PERENCANAAN GEDUNG LIMA LANTAI DENGAN STRUKTUR BETON DAN BAJA

Haryono Syalim[1)]Aryanto[2)] Eddy Samsurizal[2)]

[1)] Mahasiswa Fakultas Teknik Jurusan Teknik Sipil Universitas Tanjungpura Pontianak
[2)] Dosen Pembimbing Fakultas Teknik Jurusan Teknik Sipil Universitas Tanjungpura Pontianak

Email : haryonosyalim123@gmail.com

ABSTRAK

Struktur baja dan struktur beton bertulang dapat digunakan sebagai material untuk struktur gedung. Sebagai perencana suatu struktur gedung dengan menggunakan struktur baja dan struktur beton, harus berdasarkan peraturan yang berlaku seperti SNI-03-2847-2013 tentang perencanaan struktur beton bertulang, SNI 03-1729-2002 mengenai perhitungan terhadap struktur baja dengan metode LRFD, dan SNI-1726-2012 mengenai perencanaan ketahanan struktur terhadap gempa. Perencanaan struktur gedung 5 lantai akan ditinjau terhadap beban mati, beban hidup, serta beban angin dan beban akibat gempa dengan bantuan aplikasi *ETABS 2015*. Perencanaan struktur pada struktur atas menggunakan struktur baja, struktur lantai 1 dan fondasi menggunakan struktur beton bertulang. Hasil output gaya dalam dari bantuan program *ETABS 2015* akan digunakan dalam melakukan perencanaan dimensi pelat, balok, balok komposit, kolom dan fondasi.Wilaya Kabupaten Kubu Raya dalam SNI-1726-2012 termasuk daerah zona gempa dengan Kategori Desain Seismik (KDS) antara KDS A dan B. Perencanaan tugas akhir ini merupakan KDS A sehingga pengaruh gempa dapat tidak diperhitungkan ataupun tidak dibatasi untuk diperhitungkan dengan Sistem Rangka Pemikul Momen Biasa (SRPMB).

Kata kunci : SNI 03-1729-2002, Struktur beton bertulang, Struktur baja, Sistem Rangka Pemikul Momen Biasa (SRPMB), gempa, komposit, *base plate*, LRFD

ABSTRACT

*(**Design of 5th building with concrete reinforcement structure and Steel Structure**) Steel structure and reinforcement concrente can be used as material for building structure. As engineer for building structure with steel structure and reinforcement concrete structure, must according to the Indonesian National Standart SNI-03-2847-2013 for reinforcement concrete structure, SNI 03-1729-2002 for steel structure with LRFD method, and SNI-1726-2012 for strength of structure with earthquake load. Design and Calculation of 5 floors structure will be design used dead load, live load, wind load, and earthquake load with application ETABS 2015. Steel structure used on 2th floor to 5th floor and for the base plate and 1st used concrete reinforcement. Output Result from structure with application ETABS 2015 will be used to design of dimension plate, beam, composite beam, column and foundation.According to Indonesian National Standard SNI 1726-2012, Kubu Raya Regency was include in earthquake zone with Design Seismic Category A and B. In this design, the design seismic category used A that the influece of earthquake not to be calculate or not restricted to be calculated used Ordinary Moment Resisting Frame.*

***Keyword**:* SNI 03-1729-2002, *Reinforcement Concrete, Steel Structure, Ordinary Moment Resisting Frame, earthquake, composite, base plate, LRFD*

I. PENDAHULUAN

Dewasa ini, pembangunan gedung-gedung bertingkat merupakan salah satu solusi untuk mengatasi permasalahan kebutuhan pembangunan infrastruktur. Gedung yang semakin meningkat dengan keterbatasan lahan yang tersedia. Gedung-gedung bertingkat yang dibangun digunakan untuk memenuhi kebutuhan manusia seperti tempat tinggal, gedung perkantoran, gedung pergudangan, dan berbagai kebutuhan lainnya.

Dengan perkembangan yang sangat pesat pada ilmu statika, membuat perencanaan gedung bertingkat menjadi semakin aman sehingga perencanaan dapat mendekati kondisi pada saat dilakukan pembangunan di lapangan. Selain perkembangan ilmu statika, perkembangan informasi mengenai daerah-daerah yang terpengaruh oleh gempa pada saat ini membuat daerah Kalimantan Barat menjadi salah satu daerah yang termasuk dalam wilayah gempa. Material baja menjadi salah satu pilihan dalam elemen konstruksi saat ini.

Beberapa keunggulan baja sebagai material konstruksi, antara lain :

Mempunyai kekuatan tinggi, sehingga dapat mengurangi ukuran struktur serta berat struktur. Hal ini cukup memberikan keunggulan bagi struktur-struktur jembatan yang panjang, gedung yang tinggi atau juga bangunan-bangunan yang berada pada kondisi tanah yang buruk (Agus, 2008).

Keseragaman dan keawetan yang tinggi, tidak seperti halnya material beton bertulang yang terdiri dari berbagai macam bahan penyusun, material baja lebih seragam/homogen serta mempunyai tingkat keawetan yang jauh lebih tinggi jika prosedur perawatan dilakukan secara benar (Agus, 2008)

Baja mempunyai perilaku yang cukup dekat dengan asumsi-asumsi yang digunakan untuk melakukan analisis, sebab baja dapat berperilaku elastis hingga tegangan yang cukup tinggi mengikuti Hukum Hooke. Momen inersia dari suatu profil baja juga dapat dihitung dengan pasti sehingga memudahkan dengan melakukan proses analisis struktur(Agus, 2008)

Daktalitas baja cukup tinggi. Suatu batang baja yang menerima tegangan tarik yang tinggi akan mengalami regangan cukup besar sebelum terjadi keruntuhan (Agus, 2008)

Beberapa keuntungan lain pemakaian baja sebagai material konstruksi adalah kemudahan penyambungan antar elemen yang satu dengan yang lainnya menggunakan alat sambung las atau baut. Pembuatan baja melalui proses gilas panas mengakibatkan baja menjadi mudah dibentuk menjadi penampang-penampang yang diinginkan. Kecepatan pelaksanaan konstruksi baja juga menjadi suatu keunggulan material baja (Agus, 2008)

Selain keuntungan-keuntungan yang dimiliki oleh material baja, material baja juga memiliki beberapa kekurangan, terutama dari sisi pemeliharaan. Konstruksi baja yang berhubungan langsung dengan udara atau air, secara periodik harus dicat. Perlindungan terhadap bahaya kebakaran juga harus menjadi perhatian yang serius, sebab material baja akan mengalami penurunan kekuatan secara drastis akibat kenaikan temperatur yang cukup tinggi, disamping itu baja juga merupakan konduktor panas yang baik, sehingga nyala api dalam suatu bangunan dapat menyebar dengan lebih cepat (Agus, 2008).

