

PERHITUNGAN STRUKTUR GEDUNG 7 LANTAI SEKOLAH TINGGI ILMU KEPERAWATAN (STIK) MUHAMMADIYAH PONTIANAK

Sekar Devita¹⁾, Elvira²⁾ dan Cek Putera Handalan³⁾

¹⁾ Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Tanjungpura Pontianak

^{2,3)} Dosen Teknik Sipil, Universitas Tanjungpura Pontianak

Email : sekardevita29@gmail.com

ABSTRAK

Seiring dengan berkembangnya ilmu pengetahuan maka peraturan yang mengatur tentang konstruksi bangunan juga terus diperbarui dengan menyesuaikan perkembangan zaman. Hal tersebut dapat terlihat pada peraturan terbaru yang menunjukkan bahwa Kota Pontianak termasuk dalam zona gempa ringan berdasarkan SNI 1726-2019 sehingga setiap bangunan di Kota Pontianak memerlukan perhitungan parameter gaya gempa agar tidak menimbulkan dampak kerugian yang besar. Maka dari itu akan dilakukan perhitungan struktur gedung 7 lantai Sekolah Tinggi Ilmu Keperawatan (STIK) Muhammadiyah Pontianak dimana struktur yang digunakan adalah struktur beton bertulang dengan Sistem Rangka Pemikul Momen dan dibatasi hanya untuk perencanaan struktur atas bangunan (pelat lantai, balok, kolom) serta struktur bawah bangunan (fondasi). Analisis struktur dilakukan dengan bantuan program analisis struktur dengan dimensi struktur yang digunakan adalah pelat lantai dengan tebal 100 mm, balok induk 250/500 mm dan 300/600 mm, balok anak 200/400 mm, serta kolom K1 600×600 mm dan K2 D-600 mm. Gedung ini termasuk dalam KDS D sehingga sistem struktur pemikul gaya seismik yang digunakan adalah Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus (SRPMK). Pada struktur tersebut terdapat ketidakberaturan horizontal tipe 5 atau ketidakberaturan sistem nonparalel. Berdasarkan hasil analisis perhitungan dalam merencanakan tulangan setiap komponen struktur sudah memenuhi persyaratan yang terdapat pada Standar Nasional Indonesia (SNI).

Kata Kunci: analisis struktur, sistem rangka pemikul momen khusus, struktur gedung

ABSTRACT

Along with the development of science, the regulation of building construction is also continuously updated by adjusting to the times. This can be seen in the latest regulation which shows that Pontianak City is included in the minor earthquake zone based on SNI 1726-2019, thus every building in Pontianak City requires earthquake force parameter calculation so as not to cause large losses. Therefore, the calculation of 7-storey building structure of Muhammadiyah Pontianak College of Nursing will be carried out where the structure used is reinforced concrete structure with Moment-Resisting Frame System and restricted only for the planning of upper structure (floor slab, beam, column) and lower structure (foundation). Structural analysis was carried out with the assist of a structural analysis program with the dimensions of the structure used were floor slabs with a thickness of 100 mm, primary beams of 250/500 mm and 300/600 mm, secondary beam of 200/400 mm, and columns K1 600×600 mm and K2 D-600mm. This building is classified in KDS D therefore the seismic force resisting structure system used is Special Moment-Resisting Frame System (SMRFS). In this structure, there is a type 5 horizontal irregularity or non-parallel system irregularity. Based on the results of calculation analysis in designing the reinforcement of each structural component, it has completely qualified for the requirements contained in the Indonesian National Standard (SNI).

Keywords: structural analysis, special moment-resisting frame system, building structure

I. PENDAHULUAN

Sekolah Tinggi Ilmu Keperawatan (STIK) Muhammadiyah Pontianak berlokasi di Jalan Sungai Raya Dalam Gang Ceria V Nomor 10, Pontianak, Kalimantan Barat. Seiring dengan meningkatnya jumlah mahasiswa yang diterima dan adanya penambahan program studi, maka untuk memenuhi kebutuhan ruang dan menyesuaikan ketersediaan lahan yang ada ialah dengan melakukan pembangunan gedung bertingkat. Gedung ini dikenal dengan nama Gedung K.H. Ahmad Dahlan yang merupakan gedung 7 lantai yang memiliki berbagai fungsi diantaranya

sebagai Ruang Aula Ki Bagus Hadikusumo, ruang teater, ruang perkuliahan, ruang dosen, ruang rapat, dan lain-lain.

Dalam perencanaan sebuah gedung harus dapat menjamin kekuatan dan fungsi dari gedung itu sendiri dimana gedung harus mampu memikul beban mati, beban hidup, beban angin, dan beban gempa. Kota Pontianak termasuk dalam zona gempa ringan berdasarkan Peta Sumber dan Bahaya Gempa Indonesia Tahun 2017 dimana pada peta gempa sebelumnya, Kota Pontianak belum termasuk wilayah yang dapat terjadi gempa. Walaupun kemungkinan

kerusakan akibat gempa di Kota Pontianak ini sangat kecil, namun beban gempa perlu diwaspadai dan diperhitungkan pada perencanaan suatu gedung agar tidak menimbulkan dampak kerugian yang besar.

Berdasarkan latar belakang tersebut maka diambil judul “Perhitungan Struktur Gedung 7 Lantai Sekolah Tinggi Ilmu Keperawatan (STIK) Muhammadiyah Pontianak” dimana akan dilakukan perhitungan struktur beton bertulang menggunakan Sistem Rangka Pemikul Momen pada gedung yang sudah berdiri tersebut dengan memperhitungkan beban gempa dan diharapkan dapat menjadi referensi pembangunan gedung yang memperhitungkan beban gempa di Kota Pontianak.

