

## PENGARUH PEMILIHAN JARAK KOLOM PADA STRUKTUR RANGKA PEMIKUL MOMEN KHUSUS BETON TERHADAP BIAYA

Royhan Fanany<sup>1</sup>, Bantot Sutriyono<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Jurusan Teknik Sipil, Universitas 17 Agustus 1945 Surabaya, Jl Semolowaru 45, Surabaya

Email: vannany46@gmail.com

<sup>2</sup>Prodi Teknik Sipil, Universitas 17 Agustus 1945 Surabaya, Jl Semolowaru 45, Surabaya

Email: bantot@untag-sby.ac.id

### ABSTRACT

With the addition of the building design age does not only rely on the resistance of the building to the load. Many development requests lead to buildings that are economical, strong, and according to architectural wishes. In this study, we will compare the effect of column spacing on special moment-bearing frame structures on costs. The method used is to compare 3 buildings with the long span of Building A 3m, Building B 4m and Building C 6m. The three buildings will be compared against Displacement, Building Prices and Structural Performance. From the results of the study, the overall price of the building in Building A (Rp 6,333,433,690) occupies the highest price of the other buildings, followed by Building B (Rp 5,333,852,309), and Building C (Rp 4,362,303,657), Base Force in Building A (21833 kN, and 21283 kN) have more resistance compared to other buildings followed by Building B (20010 kN and 19296 kN), and Building C (16348 kN and 15314 kN), and Building performance in Building C (IO) has a level security of the entire building followed by Building B (DC), and Building A (DC)

Keywords: Displacement, Optimization, Price, Building performance.

### ABSTRAK

Dengan penambahan zaman perancangan gedung tidak hanya mengandalkan ketahanan gedung terhadap beban. Banyak permintaan pembangunan yang menuju terhadap bangunan yang ekonomis, kuat, dan sesuai keinginan arsitektural. Pada penelitian ini akan membandingkan pengaruh pemilihan jarak kolom pada struktur rangka pemikul momen khusus terhadap biaya. Metode yang digunakan yaitu membandingkan 3 Gedung dengan bentang panjang Gedung A 3m, Gedung B 4m, dan Gedung C 6m. Ketiga gedung tersebut akan dibandingkan terhadap *Displacement*, Harga Bangunan dan Kinerja Struktur. Dari hasil penelitian mendapatkan Harga keseluruhan gedung pada Gedung A (Rp 6.333.433.690) menempati harga tertinggi dari gedung lainnya, yang diikuti Gedung B (Rp 5.333.852.309), dan Gedung C (Rp 4.362.303.657), *Base Force* pada Gedung A (21833 kN, dan 21283 kN) memiliki ketahanan yang lebih dibandingkan dengan Gedung lainnya yang diikuti dengan Gedung B (20010 kN dan 19296 kN), dan Gedung C (16348 kN dan 15314 kN), dan Kinerja bangunan pada Gedung C (IO) memiliki tingkat keamanan dari keseluruhan gedung yang diikuti dengan Gedung B (DC), dan Gedung A (DC)

Kata kunci: Simpangan, optimasi, Harga, Kinerja bangunan.

### PENDAHULUAN

Perencanaan struktur gedung bertingkat harus memiliki kekuatan serta perilaku baik terhadap respon pembebanan yang terjadi pada bangunan. Pemilihan sistem struktur harus mangacu pada tingkat kerawanan (resiko) yang tertera pada SNI keempaan Indonesia. Selanjutnya rancangan komponen-komponen struktur wajib terikat dan

diperhitungkan sesuai sistem struktur yang dipilih.

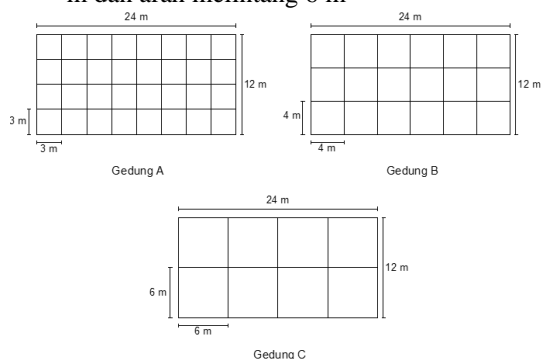
Penempatan jumlah dan jarak kolom mempengaruhi fungsi kegunaan suatu bangunan. Umumnya bentang pendek kolom difungsikan untuk ruangan sederhana, seperti perumahan dan apartemen. Sedangkan bentang panjang kolom mayoritas digunakan dengan kapasitas pengguna atau pemanfaatan besar, seperti tempat lahan

parkir, ruang dansa, dan aula. Variasi bentang tersebut merupakan salah satu pemenuhan tuntutan arsitektural. Pemenuhan kebutuhan arsitektural sangat mempengaruhi perencanaan elemen struktur. Faktor ini mempengaruhi pemilihan elemen struktur bahkan unsur-unsur berkaitan dengan biaya, sebab besar volume tulangan sangat mempengaruhi unsur biaya tersebut. Sehingga pemilihan tulangan beton perlu direncanakan dengan menunjukkan efisiensi kebutuhan besi tulangan yang aman dan ekonomis.