Perencanaan gedung hotel menggunakan struktur baja untuk struktur atas dan struktur beton bertulang sebagai tumpuan fondasi (base plate) untuk kolom struktur baja. Struktur rangka dengan elemen balok dan kolom menggunakan struktur baja, dan pelat menggunakan pelat beton bertulang. Perilaku antara balok baja dan pelat beton bertulang dianalisa sebagai balok komposit dengan menggunakan penghubung geser.

Adapun tujuan penulisan adalah :

a. Memahami dan mendalami langkah-langkah dalam merencanakan elemen-elemen struktur baja pada gedung bertingkat yaitu balok, kolom, pelat, dan fondasi.
b. Mampu melakukan perhitungan struktur baja sehingga tercapainya keamanan sesuai dengan peraturan.

II. METODOLOGI DAN PUSTAKA

Struktur Beton Bertulang

Berdasarkan Pasal 8.5.2 SNI 2847-2013 modulus elastisitas baja tulangan nonprategang E_s dapat diambil 200000 Mpa. Sedangkan pada Pasal 8.5.1 SNI 2847-2013, modulus elastisitas beton dapat ditentukan berdasarkan Persamaan 1

$$E_c = w_c^{1,5} 0{,}043 \sqrt{f_c'} \quad (1)$$

dengan w_c = 1440-2560 kg/m^3

Untuk beton normal, modulus elastisitas dapat diambil sebagaimana Persamaan 2

$$E_c = 4700 \sqrt{f_c'} \quad (2)$$

Struktur Baja

Desain struktur baja di Indonesia diatur didalam peraturan SNI 03-1729-2002 Spesifikasi untuk bangunan gedung baja struktural.

Tabel 1. Sifat Mekanis Baja Struktural (*SNI 03-1729-2002)*

Jenis Baja	Tegangan putus minimum (f_u) MPa	Tegangan leleh minimum (f_y) MPa	Peregangan Minimum (%)
BJ34	340	210	22
BJ37	370	240	20
BJ41	410	250	18
BJ50	500	290	16
BJ55	550	410	13

Sifat-sifat mekanis lainnya dari baja struktural untuk maksud perencanaan ditetapkan sebagai berikut :

Modulus Elastisitas (E) = 200.000 MPa
Modulus Geser (G) = 80.000 MPa
Nisbah poisson (μ) = 0,3
Koefisien pemuaian (α) = 12 x 10-6/°C

Desain Metode Load and Resistance Factor Design (LRFD)

Metode LRFD merupakan metode yang menggunakan konsep probabilitas dalam perencanaannya. Metode LRFD menggunakan desain probabilitas metode First Order Second Moment (FOSM) yang menggunakan karateristik statistik yang lebih mudah dari tahanan dan beban. Secara umum, suatu struktur dinyatakan aman apabila memenuhi persyaratan Persamaan 3

$$ØR_n \geq \sum \gamma_i . Q_i \qquad (3)$$

dimana :

Ø = faktor reduksi
Rn = Tahanan nominal
γi = faktor beban
Qi = beban yang bekerja

Berdasarkan SNI 03-1729-2002 pasal 6.4.3, Batas-batas lendutan untuk keadaan kemampuan-layan batas harus sesuai dengan struktur, fungsi penggunaan, sifat pembebanan, serta elemen-elemen yang didukung oleh struktur tersebut. Batas lendutan maksimum diberikan dalam tabel.

Tabel 2. *Batas Lendutan Maksimum (SNI 03-1729-2002)*

Komponen struktur dengan beban tidak terfaktor	Beban tetap	Beban sementara
Balok pemikul dinding atau finishing yang getas	L/360	-
Balok biasa	L/240	-
Kolom dengan analisis orde pertama saja	h/500	h/200
Kolom dengan analisis orde kedua	h/300	h/200

Tahanan lentur balok dalam desain LRFD harus memenuhi persyaratan SNI 03-1729-2002, seperti Persamaan 4

$$\phi_b M_n > M_u \qquad (4)$$

dimana :

M_u = momen lentur akibat beban terfaktor

M_n = tahanan momen nominal

$Ø_b$ = 0,90

Dalam perhitungan tahanan momen nominal antara penampang kompak, tidak kompak, dan langsing ditentukan dengan ketentuan sebagai berikut

a. Penampang kompak : $\lambda < \lambda_p$

b. Penampang tidak kompak : $\lambda_p < \lambda < \lambda_r$

c. Penampang langsing : $\lambda > \lambda_r$

Tahanan momen nominal untuk balok terkekang lateral dengan penampang kompak, seperti Persamaan 5

$$M_n = M_p = Z . f_y \qquad (5)$$

dimana :

M_p = Tahanan Momen Plastis

Z = Modulus Plastis

f_y = tegangan leleh (MPa)

Tahanan momen nominal untuk balok terkekang lateral dengan penampang tidak kompak, seperti Persamaan 6

$$M_n = \frac{\lambda_r - \lambda}{\lambda_r - \lambda_p} M_p + \frac{\lambda - \lambda_p}{\lambda_r - \lambda_p} M_r \qquad (6)$$

dimana :

λ = Kelangsingan penampang balok

λ_r, λ_p = dalam tabel 7.5-1 SNI 03-1729-2002

f_y = tegangan leleh (MPa)

