

Modifikasi Struktur Gedung Menara Parkson Menggunakan Struktur Baja dengan Sistim Rangka Bresing Eksentrik

Deded Eka Sahputra^{1✉}, Aniendhita Rizki Amalia²

^{1,2}Institut Teknologi Sepuluh Nopember

¹Universitas Putra Indonesia YPTK Padang

dededekasahputra@gmail.com

Abstract

Parkson tower is A Office building which is located in Bintaro Jaya, Tangerang Selatan. Singer Building on the design of reinforced concrete structures, which consists of 11 Floors, High with + 45m, plus 4 Floor basement, which functioned as a regional Parking, with depth of 12 m below the ground surface. The new building is planned to Parkson Tower will be built in the city of Padang, West Sumatra. As we know that the area is a with Padang earthquake zone High The need to review the design spesial Building. The building will be modified with Adding Period Of Building Floor 11 Floor 15 Floor And Being The previous basement Being Land Parking The function will be eliminated, because the land will be transferred Into Parking area beside the building, with Parking Broad availability of land. In the Thesis singer made repeated using a steel structure Eccentrically Braced Frames (EBF), Type wear bresing inverted V. Eccentrically Braced Frames (EBF) is a System Frame with stiffener *beams* and columns, where at any Edge Of stiffener connected to the review isolated Part of the *beam* so-called *Link*. on EBF, the weakest *link* is a part. So Failure on each on or collapse Structural damage to Happen works of human son on *Link*. Concept design EBF *Link* is established as part of Yang would Damaged, elements while lying elastic Conditions Remain hearts. Final Destination Of The singer is generating Planning Structural steel building includes Planning *beam*, *beam* Son, concrete filled steel tube column, Profile *Link* EBF, Profile bresing And Foundations That meets the requirements of Security Structures based SNI 03-2847-2013, SNI 03-1729 -2002, SNI 03-1726-2012, Dan PPIUG 1987

Keywords: Modifications, Building Structures, Towers, Steel Structures, Eccentric Braces.

Abstrak

Menara Parkson merupakan sebuah gedung perkantoran yang terletak di Bintaro Jaya, Tangerang Selatan. Gedung ini di desain dengan struktur beton bertulang, yang terdiri dari 11 lantai, dengan tinggi +45m, ditambah 4 lantai basement, yang difungsikan sebagai area parkir, dengan kedalaman 12 m dibawah permukaan tanah. Rencananya Gedung baru Menara Parkson akan dibangun di kota Padang, Sumatera Barat. Sebagaimana diketahui bahwa Padang merupakan daerah dengan zona gempa tinggi yang memerlukan desain khusus untuk bangunan gedung. Gedung akan dimodifikasi dengan menambah jumlah lantai bangunan dari 11 lantai menjadi 15 lantai dan basement yang sebelumnya yang berfungsi menjadi lahan parkir akan dihilangkan, karna lahan parkir akan dialihkan ke area disamping gedung, dengan ketersediaan lahan parkir yang luas. Dalam Tugas Akhir ini dilakukan perencanaan ulang menggunakan struktur baja dengan Sistem Rangka Bresing Eksentrik (SRBE) memakai jenis bresing inverted V. Sistem Rangka Bresing Eksentrik (SRBE) merupakan sistim rangka balok dan kolom dengan pengaku, dimana pada ujung dari setiap pengaku terhubung untuk mengisolasi bagian dari balok yang disebut *link*. Pada SRBE, *link* merupakan bagian terlemah. Jadi pada setiap kegagalan atau keruntuhan pada struktur harus terjadi kerusakan dahulu pada *link*. Konsep desain SRBE adalah *link* ditetapkan sebagai bagian yang akan rusak, sedangkan elemen lain tetap berada dalam kondisi elastik. Tujuan dari Tugas akhir ini adalah menghasilkan perencanaan struktur gedung baja meliputi perencanaan balok induk, balok anak, kolom concrete filled steel tube, Profil *link* SRBE, Profil bresing dan pondasi yang memenuhi persyaratan keamanan struktur berdasarkan SNI 03-2847-2013, SNI 03-1729-2002, SNI 03-1726-2012, dan PPIUG 1987.

Kata kunci: Modifikasi, Struktural Gedung, Menara, Struktur Baja, Bresing Eksentrik.

© 2022 JCIVIL

1. Pendahuluan

Menara Parkson merupakan sebuah gedung perkantoran yang terletak di Bintaro Jaya, Tangerang Selatan. Gedung ini di desain dengan struktur beton bertulang, yang terdiri dari 11 lantai, dengan tinggi +45m, ditambah 4 lantai basement, yang difungsikan sebagai area parkir, dengan kedalaman 12 m dibawah permukaan tanah. Rencananya Gedung baru Menara Parkson akan dibangun di kota Padang, Sumatera Barat. Sebagaimana diketahui bahwa Padang merupakan daerah dengan zona gempa tinggi yang

memerlukan desain khusus untuk bangunan gedung. Gedung akan dimodifikasi menggunakan struktur baja daktail, dengan menambah jumlah lantai bangunan dari 11 lantai menjadi 15 lantai dan basement yang sebelumnya yang berfungsi menjadi lahan parkir akan dihilangkan, karna lahan parkir akan dialihkan ke area disamping gedung, dengan ketersediaan lahan parkir yang luas. Modifikasi struktur Bangunan akan dirancang menggunakan Sistem Rangka Bresing Eksentrik (SRBE). Diharapkan dengan system tersebut,

pembangunan gedung kantor baru ini sanggup memikul beban gravitasi dan lateral (gempa) yang tinggi.