Adapun tujuan yang ingin dicapai adalah sebagai berikut:

1. Memahami dasar dan tahapan dalam perhitungan struktur gedung berdasarkan pada Standar Nasional Indonesia (SNI) dimana menggunakan SNI 2847-2019, SNI 1727-2020, dan SNI 1726-2019.
2. Mampu melakukan analisis struktur pada gedung bertingkat dengan menggunakan program analisis struktur.
3. Mampu mengolah hasil analisis struktur ke dalam perhitungan struktur beton bertulang.
4. Mampu merencanakan fondasi pada gedung bertingkat.

Adapun data-data fisik yang digunakan dalam perhitungan struktur gedung ini adalah sebagai berikut:

1. Struktur : Beton Bertulang
2. Jumlah Lantai : 7
3. Panjang Bangunan : 36,00 m
4. Lebar Bangunan : 18,50 m
5. Tinggi Lantai 1 : 3,60 m
6. Tinggi Lantai 2 - 6 : 4,00 m
7. Tinggi Lantai 7 : 5,00 m
8. Tinggi Total Bangunan : 28,60 m
9. Spesifikasi Material :
 - a. Mutu Beton (f_c') = 30 MPa
 - b. Mutu Baja Ulir (f_y) = 400 MPa
 - c. Mutu Baja Polos (f_y) = 240 MPa

II. METODOLOGI DAN PUSTAKA

Perhitungan struktur beton bertulang pada Gedung 7 Lantai Sekolah Tinggi Ilmu Keperawatan (STIK) Muhammadiyah Pontianak menggunakan program analisis struktur dan juga menggunakan metode studi pustaka. Data-data yang diperlukan untuk menunjang perhitungan struktur ini berupa data gambar arsitektural gedung, spesifikasi material, dan data tanah. Struktur gedung direncanakan menggunakan Sistem Rangka Pemikul Momen yang disesuaikan dengan persyaratan yang terdapat pada Standar Nasional Indonesia (SNI).

Adapun langkah-langkah yang dilakukan untuk perhitungan struktur gedung adalah sebagai berikut:

1. Pengumpulan Data
Mengumpulkan data-data yang diperlukan seperti data gambar arsitektural gedung, spesifikasi material, dan data tanah. Spesifikasi material harus sesuai dengan ketentuan pada Pasal 19.2.1.1 SNI 2847-2019 untuk mutu beton (f_c') serta Pasal 20.2.2.4 SNI 2847-2019 untuk mutu baja tulangan ulir dan tulangan polos (f_y).
2. Preliminary Design
Menentukan dimensi struktur baik pelat lantai, balok, maupun kolom yang dilakukan secara manual dan berpedoman pada SNI 2847-2019. Dimensi struktur tersebut dapat digunakan pada perhitungan selanjutnya. Selain menentukan dimensi struktur utama, dalam tahapan ini juga dilakukan perencanaan sarana pendukung gedung berupa tangga dan lift.
3. Analisis Struktur
Analisis struktur menggunakan program analisis struktur dimana dilakukan dengan Full 3D.
 - a. Pemodelan Struktur
Pemodelan struktur mencakup struktur bagian atas (*upper structure*) yang terdiri dari:
 - Balok dan kolom dimodelkan sebagai elemen *frame* dengan kedua ujungnya dimodelkan sebagai jepit-jepit. Berdasarkan Pasal 6.6.3.1.1 SNI 2847-2019, momen inersia pada balok direduksi menjadi $0,35I_g$ sedangkan momen inersia pada kolom direduksi menjadi $0,70I_g$.
 - Pelat lantai serta pelat tangga dan bordes dimodelkan sebagai *slab* dengan tipe *shell-thin*. Berdasarkan Pasal 6.6.3.1.1 SNI 2847-2019, momen inersia pada pelat lantai serta pelat tangga dan bordes direduksi menjadi $0,25I_g$. Untuk tangga dianalisis bersama dengan komponen struktur lainnya.
 - Lift dimodelkan sebagai beban terpusat yang bekerja pada balok pengatrol mesin dan balok perletakan mesin.
 - b. Pembebanan Struktur
Menentukan beban-beban yang bekerja pada struktur utama gedung yang meliputi beban mati, beban hidup, beban angin, dan beban gempa serta kemudian beban-beban tersebut dikombinasikan agar diperoleh gaya-gaya dalam yang terjadi pada elemen struktur tersebut.
 - c. Pemeriksaan Perilaku Struktur
Tahapan pemeriksaan perilaku struktur dilakukan dengan berpedoman pada SNI

1726-2019 yang meliputi rasio partisipasi modal massa, faktor skala gaya gempa, simpangan antar tingkat, pengaruh P-delta, ketidakberaturan horizontal pada struktur, dan ketidakberaturan vertikal pada struktur.