Suatu komponen struktur yang mengalam gaya tekan konsentris, akibat beban terfaktor berdasarkan SNI 03-1729-2002 Pasal 9.1 harus memenuhi Persamaan 7

$$N_{u\ tekan} \leq \phi_c N_{n\ tekan} \qquad (7)$$

Dimana :

$N_{u\ tekan}$ = gaya tekan aksial terfaktor

$N_{n\ tekan}$ = Kuat tekan nominal komponen struktur

$N_n = A_g f_{cr}$

$Ø_c$ = 0,85

Tegangan kritis untuk daerah elastik, dirumuskan sebagaimana Persamaan 8

$$\lambda_c = \frac{\lambda}{\pi}\sqrt{\frac{f_y}{E}} \qquad (8)$$

Kuat tekan nominal Nn struktur tekan dihitung sebagaimana Persamaan 9

$$N_{n\ tekan} = A_g f_{cr} = \frac{A_g f_y}{\omega} \qquad (9)$$

Dengan besarnya ω ditentukan oleh λ_c yaitu

a. Untuk $\lambda_c < 0{,}25$, maka $\omega = 1$

b. Untuk $0{,}25 < \lambda_c < 1{,}2$, maka

$$\omega = \frac{1.43}{1{,}6 - 0{,}67\lambda_c}$$

c. Untuk $\lambda_c > 1{,}2$, maka $\omega = 1{,}25\lambda_c$

Desain LRFD Komponen Struktur Balok Kolom

Perencanaan komponen struktur balok-kolom, diatur dalam SNI 03-1729-2002 Pasal 11.3 yang menyatakan bahwa suatu komponen struktur yang mengalami momen lentur dan gaya aksial harus direncanakan untuk memenuhi ketentuan sebagaimana Persamaan 10 dan Pers. 11

a. Untuk $\frac{N_u}{\emptyset N_n} \geq 0{,}2$

$$\frac{N_u}{\emptyset N_n} + \frac{8}{9}\left(\frac{M_{ux}}{\emptyset_b M_{nx}} + \frac{M_{uy}}{\emptyset_b M_{ny}}\right) \leq 1{,}0 \qquad (10)$$

b. Untuk $\frac{N_u}{\emptyset N_n} < 0{,}2$

$$\frac{N_u}{2\emptyset N_n} + \left(\frac{M_{ux}}{\emptyset_b M_{nx}} + \frac{M_{uy}}{\emptyset_b M_{ny}}\right) < 1{,}0 \qquad (11)$$

Untuk suatu komponen struktur, maka besarnya momen lentur terfaktor harus dihitung sebagaimana Persamaan 12

$$M_u = \delta_b M_{ntu}$$

$$\delta_b = \frac{C_m}{1-\left(\frac{N_u}{N_{e_1}}\right)} \geq 1{,}0 \qquad (12)$$

dimana :

N_u = gaya tekan aksial terfaktor

N_{e_1} = gaya tekan menurut Euler dengan kL/r terhadap sumbu lentur

$k \leq 1{,}0$ (untuk komponen struktur tak bergoyang)

Sambungan Struktur Baja

Terdapat dua jenis sambungan dalam struktur baja yang umum digunakan yaitu sambungan baut dan sambungan las.

Tabel 3. Tipe-tipe Baut (Agus, 2008)

Tipe Baut	Diameter (mm)	*Proof Stress* (MPa)	Kuat Tarik Min. (MPa)
A307	6,35 – 104	-	60
A325	12,7 – 25,4	585	825
	28,6 – 38,1	510	725
A490	12,7 – 38,1	825	1035

Suatu baut yang memikul beban terfaktor (Ru) sesuai dengan persyaratan LRFD harus memenuhi Persamaan 13

$$R_u \leq \emptyset R_n \qquad (13)$$

dimana :

R_u = Beban terfaktor

R_n = Tahanan nominal baut

$\emptyset$ = 0,75

Tahanan nominal satu buah baut yang memikul gaya geser memenuhi persamaan sebagaimana Persamaan 14

$$R_n = mr_1 f_u^b A_b \qquad (14)$$

dimana :

r_1 = 0,50 untuk baut tanpa ulir pada bidang geser

r_1 = 0,40 untuk baut dengan ulir pada bidang geser

f_u^b = kuat tarik baut (MPa)

A_b = luas bruto penampang baut pada daerah tak berulir

m = jumlah bidang geser

Tahanan nominal satu buah baut yang memikul gaya tarik memenuhi persamaan sebagaimana Persamaan 15

$$R_n = 0{,}75 f_u^b A_b \qquad (15)$$

dimana :

f_u^b = kuat tarik baut (MPa)

A_b = luas bruto penampang baut pada daerah tak berulir

Tahanan tumpu nominal semua baut dihitung dengan persamaan sebagai berikut.

$$R_n = 2{,}4 d_b t_p f_u \qquad (16)$$

dimana :

f_u = kuat tarik putus terendah dari baut atau pelat

d_b = diameter baut pada daerah tak berulir

tp = tebal pelat

Untuk sambungan yang memikul kombinasi gaya geser dan tarik, persamaan interaksi geser dan tarik dari berbagai penelitian direpresentasikan sebagai persamaan lingkaran berikut ini

$$\left[\frac{R_{ut}}{\emptyset_t R_{nt}}\right]^2 + \left[\frac{R_{uv}}{\emptyset_v R_{nv}}\right]^2 \leq 1$$

$R_{nt} = 0{,}75 f_u^b A_b$

$R_{nv} = m.\,0{,}5.\, f_u^b A_b$ untuk baut tanpa ulir dalam bidang geser

$R_{nv} = m.\,0{,}5.\, f_u^b A_b$ untuk baut dengan ulir dalam bidang geser

Sambungan las merupakan salah satu jenis sambungan yang umum digunakan dalam struktur baja

Tabel 4. Ukuran minimum las sudut (Agus, 2008)

