

CARA PENDEKATAN PERHITUNGAN KUANTITAS PEMBESIAN PADA KOLOM STRUKTUR BETON BERTULANG

Ivana Tanjung¹, Ronald Aristotelin², Budiman Proboyo³, Indriani Santoso⁴

ABSTRAK : Besi, beton, dan bekisting merupakan material utama beton bertulang. Estimasi kuantitas besi dilakukan seoptimal mungkin karena harga besi yang lebih mahal dibandingkan dengan material lain. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui kuantitas pembesian kolom struktur beton bertulang dengan menggunakan dua metode, yaitu metode definitif (*Bar Bending Schedule*) dan metode pendekatan. Data yang digunakan antara lain denah struktur, denah pondasi, dan detail struktur. Metode pendekatan menghitung volume besi per meter panjang, hasilnya dikalikan dengan tinggi kolom sehingga menghasilkan kebutuhan volume tulangan yang disebut $W_{\text{pendekatan}}$. Selain itu, kebutuhan besi juga dihitung menggunakan metode *Bar Bending Schedule* dan menghasilkan W_{BBS} . Kemudian dicari nilai hasil bagi dari W_{BBS} dan $W_{\text{pendekatan}}$. Dari penelitian, didapatkan 2 nilai α , yaitu 1.393 untuk tulangan utama dan 1.485 untuk sengkang. Selanjutnya, kuantitas pembesian yang digunakan dalam *Bill of Quantity* ditentukan dengan menggunakan nilai α dikalikan $W_{\text{pendekatan}}$ dan panjang kolom. Penggunaan metode pendekatan dapat mempersingkat waktu perhitungan dan mendapatkan hasil yang mendekati perhitungan *Bar Bending Schedule*.

KATA KUNCI: estimasi biaya, kolom, kuantitas pembesian, struktur beton bertulang, metode definitif, metode pendekatan.

1. PENDAHULUAN

Estimasi adalah perkiraan, penilaian, atau pendapat. Estimasi biaya proyek dapat didefinisikan sebagai nilai dari suatu prediksi yang didasarkan pada faktor-faktor yang ada dalam proyek yaitu karakteristik proyek, tipe bangunan, lokasi proyek, dan teknologi yang digunakan. Menurut Glenn M. Hardie (1987), ada dua hal utama dalam estimasi biaya konstruksi yaitu *measurement* dan *pricing*. *Measurement* merupakan pengukuran untuk menentukan kuantitas material yang diperlukan dalam proyek konstruksi. Salah satu material yang memerlukan estimasi yang akurat adalah besi tulangan karena harganya yang relatif mahal dibandingkan material lain. Kebutuhan tulangan dapat dihitung dengan menggunakan metode *Bar Bending Schedule* yang teliti tetapi memakan waktu yang lama, atau dapat juga dihitung dengan metode pendekatan yang lebih cepat tetapi hasilnya kurang akurat. Untuk mengatasi masalah tersebut, dicari sebuah faktor yang dapat digunakan pada hasil perhitungan dengan metode pendekatan sehingga hasilnya tidak jauh berbeda dengan metode *Bar Bending Schedule*. Diharapkan dengan adanya penelitian ini, pekerjaan estimasi tulangan, khususnya tulangan kolom, menjadi lebih akurat dan cepat.