d. Perhitungan Gaya-Gaya Dalam

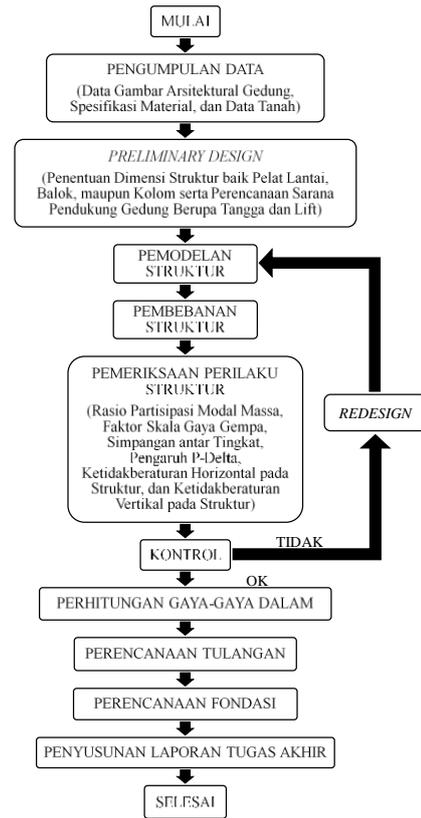
Sebelum *run analysis* pada program analisis struktur dilakukan, ada beberapa tambahan asumsi perencanaan yang perlu dimasukkan pada program analisis struktur yang meliputi *modal case*, *mass source*, asumsi fondasi sebagai jepit karena fondasi akan direncanakan menggunakan fondasi dalam atau fondasi tiang pancang, nilai *Rigid Zone Factor*, diafragma, *frame auto mesh*, *floor auto mesh*, *set active degrees of freedom* dimana dilakukan dengan Full 3D, *set load cases to run*, dan meng-*click* pilihan *Calculate Diaphragm Centers of Rigidity*. Setelah semua tambahan asumsi perencanaan tersebut dimasukkan pada program analisis struktur, maka *run analysis* dapat dilakukan dengan meng-*click* *Run Now*. Hasil dari analisis tersebut akan digunakan untuk perhitungan selanjutnya dimana gaya dalam yang dihasilkan merupakan gaya dalam yang bekerja pada struktur utama gedung akibat dari kombinasi pembebanan.

4. Perencanaan Tulangan

Gaya dalam yang diperoleh pada tahapan analisis struktur digunakan untuk merencanakan tulangan setiap elemen struktural dan dilakukan secara manual. Perencanaan tulangan disesuaikan dengan kriteria Sistem Rangka Pemikul Momen.

5. Perencanaan Fondasi

Dalam merencanakan fondasi dilakukan dengan pemilihan jenis fondasi yang sesuai dengan kondisi tanah dan memperhitungkan gaya aksial yang bekerja. Perencanaan fondasi meliputi daya dukung fondasi, pemeriksaan geser pada *pile cap*, dan perencanaan tulangan pada *pile cap*.



Gambar 1. Diagram Alir Perhitungan Struktur Gedung (Sumber : Hasil Peneliti, 2021)

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

Preliminary Design

Balok memikul beban vertikal berupa beban mati dan beban hidup dalam arah memanjang dan arah melintang, serta kolom yang menjadi tumpuan balok dianggap jepit. Perencanaan awal dimensi balok menggunakan rumus tinggi minimum balok pada Tabel 9.3.1.1 SNI 2847-2019 dimana hasil perhitungan dalam menentukan dimensi balok adalah sebagai berikut:

Tabel 1. Penentuan Dimensi Balok

(Sumber : Hasil Peneliti, 2021)

	Bentang (mm)	Dimensi Balok (mm)	Nama Balok
Balok Induk	2250	250/500	B1
Balok Induk	6500	250/500	B1
Balok Induk	5000	250/500	B1
Balok Induk	4500	250/500	B1
Balok Induk	5657	250/500	B1
Balok Induk	2475	250/500	B1
Balok Induk	3536	250/500	B1
Balok Induk	3182	250/500	B1
Balok Induk	4000	250/500	B1
Balok Induk	2500	250/500	B1
Balok Induk	8000	300/600	B2
Balok Anak	4000	200/400	B3
Balok Anak	2500	200/400	B3
Balok Anak	2250	200/400	B3

Pelat lantai memikul beban vertikal berupa beban mati dan beban hidup dalam arah memanjang dan melintang, serta balok yang menjadi tumpuan pelat lantai dianggap jepit. Perencanaan awal tebal pelat lantai menggunakan rumus ketebalan minimum pelat lantai pada Tabel 7.3.1.1 SNI 2847-2019 untuk pelat satu arah, Tabel 8.3.1.1 SNI 2847-2019 dan Tabel 8.3.1.2 SNI 2847-2019 untuk pelat dua arah. Berdasarkan ketentuan tersebut maka perencanaan awal dimensi pelat lantai dibuat sama untuk setiap lantai dimana tebal pelat lantai yang digunakan adalah 100 mm.

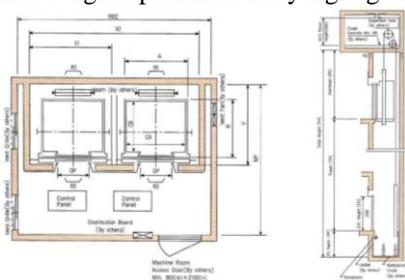
Perencanaan awal dimensi kolom ditentukan dengan menghitung beban-beban yang bekerja pada kolom tersebut. Perhitungan total beban yang bekerja pada kolom menggunakan metode *Tributary Area*. Beban yang ditinjau dalam perencanaan awal dimensi kolom adalah beban vertikal berupa beban mati dan beban hidup. Penentuan dimensi kolom juga harus memenuhi ketentuan pada Pasal 22.4 SNI 2847-2019. Dalam perencanaan ini digunakan dimensi kolom yang seragam di setiap lantainya dimana ada 2 tipe kolom yang digunakan yaitu kolom persegi dengan dimensi 600×600 mm (K1) dan kolom bundar dengan diameter 600 mm (K2).