Tebal Pelat (t mm)	Ukuran minimum las

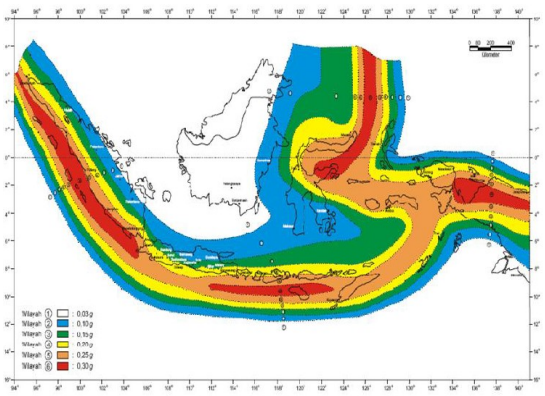
paling tebal	sudut (a, mm)
t ≤ 7	3
7 < t ≤ 10	4
10 < t < 15	5
15 < t	6

Struktur Gempa

Suatu struktur harus direncanakan terhadap gaya horizontal yaitu akibat gaya gempa. Struktur yang baik harus dapat menahan gaya gempa sehingga struktur tidak mengalami kegagalan struktur pada saat terjadinya gempa. Gempa rencana ditetapkan sebagai gempa dengan kemungkinan terlewati besarnya selama umur struktur bangunan 50 tahun adalah sebesar dua persen berdasarkan SNI 03-1726-2012

Tabel 5. Percepatan puncak batuan dasar dan percepatan puncak muka tanah untuk masing-masing Wilayah Gempa Indonesia (SNI 03-1726-2002)

Wilayah Gempa	Percepatan puncak batuan dasar ('g')	Percepatan puncak muka tanah A_0 ('g')			
		Tanah Keras	Tanah Sedang	Tanah Lunak	Tanah Khusus
1	0,03	0,03	0,04	0,08	Diperlukan evaluasi khusus di setiap lokasi
2	0,10	0,12	0,15	0,23	
3	0,15	0,18	0,22	0,30	
4	0,20	0,24	0,28	0,34	
5	0,25	0,29	0,33	0,36	
6	0,30	0,33	0,36	0,36	



Gambar 1. Wilayah Gempa Indonesia dengan percepatan puncak batuan dasar dengan periods ulang 500 tahun (SNI 03-1726-2002)

Pembebanan

Beban adalah gaya luar yang bekerja pada suatu struktur. Besar beban yang bekerja pada suatu struktur diatur oleh peraturan pembebanan yang berlaku. Berdasarkan SNI 03-1727-1989, beban yang bekerja pada suatu struktur yaitu beban mati, beban hidup, dan beban angin. Dalam SNI 03-1726-2012, diatur ketentuan beban gempa yang bekerja pada suatu struktur

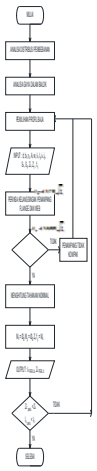
Dalam SNI 03-1729-2002 Pasal 6.2.2 mengenai kombinasi pembebanan, dinyatakan bahwa dalam perencanaan suatu struktur baja harus memenuhi jenis-jenis kombinasi pembebanan sebagai berikut :

$$1{,}4D$$
$$1{,}2D + 1{,}6\,L + 0{,}5\,(La\ atau\ H)$$
$$1{,}2D + 1{,}6\,(La\ atau\ H) + (\gamma L.L\ atau\ 0{,}8W)$$
$$1{,}2D + 1{,}3\,W + \gamma L.L + 0{,}5\,(La\ atau\ H)$$
$$1{,}2D \pm 1{,}0E + \gamma L.L$$
$$0{,}9D \pm (1{,}3W\ atau\ 1{,}0E)$$

Metodologi Perhitungan

Secara garis besar, metode yang digunakan dalam penulisan tugas akhir ini terbagi menjadi:

1. Studi Pustaka (Library Research)
   Studi literatur merupakan metode yang digunakan untuk mendapatkan pengetahuan pengetahuan mengenai topik yang diangkat. Studi literatur dari buku – buku, jurnal – jurnal serta peraturan – peraturan yang berkaitan dengan perencanaan gedung yang akan dibangun. peraturan yang digunakan yaitu Standar Tata Cara Perhitungan Struktur Beton (SNI 2847 – 2013), Spesifikasi untuk bangunan gedung baja struktural (SNI 03-1729-2002), dan Peraturan Perencanaan Tahan Gempa Indonesia untuk Gedung dan Non Gedung (SNI 1726 – 2012).
2. Program Analisa Struktur dengan menggunakan bantuan program *ETABS 2015* dengan langkah perencanaan yaitu Desain Struktur, *Preliminary Design*, Analisa Pembebanan Struktur, pemodelan struktur, desain dimensi elemen struktur, desain sambungan struktur, pembuatan gambar kerja.



Gambar 2. Diagram Alir Perencanaan Struktur.

III. ANALISA DAN PEMBAHASAN

Analisa Struktur

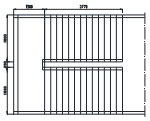
Adapun data-data yang digunakan adalah sebagai berikut :

Fungsi gedung	: Hotel ,Restoran
Jenis struktur	: Baja dan Beton Bertulang
Sistem struktuR	: SRPMB
Jenis tanah	: Tanah lunak
Letak wilayah	: Kubu Raya
Jumlah lantai	: 5 lantai
Panjang bangunan	: 32,5 m
Lebar bangunan	: 15,5 m
Tinggi lantai 1	: 4,5 m
Tinggi lantai 2-Atap	: 3,5 m
Tinggi total bangunan	: 20,5 m
Mutu beton (fc')	: 25 Mpa
Mutu baja (fy) deform	: 400 MPa
Mutu baja (fy) polos	: 240 MPa

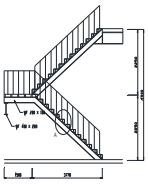
Hasil Perencanaan Tangga

Tangga Lantai 1 – Lantai 2

Perbedaaan elevasi (H) : 4,5 m
Tinggi anak tangga (Optrede) : 17 cm
Lebar injakan (A) : 29 cm
Menurut Djojowirono (1984), Syarat kenyamanan tangga :
$60 < (2O+A) < 65$
$60 < 63 < 65$
Jumlah anak tangga : 26 anak tangga
Lebar bordes, b_O : 1500 mm
Lebar tangga : 2 x 180 cm
Sudut elevasi tangga (α) : 31^o



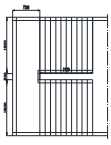
Gambar 3. Site Plan Struktur Tangga Lantai 1 – Lantai 2



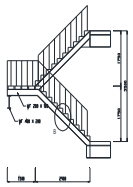
Gambar 4. Tampak Samping Struktur Tangga Lantai 1 – Lantai 2

Tangga Lantai 2 – Lantai 3,dst.

