

PERENCANAAN STRUKTUR BAJA GEDUNG HOTEL ELLYSA 10 LANTAI DI YOGYAKARTA MENGGUNAKAN SISTEM RANGKA BRESING EKSENTRIK (SRBE) KONFIGURASI SPLIT-K

Dzita Seally Trisya¹, Utari Khatulistiani^{2*}

^{1,2}Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Wijaya Kusuma Surabaya

Jl. Dukuh Kupang XX No. 54, Kota Surabaya, 60225, Jawa Timur, Indonesia

E-mail: ¹dzitaseally@gmail.com, & ²utari.kh@uwks.ac.id

(*) Penulis Koresponden

ABSTRAK: Hotel Ellysa direncanakan memiliki ukuran 56 m × 30 m terdiri dari 10 lantai dengan ketinggian 40 m menggunakan struktur baja. Lokasi hotel di Yogyakarta yang termasuk wilayah gempa tinggi, maka perencanaan mempertimbangkan pengaruh dari beban gempa dengan Sistem Rangka Bresing Eksentrik (SRBE) konfigurasi tipe split-K. Perencanaan struktur baja mengacu pada peraturan SNI 1729-2020 tentang Spesifikasi untuk Bangunan Gedung Baja Struktural. Perencanaan beban gempa mengacu pada peraturan SNI 1726-2019 tentang Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non Gedung. Perencanaan pembebanan mengacu pada SNI 1727-2020 tentang Beban Desain Minimum dan Kriteria Terkait untuk Bangunan Gedung dan Struktur lain. Mutu baja yang digunakan adalah BJ 41 dengan nilai f_y 250 MPa dan f_u 410 MPa. Mutu beton yang digunakan adalah f'_c 35 MPa. Analisis struktur dilakukan menggunakan program SAP 2000 v.19 dan analisis penulangan struktur menggunakan program SPcolumn. Hasil analisis dari struktur gedung Hotel Ellysa diperoleh balok anak lantai dan atap WF 350.350.14.22, dimensi balok induk lantai dan atap WF 600.300.14.23, dan dimensi bresing adalah WF 350.350.12.99, dimensi kolom HC 70 568.457.70.105. Panjang *element link* direncanakan 100 cm. Pondasi direncanakan menggunakan tiang pancang beton dimensi 35 cm × 35 cm dengan kedalaman 17 m dan jumlah tiang sebanyak 8 dan 4 tiang. Nilai simpangan horisontal yang terjadi lebih kecil dari nilai simpangan horisontal izin (Δ), maka struktur gedung mampu menahan beban bekerja.

KATA KUNCI: Perencanaan Gedung, Struktur Baja, SRBE, Gempa

1. PENDAHULUAN

Kota Yogyakarta yang terkenal dengan julukan sebagai kota pelajar, wisata dan budaya menjadikan kota ini bagian dari salah satu daerah tujuan wisata utama di Indonesia. Kota yang sudah maju, namun tetap kental akan budaya dan masih terjaga alamnya menjadi daya tarik tersendiri bagi wisatawan untuk senantiasa berkunjung ke kota ini. Sebagai salah satu daerah tujuan wisata utama di Indonesia, dengan banyak pilihan destinasi wisata baru maka kebutuhan akan akomodasi untuk tempat singgah mengalami peningkatan. Lahan yang terbatas di kota Yogyakarta, maka bangunan tempat tinggal bertingkat seperti hotel menjadi solusi permasalahan tersebut.

Aktifitas seismik yang tinggi di kota Yogyakarta juga menjadi sebuah hal yang penting dipertimbangkan dalam merencanakan struktur gedung bertingkat. Tercatat, pada tahun 2006 terjadi gempa bumi berkekuatan 6.3 M yang menyebabkan kerusakan parah di berbagai sektor. Diperkirakan 157.000 rumah hancur dan 202.000 lainnya mengalami kerusakan, 2.155 fasilitas pendidikan rusak atau hancur, dalam sektor kesehatan 17 rumah sakit swasta dan 117

puskesmas mengalami kerusakan atau hancur serta 2.201 fasilitas keagamaan rusak atau hancur (BAPPENAS, 2006).

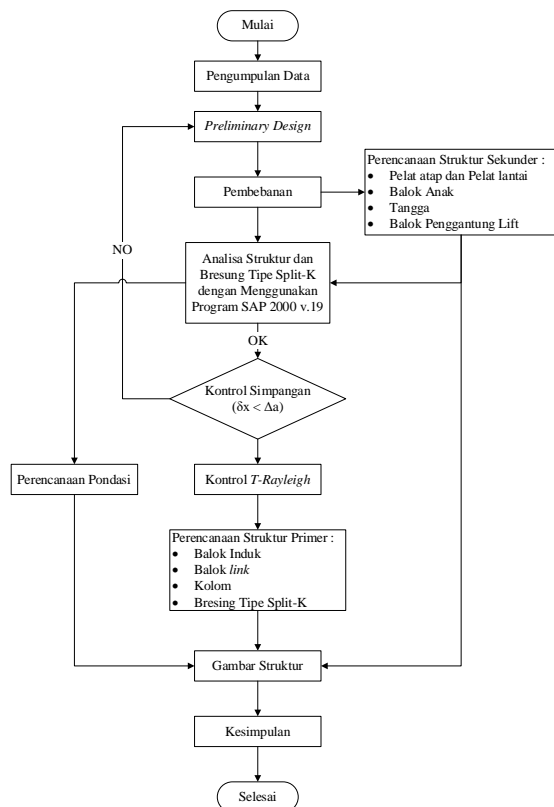
Terdapat beberapa kriteria yang harus dipenuhi dalam perencanaan struktur gedung tahan gempa yaitu kekuatan, kekakuan dan daktilitas suatu struktur. Daktilitas merupakan kemampuan struktur untuk mengalami simpangan pasca elastik secara berulang yang disebabkan oleh gaya gempa sehingga gedung tidak langsung mengalami keruntuhan. Baja merupakan material yang berkekuatan tinggi dan mempunyai daktilitas yang baik sehingga mampu untuk berdeformasi tanpa langsung runtuh. Hal ini sangat menguntungkan pada saat terjadi gempa (Aritonang & Hayu, 2015).

Bedasarkan SNI 03-1729-2002 terdapat beberapa sistem struktur tahan gempa untuk baja yaitu SRPM, SRBK, dan SRBE. SRPM pada baja apabila dirancang dan dilaksanakan dengan benar dapat memiliki daktilitas yang sangat baik. Sistem ini sangat fleksibel, tetapi tidak memiliki kekakuan yang cukup. SRBK merupakan kebalikan dari SRPM, sistem ini memiliki kekakuan lateral yang baik, namun tidak memiliki daktilitas yang baik dan kehilangan

PERENCANAAN STRUKTUR BAJA GEDUNG HOTEL ELLYSA 10 LANTAI DI YOGYAKARTA MENGGUNAKAN SISTEM RANGKA BRESING EKSENTRIK (SRBE) KONFIGURASI SPLIT-K
(Dzita Seally Trisya, Utari Khatulistiani)

energinya dipengaruhi oleh tekuk dari bresing. SRBE merupakan sebuah sistem yang menggabungkan keunggulan dari SRPM dan SRBK, dimana SRBE memiliki kekakuan dan daktilitas yang baik (Apriyansyah, Suswanto & Suprobo, 2018). SRBE adalah sistem rangka dimana gaya aksial yang diterima bresing diteruskan ke kolom atau ke elemen bresing lain melalui geser dan tekuk pada segmen kecil balok yang disebut *link*. Cara kerja *link* dipengaruhi oleh panjangnya. Saat link menjadi lebih pendek maka akan didapat kekakuan seperti kekakuan dari SRBK, saat link lebih panjang maka akan mendekati kekakuan dari SRPM (Singhal & Singh, 2015).