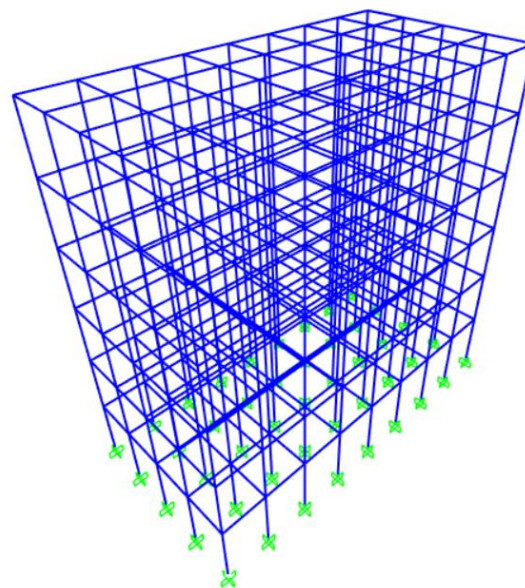
Rumah rusun merupakan gedung yang memiliki fleksibilitas dalam pengambilan bentang kolom. Bentang kolom yang lebar dapat dibagi menjadi beberapa bagian sesuai dengan kebutuhan, juga bentang kolom yang pendek dapat dipadukan dengan kolom lainnya sebagai tambahan ruang dalam memenuhi kebutuhan arsitektural. Hal inilah menunjukkan bahwa rumah susun dapat dijadikan kasus dalam penelitian ini.

Dari uraian latar belakang di atas, maka perlu adanya penelitian untuk menganalisa pengaruh pemilihan variasi jarak kolom terhadap perilaku struktur dan pembiayaan. Pada penelitian ini akan merencanakan suatu bangunan sederhana dengan sistem Rangka Pemikul Momen (SRPM), memiliki 6 lantai dengan luas bangunan 12 m x 24 m dan tinggi kolom 4 m yang selanjutnya dirancang 3 variasi perencanaan :

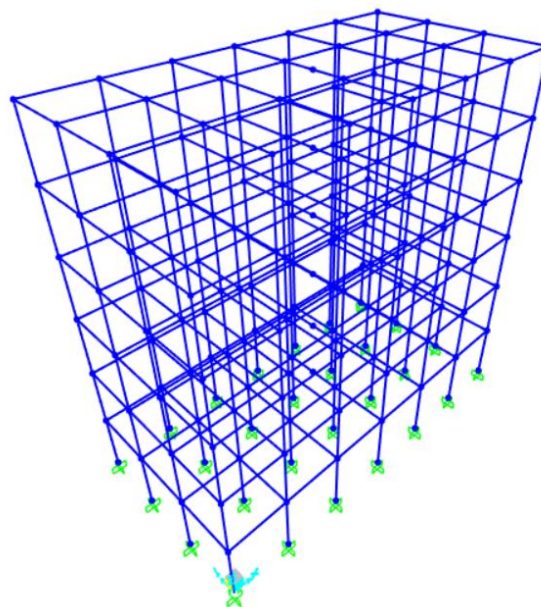
1. Gedung A, direncanakan dengan bentang 4 x 8 dengan jarak kolom arah memanjang 3 m dan arah melintang 3 m
2. Gedung B, direncanakan dengan bentang 3 x 6 dengan jarak kolom arah memanjang 4 m dan arah melintang 4 m
3. Gedung C, direncanakan dengan bentang 2 x 4 dengan jarak kolom arah memanjang 6 m dan arah melintang 6 m



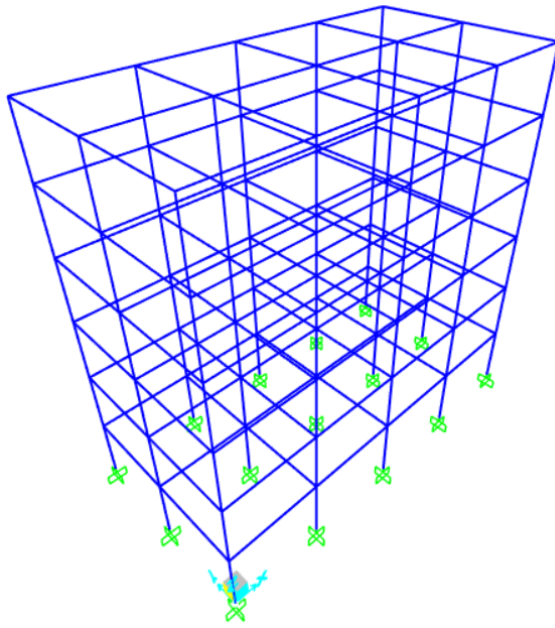
**Gambar.1** Denah Variasi Gedung A,B, dan C



**Gambar.2** Gambar 3d Gedung A



**Gambar.3** Gambar 3d Gedung B



**Gambar.3** Gambar 3d Gedung C

## RUANG LINGKUP KAJIAN

Dalam penelitian ini membatasi masalah yang akan dibahas agar lebih terfokus ke topik:

- Perencanaan gedung menggunakan material beton bertulang.
- Menggunakan Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus (SRPMK).
- Software perencanaan menggunakan program SAP2000 dan pcaColumn.
- Peraturan-peraturan yang digunakan dirujuk kepada SNI 2847-2019, SNI 1727-2019, SNI 1726-2019.
- Penelitian ini akan berfokus kepada elemen balok dan kolom.
- Pengoptimalisasi kekuatan penampang dapat diabaikan jika bersinggungan dengan syarat detailing dan pendaktailan gedung

## LANDASAN TEORI

### Beton Bertulang

Beton merupakan bahan yang umum tersedia, karena bahan pembentuk beton mudah didapat juga biaya bahan yang relatif murah dibandingkan dengan bahan lainnya. Beton memiliki kuat tekan yang tinggi sehingga dapat digunakan dalam berbagai kondisi lingkungan, tidak hanya itu proses perawatan beton mudah dilakukan serta pembentukan kebutuhan ukuran penampang sangat fleksibel dan mudah dipenuhi. Dalam pengaplikasian pada bangunan perlu adanya tambahan material yang memiliki kemampuan menahan tarik, salah satunya adalah tulangan baja. Gabungan beton dan baja

dinamakan beton bertulang, hal ini mewujudkan struktur komposit yang saling memanfaatkan kelebihanannya dalam menahan tekan dan tarik.