Perbedaaan elevasi lantai (H) : 3,5 m
Tinggi anak tangga (Optrede) : 17 cm
Lebar injakan (A) : 29 cm
Menurut Djojowirono (1984), Syarat kenyamanan tangga :
60 < (2.O+A) < 65
60 < 63 < 65 … OK
Jumlah anak tangga : 20 anak tangga
Lebar bordes, bo : 1500 mm
Lebar tangga : 2 x 180 cm
Sudut elevasi tangga (α) : 31°



Gambar 5. Site Plan Struktur Tangga Lantai 2 – Lantai 3



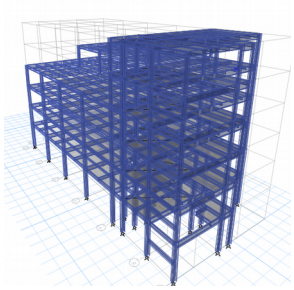
Gambar 6. Site Plan Struktur Tangga Lantai 2 – Lantai 3

Perencanaan Lift

Jumlah lift yang diperlukan = 2 buah
Kecepatan lift = 1,0 m/s
Kapasitas penumpang maksimum = 6 orang
Kapasitas muatan lift = 450 kg

Pemodelan Struktur

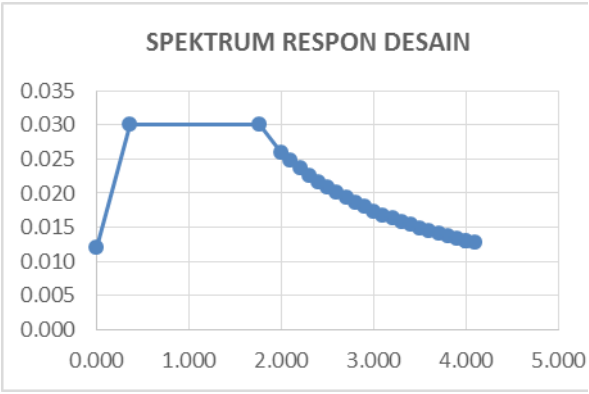
Desain struktur dilakukan dengan program *ETABS 2015*. Model analisis gempa yang digunakan adalah analisis dinamik yang telah dikalikan faktor skala guna memenuhi syarat base shear minimum 85% gaya geser $V = C_S W$ berdasarkan SNI 1726-2012 pasal 7.9.4.1.
Untuk Kabupaten Kubu Raya, diketahui beberapa parameter sebagai berikut :



Gambar 7. Pemodelan Struktur pada program *ETABS 2015*

Tabel 6. Parameter Gempa Disain Spektra

TANAH LUNAK (SE)	
Ss (g)	0,018
S1 (g)	0,022
Fa	2,5
Fv	3,5
Sms (g)	0,045
Sm1 (g)	0,078
SDS (g)	0,030
SD1 (g)	0,052
T0 (detik)	0,352
Ts (detik)	1,759



Gambar 8. Hubungan periode dengan Sa spektrum respons desain (berdasarkan *http://puskim.pu.go.id)*

Dalam perencanaan gempa pada struktur di bawah ini menggunakan respon spektrum dalam pembebanan gempa. Untuk kategori desain seismik A, struktur diasumsikan oleh penulis sebagai sistem rangka pemikul momen biasa. Untuk bangunan penahan beban lateral berupa sistem rangka pemikul momen biasa maka didapat nilai:

R = 3,5 $\Omega_0 = 3$ C_d = 3

Bangunan berfungsi untuk hotel dan restoran termasuk kedalam kategori resiko II, maka faktor keutamaan gempa $I_e = 1$.

Dengan $S_{D1} = 0{,}052g$ didapat $C_u = 1{,}7$ dan rangka baja pemikul momen biasa $C_t = 0{,}0724$ dan $x = 0{,}8$. (Tabel 15 SNI 1726-2012)

Tinggi gedung (h) = 21,5 m

Nilai periode fundamental pendekatan (Ta):

$T_a = C_t h_n{}^x = 0{,}0724 \cdot 21{,}5^{0{,}8} = 0{,}843\ detik$

$C_u T_a = 1{,}7 \cdot 0{,}843 = 1{,}433\ detik$

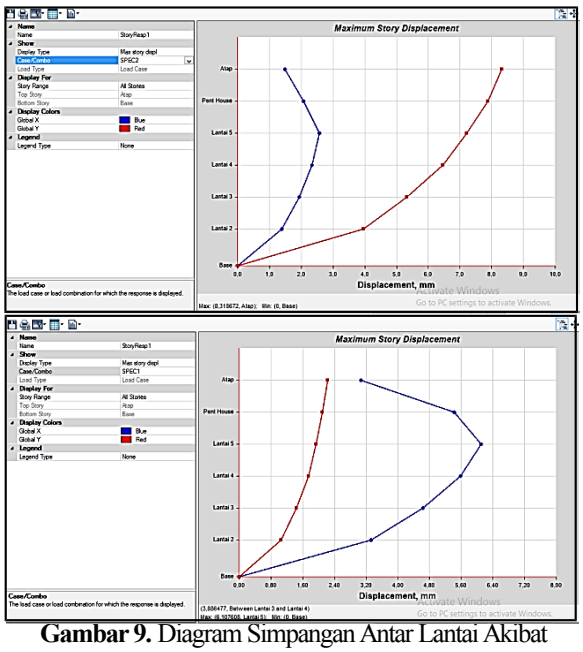
Maka dari hasil analisis struktur dengan program ETABS 2015 diperoleh kombinasi respons untuk geser dasar ragam dinamik (V_t):

$V_{t\,x} = 123{,}2354\ kN \geq 0{,}85V$

$V_{t\,y} = 123{,}2847\ kN \geq 0{,}85V$

Berdasarkan pasal 7.9.1 SNI 1726:2012 analisis harus dilakukan untuk menentukan ragam getar alami untuk struktur. Analisis harus menyertakan jumlah ragam yang cukup untuk mendapatkan partisipasi massa ragam terkombinasi sebesar paling sedikit 90 % dari massa aktual dalam masing-masing arah horisontal ortogonal dari respons yang ditinjau oleh model. Berdasarkan analisis program ETABS 2015, jumlah partisipasi massa pada mode ke 12 mencapai 90%.

