

PERENCANAAN KANTOR DINAS KEBUDAYAAN DAN PARIWISATA MENGUNAKAN STRUKTUR BAJA SISTEM RANGKA BRESING KONSENTRIK KHUSUS TIPE TWO STORY X DI KOTA YOGYAKARTA

¹⁾ **Muhamad Dimas Andriansyah**, ²⁾ **Utari Khatulistiani**

¹⁾ Mahasiswa Progam Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Wijaya Kusuma Surabaya

²⁾ Dosen Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Wijaya Kusuma Surabaya

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

Email: dimasandriansyah605@gmail.com & utari.kh@gmail.com

Abstrak: Gedung Kantor Dinas Kebudayaan dan Pariwisata yang didesain terdiri dari 10 lantai, dan berukuran 30 m × 56 m. Lokasi gedung berada di Daerah Istimewa Yogyakarta yang merupakan kawasan dengan tingkat gempa tinggi. Konstruksi Gedung Perkantoran menggunakan struktur baja karena memiliki keuntungan yaitu beban menjadi ringan. Agar struktur terhindar dari bahaya tekuk atau puntir pada saat terjadi gempa, maka dipasang struktur bresing sebagai pengaku. Pada perencanaan ini digunakan bresing tipe x-2 (*two story x*) yaitu dipasang tiap 2 lantai.

Perencanaan struktur menggunakan acuan Tata Cara Perencanaan Struktur Baja Untuk Bangunan Gedung SNI 03-1729-2002. Perhitungan beban gempa menggunakan acuan Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Struktur Bangunan Gedung Maupun Non Gedung SNI 1726-2012. Mutu baja f_y adalah BJ 41 dan mutu beton f'_c adalah 35 MPa. Analisa struktur menggunakan program bantu SAP 2000 v19.

Setelah dilakukan analisa, diketahui bahwa Gedung Kantor Dinas Kebudayaan dan Pariwisata memiliki nilai simpangan horisontal yang terjadi lebih kecil dari nilai simpangan ijin (Δ_a), dan didapatkan dimensi profil yang cukup untuk menahan beban bekerja. Dimensi kolom adalah WF 400.400.30.50, dimensi bresing WF 350.350.19.19, dimensi balok induk lantai WF 400.400.16.24, dimensi balok induk atap WF 400.300.10.16, dimensi balok anak lantai WF 350.350.19.19, dan dimensi balok anak atap WF 300.300.15.15.

Kata kunci : Struktur Baja, SRBKK, bresing tipe x-2, *drift*.

1. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Kota Yogyakarta merupakan salah satu dari 25 kota di Indonesia yang mendapatkan penghargaan dari Kementerian Pariwisata dan Ekonomi Kreatif sebagai tujuan wisata favorit di Indonesia. Maka melihat potensi tersebut Pemerintah kota Daerah Istimewa Yogyakarta berencana akan membangun Kantor Dinas Kebudayaan dan Pariwisata DIY. Berkaitan dengan hal tersebut maka penyusun mencoba merancang Kantor Dinas Kebudayaan dan Pariwisata 10 lantai di Daerah Istimewa Yogyakarta.

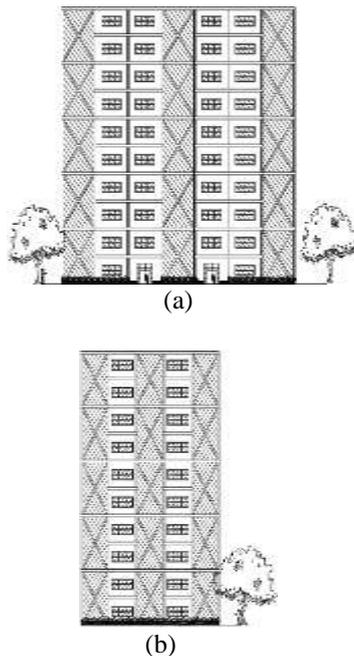
Perancangan Kantor Dinas ini memperhatikan beberapa kriteria antara lain pemilihan material struktur bangunan, kekuatan dan perilaku bangunan pada saat terjadi gempa, maka pada perancangan Kantor Dinas ini, penyusun menggunakan material Baja sebagai struktur utamanya. Struktur baja dipilih sebagai struktur utama pada perencanaan Kantor Dinas Kebudayaan dan Pariwisata DIY karena material baja memiliki kekerasan, kekakuan, kekuatan tarik tinggi, dan juga daktilitas, sehingga karakteristik material tersebut dapat memenuhi

salah satu kriteria utama dalam merancang struktur bangunan tinggi khususnya gedung, yaitu keselamatan (*safety*) dan kenyamanan (*comfortable*) (Nugroho, 2012). Gedung Perkantoran direncanakan di bangun di daerah Yogyakarta yang dimana daerah tersebut merupakan daerah dengan tingkat gempa yang tinggi, dan daerah Yogyakarta masuk di zona gempa 6, maka dalam mendesain Kantor Dinas Kebudayaan dan Pariwisata haruslah tahan terhadap gempa agar dapat melindungi penghuni di dalamnya, maka bangunan yang dibangun pada daerah rawan gempa harus mampu bertahan terhadap gaya gempa, pada struktur bangunan tingkat tinggi harus mampu menahan gaya-gaya vertikal (gravitasi), maupun gaya gaya horisontal (beban gempa). Semakin tinggi bangunan tersebut, simpangan yang terjadi (*drift*) akan semakin besar maka perlu dilakukan tinjauan lebih dalam pada *drift* tersebut. Agar struktur baja dari gedung kuat menahan beban gempa dibutuhkan struktur pengaku (*bracing*). Pengaku (*bracing*) adalah struktur baja diagonal tambahan untuk mencegah struktur baja terhindar dari bahaya tekuk atau puntir (Cochran dan Honeck, 2004).

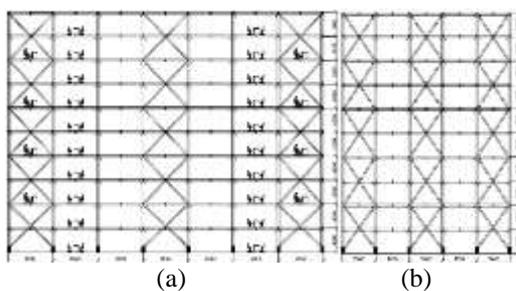
PERENCANAAN KANTOR DINAS KEBUDAYAAN DAN PARIWISATA MENGUNAKAN STRUKTUR BAJA SISTEM RANGKA BRESING KONSENTRIK KHUSUS TIPE TWO STORY X DI KOTA YOGYAKARTA

(Muhamad Dimas Andriansyah, Utari Khatulistiani)

Oleh karena itu, Kantor Dinas Kebudayaan dan Pariwisata DIY yang terdiri dari 10 lantai akan didesain menggunakan metode struktur Sistem Rangka B्रेसing Konsentrik Khusus (SRBKK) tipe *two story x*, karena memiliki salah satu kelebihan atau keuntungan yang tidak dimiliki oleh tipe lain, yaitu dapat mendistribusikan gaya gaya tidak seimbang pada struktur dan juga mengurangi lateral *displacement* pada struktur. Desain penempatan rangka bresing *two story x* ditunjukkan pada Gambar 1 dan Gambar 2.



Gambar 1 Tampak Bangunan Arah X (a) Dan Arah Y (b)



Gambar 2 Potongan Bangunan Arah X (a) Dan Arah Y (b)

1.2 Identifikasi Masalah

Dalam perencanaan ini masalah yang diidentifikasi adalah merencanakan Kantor Dinas yang terdiri atas 10 lantai dengan menggunakan struktur baja yang mempunyai kekuatan tinggi, serta menggunakan bresing tipe *two story x* pada setiap lantainya agar struktur baja mampu menahan gaya gempa.