### Simpangan Antar Lantai

Simpangan antar lantai pada gedung tidak boleh melebihi simpangan yang diijinkan ( $\Delta_{ijin}$ ). Berdasarkan SNI 1726-2019 tabel 20, simpangan antar lantai ( $\delta_x$ ) harus ditentukan dengan persamaan berikut :

$$\delta_x = \frac{C_d \delta_x}{I_e}$$

$$\Delta_x = C_d \frac{(\delta_{ex} - \delta_{ex-1})}{I_e} < \Delta_{ijin}$$

Dimana:

$C_d$  : faktor pembesaran simpangan lateral dalam SNI 1726 2019 tabel 12

$\Delta_x$  : simpangan ditingkat ke-x

$I_e$  : faktor keutamaan

### Analisis Pushover

Analisis *Pushover* merupakan analisis perilaku keruntukan struktur terhadap beban lateral. Tujuan analisis pushover adalah mengevaluasi perilaku seismik struktur terhadap pembebanan gempa rencana berdasarkan kurva kapasitas yang terbentuk. Metode ATC-40 menyajikan secara grafis dua buah grafik yaitu spektrum kapasitas yang menggambarkan kapasitas struktur berupa hubungan gaya dorong total dan perpindahan lateral struktur dan spektrum *demand* yang menggambarkan besarnya demand akibat gempa dengan periode ulang tertentu.

Berikut adalah rumusan dalam mencari kinerja struktur pada ATC-40 :

$$S_{t-max} = D_t / H_{total}$$

$$S_{i-max} = (D_t - D_l) / H_{total}$$

dimana :

$S_{t-max}$  : Simpangan total maksimum

$S_{i-max}$  : Simpangan inelastis maksimum

$D_l$  : Perpindahan saat dorong pertama

$D_t$  : Perpindahan saat *performance point*

$H_{total}$  : Tinggi total bangunan

## METODE PENELITIAN

### Pengumpulan Data

Pengumpulan data penelitian ini merupakan peninjauan terhadap penggunaan variasi bentang yang umum digunakan. Pada bangunan rusun umumnya pengambilan bentang antar kolom menggunakan bentang 3m, 4m, dan 6m. Namun bentang tersebut tidak diaplikasikan sama rata keseluruhan bentang namun pada fungsi ruang

tertentu. Berikut adalah gambar dari variasi pemilihan jarak kolom.

**Analisis Hasil**

**Simpangan**

Analisa simpangan akan dilakukan setelah melakukan pemodelan struktur dan Analisa struktur pada batuan software. Hasil dari *displacement* akan dicek terhadap simpangan izin

**Penulangan**

Dalam menganalisa tulangan terhadap gaya dalam yang terjadi, perlu adanya pengoptimalisasi atau batasan yang menjadi pengekang agar perbandingan gedung terencana merata.

**Harga**

Setelah melakukan perencanaan tulangan yang matang akan dilanjutkan dengan perhitungan harga anatar gedung

**Analisa Kinerja**

Akhir dari penelitian ini akan menganalisa dari kinerja struktur setiap bangunan. Proses ini akan dibantu oleh software SAP2000 dan menggunakan acuan ATC-40

**ANALISIS DATA**

**Simpangan antar gedung**

Analisa simpangan gedung akan dicek setelah melakukan *running* pada *software* SAP2000, berikut adalah hasil dari perhitungan *displacement* antar bangunan :

Gedung A

Arah X

Tabel 1 Simpangan Arah x Gedung A

Lantai (m)	U1	Cd/I	δ	Δ	hsx	ΔA	p	ΔA/p	Status
24	0,017	5,50	0,09	0,01	4,00	0,04	1,30	0,03	ok
20	0,016	5,50	0,09	0,01	4,00	0,04	1,30	0,03	ok
16	0,013	5,50	0,07	0,02	4,00	0,04	1,30	0,03	ok
12	0,010	5,50	0,06	0,02	4,00	0,04	1,30	0,03	ok
8	0,006	5,50	0,03	0,02	4,00	0,04	1,30	0,03	ok
4	0,002	5,50	0,01	0,01	4,00	0,04	1,30	0,03	ok

Arah y

Tabel 2 Simpangan Arah y Gedung A

Lantai (m)	U2	Cd/I	δ	Δ	hsx	ΔA	p	ΔA/p	Status
24	0,019	5,50	0,10	0,01	4,00	0,04	1,30	0,03	ok
20	0,017	5,50	0,09	0,01	4,00	0,04	1,30	0,03	ok
16	0,014	5,50	0,08	0,02	4,00	0,04	1,30	0,03	ok
12	0,011	5,50	0,06	0,02	4,00	0,04	1,30	0,03	ok
8	0,006	5,50	0,04	0,02	4,00	0,04	1,30	0,03	ok
4	0,002	5,50	0,01	0,01	4,00	0,04	1,30	0,03	ok

Gedung B

Arah X

Tabel 3 Simpangan Arah x Gedung B

Lantai (m)	U1	Cd/I	δ	Δ	hsx	ΔA	p	ΔA/p	Status
24	0,016	5,50	0,09	0,01	4,00	0,04	1,300	0,031	ok
20	0,014	5,50	0,08	0,01	4,00	0,04	1,300	0,031	ok
16	0,012	5,50	0,07	0,02	4,00	0,04	1,300	0,031	ok
12	0,009	5,50	0,05	0,02	4,00	0,04	1,300	0,031	ok
8	0,005	5,50	0,03	0,02	4,00	0,04	1,300	0,031	ok
4	0,002	5,50	0,01	0,01	4,00	0,04	1,300	0,031	ok