Simpangan antar lantai yang diijinkan untuk struktur rangka pemikul momen khusus dengan kategori desain seismik A adalah Δa.= 0,02h_sx.



Gambar 9. Diagram Simpangan Antar Lantai Akibat beban Gempa pada program *ETABS 2015*

Beban angin yang bekerja pada struktur yaitu sebesar 0,25 kN/m2. Beban angin diasumsikan sebagai beban merata lateral pada struktur gedung. Berdasarkan peraturan PPPURG 1987 Pasal 2.1.3.3 menyatakan bahwa untuk bidang-bidang luar, koefisien angin hisap dan angin tekan pada dinding vertikal yaitu

Di pihak angin (angin tekan) = 0,9

Di belakang angin (angin hisap) = -0,4

Berdasarkan koefisien beban angin, didapatkan bahwa untuk beban angin yang bekerja pada struktur sebagai berikut

Di pihak angin (angin tekan)= 0,9 x 0,25 = 0,225 kN/m^2

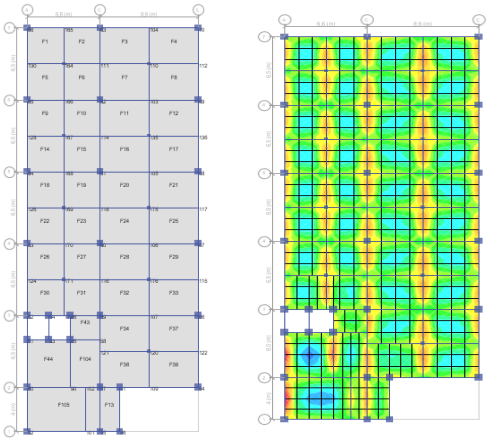
Di belakang angin (angin hisap)=-0,4 x 0,25 = -0,1 kN/m^2

Perencanaan Pelat

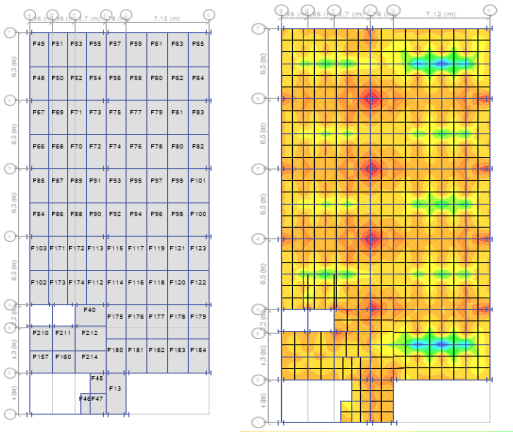
Hasil Output pelat dengan bantuan program ETABS 2015 digunakan untuk mendapatkan rencana penulangan pelat sesuai dengan SNI 2847:2013.

Tabel 7. Tabel Rekapitulasi Perencanaan Penulangan Pelat Lantai 1 dan Lantai 2

Lantai	Arah Penulangan	Jenis Penulangan
Lantai 1	Lapangan Arah Y	Wiremesh M8
	Lapangan Arah X	Wiremesh M8
	Tumpuan Arah Y	Wiremesh M8
	Tumpuan Arah X	Wiremesh M8
Lantai 2 (Tipikal)	Lapangan Arah Y	Wiremesh M8
	Lapangan Arah X	Wiremesh M8
	Tumpuan Arah Y	Wiremesh M8
	Tumpuan Arah X	Wiremesh M10



Gambar 10. Denah Pelat Lantai 1



Gambar 11. Denah Pelat Lantai 2

Analisa Struktur Utama Elemen Balok Kolom

Struktur utama yang akan dianalisis mencakup bagian atas (upper structure) yang terdiri dari balok baja dan kolom baja. Analisis yang digunakan adalah analisis 3 dimensi dengan bantuan aplikasi ETABS 2015.

Syarat dari anlisa elemen balok kolom pada struktur baja yaitu :

1. Kombinasi lentur dan aksial

$$\frac{N_u}{2\emptyset N_n} + \left(\frac{M_{ux}}{\emptyset_b M_{nx}} + \frac{M_{uy}}{\emptyset_b M_{ny}}\right) \leq 1$$

2. Kombinasi lentur dan geser

$$\frac{M_u}{\emptyset M_n} + 0{,}625\frac{V_u}{\emptyset V_n} \leq 1{,}375$$

3. Defleksi
   Berdasarkan SNI 03-1729-2002 Pasal 6.4.3 membatasi besarnya lendutan maksimum yang timbul pada balok yaitu

$$\Delta_{izin} = \frac{L}{360}$$

Hasil analisa dimensi balok dan kolom baja sebagai berikut

Tabel 8. Tabel Rekapitulasi Perencanaan Dimensi Balok Baja Lantai 2

Panjang	Dimensi (mm)	*Existing*	Syarat			
			Lentur Aksial	Lentur Geser	Defleksi	Izin
mm					mm	mm
8900	WF 600 x 200	WF 500 x 200	0,760	0,9285	10,96	24,72
6600	WF 600 x 200	WF 500 x 200	0,3722	0,4880	3,02	24,72
6500	WF 400 x 200	WF 400 x 200	0,5216	0,6779	9,6	18,05
3250	WF 300 x 150	WF 250 x 125	0,4457	0,5506	1,39	9,03

Tabel 9. Tabel Rekapitulasi Perencanaan Dimensi Kolom Baja

Existing	Panjang (mm)	Dimensi (mm)	Syarat
			Lentur Aksial
WF 350x350	4000	WF 400 x 400	0,8315
WF 300x300	3500	WF 350 x 350	0,571
WF 250x250	3500	WF 300 x 300	0,4057

Sambungan Balok Anak dan Balok Induk Struktur Baja

Sambungan balok direncanakan dengan menggunakan sambungan baut. Baut yang digunakan dalam perencanaan yaitu baut A325 dengan diameter 12,7 mm (1/2").

