

STUDI PERENCANAAN STRUKTUR BAJA MENGGUNAKAN BRESING KONSENTRIS TYPE V PADA GEDUNG UMAR BIN KHOTOB UNISMA MALANG

Ahmad Fajar Sofwan¹⁾ Ir. Ester Priskasari, MT.²⁾ Vega Aditama, ST., MT.³⁾

¹⁾ Mahasiswa Program Studi Teknik Sipil ITN Malang

^{2) 3)} Dosen Program Studi Teknik Sipil ITN Malang

ABSTRAK

Baja sering digunakan dalam konstruksi bangunan tinggi. Merancang struktur gedung bangunan tinggi harus memperhatikan beberapa hal seperti keselamatan (*strength and ductile*) dan kenyamanan (*stiffness*). Karakteristik baja identik dengan kekerasan, kekuatan, kekuatan tarik yang tinggi dan daktilitas.

Salah satu jenis sistem rangka baja yang dirancang untuk menahan beban gempa adalah Sistem Rangka Bresing Konsentris (*Concentrically Braced Frame*). Sistem ini memiliki sifat daktilitas namun juga bersifat kaku, dimana bresing diletakkan secara konsentris terhadap hubungan balok-kolom. Sistem Rangka Bresing Konsentris dikembangkan sebagai sistem penahan gaya lateral dan memiliki tingkat kekakuan yang cukup baik. Pada struktur gedung tinggi, kekakuan kekakuan dapat menahan gaya beban lateral akibat adanya elemen pengaku bresing yang berfungsi sebagai penahan gaya lateral yang terjadi pada struktur. Objek studi Yang diambil adalah gedung Hotel Ijen Suites Malang dengan bentang memanjang 35.95m dan bentang melintang 22.83 m dan tinggi gedung 25.50m. Perencanaan struktur di sesuaikan dengan peraturan SNI 1726 - 2012 dan SNI 1729 - 2015 dengan metode LRFD. Pemodelan dan analisa struktur menggunakan program bantu ETABS 2016.

Hasil yang diperoleh dari perencanaan ulang, struktur utama menggunakan profil baja WF 450 x 200 x 9 x 14 untuk balok 1, WF 400 x 200 x 8 x 13 untuk balok induk 2, 350 x 175 x 7 x 11 untuk balok anak, 350 x 175 x 7 x 11 untuk bresing dan KC 700 x 300 x 13 x 24 untuk kolom. menggunakan sambungan baut dengan mutu A325 diameter 3/4 in dan sambungan las menggunakan elektroda 7014 (tebal las 6 mm dan 10 mm). Ukuran Base plate 900 mm x 900 mm, ketebalan 30 mm dan jumlah angkur 8 Ø 3/4 in.

Kata kunci: Sistem Rangka, Bresing Konsentris, Bresing Type V, Pada Gedung Umar Bin Khotob Unisma Malang

ABSTRACT

Steel is often used in high rise building construction. Designing tall buildings must pay attention to several things such as safety (strength and ductile) and comfort (stiffness). The characteristics of steel are identical with hardness, strength, high tensile strength and ductility. One type of steel frame system designed to withstand earthquake loads is the Concentrically Braced Frame System.

This system has the properties of ductility but is also rigid, where bracing is placed concentrically on the beam-column relationship. Concentric Bresing Frame System was developed as a lateral holding system and has a fairly good rigidity. In tall building structures, stiffness can withstand lateral load due to the bracing stiffener element that serves as a buffer for lateral forces that occur in the structure. The object of study taken was the Hotel Ijen Suites Malang building with an elongated span of 35.95m and a transverse span of 22.83m and a height of 25.50m. Structural planning is adjusted to the regulation of SNI 1726 - 2012 and SNI 1729 - 2015 with the LRFD method. Structural modeling and analysis using the 2016 ETABS support program.

The results obtained from the re-planning, the main structure using steel profiles WF 450 x 200 x 9 x 14 for beam 1, WF 400 x 200 x 8 x 13 for the main beam 2, 350 x 175 x 7 x 11 for joists, 350 x 175 x 7 x 11 for bresing and KC 700 x 300 x 13 x 24 for columns. using a bolt connection with A325 diameter quality 3/4 in and welding joints using 7014 electrodes (6 mm and 10 mm thick welding). Base plate size 900 mm x 900 mm, thickness 30 mm and the number of anchors 8 Ø 3/4 in.

Keywords: Frame System, Concentric Bracing, Type V Bracing, at Umar Bin Khotob Unisma Malang Building

PENDAHULUAN

Baja sering digunakan dalam konstruksi bangunan tinggi. Merancang struktur gedung/bangunan tinggi harus memperhatikan beberapa hal seperti keselamatan (*strength and ductile*) dan kenyamanan (*stiffness*). Karakteristik baja identik dengan kekerasan, kekuatan, kekuatan

tarik yang tinggi dan daktilitas. Dengan memvariasikan kandungan karbon dan unsur paduan lainnya, berbagai jenis kualitas baja bisa didapatkan. Fungsi karbon dalam baja adalah sebagai unsur pengeras dengan mencegah dislokasi bergeser pada kisi kristal (*crystal lattice*) atom besi. Baja sendiri banyak di gunakan di dalam

konstruksi seperti jembatan, kuda-kuda rumah, kuda-kuda pasar, konstruksi gudang, portal baja, kolom baja dll.

Manfaat

1. Bagi penulis :

Menambah pengetahuan, pengalaman serta memperdalam ilmu ketekniksipil bagi penyusun dalam merencanakan struktur gedung tahan gempa dengan Sistem Rangka Bresing Konsentrik.

2. Bagi lembaga pendidikan :

Memperkaya kasanah pustaka Institut Teknologi Nasional Malang sehingga menambah referensi atau contoh untuk mendesain merencanakan struktur gedung tahan gempa dengan Sistem Rangka Bresing Konsentrik.

3. Bagi peneliti berikutnya

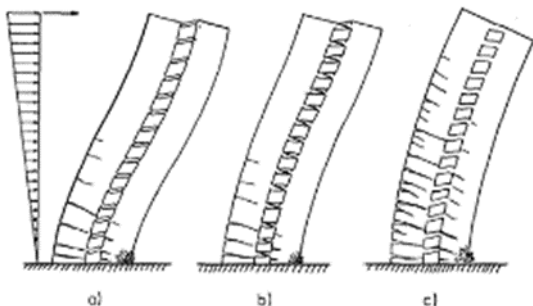
Dapat dijadikan sebagai bahan pertimbangan atau dikembangkan lebih lanjut serta referensi terhadap perencanaan gedung yang serupa yakni Sistem Rangka Bresing Konsentrik.

TINJAUAN PUSTAKA

Konsep Perencanaan Struktur Tahan Gempa

Bangunan 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 atau dinding geser.

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 atau dinding geser.