Pada gedung ini terdapat 4 tipe tangga dengan beda elevasi dan lebar bordes yang berbeda. Tebal pelat tangga dan bordes direncanakan seragam agar momen inersia pelat tangga sama besarnya dengan momen inersia pelat bordes. Tangga direncanakan sebagai pelat satu arah karena pelat hanya memiliki tumpuan di kedua sisinya dimana perencanaan tersebut dilakukan sesuai dengan Tabel 7.3.1.1 SNI 2847-2019 sebagai berikut:

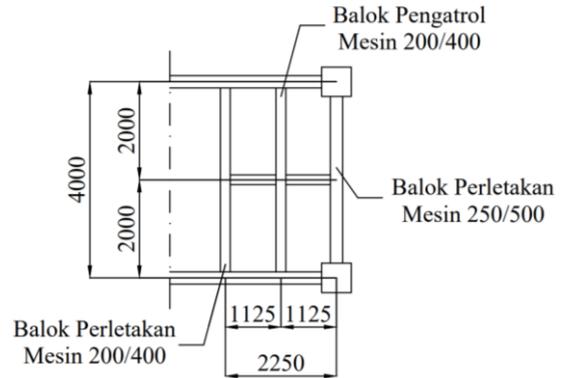
Tabel 2. Perencanaan Awal Tangga
(Sumber : Hasil Peneliti, 2021)

Tangga	Tebal Pelat Tangga dan Bordes (mm)
Tipe 1	200
Tipe 2	120
Tipe 3	120
Tipe 4	150

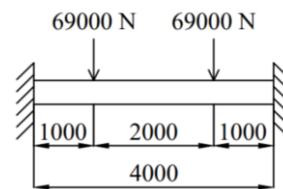
Jumlah lift yang diperlukan pada gedung ini adalah 2 buah. Lift dimodelkan sebagai beban terpusat yang bekerja pada balok pengatrol mesin dan balok perletakan mesin dimana besarnya beban tersebut disesuaikan dengan spesifikasi lift yang digunakan.



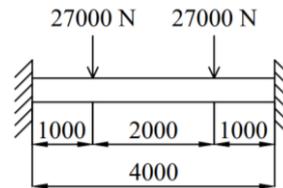
Gambar 2. Denah dan Potongan Lift
(Sumber : Handok Elevator Co., Ltd. Catalog)



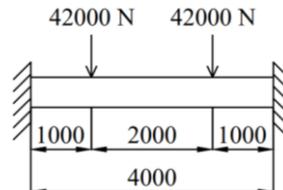
Gambar 3. Denah Balok Pengatrol Mesin dan Balok Perletakan Mesin
(Sumber : Hasil Peneliti, 2021)



Gambar 4. Pembebanan pada Balok Pengatrol Mesin
(Sumber : Hasil Peneliti, 2021)



Gambar 5. Pembebanan pada Balok Perletakan Mesin di Sisi Depan
(Sumber : Hasil Peneliti, 2021)



Gambar 6. Pembebanan pada Balok Perletakan Mesin di Sisi Belakang
(Sumber : Hasil Peneliti, 2021)

Analisis Struktur

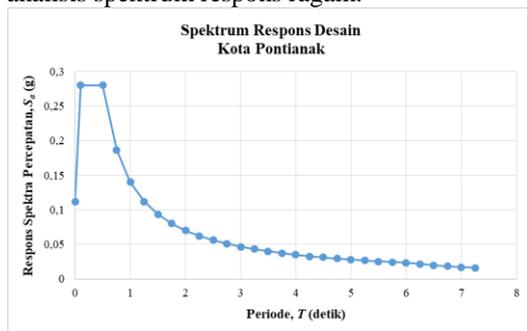
Beban-beban yang bekerja pada struktur terdiri dari beban vertikal dan beban horizontal. Beban vertikal berupa beban mati dan beban hidup sedangkan beban horizontal berupa beban angin dan beban gempa. Untuk beban mati, beban hidup, dan beban angin diatur dalam SNI 1727-2020 sedangkan beban gempa diatur dalam SNI 1726-2019.

1. Beban Mati

Beban mati terdiri dari beban mati akibat berat sendiri (DL) dan beban mati tambahan (SIDL) berupa beban mati tambahan pada balok atau beban dinding, beban mati tambahan pada pelat lantai, serta beban mati tambahan pada tangga.

Untuk beban mati akibat berat sendiri (DL) yang meliputi balok, kolom, pelat lantai, serta pelat tangga dan bordes dihitung secara otomatis oleh program analisis struktur.

2. **Beban Hidup**
Beban hidup disesuaikan dengan fungsi tiap lantai pada suatu gedung dan mengacu pada SNI 1727-2020.
3. **Beban Angin**
Beban angin yang diterapkan dalam analisis struktur gedung ini mengacu pada Pasal 27 Bagian 1 SNI 1727-2020 dimana hasil perhitungan didapat nilai tekanan angin pada permukaan gedung tersebut kurang dari beban angin desain minimum pada Pasal 27.1.5 SNI 1727-2020 sehingga nilai tekanan angin yang digunakan adalah $0,77 \text{ kN/m}^2$ atau 770 N/m^2 . Beban angin yang dimasukkan ke program analisis struktur terlebih dahulu dikonversi menjadi beban garis yang bekerja pada kolom.
4. **Beban Gempa**
Beban gempa diatur secara khusus dalam SNI 1726-2019. Dalam perencanaan gedung ini, untuk beban gempa menggunakan prosedur analisis spektrum respons ragam.



Gambar 7. Spektrum Respons Desain Kota Pontianak

(Sumber : Hasil Peneliti, 2021)

Kategori desain seismik dapat ditentukan berdasarkan kategori risikonya serta nilai S_{DS} dan S_{D1} dimana gedung ini termasuk dalam KDS D sehingga sistem struktur pemikul gaya seismik yang digunakan adalah Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus (SRPMK) dengan koefisien modifikasi respons (R) = 8, faktor kuat lebih sistem (Ω_0) = 3, dan faktor pembesaran simpangan lateral (C_d) = $5\frac{1}{2}$.