Sistem Rangka Bresing Eksentrik (SRBE) merupakan konsep desain gabungan antara konsep daktilitas dan disipasi energi yang baik dari desain SRPM, dengan karakteristik kekakuan elastik yang tinggi dari desain Sistem Rangka Bresing Konsentris (SRBK). SRBE merupakan sistem rangka dengan balok dan kolom dengan pengaku, dimana pada ujung dari setiap pengaku terhubung untuk mengisolasi bagian dari balok yang disebut *link*. SRBE biasa disebut sebagai hybrid system antara sistem SRPM dan SRBE karena SRBE mampu memikul kombinasi antara beban rangka dan truss. SRBE memiliki daktilitas yang tinggi seperti halnya pada sistem rangka pemikul momen tetapi juga memiliki kekakuan yang tinggi seperti SRBK [1]. SRBE diharapkan menahan deformasi *inelastis* yang signifikan pada *link* saat struktur mengalami gaya gempa [2]. Penurunan nilai simpangan yang terjadi antara struktur tanpa bresing dan menggunakan bresing yang terjadi pada arah X yaitu sebesar 51,60 % dan begitupun pada arah Y, penurunan nilai simpangan horizontal yang terjadi yaitu sebesar 44,40 %. Hal ini menunjukkan bahwa secara signifikan penggunaan bresing dapat meningkatkan kekakuan, kekuatan dan stabilitas struktur [3]. Penambahan bresing secara nyata dapat meningkatkan kapasitas struktur terhadap beban lateral secara umum sebesar 28,317% pada sumbu X dan 20,133% pada sumbu Y. Struktur SRBE memiliki kekakuan elastik dan pasca-elastik serta mekanisme pelelehan yang lebih baik dibandingkan struktur SRPMK[4]. Struktur baja bertingkat 12 lantai menggunakan bresing konsentris tipe *Inverted-V* memiliki perioda struktur yang paling kecil dan berat struktur yang lebih kecil dibandingkan sistem rangka bresing struktur lainnya [5]. Sebagaimana kelebihan dari SRBE yang telah dipaparkan di atas, pengerjaan struktur baja tersebut juga lebih praktis dan cepat dibandingkan dengan struktur beton bertulang sehingga waktu dan tenaga kerja dapat dipangkas yang nantinya juga akan berpengaruh kepada biaya konstruksi. Karena keunggulan inilah maka dilakukan perancangan modifikasi gedung dari beton bertulang menjadi struktur baja sistem SRBE. Konfigurasi SRBE yang digunakan untuk modifikasi gedung ini adalah bentuk V terbalik.

1.1. Umum

Indonesia merupakan daerah gempa aktif, berdasarkan SNI 03-1726-2002 [6]. Wilayah gempa di Indonesia dibagi menjadi 6 wilayah. Bangunan harus didesain supaya mampu menahan gempa yang kira-kira akan terjadi di daerahnya. Dalam memilih sistem stuktur yang tepat, ada beberapa faktor yang perlu dipertimbangkan misalnya tinggi bangunan, arsitektural, dan fungsi bangunan. Desain bangunan harus sesuai dengan berbagai ketentuan yang ada di SNI diharapkan struktur bangunan tersebut tidak mengalami keruntuhan pada saat terjadi gempa. Dalam

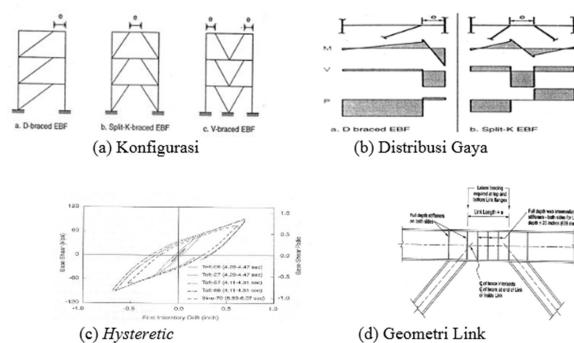
SNI 03-1726-2002 [6], dijelaskan mengenai ketentuan-ketentuan mengenai pengelompokan gedung beraturan dan tidak beraturan, daktilitas struktur, pembehanan gempa nominal, wilayah gempa Indonesia beserta respons spektrum gempa untuk masing-masing wilayah, kinerja struktur gedung, dan lain-lain.

1.2. Struktur Rangka Baja Tahan Gempa

Tujuan desain bangunan tahan gempa adalah untuk mencegah terjadinya kegagalan struktur dan kehilangan korban jiwa, perencanaan bangunan struktur tahan gempa harus dapat memperhitungkan dampak dari gaya lateral yang bersifat siklis (bolak-balik) yang dialami oleh struktur selama terjadinya gempa bumi. Untuk memikul gaya lateral yang dialami oleh bangunan, struktur harus dapat memiliki daktilitas yang memadai di daerah joint atau elemen struktur tahan gempa seperti bresing, *link*, atau dinding geser. Pada Perencanaan struktur akan direncanakan dengan Menggunakan Sistem Rangka Bresing Eksentrik (SRBE)