Arah Y

Tabel 4 Simpangan Arah y Gedung B

Lantai (m)	U2	Cd/I	δ	Δ	hsx	ΔA	p	ΔA/p	Status
24	0,019	5,50	0,10	0,01	4,00	0,04	1,30	0,031	ok
20	0,016	5,50	0,09	0,01	4,00	0,04	1,30	0,031	ok
16	0,013	5,50	0,07	0,02	4,00	0,04	1,30	0,031	ok
12	0,010	5,50	0,05	0,02	4,00	0,04	1,30	0,031	ok
8	0,005	5,50	0,03	0,02	4,00	0,04	1,30	0,031	ok
4	0,002	5,50	0,01	0,01	4,00	0,04	1,30	0,031	ok

Gedung C

Arah X

Tabel 5 Simpangan Arah x Gedung C

Lantai (m)	U1	Cd/I	δ	Δ	hsx	ΔA	p	ΔA/p	Status
24	0,019	5,50	0,11	0,01	4,00	0,04	1,30	0,03	ok
20	0,017	5,50	0,09	0,02	4,00	0,04	1,30	0,03	ok
16	0,014	5,50	0,08	0,02	4,00	0,04	1,30	0,03	ok
12	0,010	5,50	0,05	0,02	4,00	0,04	1,30	0,03	ok
8	0,005	5,50	0,03	0,02	4,00	0,04	1,30	0,03	ok
4	0,002	5,50	0,01	0,01	4,00	0,04	1,30	0,03	ok

Arah Y

Tabel 7 Simpangan Arah x Gedung C

Lantai (m)	U2	Cd/I	δ	Δ	hsx	ΔA	p	ΔA/p	Status
24	0,022	5,50	0,12	0,02	4,00	0,04	1,30	0,03	ok
20	0,019	5,50	0,10	0,02	4,00	0,04	1,30	0,03	ok
16	0,015	5,50	0,08	0,02	4,00	0,04	1,30	0,03	ok
12	0,011	5,50	0,06	0,03	4,00	0,04	1,30	0,03	ok
8	0,006	5,50	0,03	0,02	4,00	0,04	1,30	0,03	ok
4	0,002	5,50	0,01	0,01	4,00	0,04	1,30	0,03	ok

**Penulangan**

Perhitungan tulangan pada setiap komponen akan dibatasi dengan  $R_n/R_u \leq 1,15$  agar analisa penulangan merata berikut adalah hasil dari perhitungan analisa penulangan setiap komponen yang akan ditunjukkan pada table seperti berikut :

**Tulangan Longitudinal Balok**

Tabel 8 Analisa Tulangan Longitudinal Balok

Type Balok	Bangunan	Daerah	Muti (N.mm)	Dimensi balok				Penulangan tarik			Penulangan tekan			Mn* (N.mm)	PROSENTASE	
				b (mm)	h (mm)	Sm (mm)	d (mm)	Dia (mm)	n	As actual (mm2)	Dia (mm)	n	As actual (mm2)			
B25/50	Gedung A	Tumpuan	2E+08	300	600	73	522,5	58,5	13	10	1327,9	13	5	663,9	242.216.389	1,04
B25/50	Gedung A	Lapangan	2E+08	300	600	40	538,5	63,5	19	4	1134,6	19	2	567,3	215.322.315	1,09
B30/60	Gedung B	Tumpuan	3E+08	300	600	16	516,5	63,5	19	6	1701,9	19	3	850,9	309.977.555	1,02
B30/60	Gedung B	Lapangan	2E+08	300	600	73	522,5	58,5	13	10	1327,9	13	5	663,9	242.216.389	1,05
B35/70	Gedung C	Tumpuan	5E+08	350	700	15	616,9	63	22	7	2662,0	22	4	1321,1	566.262.681	1,08
B35/70	Gedung C	Lapangan	3E+08	350	700	53	637	63	22	4	1521,1	22	2	760,6	342.982.286	1,05

**Tulangan Sengkok Balok**

Tabel 9 Analisa Tulangan Geser Balok

No	Balok	Vs (kN)	Vc (kN)	φ	φVn (kN)	Vu (kN)	Ratio	Syarat	
								φVn ≥ Vu	1,15
A	B25/50	441	0	0,75	331	242	1,37	ok	not ok
B	B30/60	312	0	0,75	234	228	1,03	ok	ok
C	B35/70	391	0	0,75	293	284	1,03	ok	ok

\*Tulangan Sengkok pada Gedung A tidak memenuhi syarat optimalisasi karena harus memenuhi persyaratan tulangan pada SNI 2847-2019

### Tolangan Longitudinal Kolom

Tabel 10 Analisa Tulangan Longitudinal Kolom

NO	Bangunan	Kombinasi	Momen Kapasitas			Capacity	Check
			Pn	Mnx	Mny		
1	Gedung A	COMB7,1	-1773	-356	-363	1,06	ok
		COMB7,1	-1710	-409	-328	1,08	ok
		COMB7,5	-1756	-364	-364	1,06	ok
2	Gedung B	COMB7,1	-2412	-782	-761	1,07	ok
		COMB7,1	-2328	-850	-727	1,07	ok
		COMB7,5	-2394	-797	-755	1,06	ok
3	Gedung C	COMB7,1	-4038	-1496	-1402	1,02	ok
		COMB7,1	-3643	-1679	-1472	1,06	ok
		COMB7,5	-3735	-1604	-1502	1,06	ok

