



Perbandingan Estimasi Biaya Kolom Bulat Dengan Kolom Persegi Pada Gedung

Munir^{1*}, Muhammad Ridha², Tety Sriana³

¹Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Abulyatama, Aceh Besar, 23372, Indonesia.

*Email korespondensi: munir_20141011.ft@abulyatama.ac.id¹

Diterima November 2022; Disetujui Januari 2023; Dipublikasi Januari 2023

Abstract: *Building of State Elementary Islamic School 8 in Banda Aceh City is planned to be constructed for 2-story building with round columns, aiming to get a safe calculation of the structure of round columns and to get a comparison of the estimated costs between round columns and square columns. The scope of this research is to calculate the building structure using the SAP 2000 application. The research process begins with data collection in the form of structural data, building plan drawings, and Budget Plan. The calculation of the spherical column structure in the equation, the floor deviation limit is $12.411 \text{ mm} < 87.5 \text{ mm}$. Based on the estimated cost between the round column and the square column, the cost is Rp. 180.340.013.34 (One Hundred Eighty Million Three Hundred Forty Thousand Thirteen Rupiah) for round column. Rp. 222.512.998.00 (Two Hundred Twenty Two Million Five Hundred Twelve Thousand Nine Hundred Ninety Eight Rupiah) for square column.*

Keywords: *Round Column, Square Column, Column Steel, Column Comparison, Cost*

Abstrak: Gedung MIN 8 Kota Banda Aceh direncanakan 2 lantai dengan kolom berbentuk bulat, bertujuan untuk mendapatkan perhitungan struktur kolom bulat yang aman dan mendapatkan perbandingan estimasi biaya antara kolom bulat dengan kolom persegi. Ruang lingkup penelitian ini adalah menghitung struktur bangunan dengan menggunakan aplikasi SAP 2000. Proses penelitian diawali dengan pengumpulan data berupa data struktur, gambar bestek gedung, dan Rencana Anggaran Biaya (RAB). Perhitungan struktur kolom bulat pada persamaannya batasan simpangan lantai adalah $12,411 \text{ mm} < 87,5 \text{ mm}$. Berdasarkan estimasi biaya antara kolom bulat dengan kolom persegi maka didapat biaya Rp180.340.013.34 (Seratus Delapan Puluh Juta Tiga Ratus Empat Puluh Ribu Tiga Belas Rupiah) untuk kolom bulat. Rp222.512.998.00 (Dua Ratus Dua Puluh Dua Juta Lima Ratus Dua Belas Ribu Sembilan Ratus Sembilan Puluh Delapan Rupiah) untuk kolom persegi.

Kata kunci : Kolom Bulat, Kolom Persegi, Pembesian Kolom, Perbandingan Kolom, Biaya.

Gedung Sekolah MIN 8 Kota Banda Aceh terletak di Jalan Sultan Malikul Saleh Kota Banda Aceh, pekerjaan konstruksi masih dalam pengerjaan. Berdasarkan Rencana Kerja dan Syarat-syarat (RKS) gedung ini direncanakan 2 (dua) lantai dengan luas total bangunan gedung 540 m². Komponen struktur untuk kolom direncanakan material beton yang digunakan mutu $f'c$ 20,75 Mpa. Tinggi kolom lantai 1 (satu) 3,5 meter, kolom lantai 2 (dua) 4,5 meter dan total jumlah kolom 66 kolom. Dalam penelitian ini kolom persegi akan diganti dengan kolom bulat setelah melalui hasil perhitungan ulang struktur, hasil akhir kolom bulat ini akan dihitung kembali kekuatan maupun biaya yang dikeluarkan. Permasalahan pada penelitian ini antara lain Bagaimanakah perhitungan struktur kolom jika memakai kolom bulat dan berapakah perbandingan estimasi biaya antara kolom bulat dengan kolom persegi.

Berdasarkan permasalahan di atas, tujuan penelitian ini yaitu untuk mendapatkan perhitungan struktur kolom bulat, dan mendapatkan biaya estimasi perbandingan antara kolom bulat dengan kolom persegi. Adapun ruang lingkup penelitian ini antara lain menghitung struktur bangunan dengan menggunakan aplikasi SAP 2000 versi 20, dan Analisa estimasi biaya yang digunakan adalah Analisa Harga Satuan Pekerjaan (AHSP) 2019.

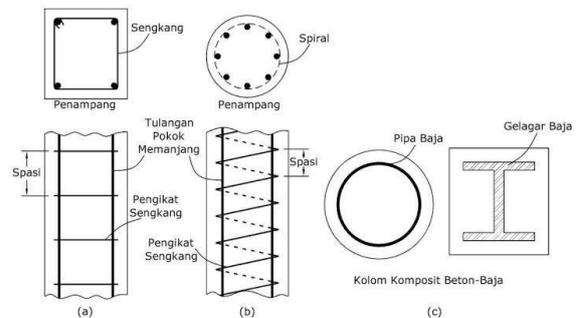
TINJAUAN KEPUSTAKAAN

Kolom

Berdasarkan SNI 03-1727-2020, Kolom adalah komponen struktur bangunan yang tugas utamanya menyangga beban aksial tekan vertikal dengan bagian tinggi yang tidak ditopang paling tidak tiga kali dimensi lateral terkecil.

Dipohusodo (1994) menyatakan bahwa kolom terdapat 3 jenis kolom beton bertulang yaitu:

- Kolom ikat (tie column)
- Kolom spiral (spiral column)
- Kolom komposit (composite column)



Gambar 1 Jenis-jenis Kolom

Sumber : Dipohusodo 1994

Perencana pembebanan

Perencana gedung ini menggunakan struktur beton bertulang. Kombinasi pembebanan diambil dari SNI 2847-2019.