Adapun kombinasi pembebanan yang digunakan dalam analisis struktur ini mengacu pada SNI 1727-2020 dan SNI 1726-2019 antara lain sebagai berikut:

1. $1,4D$
2. a. $1,2D + 1,6L + 0,5L_r$
b. $1,2D + 1,6L + 0,5R$
3. a. $1,2D + 1,6L_r + L$
b. $1,2D + 1,6L_r + 0,5W_x$
c. $1,2D + 1,6L_r - 0,5W_x$
d. $1,2D + 1,6L_r + 0,5W_y$

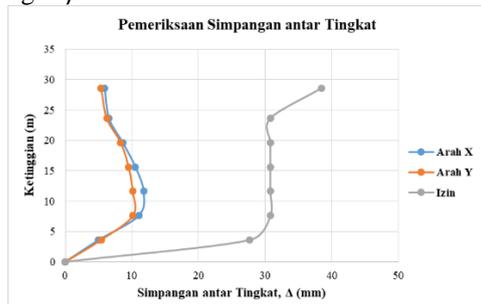
- e. $1,2D + 1,6L_r - 0,5W_y$
- f. $1,2D + 1,6R + L$
- g. $1,2D + 1,6R + 0,5W_x$
- h. $1,2D + 1,6R - 0,5W_x$
- i. $1,2D + 1,6R + 0,5W_y$
- j. $1,2D + 1,6R - 0,5W_y$
4. a. $1,2D + 1,0W_x + L + 0,5L_r$
b. $1,2D - 1,0W_x + L + 0,5L_r$
c. $1,2D + 1,0W_y + L + 0,5L_r$
d. $1,2D - 1,0W_y + L + 0,5L_r$
e. $1,2D + 1,0W_x + L + 0,5R$
f. $1,2D - 1,0W_x + L + 0,5R$
g. $1,2D + 1,0W_y + L + 0,5R$
h. $1,2D - 1,0W_y + L + 0,5R$
5. a. $0,9D + 1,0W_x$
b. $0,9D - 1,0W_x$
c. $0,9D + 1,0W_y$
d. $0,9D - 1,0W_y$
6. a. $(1,2 + 0,2S_{DS})D + 1,3E_x + 0,39E_y + L$
b. $(1,2 + 0,2S_{DS})D + 1,3E_x - 0,39E_y + L$
c. $(1,2 + 0,2S_{DS})D - 1,3E_x + 0,39E_y + L$
d. $(1,2 + 0,2S_{DS})D - 1,3E_x - 0,39E_y + L$
e. $(1,2 + 0,2S_{DS})D + 0,39E_x + 1,3E_y + L$
f. $(1,2 + 0,2S_{DS})D + 0,39E_x - 1,3E_y + L$
g. $(1,2 + 0,2S_{DS})D - 0,39E_x + 1,3E_y + L$
h. $(1,2 + 0,2S_{DS})D - 0,39E_x - 1,3E_y + L$
Dengan $1,2 + 0,2S_{DS} = 1,2 + (0,2 \times 0,280) = 1,256$.
7. a. $(0,9 - 0,2S_{DS})D + 1,3E_x + 0,39E_y$
b. $(0,9 - 0,2S_{DS})D + 1,3E_x - 0,39E_y$
c. $(0,9 - 0,2S_{DS})D - 1,3E_x + 0,39E_y$
d. $(0,9 - 0,2S_{DS})D - 1,3E_x - 0,39E_y$
e. $(0,9 - 0,2S_{DS})D + 0,39E_x + 1,3E_y$
f. $(0,9 - 0,2S_{DS})D + 0,39E_x - 1,3E_y$
g. $(0,9 - 0,2S_{DS})D - 0,39E_x + 1,3E_y$
h. $(0,9 - 0,2S_{DS})D - 0,39E_x - 1,3E_y$
Dengan $0,9 - 0,2S_{DS} = 0,9 - (0,2 \times 0,280) = 0,844$.

Pemeriksaan Perilaku Struktur

Adapun pemeriksaan perilaku struktur adalah sebagai berikut:

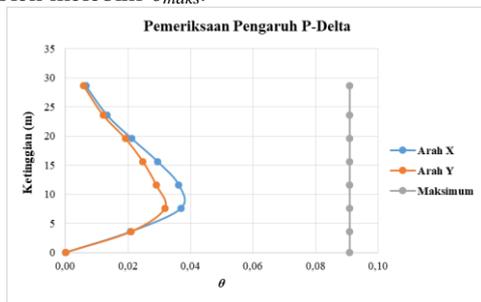
1. **Pemeriksaan Rasio Partisipasi Modal Massa**
Berdasarkan hasil analisis struktur diketahui bahwa massa ragam terkombinasi dengan jumlah ragam sebanyak 12 memenuhi persyaratan Pasal 7.9.1.1 SNI 1726-2019 dengan arah X sebesar 95,5%; arah Y sebesar 95,6%; dan arah Z sebesar 95,4%. Selain itu juga diketahui bahwa gerak ragam pertama pada struktur adalah translasi arah X, kemudian diikuti dengan translasi arah Y, dan kemudian rotasi arah Z.
2. **Faktor Skala Gaya Gempa**
Gaya geser dasar hasil analisis ragam (V_i) lebih dari 100% dari gaya geser (V) yang dihitung melalui metode statik ekuivalen sehingga sesuai dengan ketentuan pada Pasal 7.9.1.4.1 SNI 1726-2019.

- Pemeriksaan Simpangan antar Tingkat Untuk KDS D, simpangan antar tingkat desain (Δ) tidak boleh melebihi Δ_d/ρ untuk semua tingkat dengan ρ adalah faktor redundansi.