1.3. Sistem Rangka Bresing Eksentrik (SRBE)

Konsep desain SRBE adalah sederhana, membatasi aksi *inelastis* pada *link*, dan mendesain kerangka di sekitar *link* untuk mempertahankan tegangan maksimum yang dapat diberikan oleh *link*. Desain dengan menggunakan strategi ini harus memastikan bahwa *link* bertindak sebagai sekering seismik ductile dan melindungi integritas dari kerangka seismik di sekitarnya disajikan pada Gambar 1b. Pada pembebanan *cyclic*, terlihat kurva hysteresis sistem SRBE stabil dan melingkar dengan baik, indikatif dari banyak disipasi energi disajikan pada Gambar 1c. Sehingga yang menjadi konsep utama dalam struktur SRBE adalah elemen *link* ditetapkan sebagai bagian yang akan rusak sedangkan elemen lain diharapkan tetap berada dalam kondisi elastik. Kelelahan yang terjadi pada elemen *link* dapat berupa kelelahan geser atau kelelahan lentur. Tipe kelelahan ini sangat tergantung pada panjang *link* tersebut [7].



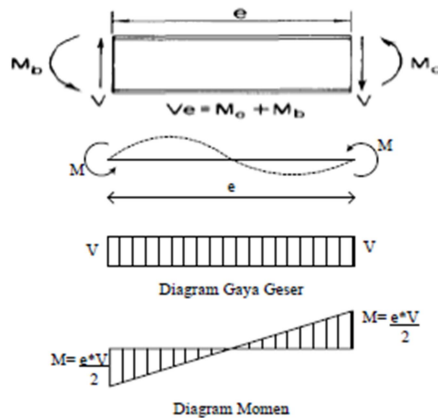
Gambar 1. SRBE

1.4. Perilaku *Link Beam*

1.4.1. Kuat Elemen *Link Beam*

Link beam merupakan elemen balok pendek yang direncanakan mengalami kelelahan lebih awal pada

saat bekerjanya beban lateral pada struktur. Pada bagian *link* ini bekerja gaya geser (shear) pada kedua ujung *link* dengan besar yang sama dan arah yang berlawanan. Gaya geser yang bekerja tersebut mengakibatkan momen pada kedua ujung *link* dengan besar dan arah yang sama disajikan pada Gambar 2.

Gambar 2. Distribusi gaya pada *link*

1.4.2. Panjang Elemen *Link Beam*

Link beam bekerja sebagai sekering gempa yang bersifat daktail, menyerap energi gempa yang masuk kedalam bangunan. Panjang dari elemen *link* akan menentukan mekanisme leleh dan kegagalan ultimate yang terjadi pada elemen *link*. Secara umum terdapat 2 jenis *link* berdasarkan panjang *link*nya, yaitu *link* geser (*short link*) dan *link* lentur (*long link*). Ketentuan mengenai panjang *link* (e) menurut SNI 03-1729-2002 [6], disajikan pada Persamaan (1) sampai Persamaan (3).

$$e \leq \frac{1,6M_p}{V_p} \quad (1)$$

$$\frac{1,6M_p}{V_p} \leq e \leq \frac{2,6M_p}{V_p} \quad (2)$$

$$e \geq \frac{2,6M_p}{V_p} \quad (3)$$

Pengaku diagonal badan dapat meningkatkan kinerja *link* geser dalam hal kekuatan kekakuan dan dissipasi energi dalam menahan beban lateral. Namun, perbedaan nilai daktilitas antara *link* geser dengan pengaku diagonal badan dan *link* geser yang direncanakan sesuai standar AISC tidak begitu signifikan. Hasil analisis juga menunjukkan bahwa ketebalan pengaku diagonal dan model geometrik pengaku tersebut berpengaruh secara signifikan terhadap kinerja *link* geser [8] pengaku diagonal badan dapat meningkatkan kinerja *link* panjang dalam hal kekuatan kekakuan dan dissipasi energi dalam menahan beban lateral [9].

1.4.3. Sudut Rotasi *Link Beam*

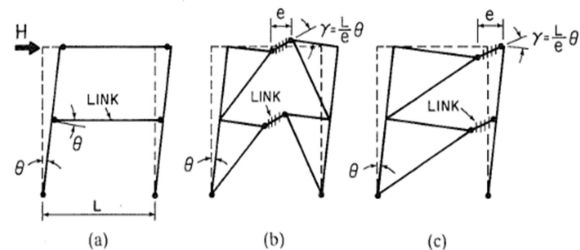
Sudut rotasi *link beam* adalah sudut *inelastis* antara *link beam* dan balok di samping *link* ketika besarnya total *story drift* sama dengan besarnya desain *story drift*, Δ .

Sudut rotasi *link beam* seharusnya tidak melebihi nilai berikut:

0,08 radian untuk panjang *link* $e \leq 1,6M_p/V_p$

0,02 radian untuk panjang *link* $e \geq 2,6M_p/V_p$

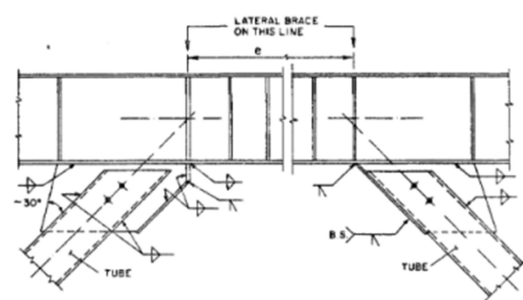
Interpolasi linier antara 0,08-0,02 radian jika panjang *link* $1,6M_p/V_p \leq e \leq 2,6M_p/V_p$ disajikan pada Gambar 3.