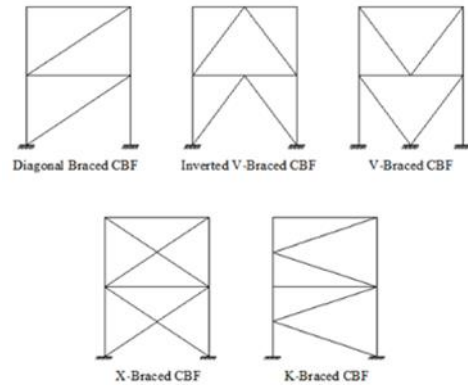
Gambar 1. Simulasi Akibat Beban Angin dan Gempa

Sistem Rangka Bresing Konsentris (Concentrically Braced Frames)

Sistem Rangka Bresing Konsentrik (SRBK) merupakan pengembangan dari system portal tak berpengaku atau lebih dikenal dengan Moment

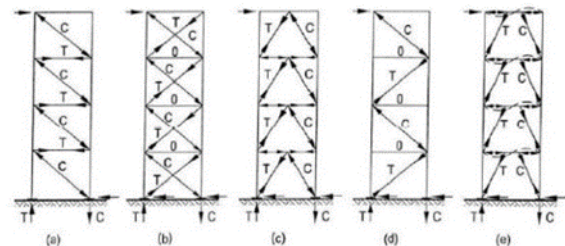
Resisting Frames (MRF). Sistem SRBK dikembangkan sebagai sistem penahan gaya lateral dan memiliki tingkat kekakuan yang cukup baik.

Elemen bresing pada sistem SRBK ini berfungsi untuk menahan kekakuan struktur karena dengan adanya bresing pada struktur, deformasi struktur akan menjadi lebih kecil sehingga kekakuan strukturnya meningkat.



Gambar 2. Jenis – Jenis Sistem Rangka Bresing Konsentris

Mekanisme Kerja Gaya – Gaya yang Bekerja pada Rangka Bresing Konsentrik dan Rangka Bresing Eksentrik



Gambar 3. Aliran Gaya–Gaya pada Sistem Rangka Bresing Sumber: Dewobroto, 2012

Adanya batang tekan (-) dan tarik (+) pada rangka dengan bresing, menunjukkan bahwa sistem braced-frame lebih optimal terhadap beban lateral daripada sistem rigid-frame yang mengandalkan penghubung balok horisontal saja.

$M_u \leq$ Beban – Beban Yang Bekerja Dalam Konstruksi xxx

Beban adalah gaya yang bekerja pada suatu struktur, penentuan secara pasti besarnya beban yang bekerja pada suatu struktur selama umur layannya merupakan salah satu pekerjaan yang sangat sulit. Dan pada umumnya penentuan besarnya beban yang merupakan suatu estimasi. Meskipun beban yang bekerja pada suatu lokasi dari struktur dapat diketahui secara pasti, namun distribusi beban yang bekerja pada suatu lokasi dari elemen ke elemen, dalam suatu struktur umumnya

memerlukan suatu asumsi dan pendekatan. Jika beban-beban yang bekerja pada suatu struktur telah diestimasi, maka masalah berikutnya adalah menentukan kombinasi-kombinasi beban yang paling dominan yang mungkin bekerja pada struktur tersebut. Besar beban-beban yang bekerja pada suatu struktur diatur oleh peraturan pembebanan yang berlaku.

Beban-beban pada struktur bangunan bertingkat, menurut arah bekerjanya dapat dibagi menjadi dua, yaitu :

1. Beban Vertikal (Gravitasi).
 - a. Beban Mati (Dead Load).
 - b. Beban Hidup (Live Load).
 - c. Beban Air Hujan.
2. Horizontal (Lateral).
 - a. Beban Gempa (Earthquake).
 - b. Beban Angin (Wind Load).
 - c. Tekanan Tanah dan Air Tanah.

Pada perencanaan konstruksi bangunan bertingkat ini, beban-beban yang diperhitungkan adalah beban mati, beban hidup, beban air hujan pada atap, beban angin pada atap, dan beban gempa.

Beban Mati

Beban mati adalah berat seluruh bahan konstruksi bangunan gedung yang terpasang, termasuk dinding, lantai, atap, plafon, tangga, dinding partisi tetap, finishing, klading gedung dan komponen arsitektural dan struktural lainnya serta peralatan layan terpasang lain termasuk berat keran. (SNI 1727:2013, Pasal 3).

Beban Hidup

Beban hidup adalah beban yang diakibatkan oleh pengguna dan penghuni bangunan gedung atau struktur lain yang tidak termasuk beban konstruksi dan beban lingkungan, seperti beban angin, beban hujan, beban gempa, beban banjir, atau beban mati. (SNI 1727:2013, Pasal 4).

Beban Hidup Atap

Beban pada atap yang diakibatkan (1) pelaksanaan pemeliharaan oleh pekerja, peralatan, dan material dan (2) selama masa layan struktur yang diakibatkan oleh benda bergerak, seperti tanaman atau benda dekorasi kecil yang tidak berhubungan dengan penghunian. (SNI 1727:2013, Pasal 4).

Beban Angin

Beban angin adalah beban yang bekerja pada bangunan atau bagiannya karena adanya selisih tekanan udara (hembusan angin kencang). Beban angin ini ditentukan dengan menganggap adanya tekanan positif dan tekanan negatif (isapan angin), yang bekerja tegak lurus pada bidang-bidang bangunan yang ditinjau.

Menurut Standar Nasional Indonesia (SNI) 1727:2013, dalam menentukan tekanan angin tipe SPBAU (Sistem penahan beban angin utama) adalah dengan melalui beberapa langkah, yaitu :

1. Menentukan kategori risiko bangunan gedung atau struktur lain.
2. Menentukan kecepatan angin dasar, V (m/s), untuk kategori resiko yang sesuai.
3. Menentukan parameter beban angin :
 - a. Faktor arah angin, K_d .
 - b. Kategori eksposur.
 - c. Faktor topografi, K_{zt} .
 - d. Faktor efek tiupan angin, G .
 - e. Klasifikasi ketertutupan.
 - f. Koefisien tekanan internal, G_{cpi}
4. Menentukan koefisien eksposur tekanan velositas, K_z atau K_h .
5. Menentukan tekanan velositas q , atau q_h (N/m²).
6. Menentukan koefisien tekanan eksternal, C_p atau C_N .
7. Hitung tekanan angin, p (N/m²), pada setiap permukaan bangunan gedung

Beban Gempa

Beban gempa mencakup semua beban yang diakibatkan oleh berat bangunan itu sendiri dan beban lainnya yang mempengaruhi struktur yang bekerja dengan arah horizontal. Pada struktur gedung ditentukan berdasarkan gempa rencana, faktor keutamaan dan kategori resiko, yang terdapat pada pedoman Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non Gedung (SNI 1726:2012 hal 17-31).