1.3 Perumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang perencanaan Kantor Dinas Kebudayaan dan Pariwisata di kota Yogyakarta akan direncanakan dengan pedoman SNI 1729-2002, maka diperoleh rumusan masalah sebagai berikut:

1. Bagaimana hasil analisa simpangan yang terjadi pada struktur gedung perkantoran?
2. Bagaimana merencanakan gedung struktur baja tahan gempa dengan menggunakan bresing *two story x*, berapa dimensi komponen struktur yang diperlukan dan bagaimana detailing sambungan tiap komponen struktur, sehingga struktur mampu menahan beban gravitasi dan menahan gaya gempa yang bersifat lateral/samping ?

1.4 Maksud dan Tujuan

Maksud dan tujuan perencanaan Kantor Dinas Kebudayaan dan Pariwisata DIY ini yaitu :

1. Menganalisa perencanaan struktur baja untuk gedung perkantoran di kota Yogyakarta dengan menggunakan Sistem Rangka B्रेसing Konsentrik Khusus (SRBK-K).
2. Mendapatkan dimensi-dimensi struktur elemen balok kolom dan bresing serta sambungan yang mampu menahan gaya gempa tinggi.
3. Mengetahui nilai simpangan yang terjadi, nilai simpangan harus dibawah nilai simpangan ijin (Δ_a) yang ditentukan sesuai syarat SNI 1726-2012.

1.5 Manfaat

Dari hasil perencanaan diharapkan mampu merencanakan dan menganalisa struktur agar di dapatkan dimensi dari elemen-elemen struktur gedung yang berfungsi dengan baik sehingga mampu menahan gaya lateral gempa yang terjadi, dan bagi kalangan akademis dapat menambah wawasan baru, juga sebagai referensi dalam merencanakan suatu bangunan tahan gempa menggunakan metode SRBK-K.

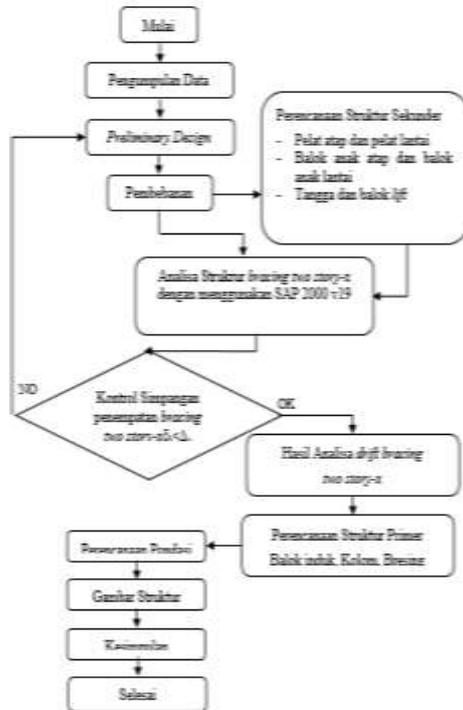
1.6 Batasan Masalah

Karena luasnya ruang lingkup pembahasan, maka batasan masalah yang dibuat untuk menjadi pembahasan adalah:

1. Perencanaan tidak meninjau pada biaya dan metode pelaksanaan konstruksi.
2. Tidak meninjau sistem utilitas bangunan, seperti pekerjaan *finishing*, manajemen konstruksi, sanitasi, mekanikal elektrik maupun arsitektur.

2. METODOLOGI PERENCANAAN

Perencanaan struktur Kantor Dinas Kebudayaan dan Pariwisata DIY di wilayah gempa tinggi diuraikan dalam bentuk diagram alir (Gambar 3).



Gambar 3 Bagan Alir Proses Perencanaan Gedung Perkantoran

3. Hasil Dan Pembahasan

3.1 Preliminary Design

Preliminary design merupakan tahap awal dalam perencanaan suatu bangunan. Preliminary design berfungsi untuk perkiraan besarnya dimensi pada struktur primer dan struktur sekunder yang akan digunakan. Dengan menggunakan *Preliminary design* bertujuan agar dimensi yang direncanakan tidak terlalu besar ataupun kecil.

Dimensi profil rencana yang digunakan dalam perencanaan adalah :

Kolom	: WF 400.400.30.50
Balok Induk Lantai	: WF 400.400.16.24
Balok Induk Atap	: WF 400.300.10.16
Balok Anak Lantai	: WF 350.350.19.19
Balok Anak Atap	: WF 300.300.15.15

Dimensi tersebut telah dihitung dan di kontrol dengan beberapa persyaratan, adapun peraturan yang dijadikan dasar dalam menentukan beban dari komponen struktur menggunakan PPIUG 1983 dan di analisa menggunakan SNI 1729-2002, sehingga komponen struktur tersebut dapat digunakan dalam perencanaan struktur.

3.2 Struktur Sekunder

Struktur sekunder didesain hanya menerima beban gravitasi saja, struktur tidak direncanakan

dalam menerima beban gempa. Jika terjadi gempa, struktur sekunder boleh terjadi kerusakan, karena struktur sekunder tidak berperan untuk menahan gempa di gedung, akan tetapi struktur sekunder ikut berperan sebagai struktur yang menahan beban dan membebani struktur primer. Struktur sekunder pada gedung yang direncanakan ini adalah struktur plat atap, plat lantai, balok anak atap komposit, balok anak lantai komposit serta perencanaan tangga dan balok penyangga *lift*.

3.2.1 Perencanaan Plat Atap

Tebal plat atap rencana = 10 cm
 Mutu beton ($f'c$) = 35 MPa
 Mutu tulangan baja (f_y) = 250 MPa
 $l_y/l_x = 4/3 = 1,33$

Tipe plat yang digunakan tipe III dengan nilai momen tertinggi terletak pada daerah tumpuan
 $M_{tx} = 504,914$ kgm dan $M_{ty} = 417,1032$ kgm

Hasil penulangan tumpuan plat atap :

- Tulangan arah X = D 10-175 mm
- Tulangan arah Y = D 10-200 mm

Hasil penulangan lapangan plat atap :

- Tulangan arah X = D 8-200 mm
- Tulangan arah Y = D 8-200 mm

3.2.2 Perencanaan Plat Lantai

Tebal plat atap rencana = 12 cm
 Mutu beton ($f'c$) = 35 MPa
 Mutu tulangan baja (f_y) = 250 MPa
 $l_y/l_x = 4/3 = 1,33$

Tipe plat yang digunakan tipe III dengan nilai momen tertinggi terletak pada daerah tumpuan
 $M_{tx} = 988,9632$ kgm dan $M_{ty} = 816,9696$ kgm

Hasil penulangan tumpuan plat atap :

- Tulangan arah X = D 10-125 mm
- Tulangan arah Y = D 10-150 mm

Hasil penulangan lapangan plat atap :

- Tulangan arah X = D 8-200 mm
- Tulangan arah Y = D 8-200 mm

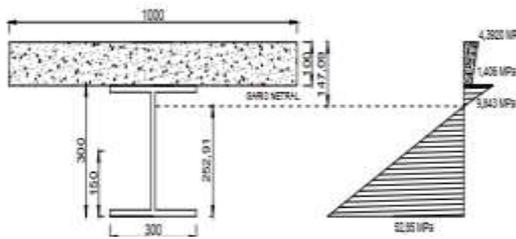
3.2.3 Perencanaan Balok Anak Atap Komposit As B' (2-3)

Rencana balok anak atap menggunakan profil WF 300.300.15.15, dengan spesifikasi sebagai berikut :