Link pada SRBE bertindak sebagai pengaman dari sebuah struktur atas kehilangan energi akibat gempa di dalam sebuah bangunan secara stabil. Agar dapat memenuhi tujuan yang dimaksudkan, *link* perlu direncanakan dengan benar agar memiliki kekuatan yang memadai dan kehilangan energi yang stabil (Uang, 1994). Berdasarkan referensi tersebut, perencanaan hotel Ellysa yang terdiri dari 10 lantai dan 1 atap menggunakan Sistem Rangka Bresing Eksentris (SRBE) tipe split-K. Dengan bresing tersebut diharapkan mampu untuk menahan beban gravitasi, dan beban gempa.

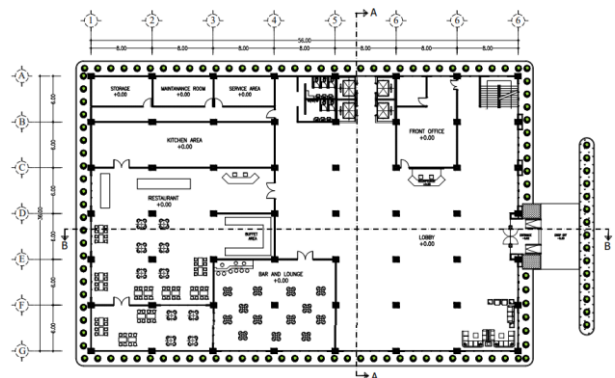


Gambar 1. Diagram Alir Perencanaan (Flowchart)

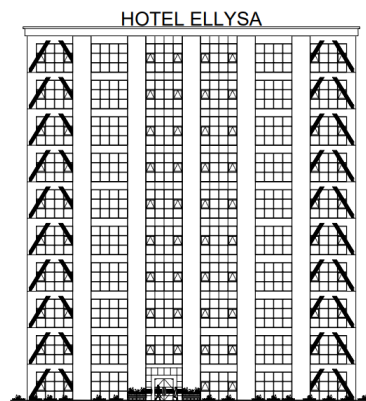
2. METODE PERENCANAAN

Perencanaan struktur gedung “Hotel Ellysa” dilakukan berdasarkan SNI 1726:2019 dan peta gempa 2017, dan perhitungan beban mengacu pada SNI 1727: 2020 yang diuraikan dalam bentuk diagram alir (*flowchart*) seperti ditampilkan pada Gambar 1. Denah lantai dan tampak gedung Hotel Ellysa seperti ditampilkan pada Gambar 2 dan Gambar 3, dengan panjang gedung 56 meter, lebar gedung 36 meter, tinggi gedung = 40 meter, dan luas bangunan adalah 2016 m².

Gedung terdiri dari 10 lantai dan 1 atap dan direncanakan menggunakan struktur baja mutu BJ41 yang memiliki tegangan leleh $f_y = 250$ MPa. Untuk menahan gaya gempa, gedung menggunakan Sistem Rangka Batang Eksentrik (SRBE) tipe *split-K*. Lokasi gedung berada di kota Yogyakarta yang termasuk zona gempa tinggi. Untuk struktur plat beton menggunakan mutu f'_c adalah 35 MPa. Perencanaan terdiri dari struktur sekunder meliputi pelat, balok anak, balok penggantung lift dan tangga. Perencanaan struktur primer meliputi balok, kolom, bresing eksentris dan link. Analisa gaya dalam portal menggunakan program SAP 2000.



Gambar 2. Denah Lantai



Gambar 3. Gambar Tampak Depan

3. Hasil dan Pembahasan

3.1 Preliminary Design

Preliminary design adalah tahapan awal dalam merencanakan struktur Gedung Hotel Ellysa dengan memperkirakan dimensi-dimensi dari tiap komponen struktur primer maupun sekunder. Dimensi profil rencana yang digunakan dalam perencanaan ini adalah balok anak atap dan lantai menggunakan WF 350.350.14.22, balok anak lantai menggunakan WF 350.350.14.22 dan balok induk atap dan lantai menggunakan WF 600.300.14.23. Kolom menggunakan HC 70 568.447.70.105.

3.2 Struktur Sekunder

Struktur sekunder merupakan sebuah elemen struktur yang direncanakan untuk menerima beban gravitasi saja dan tidak direncanakan untuk menahan beban akibat gempa.

3.2.1 Perencanaan Pelat

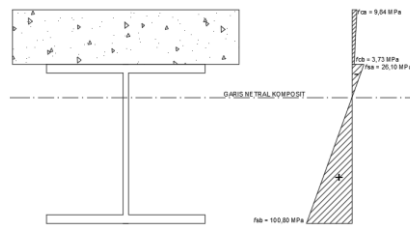
Tebal plat atap rencana dan lantai digunakan 12 cm. Digunakan tebal plat atap sama dengan tebal lantai, dengan pertimbangan atap akan digunakan untuk kegiatan *rooftop*. Mutu beton ($f'c$) adalah 35 MPa dan mutu tulangan baja (f_y) adalah 250 MPa.

Nilai momen tertinggi terletak pada daerah tumpuan $M_{tx} = 1005,4$ kgm dan $M_{ty} = 830,55$ kgm. Penulangan tumpuan plat atap diperoleh tulangan arah X dan arah Y adalah D 10-75 mm, dan penulangan susut D 8-250 mm. Perhitungan momen plat lantai, diperoleh nilai momen tertinggi terletak pada daerah tumpuan $M_{tx} = 912,12$ kgm dan $M_{ty} = 753,49$ kgm. Penulangan tumpuan plat lantai diperoleh tulangan arah X dan arah Y adalah D 10-135 mm.

3.2.2 Perencanaan Balok Anak Atap As 1'(A-B)

Gaya dalam balok anak atap diperoleh momen $M_u = 306268255,8$ Nmm dan gaya geser $V_u = 143584,65$ N. Direncanakan balok anak atap menggunakan dimensi profil WF 350.350.14.22 dengan spesifikasi $W = 159$ kg/m, $I_x = 476000000$ mm⁴, $I_y = 160000000$ mm⁴, $r_x = 153$ mm dan $r_y = 89$ mm.