Pada bidang bresing, batang-batang bresing harus di pasang dengan arah selang seling, sedemikian rupa sehingga masing-masing arah gaya lateral yang sejajar dengan bidang bresing, minimal 30% tapi tidak lebih dari 70% gaya horizontal total harus di pikul oleh batang bresing tarik, kecuali jika kuat nominal tekan N_n untuk setiap batang bresing lebih besar daripada beban terfaktor N_u sesuai dengan kombinasi pembebanan.

Teori Desain Kekuatan Berdasarkan Desain Faktor Beban dan Ketahanan (DFBK) Struktur Baja

Desain yang sesuai dengan ketentuan untuk desain faktor beban dan ketahanan (DFBK) memenuhi persyaratan spesifikasi ini bila kekuatan desain setiap komponen struktural sama atau melebihi kekuatan perlu yang ditentukan berdasarkan kombinasi beban DFBK.

Desain harus dilakukan sesuai dengan persamaan :

$$R_u \geq \phi R_n$$

Dimana :

ϕ = Faktor Ketahanan

R_n = Kekuatan Nominal

ϕR_n = Kekuatan desain

R_u = Kekuatan perlu menggunakan kombinasi beban DFBK

Kekuatan harus dibuat sesuai dengan ketentuan Desain Faktor Beban dan Ketahanan (DFBK). Kekuatan perlu komponen struktur dan sambungan harus ditentukan melalui analisis struktur untuk kombinasi beban yang sesuai.

Desain harus berdasarkan pada prinsip bahwa kekuatan atau keadaan batas kemampuan layan tidak dilampaui saat struktur menahan semua kombinasi beban yang sesuai (SNI 1729:2015, Pasal B3).

Elemen Lentur

Komponen struktur lentur memikul beban-beban gravitasi, seperti beban mati dan beban hidup. Komponen struktur ini merupakan kombinasi dari elemen tekan dan elemen tarik, sehingga konsep dari komponen struktur tarik dan tekan akan dikombinasikan. Komponen ini diasumsikan sebagai komponen tak tertekuk, karena bagian elemen mengalami tekan, sepenuhnya terkekang baik dalam arah sumbu kuat, maupun sumbu lemahnya.

Mekanisme Sambungan

a. Tipe tumpu

Sambungan tipe tumpu adalah sambungan yang dibuat dengan menggunakan baut yang dikencangkan dengan tangan, atau baut mutu tinggi yang dikencangkan untuk menimbulkan gaya tarik minimum yang disyaratkan, yang kuat rencananya disalurkan oleh gaya geser pada baut dan tumpuan pada bagian-bagian yang disambungkan

b. Tipe Friksi

Sambungan tipe friksi adalah sambungan yang dibuat dengan menggunakan baut mutu tinggi yang dikencangkan untuk menimbulkan tarikan baut minimum yang disyaratkan sedemikian rupa sehingga gaya-gaya geser rencana disalurkan melalui jepitan yang bekerja dalam bidang kontak dan gesekan yang ditimbulkan antara bidang-bidang kontak

Sambungan Balok – Kolom

Tipe Sambungan End-Plate

Kapasitas baut

Kuat sambungan didasarkan pada baut tanpa efek prying.

$$M_{np} = 2 \cdot P_t \cdot (d_1 + d_2)$$

$$\mu = \phi \cdot M_{np}$$

Dimana : M_{np} : Kapasitas sambungan end-plate didasarkan pada kekuatan baut tanpa efek prying (Nmm)

P_t : Kuat tarik nominal baut (Mpa)

ϕ : 0,75 (keruntuhan fraktur baut)

(Sumber: AISC 2010 hal 556)

Diasumsikan Terdapat: 2 baris baut pada sambungan flens balok dan flens kolom.

$$A_{fg} = b_f \times t_f$$

$$A_{fn} = A_{fg} - (2 \times l_b \times t_f)$$

Menurut Manual AISC LRFD pasal B.10 (hal. 759) pelubangan salah satu sayap disyaratkan apabila :

$$0.75 \times f_u A_{fn} \geq 0.90 \times f_y A_{fg}$$

Maka luas tegangan efektif flens balok adalah :

$$A_e = (5 \times f_u) / (6 \times f_y) A_{fn}$$

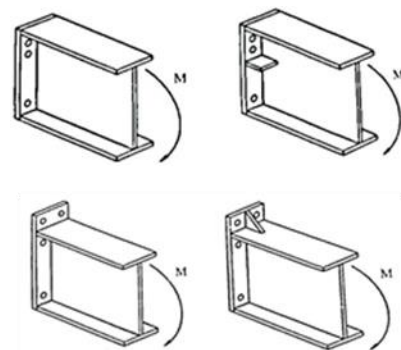
Persentasi reduksi luas total terhadap luas efektif yakni :

$$A_{fe} / A_{fg} \times 100 \%$$

Karena terdapat reduksi luas bruto menjadi luas efektif maka modulus plastis efektif penampang (Z_e) dihitung sebagai berikut :

$$Z_x = \{ (b_f - t_w)^2 \cdot t_f \cdot (d - t_f) \} + (t_w \cdot d^3) / 4$$

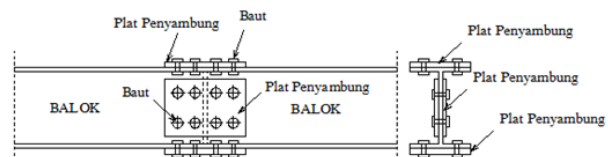
$$Z_e \approx \{ Z_x - 2 \{ 19.4 \% A_{fg} d / 2 \} \}$$



Gambar 4. (a) (b) Sambungan Flush-End-Plate dan (c) (d) Sambungan Extended-End-Plate

Sambungan Balok – Balok

a. Sambungan Balok Lurus



Gambar 5. Sambungan Balok Lurus

Pada sambungan ini disarankan untuk tidak diletakkan pada momen maksimal pada suatu bentang yang disambung.

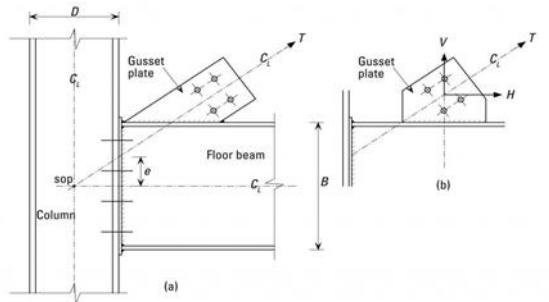
Sambungan Kolom

Sambungan yang untuk menahan momen pada kolom disebut momen splices (sambungan momen), untuk menahan gaya geser disebut shear splices (sambungan geser). Kolom dijadikan subjek untuk tiga macam gaya yaitu gaya aksial, horizontal, dan momen puntir/torsi aksi individu atau kombinasi. Sambungan dalam bentuk plat diletakkan pada sayap kolom untuk menahan beban aksial dan beban kombinasi untuk momen, atau diletakkan pada badan untuk menahan gaya horizontal.