Gambar 8. Pemeriksaan Simpangan antar Tingkat (Sumber : Hasil Peneliti, 2021)

- Pemeriksaan Pengaruh P-Delta Berdasarkan Pasal 7.8.7 SNI 1726-2019, apabila koefisien stabilitas (θ) sama dengan atau kurang dari 0,10 maka pengaruh P-delta tidak perlu diperhitungkan. Koefisien stabilitas (θ) juga tidak boleh melebihi θ_{maks} .



Gambar 9. Pemeriksaan Pengaruh P-Delta (Sumber : Hasil Peneliti, 2021)

- Pemeriksaan Ketidakberaturan Horizontal pada Struktur Pemeriksaan tersebut mengacu pada Tabel 13 SNI 1726-2019 dan disesuaikan juga dengan penerapan kategori desain seismik pada struktur yang dianalisis.

Tabel 3. Pemeriksaan Ketidakberaturan Horizontal pada Struktur (Sumber : Hasil Peneliti, 2021)

Tipe	Penjelasan Ketidakberaturan	Keterangan	Pasal Referensi
1a.	Ketidakteraturan torsi	Tidak Ada	
1b.	Ketidakteraturan torsi berlebihan	Tidak Ada	
2.	Ketidakteraturan sudut dalam	Tidak Ada	
3.	Ketidakteraturan diskontinuitas diafragma	Tidak Ada	
4.	Ketidakteraturan akibat pergeseran tegak lurus terhadap bidang	Tidak Ada	
5.	Ketidakteraturan sistem nonparalel	Ada	7.5.3 7.7.3 Tabel 16 11.3.4

- Pemeriksaan Ketidakberaturan Vertikal pada Struktur Pemeriksaan tersebut mengacu pada Tabel 14 SNI 1726-2019 dan disesuaikan juga dengan penerapan kategori desain seismik pada struktur yang dianalisis.

Tabel 4. Pemeriksaan Ketidakberaturan Vertikal pada Struktur (Sumber : Hasil Peneliti, 2021)

Tipe	Penjelasan Ketidakberaturan	Keterangan	Pasal Referensi
1a.	Ketidakteraturan Kekakuan Tingkat Lunak	Tidak Ada	
1b.	Ketidakteraturan Kekakuan Tingkat Lunak Berlebihan	Tidak Ada	
2.	Ketidakteraturan Berat (Massa)	Tidak Ada	
3.	Ketidakteraturan Geometri Vertikal	Tidak Ada	
4.	Ketidakteraturan Akibat Diskontinuitas Bidang pada Elemen Vertikal Pemikul Gaya Lateral	Tidak Ada	
5a.	Ketidakteraturan Tingkat Lemah Akibat Diskontinuitas pada Kekuatan Lateral Tingkat Ketidakberaturan Tingkat Lemah	Tidak Ada	
5b.	Ketidakteraturan Tingkat Lemah Berlebihan Akibat Diskontinuitas pada Kekuatan Lateral Tingkat	Tidak Ada	

Perencanaan Tulangan

Adapun perencanaan tulangan adalah sebagai berikut:

- Tulangan Pelat Lantai Struktur pelat lantai dimodelkan sebagai *slab* dengan tipe *shell-thin* yang berarti pelat lantai diasumsikan menerima beban vertikal dan beban horizontal serta diberi perintah *automesh* dengan ukuran maksimum 1 m \times 1 m. *Output* atau keluaran dari program analisis struktur yang digunakan berupa gaya dalam yang akan digunakan untuk perencanaan tulangan secara manual. Gaya dalam yang dihasilkan pada pelat lantai berupa M_{11} , M_{22} , dan M_{12} yang mana hasil tersebut tidak dapat langsung digunakan dalam perencanaan tulangan tetapi harus diolah terlebih dahulu. Perencanaan pelat lantai direncanakan seragam untuk memudahkan pengerjaan dan mengurangi risiko kesalahan pemasangan di lapangan. Maka dari itu, perencanaan tulangan pelat lantai dilakukan sesuai dengan elevasi dari pelat lantai tersebut. Berikut adalah rekapitulasi

perencanaan tulangan pelat lantai baik arah X maupun arah Y.

Tabel 5. Rekapitulasi Perencanaan Tulangan Pelat Lantai

(Sumber : Hasil Peneliti, 2021)

Story	Daerah	Tulangan yang Digunakan
Lantai Atap	Tumpuan	M8-150
	Lapangan	M8-150
Lantai 7	Tumpuan	M10-100
	Lapangan	M10-100
Lantai 6	Tumpuan	M8-150
	Lapangan	M8-150
Lantai 5	Tumpuan	M8-150
	Lapangan	M8-150
Lantai 4	Tumpuan	M8-150
	Lapangan	M8-150
Lantai 3	Tumpuan	M8-150
	Lapangan	M8-150
Lantai 2	Tumpuan	M8-150
	Lapangan	M8-150
Lantai 1	Tumpuan	M8-100
	Lapangan	M8-100

2. Tulangan Pelat Tangga dan Bordes

Perencanaan tulangan pelat tangga dan bordes pada dasarnya hampir sama dengan perencanaan tulangan pelat lantai. Namun pelat tangga dan bordes direncanakan sebagai pelat satu arah dengan *output* atau keluaran dari program analisis struktur yang digunakan berupa gaya dalam M_{22} dan M_{12} yang akan digunakan untuk perencanaan tulangan secara manual. Gaya dalam yang dihasilkan pada pelat tangga dan bordes tidak dapat langsung digunakan dalam perencanaan tulangan tetapi harus diolah terlebih dahulu. Penulangan pelat tangga dan bordes juga direncanakan seragam untuk memudahkan pengerjaan dan mengurangi risiko kesalahan pemasangan di lapangan. Maka dari itu, perencanaan tulangan pelat tangga dan bordes dilakukan sesuai dengan tipe tangga. Berikut adalah rekapitulasi perencanaan tulangan pelat tangga dan bordes.