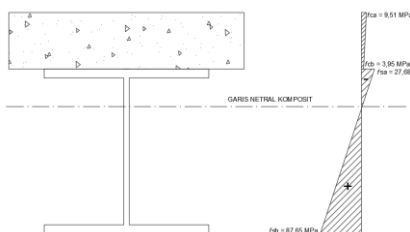
Tegangan komposit (Gambar 4) balok diperoleh tegangan pada beton atas $f_{ca} = 9,84$ MPa, tegangan beton bagian bawah $f_{cb} = 3,73$ MPa, tegangan baja atas $f_{sa} = 26,10$ MPa dan tegangan baja bawah $f_{sb} = 100,80$ MPa. *Shear connector* menggunakan stud $\frac{1}{2}$ " x 5 cm, dengan kekuatan putus $f_u = 410$ MPa. Digunakan jumlah stud sebanyak 43 buah untuk $\frac{1}{2}$ bentang dengan jarak antar stud 140 mm.



Gambar 4. Diagram Tegangan Balok Anak Atap

3.2.3 Perencanaan Balok Anak Lantai As 1'(A-B)

Gaya dalam balok diperoleh momen $M_u = 281746170,3$ Nmm dan gaya geser $V_u = 131423,91$ N. Direncanakan balok anak lantai menggunakan dimensi profil WF 350.350.14.22



Gambar 5. Diagram Tegangan Balok Anak Lantai

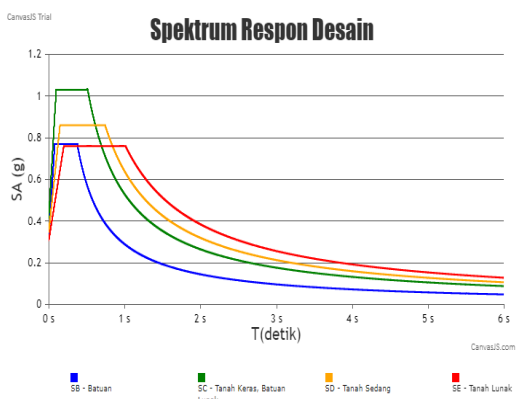
Tegangan komposit (Gambar 5) diperoleh pada beton atas, $f_{ca} = 9,51$ MPa, beton bagian bawah $f_{cb} = 3,95$ MPa, baja bagian atas $f_{sa} = 27,68$ MPa dan baja bagian bawah $f_{sb} = 87,65$ MPa. *Shear connector* digunakan stud $\frac{1}{2}$ " x 5 cm dengan f_u adalah 410 MPa, sehingga Jumlah stud yang dibutuhkan jumlah stud sebanyak 52 buah untuk $\frac{1}{2}$ bentang dengan jarak 116 mm.

3.3 Perencanaan Beban Gempa

Dalam menentukan beban gempa dibutuhkan data tinggi antar lantai gedung Hotel Ellysa adalah 4 meter, faktor keutamaan gempa (I_e) = 1,0, klasifikasi situs tanah = SE – tanah lunak, nilai S_{ds} kota Yogyakarta = 0,76, nilai S_{D1} kota Yogyakarta = 0,77 dan $R = 8$.

Untuk parameter respon spektrum kota Yogyakarta diperoleh melalui situs rsa.ciptakarya.pu.go.id/2021 seperti pada Gambar 6. Kemudian dapat ditentukan besarnya nilai dari parameter respon spektrum pada daerah yang ditinjau. Lokasi perencanaan Hotel Ellysa yang terletak di Yogyakarta, klasifikasi situs ditentukan dari nilai SPT yang diperoleh hasil $\Sigma N = 14,91 < 15$, dan menurut SNI 1726:2019 merupakan tanah lunak (E).

PERENCANAAN STRUKTUR BAJA GEDUNG HOTEL ELLYSA 10 LANTAI DI YOGYAKARTA MENGGUNAKAN SISTEM RANGKA BRESING EKSENTRIK (SRBE) KONFIGURASI SPLIT-K
(Dzita Seally Trisya, Utari Khatulistiani)



Gambar 6. Respon Spektrum Kota Yogyakarta

Pembebanan gempa ditentukan berdasarkan peraturan SNI 1726:2019 dengan menggunakan SRBE tipe *split-K*. Pembebanan gempa berupa beban statik ekuivalen (Fi) yang terdistribusi sepanjang tinggi gedung, berdasarkan hasil perhitungan berat tiap-tiap lantai dari lantai 1 hingga lantai 10 (atap) seperti ditampilkan pada Tabel 1.

Tabel 1. Berat Struktur Tiap Lantai

Lantai	Tinggi (h) (m)	Berat tiap lantai (W) (kg)
10	40	1195836,32
9	36	1341467,59
8	32	1341467,59
7	28	1341467,59
6	24	1341467,59
5	20	1341467,59
4	16	1341467,59
3	12	1341467,59
2	8	1341467,59
1	4	1341467,59
Total (Σ)		13656644,65

Kota Yogyakarta memiliki nilai $S_{D1} = 0,77$, dan menurut SNI 1726:2019 tabel 17 diketahui nilai batas koefisien $C_u = 1,4$. Periode fundamental pendekatan (T_a) yang akan dihitung berdasarkan SNI 1726:2019 pasal 7.8.2.1. diperoleh nilai $T_a = 1,16$. Diperoleh bahwa periode fundamental pendekatan, $T_a = 1,16 < C_u = 1,4$ (OK).

Untuk menentukan gaya gempa, menurut SNI 1726:2019 pasal 7.8.1 distribusi gaya gempa berdasarkan pada gaya geser dasar seismik (V) dihitung melalui perumusan sebagai berikut :

$$C_s = \frac{S_{ds}}{\left(\frac{R}{I_e}\right)} = \frac{0,79}{\left(\frac{8}{1,0}\right)} = 0,099$$

Nilai C_s tidak boleh lebih kurang dari :

$$C_{smin} = 0,044 \times S_{ds} \times I_e = 0,0348$$

Dipakai nilai C_s terkecil yaitu, $C_s = 0,0348$

Beban geser dasar seismik (V) didapatkan dari nilai C_s yang kemudian dikalikan dengan W. Didapat nilai $W_{total} = 13269044,65$ kg, dan nilai $C_s = 0,0348$. Sehingga gaya geser dasar gempa yang terjadi pada struktur sebesar :

$$V = C_s \times W = 462399,67 \text{ kg}$$

Distribusi beban gempa F_i diperhitungkan berdasarkan SNI 1726:2019 pasal 7.8.3 dimana k merupakan eksponen yang terkait dengan periode struktur. Nilai k menggunakan interpolasi linier yang dihitung menggunakan perumusan sebagai berikut :

$$k = 1 - \left(\frac{T_a - 0,5}{2,5 - 0,5}\right) (1 - 2) = 1,33$$

Nilai beban gempa statik ekuivalen (F_i) didapat dengan menggunakan perumusan sebagai berikut :

$$F_i = \frac{w_i \times h_i^k}{\sum w_i \times h_i^k} \times V$$

Perhitungan distribusi beban gempa statik ekuivalen (F_i) tiap-tiap lantai ditampilkan pada Tabel 2.