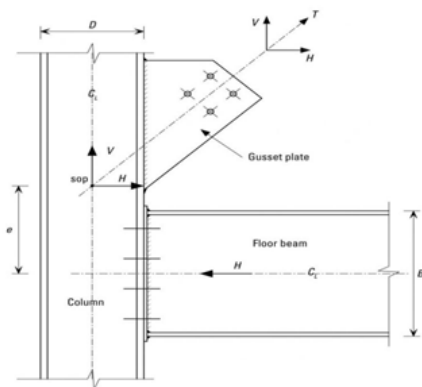
Sambungan Bresing

Bresing tidak bisa menerima momen kecuali akibat berat sendiri, sehingga bresing berperilaku sebagai rangka batang yaitu batang tekan atau batang tarik.

Oleh karena itu, sambungan bresing pada join balok-kolom menggunakan sambungan sederhana atau sendi sehingga hanya pada bagian badan bresing yang dipasang baut.



Gambar 7. Sambungan Bresing Yang Menggunakan Sambungan Sendi



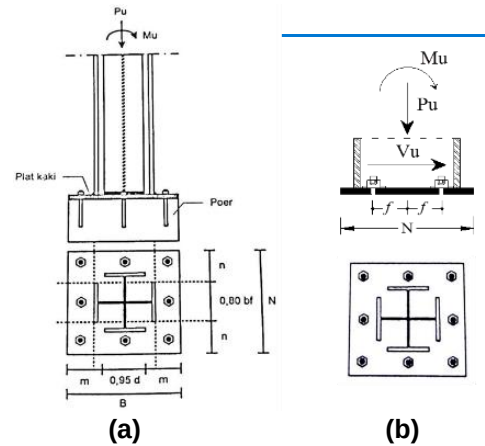
Gambar 8. Sambungan Bresing Yang Terpasang ke Kolom

Sambungan Las pada Plat Ujung

Ketentuan spesifikasi untuk perencanaan sambungan las diatur dalam SNI 03-1729-2015 pasal J2.

Plat Landasan (Base Plat)

Pada umumnya suatu struktur base plate terdiri dari suatu plat dasar, angkur serta sirip-sirip pengaku (stiffener). Suatu struktur base plate dan angkur harus memiliki kemampuan untuk mentransfer gaya geser, gaya aksial dan momen lentur ke pondasi.



Gambar 9. (a) Notasi Pada Plat Landasan /Base Plate (b) Beban yang Bekerja Pada Base Plate

METODOLOGI PENELITIAN

Data Material

Dalam perencanaan hotel ini, mutu bahan yang digunakan adalah sebagai berikut :

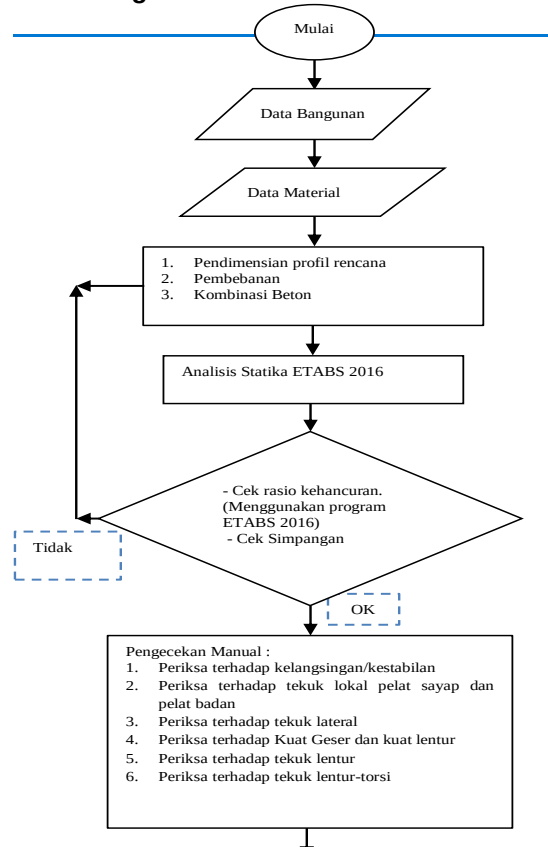
Profil baja : Wide Flange (WF)

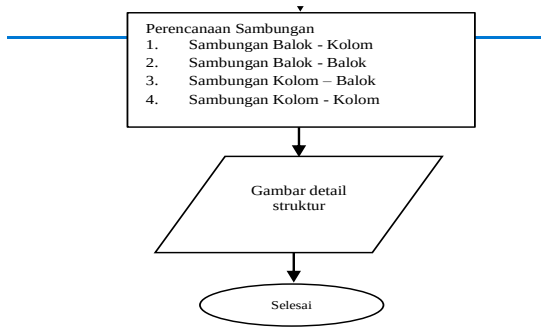
Mutu Baja : BJ 37

Tegangan leleh minimum baja (f_y) : 240 MPa

Mutu beton (f'_c) : 25 Mpa

Metodologi Penelitian





Gambar 10. Bagan Alur Perencanaan

Data Bangunan

Perencanaan struktur gedung menggunakan system rangka bresing konsentrik pada skripsi ini mengambil objek studi gedung Umar Bin Khotob Unisma Malang dengan data-data sebagai berikut :

Nama gedung : Umar Bin Khotob Unisma Malang
 Fungsi bangunan : Ruang Kuliah dan Kantor
 Jumlah lantai : 7 lantai + Atap
 Bentang memanjang : 35,26 m
 Bentang melintang : 18,05 m
 Luas Bangunan : 636,26 m²
 Tinggi Gedung : 25 m
 Sistem struktur : Rangka Baja

Tinggi per lantai
 Lantai 1 ke lantai 2 : 5 m
 Lantai 2 ke lantai 3 : 4 m
 Lantai 3 ke lantai 4 : 4 m
 Lantai 4 ke lantai 5 : 4 m
 Lantai 5 ke lantai 6 : 4 m
 Lantai 6 ke lantai 7 : 4 m
 Total tinggi bangunan : 25 m

Data Material :

Dalam perencanaan ini gedung, mMutu bahan yang digunakan adalah sebagai berikut:

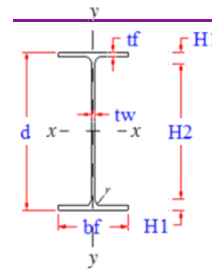
Profil Baja Struktur : Wide Flange (WF)
 Jenis baja profil: BJ 50 (tabel 5 hal.7 SNI 2052:2014)
 Tegangan putus baja profil (f_u) : 500 Mpa
 Tegangan leleh baja profil (f_y) : 290 MPa
 Mutu baja tulangan (f_{yr}) : BjTS 40 = 392 MPa (tabel 6 no.5 SNI 2052:2002)
 Mutu shear conector ($f_y sc$) : 250 MPa (memakai tulangan beton)
 Modulus elastisitas baja (E_s) : 200000 MPa
 Mutu beton (f'_c) : 25 MPa
 Modulus elastisitas beton (E_c) :
 $4700 : 4700 = 23500 \text{ MPa}$

Mutu baut: ASTM A307 = 60 MPa (SNI 1729:2015 hal. 9)

Mutu las : 2441-89 MPa (SNI 1729:2002 hal.105)

Pendimensian Struktur

a. Balok



Gambar 11. Penampang Balok Baja (Profil WF)

Balok Induk : Digunakan profil baja WF 450 x 200 x 9 x 14

Balok Anak : Digunakan profil baja WF 350 x 175 x 7 x 11

b. Kolom

Digunakan profil baja KC untuk kolom 700 x 300 x 13 x 24.