Gambar 3. Sudut rotasi *link beam*

1.4.4. Pendetailan *Link Beam*

Adapun ketentuan jarak dan tebal *web stiffeners* pada ujung dan tengah *link beam* antara lain:

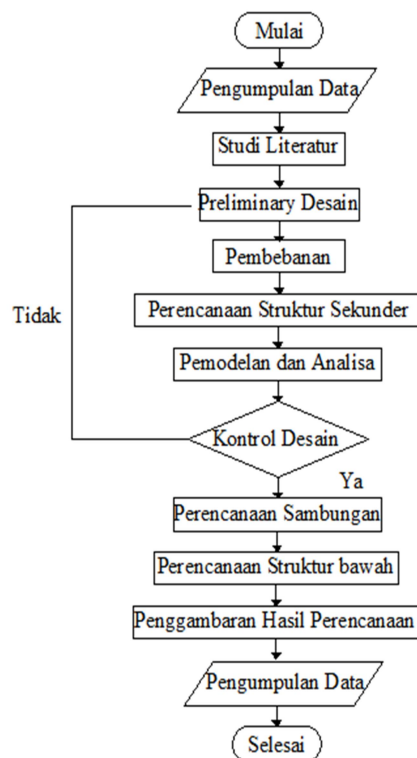
- Untuk panjang *link* $e \leq 1,6 M_p/V_p$, maka harus disediakan intermediate *web stiffeners* dengan jarak spasi interval tidak melebihi $30t_w - d/5$ untuk sudut rotasi *link* 0,08 radian atau $52t_w - d/5$ untuk sudut rotasi *link* 0,02 radian.
- Intermediate web stiffeners* harus *full depth*. Untuk tinggi penampang *link* yang kurang dari 25 inch (635 mm), maka pengaku hanya diperlukan pada satu sisi saja (sisi depan) pada *link web*. Ketebalan pengaku pada satu sisi tersebut tidak boleh kurang dari t_w atau 3/8 inch (10 mm) (pilih yang terbesar) dan lebarnya tidak kurang dari $bf/2 - t_w$.
- Syarat dari ketebalan dari fillet weld (las) yang menghubungkan pengaku dengan *link web* adalah $Astfy$ (LRFD), sedangkan untuk pengaku ke *link flange* adalah $Astfy/4$ (LRFD) yang mana Ast adalah area dari pengaku yang disajikan pada Gambar 4.

Gambar 4. Detailing pada *link beam*

2. Metodologi Penelitian

Metodologi ini akan menguraikan serta menjelaskan secara rinci penyelesaian perencanaan struktur secara lebih terperinci. Adapun langkah-langkah dalam

penyelesaian perencanaan struktur ini di sajikan pada Gambar 5.



Gambar 5. Diagram alir metodologi

Dalam perancangan modifikasi ini juga dibutuhkan data umum bangunan sebagai berikut:

Data umum bangunan modifikasi

Nama bangunan : Gedung Kantor Menara Parkson

Lokasi bangunan : Padang, Sumatera Barat

Fungsi bangunan : Gedung Kantor

Jumlah lantai : 15 Lantai

Tinggi gedung : 60 m

Zona gempa : Padang

Struktur utama : Struktur Baja Daktail

Sistim struktur : Struktur Baja Daktail dengan (SRBE)

3. Hasil dan Pembahasan

3.1. Perhitungan Struktur Sekunder

3.1.1. Pelat Lantai

Perencanaan struktur pelat lantai yang ada pada gedung ini disajikan pada Tabel 1, menggunakan Bondex dengan tabel perencanaan praktis yang ada dari PT. Garuda Steel Indonesia. Struktur lantai direncanakan dengan satu baris penyangga (*One Row Props*) selama proses pengerasan pelat beton. Spesifikasi yang digunakan adalah sebagai berikut :

Bondex menggunakan Tebal 0,75 mm

Besi tulangan menggunakan besi Ø 8, fy 240 Mpa

Beton menggunakan mutu K-250 kg/cm²

Tabel 1. Dimensi dan penulangan pelat lantai

Elemen Pelat	Beban Berguna (kg/m ²)	Bentang (m)	Tebal Pelat (cm)	Tulangan Pelat Negatif (cm ² /m)	Tulangan
Atap	200	2,6	9	2,09	Ø8-250
Atap	300	3,2	10	3,14	Ø8-150
Lantai	400	2,6	9	3,02	Ø8-200
Lantai	400	3,2	10	4,87	Ø8-100

3.1.2. Perencanaan Balok Sekunder

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-4 disajikan pada Tabel 2.