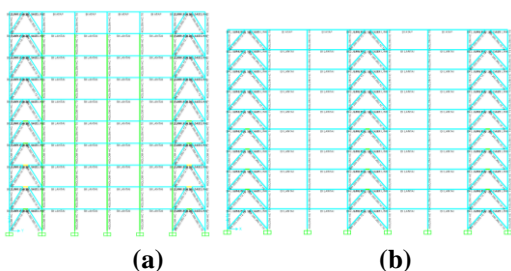
Tabel 2. Beban Gempa Statik Ekuivalen (Fi)

Lantai	h (m)	Momen ($W_i \cdot h_i^k$)	Fi (kg)
10	40	161588901,3	5631050,034
9	36	157566000,4	5490859,982
8	32	134719250	4694696,424
7	28	112797731,8	3930775,359
6	24	91888494,62	3202130,26
5	20	72102459,52	2512626,509
4	16	53587039,21	1867401,143
3	12	36550324,95	1273705,724
2	8	21315222,38	742792,87
1	4	8478518,53	295459,414
Total (Σ)		850593942,80	29641497,72

Analisa gaya-gaya dalam struktur SRBE tipe *split-K* menggunakan program SAP 2000 v.19 dengan kombinasi beban digunakan 18 macam. Berdasarkan peraturan SNI 1726:2019 pasal 7.5.3. kombinasi pembebanan harus digunakan mengacu pada peraturan SNI 1727:2020 pasal 2.3.1. Apabila struktur mendapat beban seismik, kombinasi beban yang diperhitungkan sebagai tambahan pada kombinasi pembebanan dasar mengacu pada SNI 1727-2020 pasal 2.3.6. Penempatan bresing pada portal arah X dan arah Y seperti ditampilkan pada Gambar 7.

Setelah dilakukan pemodelan struktur 3 dimensi menggunakan program struktur SAP 2000 v.19

kemudian dilakukan input kombinasi 18 pembebanan. Selanjutnya dilakukan *run analyze* guna mengetahui nilai gaya-gaya dalam yang terjadi pada struktur. Tahapan berikutnya adalah melakukan *check of structure* guna mengetahui notasi warna yang terlihat pada struktur tersebut, apabila berwarna merah, maka menunjukkan bahwa komponen dari struktur tersebut mengalami *failure* (kegagalan), artinya struktur tidak mampu menahan beban yang bekerja, maka harus dilakukan *redesign* pada perencanaan awal struktur (*preliminary design*). Bila berwarna biru, hijau, kuning, dan oranye maka struktur tersebut mampu menahan beban yang bekerja.



Gambar 7. Penempatan B्रेसing (a) Arah X dan (b) Arah Y

Tabel 3. Nilai Simpangan Gedung Hotel Ellysa

Lantai	h (m)	δx (mm)	δy (mm)	Δa (mm)	Ket
Atap	40	45,76	56,55	80	Aman
10	36	43,47	54,22	80	Aman
9	32	40,32	50,67	80	Aman
8	28	36,35	46,09	80	Aman
7	24	31,68	40,60	80	Aman
6	20	26,45	34,34	80	Aman
5	16	20,78	27,49	80	Aman
4	12	14,86	20,19	80	Aman
3	8	8,88	12,65	80	Aman
2	4	3,31	5,19	80	Aman
1	0	0	0	0	Aman

Gedung Hotel Ellysa termasuk ke dalam kategori resiko II dengan menggunakan sistem rangka bresing eksentris. Dikarenakan lokasi hotel tersebut terletak di wilayah dengan tingkat gempa tinggi, maka Δa ditentukan sebesar 0,02h_{sx} (SNI 1726-2019 tabel 20) dengan sistem rangka bresing eksentris termasuk kedalam kategori struktur lain, sehingga didapat nilai simpangan ijin (Δa) sebesar 80 mm

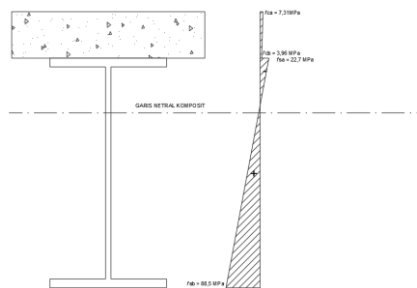
3.4 Perencanaan Struktur Primer

Perhitungan struktur primer meliputi perhitungan kolom, balok induk lantai dan balok

induk atap serta perhitungan sambungan antar komponen struktur (*building connection*). Perencanaan struktur primer mengacu pada SNI 1726:2020 dan SNI 1729-2019. Dalam perencanaan struktur primer ini juga termasuk tentang perencanaan bresing dan balok *link* untuk struktur rangka bresing eksentris tipe *split-K*.

3.4.1 Perencanaan Balok Induk Atap As A, B, C, D, E, F, dan G (1-2, 2-3, 3-4, 4-5, 5-6, 6-7, 7-8)

Dari output SAP2000 diperoleh nilai momen Mu = 409361766 Nmm dan gaya geser Vu = 643966,56 N. Direncanakan balok induk atap menggunakan dimensi profil WF 600.300.14.23 dengan spesifikasi berat profil W = 222,4 kg/m, momen inersia Ix = 1370000000 mm⁴, Iy = 160000000 mm⁴, jari-jari girasi rx = 294 mm dan ry = 68,6 mm.



Gambar 8. Diagram Tegangan Balok Induk Atap

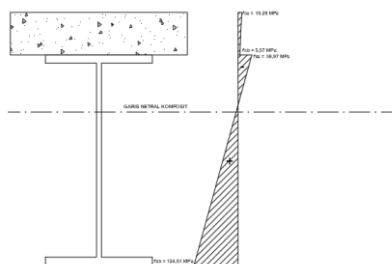
Tegangan komposit yang terjadi (Gambar 8) pada beton bagian atas fca = 7,31 MPa, beton bagian bawah fcb = 3,96 MPa, baja bagian atas fsa = 27,70 MPa dan baja bagian bawah fsb = 88,50 MPa. Shear connector menggunakan stud 1/2” x 5cm dengan kekuatan fu = 410 MPa sebanyak 58 buah untuk 1/2 bentang dengan jarak 140 mm.

3.4.2 Perencanaan Balok Induk Lantai As A, B, C, D, E, F, dan G (1-2, 2-3, 3-4, 4-5, 5-6, 6-7, 7-8)

Dari output SAP2000 diperoleh nilai momen Mu = 575963517 Nmm dan gaya geser Vu = 293011,37 N. Direncanakan balok induk lantai menggunakan dimensi profil WF600.300.14.23. Tegangan komposit yang terjadi (Gambar 9) pada beton bagian atas fca = 10,29 MP, beton bagian bawah fcb = 5,57 MPa, baja bagian atas fsa = 38,97 MPa dan baja bagian bawah fsb = 124,51 MPa. Shear connector menggunakan stud 1/2” x 5cm dengan kekuatan fu = 410 MPa. Shear connector menggunakan stud 1/2” x 5cm dengan kekuatan fu = 410 MPa sebanyak 58 untuk 1/2 bentang dengan jarak 140 mm.