1 Mahasiswa Program Studi Teknik Sipil Universitas Kristen Petra, m21414011@john.petra.ac.id

2 Mahasiswa Program Studi Teknik Sipil Universitas Kristen Petra, m21414098@john.petra.ac.id

3 Dosen Program Studi Teknik Sipil Universitas Kristen Petra, bproboyo@petra.ac.id

4 Dosen Teknik Sipil Universitas Kristen Petra, indriani@petra.ac.id

2. LANDASAN TEORI

Pekerjaan konstruksi adalah keseluruhan atau sebagian rangkaian kegiatan perencanaan dan/atau pelaksanaan beserta pengawasan yang mencakup pekerjaan arsitektural, sipil, mekanikal, elektrikal, dan tata lingkungan masing-masing beserta kelengkapannya, untuk mewujudkan suatu bangunan atau bentuk fisik lain (*Pasal 1 Angka 2 UU Nomor 18 Tahun 1999 Tentang Jasa Konstruksi*). Estimasi berarti pengukuran yang didasarkan pada hasil kuantitatif, atau dengan kata lain, tingkat akurasi bisa diukur dengan angka (Tockey, 2004). Karena estimasi dibuat berdasarkan asumsi dan data-data historis, hasil dari estimasi tersebut baru berupa pendekatan dan dapat berubah. Dalam konstruksi struktur beton bertulang, terdapat tiga komponen penting, yaitu beton cor, tulangan baja, dan bekisting. Penulangan baja memiliki pengaruh yang besar terhadap biaya proyek konstruksi karena harganya yang lebih tinggi dibandingkan material lainnya. Meski tidak terlihat saat struktur selesai dibangun, perhitungan tulangan cukup rumit karena perlu memperhatikan detail-detail seperti panjang kait, panjang sambungan, dan sebagainya, seperti yang telah ditentukan berdasarkan SNI 2847:2013.

3. METODOLOGI PENELITIAN

Penelitian dilakukan dengan cara mengolah data gambar struktur gedung bertingkat tinggi (*high rise building*) untuk mendapatkan besarnya kuantitas pembesian untuk elemen struktur kolom. Perhitungan dilakukan secara terpisah untuk tulangan longitudinal dan tulangan sengkang. Pertama, dilakukan perhitungan dengan metode definitif (*Bar Bending Schedule*) untuk mendapatkan kuantitas pembesian yang akurat beserta dengan panjang penjangkaran, kait, dan sambungan lewatan. Kemudian, perhitungan dilakukan dengan metode pendekatan per satuan panjang. Kebutuhan tulangan utama dihitung per satu meter panjang kemudian dikalikan dengan tinggi kolom dari elevasi ke elevasi berikutnya. Tulangan sengkang dihitung dengan memotong kolom sepanjang satu meter di tengah jarak sengkang. Jika jarak antar sengkang tidak seragam, dilakukan rata-rata terlebih dahulu. Setelah didapat berat tulangan yang diperoleh dari dua metode, dicari nilai faktor α . Nilai ini dapat digunakan pada hasil perhitungan dengan metode pendekatan sehingga hasilnya mendekati metode definitif.

4. ANALISA DATA

Data bangunan tingkat tinggi yang digunakan merupakan data struktur gedung P1-P2 Universitas Kristen Petra. Bangunan ini terdiri dari 13 tingkat; tingkat 1 (EL -4.00), tingkat 2 (EL -0.03), tingkat 3 (EL +2.97), tingkat 4 (EL +5.97), tingkat 5 (EL +13.97), tingkat 6 (EL +17.97), tingkat 7 (EL +21.97), tingkat 8 (EL +25.97), tingkat 9 (EL +29.97), tingkat 10 (EL +33.97), tingkat 11 (EL +37.97), tingkat 12 (EL +41.97), tingkat 13 (EL +46.07), dan atap (EL +50.00). Penelitian ini berfokus pada elemen struktur kolom yang terdiri dari 32 tipe kolom.

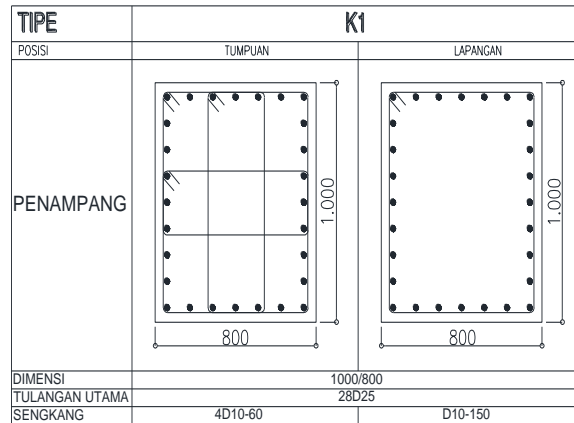
Panjang kolom yang digunakan dalam perhitungan adalah ketinggian elevasi ke elevasi. Khusus untuk kolom di tingkat pertama, panjang kolom ditambah dengan penjangkaran tulangan kolom ke dalam pondasi. Skema penulangan sesuai dengan gambar perencanaan kontraktor.