Tabel 1 Kombinasi Beban

No	Item	SNI 2847-2019
1	Kombinasi 1	$U = 1,4D$
2	Kombinasi 2	$U = 1,2D + 1,6L + 0,5 (L \text{ atau } R)$
3	Kombinasi 3	$1,2D + 1,6 (Lr \text{ atau } R) + (L \text{ atau } 0,5W)$
4	Kombinasi 4	$1,2D + 1,0W + L + 0,5 (Lr \text{ atau } R)$
5	Kombinasi 5	$1,2D + 1,0E + L$
6	Kombinasi 6	$0,9D + 1,W$
7	Kombinasi 7	$0,9D + 1,E (L \text{ atau } 0,5W) + 1,0W + L + 0,5 (Lr \text{ atau } R)$

(Sumber : SNI 2847-2019)

Perencana kolom

Ketentuan ini tidak berlaku untuk kolom pada sistem pemikul momen khusus atau kolom yang tidak termasuk bagian dari sistem penahan gaya seismik harus didesain berdasarkan SNI 2847:2019 pasal 18. Kolom dibedakan menjadi dua, kolom dengan pengaku dan kolom tanpa pengaku. Untuk menentukan dimensi kolom rencana untuk kolom yang paling bawah lantai 1, dapat ditentukan dengan cara sebagai berikut:

$$\sigma = P/A$$

Dimana:

- σ = Tegangan beton
- P = Total beban ditanggung kolom paling bawah
- A = Luas penampang kolom rencana
 σ diambil berdasarkan mutu beton $f'c = 20,35/3$ sehingga nilainya adalah

Berdasarkan SNI 2847:2019 pasal 6, indeks stabilitas untuk satu tingkat Q harus dihitung dengan persamaan:

$$Q = \frac{\sum Pu \times \Delta o}{Vus \times lc}$$

Dimana:

- Q = Stabilitas index
- $\sum Pu$ = Beban vertical total
- Vus = Gaya geser rantai total pada tingkat yang ditinjau
- Δo = Simpangan relatif antar tingkat orde pertama pada tingkat yang ditinjau akibat Vus
- lc = Panjang kolom diukur dari center-center dari joint pada portal

Berdasarkan SNI 2847:2019 pasal 6, $r = 0.25 D$ dan faktor kelangsingan boleh diabaikan apabila memenuhi persamaan di bawah ini.

- Untuk kolom yang tidak ditahan terhadap goyongan samping:

$$\frac{klu}{r} \leq (22)$$

- Untuk kolom yang ditahan terhadap goyongan samping:

$$\frac{klu}{r} \leq (34 + 12) \times \frac{M1}{M2}$$

dan

$$\frac{klu}{r} \leq (40)$$

Dimana :

- k = Faktor Panjang kolom
- lu = Panjang bersih kolom
- r = Radius girasi
- M1 = Momen ujung terfaktor yang lebih kecil pada komponen struktur tekan, diambil sebagai positif jika komponen struktur dibengkokkan dalam kurvatur tunggal, dan negative
- M2 = Momen ujung terfaktor yang lebih besar pada komponen struktur tekan. Jika pembebanan transversal terjadi di antara tumpuan, M2 diambil sebagai momen terbesar yang terjadi dalam komponen struktur. Nilai M2 selalu positif, N-mm

Berdasarkan SNI 2847:2019 pasal 6 dihitung menggunakan persamaan:

$$Mc = \delta ns M2$$

Dimana :

- Mc = Momen terfaktor
- δns = Faktor pembesar momen untuk kolom yang ditahan terhadap goyangan ke samping
- M2 = Momen terbesar hasil statika

Berdasarkan SNI 2847:2019 pasal 6 Untuk pembesaran δ harus di hitung menggunakan persamaan:

$$ns = \frac{Cm}{1 - \frac{Pu}{0.75 \times Pc}} \geq 1.0$$

Dimana:

δ_{ns} = Faktor pembesar momen untuk kolom yang ditahan terhadap goyangan ke samping

P_u = Beban aksial terfaktor pada eksentrisitas

C_m = Faktor koreksi momen

P_c = Beban kritis

Berdasarkan SNI 2847:2019 pasal 6 Untuk beban tekuk kritis P_c harus dihitung dengan persamaan:

$$P = \frac{\pi^2(El)_{eff}}{(kl_u)^2}$$

Dimana :

P_c = Beban kritis

k = Faktor panjang efektif komponen struktur tekan

l_u = Panjang bebas yang tidak disangga

El_{eff} = Kekakuan lentur komponen struktur tekan

Berdasarkan SNI 2847:2019 pasal 6 Untuk kolom tanpa beban transversal yang bekerja di antara tumpuannya menggunakan persamaan:

$$C_m = 0.6 - 0.4 \frac{M_1}{M_2} \geq 0.4$$

Dimana :

C_m = Faktor koreksi momen

m = Rasio dari x ideal terhadap tinggi efektif d

Berdasarkan SNI 2847:2019 pasal 6, M_{2min} untuk masing-masing sumbu yang terhitung secara terpisah dapat dihitung dengan persamaan:

$$M_{2min} = P_u (15 + 0.03h)$$

Dimana :

M_{2min} = Momen terbesar hasil statika

P_u = Beban aksial terfaktor pada eksentrisitas

h = Tinggi efektif

Berdasarkan SNI 2847:2019 pasal 6, pembesaran momen δ_s harus dihitung dengan persamaan:

$$\delta_s = \frac{1}{(1 - Q)} \geq 1$$

Dimana :

δ_s = Faktor pembesar momen untuk kolom yang ditahan terhadap goyangan ke samping

Q = Stabilitas index

Batasan simpangan lantai dihitung dengan persamaan:

$$\Delta \frac{(\delta_2 - \delta_1) \times Cd}{l} < \alpha$$

Dimana :

δ = Defleksi yang terjadi

Δ = Simpangan antar lantai

l = Faktor keutamaan gempa

h_x = Tinggi tingkat di bawah tingkat x

C_d = Faktor pembesaran defleksi = 5,5

Penulangan kolom

SNI-03-2847-2013 pasal 10.3.6 desain beban aksial ϕP_n dari komponen struktur tekan tidak boleh besar dari ϕP_n (max). untuk komponen struktur nonprategang dengan tulangan spiral dihitung dengan persamaan:

$$\phi P_n \text{ (max).} = 0,85 \cdot \phi \cdot [0,85 / f_c \cdot (A_g - A_{st}) + A_{st} \cdot f_y]$$

Dimana:

f_c = Kuat tekan beton

A_g = Luas penampang lintang kotor dari kolom

A_{st} = Luas penampang tulangan

f_y = Tegangan luluh baja

persyaratan sesuai dengan SNI-03-2847-2013 pasal 11 Perencana penampang untuk menahan geser

dihitung dengan persamaan:

$$\phi V_n \geq V_u$$

$$V_n = V_c + V_s$$

$$\phi (V_c + V_s) \geq V_u$$

Dimana:

ϕ = Faktor reduksi kuat geser senilai 0,75

V_u = Gaya geser terfaktor

V_n = Kuat geser nominal

V_c = kuat geser nominal yang disumbangkan beton

V_s = kuat geser nominal yang disumbangkan tulangan geser

Software SAP 2000

Semua rancangan yang akan dibuat selalu diupayakan untuk mempertimbangkan faktor biaya dan kekuatan dengan tetap mematuhi peraturan-peraturan yang berlaku dimana lokasi gedung tersebut akan berdiri (Pamungkas. A, Harianti. E (2018).

