BBS)

Rasio pembesian dihitung dengan persamaan (5). Berdasarkan BBS, rasio kolom K1 adalah 136,7 kg/m³, sedangkan K3 dan K2 masing-masing 236,2 dan 227,2 kg/m³ (Tabel 5). Rasio balok menurut BBS berkisar 109 kg/m³ (400 × 600 mm)

sampai 207 kg/m³ (200 × 300 mm); rasio meningkat seiring mengecilnya penampang karena volume beton per meter panjang turun lebih cepat (0,2400 menjadi 0,0600 m³/m′) daripada berat tulangan per meter panjang (26,22 menjadi 12,42 kg/m′) (Tabel 6).

Tabel 5. Rasio Pembesian Kolom (BBS)

Tipe kolom	Berat (kg)	Beton (m³)	Rasio (kg/m³)
K1	5.901,40	43,168	136,7
K3	628,68	2,662	236,2
K2	2.125,53	9,356	227,2
Kolom	8.655,61	55,186	156,9

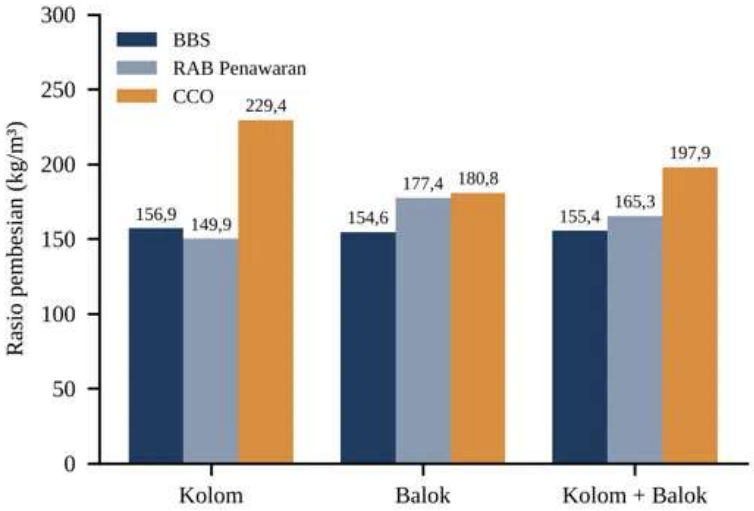
Tabel 6. Rasio Pembesian Balok (BBS)

Tipe (mm)	Longit. (kg/m′)	Torsi (kg/m′)	Sengk. (kg/m′)	Total (kg/m′)	Rasio (kg/m³)
400 × 600	12,64	4,17	9,41	26,22	109
250 × 550	9,48	2,09	7,35	18,92	138
250 × 450	9,48	2,09	6,32	17,89	159
200 × 300	7,30	–	5,12	12,42	207

Perbandingan antarsumber data pada Tabel 7 dan Gambar 2 menunjukkan rasio pembesian total BBS sebesar 155,4 kg/m³, RAB penawaran 165,3 kg/m³, dan CCO 197,9 kg/m³. Rasio balok relatif dekat antarsumber (154,6; 177,4; 180,8 kg/m³). Rasio kolom pada CCO (229,4 kg/m³) jauh lebih tinggi daripada BBS (156,9 kg/m³) karena volume beton kolom pada CCO (42,69 m³) lebih kecil, sedangkan berat tulangannya (9.795,13 kg) lebih besar.

Tabel 7. Rasio Pembesian Antarsumber Data

Elemen	BBS (kg/m³)	RAB Penawaran (kg/m³)	CCO (kg/m³)
Kolom	156,9	149,9	229,4
Balok	154,6	177,4	180,8
Kolom + Balok	155,4	165,3	197,9



Gambar 2. Rasio Pembesian Antarsumber Data

Perubahan volume tulangan kolom ditunjukkan pada Tabel 8. Tulangan kolom bertambah 484,44 kg (+5,20%), sedangkan volume beton kolom berkurang dari 62,10 m^3 menjadi 42,69 m^3. Pada lantai 1 tulangan bertambah 988,62 kg, sedangkan pada lantai 2 tulangan berkurang 504,18 kg. Pada RAB penawaran, kolom lantai 2 berupa K1 40 × 40 cm, sedangkan pada CCO berupa K2 30 × 30 cm.