Penulangan tulangan utama terdiri dari empat pola penulangan; Pola A memiliki penjangkaran ke pondasi atau balok di bagian bawah dan menerus ke tingkat selanjutnya (*end-to-floor*), Pola B menjangkar ke pondasi atau balok di bagian bawah dan menjangkar ke balok di bagian atas (*end-to-end*), Pola C merupakan kelanjutan dari tulangan di bawahnya dan disambung ke tulangan berikutnya di bagian atas (*floor-to-floor*), Pola D merupakan lanjutan dari tulangan di bawahnya dan menjangkar ke balok di bagian atas (*floor-to-end*).

Kolom dari satu jenis yang sama juga dapat dibagi menjadi beberapa jenis berdasarkan pola penulangan dan ketinggian bersih kolom.

4.1. Analisa Perhitungan Kuantitas Besi Kolom

Perhitungan kuantitas pembesian kolom dilakukan dengan metode Bar Bending Schedule pada kolom tipe K1 jenis 1 di tingkat pertama dengan detail seperti tampak di **Gambar 1**, dan hasilnya terlampir pada **Tabel 1**.



Gambar 1. Potongan Kolom K1

Tabel 1. BBS Kolom K1 Jenis 1 Tingkat 1

Jenis Tulangan	Kode	Pola Penulangan	D	L (m)	N (bh)	g (kg/m)	W _{BBS} (kg)
Tulangan Utama	1		25	6.616	28	3.853	713.761
Sengkang	2		10	3.43	68	0.617	143.909
Sengkang	3		10	2.08	56	0.617	71.782
Sengkang	4		10	2.49	56	0.617	86.034

Selanjutnya, dilakukan perhitungan dengan metode pendekatan. Sampel kolom dipotong pada setengah jarak sengkang sepanjang kurang lebih satu meter. Hasilnya dapat dilihat pada **Tabel 2**.

Tabel 2. Pendekatan Kolom K1 Jenis 1 Tingkat 1

Jenis Tulangan	Kode	W (kg/m)	W _{pend.} (kg)	
Tulangan Utama	1	107.884	520.648	
Tulangan Sengkang	2	20.155	97.270	210.606
Tulangan Sengkang	3	10.682	51.550	
Tulangan Sengkang	4	12.803	61.786	

Setelah didapatkan hasil dari kedua metode, dicari faktor α -nya seperti terlampir di **Tabel 3**.

Tabel 3. Kuantitas Besi Kolom K1 Jenis 1 Tingkat 1

Jenis Tulangan	Lokasi	Nama	Dia. (mm)	g (kg/m)	W _{BBS} (kg)	W _{pend.} (kg)	α
Tulangan Utama	M6'	K1	25	3.853	713.761	520.648	1.371
Tulangan Sengkang			10	0.617	301.725	210.606	1.433

Dengan cara yang sama dilakukan perhitungan terhadap kolom tipe lain di tingkat lainnya, kemudian dirata-rata dan hasilnya dapat dilihat di **Tabel 4** untuk tulangan utama dan **Tabel 5** untuk tulangan sengkang.

