

Modifikasi Perencanaan Gedung Apartemen Grand Dhika City Jatiwarna Bekasi – Tower Emerald Menggunakan Sistem Rangka Bresing Konsentris

Arif Rijal, Heppy Kristijanto dan Budi Suswanto

Departemen Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS)

e-mail: heppy@ce.its.ac.id

Abstrak—Gedung Apartemen Grandhika City Jatiwarna Bekasi – Tower Emerald merupakan sebuah gedung apartemen yang terdiri dari 22 lantai yang didesain menggunakan struktur beton bertulang. Gedung ini terletak didaerah Jabodetabek dimana merupakan daerah yang rawan gempa. Dalam studi ini dilakukan perencanaan ulang dengan memodifikasi strukturnya menjadi struktur baja komposit dengan sistem rangka bresing konsentris khusus jenis inverted – V. Sistem rangka bresing konsentris khusus berfungsi sebagai penahan gaya lateral yang memiliki tingkat kekakuan yang cukup baik dibanding sistem Moment Resisting Frame (MRF) dan proses pelaksanaan dan perawatan yang mudah. Dalam penyelesaiannya, akan dilakukan analisis struktur utama yang terdiri dari balok, kolom, dan bresing yang akan dimodelkan dengan alat bantu ETABS. Telah dilakukan perhitungan modifikasi perencanaan struktur Gedung Apartemen Grand Dhika City Jatiwarna menggunakan Sistem Rangka Bresing Konsentris Khusus (SRBKK). Perhitungan struktur yang dilakukan mengacu pada SNI 1729-2015, SNI 1726-2012, SNI 1727-2013 dan PPIUG 1983. Dari analisis dan hasil perhitungan diperoleh hasil, yaitu: tebal pelat atap dan lantai 11 cm, dimensi balok induk ada 2 macam yaitu WF500.300.11.15 dan WF450.200.9.14, dimensi kolom lantai 1-7 CFT 600.600.32.32, dimensi kolom lantai 8-14 CFT 550.550.22.22, dimensi bresing menggunakan WF 600.300.12.20, dan *base plate* menggunakan *fixed plate* dari katalog Continental Steel. Sambungan struktur utama direncanakan sebagai sambungan kaku dengan baut fub 825 Mpa. Perencanaan pondasi menggunakan tiang pancang beton pracetak diameter 60 cm dengan kedalaman 22 m. Kolom pedestal direncanakan dengan ukuran 1200 mm x 1200 mm dengan tulangan utama 32D25 dan *sloof* ukuran 40 cm x 90 cm dengan tulangan utama 4D20 dan tulangan geser Ø10-150.

Kata Kunci—Baja-Beton Komposit, Bresing Konsentris, Apartemen.

I. PENDAHULUAN

WILAYAH Jakarta dan sekitarnya (Jabodetabek) merupakan daerah yang rawan gempa. Dilihat dari beberapa kejadian gempa yang menerjang Jakarta dan sekitarnya. Yang terbaru terjadi pada Rabu 19 Oktober 2016 lalu, gempa dengan kekuatan 6,5 skala Richter mengguncang pantai utara Jakarta, Banten, dan Jawa Barat. Meski gempa ini tidak menimbulkan kerusakan, warga Jakarta yang tinggal di gedung bertingkat dan apartemen merasakan guncangan yang lebih kuat. Terhitung terjadi beberapa kali Jakarta dan sekitarnya diguncang oleh gempa. Hal ini menunjukkan bahwa bencana yang sama bisa berulang di Jakarta dan sekitarnya karena fakta membuktikan bahwa sejarah gempa selalu terulang dalam periode waktu tertentu. Oleh karena itu, bangunan – bangunan tinggi di Jakarta dan sekitarnya harus

dibangun dengan konstruksi tahan gempa untuk mencegah terjadi kegagalan struktur sehingga diharapkan dapat meminimalisir kerusakan yang terjadi dan korban jiwa akibat gempa yang terjadi.

Dalam perencanaan konstruksi bangunan tahan gempa, material dan sistem struktur merupakan hal utama yang perlu diperhatikan. Penggunaan material baja komposit pada struktur bangunan dapat menjadi solusi dalam perencanaan konstruksi bangunan tahan gempa dikarenakan material baja memiliki beberapa keunggulan dibandingkan material lain seperti memiliki sifat daktilitas dan kekuatan yang tinggi. Adanya interaksi antara komponen struktur baja dan beton dengan karakteristik dasar bahan yang dioptimalkan membuat penggunaan baja komposit akan memanfaatkan seluruh penampang untuk menerima beban sehingga dengan penampang yang lebih kecil, beban yang mampu diterima sama dengan beton bertulang biasa.