Estimasi Biaya Konstruksi

Suharto (1997) mendefinisikan biaya sebagai jumlah segala usaha pengeluaran yang dilakukan dalam mengembangkan dan memproduksi suatu produk. Biaya diperlukan untuk membandingkan atau mengukur fakta-fakta biaya yang terkumpul pada tahap informasi.

Analisa Harga Satuan Pekerjaan (AHSP)

Ibrahim (1994), menyatakan bahwa harga satuan pekerjaan merupakan jumlah harga bahan dan upah tenaga kerja berdasarkan perhitungan analisa.

Tabel 2 A.4.1.1.8. Membuat 1 m³ beton mutu f'c 21,7 Mpa

A.4.1.1.8. Membuat 1 m ³ beton mutu f'c = 21,7 MPa						
NO	Uraian	Kode	Satuan	Koefisien	Harga satuan (Rp)	Jumlah Harga (Rp)
A. TENAGA						
	Pekerja	L.01	OH	1.650	Rp	-
	Tukang batu	L.02	OH	0.275	Rp	-
	Kepala tukang	L.03	OH	0.028	Rp	-
	Mandor	L.04	OH	0.083	Rp	-
						Rp
B. BAHAN						
	Semen portland		Kg	384.000	Rp	-
	Pasir beton		Kg	692	Rp	-
	Kerikil (Maks 30 mm)		Kg	1.039.000	Rp	-
	Air		Liter	215	Rp	-
						Rp
C. PERALATAN						
						Rp
						Rp
D. Jumlah (A+B+C)						
E. Overhead & Profit (contoh 10%)						
				10% x D (maksimum)		Rp
						Rp
						Rp

(sumber : AHSP 2019)

METODOLOGI PENELITIAN

Metode penelitian adalah langkah-langkah yang dilakukan secara sistematis dengan kerangka acuan yang jelas dalam menyelesaikan permasalahan. Pada bagian ini dijabarkan secara singkat prosedur penelitian yang meliputi lokasi dan objek penelitian, pengumpulan data, tahapan pengolahan dan analisis data. Jenis penelitian yang dilakukan adalah studi analisis.



Gambar 2 Lokasi Penelitian
Sumber : Google Eart 2022

Data-data Struktur

Dalam penelitian ini, pengumpulan data dilakukan melalui survei langsung di lokasi.

Mutu bahan

Berikut beberapa item bahan yang dipakai untuk struktur MIN 8 Banda Aceh:

- Mutu beton (f'c) = 20,75 Mpa = K250
- Modulus Elastis Beton = $\sqrt{(20,75)} = 21.409,52$ MPa

- Berat jenis beton bertulang = 2400 kg/m^3
Mutu tulangan baja
- Mutu BJTP24 = $f_y = 240 \text{ MPa}$ $f_u = 370 \text{ MPa}$
- Mutu BJTS35 = $f_y = 390 \text{ MPa}$ $f_u = 560 \text{ MPa}$
- Modulus elastis baja = 200.000 MPa
- Berat jenis baja = 7850 kg/m^3
- Jumlah lantai : 2 lantai + 1 lantai atap
Elevasi lantai :

Tabel 3 Tinggi Elevasi Lantai

Lantai	Tinggi Elevasi (m)
Lantai Dasar	+0,0
Lantai 2	+3,50
Lantai Atap	+8,00

(Sumber : Konsultan Perencana)

- Luas bangunan per lantai
Lantai dasar : 270 m^2
Lantai 2 : 270 m^2
- Tebal plat beton : 12 cm untuk plat lantai

Tabel 4 Tipe Kolom dan Balok

Kolom	Dimensi (cm)	Balok	Dimensi (cm)
K.1	40x40	BL.1	40/20
K.2	20x20	BL.2	30/40
Kp	13x13	BL.3	30/20
		BS	35/25
		RB	40/20

(Sumber : Konsultan Perencana)

Pembebanan

Perencana gedung ini menggunakan struktur beton bertulang. Kombinasi pembebanan diambil dari SNI 2847-2019. Beban di bawah ini selanjutnya akan di inputkan ke dalam program SAP 2000.

Beban mati

Bertikut Tabel 3.3 Beban Mati yang bekerja pada Pelat Lantai Gedung.

Tabel 5 Beban Mati yang bekerja pada Pelat Lantai Gedung

Berat Sendiri Pelat	0.120 x	2400.0 Kg/m ²	=	288.00 Kg/m ²
Berat langit-langit + penggantung		20.0 Kg/m ²	=	20.00 Kg/m ²
Berat Instalasi ME		25.0 Kg/m ²	=	25.00 Kg/m ²
Berat spesi	0.030 x	2200.0 Kg/m ²	=	66.00 Kg/m ²
Berat Keramik	0.020 x	2200.0 Kg/m ²	=	44.00 Kg/m ²
			=	443.00 Kg/m ²

(Sumber : Konsultan Perencana)

Pada permodelan SAP 2000, beban dinding dimasukkan sebagai terbagi rata (frame) dengan besar beban masing-masing untuk tiap beda tinggi.

Tabel 6 Beban Mati pada Dinding.