Tabel 8. Perubahan Volume Kolom dari RAB Penawaran (Pen.) ke CCO

Lantai	Beton Pen. (m^3)	Beton CCO (m^3)	Tulangan Pen. (kg)	Tulangan CCO 2 (kg)	Perubahan tulangan (%)
Lantai 1	41,94	33,48	6.500,91	7.489,53	+15,21
Lantai 2	20,16	9,21	2.809,78	2.305,60	−17,94
Kolom	62,10	42,69	9.310,69	9.795,13	+5,20

Perubahan volume balok ditunjukkan pada Tabel 9. Tulangan balok bertambah 208,10 kg (+1,48%), sedangkan volume beton balok berkurang dari 79,40 m^3 menjadi 79,02 m^3. Tulangan balok elevasi +4,00 bertambah dan elevasi +7,60 berkurang. Dengan demikian total tulangan kolom dan balok bertambah 692,54 kg (+2,96%) pada CCO.

Tabel 9. Perubahan Volume Balok dari RAB Penawaran (Pen.) ke CCO

Elevasi	Beton Pen. (m^3)	Beton CCO (m^3)	Tulangan Pen. (kg)	Tulangan CCO (kg)	Perubahan tulangan (%)
El. +4,00	51,66	42,35	8.079,46	8.544,42	+5,75
El. +6,98	1,27	1,40	276,39	287,24	+3,93
El. +7,60	26,47	35,27	5.726,68	5.458,97	−4,67
Balok	79,40	79,02	14.082,53	14.290,3	+1,48

Kebutuhan tulangan BBS dibandingkan dengan RAB penawaran dan CCO pada Tabel 10 dan Tabel 11 menggunakan persamaan (4) dengan BBS sebagai X_1.

Tabel 10. Perbandingan Volume Tulangan Kolom dan Balok

Elemen	BBS (kg)	RAB Penawaran (kg)	CCO (kg)
Kolom	8.656	9.310,69	9.795,13
Balok	15.903	14.082,53	14.290,63
Kolom + Balok	24.559	23.393,22	24.085,76

Tabel 11. Selisih Volume Tulangan

Elemen	BBS vs Penawaran (%)	BBS vs CCO (%)	Penawaran vs CCO (%)
Kolom	−7,56	−13,16	−5,20
Balok	+11,45	+10,14	−1,48
Kolom + Balok	+4,75	+1,93	−2,96

Total kebutuhan BBS lebih besar dari RAB penawaran dan CCO dengan selisih 4,75% dan 1,93% terhadap BBS; setelah CCO, selisih tersebut mengecil dari 1.166 kg menjadi 473 kg. Pada kolom volume kontrak lebih besar daripada BBS (selisih −7,56% dan −13,16%), sedangkan pada balok volume kontrak lebih kecil (+11,45% dan +10,14%). Perbedaan pada kolom berkaitan dengan basis dokumen yang berbeda: BBS menghitung kolom lantai 1 setinggi 3,55 m dari elevasi +0,00 dengan 76 kolom K1, sedangkan RAB penawaran dan CCO memuat kolom dari elevasi −2,00 sampai +4,00 dan rincian CCO memuat 39 kolom K1 (4 area drop off dan 35 area dalam bangunan) dengan panjang besi termasuk overstek besi kolom ke pile cap.

Per tipe balok, tipe 250 × 450 mm (B2) paling mendekati: 9.996 kg (BBS), 9.936,77 kg (RAB penawaran), dan 9.440,76 kg (CCO). Balok 200 × 300 mm (RB1 20/30) memiliki selisih terbesar karena volumenya hanya 759,85 kg pada RAB penawaran, kemudian 2.446,95 kg pada CCO, dibandingkan 3.175 kg menurut BBS.

Dengan harga satuan Rp14.337,97 per kg, biaya pembesian kolom dan balok berdasarkan BBS adalah Rp352.126.093, pada RAB penawaran Rp335.411.179, dan pada CCO Rp345.340.793 (Tabel 12). Perubahan dari RAB penawaran ke CCO menambah biaya pembesian Rp9.929.614. Biaya BBS lebih besar Rp16.714.914 dari RAB penawaran dan Rp6.785.300 dari CCO.

Tabel 12. Biaya Pembesian Kolom dan Balok

Uraian	BBS (Rp)	RAB Penawaran (Rp)	CCO (Rp)
Pembesian kolom	124.109.49	133.496.351	140.442.25
Pembesian balok	228.016.64	201.914.828	204.898.58
Jumlah pembesian	352.126.03	335.411.179	345.340.73

BBS pada penelitian ini belum memperhitungkan sisa potongan sehingga kebutuhan pengadaan di lapangan lebih besar daripada kebutuhan netto. Nasautama & Sitompul (2022) melaporkan waste tulangan 10,92% pada proyek yang ditelitinya dengan toleransi 5%–20%. Sebagai ilustrasi, Tabel 13 menunjukkan kebutuhan dan biaya apabila kebutuhan netto BBS ditambah sisa 5% sampai 20%. Angka pada Tabel 13 merupakan asumsi dan bukan hasil pengukuran pada proyek ini.