Sambungan Balok Induk dan Kolom Struktur Baja

Sambungan balok kolom direncanakan dengan menggunakan sambungan baut dan sambungan las. Baut yang digunakan dalam perencanaan yaitu baut A325 dengan diameter 25,4 mm.

Perencanaan Balok Komposit

Mencari lebar efektif

$$b_E \leq \frac{L}{4} = \frac{8900}{4} = 2225\ mm$$

$$b_E \leq b_o = 3250\ mm$$

Diambil nilai $b_E = 2225\ mm$

Menentukan nilai n:

$$E_{beton} = 4700\sqrt{f_c'} = 4700\sqrt{25} = 23500\ MPa$$
$$E_{baja} = 200000\ MPa$$
$$n = \frac{E_{baja}}{E_{beton}} = \frac{200000}{23500} = 8{,}51$$
$$\frac{b_E}{n} = \frac{2225}{8{,}51} = 261{,}457\ mm$$

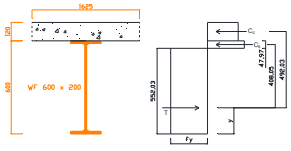
Menentukan lokasi sumbu netral

Tabel 10 Penentuan Lokasi sumbu netral

	Luas Transformasi (mm^2)	Lengan Momen y (mm)	A.Y (mm^3)
Pelat Beton	31.373	60	1.882.350
Profil WF	13.440	420	5.644.800
$\sum A$	44.813	$\sum Ay$	7.527.150

$$y_a = \frac{\sum Ay}{\sum A} = \frac{7527150}{44813} = 167{,}968\ mm$$

Nilai y jatuh pada penampang baja.



Gambar 12. Diagram tegangan balok WF 600 x 200

Menghitung kuat lentur nominal

$$C_c = 0{,}85 f_c' b_E t_s = 0{,}85(25)(2225)(120) = 5$$
$$C_s = \frac{A_s f_y - 0{,}85 f_c' b_E t_s}{2}$$
$$C_s = -1224075\ N$$
$$M_n = C_c d_2' + C_s d_1'$$
$$M_n = 2292{,}17\ kNm$$
$$\emptyset M_n = 0{,}85(2292{,}17)$$
$$\emptyset M_n = 1948{,}35\ kNm > M_u = 377{,}0076\ kNn$$

Jumlah stud yang diperlukan yaitu

$$N = \frac{V_h}{Q_n} = \frac{3225600}{77016{,}462} = 41{,}882\ buah\ stuD$$
$$N \approx 42\ buah\ stud\ \left(\frac{1}{2}\ bentang\right)$$

Gunakan minimum 42 buah stud untuk ½ bentang balok, atau 88 buah stud untuk keseluruhan bentang. Jika dua buah stud dipasang tiap penampang melintang, jarak antar stud adalah

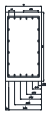
$$s_{positif} = \frac{5685}{\frac{84}{2}} = 135{,}36\ mm$$

Struktur Utama Beton Bertulang

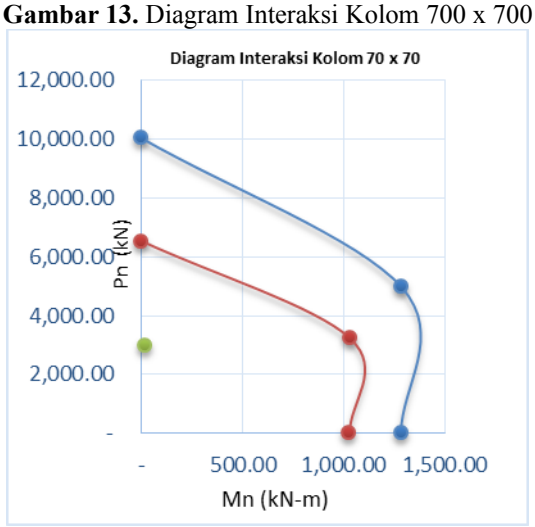
Hasil Output Gaya Dalam *ETABS 2015* digunakan dalam perencanaan tulangan longitudinal dan sengkang sesuai dengan SNI 2847-2013.

Tabel 11. Tabel Rekapitulasi Penulangan Balok Beton Bertulang Lantai 1

Tipe Balok	Area	dimensi (mm)	Longitudinal		Sengkang
			Atas	Bawah	
B1	Tumpuan	300 x 600	4D19	2D19	Ø10 - 80
	Lapangan		2D19	3D19	Ø10 - 100
BA1	Tumpuan	250 x 500	2D19	3D19	Ø100 - 100
	Lapangan		2D19	2D19	Ø100 - 140



Gambar 13. Diagram Interaksi Kolom 700 x 700



Gambar 14. Diagram Interaksi Kolom 700 x 700

Perencanaan Fondasi

Direncanakan pondasi tapak dengan tiang pancang beton bertulang. Meyerhoff (1956) menganjurkan formula daya dukung untuk tiang pancang dengan menggunakan data SPT sebagai berikut:

$$Q_U = 40 N_b A_p + 0{,}2 N A_s$$

Direncanakan tiang pancang dengan kedalaman 30 m dengan data berikut:

Dimensi : 30 cm x 30 cm

SF : 2,5

Luas penampang dasar tiang:

$A_p = 30 \cdot 30 = 900\ cm^2 = 0{,}090\ m^2$

Luas selimut tiang :