Beberapa keunggulan sistem komposit antara lain, penghematan berat baja, penampang balok yang digunakan lebih kecil, kekakuan lantai meningkat, dan kapasitas menahan beban lebih besar [1].

Selain dari segi material, dari segi sistem struktur perlu diperhatikan. Pemilihan sistem penahan gempa yang tepat akan mempengaruhi kinerja dari bangunan dalam menahan beban gempa. Sistem Rangka Bresing Konsentris Khusus (SRBKK) adalah sebuah sistem yang memiliki keunggulan antara lain, membuat elemen struktur menjadi lebih kaku dan dari segi pemasangan, dan perbaikan kerusakan struktur SRBKK lebih mudah. Hal ini perlu diperhatikan karena dalam mendesain bangunan tahan gempa, kita tidak hanya melihat dari segi perencanaan saja, tapi juga pemasangan dan perbaikan kerusakan struktur perlu diperhatikan.

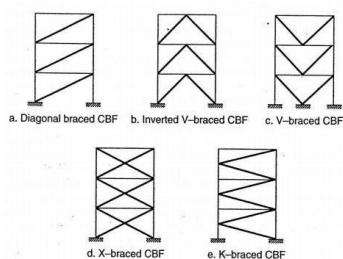
Dengan meninjau beberapa hal diatas, maka pada studi ini akan dilakukan perencanaan modifikasi pada gedung Apartemen Grandhika City Jatiwarna Bekasi – Tower Emerald yang terletak pada daerah rawan gempa. Bangunan setinggi 22 lantai ini akan dimodifikasi dengan menggunakan baja komposit dan Sistem Rangka Bresing konsentris Khusus (SRBKK) untuk mendapatkan kinerja struktur yang lebih baik dan lebih efektif dalam meningkatkan kapasitas pembebanan serta kekakuan bangunan.

II. TINJAUAN PUSTAKA

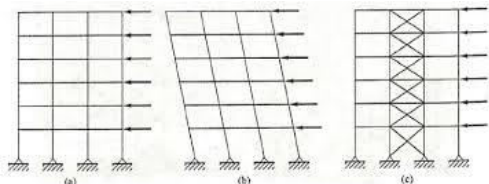
Sistem struktur CBF merupakan salah satu sistem struktur yang digunakan untuk menahan beban lateral dengan kekakuan struktur yang tinggi. Kekakuan yang tinggi pada struktur ini dihasilkan oleh elemen batang diagonal yang berfungsi untuk menahan beban lateral pada struktur. Pada

sistem struktur ini, elemen *bracing* diharapkan mampu berdeformasi *inelastic* yang besar tanpa terjadi kehilangan yang signifikan pada kekuatan dan kekakuan struktur. Secara umum, sistem struktur CBF memiliki kekakuan yang lebih tinggi dibandingkan dengan struktur MRF, karena adanya elemen bresing pada struktur. Namun demikian, kekakuan yang besar pada CBF mengakibatkan deformasi yang terjadi pada struktur lebih terbatas sehingga daktilitas struktur CBF lebih rendah jika dibandingkan dengan sistem struktur MRF [2].

Pada sistem struktur CBF, dibagi menjadi dua kategori yaitu Sistem Rangka Bresing Konsentrik Biasa (SRBKB) dan Sistem Rangka Bresing Konsentrik Khusus (SRBKK). Pada sistem SRBKB diharapkan sistem ini dapat mengalami deformasi inelastic secara terbatas apabila dibebani oleh gaya-gaya yang berasal dari beban gempa rencana. Berbeda dengan SRBKB, pada sistem SRBKK diharapkan struktur dapat berdeformasi inelastic cukup besar akibat gaya gempa rencana. Sistem Sistem SRBKK memiliki daktilitas yang lebih tinggi dibandingkan SRBKB dan penurunan kekuatan pada SRBKK



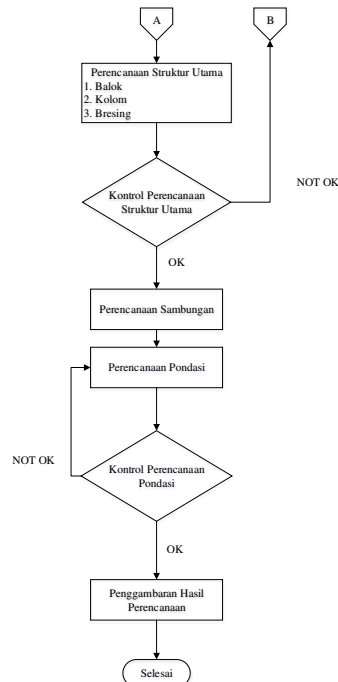
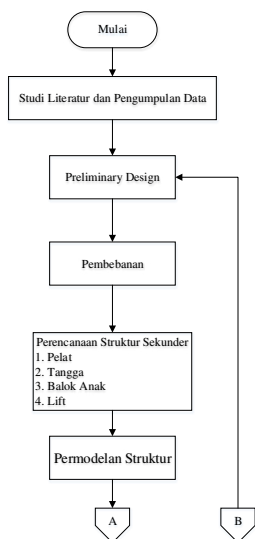
Gambar 1. Konfigurasi Bresing CBF.