No.	Tinggi Bangunan (m)	Tebal Plesteran (m)	Berat Jenis Material (kg/m ²)	Berat Jenis Material (kg/m ²)	Beban Dinding (Kg/m)
1	3.50	0.05	2200	250	1260
2	4.00	0.05	2200	250	1440
3	1.20	0.05	2200	250	432
4	2.00	0.05	2200	250	720

(Sumber : Konsultan Perencana)

Beban hidup

Berdasarkan SNI 1727:2020, Beban hidup yang digunakan pada Perencana ini 250 kg/m^2 untuk ruang kelas dan koridor 400 kg/m^2 .

Running analisis Software SAP 2000

Analisa statika pada perhitungan dengan kolom bulat dengan menggunakan software SAP 2000 versi 20, dari hasil running analisa kolom bulat yang sudah aman, selanjutnya melakukan perbandingan dimensi luas kolom bulat dengan kolom persegi.

Estimasi Biaya Kolom Bulat

Dari hasil output data dimensi kolom bulat dari hasil struktur yang sudah aman, maka selanjutnya menghitung berapa jumlah volume kolom bulat. Hasil jumlah volume kolom bulat maka selanjutnya melakukan perbandingan antara kolom bulat dengan kolom persegi.

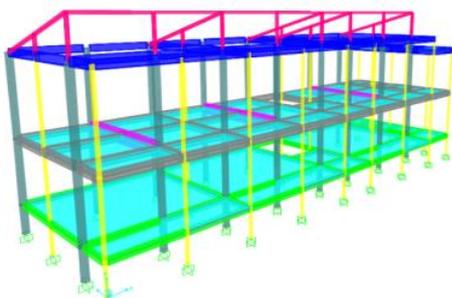
HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil

Objek yang ditinjau pada perhitungan ini adalah bangunan Gedung Sekolah yang di fokuskan pada perbandingan estimasi biaya kolom bulat dengan kolom persegi terdiri dari biaya beton kolom bulat, biaya tulangan kolom bulat, dan biaya bekisting kolom bulat.

1. Pemodelan struktur

Struktur dimodelkan dalam skala 3 (tiga) dimensi dengan memasukan elemen struktur yang berupa kolom bulat, balok, dan pelat lantai.



Gambar 3 View Pemodelan Struktur Kolom Bulat 3D

2. Koordinat denah

Sistem koordinat merupakan koordinat dalam tiga dimensi dan mengikuti aturan tangan kanan.

3. Running analisis

Analisis harus dilakukan untuk menentukan jumlah ragam getar alami untuk struktur. Analisis harus menyertakan jumlah ragam yang cukup untuk mendapatkan partisipasi massa ragam terkombinasi sebesar paling sedikit 90% dari massa aktual dalam masing-masing arah horizontal ortogonal dari respons yang ditinjau oleh model. Dari hasil periode time period ragam pertama adalah $T = 0.539443$ hasilnya memenuhi karena $T < T_{max} 0,26 \times 1,4 = 0.375$. Untuk pemilihan jenis ragam untuk T1-T2 =

$0.460155-0.39222 = 0.067935 \%$ untuk T2-T2 = $(0.460155-0.373236) / 0.460155 \times 100\% = 18.88907 \%$. Waktu getar alami dianggap berdekatan apabila selisih nilainya kurang dari 15%. Untuk gedung yang memiliki waktu getar alami berjauhan lebih dari 15%. Geser dasar status arah-X diperoleh dari baris SX, kolom GlobalFX $\rightarrow V_{sx} = 35910.44$ Kg, geser dinamis arah-X diperoleh dari baris DX, kolom GlobalFX $\rightarrow V_{DX} = 14989.5$ Kg, untuk pengecekan adalah $85\% \times 35910.44 = 6783.123$ Kg $< V_{DX} = 14989.5$ Kg. (OK). Untuk geser statis arah-Y diperoleh dari baris SY, kolom GlobalFy $\rightarrow V_{sy} = 35671.56$ Kg, geser dinamis arah-Y diperoleh dari baris DY, kolom GlobalFY $\rightarrow V_{DY} = 13154.93$ Kg, untuk pengecekan adalah $85\% \times 35671.56 = 6738.001$ Kg $< V_{DY} = 13154.93$ Kg (OK). Jenis struktur yang tidak menggunakan dinding geser adalah $\Delta\alpha = 0,02 \times h_x = 0,025 \times 3500 = 87,5$ mm, pemeriksaan batasan simpang lantai menggunakan join nomor 200 $\delta_2 = 2.724634$ untuk lantai 2 dan nomor 9 $\delta_1 = 0.468056$ untuk lantai 1. Untuk persamaannya batasan simpang lantai menggunakan rumus sebagai berikut:

$$\Delta \frac{(\delta_2 - \delta_1) \times Cd}{l} < \alpha$$

$$\Delta \frac{(2.724634 - 0.468056) \times 5,5}{1} < 87,5$$

= 12,411 mm < 87,5 Ok memenuhi syarat.

4. Volume beton kolom

Untuk mengetahui berapa besar volume beton kolom bulat maka dapat dilihat pada table berikut ini.

Tabel 7 Volume Kolom Bulat

Tipe Kolom	Ukuran Kolom Diameter (m)	Luas Dimensi Penampang (m ²)	Jumlah Kolom Lantai 1 [T = 3,5 m]	Volume Kolom Lantai 1 (m ³)	Jumlah Kolom Lantai 2 (T = 4 m)	Volume Kolom Lantai 2 (m ³)
K.1	0.400	0.126	16	7.036	16	8.041
K.2	0.200	0.031	17	1.869	17	2.136
Pesestal 1	0.400	0.126	16	3.216	-	-
Pedestal 2	0.200	0.031	17	0.854	-	-
Jumlah Volume				12.975		10.177

Dari tabel di atas didapat volume beton kolom K.1 lantai 1 (satu) sebesar 7.036 m³, volume beton kolom K.2 lantai 1 (satu) sebesar 1.869 m³, volume beton kolom pedestal 1 sebesar 3.216 m³, volume beton kolom pedestal 2 sebesar 0.854 m³, jumlah volume beton lantai 1 (satu) sebesar 12.975 m³. Untuk lantai dua volume beton kolom K.1 lantai 2 (dua) sebesar 8.041 m³, volume beton kolom K.2 lantai 2 (dua) sebesar 2.136 m³, jumlah volume beton lantai 2 (dua) sebesar 10,177 m³, total jumlah volume beton dengan kolom bulat sebesar 23,152 m³.