$W = 106$ kg/m
 $A = 13480$ mm²
 $I_x = 215000000$ mm⁴
 $I_y = 71000000$ mm⁴
 $r_x = 126$ mm
 $r_y = 72,6$ mm

PERENCANAAN KANTOR DINAS KEBUDAYAAN DAN PARIWISATA MENGUNAKAN STRUKTUR BAJA SISTEM RANGKA BRESING KONSENTRIK KHUSUS TIPE TWO STORY X DI KOTA YOGYAKARTA

(Muhamad Dimas Andriansyah, Utari Khatulistiani)



Gambar 4 Diagram Tegangan Balok Anak Atap

Tegangan yang terjadi :

$$f_{ca} = 4,3920 \text{ MPa}$$

$$f_{cb} = 1,4062 \text{ MPa}$$

$$f_{sa} = 9,8436 \text{ MPa}$$

$$f_{sb} = 52,867 \text{ MPa}$$

Shear Conector

Digunakan stud $\varnothing 10$ fu = 410 MPa

$$\text{Digunakan jumlah stud} = \left(\frac{V_h}{\text{Kekuatan Stud}} \right) = 105$$

untuk $\frac{1}{2}$ bentang

3.2.4 Perencanaan Balok Anak Lantai Komposit As B' (2-3)

Rencana balok anak lantai menggunakan profil WF 350.350.19.19, dengan spesifikasi sebagai berikut :

$$W = 156 \text{ kg/m}$$

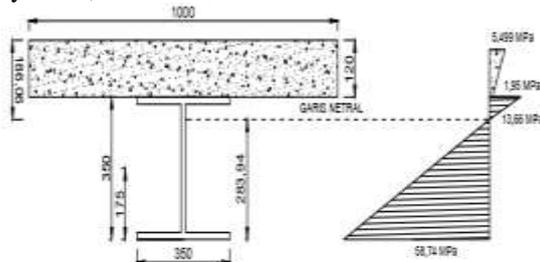
$$A = 19840 \text{ mm}^2$$

$$I_x = 428000000 \text{ mm}^4$$

$$I_y = 144000000 \text{ mm}^4$$

$$r_x = 147 \text{ mm}$$

$$r_y = 85,3 \text{ mm}$$



Gambar 5 Diagram Tegangan Balok Anak Lantai

Tegangan yang terjadi :

$$f_{ca} = 5,4990 \text{ MPa}$$

$$f_{cb} = 1,9520 \text{ MPa}$$

$$f_{sa} = 13,660 \text{ MPa}$$

$$f_{sb} = 58,740 \text{ MPa}$$

Shear Conector

Digunakan stud $\varnothing 15$ fu = 410 MPa

$$\text{Digunakan jumlah stud} = \left(\frac{V_h}{\text{Kekuatan Stud}} \right) = 69$$

untuk $\frac{1}{2}$ bentang

3.2.5 Perencanaan Tangga

Data perencanaan tangga :

$$\text{Tinggi tangga} = 4 \text{ m}$$

$$\text{Elevasi bordes} = 2 \text{ m}$$

$$\text{Lebar injakan} = 28 \text{ cm}$$

$$\text{Tinggi injakan} = 20 \text{ cm}$$

$$\text{Jumlah injakan} = 10 \text{ buah}$$

$$\text{Jumlah injakan} = 9 \text{ buah}$$

$$\text{Kemiringan tangga} (\alpha) = 35,537^\circ < 40^\circ$$

$$\text{Panjang miring} = 344,0930 \text{ cm}$$

$$\text{Panjang bordes} = 1,5 \text{ m}$$

Anak tangga menggunakan plat baja dengan tebal = 8 mm

Balok tangga (bordes dan tangga) menggunakan baja profil kanal C 250.90.11.14,5, dengan spesifikasi sebagai berikut :

$$W = 40,2 \text{ kg/m}$$

$$I_x = 46900000 \text{ mm}^4$$

$$I_y = 3420000 \text{ mm}^4$$

$$r_x = 95,7 \text{ mm}$$

$$r_y = 25,8 \text{ mm}$$

Kontrol Momen Dan Geser :

Tangga

$$- M_n (84375000 \text{ Nmm}) > M_u (16008250 \text{ Nmm})$$

$$- \phi \cdot V_n (371250 \text{ N}) > V_u (10450,7 \text{ N})$$

Bordes

$$- M_n (84375000 \text{ Nmm}) > M_u (14469125 \text{ Nmm})$$

$$- \phi \cdot V_n (371250 \text{ N}) > V_u (12314,5 \text{ N})$$

3.2.6 Perencanaan Balok Lift

Untuk lift yang digunakan dalam perencanaan merupakan produksi Sigma mid rise Elevator dengan data-data sebagai berikut :

$$\text{Tipe lift} = \text{Duplex}$$

$$\text{Kapasitas} = 15 \text{ orang (1000 kg)}$$

$$\text{Kecepatan} = 105 \text{ mm/menit}$$

$$\text{Open width} = 900 \text{ mm}$$

$$\text{Dimensi sangkar (car size)}$$

$$\text{Outside} = 1650 \times 1665 \text{ mm}^2$$

$$\text{Inside} = 1600 \times 1500 \text{ mm}^2$$

$$\text{Dimensi ruang luncur (hoist way)} =$$

$$4150 \times 2100 \text{ mm}^2$$

$$\text{Dimensi ruang mesin (machine)} =$$

$$4500 \times 3900 \text{ mm}^2$$

Beban reaksi ruang mesin (m/c room reaction)

$$R1 = 6150 \text{ kg}$$

$$R2 = 4600 \text{ kg}$$

Data perencanaan balok penggantung lift menggunakan WF 250.250.14.14, dengan spesifikasi sebagai berikut :

$$W = 82,2 \text{ kg/m}$$

$$I_x = 115000000 \text{ mm}^4$$

$$I_y = 38800000 \text{ mm}^4$$

$$i_x = 105 \text{ mm}$$

$$i_y = 60,9 \text{ mm}$$

$$A = 10470 \text{ mm}^2$$

Kontrol Momen, Geser Dan Defleksi :

- M_n (310162500 Nmm) > M_u (189885625 Nmm)
- $\phi \cdot V_n$ (472500 N) > V_u (141882,9 N)
- f ijin (33,33 mm) > f terjadi (5,416 mm)

3.3 Perencanaan Beban Gempa

Peraturan yang digunakan dalam merencanakan beban gempa menggunakan SNI 1726 2012, adapun data perencanaan struktur gedung perkantoran adalah sebagai berikut :

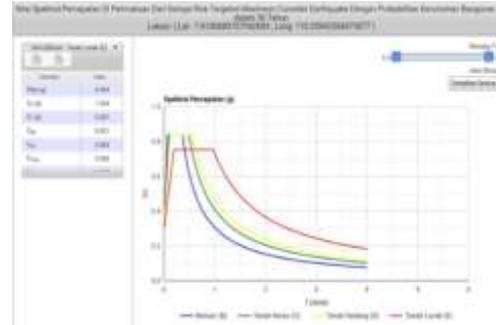
Mutu baja (f_y)	= 250 MPa
Mutu beton (f'_c)	= 35 MPa
Jumlah lantai	= 10 lantai + atap
Tinggi bangunan	= 40 m
Tinggi tiap lantai	= 4 m
Panjang bangunan	= 30 m
Lebar bangunan	= 56 m
Luas Bangunan	= 1680 m ²
Profil balok anak atap	= WF 300.300.15.15
Profil balok induk atap	= WF 400.300.10.16
Profil balok anak lantai	= WF 350.350.19.19
Profil balok induk lantai	= WF 400.400.16.24
Profil kolom	= WF 400.400.30.50
Faktor keutamaan gempa (I_e)	= 1
Nilai Sds Kota Yogyakarta	= 0,753
Niali SD1 Kota Yogyakarta	= 0,731
R	= 6