PERENCANAAN STRUKTUR BAJA GEDUNG HOTEL ELLYSA 10 LANTAI DI YOGYAKARTA MENGGUNAKAN SISTEM RANGKA BRESING EKSENTRIK (SRBE) KONFIGURASI SPLIT-K
(Dzita Seally Trisya, Utari Khatulistiani)

sebanyak 70 buah untuk $\frac{1}{2}$ bentang dengan jarak 140 mm.



Gambar 9. Diagram Tegangan Balok Induk Lantai

3.4.3 Perencanaan Link

Balok link arah X direncanakan menggunakan profil WF 600.300.14.23 dengan modulus penampang

$$Z_x = 6930000 \text{ mm}^3, Z_y = 1051500 \text{ mm}^3.$$

$e = 1000 \text{ mm} < 1,6 \times \frac{M_p}{V_p} = 1505,47 \text{ mm}$ maka tergolong *Link* Pendek.

Kontrol Geser dan Sudut Rotasi Link

$$\phi \cdot V_n = 3118500 \text{ N} > V_{ux} = 953178,35 \text{ N}$$

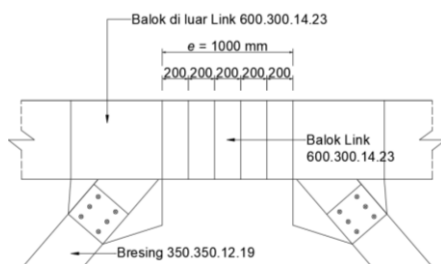
$$\alpha = 0,0265 \text{ rad} < \alpha \text{ ijin} = 0,08 \text{ rad}$$

Perencanaan Pengaku Link

Sudut rotasi *link* $\alpha = 0,0265 \text{ rad}$

$$S = 0,6 - \left(\frac{0,04 - 0,02}{0,08 - 0,02} \right) \times (0,6 - 0,3) = 0,5 \text{ m}$$

Direncanakan jarak pengaku = 0,2 m < 0,5 m (OK) seperti pada Gambar 10.



Gambar 10. Pengaku *Link* Arah X

Balok link arah Y direncanakan menggunakan profil WF 600.300.14.23 dengan modulus penampang $Z_x = 6930000 \text{ mm}^3$, dan $Z_y = 1051500 \text{ mm}^3$

$e = 1000 \text{ mm} < 1,6 \times \frac{M_p}{V_p} = 1505,47 \text{ mm}$ maka tergolong *Link* Pendek.

Kontrol Geser dan Sudut Rotasi Link

$$\phi \cdot V_n = 3118500 \text{ N} > V_{ux} = 953178,35 \text{ N}$$

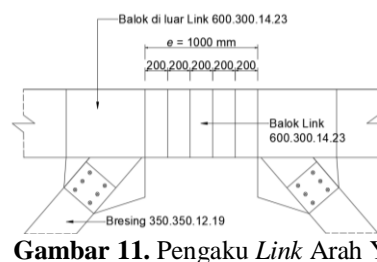
$$\alpha = 0,0311 \text{ rad} < \alpha \text{ ijin} = 0,08 \text{ rad}$$

Perencanaan Pengaku Link

Sudut rotasi *link* $\alpha = 0,0265 \text{ rad}$

$$S = 0,6 - \left(\frac{0,04 - 0,02}{0,08 - 0,02} \right) \times (0,6 - 0,3) = 0,5 \text{ m}$$

Direncanakan jarak pengaku = 0,2 m < 0,5 m (OK) seperti Gambar 11.



Gambar 11. Pengaku *Link* Arah Y

3.4.4 Perencanaan Balok di Luar Link

Direncanakan menggunakan profil WF 250.175.7.11 dengan spesifikasi berat profil $W = 44,1 \text{ kg/m}$, momen inersia $I_x = 61200000 \text{ mm}^4$; dan $I_y = 9840000 \text{ mm}^4$, jari-jari girasi $r_x = 104 \text{ mm}$, $r_y = 41,8 \text{ mm}$

Kontrol Momen, Geser, dan Interaksi Geser Lentur

Kontrol momen diperoleh $\phi M_{nx} = 1559250000 \text{ Nmm} > M_u = 508012009 \text{ Nmm}$

Kontrol geser diperoleh $\phi \cdot V_n = 0,9 \times 1871100 = 1683990 \text{ N}$, maka :

$$\frac{M_u}{\phi M_n} + 0,625 \times \frac{V_u}{\phi V_n} = 0,973 \leq 1,375 \text{ (OK)}$$

3.4.5 Perencanaan Kolom

Kolom direncanakan menggunakan profil baja HC 70 yang memiliki dimensi $568 \times 457 \times 70 \times 105$ dengan spesifikasi berat profil $W = 953 \text{ kg/m}$, momen inersia $I_x = 5510000000 \text{ mm}^4$, $I_y = 1680000000 \text{ mm}^4$, jari-jari girasi $r_x = 213 \text{ mm}$, $r_y = 118 \text{ mm}$. Kekuatan kolom ditentukan menggunakan rumusan dominan aksial :

$\frac{N_u}{2 \cdot \phi N_n} + \frac{8}{9} \times \left(\frac{M_{ux}}{\phi_b \cdot M_{nx}} \right) = 0,182 \leq 1,0$ dan profil baja HC 70 568.457.70.105 dapat digunakan sebagai kolom.

3.4.6 Perencanaan Bresing

Berdasarkan peraturan SNI 7860:2020 Pasal F3.3 kuat kombinasi aksial dan lentur perlu pada batang bresing harus direncanakan berdasarkan gaya aksial dan momen lentur yang ditimbulkan oleh 1,25 kali kuat geser nominal dari *link* sebesar 1,25 $R_y V_n$.

Perencanaan Bresing Arah X :

Direncanakan menggunakan profil WF 350.350.12.19 dengan spesifikasi berat profil $W = 136 \text{ kg/m}$, momen inersia $I_x = 403000000 \text{ mm}^4$, $I_y = 136000000 \text{ mm}^4$, modulus penampang $Z_x = 34500000 \text{ mm}^3$ dan $Z_y = 11640000 \text{ mm}^3$. Bresing yang akan digunakan hanya mampu menerima beban aksial atau hanya menerima gaya tarik dan tekan saja.

Periksa kapasitas penampang terhadap gaya tekan :

$$\frac{N_u}{\phi \cdot N_n} = \frac{1412961,4}{0,85 \times 4347326,1} = 0,38 > 0,2 \text{ (OK)}$$

Periksa kapasitas penampang terhadap gaya tarik :

$$N_u \text{ profil} = 1412961,75 \text{ N} > N_u \text{ beban} = 1412961,4 \text{ N (OK)}$$

Jadi dimensi profil baja WF 350.350.12.19 dapat digunakan sebagai bresing

Perencanaan Bresing Arah Y :

Direncanakan menggunakan profil WF 350.350.12.19. Bresing yang akan digunakan hanya mampu menerima beban aksial atau hanya menerima gaya tarik dan tekan saja.