Tabel 8 Volume Kolom Persegi

Tipe Kolom	Ukuran Kolom (m)	Luas Dimensi Penampang (m ²)	Jumlah Kolom Lantai 1 [T = 3,5 m]	Volume Kolom (m ³)	Jumlah Kolom Lantai 2 [T = 4 m]	Volume Kolom (m ³)
K.1	0.4×0.4	0.160	16	8.960	16	10.240
K.2	0.2×0.2	0.040	17	2.380	17	2.720
Pesestal 1	0.4×0.4	0.160	16	4.096		
Pedestal 2	0.2×0.2	0.040	17	1.088	-	-
Jumlah Volume				16.524		12.960

Sumber : Konsultan Perencana

Dari tabel di atas maka dapat dilihat untuk lantai 1 (satu) volume beton kolom sebesar 16.526 m³, untuk volume kolom lantai 2 (dua) sebesar 12.960 m³. Untuk mengetahui berapa besar volume tulangan kolom maka dapat dilihat pada tabel berikut ini.

Tabel 9 Volume Berat Tulangan Kolom Lantai 1

Diameter besi segkang	Panjang Potongan (m)	Jumlah Potongan (Bh)	Total Panjang (m')	Berat Permeter (kg/m)	Berat (kg)	Total Kolom (Bh)	Total Jumlah Berat (Kg)	
K.1 (P10)	23,705	1,00	23,705	0,617	14,615	16,00	233,842	
P.1 (P10)	10,837	1,00	10,837	0,617	6,681	16,00	106,899	
K.2 (P10)	12,234	1,00	12,234	0,617	7,543	17,00	128,226	
P.2 (P10)	5,593	1,00	5,593	0,617	3,448	17,00	58,618	
Jumlah								527,585
Tulangan Utama Kolom								
K1 (D14)	4,06	10,00	40,60	1,208	49,062	16,00	784,985	
P1 (D14)	2,16	10,00	21,60	1,208	26,102	16,00	417,628	
K2 (D14)	4,06	10,00	40,60	1,208	49,062	17,00	834,047	
P2 (D14)	2,16	10,00	21,60	1,208	26,102	17,00	443,729	
Jumlah								2,480,390

Dari tabel perhitungan diatas telah didapat jumlah berat besi polos spiral pada kolom lantai 1 dan kolom pedestal diameter 10 mm untuk lantai 1 (satu) adalah 527,585 Kg, Sedangkan untuk berat besi ulir diameter 14 mm untuk lantai 1 (satu) 2,480,390 Kg.

Tabel 10 Volume Berat Tulangan Kolom Lantai 2

Diameter besi	Panjang Potongan (m)	Jumlah Potongan (Bh)	Total Panjang (m')	Berat Permeter (kg/m)	Berat (kg)	Total Kolom (Bh)	Total Jumlah Berat (Kg)	
Tulangan Kolom Sengkang Spiral								
K1 (10)	27,092	1,00	27,092	0,617	16,703	16,00	267,248	
K2 (10)	13,982	1,00	13,982	0,617	8,620	17,00	146,544	
Jumlah								413,792
Tulangan Utama Kolom								
K1 (14)	4,0	10,00	40,000	1,208	48,337	16,00	773,385	
K2 (14)	4,0	10,00	40,000	1,208	48,337	17,00	821,721	
Jumlah								1,595,106

Dari tabel tabel 10 Volume Berat Tulangan Kolom Lantai 2 (dua) perhitungan diatas telah didapat jumlah berat besi polos spiral diameter 10 mm untuk adalah 413,792 Kg. Sedangkan untuk berat besi utama ulir diameter 14 mm untuk lantai 2 (dua) 1595.106 Kg.

Tabel 11 Volume Bekisting Kolom Bulat Lantai 1

Tipe Kolom	Keliling Kolom Diameter (m)	Panjang Kolom (m)	Jumlah Kolom Lantai 1 (Bh)	Luas Volume Bekisting (m ²)
K.1	1.256	3.500	16	70.336
K.2	0.628	4.000	17	42.704
Pesestal 1	1.256	1.600	16	32.154
Pedestal 2	0.628	1.600	17	17.082
Jumlah Volume				162.275

Untuk luas bekisting volume kolom persegi lantai 1 (satu) adalah 260.16 m², didapat dari konsultan perencana.

Tabel 12 Luas Volume Bekisting Kolom Bulat Lantai 2

Tipe Kolom	Keliling Kolom Diameter (m)	Panjang Kolom (m)	Jumlah Kolom Lantai 2 (Bh)	Luas Volume Bekisting (m ²)
K.1	1.256	4.000	16	80.384
K.2	0.628	4.000	17	42.704
Jumlah Volume				123.088

Untuk luas bekisting volume kolom persegi lantai 2 (dua) adalah 223.20 m² didapat dari konsultan perencana. Dari tabel di atas maka dapat dilihat perbedaan volume bekisting beton kolom bulat dengan kolom persegi adalah 483.36 m² untuk kolom persegi. Sedangkan total kolom bulat 317.5168 m². Maka dapat disimpulkan volume bekisting kolom bulat lebih lebih efisien dari pada volume bekisting kolom persegi.

Analisa Harga Satuan Pekerjaan (AHSP)

Dari harga satuan pekerjaan untuk membuat 1 m³ beton mutu f'c 21,7 adalah Rp1.207.357,00 (Satu Juta Dua Ratus Tujuh Ribu Tiga Ratus Lima Puluh Tujuh Rupiah) maka didapat harga estimasi kolom bulat untuk pekerjaan beton pada kolom bulat adalah $Rp1.207.357,00 \times 23,152 \text{ m}^3 = Rp27.953.105,00$ (Dua Puluh Tujuh Juta Sembilan Ratus Lima Puluh Tiga Ribu Seratus Lima Rupiah). Sedangkan untuk kolom persegi Rp35.597.714,00 (Tiga Puluh Lima Juta Lima Ratus Sembilan Puluh Tujuh Ribu Tujuh Ratus Empat Belas Rupiah).