Gambar 2. Kekakuan Sistem Rangka Bresing Khusus.

III. METODOLOGI

Urutan penyelesaian Studi ini dapat dilihat pada bagan alir dibawah ini:



Gambar 3. Diagram Alir Penyelesaian Studi.

Direncanakan sebuah gedung perkantoran 26 lantai dengan data- data sebagai berikut:

- Nama Gedung : Apartemen Grandhika City Jatiwarna Bekasi – Tower Emerald
 - Lokasi Rencana : Bekasi
 - Fungsi : Gedung Apartemen
 - Struktur Utama : Baja
 - Sistem Struktur : Sistem Rangka Bresing Konsentris Khusus
 - Jumlah Lantai : 22 lantai
 - Rencana Pondasi : Tiang Pancang
- Data material:
- Profil kolom : Profil HSS (BJ41)
 - Profil balok : Profil WF (BJ41)
 - Profil bracing : Profil WF (BJ41)

IV. PERENCANAAN STRUKTUR SEKUNDER

A. Pelat Atap dan Pelat Lantai

Pelat lantai atap dan lantai perkantoran direncanakan menggunakan bondek dari *Super Floor Deck* dengan tebal 0,75 mm. Hasil perhitungan struktur pelat ini tersaji pada tabel 1.

Tabel 1. Dimensi dan Penulangan Pelat Atap

Tipe Pelat	Bentang	Tebal Pelat	Tulangan Negatif
1	3,750 m	11 cm	Ø 10 – 300
2	3,325 m	11 cm	Ø 10 – 300
3	2,800 m	9 cm	Ø 10 – 300

Tabel 2. Dimensi dan Penulangan Pelat Lantai

Tipe Pelat	Bentang	Tebal Pelat	Tulangan Negatif
1	3,750 m	11 cm	Ø 10 – 150
2	3,325 m	11 cm	Ø 10 – 200
3	2,800 m	9 cm	Ø 10 – 250

B. Perencanaan Balok Anak

Fungsi dari balok sekunder adalah menerima beban dari pelat lantai lalu meneruskan serta membagi beban yang dipikul ke balok utama. Balok sekunder direncanakan menggunakan wide flange (WF) BJ-41. Hasil perhitungan balok sekunder tersaji pada tabel 3.

Tabel 3.
Dimensi Balok Anak Atap

Balok anak Lantai	Bentang		Profil yang digunakan						
	Panjang balok anak (m)	Jarak antar balok anak (m)							
1	3,325	2,8	200	x	100	x	4,5	x	7
2	3,325	3,75	200	x	100	x	4,5	x	7
3	5,6	2,8	250	x	125	x	6	x	9
4	5,6	3,75	300	x	150	x	5,5	x	8
5	7,5	2,8	350	x	175	x	6	x	9

Tabel 4.
Dimensi Balok Anak Lantai

Balok anak Lantai i	Bentang		Profil yang digunakan						
	Panjang balok anak (m)	Jarak antar balok anak (m)							
1	3,325	2,8	200	x	100	x	5,5	x	8
2	3,325	3,75	200	x	100	x	5,5	x	8
3	5,6	2,8	300	x	150	x	6,5	x	9
4	5,6	3,75	350	x	175	x	6	x	9
5	7,5	2,8	400	x	200	x	8	x	13
6	7,5	3,75	400	x	200	x	8	x	13

C. Perencanaan Tangga dan Bordes

Tangga adalah sebuah konstruksi yang dirancang untuk menghubungkan dua tingkat vertikal yang memiliki jarak satu sama lain.