Tabel 1 Menentukan Klasifikasi Situs Kota Yogyakarta

No	Tebal lapisan tanah di (m)	Selisih tebal lapisan tanah di (m)	N SPT	di/N SPT
1	1,5	2	7	0,28
2	3,5	2	9	0,22
3	5,5	2	12	0,16
4	7,5	2	11	0,18
5	9,5	2	12	0,16
6	11,5	2	14	0,15
7	13,5	2	20	0,10
8	15,5	2	20	0,10
9	17,5	2	21	0,09
10	19,5	2	23	0,08
Total		20		1,52
$\Sigma di/(di/N SPT)$				13,15

Klasifikasi situs untuk desain seismik ditentukan dari hasil SPT penyelidikan tanah di lokasi gedung perkantoran daerah Yogyakarta. Kemudian ditentukan nilai rata-rata SPT (Tabel 1) diperoleh nilai N rata-rata < 15 dan di kategorikan sebagai tanah lunak. Dari hasil tersebut ditentukan parameter respon spektrum yang di dapat dari rsapuskim2019.litbang.pu.go.id, untuk kategori

tanah lunak (E) seperti ditampilkan pada Gambar 6.



Gambar 6 Grafik Parameter Respon Spektrum Kota Yogyakarta Tanah Lunak (E)

Kota Yogyakarta termasuk kota pada zona gempa tinggi dengan nilai beban geser dasar seismik SDS = 0,753 yang diperoleh dari grafik parameter respon spektrum seperti pada Gambar 3.3. Nilai periode fundamental (T_a) diperoleh dengan menggunakan persamaan :

$$T_a = C_t \times h_n^x$$

Dengan h_n = ketinggian struktur gedung di atas dasar sampai tingkat tinggi struktur (meter), koefisien C_t dan x ditentukan mengacu pada Tabel 15 SNI 1726-2012 berdasarkan tipe struktur yang akan direncanakan. Diperoleh $C_t = 0,0448$, tinggi gedung $h_n = 40$ meter dan $x = 0,75$ maka :

$$T_a = 0,0448 \times 40^{0,75} = 0,7761$$

Kota Yogyakarta memiliki SD1 = 0,731 (Tabel 14 SNI 03-1726-2012), dan nilai $C_u = 1,4$, maka

$$T_a = 0,7761 < C_u = 1,4$$

Berdasarkan SNI 03-1726-2012 pasal 7.8.1 distribusi gaya gempa berdasarkan beban geser dasar seismic (V) yang dibagi di sepanjang tinggi struktur gedung yang ditentukan dengan persamaan sebagai berikut :

$$C_s = \frac{S_{ds}}{\left(\frac{R}{I_e}\right)} = \frac{0,753}{\left(\frac{6}{1,0}\right)} = 0,1255$$

Berikut nilai beban (W) yang terjadi pada struktur perlantai yang diuraikan pada Tabel 2.

**PERENCANAAN KANTOR DINAS KEBUDAYAAN DAN PARIWISATA
MENGUNAKAN STRUKTUR BAJA SISTEM RANGKA BRESING KONSENTRIK
KHUSUS TIPE TWO STORY X DI KOTA YOGYAKARTA**

(Muhamad Dimas Andriansyah, Utari Khatulistiani)

Tabel 2 Berat Struktur Per-Lantai

Lantai	Tinggi (h)	Berat per lantai (W)
10	40	715952,8
9	36	1241848,62
8	32	1241848,62
7	28	1241848,62
6	24	1241848,62
5	20	1241848,62
4	16	1241848,62
3	12	1241848,62
2	8	1241848,62
1	4	1241848,62
Total		11892590,38

Gaya gempa dasar diperoleh :

$$V = C_s \cdot W$$

$$V = 0,1255 \times 11892590,38 = 1492520 \text{ kg}$$

Distribusi gaya gempa statik ekuivalen, F_i dihitung sesuai SNI 03-1726-2012 pasal 7.8.3 karena nilai $T_a = 0,7761 < C_u = 1,4$ maka nilai $k = 1,138$ (interpolasi), beban gempa statik ekuivalen pada lantai ke-9 adalah

$$F_i = \frac{W_i \cdot Z_i^k}{\sum W_i \cdot z_i^k} \cdot V$$

$$F_i = \frac{1241848,62 \times 36^{1,138}}{1736243740} = 266823,130 \text{ kg}$$

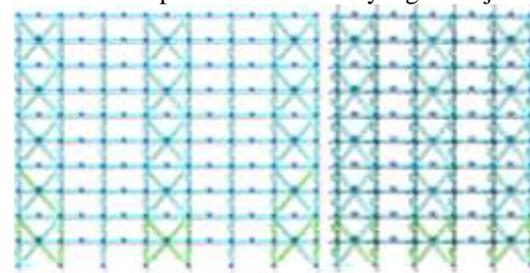
Gaya gempa lantai yang lain ditampilkan pada Tabel 3.

Tabel 3 Beban Gempa Statik Ekuivalen

Lantai ke-	h (m)	$W_x \cdot Z_x^k$ (kgm)	F_i (kg)
10	40	184271323,8	158404,40
9	36	310394483,2	266823,13
8	32	275906207,3	237176,12
7	28	241417931,4	207529,10
6	24	206929655,5	177882,09
5	20	172441379,6	148235,07
6	24	206929655,5	177882,09
5	20	172441379,6	148235,07
4	16	137953103,7	118588,06
3	12	103464827,7	88941,04
2	8	68976551,83	59294,03
1	4	34488275,92	29647,01
TOTAL		1736243740	1492520,09

Kombinasi beban yang digunakan pada SAP 2000 ada 18 macam kombinasi, dimana beban gempa dianggap bekerja 100% pada sumbu

utama bersamaan dengan 30% arah tegak lurus sumbu utama. Kombinasi pembebanan direncanakan berdasarkan SNI 2847-2013 pasal 9.2.1, tentang kombinasi pembebanan terfaktor dan untuk kombinasi beban gempa direncanakan berdasarkan pada SNI 1726-2012, tentang faktor dan kombinasi beban untuk beban mati nominal, beban hidup nominal dan beban gempa nominal. Setelah 18 beban kombinasi di input pada program analisa SAP 2000, kemudian di *run analyze* maka akan keluar nilai gaya gaya dalam yang terjadi pada struktur, selanjutnya dilakukan *check of structure* maka pada gambar struktur akan keluar notasi warna yang menunjukkan kekuatan struktur seperti yang ditunjukkan pada Gambar 7. Bila notasi warna pada struktur tersebut berwarna merah menunjukkan bahwa komponen dari struktur terjadi *failure* (kegagalan), artinya komponen tersebut tidak mampu menahan beban yang bekerja, maka harus dilakukan *redesign* pada perencanaan awal struktur (*preliminary design*). Bila berwarna biru, hijau, kuning, dan orange maka struktur tersebut mampu menahan beban yang bekerja.