Tabel 4. Rekapitulasi Rata-Rata α Tulangan Utama Kolom

No.	Tingkat Tipe	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	Rata2 Tipe
1	K1	1.364	1.497	1.497	1.186										1.386
2	K1-A					1.373	1.373	1.373	1.373	1.373					1.373
3	K1-B										1.373	1.373	1.363	1.059	1.392
4	K1-MA					1.382	1.382	1.382	1.382	1.382					1.382
5	K1-MB										1.382	1.382	1.077		1.280
6	K2	1.293	1.387	1.387	1.145										1.303
7	K2-A					1.215	1.215	1.215	1.215						1.215
8	K2-B									1.215	1.215	1.040			1.157
9	K2-MA					1.278	1.278	1.278	1.278						1.278
10	K2-MB									1.278	1.051				1.164
11	K3	1.295	1.226	1.226	0.995										1.185
12	K3-A	1.379	1.497	1.497	1.186										1.390
13	K4	1.178	1.287	1.170											1.311
14	K5	1.235	1.287	1.170											1.230
15	K5-A	1.307	1.387	1.373	0.990										1.264
16	K6				1.369										1.369
17	K7	1.059													1.059
18	K7-A				1.239										1.239
19	K7-B				0.993										0.993
20	K8	1.192	1.170	1.209											1.190
21	K9	1.314	1.387	1.387											1.362
22	K9-A	1.314	1.387	1.387	1.290										1.344
23	K10	1.299	1.387	1.286											1.324
24	K1-L	1.160	1.203	1.272	1.076	1.153	1.153	1.153	1.153	1.153	1.153	1.153	1.098	1.153	1.156
25	KR	1.069													1.069
26	KR-L		1.087												1.087
27	KT1	1.081													1.081
28	KT				1.167	1.153	1.153	1.153	1.153	1.153	1.153	1.092	1.149	1.091	1.135
29	K1-L	1.356	1.497	1.497	1.363	1.373	1.373	1.373	1.373	1.373	1.373	1.373	1.363	1.059	1.365
30	K2-L	1.356	1.387	1.387	1.363	1.290	1.290	1.290	1.290	1.290	1.290	1.049			1.398
	Rata2	1.262	1.254	1.339	1.198	1.277	1.277	1.277	1.277	1.277	1.248	1.208	1.210	1.076	1.239
	Tingkat														1.245

Tabel 5. Rekapitulasi Rata-Rata α Tulangan Senggang Kolom

No.	Tingkat Tipe	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	Rata2 Tipe
1	K1	1.448	1.352	1.352	1.232										1.346
2	K1-A					1.285	1.285	1.285	1.285	1.285					1.285
3	K1-B										1.285	1.285	1.295	1.292	1.290
4	K1-MA					1.288	1.288	1.288	1.288	1.288					1.288
5	K1-MB										1.288	1.288	1.288		1.288
6	K2	1.452	1.349	1.349	1.228										1.345
7	K2-A					1.235	1.235	1.235	1.235						1.235
8	K2-B									1.285	1.285	1.285			1.285
9	K2-MA					1.298	1.298	1.298	1.298						1.298
10	K2-MB									1.298	1.298				1.298
11	K3	1.321	1.317	1.317	1.156										1.278
12	K3-A	1.398	1.364	1.319	1.166										1.312
13	K4	1.280	1.267	1.242											1.263
14	K5	1.318	1.312	1.312											1.314
15	K5-A	1.346	1.355	1.238	1.202										1.285
16	K6				1.406										1.406
17	K7	1.071													1.071
18	K7-A				1.281										1.281
19	K7-B				1.125										1.125
20	K8	1.230	1.208	1.208											1.216
21	K9	1.318	1.312	1.312											1.314
22	K9-A	1.331	1.312	1.238	1.301										1.296
23	K10	1.317	1.264	1.247											1.276
24	KL1	1.094	1.117	1.167	1.063	1.125	1.125	1.125	1.125	1.125	1.125	1.125	1.098	1.145	1.120
25	KR	1.149													1.149
26	KR1		1.240												1.240
27	KT1	1.236													1.236
28	KT				1.113	1.125	1.125	1.125	1.125	1.125	1.075	1.075	1.149	1.094	1.108
29	K1-L	1.485	1.466	1.466	1.387	1.375	1.375	1.375	1.375	1.375	1.375	1.375	1.387	1.400	1.401
30	K2-L	1.485	1.468	1.468	1.387	1.377	1.377	1.377	1.377	1.377	1.377	1.377			1.404
	Rata2 Tingkat	1.325	1.231	1.302	1.237	1.264	1.264	1.264	1.264	1.264	1.264	1.259	1.243	1.233	1.268 1.263