Data Teknis Perencanaan Tangga

- Mutu baja = BJ-41
- Tinggi antar lantai = 500 cm
- Tinggi bordes = 250 cm
- Panjang tangga = 392 cm
- Lebar tangga = 145 cm
- Lebar bordes = 190 cm
- Lebar injakan (i) = 28 cm
- Lebar pegangan tangga = 10 cm

Tabel 5.
Dimensi Pelat Tangga

Elemen Pelat	Beban Berguna (kg/m ²)	Bentang (m)	Tebal Pelat (cm)	Tulangan Negatif (cm ² /m)	Tulangan susut
Pelat anak tangga	1000	1,5	9	-	Wire Mesh
Bordes	600	2	9	2,03	d=5 mm

Tabel 6.
Dimensi Balok Tangga

Elemen	Jenis Profil/Bahan	Mu (kg.m)		Lendutan	
		Mu	ØMn	f ijin	f max
Balok Utama Tangga	WF250.125.5.8	4161,151	6863	1,84	0,564
Balok Penumpu Tangga	WF250.125.5.8	3875,877	6862,5	1,04	0,21

V. KONTROL HASIL ANALISIS STRUKTUR

A. Kontrol Partisipasi Massa

Partisipasi massa harus menyertakan jumlah ragam terkombinasi minimal 90% dari massa aktual yang berasal dari masing-masing arah horizontal dan orthogonal yang ditinjau [3].

Tabel 6.
Kontrol Nilai Partisipasi Massa

Case	Mode	Period (sec)	Sum UX	Sum UY	Sum UZ
Modal	1	2.174	4.01E-05	0.7847	0
Modal	2	1.887	0.7625	0.7847	0
Modal	3	1.736	0.7895	0.7847	0
Modal	4	0.712	0.7895	0.8998	0
Modal	5	0.608	0.9034	0.8998	0
Modal	6	0.558	0.9051	0.8998	0
Modal	7	0.402	0.9051	0.9293	0
Modal	8	0.366	0.9051	0.9294	0
Modal	9	0.332	0.9366	0.9294	0
Modal	10	0.303	0.9369	0.9295	0
Modal	11	0.303	0.9369	0.9327	0
Modal	12	0.275	0.9369	0.945	0

B. Kontrol Waktu Getar Alami Fundamental

Perkiraan periode alami fundamental (Ta) dalam detik, harus ditentukan dengan persamaan berikut:

$$T_a = C_t \cdot h_n^x ; C_t = 0,0731 ; x = 0,75 ; h_n = 70,2m$$

$$T_a = 0,0731 \cdot 70,2^{0,75} = 1,773 \text{ detik}$$

Dengan nilai SD1 = 0,356, maka Cu = 1,4

Sehingga periode struktur yang diijinkan adalah :

$$T = T_a \cdot C_u = 1,773 \cdot 1,4 = 2,482 \text{ detik}$$

Tabel 7.
Kontrol Waktu Getar Alami Fundamental

Case	Mode	Period (sec)	Frequency (cyc/sec)
Modal	1	2.174	0.46
Modal	2	1.887	0.53
Modal	3	1.736	0.576
Modal	4	0.712	1.404
Modal	5	0.608	1.645
Modal	6	0.558	1.794
Modal	7	0.402	2.485
Modal	8	0.366	2.729
Modal	9	0.332	3.011
Modal	10	0.303	3.298
Modal	11	0.303	3.301
Modal	12	0.275	3.636

Dari tabel diatas Tc = 2,174 s, maka berdasarkan kontrol aktu getar alami fundamental, nilai T masih lebih kecil dari Cu.T. Jadi analisis struktur memenuhi syarat [3].

C. Kontrol Nilai Akhir Respon Spektrum

Kombinasi respons untuk gaya geser dasar ragam dinamik (Vt) harus lebih besar 85% dari gaya geser dasar statik (V) atau (V_{dinamik} ≥ 0,85 V_{statik}) [3].

Kontrol nilai akhir respon spectrum:

- Arah-x :

$$V_{dinamik} \geq 0,85 \cdot V_{statik}$$

$$3044927.02 \text{ kg} > 0,85 \cdot 631816,1 \text{ kg}$$

$$3044927.02 \text{ kg} > 537043.7 \text{ kg} \quad (\text{OK})$$

- Arah-y :

$$V_{dinamik} \geq 0,85 \cdot V_{statik}$$

$$3068412,31 \text{ kg} > 0,85 \cdot 631816,1 \text{ kg}$$

$$3068412,31 \text{ kg} > 537043,7 \text{ kg} \quad (\text{OK})$$

D. Kontrol Simpangan (Drift)

Gempa menyebabkan struktur bertingkat rawan terhadap terjadinya simpangan horizontal (*Drift*). Dan apabila simpangan horizontal ini melebihi syarat aman yang telah ditentukan maka gedung akan mengalami keruntuhan [3].