Gambar 7 Kekuatan Bresing Arah X dan Arah Y

Gedung perkantoran berada pada kategori resiko III, menggunakan sistem rangka baja bresing kosentrik khusus karena berada pada wilayah yang punya tingkat gempa tinggi. Δ_a ditentukan sebesar 0,08 h_{sx} (SNI 1726-2012 tabel 16), sehingga di dapat nilai simpangan ijin sebesar 80 mm. Perhitungan simpangan ijin tiap pemodelan disajikan pada Tabel 2 untuk simpangan yang terjadi arah X dan Tabel 3 untuk simpangan yang terjadi arah Y

Tabel 4 Nilai Simpangan Gedung Perkantoran

Lantai	Simpangan arah		Δ_a (m)	Ket
	δ_x (m)	δ_y (m)		
Atap	0,0515	0,043	0,08	Aman
10	0,0469	0,039	0,08	Aman
9	0,0417	0,035	0,08	Aman

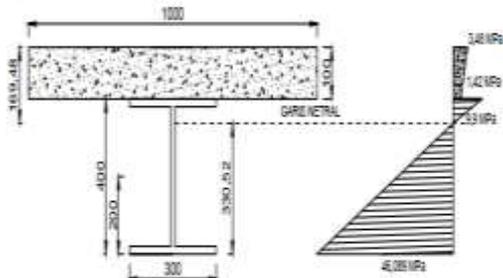
8	0,0362	0,030	0,08	Aman
7	0,0303	0,025	0,08	Aman
6	0,0242	0,020	0,08	Aman
5	0,0183	0,015	0,08	Aman
4	0,0123	0,010	0,08	Aman
3	0,0073	0,006	0,08	Aman
2	0,0024	0,002	0,08	Aman
1	0	0	0,08	Aman

3.4 Perencanaan Struktur Primer

Perhitungan struktur primer meliputi perhitungan kolom, perhitungan struktur tambahan untuk menahan gaya gempa (bresing), perhitungan balok induk lantai dan balok induk atap serta perhitungan sambungan antar komponen struktur (*building connection*). Perhitungan didasarkan pada peraturan SNI 1729-2002 tentang Tata Cara Perencanaan Struktur Baja Untuk Bangunan Gedung. Pada perencanaan struktur primer model 1 yang dipakai sebagai perhitungan dikarenakan nilai simpangan yang terjadi lebih kecil dari pemodelan lainnya.

3.4.1 Perencanaan Balok Induk Atap As A' (2-3)

Direncanakan balok induk atap komposit menggunakan profil WF 400.300.10.16 dengan spesifikasi sebagai berikut :
 W = 107 kg/m
 A = 13600 mm²
 Ix = 387000000 mm⁴
 Iy = 72100000 mm⁴
 rx = 169 mm
 ry = 72,8 mm



Gambar 8 Diagram Tegangan Balok Induk Atap

Tegangan yang terjadi :

- fca = 3,481 MPa
- fcB = 1,427 MPa
- fSa = 9,992 MPa
- fSb = 46,08 MPa

Shear Conector

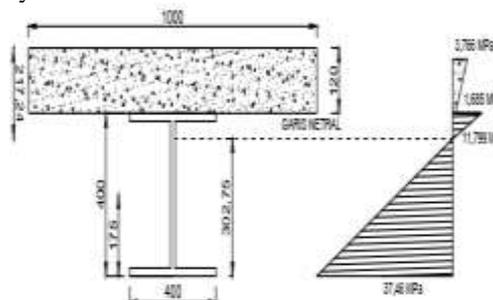
Digunakan stud Ø 10 fu = 410 MPa

Digunakan jumlah stud = $(\frac{V_h}{\text{Kekuatan Stud}}) = 106$ untuk ½ bentang

3.4.2 Perencanaan Balok Induk Lantai As A' (2-3)

Direncanakan balok induk lantai komposit menggunakan profil WF 400.400.16.24 dengan spesifikasi sebagai berikut :

- W = 200 kg/m
- A = 25490 mm²
- Ix = 780000000 mm⁴
- Iy = 262000000 mm⁴
- rx = 175 mm
- ry = 101 mm



Gambar 9 Diagram Tegangan Balok Induk Lantai

Tegangan yang terjadi :

- fca = 3,766 MPa
- fcB = 1,685 MPa
- fSa = 11,79 MPa
- fSb = 37,46 MPa

Shear Conector

Digunakan stud Ø 15 fu = 410 MPa

Digunakan jumlah stud = $(\frac{V_h}{\text{Kekuatan Stud}}) = 88$ untuk ½ bentang

3.4.3 Perencanaan Kolom

Direncanakan komponen struktur kolom menggunakan profil WF 400.400.30.50 dengan spesifikasi sebagai berikut :

- W = 415 kg/m
- Ix = 1870000000 mm⁴
- A = 52860 mm²
- Iy = 605000000 mm⁴
- rx = 188 mm
- ry = 107 mm

perencanaan kolom menggunakan *beam-column* dengan cara menganalisa aksi kolom yang memperhitungkan akibat gaya aksial, dan analisa aksi balok yang memperhitungkan akibat gaya momen lentur.

Aksi Kolom

$\frac{Nu}{\phi Nn} = 0,679 > 0,2$ (dominan aksial)

Profil mampu menerima gaya tekan terfaktor

Aksi Balok

$Mnx > \frac{Mux}{\phi} = 3063750000 \text{ Nmm} > 286155600 \text{ Nmm}$ (OK)

PERENCANAAN KANTOR DINAS KEBUDAYAAN DAN PARIWISATA MENGUNAKAN STRUKTUR BAJA SISTEM RANGKA BRESING KONSENTRIK KHUSUS TIPE TWO STORY X DI KOTA YOGYAKARTA

(Muhamad Dimas Andriansyah, Utari Khatulistiani)

3.4.4 Perencanaan Bresing

Direncanakan komponen struktur tambahan bresing menggunakan profil WF 350.350.19.19 dengan spesifikasi sebagai berikut :

$$W = 156 \text{ kg/m}$$

$$I_x = 428000000 \text{ mm}^4$$

$$A = 19840 \text{ mm}^2$$

$$I_y = 144000000 \text{ mm}^4$$

$$r_x = 147 \text{ mm}$$

$$r_y = 85,30 \text{ mm}$$

Bresing yang digunakan merupakan bresing yang hanya dapat menerima beban aksial saja, atau dapat dikatakan hanya menerima gaya tarik dan tekan saja.

Kapasitas Penampang Terhadap Gaya

Tekan

$$\frac{N_{u_{awal}}}{\phi N_n} = \frac{1936710,2}{3005405,12} = 0,64 < 1,0 \text{ (OK)}$$

Kapasitas Penampang Terhadap Gaya Tarik

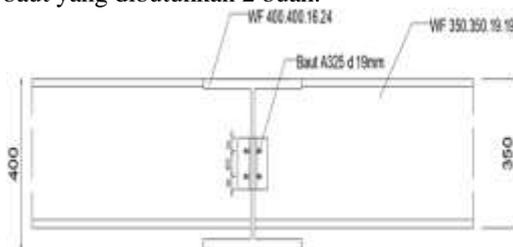
Kekuatan profil diambil N_u profil = 975477,1 Nmm $\geq N_u$ beban bekerja = 975477,1 Nmm. (OK)

3.4.5 Perencanaan Sambungan

Sambungan merupakan bagian yang tidak terpisahkan dari sebuah struktur baja. Sambungan berfungsi untuk menyalurkan gaya-gaya dalam (momen, geser/lintang dan aksial) antar komponen-komponen struktur yang disambung, sesuai dengan perilaku struktur yang direncanakan. Dalam analisa sambungan pada tugas akhir ini akan direncanakan sambungan balok dengan balok, balok dengan kolom, kolom dengan kolom dan sambungan batang bresing. Perhitungan sambungan berdasarkan SNI 1729-2002.