Dari harga satuan pekerjaan untuk Pembesian diameter 14 mm dengan besi ulir adalah Rp18.653,00 (Delapan Belas Ribu Enam Ratus Lima Puluh Tiga Rupiah) maka didapat

harga estimasi biaya besi untuk kolom bulat adalah $Rp18.653,00 \times 4,075,495 \text{ Kg} = Rp76.021.616$ (Tujuh Puluh Enam Juta Dua Puluh Satu Ribu Enam Ratus Lima Belas Rupiah).

Dari harga satuan pekerjaan untuk Pembesian diameter 10 mm dengan besi polos adalah Rp16.112,00 (Enam Belas Ribu Seratus Dua Belas Rupiah), maka didapat harga estimasi besi untuk kolom bulat adalah $Rp16.112,00 \times 941,377 \text{ Kg} = Rp15.167.787$ (Lima Belas Juta Seratus Enam Puluh Tujuh Ribu Tujuh Ratus Delapan Puluh Tujuh Rupiah).

Analisa Harga Satuan Pekerjaan (AHSP) Pemasangan 1 m² Bekisting kolom adalah Rp192.737,00 (Seratus Sembilan Puluh Dua Ribu Tujuh Ratus Tiga Puluh Tujuh Rupiah), maka didapat harga estimasi bekisting kolom bulat adalah $Rp192.737,00 \times 317.517 \text{ m}^2 = Rp61.197.505$ (Enam Puluh Satu Juta Seratus Sembilan Puluh Tujuh Ribu Lima Ratus Lima Rupiah). Sedangkan untuk kolom persegi $Rp192.73,00 \times 483.36 \text{ m}^2 = Rp93.161.766$ (Sembilan Puluh Tiga Juta Seratus Enam Puluh Satu Ribu Tujuh Ratus Enam Puluh Enam Rupiah). Maka dapat disimpulkan untuk pekerjaan bekisting kolom lebih efisien kolom persegi.

Tabel 13 Estimasi Biaya Kolom Bulat.

No.	Nama Item Pekerjaan	Volume	Satuan	Analisa	Harga Satuan (Rp)	Jumlah Harga (Rp)
LANTAI I						
1	Kolom Pedestal Uk. (Diameter 40) cm					
	- Beton K 250	3.216	M3	A. 4.1.1.8	1,207,357.01	3,883,323.78
	- Besi Ulir	417.628	Kg	A. 4.1.1.17A	18,653.34	7,790,153.14
	- Besi Polos	106.899	Kg	A. 4.1.1.17B	16,112.34	1,722,394.58
	- Bekisting	64.307	M2	A. 4.1.1.22 (K3)	192,737.85	12,394,431.38
	Jumlah					25,790,302.88
2	Kolom Pedestal Uk. (Diameter 20) cm					
	- Beton K 250	0.854	M3	A. 4.1.1.8	1,207,357.01	1,031,507.88
	- Besi Ulir	443.729	Kg	A. 4.1.1.17A	18,653.34	8,277,037.71
	- Besi Polos	58.618	Kg	A. 4.1.1.17B	16,112.34	944,469.14
	- Bekisting	17.082	M2	A. 4.1.1.22 (K3)	192,737.85	3,292,270.83
	Jumlah					13,545,285.57
3	Kolom K1 Uk. (Diameter 40) cm					
	- Beton K 250	7.036	M3	A. 4.1.1.8	1,207,357.01	8,494,770.76
	- Besi Ulir	784.985	Kg	A. 4.1.1.17A	18,653.34	14,642,602.66
	- Besi Polos	233.842	Kg	A. 4.1.1.17B	16,112.34	3,767,738.15
	- Bekisting	70.336	M2	A. 4.1.1.22 (K3)	192,737.85	13,556,409.32
	Jumlah					40,461,520.89
4	Kolom K2 Uk. (Diameter 20) cm					
	- Beton K 250	1.869	M3	A. 4.1.1.8	1,207,357.01	2,256,423.48
	- Besi Ulir	834.047	Kg	A. 4.1.1.17A	18,653.34	15,557,765.33
	- Besi Polos	128.226	Kg	A. 4.1.1.17B	16,112.34	2,066,026.25
	- Bekisting	42.704	M2	A. 4.1.1.22 (K3)	192,737.85	8,230,677.09
	Jumlah					28,110,892.15
	Total Jumlah Lantai I					107,908,001.49
LANTAI II						
1	Kolom K1 Uk. (Diameter 40) cm					
	- Beton K 250	8.041	M3	A. 4.1.1.8	1,207,357.01	9,708,309.44
	- Besi Ulir	773.385	Kg	A. 4.1.1.17A	18,653.34	14,426,209.52
	- Besi Polos	267.248	Kg	A. 4.1.1.17B	16,112.34	4,305,986.46
	- Bekisting	80.384	M2	A. 4.1.1.22 (K3)	192,737.85	15,493,039.22
	Jumlah					43,933,544.64
2	Kolom K2 Uk. (Diameter 20) cm					
	- Beton K 250	2.136	M3	A. 4.1.1.8	1,207,357.01	2,578,769.69
	- Besi Ulir	821.721	Kg	A. 4.1.1.17A	18,653.34	15,327,847.61
	- Besi Polos	146.544	Kg	A. 4.1.1.17B	16,112.34	2,361,172.86
	- Bekisting	42.704	M2	A. 4.1.1.22 (K3)	192,737.85	8,230,677.09
	Jumlah					28,498,467.25
	Total Jumlah Lantai II					72,432,011.89
	TOTAL JUMLAH					180,340,013.38

Dari tabel 13 diatas maka total jumlah estimasi biaya kolom bulat pada gedung MIN 8 Kota Banda Aceh adalah Rp180.340.013 (Seratus Delapan Puluh Juta Tiga Ratus Empat Puluh Ribu Tiga Belas Rupiah).

Dari tabel 14 jumlah estimasi biaya kolom bulat pada gedung Sekolah MIN 8 Kota Banda Aceh adalah Rp222.512.998.00 (Dua Ratus Dua Puluh Dua Juta Lima Ratus Dua Belas Ribu Sembilan Ratus Sembilan Puluh Delapan Rupiah) estimasi tersebut didapat dari konsultan perencana.