Tabel 8.
Kontrol Simpangan Arah sumbu X

Lantai	hi	Δx_e (mm)	Δx (mm)	Δa (mm)	$\Delta a/\rho$ (mm)	$\Delta \leq \Delta a/\rho$ (mm)
Lantai 22	3300	5.3328	26.664	66	66	OK
Lantai 21	3000	5.295	26.475	60	60	OK
Lantai 20	3000	5.778	28.89	60	60	OK
Lantai 19	3000	6.324	31.62	60	60	OK
Lantai 18	3000	6.918	34.59	60	60	OK
Lantai 17	3000	7.524	37.62	60	60	OK
Lantai 16	3000	8.115	40.575	60	60	OK
Lantai 15	3000	8.709	43.545	60	60	OK
Lantai 14	3000	9.132	45.66	60	60	OK
Lantai 13	3000	9.597	47.985	60	60	OK
Lantai 12	3000	10.029	50.145	60	60	OK
Lantai 11	3000	10.437	52.185	60	60	OK
Lantai 10	3200	11.6032	58.016	64	64	OK
Lantai 9	3200	11.8368	59.184	64	64	OK
Lantai 8	3000	11.091	55.455	60	60	OK
Lantai 7	3000	11.025	55.125	60	60	OK
Lantai 6	3000	11.055	55.275	60	60	OK
Lantai 5	3000	11.094	55.47	60	60	OK
Lantai 4	3000	11.46	57.3	60	60	OK
Lantai 3	5000	18.7425	93.7125	100	100	OK
Lantai 2	3500	12.3445	61.7225	70	70	OK
Lantai 1	4000	8.212	41.06	80	80	OK
Lantai 0	0	0	0	0	0	OK

VI. PERHITUNGAN STRUKTUR PRIMER

A. Bressing

Bressing direncanakan menggunakan profil WF 600 x 300 x 12 x 20. Berdasarkan SNI 03-1729-2002 Pasal 15.13.6.1, kuat kombinasi- aksial- dan lentur perlu pada batang bressing harus sebesar 1,25 Ry Vn.

Bressing tarik

$$\phi N_n = 0,90 \times f_y \times A_g$$

$$= 0,9 \times 2500 \times 192,5 = 433125 \text{ kg}$$

$$\phi N_n = 433125 \text{ kg} > P_u = 249438,5 \text{ kg} \quad (\text{OK})$$

Bressing tekan

$$\phi N_n = 0,85 \times A_g \times \frac{f_y}{\omega}$$

$$\phi N_n = 0,85 \times 192,5 \times \frac{2500}{1,57} = 260893,3 \text{ kg}$$

$$\phi N_n = 260893,3 \text{ kg} > P_u = 259192,14 \text{ kg} \quad (\text{OK})$$

B. Balok

Balok direncanakan menggunakan profil WF 500 x 300 x 11 x 15 dan WF 450 x 200 x 9 x 14. Dari output ETABS

diperoleh gaya dalam yang dipakai dalam desain adalah:

Kontrol balok WF 500x300x11x15

$$M_u = -49564,896 \text{ kg.m} \leq \phi M_n = 59917,5 \text{ kg.m}$$

$$V_u = 37869,96 \text{ kg} \geq \phi V_n = 59400 \text{ kg}$$

$$f^0 = 0,277 \text{ cm} \leq f_{ijin} = 2,083 \text{ cm}$$

C. Kolom

Perhitungan kolom dihitung secara komposit. Kolom direncanakan menggunakan profil CFT 600 x 600 x 32 x 32, HSS 550 x 550 x 22 x 22, dan CFT 500 x 500 x 22 x 22, dengan kontrol kuat nominal penampang sebagai berikut:

Rumus Interaksi untuk kolom CFT 600 x 600 x 32 x 32:

$$\frac{P_r}{\phi P_n} = 0,596 > 0,2 \rightarrow \text{Interaksi 2}$$

Kontrol Interaksi “Balok – Kolom”

$$\frac{P_u}{\phi P_n} \geq 0,2 \rightarrow \frac{P_u}{\phi P_n} + \frac{8}{9} \left(\frac{M_{ux}}{\phi_b M_{nx}} + \frac{M_{uy}}{\phi_b M_{ny}} \right) \leq 1,0$$

$$0,967 \leq 1,0 \quad (\text{OK})$$

Hasil seluruh perhitungan struktur primer akan disajikan pada tabel 9.