3.4.5.1 Sambungan Balok Induk Lantai Dengan Balok Anak Lantai

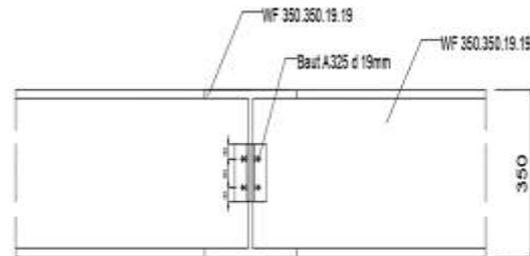
Sambungan menggunakan baut diameter 19 mm, tidak berulir mutu baut A325, memiliki tegangan putus $f_{ub} = 825 \text{ MPa}$ dan direncanakan menggunakan tebal plat ($t_p = 15 \text{ mm}$), jumlah baut yang dibutuhkan 2 buah.



Gambar 10 Sambungan Balok Induk Lantai Dengan Balok Anak Lantai

3.4.5.2 Sambungan Balok Anak Lantai Dengan Balok Anak Lantai

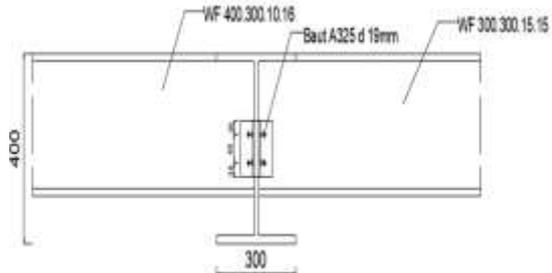
Sambungan menggunakan baut diameter 19 mm, tidak berulir mutu baut A325, memiliki tegangan putus $f_{ub} = 825 \text{ MPa}$ dan direncanakan menggunakan tebal plat ($t_p = 15 \text{ mm}$), jumlah baut yang dibutuhkan 2 buah.



Gambar 11 Sambungan Balok Anak Lantai Dengan Balok Anak Lantai

3.4.5.3 Sambungan Balok Induk Atap Dengan Balok Anak Atap

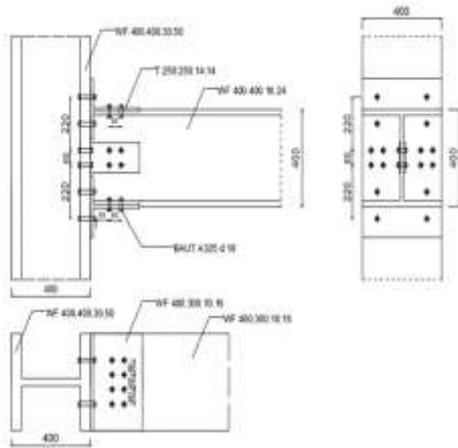
Sambungan menggunakan baut diameter 19 mm, tidak berulir mutu baut A325, memiliki tegangan putus $f_{ub} = 825 \text{ MPa}$ dan direncanakan menggunakan tebal plat ($t_p = 15 \text{ mm}$), jumlah baut yang dibutuhkan 2 buah.



Gambar 12 Sambungan Balok Induk Atap Dengan Balok Anak Atap

3.4.5.4 Sambungan Balok Induk Dengan Kolom

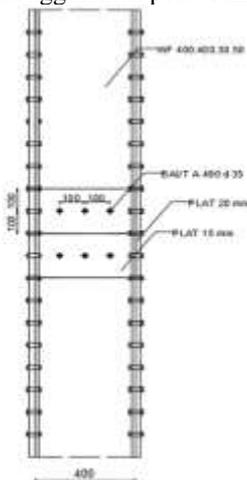
Sambungan menggunakan baut diameter berulir diameter 19 mm, mutu baut A325, memiliki tegangan putus $f_u^b = 825 \text{ MPa}$ dan direncanakan menggunakan tebal plat ($t_p = 25 \text{ mm}$) dan mutu baja yang digunakan BJ 41 dengan tegangan putus $f_u = 410 \text{ MPa}$ dan tegangan leleh $f_y = 250 \text{ MPa}$.



Gambar 13 Sambungan Balok Induk Dengan Kolom

3.4.5.5 Sambungan Kolom Dengan Kolom

Pada sayap sambungan menggunakan baut diameter 35 mm, mutu A325 fu = 1035 MPa tanpa ulir r1= 0,5 dan tebal pelat buhul = 20 mm. Pada badan menggunakan pelat buhul t = 15 mm.



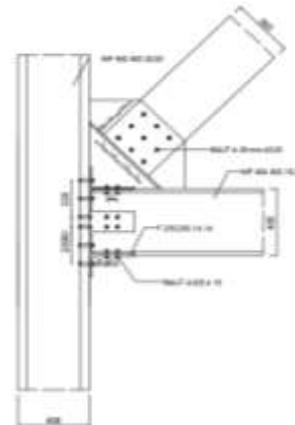
Gambar 14 Sambungan Kolom Dengan Kolom

3.4.5.6 Sambungan 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

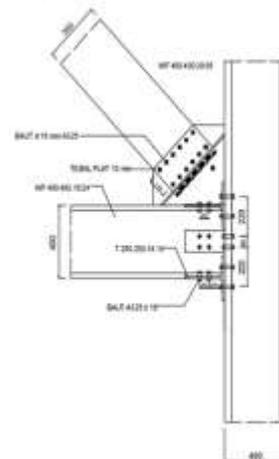
Sambungan menggunakan baut diameter 30 mm, mutu A325 fu = 825 MPa, pada bidang geser baut tidak ada ulir (r1 = 0,5), dengan tebal plat rencana tp = 28 mm.



Gambar 15 Sambungan Bresing Batang Tekan Two Story-X Bracing

Sambungan Bresing Untuk Batang Tarik

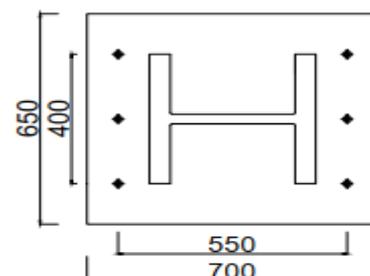
Sambungan menggunakan baut diameter 19 mm, mutu A325 fu = 825 MPa, pada bidang geser baut tidak ada ulir (r1 = 0,5), dengan tebal plat rencana tp = 15 mm.



Gambar 16 Sambungan Bresing Batang Tarik Two Story-X Bracing

3.4.5.7 Perencanaan Plat Dasar Kolom (Base Plate)

Dipakai tebal base plate = 65 mm, ukuran base plate adalah 700 x 650 x 65 mm. Digunakan angkur Ø28 dengan panjang 80 cm



Gambar 17 Ukuran Base Plate

PERENCANAAN KANTOR DINAS KEBUDAYAAN DAN PARIWISATA MENGUNAKAN STRUKTUR BAJA SISTEM RANGKA BRESING KONSENTRIK KHUSUS TIPE TWO STORY X DI KOTA YOGYAKARTA

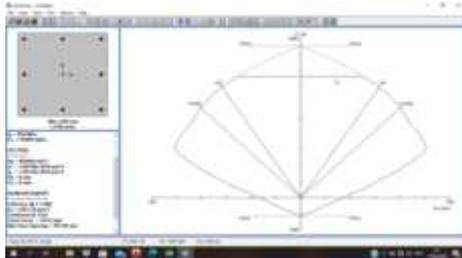
(Muhamad Dimas Andriansyah, Utari Khatulistiani)

3.4.5.8 Perencanaan Kolom Pedestal

Kolom pedestal merupakan kolom utama untuk dudukan kolom baja WF dan plat kolom baja (*base plate*) dan pada kolom pedestal ini ditanam angkur baja. Data perencanaan kolom pedestal sebagai berikut :

Dimensi kolom	= 700 x 650 mm
Mutu beton ($f'c$)	= 35 MPa
Mutu baja (f_y)	= 250 MPa
Tinggi kolom	= 4000 mm
Selimit beton	= 25 mm
Diameter tulangan utama	= Ø28 mm
Diameter tulangan sengkang	= Ø15 mm
$d = 700 - 25 - 15 - (0,5 \times 28)$	= 644,6 mm

Untuk menentukan tulangan kolom pedestal dibutuhkan diagram interaksi M-N yang ditentukan dengan bantuan program komputer PCACOL, dengan hasil diperoleh pada Gambar 18.