Bresing

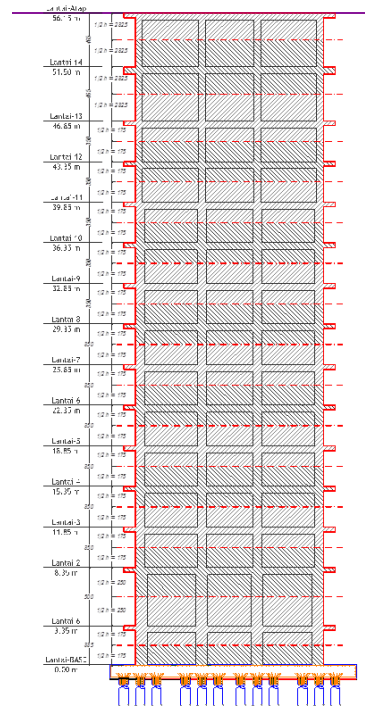
Digunakan profil baja WF 400 x 200 x 8 x 13.

Plat

Rasio bentang terpanjang terhadap bentang terpendek (β). Karena $\beta < 2$ maka digunakan tulangan plat 2 arah.

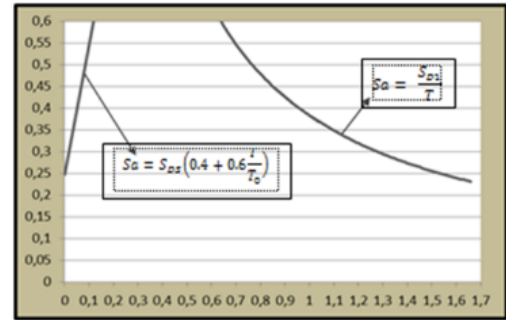
$$\beta = 1,5$$

Pembebanan



Gambar 12. Berat Struktur Untuk Menghitung Beban Gempa per Lantai

Berat penutup lantai : 24,0Kg/m²
 (PPIUG) 1983 hal.12.
 Tebal keramik, 0,7 cm : 24,0Kg/m² x 0,7
 cm = 16,8 Kg/m²
 Berat spesi (adukan) : 21,0Kg/m²
 (PPIUG) 1983 hal.11
 Tebal spesi, 3 cm, : 21,0Kg/m² x 3,0
 cm = 63 Kg/m²
 Berat plafond Eternit : 11,0Kg/m²
 (PPIUG) 1983 hal.12
 Berat penggantung Kayu : 7,0 Kg/m²
 (PPIUG) 1983 hal.12
 Berat ME : 35,0 Kg/m²
 Berat beton bertulang : 2400 Kg/m²
 (PPIUG) 1983 hal.11
 Berat volume bata merah : 1700
 Kg/m³ (PPIUG) 1983 hal.11
 Tebal dinding : 0,15 m
 Beban hidup atap : 100,0
 Kg/m² (PPPURG) 1987 hal.7
 Beban hidup lantai : 250,0 Kg/m²
 (PPPURG) 1987 hal.12
 Total berat struktur untuk
 masing – masing lantai, yakni :



Gambar 13. Desain Respon Spektrum

Maka :
 Koefisien Cu = 1,4.
 Ct = 0,0731 dan X = 0,75
 R = 8,00
 Cd = 5,00
 Ω0 = 2,00
 Vx = 337386,74 Kg
 Vy = 337386,74 Kg
 Kx = 1,499721
 Ky = 1,499721

Tabel 1. Total Berat Beban Seluruh Lantai

Lantai	Berat (Kg)
Atap	333425,28 Kg
Lantai 14	628792,27 Kg
Lantai 13	688331,744 Kg
Lantai 12	726940,25 Kg
Lantai 11	726940,25 Kg
Lantai 10	726940,25 Kg
Lantai 9	726940,25 Kg
Lantai 8	726940,25 Kg
Lantai 7	726940,25 Kg
Lantai 6	726940,25 Kg
Lantai 5	726940,25 Kg
Lantai 4	726940,25 Kg
Lantai 3	726940,25 Kg
Lantai 2	890905,26 Kg
Lantai 1	792678,95 Kg
TOTAL	10603835,23 Kg

Tabel 2. Faktor Distribusi Vertikal

Lantai	Berat (Wi) Kg	Tinggi (hi) m	h ^{1.5} _{Kx} m	h ^{1.5} _{Ky} m	Wi x h ^{1.5} _{Kx} kgm	Wi x h ^{1.5} _{Ky} kgm
Atap	333425,28	56,2	420,278	420,278	140131308	140131308
Lantai 14	628792,27	51,5	369,176	369,176	232134944	232134944
Lantai 13	688331,744	46,9	320,331	320,331	220493676	220493676
Lantai 12	726940,25	43,4	285,12	285,12	206696623	206696623
Lantai 11	726940,25	39,9	251,302	251,302	182180721	182180721
Lantai 10	726940,25	36,4	218,938	218,938	158718550	158718550
Lantai 9	726940,25	32,9	188,096	188,096	136359811	136359811
Lantai 8	726940,25	29,4	158,856	158,856	115161984	115161984
Lantai 7	726940,25	25,9	131,31	131,31	95192598,8	95192598,8
Lantai 6	726940,25	22,4	105,57	105,57	76532566,7	76532566,7
Lantai 5	726940,25	18,9	81,7733	81,7733	59281290,9	59281290,9
Lantai 4	726940,25	15,4	60,0941	60,0941	43565035,7	43565035,7
Lantai 3	726940,25	11,9	40,7641	40,7641	29551830,1	29551830,1
Lantai 2	890905,26	8,4	24,1142	24,1142	21582098,8	21582098,8
Lantai 1	777435,734	3,4	6,12944	6,12944	4765245,12	4765245,12
TOTAL	10572453				1722348282	1722348282

Perhitungan Beban Gempa

Berdasarkan kategori risiko gedung ini yakni : II,
 maka faktor keutamaan gempa yakni : 1,0
 Ss : 0,781 g

S1 : 0,33 g

klasifikasi situs tanah yakni : Tanah Sedang

Untuk Ssx = 0,75 didapat Fax = 1,2

Untuk Ssy = 1 didapat Fay = 1,1

Dengan demikian

untuk Ss = 0,781 diperoleh Fa = 1,288.