Periksa kapasitas penampang terhadap gaya tekan :

$$\frac{N_u}{\phi \cdot N_n} = \frac{1412961,4}{0,85 \times 4347326,1} = 0,38 > 0,2 \text{ (OK)}$$

Periksa kapasitas penampang terhadap gaya tarik :

$$N_u \text{ profil} = 1697138,625 \text{ N} > N_u \text{ beban} = 1241810,31 \text{ N (OK)}$$

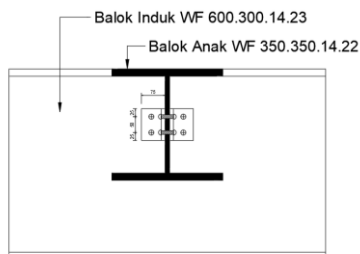
Jadi dimensi profil baja WF 350.350.12.19 dapat digunakan sebagai bresing.

3.4.7 Perencanaan Sambungan

Pada perencanaan gedung Hotel Ellysa desain sambungan yang direncanakan adalah sambungan balok dengan balok, balok dengan kolom, kolom dengan kolom dan sambungan batang bresing. Perencanaan *building connection* didasari peraturan SNI 1729:2020.

Sambungan Balok Induk dengan Balok Anak

Direncanakan sambungan menggunakan baut ulir dengan diameter 16 mm dan mutu baut A325. Diketahui tegangan putus $f_u^b = 825 \text{ MPa}$ dan direncanakan menggunakan pelat penyambung siku L 75.75.12 dan 2 buah baut (Gambar 12).

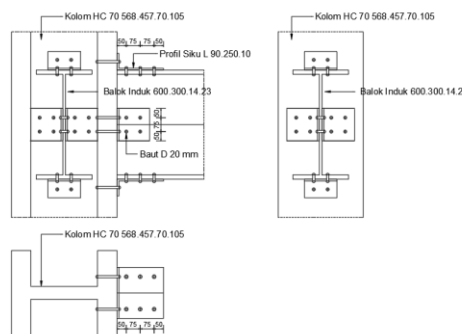


Gambar 12. Sambungan Balok Induk dengan Balok Anak

Sambungan Balok Induk dengan Kolom

Direncanakan sambungan menggunakan baut ulir dengan diameter 20 mm dan mutu baut A325

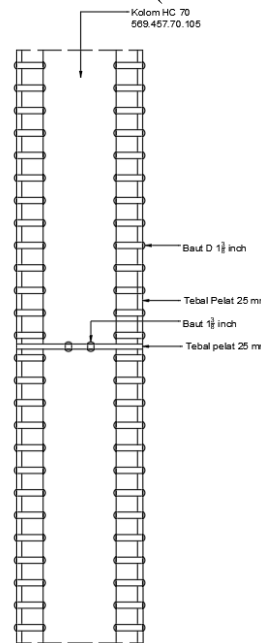
dengan tegangan putus $f_u^b = 825 \text{ MPa}$ dan direncanakan menggunakan pelat penyambung dengan tebal 20 mm (Gambar 13).



Gambar 13. Sambungan Balok Induk dengan Kolom

Sambungan Kolom dengan Kolom

Direncanakan menggunakan baut ulir dengan diameter $1 \frac{3}{8}$ ” dengan mutu baut A325 yang memiliki tegangan putus $f_u^b = 825 \text{ MPa}$. Sambungan juga direncanakan menggunakan pelat dengan tebal 25 mm (Gambar 14).



Gambar 14. Sambungan Kolom dengan Kolom

3.4.7.1 Sambungan Batang Bresing

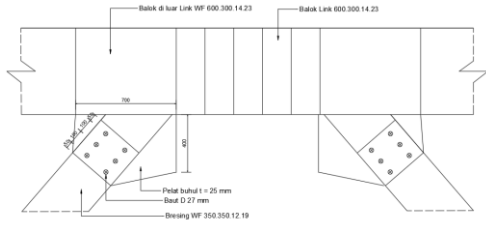
Sambungan batang bresing direncanakan berdasarkan kuat tarik, kuat lentur pada bidang kritis bresing dan gaya maksimum yang dapat dipindahkan dari struktur ke batang bresing.

Sambungan Untuk Batang Tekan Bresing

Direncanakan menggunakan baut ulir berdiameter 27 mm dengan mutu baut A325

PERENCANAAN STRUKTUR BAJA GEDUNG HOTEL ELLYSA 10 LANTAI DI YOGYAKARTA MENGGUNAKAN SISTEM RANGKA BRESING EKSENTRIK (SRBE) KONFIGURASI SPLIT-K
(Dzita Seally Trisya, Utari Khatulistiani)

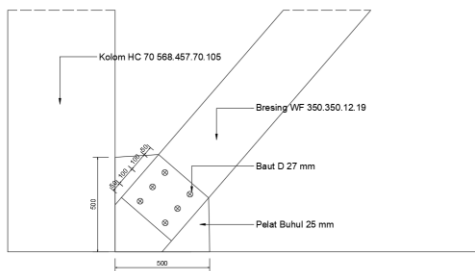
yang memiliki tegangan putus $f_u^b = 825$ MPa. Tebal pelat 20 mm dan jumlah baut 6 buah (Gambar 15).



Gambar 15. Sambungan Batang Tekan

Sambungan Untuk Batang Tarik Bresing

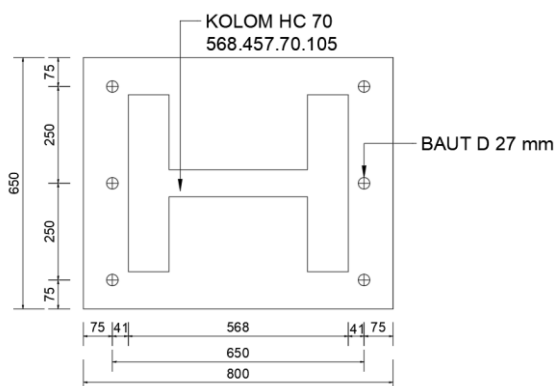
Direncanakan menggunakan baut ulir berdiameter 27 mm dengan mutu baut A325 yang memiliki tegangan putus $f_u^b = 825$ MPa. Tebal pelat 20 mm dan jumlah baut 6 buah (Gambar 16).



Gambar 16. Sambungan Bresing Batang Tarik

3.4.8 Perencanaan Base Plate

Dipakai tebal base plate = 65 mm, ukuran base plate adalah 800 x 650 x 50 mm. Digunakan 6 buah angkur Ø27 dengan panjang 60 cm (Gambar 17).