Tabel 9.
Hasil Perhitungan Primer

Elemen	Dimensi
Bressing arah X	WF 600 x 300 x 12 x 20
Bressing arah Y	WF 600 x 300 x 12 x 20
Balok Lantai	7,5 m WF 500 x 300 x 11 x 15
	5,6 m WF 500 x 300 x 11 x 15
	3,325 m WF 450 x 200 x 9 x 14
	7,5 m WF 500 x 300 x 11 x 15
Balok Atap	5,6 m WF 500 x 300 x 11 x 15
	3,325 m WF 450 x 200 x 9 x 14
Kolom Lt 1-7	CFT 600 x 600 x 32 x 32
Kolom Lt 8-15	CFT 550 x 550 x 22 x 22
Kolom Lt 15-22	CFT 500 x 500 x 22 x 22

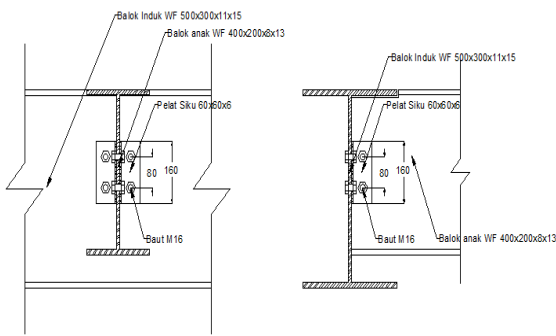
VII. PERENCANAAN SAMBUNGAN

A. Sambungan Struktur Sekunder

Tabel 10.
Sambungan Struktur Sekunder

Elemen	Profil Siku	D (mm)	n (bh)
Balok anak lantai - balok Induk	Badan B.Anak	L60.60.6	16 2
	Badan B.Induk	L60.60.6	16 2
Balok anak atap - balok Induk	Badan B.Anak	L60.60.6	16 2
	Badan B.Induk	L60.60.6	16 2
	Badan B.Utama		
Balok utama tangga -penumpu tangga	Tangga	L60.60.6	8 2
	Badan B.Penumpu		
	Tangga	L60.60.6	8 2
	Badan B.Penumpu	I	
Balok penumpu tangga - kolom	Tangga	60.60.6	10
	kolom	60.60.6	I Las sudut t=3 mm

Pada perencanaan sambungan, direncanakan baut dengan mutu A325 dan pelat penyambung profil siku dengan mutu BJ41. Baut direncanakan hanya memikul beban geser yang berasal dari struktur sekunder. Perhitungan sambungan dianggap sebagai sendi. Hasil perhitungan sambungan struktur sekunder tersaji pada Tabel 10.



Gambar 4. Sambungan Balok Anak dan Balok Induk.

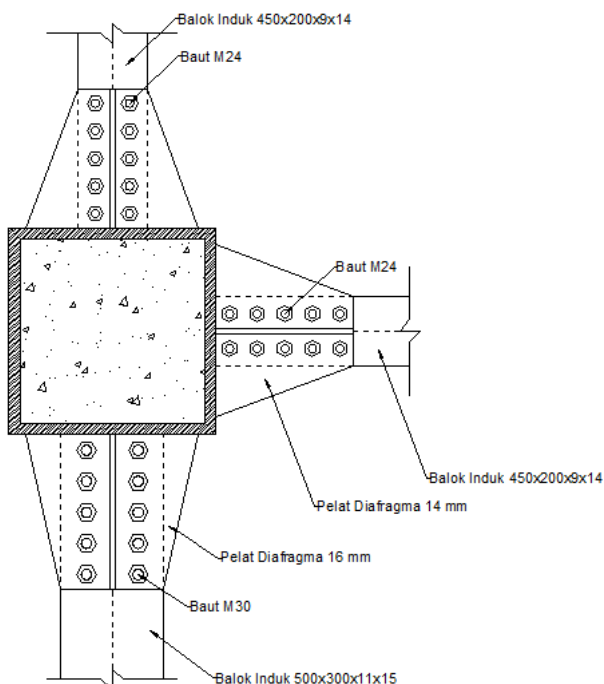
B. Sambungan Struktur Primer

Pada perencanaan sambungan, direncanakan baut dengan mutu A325, Mutu las FE_{70XX} dan FE_{110XX}, dan pelat penyambung mutu BJ-41. Sambungan pada struktur primer direncanakan dengan sambungan kaku (*rigid connection*) dimana sambungan memikul beban geser Pu dan momen Mu.

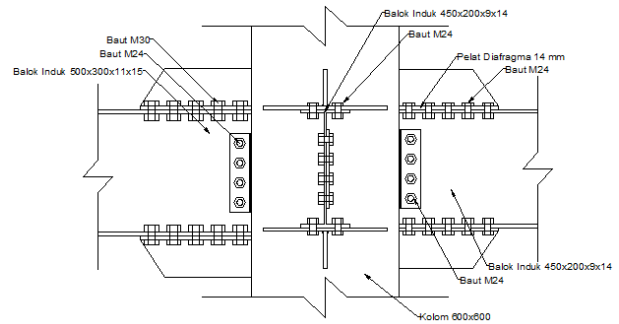
Hasil perhitungan sambungan struktur primer tersaji pada tabel 11.