Untuk S1x = 0,4 didapat Fvx = 1,6

Untuk S1y = 0,3 didapat Fvy = 1,8

Dengan demikian untuk

S1 = 0,33 diperoleh Fv = 1,74

Nilai SDS = 0,6704 g > 0,5 Untuk Kategori Risiko : II

maka termasuk kategori desain seismik D

Nilai SD1 = 0,3828 g > 0,2 Untuk Kategori Risiko : II

maka termasuk kategori desain seismik D

Tabel 3. Gaya Gempa Lateral per Lantai

Lantai	Cvx	Cvy	Vx (Kg)	Vy (Kg)	Fx (Kg)	Fy (Kg)
Atap	0,081361	0,081361	337387	337387	27449,99	27449,99
Lantai 14	0,134778	0,134778	337387	337387	45472,37	45472,37
Lantai 13	0,128019	0,128019	337387	337387	43191,99	43191,99
Lantai 12	0,120009	0,120009	337387	337387	40489,31	40489,31
Lantai 11	0,105775	0,105775	337387	337387	35696,95	35696,95
Lantai 10	0,092152	0,092152	337387	337387	31091	31091
Lantai 9	0,079171	0,079171	337387	337387	26711,2	26711,2
Lantai 8	0,066863	0,066863	337387	337387	22558,81	22558,81
Lantai 7	0,055269	0,055269	337387	337387	18647,05	18647,05
Lantai 6	0,044435	0,044435	337387	337387	14991,78	14991,78
Lantai 5	0,034419	0,034419	337387	337387	11612,47	11612,47
Lantai 4	0,025294	0,025294	337387	337387	8533,852	8533,852
Lantai 3	0,017158	0,017158	337387	337387	5788,838	5788,838
Lantai 2	0,012531	0,012531	337387	337387	4227,666	4227,666
Lantai 1	0,002767	0,002767	337387	337387	933,4526	933,4526
TOTAL					337386,7	337386,7

Tabel 4. Nilai Pusat Massa dan Pusat Kekakuan
 (Output ETABS 2015)

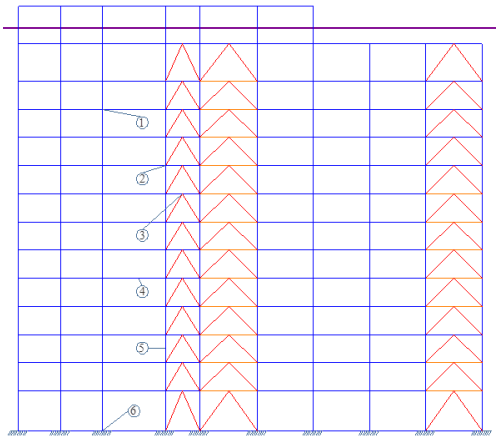
TABLE: Centers of Mass and Rigidity											
Story	Diaphragm	Mass X kg	Mass Y kg	XCM m	YCM m	Cumulative X kg	Cumulative Y kg	XCM m	YCM m	XCR m	YCR m
Story2	D1	96948,78	96948,78	27,8873	7,6609	96948,78	96948,78	27,8873	7,6609	28,1965	7,6618
Story3	D2	83885,24	83885,24	27,9094	7,6601	180834,02	180834,02	27,9094	7,6601	28,4349	7,6533
Story4	D3	83885,24	83885,24	27,9094	7,6601	264719,26	264719,26	27,9094	7,6601	28,5377	7,6157
Story5	D4	83885,24	83885,24	27,9094	7,6601	348604,50	348604,50	27,9094	7,6601	28,5776	7,6001
Story6	D5	83885,24	83885,24	27,9094	7,6601	432489,74	432489,74	27,9094	7,6601	28,5882	7,6044
Story7	D6	83885,24	83885,24	27,9094	7,6601	516374,98	516374,98	27,9094	7,6601	28,5832	7,6056
Story8	D7	83885,24	83885,24	27,9094	7,6601	600260,22	600260,22	27,9094	7,6601	28,5654	7,6087
Story9	D8	83885,24	83885,24	27,9094	7,6601	684145,46	684145,46	27,9094	7,6601	28,5398	7,6127
Story10	D9	83885,24	83885,24	27,9094	7,6601	768030,70	768030,70	27,9094	7,6601	28,5092	7,617
Story11	D10	83885,24	83885,24	27,9094	7,6601	851915,94	851915,94	27,9094	7,6601	28,4761	7,6213
Story12	D11	83885,24	83885,24	27,9094	7,6601	935801,18	935801,18	27,9094	7,6601	28,442	7,6256
Story13	D12	94868,35	94868,35	27,8783	7,6608	1030669,53	1030669,53	27,8783	7,6608	28,4089	7,6298
Story14	D13	90171,32	90171,32	25,2284	7,6605	1120840,85	1120840,85	25,2284	7,6605	28,3326	7,6351
Atap	D15	43311,73	43311,73	17,8087	7,675	1164152,58	1164152,58	17,8087	7,675	28,9854	7,6478

Kontrol Simpangan Struktur

Tabel 2. Kontrol Simpangan Struktur

Story	Tinggi Lantai m	Simpangan Struktur		Svarat		Ket
		Arab x dx	Arab y dy	Arab x dm	Arab y dm	
Atap	52,8	75,119	50,9	93	93	OK
Story14	48,15	69,043	45,2	93	93	OK
Story13	43,5	63,038	40,4	70	70	OK
Story12	40	58,333	36,8	70	70	OK
Story11	36,5	53,26	33,1	70	70	OK
Story10	33	47,896	29,2	70	70	OK
Story9	29,5	42,355	25,4	70	70	OK
Story8	26	36,664	21,6	70	70	OK
Story7	22,5	30,923	17,9	70	70	OK
Story6	19	25,234	14,4	70	70	OK
Story5	15,5	19,709	11,1	70	70	OK
Story4	12	14,464	8,1	70	70	OK
Story3	8,5	9,635	5,4	70	70	OK
Story2	5	5,193	3,0	100	100	OK
Story1	0	0	0,0	0	0	OK

PERENCANAAN SAMBUNGAN DAN BASE PLATE

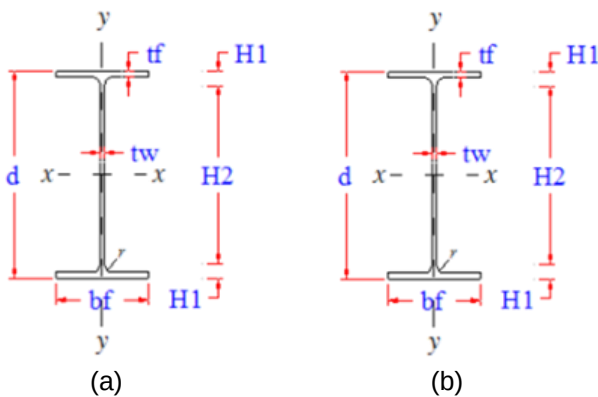


Gambar 14. Perencanaan Sambungan

Keterangan :