### Tulangan Geser Kolom

Tabel 11 Analisa Tulangan Geser Kolom

No	Kolom	Vc (kN)	Vc (kN)	φ	φVn	Vn	Syarat
					(kN)	(kN)	φVn ≥ Vn
A	K75/75	922	461	0,75	1037,3	225	ok
B	K95/95	1489	720	0,75	1656,5	204	ok
C	K115/115	2248	1087	0,75	2501,8	263	ok

\*Momen nominal tulangan geser pada kolom terlampaui jauh dengan momen yang dibutuhkan karena beban geser yang dipakai adalah berdasarkan beban geser akibat balok

### Perhitungan Harga

Berikut adalah hasil dari perhitungan harga bangunan pada setiap Gedung yang ditunjukkan pada tabel :

#### Analisa Harga Satuan Pekerjaan

#### Pekerjaan Pengecoran Dengan Ready Mix dan Pompa Beton

Tabel 12 Analisa Harga Satuan Pekerjaan Pengecoran Dengan Ready Mix dan Pompa Beton

No	Uraian	Kode	Satuan	Koefisien	Harga satuan	Jumlah harga
<b>A</b>	<b>Tenaga Kerja</b>					
1	Pekerja	L.01	OH	0,4000	Rp 141.400	Rp 56.560
2	Tukang batu	L.02	OH	0,1000	Rp 142.000	Rp 14.200
3	Kepala tukang	L.03	OH	0,0100	Rp 142.600	Rp 1.426
4	Mandor	L.04	OH	0,0400	Rp 142.600	Rp 5.704
Jumlah Harga Tenaga Kerja						Rp 77.890
<b>B</b>	<b>Bahan</b>					
1	Beton ready mixed	M.09.x	m <sup>3</sup>	1,02	Rp 807.000	Rp 823.140
Jumlah Harga Bahan						Rp 823.140
<b>C</b>	<b>Peralatan</b>					
1	Pompa beton	E.45.s	Hari	0,08	Rp 4.000.000	Rp 320.000
Jumlah Harga Peralatan						Rp 320.000
D	Jumlah Harga Tenaga Kerja, Bahan, dan Peralatan (A+B+C)					Rp 1.221.030
E	Biaya umum dan keuntungan (Maksimum 15%)					15% x D Rp 183.155
F	Harga Satuan Pekerjaan Per-m <sup>3</sup> (D+E)					Rp 1.404.185

#### Pekerjaan Pemadatan Beton Saat Pengecoran

Tabel 13 Pekerjaan Pemadatan Beton Saat Pengecoran

No	Uraian	Kode	Satuan	Koefisien	Harga satuan	Jumlah harga
<b>A</b>	<b>Tenaga Kerja</b>					
1	Pekerja	L.01	OH	0,0800	Rp 141.400	Rp 11.312
2	Mandor	L.04	OH	0,0080	Rp 142.600	Rp 1.141
Jumlah Harga Tenaga Kerja						Rp 12.453
<b>B</b>	<b>Bahan</b>					
Jumlah Harga Bahan						Rp -
<b>C</b>	<b>Peralatan</b>					
1	Vibrator	To.42.a	Hari	0,08	Rp 250.000	Rp 20.000
Jumlah Harga Peralatan						Rp 20.000
D	Jumlah Harga Tenaga Kerja, Bahan, dan Peralatan (A+B+C)					Rp 32.453
E	Biaya umum dan keuntungan (Maksimum 15%)					15% x D Rp 4.868
F	Harga Satuan Pekerjaan Per-m <sup>3</sup> (D+E)					Rp 37.321

### Pekerjaan Bekisting

Tabel 14 Pekerjaan Bekisting

No	Uraian	Kode	Satuan	Koefisien	Harga satuan	Jumlah harga
<b>A</b>	<b>Tenaga Kerja</b>					
1	Pekerja	L.01	OH	0,6600	Rp 141.400	Rp 93.324
2	Tukang kayu	L.02	OH	0,3300	Rp 142.000	Rp 46.860
3	Kepala tukang	L.03	OH	0,0330	Rp 142.600	Rp 4.706
Jumlah Harga Tenaga Kerja						Rp 144.890
<b>B</b>	<b>Bahan</b>					
1	Kayu meranti bekisting		m <sup>3</sup>	0,04	Rp 4.305.000	Rp 172.200
2	Paku usuk		Kg	0,40	Rp 17.535	Rp 7.014
3	Minyak bekisting		Liter	0,20	Rp 9.870	Rp 1.974
4	Kayu meranti balok 5/7		m <sup>3</sup>	0,02	Rp 5.045.985	Rp 75.690
5	Tego film tebal 12 mm		Lembar	0,35	Rp 242.550	Rp 84.893
Jumlah Harga Bahan						Rp 341.770
<b>C</b>	<b>Peralatan</b>					
Jumlah Harga Peralatan						Rp -
D	Jumlah Harga Tenaga Kerja, Bahan, dan Peralatan (A+B+C)					Rp 486.660
E	Biaya umum dan keuntungan (Maksimum 15%)					15% x D Rp 72.999
F	Harga Satuan Pekerjaan Per-m <sup>3</sup> (D+E)					Rp 559.659