Tabel 6. Rekapitulasi Perencanaan Tulangan Pelat Tangga dan Bordes

(Sumber : Hasil Peneliti, 2021)

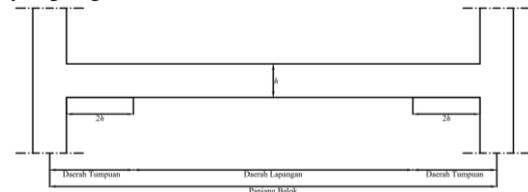
Tangga	Tulangan Lentur		Tulangan Susut dan Suhu
	Tumpuan	Lapangan	
Tipe 1	D13-200	D13-200	D10-150
Tipe 2	D13-200	D13-200	D10-150
Tipe 3	D13-200	D13-200	D10-150
Tipe 4	D13-200	D13-200	D10-150

3. Tulangan Balok

Perencanaan tulangan balok dilakukan sesuai dengan nama balok dan panjang baloknya. Balok dengan nama dan panjang yang sama akan direncanakan memiliki penulangan yang sama baik tulangan lentur, tulangan geser, maupun tulangan torsi. Hal ini dilakukan untuk

memudahkan pengerjaan dan mengurangi risiko kesalahan pemasangan di lapangan.

Panjang balok perlu diperhatikan dalam melakukan perencanaan tulangan balok. Hal ini dikarenakan pada ketentuan Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus (SRPMK), penulangan lentur dan penulangan geser pada balok dilakukan pada dua daerah yaitu daerah tumpuan dan daerah lapangan. Untuk menentukan kedua daerah tersebut dapat merujuk pada Pasal 18.6.4.1 SNI 2847-2019 yang menjelaskan bahwa untuk daerah tumpuan sama dengan $2h$ yang diukur dari muka kolom penumpu ke arah tengah bentang di kedua ujung balok dengan h adalah tinggi balok yang digunakan.



Gambar 10. Daerah Tumpuan dan Lapangan pada Balok SRPMK

(Sumber : Hasil Peneliti, 2021)

Output atau keluaran dari program analisis struktur yang digunakan berupa gaya dalam yang akan digunakan untuk perencanaan tulangan secara manual. Gaya dalam yang dihasilkan pada balok berupa M_3 , V_2 , dan T . Berikut adalah rekapitulasi perencanaan tulangan balok.

Tabel 7. Rekapitulasi Perencanaan Tulangan Lentur pada Balok

(Sumber : Hasil Peneliti, 2021)

Nama Balok	Dimensi Balok (mm)	Daerah	Tulangan Lentur	
			Atas	Bawah
B1a	250/500	Tumpuan	4D19	2D19
		Lapangan	2D19	3D19
B1b	250/500	Tumpuan	5D19	3D19
		Lapangan	2D19	3D19
B2	300/600	Tumpuan	4D19	3D19
		Lapangan	3D19	3D19
B3	200/400	Tumpuan	2D19	2D19
		Lapangan	2D19	2D19

Tabel 8. Rekapitulasi Perencanaan Tulangan Geser pada Balok

(Sumber : Hasil Peneliti, 2021)

Nama Balok	Dimensi Balok (mm)	Daerah	Tulangan Geser
B1a	250/500	Tumpuan	D12-100
		Lapangan	D12-150
B1b	250/500	Tumpuan	D12-100
		Lapangan	D12-150
B2	300/600	Tumpuan	Ø12-100
		Lapangan	Ø12-120
B3	200/400	Tumpuan	Ø10-100
		Lapangan	Ø10-100

Tabel 9. Rekapitulasi Perencanaan Tulangan Torsi pada Balok
(Sumber : Hasil Peneliti, 2021)

Nama Balok	Dimensi Balok (mm)	Daerah	Tulangan Torsi	
			Kiri	Kanan
B1a	250/500	Tumpuan Lapangan	1D16	1D16
B1b	250/500	Tumpuan Lapangan	1D16	1D16
B2	300/600	Tumpuan Lapangan	1D16	1D16
B3	200/400	Tumpuan Lapangan	1D13	1D13

Balok-balok yang direncanakan pada gedung ini sudah memenuhi semua persyaratan balok SRPMK yang terdapat pada Pasal 18.6 SNI 2847-2019.

4. Tulangan Kolom

Dalam merencanakan tulangan pada kolom menggunakan *output* atau keluaran dari program analisis struktur berupa gaya dalam yang akan digunakan untuk perencanaan tulangan secara manual. Pada gedung ini digunakan 2 tipe kolom yaitu kolom persegi dengan dimensi 600×600 mm (K1) dan kolom bundar dengan diameter 600 mm (K2).

Hal-hal yang perlu dilakukan dalam perencanaan tulangan kolom adalah pemeriksaan kelangsingan kolom. Apabila pengaruh kelangsingan kolom tidak dapat diabaikan maka perlu dilakukan pembesaran momen pada rangka bergoyang sesuai dengan Pasal 6.6.4.6.1 SNI 2847-2019. Selain itu, perlu dilakukan perencanaan tulangan longitudinal pada kolom dimana menggunakan diagram interaksi kolom serta dilakukan perencanaan tulangan transversal pada kolom. Berikut adalah rekapitulasi perencanaan tulangan kolom.

Tabel 10. Rekapitulasi Perencanaan Tulangan Kolom
(Sumber : Hasil Peneliti, 2021)

Nama Kolom	Dimensi Kolom (mm)	Tulangan Longitudinal	Rasio Tulangan	Tulangan Transversal
K1	600×600	12D22	1,268%	D10-75 D10-150
K2	D-600	12D22	1,613%	D10-75 D10-150

Kolom-kolom yang direncanakan pada gedung ini sudah memenuhi semua persyaratan kolom SRPMK yang terdapat pada Pasal 18.7 SNI 2847-2019.