Sambungan Balok – Kolom	=	1
Sambungan Balok - Bresing Bawah	=	2
Sambungan Balok - Bresing Atas	=	3
Sambungan Balok Induk - Balok Anak	=	4
Sambungan Kolom – Kolom	=	5
Perencanaan Base Plate	=	6

Sambungan Balok Induk - Balok Anak



Gambar 15. (a) WF Balok Induk 450x200x9x14.
 (b) WF Balok Anak 350x175x7x11

Baut yang digunakan yakni :

Diameter baut (db) = 3/4 in = 19,05 mm

Luas Baut (Ab) = $\frac{1}{4} \times \pi \times \phi^2$ = 284,88 mm²

Luas lubang (lb) = db + 2 = 21,05 mm

Mutu baut yang digunakan (menurut SNI 1729 : 2015, Tabel J3.2, hal 125), yakni:

Mutu baut = A325

Kuat tarik minimum (fub) = 620 Mpa

Tegangan geser baut (fnv) = 372 Mpa

(ulir drat, 1 bidang geser)

Direncanakan menggunakan plat siku penyambung 80 x 80 x 6

Mutu siku penyambung yang digunakan yakni : BJ 37Fyp = 240 Mpa

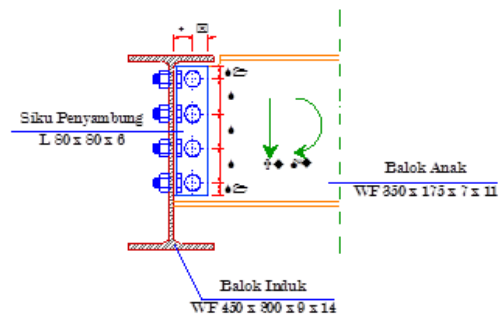
Fup = 370 Mpa

Hasil output dari program etabs untuk balok anak :

Mu = 108614045 Nmm

Vu = 58729,65 N

Sambungan direncanakan sebagai berikut



Gambar 16. Perencanaan Sambungan Balok Induk – Balok Anak

Perencanaan Sambungan Balok Induk - Bresing (bawah)

Profil baja WF untuk Bresing 400 x 200 x 8 x 13

Profil WF Balok Induk 450 x 200 x 9 x 14.

Profil baja KC untuk kolom 700 x 300 x 13 x 24

Baut yang digunakan yakni :

Diameter baut (db) = 3/4 in = 19,05 mm

Luas Baut (Ab) = $\frac{1}{4} \times \pi \times \phi^2$ = 284,88 mm²

Luas lubang (lb) = db + 2 = 21,05 mm

Mutu baut yang digunakan (menurut SNI 1729 : 2015, Tabel J3.2, hal 125), yakni:

Mutu baut = A325

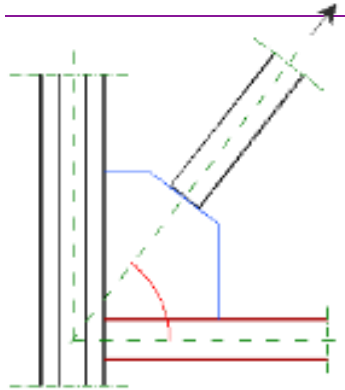
Kuat tarik minimum (fub) = 620 Mpa

Tegangan geser baut (fnv) = 372 Mpa (ulir drat, 1 bidang geser)

Direncanakan menggunakan gusset plate dengan tebal = 10 mm

fyp = 240 Mpa

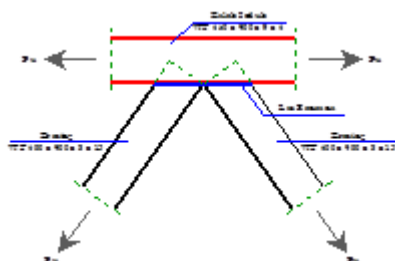
$F_{up} = 370 \text{ Mpa}$
 Hasil output etabs untuk bresing :
 $P_u = 727035 \text{ N}$



Gambar 17. Sambungan Bresing Terhadap Kolom dan Balok Induk

Perencanaan Sambungan Balok Induk - Bresing (atas)

Profil baja WF untuk Bresing $400 \times 200 \times 8 \times 13$
 Profil WF Balok Induk $450 \times 200 \times 9 \times 14$.
 Profil baja KC untuk kolom $700 \times 300 \times 13 \times 24$
 Baut yang digunakan yakni :
 $\text{Diameter baut (db)} = \frac{3}{4} \text{ in} = 19,05 \text{ mm}$
 $\text{Luas Baut (Ab)} = \frac{1}{4} \times \pi \times \phi^2 = 284,88 \text{ mm}^2$
 $\text{Luas lubang (lb)} = db + 2 = 21,05 \text{ mm}$
 Mutu baut yang digunakan (menurut SNI 1729 : 2015, Tabel J3.2, hal 125), yakni:
 Mutu baut = A325
 Kuat tarik minimum (f_{ub}) = 620 Mpa
 Tegangan geser baut (f_{nv}) = 372 Mpa (ulir drat, 1 bidang geser)
 Direncanakan menggunakan plat penyambung gusset plate $t = 10 \text{ mm}$
 las yakni electrode E7014
 FEXX = 482 Mpa
 Hasil output etabs untuk bresing :
 $P_u = 727035 \text{ N}$
 $V_u = 2216,90 \text{ N}$
 Hasil output etabs untuk Balok Induk :
 $M_u = 123408457 \text{ N}$



Gambar 18. Sambungan Bresing Terhadap Balok Induk (atas)

Jumlah Baut dan Jarak Antar Baut
 $n = V_u / \phi R_n = 6 \text{ baut}$
 Kontrol Kekuatan Baut Terhadap Geser

$$V_{ub} = (V_u / n) < \phi R_n$$

$$= 369,48 \text{ N} < 79481,09 \text{ N} \quad \text{AMAN.....}$$

KESIMPULAN

1. Profil baja yang digunakan pada struktur yakni :
 Balok Induk digunakan profil WF $450 \times 200 \times 9 \times 14$
 Balok Anak digunakan profil WF $350 \times 175 \times 7 \times 11$
 Kolom digunakan profil KC $700 \times 300 \times 13 \times 24$
 Dengan data material sebagai berikut :
 Jenis baja profil : BJ 50
 Tegangan putus baja profil (f_u) : 500 Mpa
 Tegangan leleh baja profil (f_y) : 290 Mpa
 Mutu Baja Tulangan (f_{yr}) : BJTP 24
 : 240 Mpa
 Mutu shear conector (f_y sc) : 250 Mpa
 (f_u sc) : 410 Mpa
 Modulus elastisitas baja (E_s) : 200000 Mpa