Selain berdasarkan tipe kolom dan tingkat, rata-rata nilai α juga dilakukan berdasarkan pola penulangannya. Untuk tulangan utama didapatkan rata-rata untuk Pola A 1.291, Pola B 1.103, Pola C 1.304, dan Pola D 1.044. Sedangkan untuk sengkang rata-rata Pola A sebesar 1.319, Pola B 1.250, Pola C 1.280, dan Pola D 1.241.

4.2. Rangkuman Nilai α

Dari perhitungan-perhitungan sebelumnya, didapatkan rata-rata nilai α semua kolom menggunakan berbagai acuan seperti tingkat, tipe kolom, pola penulangan yang dirata-rata per tipe kolom, serta pola penulangan yang dirata-rata untuk semua kolom.

Tabel 6. Rangkuman Nilai α Menggunakan Berbagai Acuan

Tulangan		Acuan			
		Tingkat	Tipe Kolom	Pola Penulangan Per Tipe Kolom	Pola Penulangan u/ Semua Kolom
Utama	Min.	1.076	0.993	0.99	1.044
	Max.	1.339	1.39	1.393	1.3
	Mean	1.245	1.239	1.218	1.184
Sengkang	Min.	1.231	1.071	1.071	1.241
	Max.	1.325	1.406	1.485	1.319
	Mean	1.263	1.268	1.28	1.272

Dari nilai-nilai di **Tabel 6** dilakukan perhitungan deviasi standar untuk menentukan persebaran data dalam sampel. Hasilnya dapat dilihat pada **Tabel 7**

Tabel 7. Rangkuman Nilai α Menggunakan Berbagai Acuan

Tulangan		Acuan		
		Tingkat	Tipe Kolom	Pola Penulangan u/ Semua Kolom
Utama	Min.	1.182	1.126	1.054
	Max.	1.308	1.352	1.314
	Mean	1.245	1.239	1.184
Sengkang	Min.	1.237	1.184	1.237
	Max.	1.289	1.352	1.307
	Mean	1.263	1.268	1.272

5. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1. Kesimpulan

Dari seluruh sampel yang digunakan dalam penelitian jika dihitung dengan metode BBS beratnya 69591.256 kg (tulangan utama) dan 26720.124 kg (tulangan sengkang), sedangkan dengan metode pendekatan 53965.931 kg (tulangan utama) dan 19697.695 kg (tulangan sengkang). Nilai α dari Tabel 7 dapat digunakan untuk menghitung kuantitas pembedian pada *Bill of Quantity* (W_{BQ}) dengan rumus

$$W_{BQ} = W_{pend.} \times \alpha$$

5.2. Saran

Penelitian selanjutnya diharapkan mengambil sampel yang skema penulangannya berbeda dari segi jarak penempatan sengkang, letak sambungan lewatan, serta pengelompokan kolom berdasarkan luas penampangannya yang mempengaruhi diameter dan jumlah tulangnya.

6. DAFTAR REFERENSI

- Departemen Pekerjaan Umum. (1999). *Undang-Undang Nomor 18 Tahun 1999 tentang Jasa Konstruksi*. Jakarta: Penerbit BP. Pancan Usaha.
- Hardie, Glenn M. (1987). *Contruction Estimating Techniques*. USA: Prentice-Hall, Inc.
- Indonesia. Badan Standardisasi Nasional. (2013). *Tata Cara Perhitungan Struktur Beton untuk Bangunan Gedung*. Jakarta: Author.
- Tockey, Steve. (2004). *Return on Software*. Boston, Mass.: Addison Wesley.