Tabel 2. Dimensi balok sekunder

Balok anak	Bentang		Profil
	Balok anak (m)	Antar balok (m)	
Atap	8	2,6	294x200x8x12
Atap	8	3,2	294x200x8x12
Lantai kantor	8	2,6	350x175x7x11
Lantai kantor	8	3,2	350x175x7x11

3.1.3. Perencanaan Balok Penggantung Lift 2 Car

Pada perencanaan balok lift meliputi balok- balok yang berkaitan dengan ruang mesin lift yaitu terdiri dari balok penumpu dan balok penggantung lift. Pada bangunan ini menggunakan lift penumpang yang diproduksi oleh sigma elevator company dengan data- data sebagai berikut:

Tipe lift	: Duplex
Merek	: Sigma
Kapasitas	: 15 Orang / 1000 kg
Lebar pintu (<i>opening width</i>)	: 900 mm
Dimensi ruang luncur (<i>hoistway inside</i>) 2 Car	: 4300 x 2150 mm ²
Dimensi ruang mesin (2 Car)	: 4300 x 2150 mm ²
Dimensi sangkar (<i>Car size</i>)	
Internal	: 1600 x 1500 mm ²
Eksternal	: 1650 x 1665 mm ²
Beban reaksi ruang mesin	
	: R ₁ = 6150 kg
	: R ₂ = 4600 kg

3.1.4. Perencanaan Tangga dan Bordes

Tangga adalah sebuah konstruksi yang dirancang untuk menghubungkan dua tingkat vertikal yang memiliki jarak satu sama lain. Hasil rencana dimensi struktur tangga disajikan pada Tabel 3.

Data Teknis Tangga

Mutu baja	= BJ-41
Tinggi antar lantai	= 400 cm
Tinggi bordes	= 200 cm

Panjang tangga	= 280 cm
Lebar tangga	= 130 cm
Lebar bordes	= 130 cm
Bentang bordes	= 272,5 cm
Lebar injakan (i)	= 28 cm
Lebar pegangan tangga	= 5 cm

Tabel 3. Dimensi Profil Stuktur Pada Tangga

No	Jenis struktur	Profil
1	Pengaku anak tangga	L 45.45.5
2	Pelat injak	Pelat t.3mm
3	Balok utama tangga	C 260.90.10.14
4	Balok bordes tangga	C 200.100.5.5.8

3.2. Perhitungan Struktur Primer

3.2.1. Link

Balok *link* direncanakan menggunakan profil WF 500 x 200 x 10 x 16 disajikan pada Tabel 4. Hasil dari output ETABS diperoleh gaya dalam sebesar:

$$e = 100 \text{ cm} < 1,6 \cdot M_p / V_p = 108,04 \text{ cm}$$

$$\alpha = 0,0308 \text{ radian} < \alpha_{\text{maks}} = 0,08 \text{ radian}$$

$$V_u = 67200 \text{ kg} < \phi V_n = 94320 \text{ kg}$$

Untuk pengaku dengan panjang *link* < 1,6 · Mp / Vp, harus direncanakan memiliki pengaku antara. Untuk α = 0,033 radian maka:

$$S = 42 + \frac{0,0308-0,02}{0,08-0,02} x (42-20) = 45,96 \text{ cm}$$

Dipasang pengaku antara dengan jarak 25 cm.

Tabel 4. Profil Link

Lantai	Arah	Panjang (cm)	Jenis link	Profil
1-5	x dan y	100	Pendek	500x200x10x16
6-10	x dan y	100	Pendek	500x200x10x16
11-15	x dan y	100	Pendek	500x200x10x16

3.2.2. Balok diluar Link

Balok *link* direncanakan menggunakan profil WF 500 x 200 x 10 x 16 disajikan pada Tabel 5. Berdasarkan SNI 1729;2015 Kontrol balok luar *link* yaitu:

Cek kemampuan penampang

$$M_u \leq \phi M_n$$

$$3.911.001,5 \text{ Kgcm} \leq 0,9 \cdot 5.240.000 \text{ kg.cm}$$

$$3.911.001,5 \text{ Kgcm} < 4.716.000 \text{ kg.cm}$$

Tabel 5. Profil balok diluar link

Lantai	Arah	Panjang (cm)	Jenis link	Profil
1-5	x	267	menengah	500x200x10x16
	y	267	menengah	500x200x10x16
6-10	x	267	menengah	500x200x10x16
	y	267	menengah	500x200x10x16
11-15	x	267	menengah	500x200x10x16
	y	267	menengah	500x200x10x16

3.2.3. Bressing

Bressing direncanakan menggunakan profil WF 250 x 250 x 11 x 11 disajikan pada Tabel 6. 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

$$P_{max} = R_y \cdot F_y \cdot A_g$$

$$= 1,5 \cdot 2500 \cdot 63,53 = 238237,5 \text{ kg}$$

$$\phi c P_n = 0,90 \cdot 238237,5 \text{ kg} = 214413,75 \text{ kg}$$

$$\phi c P_n > P_u \rightarrow 214413,75 \text{ kg} > 86422,68 \text{ kg (OK)}$$

Bressing tekan

$$P_{max} = 1,1 \cdot R_y \cdot A_g \cdot F_y / \omega$$

$$= 1,1 \cdot 1,5 \cdot 2500 \cdot 63,53 / 1 = 262061,25 \text{ kg}$$

$$\phi c P_n = 0,90 \cdot 262061,25 \text{ kg} = 235855,125 \text{ kg}$$

$$\phi c P_n > P_u \rightarrow 235855,125 \text{ kg} > 117371,086 \text{ kg (OK)}$$

Tabel 6. Profil bracing

Lantai	Arah	Profil
1-5	x	500x200x10x16
	y	500x200x10x16
6-10	x	500x200x10x16
	y	500x200x10x16
11-15	x	500x200x10x16
	y	500x200x10x16