1) Berdasarkan hasil perencanaan, bresing diletakan pada sisi luar struktur.
 Adapun dimensi bresing yang digunakan yakni :
 Bresing digunakan profil WF $400 \times 200 \times 8 \times 13$
 $D : 400 \text{ mm} \quad b_f : 200 \text{ mm} \quad t_w : 8 \text{ mm} \quad t_f : 13 \text{ mm}$
 Dari hasil analisa pada sambungan, maka digunakan sambungan las maupun baut pada struktur dengan rincian sebagai berikut :

Mutu baut yang digunakan :
 Mutu baut = A325
 Kuat tarik minimum (f_{ub}) = 620 Mpa
 Tegangan geser baut (f_{nv}) = 372 Mpa (ulir drat, 1 bidang geser)
 Mutu las yang digunakan = E7014
 FEXX = 482 Mpa

Sambungan Balok Induk - Balok Anak
 Digunakan plat siku penyambung dengan dimensi L $80 \times 80 \times 6$

$\text{Diameter baut (db)} = \frac{3}{4} \text{ in} = 19,05 \text{ mm}$
 $\text{Jumlah baut (1 sisi)} = 4 \text{ baut}$
 $\text{Jarak baut ke tepi (S1)} = 30 \text{ mm}$
 $\text{Jarak antar baut (S)} = 80 \text{ mm}$

Sambungan Balok Induk – Bresing Bawah
 Sambungan sayap bresing dan plat buhul

Siku penyambung = L $80 \times 80 \times 10$
 $\text{Diameter baut (db)} = \frac{3}{4} \text{ in} = 19,05 \text{ mm}$
 $\text{Jumlah baut} = 8 \text{ baut}$
 $\text{Jarak baut ke tepi (S1)} = 30 \text{ mm}$
 $\text{Jarak antar baut (S)} = 80 \text{ mm}$

Sambungan badan bresing dan plat buhul

Siku penyambung = PL $10 \times 200 \text{ mm}$
 $\text{Diameter baut (db)} = \frac{3}{4} \text{ in} = 19,05 \text{ mm}$
 $\text{Jumlah baut} = 8 \text{ baut}$
 $\text{Jarak baut ke tepi (S1)} = 50 \text{ mm}$
 $\text{Jarak antar baut (S)} = 100 \text{ mm}$

Plat buhul yang digunakan :

Tebal plat = 10 mm
 Panjang vertikal = 1100 mm
 Panjang horizontal = 770 mm
 Set back = 15 mm

Sambungan plat buhul dan kolom

Siku penyambung = L 90 x 90 x 10
 Diameter baut (db) = $\frac{3}{4}$ in = 19,05 mm
 Jumlah baut = 6 baut
 Jarak baut ke tepi (S1) = 100 mm
 Jarak antar baut (S) = 180 mm

Sambungan plat buhul dan kolom

Dipakai sambungan las fillet dengan mutu las elektroda

Tebal las rencana (a) = 6 mm

Sambungan Balok Induk – Bresing Atas

Sambungan sayap bresing dan plat buhul

Plat penyambung = gusset plate t = 10 mm
 Diameter baut (db) = $\frac{3}{4}$ in = 19,05 mm
 Jumlah baut = 6 baut
 Jarak baut ke tepi (S1) = 60 mm
 Jarak antar baut (S) = 150 mm

Sambungan plat balok dan badan bresing

Dipakai sambungan las fillet dengan mutu las elektroda

Tebal las rencana (a) = 6 mm

Sambungan Balok Induk – Kolom

Sambungan badan balok pada kolom dengan rincian :

Plat penyambung = PL 10 x 300
 Diameter baut (db) = $\frac{3}{4}$ in = 19,05 mm
 Jumlah baut = 4 baut
 Jarak baut ke tepi (S1) = 30 mm
 Jarak antar baut (S) = 80 mm
 Mutu las = E7014
 Tebal las rencana (a) = 6 mm

Sambungan flens balok pada kolom dengan rincian :

Plat penyambung = PL 20 x 200 mm
 Diameter baut (db) = $\frac{3}{4}$ in = 19,05 mm
 Jumlah baut (1 sisi) = 8 baut
 Jarak baut ke tepi (S1) = 50 mm
 Jarak antar baut (S) = 100 mm
 Mutu las = E7014
 Tebal las rencana (a) = 10 mm

Sambungan Kolom

Sambungan antar flens kolom

Plat penyambung = PL 14 x 300
 Diameter baut (db) = $\frac{3}{4}$ in = 19,05 mm
 Jumlah baut = 8 baut
 Jarak baut ke tepi (S1) = 60 mm
 Jarak antar baut (S) = 180 mm

Sambungan web kolom

Plat penyambung = PL 13 x 200
 Diameter baut (db) = $\frac{3}{4}$ in = 19,05 mm
 Jumlah baut = 8 baut
 Jarak baut ke tepi (S1) = 50 mm
 Jarak antar baut (S) = 100 mm

Perencanaan Base Plate

Base plate menggunakan dimensi 900 x 900 dengan ketebalan 300 mm

Jumlah angkur = 8 angkur
 Diameter angkur (d) = $\frac{3}{4}$ in = 19,05 mm
 Jumlah angkur (1 sisi) = 3 angkur
 Panjang angkur = 800 mm

SARAN

Dalam melakukan input data pada program ETABS hendaknya dilakukan dengan teliti sesuai dengan asumsi-asumsi yang telah ditetapkan sebelumnya sehingga dapat dihasilkan analisis struktur yang mendekati keadaan sebenarnya, dan juga usahakan di dalam merencanakan dimensi suatu struktur menggunakan ukuran yang hampir seragam, agar di dalam pelaksanaan di lapangan bisa lebih mudah.

DAFTAR PUSTAKA

- Badan Standarisasi Nasional. 2015. Tata Cara Perencanaan Struktur Baja Untuk Bangunan Gedung SNI 03-1729-2015. Jakarta. Badan Standarisasi Nasional.
- Badan Standarisasi Nasional. 2013. Beban Minimum Untuk Perancangan Bangunan Gedung dan Struktur Lain SNI 1726-2013. Jakarta. Badan Standarisasi Nasional.
- Badan Standarisasi Nasional. 2012. Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Struktur Gedung dan Non Gedung SNI 1727-2013. Jakarta. Badan Standarisasi Nasional.
- C.G. Salmon and J.E. Johnson, 1992, Struktur Baja Desain dan Perilaku (dengan penekanan pada LRFD), Gramedia Pustaka Utama
- Indarto, Himawan, dkk. 2013. Aplikasi SNI Gempa 1726 : 2012 for Dummies. Semarang. BDF
- Budiono, Bambang, dkk. Kajian Numerik Terhadap Kinerja Link Geser dengan Pengaku Diagonal pada Struktur Rangka Baja Berpenopang Konsentrik (KBF), Pameran dan Seminar HAKI 2010.
- Stiawan Agus.2008. Perencanaan Struktur Baja dengan Metode LRFD (Sesuai SNI 03-1729-2002). Jakarta. Erlangga.