Tabel 11. Sambungan Struktur Primer

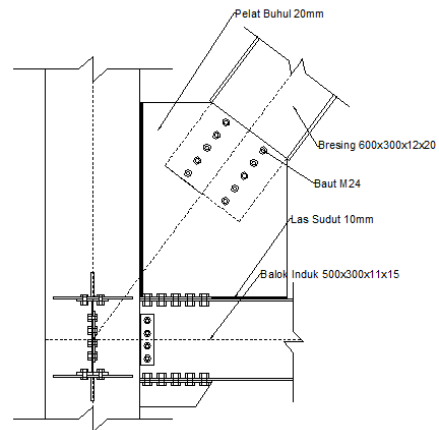
Elemen	Jenis Profil	D (mm)	N (buah)	Las (mm)
Kolom CFT 600x600x32x32 - Kolom CFT 600x600x32x32	Pelat t=50 mm	-	-	30
Balok induk lantai – kolom (badan balok) (A325)	Single Plate t=14	24	4	-
Balok induk lantai – kolom (Kolom) (Fe _{110XX})	Single Plate t=14	-	-	6
Balok induk lantai – kolom (Sayap Balok Induk) (Baut A325)	Single Plate t=16	30	10	-
Kolom – Base Plate	Continental Steel	30	16	45
Bresing WF 600x300x11x15	Pelat t=20	24	10	10



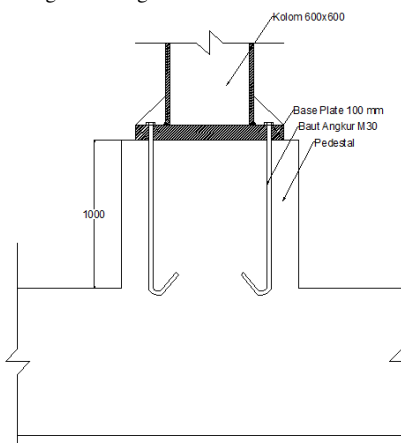
Gambar 5. Sambungan Kolom dan Balok Induk.



Gambar 6. Sambungan Kolom dan Balok Induk.



Gambar 7. Sambungan Bresing



Gambar 8. Sambungan Base Plate.

VIII. PERHITUNGAN STRUKTUR BAWAH

A. Pondasi Tiang Pancang

Pondasi yang digunakan pada perencanaan gedung perkantoran berasal dari tiang pancang beton (*Concrete Pile*) dengan penampang bulat berongga (*Round Hollow*) dari produk dari PT. WIKA Beton dengan spesifikasi adalah sebagai berikut:

- Diameter tiang : 600 mm
- Tebal tiang : 100 mm
- Klasifikasi : A1
- Concrete cross section : 1571 cm²
- Berat : 409 kg/m
- *Bending moment crack* : 19,3 tm
- *Bending momen ultimate* : 22,7 tm
- *Allowable axial load* : 252,7 t

Daya dukung ijin dari satu tiang pancang yang berdiri sendiri adalah:

$$P_{ijin\ 1\ tiang} = \frac{Qu}{SF} = \frac{709,372}{3} = 236,46\ ton$$

Kontrol beban

$$P_v = \frac{V}{n} + \frac{M_{xy}}{\sum y^2} + \frac{M_{yx}}{\sum x^2} = 227030\ kg$$

$$P_{max} = 227,03\ ton < Q_{ijin} = 236,46\ ton\ (OK)$$

Hasil perhitungan kebutuhan tiang pancang dapat dilihat pada tabel berikut ini:

Tabel 12.
Rekapitulasi Tiang Pancang

Jenis Pilecap	Dimensi (cm)	Diameter Tiang (cm)	Kedalaman Tiang Pancang (m)	Jarak Antar Tiang (cm)	Jarak Tiang ke Tepi (cm)	Konfigurasi Tiang	
						Sb X	Sb Y
Pilecap 1	1440x360x150	60	22	180	90	8	2
Pilecap 2	720x720x150	60	22	180	90	4	4
Pilecap 3	540x360x150	60	18	180	90	3	2
Pilecap 4	720x540x150	60	16	180	90	4	3
Pilecap 5	1080x540x150	60	22	180	90	6	3
Pilecap 6	180x180x150	60	12	180	90	1	1
Pilecap 7	720x180x150	60	16	180	90	1	4