3.2.4. Balok

Balok direncanakan menggunakan profil WF 500 x 200 x 10 x 16. Dari output ETABS diperoleh gaya dalam yang dipakai Setelah mengalami komposit adalah:

$$M_u \leq \phi$$

$$4.913.105,46 \leq 0,85 \cdot 6334754,448 \text{ Kgcm}$$

$$4.913105,46 \text{ Kgcm} \leq 5384541,28 \text{ Kgcm} \dots \text{OK}$$

$$\phi V_n > V_u$$

$$64.200 \text{ kg} > 16.392,28 \text{ kg} \dots \text{OK}$$

3.2.5. Kolom

Perhitungan kolom diasumsikan kolom tidak bergoyang, karena terdapat bressing pada sisi-sisinya. Kolom direncanakan menggunakan beton komposit dengan profil KC 500 x 200 x 10 x 16 dengan kontrol kuat nominal penampang sebagai berikut:

Kontrol Interaksi "Balok – Kolom"

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

$$0,791 + \frac{8}{9} \left(\frac{1670567}{0,85 \cdot 14058803,45} + \frac{864271}{0,85 \cdot 14058803,45} \right)$$

$$= 0,979 \leq 1 \text{ (ok)}$$

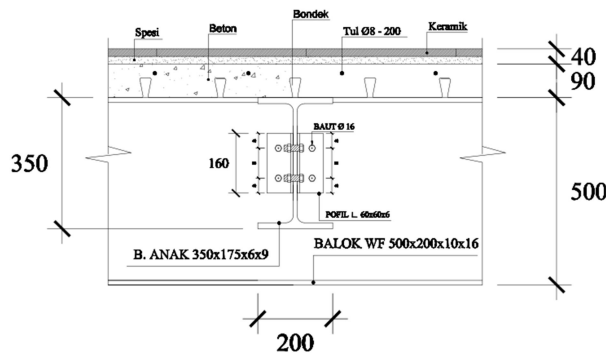
3.2.6. Sambungan

3.2.6.1. Sambungan Struktur Sekunder

Pada perencanaan sambungan yang disajikan pada Gambar 6, Baut yang dipakai dengan mutu $f_u^b = 5000 \text{ kg/cm}^2$ dan pelat penyambung profil siku dengan mutu BJ-41. Baut direncanakan hanya memikul beban geser yang berasal dari struktur sekunder. Sehingga pada perhitungannya sambungan dianggap sebagai sendi disajikan pada Tabel 7.

Tabel 7. 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	L40.40.4	16	2
	Badan B.Induk	L40.40.4	16	2



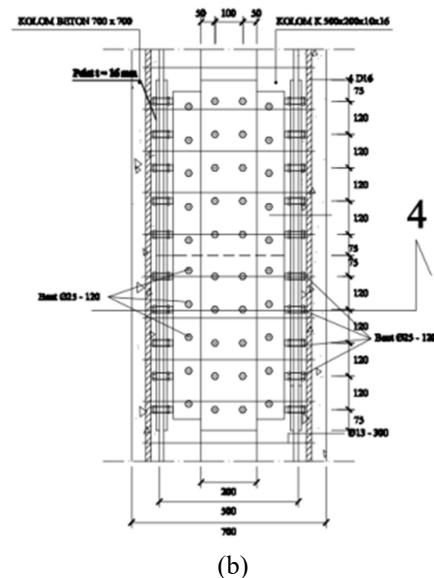
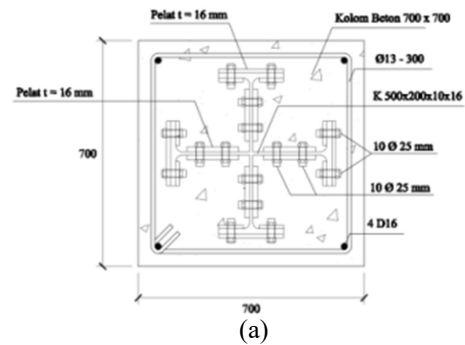
Gambar 6. Sambungan balok anak & balok induk

6.1.1 Sambungan Struktur Primer

Pada perencanaan sambungan struktur primer kolom dan balok disajikan pada Gambar 7a & 7b, direncanakan baut dengan mutu $f_u^b = 8250 \text{ kg/cm}^2$, Mutu las FE_{70XX}, dan pelat penyambung mutu BJ-41. Sambungan pada struktur primer direncanakan dengan sambungan kaku (*rigid connection*) dimana sambungan memikul beban geser P_u dan momen M_u . Hasil perhitungan sambungan struktur primer disajikan pada Tabel 8.

Tabel 8. Sambungan struktur primer

Elemen	Jenis profil	D (mm)	n (buah)	Las (mm)
Kolom KC 500.200.10.16	Pelat t.16 mm	25,4	20	-
Balok induk lantai-kolom	L70.70.7	25,4	6	
	T 400.400.20.35	25,4	10	
Kolom-Base Palte	BMK-13	30	18	22
Bresing	Pelat t.22 mm	24	6	11



Gambar 7. (a) Sambungan kolom, (b) Detail penampang kolom

3.3. Perhitungan Struktur Bawah

3.3.1. Pondasi Tiang Pancang

Pondasi yang digunakan pada perencanaan gedung perkantoran dapat dilihat pada Tabel 9, 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 : 500 mm

Tebal tiang : 90 mm

Klasifikasi : A1

Luas penampang beton : 1159 cm²

Berat : 290 kg/m

Bending moment crack : 10,5 t.m

Bending momen ultimate : 15,75 t.m

Allowable axial load : 185,3 t.m

Modulus section : 10.505 cm³

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

$$P_{ijin \text{ 1 tiang}} = \frac{Q_u}{SF} = \frac{272,08+124,16}{3} = 132,08 \text{ ton}$$