$A_s = 30 \cdot 2\ (0.3 + 0.3) = 36\ m^2$

Daya dukung setiap tiang pancang:

$Q_U = 40 N_b A_p + 0{,}2 N A_s$

Dari data N-SPT tanah diperoleh nilai:

$N_b = 15$ dan $N = \frac{(133)}{15} = 8{,}867$

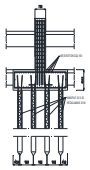
$Q_U = 117{,}8424\ ton$

Daya dukung izin setiang tiang:

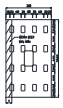
$$Q_a = \frac{Q_U}{SF} = \frac{117{,}8424}{2{,}5} = 47{,}137\ ton$$

Daya dukung izin setiap tiang dikurangi berat tiang sendiri:

$Q_a = 47{,}137 - (0{,}090 \cdot 30) 2{,}4 = 40{,}657\ ton$



Gambar 15. Tampak Potongan Fondasi



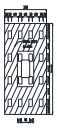
Gambar 16. Geser Fondasi 1 Arah

$V_u = 907{,}935\ kN \leq \phi V_c = 1627{,}155\ kN$

Daya dukung tiang pancang dalam menahan gaya geser yaitu

$V_c = 4(40{,}657) = 162{,}628\ ton > V_u = 90{,}7935\ ton$

Jadi tebal poer mampu menahan geser satu arah.



Gambar 17. Geser Fondasi 2 Arah

$V_u = 3020{,}46\ kN \leq \phi V_c = 4944{,}96\ kN$

Daya dukung tiang pancang dalam menahan gaya geser yaitu

$V_c = 10(40{,}657) = 400{,}657\ ton > V_u = 302{,}046\ ton$

Jadi tebal poer mampu menahan geser dua arah.

Lebar (b) = 3,6 m

Panjang (h) = 3,6 m

Tinggi (t) = 0,8 m

Selimut beton = 80 mm

Mutu beton = 25 MPa

Mutu baja = 400 MPa

Diameter tulangan utama D22 mm.

Faktor reduksi: $\phi_m = 0{,}9$

Tinggi efektif $d = 709\ mm$

Gaya aksial terfaktor ultimit:

$W_U = 426{,}8032\ ton$

$P = 266{,}752\ kN$

$M_{ux} = M_{uy} = 1920{,}61\ kN \cdot m$

$$R_n = \frac{M_u}{\phi b d^2} = \frac{1920{,}61 \cdot 10^6}{0{,}9 \cdot 3600 \cdot 709^2} = 1{,}179$$

$$\rho_{perlu} = \frac{0{,}85 f_c'}{f_y}\left(1 - \sqrt{1 - \frac{2R_n}{0{,}85 f_c'}}\right)$$

$$\rho_{perlu} = \frac{0{,}85 \cdot 25}{400}\left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot 1{,}179}{0{,}85 \cdot 25}}\right) = 0{,}00303$$

$\rho_{perlu} < \rho_{min}$, maka digunakan $\rho = 0{,}0035$

$As_{perlu} = \rho b d = 0{,}0035 \cdot 3600 \cdot 709 = 8933{,}4\ mm^2$

$As_{D22} = 379{,}940\ mm^2$

Jarak antar tulangan:

$$s_{erlu} = b \frac{As_{D22}}{As_{perlu}} = 3600 \frac{379{,}940}{8933{,}4} = 153{,}11\ mm$$

Maka dipasang tulangan lentur D22

IV KESEIMPULAN

1. Perbandingan dimensi struktur baja yang didapatkan dari hasil analisis pada perhitungan dalam pembahasan dengan menggunakan beban gempa dan angin dan dimensi struktur existing yaitu :
   a. Dimensi balok induk struktur baja panjang 8,9 meter dan panjang 6,6 meter direncanakan dengan profil WF 600 x 200, dan profil existing digunakan profil WF 500 x 200.
   b. Dimensi balok induk struktur baja panjang 6,5 meter direncanakan dengan profil WF 400 x 200, dan profil existing digunakan profil WF 400 x 200.
   c. Dimensi balok induk struktur baja panjang 3,25 meter direncanakan dengan profil WF

300 x 150, dan profil existing digunakan profil WF 250 x 125.

d. Dimensi kolom struktur baja lantai 2 dan lantai 3 direncanakan dengan profil WF 400 x 400, dan profil existing digunakan profil WF 350 x 350.
e. Dimensi kolom struktur baja lantai 4 dan lantai 5 direncanakan dengan profil WF 350 x 350, dan profil existing digunakan profil WF 300 x 300.
f. Dimensi kolom struktur baja lantai Pent House dan lantai Atap direncanakan dengan profil WF 300 x 300, dan profil existing digunakan profil WF 250 x 250.
g. Kolom beton bertulang tinggi 0,5 meter direncanakan dengan dimensi kolom 700 x 700 mm, dengan tulangan utama 20D19 dan tulangan sengkang Ø10-150 mm, dengan dimensi existing kolom dengan ukuran 600 x 600 mm.
h. Balok induk lantai 1 dengan dimensi rencana 300 x 600 mm, dengan dimensi existing 300 x 600 mm.
i. Balok anak lantai 1 dengan dimensi rencana 250 x 500 mm, dengan dimensi existing 250 x 500 mm.

2. Terdapat perbedaan dimensi dari hasil perhitungan desain dan dimensi existing. Perbedaan dimensi ini karena pada analisa dalam tugas akhir ini memasukkan pengaruh beban gempa.

DAFTAR PUSTAKA

Agus, S., 2008. Perencanaan Struktur Baja dengan Metode LRFD. *Edisi Kedua berdasarkan SNI 03-1729-200*2. Jakarta : Erlangga

SNI 1726: 2012 tentang Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non Gedung.2012.

SNI 2847:2013 tentang Persyaratan Beton Struktural untuk Bangunan Gedung.2013.

SNI 03-1729-2002. Spesifikasi untuk bangunan gedung baja structural.2002.

SNI 03-1727-1989. Pedoman Perencanaan Pembebanan untuk Rumah dan Gedung.1989