### Pekerjaan Pembesian Penulangan <D32

Tabel 15 Pekerjaan Pembesian Penulangan <D32

No	Uraian	Kode	Satuan	Koefisien	Harga satuan	Jumlah harga
<b>A</b>	<b>Tenaga Kerja</b>					
1	Pekerja	L.01	OH	0,1600	Rp141.400	Rp 22.624
2	Tukang besi	L.02	OH	0,0800	Rp142.000	Rp 11.360
3	Kepala tukang	L.03	OH	0,0080	Rp142.600	Rp 1.141
4	Mandor	L.04	OH	0,0160	Rp142.600	Rp 2.282
Jumlah Harga Tenaga Kerja						Rp 37.406
<b>B</b>	<b>Bahan</b>					
1	Besi	M.60.d	kg	105,00	Rp11.000	Rp 1.155.000
2	Kawat	M.72	kg	2,80	Rp31.815	Rp 89.082
Jumlah Harga Bahan						Rp 1.244.082
<b>C</b>	<b>Peralatan</b>					
1	Cutter besi beton	To.25.c	Hari	0,04	Rp266.667	Rp 10.667
2	Bender besi beton	To.25.a	Hari	0,04	Rp266.667	Rp 10.667
Jumlah Harga Peralatan						Rp 10.667
D	Jumlah Harga Tenaga Kerja, Bahan, dan Peralatan (A+B+C)					Rp 1.292.155
E	Biaya umum dan keuntungan (Maksimum 15%)					15% x D Rp 193.823
F	Harga Satuan Pekerjaan Per-100kg (D+E)					Rp 1.485.978

### Pekerjaan Pembesian Penulangan >D32

Tabel 16 Pekerjaan Pembesian Penulangan >D32

No	Uraian	Kode	Satuan	Koefisien	Harga satuan	Jumlah harga
<b>A</b>	<b>Tenaga Kerja</b>					
1	Pekerja	L.01	OH	0,1600	Rp141.400	Rp 22.624
2	Tukang besi	L.02	OH	0,0800	Rp142.000	Rp 11.360
3	Kepala tukang	L.03	OH	0,0080	Rp142.600	Rp 1.141
4	Mandor	L.04	OH	0,0160	Rp142.600	Rp 2.282
Jumlah Harga Tenaga Kerja						Rp 37.406
<b>B</b>	<b>Bahan</b>					
1	Besi	M.60.d	kg	105,00	Rp11.200	Rp 1.176.000
2	Kawat	M.72	kg	2,80	Rp31.815	Rp 89.082
Jumlah Harga Bahan						Rp 1.265.082
<b>C</b>	<b>Peralatan</b>					
1	Cutter besi beton	To.25.c	Hari	0,04	Rp266.667	Rp 10.667
2	Bender besi beton	To.25.a	Hari	0,04	Rp266.667	Rp 10.667
Jumlah Harga Peralatan						Rp 10.667
D	Jumlah Harga Tenaga Kerja, Bahan, dan Peralatan (A+B+C)					Rp 1.313.155
E	Biaya umum dan keuntungan (Maksimum 15%)					15% x D Rp 196.973
F	Harga Satuan Pekerjaan Per-100kg (D+E)					Rp 1.510.128

**Total Harga Setiap Gedung**

Tabel 17 Total Harga Setiap Gedung

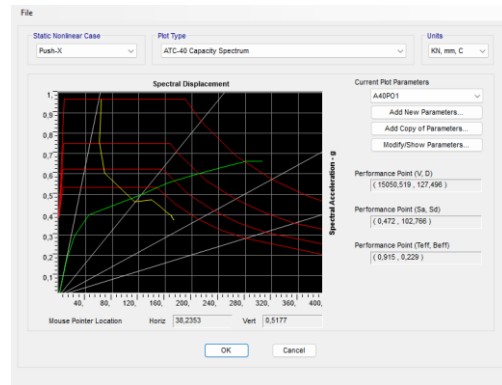
Gedung	AHSPK			Total
	Pengecoran	Bekisting	Penulangan	
A	Rp 1.230.670.667	Rp 2.765.208.386	Rp 2.337.543.637	Rp 6.333.422.690
B	Rp 1.154.472.701	Rp 2.180.655.664	Rp 1.998.723.945	Rp 5.333.852.309
C	Rp 966.010.308	Rp 1.579.850.441	Rp 1.816.442.908	Rp 4.362.303.657

**Analisa Kinerja Bangunan**

Hasil dari penulangan setiap gedung akan dimasukkan luasan tulangan setiap balok dan banyak tulangan utama dan geser untuk kolom. Software SAP2000 akan me-running hasil dari displacement yang dapat ditahan gedung serta gaya dasar maksimum pula. Berikut adalah hasil dari output analisa Pushover dengan SAP2000 :

Tabel 18 Displacement dan Base Share Gedung A Push X

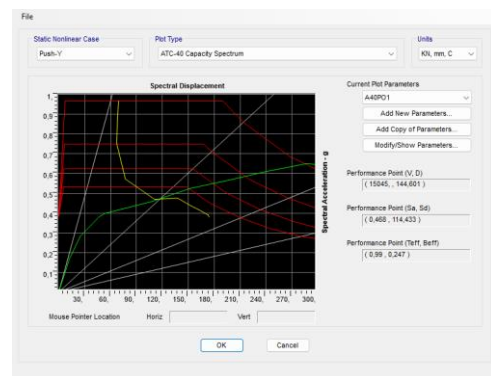
Step	Displacement	Base Force
	(mm)	(Kn)
0	-2,75E-15	0
1	15,309641	5598,811
2	30,505618	9249,073
3	56,900935	12362,471
4	150,833221	15939,154
5	204,876033	18042,092
6	256,100728	19503,747
7	307,970595	20857,364
8	340,074079	21645,262
9	344,515641	21716,505
10	347,198082	21742,545
11	349,035754	21748,321
12	350,873426	21759,345
13	352,711098	21764,497
14	354,548769	21775,228
15	356,386441	21778,068
16	358,224113	21788,921
17	360,061785	21792,115
18	361,899457	21803,94
19	363,737129	21805,073
20	365,5748	21817,35
21	367,412472	21818,715
22	369,250144	21830,087
23	370,435458	21832,55
24	371,631641	21836,434
25	372,589792	21832,973