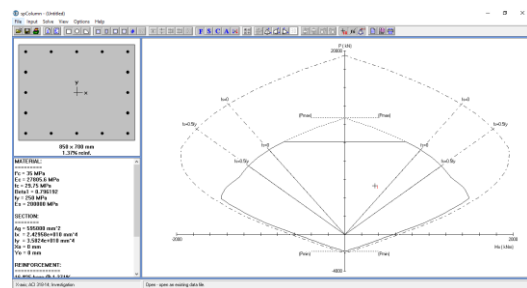
Gambar 17. Dimensi Base Plate

3.4.9 Perencanaan Kolom Pedestal

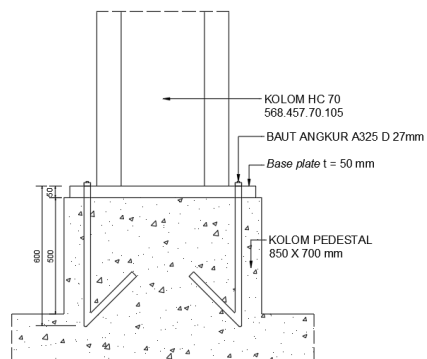
Kolom pedestal merupakan kolom utama yang digunakan sebagai dudukan kolom profil baja dan pelat kolom baja (*base plate*) dan pada kolom

pedestal ditanamkan angkur baja. Data perencanaan kolom pedestal sebagai berikut :

- Dimensi kolom = 850 × 700 mm
 - Mutu beton ($f'c$) = 35 MPa
 - Mutu baja (f_y) = 250 MPa
 - Tinggi kolom = 4500 mm
 - Selimut beton = 40 mm
 - Diameter tulangan utama = D 25 mm
 - Diameter tulangan sengkang = Ø 13 mm
 - $d = 800 - 40 - 13 - (0,5 \times 25) = 784,5$ mm
- Digunakan hasil analisa dari program spColumn untuk menentukan luas tulangan yang dibutuhkan kolom pedestal melalui diagram interaksi seperti pada Gambar 18. Dipakai tulangan longitudinal kolom 16 D 25 mm dengan luas tulangan $A_s = 8160$ mm² dan $A_g = 595000$ mm² (Gambar 19).



Gambar 18. Diagram Interaksi Kolom Pedestal



Gambar 19. Kolom Pedestal

3.5 Perencanaan Pondasi

Struktur bawah direncanakan menggunakan pondasi dalam tipe tiang pancang beton bertulang. Pondasi merupakan elemen akhir atau bagian struktur paling bawah dari suatu konstruksi gedung yang harus kuat dan stabil.

3.5.1 Daya Dukung Tiang Pondasi Berdasarkan Kekuatan Bahan

Tiang pancang akan direncanakan menggunakan produk dari PT. Wika Beton dengan spesifikasi sebagai berikut:

Mutu beton ($f'c$) = 42 MPa
 Mutu baja (f_y) BJ 51 = 410 MPa
 Dimensi tiang pancang = 350 mm × 350 mm
 Kelas beton = C
 Berat unit = 306 kg/m
 Momen nominal = 10,9 tonm
 Kuat beban (P_{tiang}) = 157,45 ton
 Kedalaman tiang pancang = 6-13 m
 Tebal selimut beton = 70 mm
 Kekuatan bahan tiang :
 $(P_{tiang}) = 0,7 \times A \times f'c = 3601500 \text{ N} = 360,15 \text{ ton}$

3.5.2 Daya Dukung Tiang Pondasi Berdasarkan Penyelidikan CPT

Bedasarkan hasil penyelidikan tanah, maka daya dukung tiang dapat ditentukan sebagai berikut :

$$P_{tiang} = n \times \frac{A}{n_1} + JHP \times \frac{K}{n_2}$$

$$P_{ijin} \text{ 1 tiang} = 129,93 \times \frac{35 \times 35}{3} + 852 \times \frac{(4 \times 35)}{5}$$

$$= 76152,71 \text{ kg} \approx 76,15 \text{ ton}$$

3.5.3 Daya Dukung Tiang Pondasi Berdasarkan Penyelidikan SPT

$P_{tiang} = 40 \text{ Ni} \frac{A}{n} = 40 \times 17 \times \frac{35 \times 35}{3} = 277,67 \text{ ton}$
 nilai penyelidikan CPT lebih kecil dibandingkan penyelidikan nilai SPT, maka nilai daya dukung ijin tiang pancang digunakan nilai perhitungan CPT sebesar 76,15 ton.

3.5.4 Kebutuhan Tiang Pancang Pondasi Tipe 1

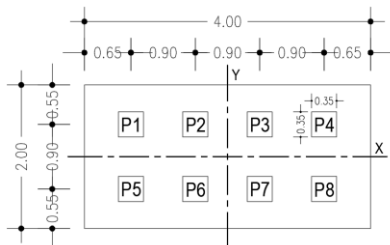
Bedasarkan hasil analisa pemodelan struktur 3D dengan program SAP 2000 v.19 dipeorleh :

$N_u = 5312829,81 \text{ N} = 531,3 \text{ ton}$
 $M_u1 = 587768003 \text{ Nmm} = 58,876 \text{ tonm}$
 $M_u2 = 355940744 \text{ Nmm} = 35,59 \text{ tonm}$

Kebutuhan Tiang Pancang untuk 1 kelompok :

$$n = \frac{\sum P}{P_{ijin}} = \frac{559140,98}{76152,71} = 7,34 \approx 8 \text{ buah}$$

Dipakai 8 buah tiang pancang ukuran 35 x 35 cm (Gambar 20).



Gambar 20. Pondasi Tipe 1

Efisiensi kelompok tiang pancang pondasi Tipe 1 adalah :

$$P_{group} \text{ tiang} = \eta \times P_{ijin} = 0,704 \times 76,15 \times 8 = 429,41 \text{ ton}$$

Terhadap kelompok tiang dilakukan kontrol beban maksimum (P_{max}) 1 Tiang Pancang Pondasi Tipe 1 menggunakan rumusan :

$$P_{max} = \frac{\sum p}{n} \pm \frac{M_x \cdot x_{maks}}{n x \sum x^2} \pm \frac{M_y \cdot y_{maks}}{n y \sum y^2} < \eta \times P_{ijin}$$

Diambil nilai P terbesar diantara 8 tiang pancang, yaitu tiang P4 sebesar 89,515 ton.

Dari perhitungan di atas diperoleh :
 $P_{max} = P4 = 89,515 \text{ ton} < P_{ijin} = 429,41 \text{ ton (OK)}$

3.5.5 Perencanaan Pile Cap

Data perencanaan pile cap sebagai berikut :

Dimensi pile cap = 4 m × 2 m
 Dimensi kolom pedestal = 0,85 m × 0,7 m
 Tebal pile cap = 0,9 m
 Diameter tulangan = 25 mm
 Tebal selimut beton = 70 mm

Tulangan Perlu Arah X

$As_{perlu} = 0,0034 \times 4000 \times 817,5 = 11165,85 \text{ mm}^2$. Dipakai tulangan 26D25 ($As = 12763 \text{ mm}^2$)
 Jarak antar tulangan X :
 $s = \frac{4000 - (2 \times 70) - (2 \times 25)}{26 - 1} = 145,54 \text{ mm}$ dan dipasang jarak 150. Tulangan pile cap arah X : 26 D25-150 mm

Tulangan Perlu Arah Y

$As_{perlu} = 0,0034 \times 2000 \times 792,5 = 5412,195 \text{ mm}^2$. Dipakai tulangan 12D25 ($As = 5890 \text{ mm}^2$)
 Jarak antar tulangan Y
 $s = \frac{2000 - (2 \times 70) - (2 \times 25)}{12 - 1} = 149,83 \text{ mm}$
 Dipasang jarak 150. Tulangan pile cap arah Y : 12D25-150 mm.