Kontrol beban tetap

$$P_{max} = 35128,76 \text{ kg} < Q_{ijin} = 89810,35 \text{ kg} \text{ (OK)}$$

Kontrol beban sementara

$$P_{max} = 72896,8 \text{ kg} < Q_{ijin} = 1,5 \cdot 89810,35 \text{ kg}$$

$$P_{max} = 72896,8 \text{ kg} < Q_{ijin} = 134715,5 \text{ kg} \text{ (OK)}$$

3.3.2. Perencanaan Poer

Untuk penulangan lentur dapat dilihat pada Tabel 9, poer dianalisa 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 :

Penulangan Arah X

Tulangan tarik yang dibutuhkan :

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

$$= 0,00396 \times 1000 \times 919 = 3642,22 \text{ mm}^2$$

Digunakan tulangan lentur atas D22–100 mm

$$A_s = \left(\frac{1}{4} \times \pi \times d^2 \right) \frac{1000}{100}$$

$$= 3801,33 \text{ mm}^2 > 3642,22 \text{ mm}^2 \text{ (Ok)}$$

Penulangan Arah Y

Tulangan tarik yang dibutuhkan :

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

$$= 0,00413 \times 1000 \times 897 = 3711,11 \text{ mm}^2$$

Digunakan tulangan lentur atas D22–100 mm

$$A_s = \left(\frac{1}{4} \times \pi \times d^2 \right) \frac{1000}{100}$$

$$= 3799,4 \text{ mm}^2 > 3711,11 \text{ mm}^2 \text{ (Ok)}$$

3.3.3. Perencanaan Kolom Pedestal

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

$$M_u = 16705,67 \text{ kg.m}$$

$$P_u = 926605 \text{ kg} = 9266050 \text{ N}$$

$$V_u = 5391,88 \text{ kg} = 59918,8 \text{ N}$$

Dimensi kolom pedestal 1000 mm x 1000 mm.

$$A_s = 0,0123 \cdot 1000 \cdot 925,5 = 12200 \text{ mm}^2$$

Dipasang tulangan 24 D25, $A_s = 12775 \text{ mm}^2$ Dipasang merata 4 sisi dengan sengkang Ø12 – 250 yang disajikan pada Tabel 9.

3.3.4. Perencanaan Sloof

Sloof direncanakan menggunakan tulangan baja disajikan pada Tabel 9, hal tersebut dilakukan karena sloof menerima kombinasi beban aksial tekan dan lentur.

$$q_u = 1,2 \times 1218 = 1461,6 \text{ kg/m}$$

$$M_{u \text{ tumpuan}} = \frac{1}{12} \times q_u \times l^2$$

$$= \frac{1}{12} \times 1461,6 \times 8^2$$

$$= 7795,2 \text{ kgm}$$

Tulangan tarik yang dibutuhkan :

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

$$= 0,0035 \times 400 \times 597 = 835,8 \text{ mm}^2$$

Digunakan Tulangan D16 ($A_s = 200,96 \text{ mm}^2$)

$$\text{Jumlah tulangan Perlu} = \frac{835,8}{200,96} = 4,15 \approx 5 \text{ buah}$$

Digunakan tulangan lentur atas D16–100 mm

Dipasang tulangan = 5 D 16 ($A_s = 1004,8 \text{ mm}^2$)

Tabel 9. Hasil perhitungan struktur bawah

Elemen	Dimensi	Tulangan
Pondasi	Pancang Ø 50 cm	-
Poer	4 m x 4 m x 1m	Arah X D22-100 Arah Y D22-100
Pedestal	1,0 m x 1,0 m	Tul.Utama 24D25 Sengkang 2Ø12-300
Sloof	0,4 m x 0,6 m	Tul.Utama 4D16 Sengkang Ø10-250

3.4. Kontrol Hasil Analisis Struktur

3.4.1. Kontrol Nilai Akhir Respon Spektrum

Kombinasi respons untuk gaya geser dasar ragam dinamik (V_t) yang disajikan pada Tabel 10 harus lebih besar 85% dari gaya geser dasar statik (V) atau ($V_{dinamik} \geq 0,85 V_{statik}$).

Tabel 10. Kontrol nilai akhir respon spektrum

Beban gempa	Global FX (kg)	Global FY (kg)
Gempa arah X	208.742,20	6367,77
Gempa arah Y	47.987,39	247.588,88

3.4.2. Kontrol Partisipasi Massa

Partisipasi massa harus menyertakan jumlah ragam terkombinasi minimal 90% dari massa aktual yang berasal dari masing-masing arah horizontal orthogonal yang ditinjau disajikan pada Tabel 11.

Tabel 11. Kontrol nilai partisipasi massa

Mode	Sum UX	Sum UY
7	89,26	92,19
8	90,18	94,1

3.4.3. 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 hasil kontrol simpangan arah X disajikan pada Tabel 12 dan simpangan arah Y disajikan pada Tabel 13.