Gambar 4. Kurva Gedung A Push X

Tabel 19 Displacement dan Base Share Gedung A Push Y

Step	Displacement	Base Force
	(mm)	(Kn)
0	-6,29E-16	0
1	15,937654	5245,868
2	31,938534	8710,636
3	59,495178	11766,22
4	67,843456	12307,87
5	137,244802	14760,681
6	191,473581	16856,512
7	250,092845	18486,873
8	300,149434	19956,454
9	350,423054	21185,652
10	353,630385	21238,658
11	358,025213	21286,812
12	366,607171	21282,967



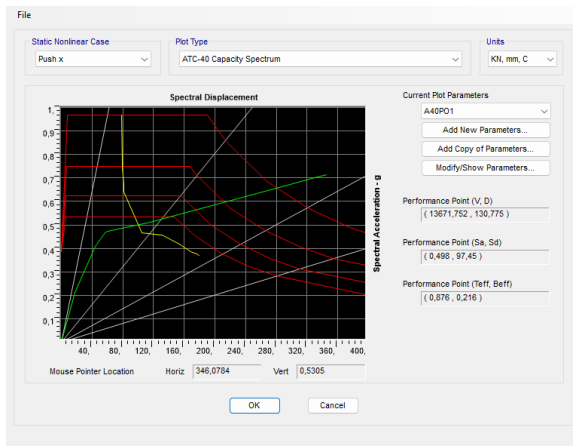
Gambar 5. Kurva Gedung A Push Y

Tabel 20 Displacement dan Base Share Gedung B Push X

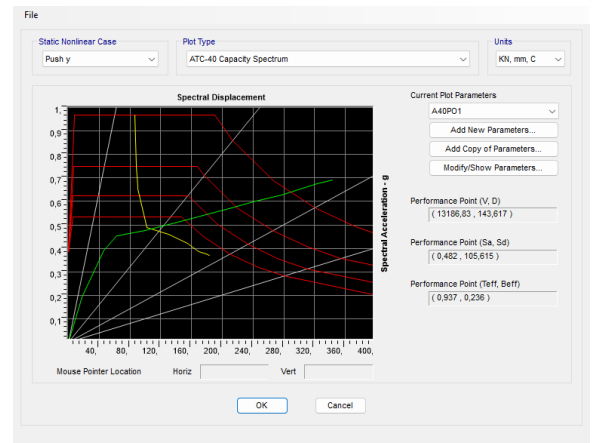
Step	Displacement	Base Force
	(mm)	(Kn)
0	-1,73E-15	0
1	23,200047	5696,67
2	58,072367	10861,316
3	75,529786	12369,652
4	79,79034	12561,52
5	155,284956	14205,466
6	216,230021	15353,776
7	309,95945	16996,355
8	403,723292	18645,514
9	458,250936	19671,024
10	479,987946	20010,384

Tabel 21 Displacement dan Base Share Gedung B Push Y

Step	Displacement	Base Force
	(mm)	(Kn)
0	1,28E-16	0
1	23,344025	5151,72
2	62,099315	10351,269
3	82,850033	11880,286
4	84,813086	11968,861
5	134,654858	13025,571
6	200,019398	14201,654
7	292,424579	15702,912
8	338,938365	16719,161
9	384,29186	17311,241
10	451,575069	18764,226
11	479,978351	19296,051
12	479,995518	19295,609



Gambar 6. Kurva Gedung B Push X



Gambar 7. Kurva Gedung B Push Y

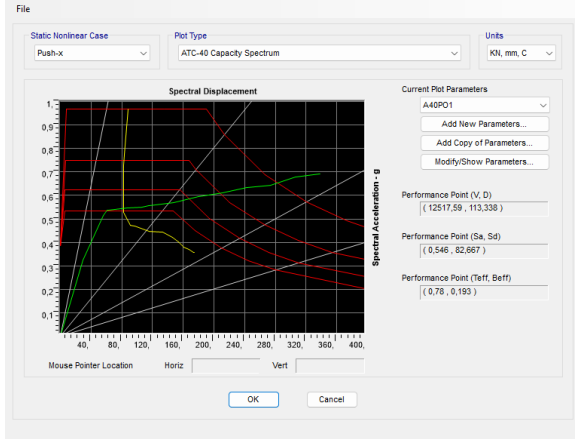
Tabel 22 Displacement dan Base Share Gedung C Push X

Step	Displacement (mm)	Base Force (Kn)
0	-1,15E-15	0
1	40,623958	7284,013
2	76,223433	11479,954
3	83,172062	11941,68
4	84,765403	11990,246
5	117,989909	12603,439
6	146,233974	12912,163
7	159,491985	13136,34
8	204,674924	13342,074
9	251,59763	14040,152
10	297,003728	14352,804
11	343,602317	15004,594
12	388,316015	15290,523
13	435,443081	16048,22
14	477,083571	16294,839
15	479,999344	16347,854

Tabel 23 Displacement dan Base Share Gedung C Push Y

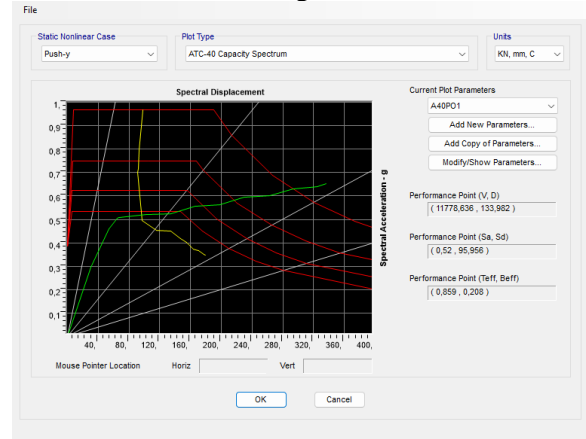
Step	Displacement (mm)	Base Force (Kn)
0	9,09E-15	0
1	41,69434	6575,262
2	74,538027	10158,516
3	90,000903	11137,851
4	92,304718	11223,045
5	142,547001	11892,813
6	188,142358	12070,355
7	235,119351	12750,505
8	278,562629	12997,031
9	326,341768	13790,847
10	371,02727	14078,146
11	418,652642	14785,517
12	464,037559	15028,667
13	479,996984	15314,434