Tabel 14 Estimasi Biaya Kolom Persegi

No.	Nama Item Pekerjaan	Volume	Satuan	Analisa	Harga Satuan (Rp)	Jumlah Harga (Rp)
LANTAI I						
1	Kolom Pedestal Uk. (40 x 40) cm					
	- Beton K 250	4.096	M3	A. 4.1.1.8	1,207,357.01	4,945,334.32
	- Besi Ulir	481.045	Kg	A. 4.1.1.17A	18,653.34	8,973,102.32
	- Besi Polos	142.839	Kg	A. 4.1.1.17B	16,112.34	2,301,477.60
	- Bekisting	40.320	M2	A. 4.1.1.22 (K3)	192,737.85	7,771,190.06
	Jumlah					23,991,104.30
2	Kolom Pedestal Uk. (20 x 20) cm					
	- Beton K 250	1.088	M3	A. 4.1.1.8	1,207,357.01	1,313,604.43
	- Besi Ulir	323.275	Kg	A. 4.1.1.17A	18,653.34	6,030,155.58
	- Besi Polos	80.216	Kg	A. 4.1.1.17B	16,112.34	1,292,461.93
	- Bekisting	51.840	M2	A. 4.1.1.22 (K3)	192,737.85	9,991,530.07
	Jumlah					18,627,752.01
3	Kolom K1 Uk. (40 x 40) cm					
	- Beton K 250	8.960	M3	A. 4.1.1.8	1,207,357.01	10,817,918.83
	- Besi Ulir	921.875	Kg	A. 4.1.1.17A	18,653.34	17,196,041.75
	- Besi Polos	315.667	Kg	A. 4.1.1.17B	16,112.34	5,086,138.35
	- Bekisting	117.600	M2	A. 4.1.1.22 (K3)	192,737.85	22,665,971.00
	Jumlah					55,766,069.92
4	Kolom K2 Uk. (20 x 20) cm					
	- Beton K 250	2.380	M3	A. 4.1.1.8	1,207,357.01	2,873,509.69
	- Besi Ulir	617.161	Kg	A. 4.1.1.17A	18,653.34	11,512,115.20
	- Besi Polos	178.878	Kg	A. 4.1.1.17B	16,112.34	2,882,145.07
	- Bekisting	50.400	M2	A. 4.1.1.22 (K3)	192,737.85	9,713,987.52
	Jumlah					26,981,757.52
	Total Jumlah Lantai I					125,366,683.75
LANTAI II						
1	Kolom K1 Uk. (40 x 40) cm					
	- Beton K 250	10.24	M3	A. 4.1.1.8	1,207,357.01	12,363,335.80
	- Besi Ulir	945.08	Kg	A. 4.1.1.17A	18,653.34	17,628,828.03
	- Besi Polos	359.07	Kg	A. 4.1.1.17B	16,112.34	5,785,482.38
	- Bekisting	156.24	M2	A. 4.1.1.22 (K3)	192,737.85	30,113,361.47
	Jumlah					65,891,007.68
2	Kolom K2 Uk. (30 x 30) cm					
	- Beton K 250	2.72	M3	A. 4.1.1.8	1,207,357.01	3,284,011.07
	- Besi Ulir	632.63	Kg	A. 4.1.1.17A	18,653.34	11,800,639.39
	- Besi Polos	202.64	Kg	A. 4.1.1.17B	16,112.34	3,264,929.96
	- Bekisting	66.96	M2	A. 4.1.1.22 (K3)	192,737.85	12,905,726.34
	Jumlah					31,255,306.76
	Total Jumlah Lantai II					97,146,314.44
	JUMLAH TOTAL					222,512,998.19

(Sumber : Konsultan Perencana)

Pembahasan

Berdasarkan dari hasil perhitungan diatas, terdapat perbedaan besaran biaya pekerjaan kolom bulat dengan kolom persegi untuk setiap jenis pekerjaan yang ditinjau berupa volume beton kolom bulat, volume tulangan kolom bulat dan volume bekisting kolom bulat.

Tabel 15 Rekapitulasi Jumlah Biaya Kolom Bulat

No	Jenis Item Pekerjaan	Jumlah Harga (Rp)	Presentase (%)
1	LANTAI I		
a.	Kolom Pedestal Uk. (Diameter 40) cm	25,790,302.88	14.301
b.	Kolom Pedestal Uk. (Diameter 20) cm	13,545,285.57	7.511
c.	Kolom K1 Uk. (Diameter 40) cm	40,461,520.89	22.436
d.	Kolom K2 Uk. (Diameter 20) cm	28,110,892.15	15.588
2	LANTAI II		
a.	Kolom K1 Uk. (Diameter 40) cm	43,933,544.64	24.362
b.	Kolom K2 Uk. (Diameter 20) cm	28,498,467.25	15.803
Jumlah		180,340,013.38	100.00

Dari Tabel 15 diatas dapat dilihat presentase bobot pekerjaan yang paling besar terjadi pada kolom K1 lantai 2 (dua) sebesar 24.362%

dengan jumlah harga pada kolom K1 lantai 2 (dua) sebesar Rp43.933.544.64 (Empat Puluh Tiga Juta Sembilan Ratus Tiga Puluh Tiga Ribu Lima Ratus Empat Puluh Empat Rupiah). Sedangkan untuk kolom K1 lantai 1 (satu) bobot presentase sebesar 22.436% dengan jumlah harga Rp40.461.520.89 (Empat Puluh Juta Empat Ratus Enam Puluh Satu Ribu Lima Ratus Dua Puluh Rupiah), untuk total semua biaya pekerjaan pada kolom bulat sebesar Rp180.340.013.34 (Seratus Delapan Puluh Juta Tiga Ratus Empat Puluh Ribu Tiga Belas Rupiah).