Tabel 13.
Rekapitulasi penulangan pilecap

Jenis Pilecap	Dimensi (cm)	Tulangan Lentur Sumbu X		Tulangan Lentur Sumbu Y	
		Bawah	Atas	Bawah	Atas
		Pilecap 1	1440x360x150	D25 - 170	D19 - 170
Pilecap 2	720x720x150	D25 - 180	D19 - 180	D25 - 180	D19 - 180
Pilecap 3	540x360x150	D25 - 190	D19 - 190	D25 - 190	D19 - 190
Pilecap 4	720x540x150	D25 - 180	D19 - 180	D25 - 190	D19 - 190
Pilecap 5	1080x540x150	D25 - 180	D19 - 180	D25 - 190	D19 - 190
Pilecap 6	180x180x150	D25 - 180	D19 - 180	D25 - 180	D19 - 180
Pilecap 7	720x180x150	D25 - 180	D19 - 180	D25 - 190	D19 - 190

B. Perencanaan Poer

Untuk penulangan lentur, poer dianalisis sebagai balok kantilever dengan perletakan jepit pada kolom. Dan beban yang bekerja adalah beban terpusat di tiang kolom yang menyebabkan reaksi pada tanah dan berat sendiri poer.

Tulangan tarik yang dibutuhkan untuk pilecap 1 :

- Penulangan Arah X

$$A_s = \rho \times b \times d_x$$

$$= 0,002 \times 3600 \times 1415,5 = 10233,71\ mm^2$$

Digunakan tulangan lentur bawah D25–170

$$A_s = \left(\frac{1}{4} \times \pi \times d^2\right) \frac{3600}{170} = 10308,3\ mm^2 > 10233,71\ mm^2\ (Ok)$$

- Penulangan Arah Y

$$A_s = \rho \times b \times d_y$$

$$= 0,0018 \times 14400 \times 1387,5 = 35964\ mm^2$$

Digunakan tulangan lentur atas D25–190

$$A_s = \left(\frac{1}{4} \times \pi \times d^2\right) \frac{14400}{190} = 36324,4\ mm^2 > 35964\ mm^2\ (Ok)$$

Hasil perhitungan kebutuhan tulangan pilecap dapat dilihat pada tabel dibawah ini.

C. Perencanaan Kolom Pedestal

Besarnya gaya – gaya dalam kolom diperoleh dari hasil analisis ETABS adalah:

$$M_u = 157331,5\ kg.m$$

$$P_u = 1448080\ kg$$

$$V_u = 44111,16\ kg$$

Dimensi kolom pedestal 1200 mm x 1200 mm.

$$A_s = 0,0113 \cdot 1200 \cdot 1137 = 15417,72\ mm^2$$

Dipasang tulangan 32D25, $A_s = 16989,733\ mm^2$ Dipasang merata 4 sisi dengan sengkang Ø10 – 150.

IX. KESIMPULAN DAN SARAN

A. Kesimpulan

Sesuai dengan tujuan penulisan studi ini, maka dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut:

Hasil perhitungan pada struktur sekunder telah memenuhi syarat terhadap kontrol kuat penampang, kontrol geser dan lendutan.

Dari kontrol yang dilakukan, kontrol partisipasi massa, kontrol waktu getar alami fundamental, kontrol nilai akhir respon spectrum, kontrol simpangan (*drift*) struktur yang direncanakan berada di kota BEKASI memenuhi syarat (analisis struktur dapat digunakan)

Perhitungan pada struktur bawah telah memenuhi persyaratan dimensi dan kontrol akibat pons.

B. Saran

Diharapkan dengan adanya perencanaan bangunan gedung dengan Sistem Rangka Bering Konsentris Khusus (SRBKK) ini dapat menjadi inovasi pada perancangan gedung di Indonesia. Selain itu, dapat juga dengan dilakukan studi lebih lanjut mengenai aspek teknis, ekonomis, dan estetika agar perencanaan ini menjadi lebih efektif dan dapat dimodelkan sesuai dengan kondisi sesungguhnya di lapangan.

DAFTAR PUSTAKA

[1] G. Salmon, Charles, and J. E. Johnson, *Struktur Baja desain dan Perilaku Jilid 2 Edisi Kedua*. Jakarta: Erlangga, 1991.
 [2] A. Abdul, “Studi Perilaku sistem Rangka Baja K-Split EBF (Eccentrically Braced Frames) Terhadap Beban Gempa Dengan Analisis Pushover,” 2012.
 [3] Badan Standardisasi Nasional, “SNI 1729-2015 : Spesifikasi untuk Bangunan Gedung Baja Struktural,” Jakarta, 2015.