Tabel 12. Kontrol Simpangan Arah-X

Lantai	Hi mm	δx_e mm	δx mm	Δ mm	Δa mm	$\Delta a/p$ mm	$\Delta \leq \Delta a/p$
15	4000	193	772	24	100	100	OK
14	4000	187	748	36	100	100	OK
13	4000	178	712	52	100	100	OK
12	4000	165	660	52	100	100	OK
11	4000	152	608	52	100	100	OK
10	4000	139	556	56	100	100	OK
9	4000	125	500	60	100	100	OK
8	4000	110	440	64	100	100	OK
7	4000	94	376	64	100	100	OK
6	4000	78	312	60	100	100	OK
5	4000	63	252	72	100	100	OK
4	4000	45	180	52	100	100	OK
3	4000	32	128	48	100	100	OK
2	4000	20	80	36	100	100	OK
1	4000	11	44	44	100	100	OK

Tabel 13. Kontrol Simpangan Arah-Y

Lantai	Hi mm	δy_e mm	δy mm	Δ mm	Δa mm	$\Delta a/p$ mm	$\Delta \leq \Delta a/p$
15	4000	276,8	1107,2	47,2	100	100	OK
14	4000	265	1060	56	100	100	OK
13	4000	251	1004	60	100	100	OK
12	4000	236	944	72	100	100	OK
11	4000	218	872	72	100	100	OK
10	4000	200	800	80	100	100	OK
9	4000	180	720	80	100	100	OK
8	4000	160	640	92	100	100	OK
7	4000	137	548	84	100	100	OK
6	4000	116	464	92	100	100	OK
5	4000	93	372	100	100	100	OK
4	4000	68	272	96	100	100	OK
3	4000	44	176	60	100	100	OK
2	4000	29	116	64	100	100	OK
1	4000	13	52	52	100	100	OK

4. Kesimpulan

Hasil perhitungan yang dilakukan pada struktur sekunder dan analisa struktur primer telah memenuhi syarat SNI 1729:2015. Hasil perhitungan yang dilakukan pada struktur bawah telah memenuhi syarat SNI 03-2387-2013. Dari kontrol yang dilakukan (kontrol nilai akhir respon spektrum, kontrol partisipasi massa, kontrol waktu getar alami fundamental, kontrol simpangan (*drift*)) struktur yang direncanakan berada di kota Padang memenuhi syarat.

Daftar Rujukan

- [1] Budiono, Bambang, Yurisman, dan Nidiasari. 2011. Kajian Numerik terhadap Perilaku Seismik *Link* Panjang dengan Pemasangan Pengaku Diagonal Badan pada Sistem Struktur Rangka Baja Tahan Gempa Tipe Eccentrically Brace Frames (EBF). Bandung : Institut Teknologi Bandung. <http://dx.doi.org/10.30630/jirs.15.2.131>
- [2] PP Rossi, A. Lombardo. 2007. Influence of The *Link* Overstrength Factor on The Seismic Behaviour of Eccentrically Braced Frames. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jcsr.2007.01.006>
- [3] Akbar, Said & Candra, Yovi. (2018). Analisa Nilai Simpangan Horizontal (*Drift*) Pada Struktur Tahan Gempa Menggunakan Sistem Rangka Bresing Eksentrik Tipe Braced V. <http://dx.doi.org/10.29103/tj.v7i2.139>
- [4] Maizuar, Maizuar & Burhanuddin, Burhanuddin. (2016). Studi Komparasi Perilaku Struktur Sistem Rangka Berpengaku Eksentrik Tipe D Terhadap Sistem Rangka Pemikul Momen. <http://dx.doi.org/10.29103/tj.v2i4.56>
- [5] Benita, Diva & Desmaliana, Erma & Pribadi, Amatulhay. (2019). Analisis Perbandingan Kinerja Struktur Baja SRBKK Tipe Inverted-V pada Gedung Bertingkat 12, 16, dan 20 Lantai. (Hal. 65-74). RekaRacana: Jurnal Teknil Sipil. <http://dx.doi.org/10.26760/rekaracana.v5i4.65>
- [6] Badan Standardisasi Nasional. 2002. Tata Cara Perhitungan Struktur Baja Untuk Bangunan Gedung. Bandung : Yayasan LPMB
- [7] Engelhardt, Michael D., Popov, Egor P, 1989. On Design of Eccentrically Braced Frames, Earthquake Spectra Vol. 5, No.3. https://www.researchgate.net/publication/33817706_Design_of_eccentrically_braced_frames
- [8] Yurisman. 2010. Kajian Numerik terhadap Kinerja *Link* Geser dengan Pengaku Diagonal pada Struktur Rangka Baja Berpenopang Eksentrik (EBF). Bandung : Institut Teknologi Bandung. <https://doi.org/10.5614/jts.2010.17.1.3>
- [9] Yurisman, Yurisman & Budiono, Bambang & Nidiasari, Nidiasari & Misriani, Merley & Suardi, Enita. (2018). Kajian Numerik terhadap Perilaku Seismik *Link* Panjang dengan Pemasangan Pengaku Diagonal Badan pada Sistem Struktur Rangka Baja Tahan Gempa Tipe Eccentrically Brace Frames (EBF). Jurnal Ilmiah Rekayasa Sipil. 15. <http://dx.doi.org/10.30630/jirs.15.2.131>
- [10] AISC. 2005. Seismic Provisions for Structural Steel Buildings. American Institute of Steel Construction (AISC), Chicago
- [11] Badan Standardisasi Nasional. 2012. Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Bangunan Gedung (SNI 03-1726-2002). Bandung : Yayasan LPMB
- [12] Departemen Pekerjaan Umum. 1987. Peraturan Pembebanan Indonesia untuk Gedung. Bandung : Direktorat Jendral Cipta Karya.