Gambar 18 Interaksi Kuat Rencana Kolom Pedestal

Dipakai tulangan memanjang kolom 8D28 (Luas tulangan $A_s = 5161,28 \text{ mm}^2$, $A_g = 455000 \text{ mm}^2$) dan Dipakai tulangan sengkang diameter 12 – 100 mm.

3.5 Perencanaan Pondasi

Struktur bawah dalam perencanaan struktur gedung perkantoran ini adalah membahas pondasi dalam dengan menggunakan tiang pancang beton bertulang. Pondasi merupakan elemen terakhir atau bagian paling bawah dari suatu konstruksi yang kuat dan stabil.

3.5.1 Daya Dukung Tiang Pondasi Berdasarkan Kekuatan Bahan

PT. Wika Beton. Berdasarkan spesifikasi dari PT. Wika Beton direncanakan tiang pancang beton :

Dimensi	= 50 cm x 50 cm
Kelas	= B
Berat	= 625 kg/m
Momen nominal	= 24,21 tonm
Kuat beban (P tiang)	= 331,72 ton
Tebal selimit beton	= 70 mm
Kedalaman tiang pancang	= 21 m

$$\begin{aligned} \text{Mutu beton } (f'c) &= 45 \text{ MPa} \\ \text{Mutu baja } (f_y) &= 250 \text{ MPa} \\ P &= 0,7 \times A \times f'c \\ &= 0,7 \times 500 \times 500 \times 35 \\ &= 6125000 \text{ N} = 688,477 \text{ ton} \end{aligned}$$

3.5.2 Daya Dukung Tiang Pondasi

Berdasarkan Penyelidikan Tanah CPT

$$\begin{aligned} P_{\text{tiang}} &= C_n \cdot \frac{A}{n_1} + JHP \cdot \frac{K}{n_2} \\ P_{\text{ijin 1 tiang}} &= 119,663 \times \frac{50 \times 50}{3} + 672 \times \frac{200}{5} = \\ &= 126,599 \text{ ton} \end{aligned}$$

3.5.3 Daya Dukung Tiang Pondasi

Berdasarkan Data Penyelidikan SPT

$$\begin{aligned} P_{\text{tiang}} &= 40 Ni \frac{A}{n} \\ &= 40 \times 23 \times \frac{50 \times 50}{3} = 766,67 \text{ ton} \end{aligned}$$

Dari perhitungan diperoleh nilai berdasarkan CPT lebih kecil dibanding SPT, maka daya dukung ijin tiang pancang digunakan nilai perhitungan CPT sebesar 126,599 ton.

3.5.4 Kebutuhan Tiang Pancang Pada Pondasi

Dari hasil analisa struktur menggunakan SAP 2000, didapatkan reaksi perletakan terbesar dari masing-masing kombinasi pembebanan yaitu :

M_{ux}	= 11845,24 kgm = 11,84524 tonm
M_{uy}	= 18006,90 kgm = 18,00690 tonm
N_u	= 807479,37 kg

Kebutuhan Tiang Pancang :

Jumlah kebutuhan tiang pancang untuk satu kelompok :

$$n = \frac{\sum P}{P_{\text{ijin}}} = \frac{853825,17}{126599,4989} = 5,74430 \approx 6 \text{ buah}$$

Jumlah tiang pancang yang digunakan 6 buah tiang ukuran 50 cm x 50 cm.

3.5.5 Perhitungan Efisiensi Kelompok Tiang Pancang

$$\begin{aligned} P_{\text{group tiang}} &= \eta \times P_{\text{ijin}} \\ &= 0,72725 \times 126,599 \times 6 \\ &= 552,423 \text{ ton} \end{aligned}$$

3.5.6 Kontrol Beban Maksimum (Pmax) 1 Tiang Pancang Pondasi Tipe 1

Beban maksimum yang bekerja pada suatu tiang pancang dalam kelompok dihitung berdasarkan gaya aksial dan momen-momen yang bekerja pada tiang tersebut. Secara umum rumus yang dipakai untuk menghitung beban maksimum pada satu tiang adalah :

$$P_{\text{maks}} = \frac{\sum P}{n} \pm \frac{M_x \cdot x_{\text{maks}}}{n_x \sum x^2} \pm \frac{M_y \cdot y_{\text{maks}}}{n_y \sum y^2} < n_x P_{\text{ijin}}$$

Diambil salah satu contoh perhitungan dengan P terbesar diantara 6 tiang pancang :
 $P_3 = 148,804$ ton
 Dari perhitungan di atas diperoleh
 $P_{maks} = P_3 = 148,804$ ton < $P_{ijin} = 552,423$ ton (OK)

3.5.7 Perencanaan Pile Cap

Data Perencanaan :

Dimensi pile cap = $2,9 \text{ m} \times 4,2 \text{ m}$
 Tebal pile cap = $0,9 \text{ m}$
 Dimensi kolom = $0,7 \text{ m} \times 0,65 \text{ m}$
 Mutu beton ($f'c$) = 45 MPa
 Mutu tulangan baja (f_y) = 390 MPa
 Diameter tulangan = 25 mm
 Selimut beton = 70 mm
 Tinggi efektif (d_x) = $817,5 \text{ mm}$
 Tinggi efektif (d_y) = $792,5 \text{ mm}$

Tulangan perlu arah X

Asperlu = $0,0036 \times 4200 \times 817,5 = 12360,6 \text{ mm}^2$
 Dipakai tulangan 26D25 ($A_s = 12763 \text{ mm}^2$)

Jarak antar tulangan X

$$s = \frac{4200 - (2 \times 70) - (2 \times 25)}{26 - 1} = 160,4 \text{ mm}$$

Dipasang jarak 150 (26 D25-150)

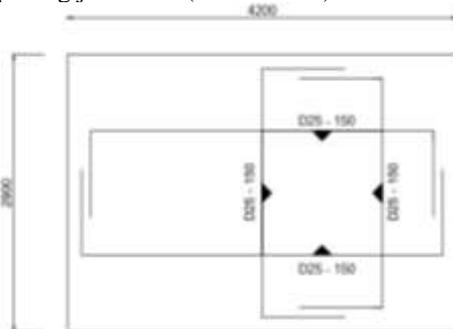
Tulangan perlu arah Y

Asperlu = $0,0036 \times 2900 \times 792,5 = 8273,7 \text{ mm}^2$
 Dipakai tulangan 18D25 ($A_s = 8836 \text{ mm}^2$)

Jarak antar tulangan Y

$$s = \frac{2900 - (2 \times 70) - (2 \times 25)}{18 - 1} = 159,411 \text{ mm}$$

Dipasang jarak 150 (18 D25-150)



Gambar 20 Penulangan Pada Pile Cap

3.5.7 Perencanaan Sloof

Data Perencanaan sloof :

$P_{ukolom} = 807479,37 \text{ kg}$
 $P_{usloof} = 80747,937 \text{ kg}$
 Panjang sloof = $7,35 \text{ m}$
 Dimensi sloof = $600 \text{ mm} \times 600 \text{ mm}$

Mutu beton ($f'c$) = 45 MPa
 Mutu tulangan baja (f_y) = 390 MPa
 Tulangan utama = 25 mm
 Tulangan sengkang = 12 mm
 Selimut Beton = 50 mm
 $d = 525,5 \text{ mm}$

Tegangan yang terjadi pada sloof kemudian di kontrol dengan tegangan ijin tarik beton dan hasil dari tegangan yang terjadi haruslah lebih kecil dari tegangan ijin. P

$$f_{\text{terjadi}} = \frac{P_u}{\phi b h} = \frac{807479,37}{0,8 \times 600 \times 600} = 2,8037 \text{ MPa} < f_{\text{ijin}} = 3,35 \text{ MPa (OK)}$$

3.5.8 Penulangan Lentur Sloof

Penulangan sloof didasarkan pada kondisi pembebanan dimana beban yang direncanakan adalah beban aksial dan lentur sehingga penulangan seperti penulangann kolom. Analisa penulangan membutuhkan diagram interaksi M-N yang dibantu dengan program komputer PCACOL yang ditunjukkan seperti Gambar 3.18.