Gambar 3 Kurva Gedung C Push X



Gambar 8. Kurva Gedung C Push X

Gambar 3 Kurva Gedung C Push Y



Gambar 9. Kurva Gedung C Push Y

Setelah mendapatkan *displacement performma point*, dan gaya dasar maka dapat menganalisa kinerja struktur setiap bangunan menggunakan ATC-40. Berikut adalah hasil perhitungan kinerja bangunan yang ditampilkan pada table :

Tabel 24 Analisa Kinerja bangunan arah X

No	D <sub>i</sub>	h <sub>tot</sub>	D <sub>l</sub>	S <sub>max-x</sub>	S <sub>max-x</sub>	Kinerja	Kinerja
A	127,496	24000	15,30964	0,0053	0,0047	IO	IO
B	130,775	24000	23,20005	0,0054	0,0045	IO	IO
C	113,338	24000	40,62396	0,0047	0,0030	IO	IO



Tabel 25 Analisa Kinerja bangunan arah Y

No	D <sub>t</sub>	h <sub>tot</sub>	D <sub>l</sub>	S <sub>imax-x</sub>	S <sub>imax-y</sub>	Kinerja	Kinerja
A	144,601	24000	15,93765	0,0060	0,0054	IO	DC
B	143,617	24000	23,34403	0,0060	0,0050	IO	DC
C	133,982	24000	41,69434	0,0056	0,0038	IO	IO

**Kesimpulan**

Dari analisis penelitian pada pengaruh pemilihan jarak kolom pada struktur rangka pemikul momen khusus beton terhadap biaya, maka dapat ditarik kesimpulan dari hasil penelitian yang telah dilakukan, kesimpulan yang diberikan sebagai berikut :

1. Harga keseluruhan gedung pada Gedung A (Rp 6.333.433.690) menempati harga tertinggi dari gedung lainnya, yang diikuti Gedung B (Rp 5.333.852.309), dan Gedung C (Rp 4.362.303.657)
2. Base Force pada Gedung A (21833 kN, dan 21283 kN) memiliki ketahanan yang lebih dibandingkan dengan Gedung lainnya yang diikuti dengan Gedung B (20010 kN dan 19296 kN), dan Gedung C (16348 kN dan 15314 kN)
3. Kinerja bangunan pada Gedung C (IO) memiliki tingkat kemanan dari keseluruhan gedung yang diikuti dengan Gedung B (DC), dan Gedung A (DC)

**DAFTAR PUSTAKA**

abrar, A. (N.D.). *Analisis Pengaruh Pengurangan Mutu Beton (F’c) Terhadap Kapasitas Momen Lentur Pada Balok Beton Bertulang*. 1–11.

Angriawan, J., & Tediato, L. S. (2019). Analisis Pengaruh Dimensi Kolom Dan Penggunaan Drop Panel Terhadap Kegagalan Geser Pons Pada Struktur Flat Slab. *Jmts: Jurnal Mitra Teknik Sipil*, 2(4), 269.

Badan Standarisasi Nasional Indonesia. (2019). SNI 2847-2019 : Persyaratan Beton Struktural Untuk Bangunan Gedung. *Standar Nasional Indonesia*, 8, 720.

Bastian, E. B. (2017). Pengaruh Perbandingan Panjang Bentang Geser Dan Tinggi Efektif Pada Balok Beton Bertulang. *Menara Ilmu*, Xi(76), 155–165.

Damayanthi, W., & Karyadi, K. (2022). *Pengaruh Dimensi Penampang Dan Rasio Pembesian Lentur Terhadap Kapasitas Beban Balok Beton Bertulang Berbasis Gradasi Mutu*. 27(2), 1–6.

Permenpu. (2022). *Pedoman Penyusunan Perkiraan Biaya Pekerjaan Konstruksi Bidang Pekerjaan Umum Dan Perumahan Rakyat*.

Pertiwi, D., Hakiki, A., Sipil-Itats, T., Arief, J., Hakim, R., & Indonesia, S. (2019). Pengaruh Rasio Tulangan Pada Balok Ditinjau Dari Kurvatur Daktilitas Dengan Mutu Baja Fy 400 Mpa. *Prosiding Seminar Nasional Sains Dan Teknologi Terapan*, 1(1), 9–14.

Pujianto, A., Faizah, R., Wijaya, D. A., Abdurazak, J., Prayuda, H., & Wijaya, H. (2021). Kuat Tekan Dan Tarik Belah Beton Serat Menggunakan Agregat Ringan. *Semesta Teknika*, 24(1).

Rahmanto, A., & Andayani, R. (2019). Analisis Story Drift Dan Kondisi Sendi Plastis Berbasis Performa Pada Gedung Bertingkat Dengan Konfigurasi Struktur Persegi Panjang, U, L, H, Dan T. *Media Komunikasi Teknik Sipil*, 25(1), 38.

SNI 1726:2019. (2019). Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Struktur Bangunan Gedung Dan Non Gedung. *Bsn*, 8, 254.

SNI, 1727. (2020). Beban Desain Minimum Dan Kriteria Terkait Untuk Bangunan Gedung Dan Struktur Lain. *Badan Standarisasi Nasional 1727:2020*, 8, 1–336.