3.5.6 Perencanaan Sloof

Data Perencanaan Sloof :
 Mutu beton ($f'c$) = 42 MPa
 Mutu baja (f_y) = 410 MPa
 $P_u \text{ kolom} = 253862,3 \text{ kg} = 253,86 \text{ ton}$
 $P_u \text{ sloof} = 253862,3 \times 10 \% = 25386,23 \text{ kg}$
 Panjang sloof = 7,15 m
 Dimensi sloof = 400 x 700 mm
 Tulangan utama = 25 mm
 Tulangan Sengkang = 12 mm
 Selimut beton = 50 mm
 $d = 700 - 50 - 12 - \frac{1}{2} \times 25 = 631,75 \text{ mm}$

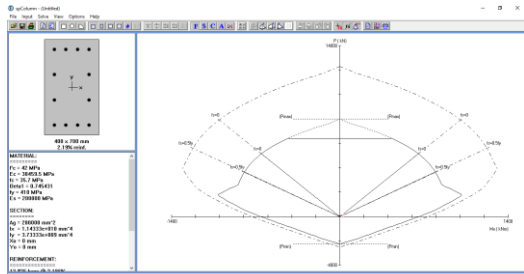
Tegangan yang terjadi :
 $f_{terjadi} = \frac{253862,3}{0,8 \times 400 \times 700} = 1,13 \text{ MPa} < f_{ijin} = 3,24 \text{ MPa (OK)}$

Diketahui tegangan yang terjadi ($f_{terjadi}$) lebih kecil dari tegangan ijin (f_{ijin}), maka sloof dengan dimensi 400 cm x 700 cm dapat digunakan sebagai perhitungan sloof.

Penulangan Lentur Sloof

PERENCANAAN STRUKTUR BAJA GEDUNG HOTEL ELLYSA 10 LANTAI DI YOGYAKARTA MENGGUNAKAN SISTEM RANGKA BRESING EKSENTRIK (SRBE) KONFIGURASI SPLIT-K (Dzita Seally Trisya, Utari Khatulistiani)

Diperoleh hasil analisa program bantu spColumn seperti pada Gambar 21 didapat $\rho = 1,70\%$. Tulangan sloof yang digunakan 12 \emptyset 25 ($A_s = 6120 \text{ mm}^2$).



Gambar 19. Diagram Interaksi Sloof

Penulangan Geser Sloof

$$V_c = \left(1 + \frac{N_u}{14A_g}\right) \left(\frac{\sqrt{f'_c}}{6}\right) b_w d$$

$$V_c = \left(1 + \frac{2340,8}{14 \times 400 \times 700}\right) \left(\frac{\sqrt{42}}{6}\right) \times 200 \times 631,75 = 273110,18 \text{ N}$$

$$0,5 \cdot \emptyset \cdot V_c = 0,5 \times 0,75 \times 273110,18 = 102416,32 \text{ N}$$

Cek Kebutuhan Sengkang

Persyaratan mengacu pada SNI 2847-2019 pasal 13.5.5, yaitu :

$$V_u \leq 0,5 \cdot \emptyset \cdot V_c = 8350,8 \text{ N} < 102416,32 \text{ N (OK)}$$

Dipasang tulangan sengkang minimum :

$$\frac{d}{2} = \frac{631,75}{2} = 315,875 \text{ mm}$$

Dipasang sengkang \emptyset 12 - 250 mm ($A_s = 452 \text{ mm}^2$)

4. KESIMPULAN

1. Nilai *drift* yang terjadi pada struktur gedung tidak melebihi batas simpangan ijin (Δ_a). Hal ini menunjukkan bahwa perencanaan struktur gedung Hotel Ellysa menggunakan SRBE tipe *split-k* mampu menahan beban gempa yang terjadi dan menjaga stabilitas lateral struktur.
2. Hasil perencanaan diperoleh dimensi profil baja yang digunakan untuk gedung Hotel Ellysa sebagai berikut : balok anak atap dan lantai menggunakan profil WF 350.350.14.22, balok induk atap dan lantai menggunakan profil WF 600.300.14.23, balok *link* menggunakan WF 600.300.14.23, balok bresing menggunakan WF 350.350.12.19 dan kolom menggunakan profil HC 70 568.567.70.10.

5. DAFTAR PUSTAKA

Apriyansyah, Suswanto, B., & Suprobo, P., 2018,. *Modifikasi Perencanaan Struktur Gedung Pusat Perbelanjaan Jogja Town Square Menggunakan Baja dengan Sistem*

Eccentrically Braced Frames. Jurnal Teknik ITS.

Andriansyah, Muhamad Dimas, dan Utari Khatulistiani, 2020, *Perencanaan Kantor Dinas Kebudayaan dan Pariwisata Menggunakan Struktur Baja Sistem Rangka Bresing Konsentrik Khusus Tipe Two Story-X di Kota Yogyakarta*, Jurnal Axial, Vol. 8 No.2, 91-102.

Engelhardt, M. D., Popov, E. P., & Kasai, K.,1987, *Advances in Design of Eccentrically Braced Frames Earthquake Spectra*.

Khatulistiani, U ,2013, *Diktat Kuliah Struktur Baja 2 Komposit*. Surabaya.

Khatulistiani, U. ,2014, *Diktat Struktur Baja 1*. Surabaya.

Mahadewi, DAU. dan Khatulistiani, U., 2021, *Pengaruh Penempatan Bresing Inverted V dan X-One Story Terhadap Simpangan Horizontal Pada Gedung Bertingkat Struktur Baja*, Prosiding Seminar Nasional Ketekniksipilan, Infrastruktur dan Industri Jasa Konstruksi (KIIJK) 2021, 25-34.

Moestopo, M. ,2012, *Struktur Bangunan Baja Tahan Gempa*, Seminar dan Pameran HAKI.

Moestopo, M., & Panjaitan, M. R. ,2012, *Kajian Eksperimental Peningkatan Kinerja Link Geser pada Sistem Rangka Baja Berpengaku Eksentrik*, Jurnal Teoretis dan Terapan Bidang Rekayasa Sipil, 93-102.

Nelwan, I.T., Wallah, S.E. dan Dapas, S.O., 2018, *Respon Dinamis Bangunan Bertingkat Banyak Dengan Soft First Story dan Penggunaan Braced Frames Element Terhadap Beban Gempa*, Jurnal Sipil Statik, Vol. 6 (NO.3), 175-188.

Yurisman, B.B., Moestopo, M. dan Suarjana, M., 2010, *Behavior of Shear Link of WF Section with Diagonal Web Stiffener of Eccentrically Braced Frame (EBF) of Steel Structure*, ITB J.Eng. Sci., Vol. 42, No.2 103-128