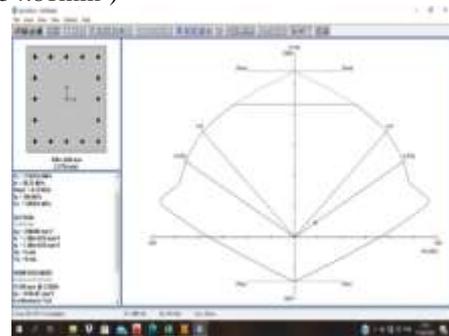
$$M_u = \frac{1}{8} \cdot q_u \cdot l^2 = \frac{1}{8} \cdot 2609,6 \cdot 7,35^2 = 17622,1395 \text{ kgm}$$

$$P_{u\text{sloof}} = P_u \text{ kolom} \times 10\% = 807479,37 \text{ kg} \times 10\% = 80747,937 \text{ kg}$$

Dari hasil analisa PCACOL (Gambar 3.18) didapat :

$$\rho = 2,27 \%$$

Tulangan sloof yang digunakan 16D25 : ($A_s = 8154,81 \text{ mm}^2$)



Gambar 21 Diagram Interaksi Sloof

3.5.9 Penulangan Geser Sloof

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

$$V_c = \left(1 + \frac{2609,6}{14 \times 600 \times 600}\right) \left(\frac{\sqrt{45}}{6}\right) \times 600 \times 527 = 353705,393 \text{ N}$$

$$0,5 \cdot \phi \cdot V_c = 0,5 \times 0,75 \times 353705,393 = 132639,52 \text{ N}$$

Cek kebutuhan sengkang

PERENCANAAN KANTOR DINAS KEBUDAYAAN DAN PARIWISATA MENGUNAKAN STRUKTUR BAJA SISTEM RANGKA BRESING KONSENTRIK KHUSUS TIPE TWO STORY X DI KOTA YOGYAKARTA

(Muhamad Dimas Andriansyah, Utari Khatulistiani)

$$V_u \leq 0,5 \cdot \phi \cdot V_c \quad (\text{SNI 2847-2002})$$

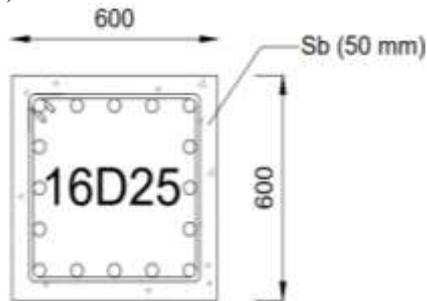
pasal 13.5.5)

$$9590,28 \text{ N} \leq 132639,522 \text{ N}$$

Jadi dipasang tulangan geser minimum :

$$\frac{d}{2} = \frac{525,5}{2} = 262,75 \text{ mm}$$

Dipasang sengkang D22 - 200 mm ($A_s = 1901 \text{ mm}^2$)



Gambar 22 Penulangan Pada Sloof

4. KESIMPULAN DAN SARAN

4.1 Kesimpulan

1. Struktur Gedung Perkantoran memiliki nilai drift atau simpangan horisontal baik arah X (bentang panjang) maupun arah Y (bentang pendek) yang lebih kecil dari simpangan ijin. Nilai simpangan terbesar untuk arah X = 0,0515 mm dan arah untuk arah Y = 0,043497 mm. Hal ini menunjukkan bahwa bresing pada struktur mempunyai kemampuan menahan beban gempa yang terjadi.
2. Berikut dimensi struktur dan dimensi sambungan yang digunakan dalam perencanaan :

Struktur kolom	: WF 400.400.30.50
Balok induk lantai	: WF 400.400.16.24
Balok anak lantai	: WF 350.350.19.19
Balok induk atap	: WF 400.300.10.16
Balok anak atap	: WF 300.300.15.15

 Baut sambungan menggunakan A325 diameter 19 mm, 30 mm dan 35 mm, mutu baut 825 MPa.

4.2 Saran

1. Perlu dilakukan studi lebih lanjut untuk mendapatkan hasil perbandingan yang lebih baik dengan mempertimbangkan aspek teknis, nilai ekonomis dan nilai estetika, sehingga dari hasil perbandingan menjadi semakin efisien. Serta diharapkan perencana dapat mendekati kondisi sesungguhnya di lapangan dan hasil yang diperoleh sesuai dengan tujuan perencanaan yang kuat, ekonomis dan tepat waktu dalam pelaksanaannya.

DAFTAR PUSTAKA

- Agus Setiawan, 2013, *Perencanaan Struktur Baja dengan Metode LRFD (Berdasarkan SNI 03-1729-2002)*, Edisi kedua, Erlangga, Jakarta.
- Badan Standardisasi Nasional 2002, *Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Bangunan Gedung SNI 03-1726-2012*, Jakarta.
- Badan Standardisasi Nasional, 2002, *SNI 03-1727-1989 Perencanaan Pembebanan Untuk Rumah dan Gedung*, Pusat Litbang Bandung.
- Badan Standardisasi Nasional, 2002, *Tata Cara Perencanaan Struktur Baja Untuk Bangunan Gedung SNI 03-1729-2002*, Pusat Litbang Bandung.
- Biantoro, Fernanda Koes, dan Utari Khatulistiani, "PERENCANAAN GEDUNG HOTEL AYANA MENGGUNAKAN STRUKTUR BAJA SISTEM BRESING KONSENTRIK KHUSUS TIPE TWO STORY X DI KOTA MATARAM." axial: jurnal rekayasa dan manajemen konstruksi 7.3 (2019): 173-182.
- Fauzi, A., 2008, *Modifikasi Perencanaan Menggunakan Sistem Rangka Bresing Kosentris Khusus Pada Gedung Apartment Metropolis*, Institut Teknologi Sepuluh November Surabaya.
- Khatulistiani, U., 2019, *Analisa Drift Gedung Struktur Baja Tahan Gempa Menggunakan Kombinasi Two Story X Bracing dan X Bracing Di Surabaya*, Jurnal Axial, Rekayasa dan Manajemen Konstruksi, Volume 7, Halaman 01-16.
- Khatulistiani, U., 2003, *Perencanaan Balok Komposit Menggunakan Metode LRFD*, Jurnal axial, Majalah Ilmiah Teknik Sipil, Volume 5, Halaman 95-102.
- Marwan Ibrahim, 1997, *Konstruksi Baja, Diktat Kuliah Teknik Sipil*, FTSP-ITS, Surabaya.
- Moestopo, M., 2012, *Struktur Bangunan Baja Tahan Gempa*, Seminar dan Pameran HAKI, Jakarta.
- Oentong, 199, *Konstruksi Baja*, LPPM Universitas Kristen Petra Surabaya.