Tabel 16 Rekapitulasi Jumlah Biaya Kolom Persegi

No	Jenis Item Pekerjaan	Jumlah Harga (Rp)	Presentase (%)
1	LANTAI I		
a.	Kolom Pedestal Uk. (40 x 40) cm	23,991,104.30	10.782
b.	Kolom Pedestal Uk. (20 x 20) cm	18,627,752.01	8.372
c.	Kolom K1 Uk. (40 x 40) cm	55,766,069.92	25.062
d.	Kolom K2 Uk. (20 x 20) cm	26,981,757.52	12.126
2	LANTAI II		
a.	Kolom K1 Uk. (40 x 40) cm	65,891,007.68	29.612
b.	Kolom K2 Uk. (30 x 30) cm	31,255,306.76	14.047
Jumlah		222,512,998.19	100.00

(Sumber : Konsultan Perencana)

Dari Tabel 16 diatas dapat dilihat jumlah total harga pada pekerjaan kolom persegi adalah sebesar Rp222.512.998.00 (Dua Ratus Dua Puluh Dua Juta Lima Ratus Dua Belas Ribu Sembilan Ratus Sembilan Puluh Delapan Rupiah). Sedangkan dari tabel 4.9 untuk kolom bulat sebesar Rp180.340.013.34 (Seratus Delapan Puluh Juta Tiga Ratus Empat Puluh Ribu Tiga Belas Rupiah). Perbandingan harga biaya kolom bulat dengan kolom persegi adalah Rp42.172.984 (Empat Puluh Dua Juta Seratus Tujuh Puluh Dua Ribu Sembilan Ratus Delapan Puluh Empat Rupiah). Maka dari presentase

adalah 18.953% lebih hemat (efisien) biaya kolom bulat dibandingkan dengan kolom persegi pada gedung Sekolah MIN 8 Kota Banda Aceh.

KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

Berdasarkan hasil pengolahan data dapat disimpulkan beberapa hal sebagai berikut:

Pada periode time period ragam pertama adalah $T = 0.539443$ hasilnya memenuhi karna $< T_{max}$ $0,26 \times 1,4 = 0.375$. Untuk geser dasar status arah-X diperoleh dari baris SX, kolom GlobalFX $\rightarrow V_{sx} = 35910.44$ Kg, geser dinamis arah-X diperoleh dari baris DX, kolom GlobalFX $\rightarrow V_{DX} = 14989.5$ Kg, untuk pengecekan adalah $85 \% \times 35910.44 = 6783.123$ Kg $< V_{DX} = 14989.5$ Kg. Untuk geser statis arah-Y diperoleh dari baris SY, kolom GlobalFy $\rightarrow V_{sy} = 35671.56$ Kg, geser dinamis arah-Y diperoleh dari baris DY, kolom GlobalFY $\rightarrow V_{DY} = 13154.93$ Kg, untuk pengecekan adalah $85 \% \times 35671.56 = 6738.001$ Kg $< V_{DY} = 13154.93$ Kg. Untuk persamaannya batasan simpangan lantai adalah $12,411$ mm $< 87,5$. Estimasi biaya pekerjaan kolom bulat sebesar Rp180.340.013.34 (Seratus Delapan Puluh Juta Tiga Ratus Empat Puluh Ribu Tiga Belas Rupiah). Estimasi biaya pekerjaan kolom persegi sebesar Rp222.512.998.00 (Dua Ratus Dua Puluh Dua Juta Lima Ratus Dua Belas Ribu Sembilan Ratus Sembilan Puluh Delapan Rupiah). Jumlah Perbedaan estimasi biaya kolom bulat dengan kolom persegi pada gedung Sekolah

MIN 8 Kota Banda Aceh adalah Rp42.172.984 (Empat Puluh Dua Juta Seratus Tujuh Puluh Dua Ribu Sembilan Ratus Delapan Puluh Empat Rupiah). Untuk presentase efisien kolom bulat adalah 18.953% lebih murah dari pada kolom persegi pada gedung MIN 8 Kota Banda Aceh.

Saran

Untuk penelitian kedepan penulis memberikan saran perbandingan Analisa Harga Satuan Pekerjaan (AHSP) 2019 dengan Analisa Harga Satuan Pekerjaan (AHSP) 2022 pada Gedung MIN 8 Kota Banda Aceh. Pada perbandingan dimensi kolom penulis memberikan saran untuk membandingkan kolom persegi dengan kolom persegi panjang dari segi mutu, bahan, dan biaya.

DAFTAR PUSTAKA

1. Ibrahim, B., (1994). *Rencana dan Estimasi Real of Cost*. Bumi Askara: Jakarta.
2. Soeharto, I, (1997). *Manajemen Proyek dari Konseptual Sampai Operasional*. Erlangga: Jakarta.
3. Dipohusodo, Istimawan. (1999). *Struktur Beton Bertulang*. Gramedia Pustaka Utama, Jakarta.
4. Wuryanti, (2005). Indeks Biaya Komponen Konstruksi Beton Bertulang Baja dan bahan Komposit untuk Bangunan Gedung. Badan Penelitian dan Pengembangan Departemen.
5. Suharjito. (2006). Sistem Estimasi Biaya dan Usaha Proyek Pengembangan Software Sistem Informasi Bisnis. Badan Penelitian dan Pengembangan Departemen Pekerjaan Umum, Bandung.
6. Badan Standarisasi Nasional. (2013). *Persyaratan Beton Struktural Untuk Bangunan Gedung (SNI 2847:2013)*. BSN, Jakarta.
7. Pamungkas. A, Harianti. E. (2018). *Struktur Beton Bertulang Tahan Gempa*. Andi, Yogyakarta.
8. Anonim. (2019). *Pedoman Analisa Harga Satuan Pekerjaan Bidang Pekerjaan Umum, Permen PUPR No 28 2019*, Jakarta.
9. Badan Standarisasi Nasional. (2019). *Persyaratan Beton Struktural untuk Bangunan Gedung dan Penjelasan (SNI 2847:2019)*. BSN, Jakarta.
10. Badan Standarisasi Nasional. (2019). *Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Bangunan Gedung. (SNI 1726-2019)*. BSN. Jakarta.
11. Devi Oktarima dkk. (2019). Analisis Struktur Kolam Beton Bertulang Persegi dan Bulat dengan Program SAP2000. *Jurnal Universitas Malahayati*.
12. Rizki, Muhammad. (2020). Estimasi Biaya Pekerjaan Non Struktural pada Bangunan Gedung Sekolah. Tugas Akhir, Universitas Syiah Kuala.
13. Simanjuntak, J, Harefa, H. (2021). Analisis Perbandingan Kolom Persegi dan Kolom Bulat dengan Mutu Beton, Luas Penampang dan Luas Tulangan yang Sama. *Jurnal Teknik Sipil*, Universitas HKBP.