Tabel 13. Ilustrasi Kebutuhan dan Biaya Pembesian BBS dengan Tambahan Sisa Material

Sisa	Tambahan (kg)	Kebutuhan (kg)	Biaya (Rp)
5%	1.227,95	25.786,95	369.732.397
10%	2.455,90	27.014,90	387.338.701
15%	3.683,85	28.242,85	404.945.006
20%	4.911,80	29.470,80	422.551.311

SIMPULAN

Kebutuhan tulangan kolom dan balok lantai 1 dan lantai 2 berdasarkan BBS adalah 24.559 kg dengan rasio pembesian 155,4 kg/m³, lebih rendah daripada RAB penawaran (165,3 kg/m³) dan CCO (197,9 kg/m³). Dari RAB penawaran ke CCO, volume tulangan kolom berubah +5,20% dan balok +1,48% sehingga biaya pembesian bertambah Rp9.929.614, sedangkan kebutuhan BBS lebih besar dengan selisih 4,75% dan 1,93% terhadap BBS. Pelaksana dan konsultan pengawas disarankan memverifikasi perbedaan jumlah dan tinggi kolom terhadap gambar kerja terbaru sebelum pengadaan tulangan.

DAFTAR PUSTAKA

Arauzu, A.K., Yasada, G. & Sukarmawati, Y. 2025. Analisis Contract Change Order terhadap Waktu dan Biaya pada Proyek Pembangunan Gedung SMPN 7 Mengwi di Kabupaten Badung. *Prosiding Seminar Nasional Ketekniksipilan Bidang Vokasional XIII*, 4. Politeknik Negeri Bali.

Badan Standardisasi Nasional. 2019. *SNI 2847:2019 Persyaratan Beton Struktural untuk Bangunan Gedung dan Penjelasan.* Jakarta: BSN.

Ferdiani, N.K.M., Sunatha, I.G.N. & Pradnyadari, N.L.M.A. 2023. Analisis Pengaruh Contract Change Order terhadap Biaya Penyelesaian Proyek (Studi Kasus: Pembangunan Gedung Direskrimsus Polda Bali). *Jurnal Ilmiah Teknik Universitas Mahasaraswati Denpasar (JITUMAS)*, 3(1): 15-20.

Hidayatulloh, M.F. & Beatrix, M. 2026. Presentase Waste Material Besi Tulangan pada Proyek X dengan Metode Bar Bending Schedule (BBS). *PORTAL: Jurnal Teknik Sipil*, 18(1).

Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat. 2023. *Peraturan Menteri PUPR Nomor 8 Tahun 2023 tentang Pedoman Penyusunan Perkiraan Biaya Pekerjaan Konstruksi Bidang Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat.* Berita Negara Republik Indonesia Tahun 2023 Nomor 683.

Nasautama, S.S. & Sitompul, M. 2022. Analisis Kebutuhan Tulangan dan Tulangan Sisa (Waste) Pekerjaan Struktur Kolom, Balok dan Pelat Lantai Proyek Pembangunan Pasar Baru Kabupaten Mandailing Natal. *PORTAL: Jurnal Teknik Sipil*, 14(2): 75-82. https://doi.org/10.30811/portal.v14i2.2316

Partama, I.G.N.E., Sudika, I.G.M. & Saputra, E.L.B. 2023. Analisis Sisa Besi Tulangan Menggunakan Software Cutting Optimization Pro pada Konstruksi Gedung (Studi Kasus: Proyek Pembangunan Villa Stilo, Tibubeneng, Kec. Kuta Utara, Kab. Badung-Bali). *Jurnal Teknik Gradien*, 15(2): 30-38. https://doi.org/10.47329/teknik_gradien.v15i02.1075

Rinengga, B.A., Trisiana, A. & Widiarti, W.Y. 2024. Perhitungan Waste Material pada Proyek Pembangunan Gedung ICU RS Ngudi Waluyo Blitar. *Jurnal Rekayasa Sipil dan Lingkungan*, 8(1): 15-25. https://doi.org/10.19184/jrsl.v8i1.46172

Sirait, L.C. & Chairina, E. 2024. Analisis Kebutuhan Tulangan & Biaya Kolom dan Balok pada Pembangunan Gedung Kantor Unit Pelaksana Teknis Dinas (UPTD) di Kecamatan Bandar Perdagangan Kabupaten Simalungun Provinsi Sumatera Utara. *Jurnal Teknik Sipil (JTSIP)*, 3(2): 183-186.