5. Joint Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus (SRPMK)

Pada daerah *joint* harus dipasang tulangan transversal yang mana harus memenuhi ketentuan yang sama dengan tulangan transversal kolom pada daerah sepanjang ℓ_o sehingga pada daerah *joint* dipasang tulangan transversal D10-75. Persyaratan *joint* Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus (SRPMK) sesuai dengan Pasal 18.8 SNI

2847-2019 sudah terpenuhi dalam perencanaan gedung ini.

Perencanaan Fondasi

Gedung STIK Muhammadiyah Pontianak direncanakan menggunakan fondasi dalam atau fondasi tiang pancang dengan *spun pile* berdiameter 30 cm. Hal-hal yang perlu diperhitungkan dalam merencanakan fondasi adalah daya dukung fondasi dimana menggunakan data *Standard Penetration Test* (SPT), pemeriksaan geser pada *pile cap*, dan perencanaan tulangan pada *pile cap*. Untuk perhitungan daya dukung fondasi digunakan beban tidak terfaktor atau beban layan dengan kombinasi D + L sedangkan untuk perhitungan struktur fondasi digunakan beban terfaktor atau beban ultimit dengan mengambil nilai maksimum dari semua kombinasi yang digunakan. Berdasarkan analisis perhitungan didapat 2 tipe fondasi dimana F1 dengan n = 2 buah dan F2 dengan n = 4 buah.

IV. KESIMPULAN

Adapun kesimpulan yang dapat diambil setelah menyelesaikan perhitungan struktur gedung ini adalah sebagai berikut:

- Sarana pendukung yang terdapat pada gedung ini berupa tangga dan lift.
 - Tangga
Hasil perencanaan tangga ditunjukkan pada Tabel 2 dan Tabel 6 serta menggunakan balok bordes 200/400 mm.
 - Lift (Handok Elevator Co., Ltd.)
 - Jumlah lift yang digunakan = 2 buah
 - Tipe lift = *Passenger Elevator*
 - Kecepatan lift = 45 m/menit
 - Kapasitas lift = 10 orang (680 kg)
- Kategori desain seismik untuk gedung ini termasuk dalam KDS D sehingga sistem struktur pemikul gaya seismik yang digunakan adalah Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus (SRPMK).
- Hasil pemeriksaan perilaku struktur diantaranya sebagai berikut.
 - Massa ragam terkombinasi dengan jumlah ragam sebanyak 12 memenuhi persyaratan Pasal 7.9.1.1 SNI 1726-2019 dengan arah X sebesar 95,5%; arah Y sebesar 95,6%; dan arah Z sebesar 95,4%. Gerak ragam pertama pada struktur tersebut adalah translasi arah X, kemudian diikuti dengan translasi arah Y, dan kemudian rotasi arah Z.
 - Gaya geser dasar hasil analisis ragam (V) lebih dari 100% dari gaya geser (V) yang dihitung melalui metode statik ekuivalen sehingga sesuai dengan ketentuan pada Pasal 7.9.1.4.1 SNI 1726-2019.

- c. Simpangan antar tingkat desain (Δ) tidak melebihi Δ_a/ρ untuk semua tingkat dengan ρ adalah faktor redundansi.
 - d. Nilai koefisien stabilitas (θ) kurang dari 0,10 dan juga tidak melebihi θ_{maks} , sehingga pengaruh P-delta tidak perlu diperhitungkan.
 - e. Pada struktur tersebut terdapat ketidakberaturan horizontal tipe 5 atau ketidakberaturan sistem nonparalel. Persyaratan yang harus dipenuhi apabila struktur memiliki ketidakberaturan horizontal tipe 5 atau ketidakberaturan sistem nonparalel dengan penerapan KDS D telah diterapkan dalam perhitungan struktur gedung ini.
 - f. Pada struktur tersebut tidak terdapat ketidakberaturan vertikal.
4. Dimensi struktur atas bangunan yang digunakan diantaranya sebagai berikut.
 - a. Tebal pelat lantai = 100 mm
 - b. Dimensi balok
 - Balok induk (B1) = 250/500 mm
 - Balok induk (B2) = 300/600 mm
 - Balok anak (B3) = 200/400 mm
 - c. Dimensi kolom
 - K1 = 600/600 mm
 - K2 = D-600 mm
 5. Struktur bawah bangunan menggunakan fondasi dalam atau fondasi tiang pancang dengan *spun pile* berdiameter 30 cm dan kedalaman tiang pancang sebesar 30 m. Perencanaan fondasi pada gedung ini terdiri dari 2 tipe fondasi dimana F1 dengan n = 2 buah dan F2 dengan n = 4 buah. Adapun saran yang dapat diberikan adalah sebagai berikut:
 1. Dalam merencanakan struktur bangunan gedung sebaiknya menggunakan peraturan-peraturan terbaru yang berlaku di Indonesia sebagai pedoman.
 2. Sebelum merencanakan struktur bangunan gedung sebaiknya dilakukan pengumpulan data-data yang dibutuhkan dalam melakukan proses perhitungan seperti data gambar arsitektural gedung, spesifikasi material, dan data tanah. Selain itu juga perlu dikumpulkan dasar-dasar teori mengenai perencanaan struktur bangunan gedung seperti dari buku panduan, makalah, jurnal, bacaan lainnya serta ilmu yang diperoleh di bangku perkuliahan. Hal ini dilakukan untuk memudahkan dalam penyusunan tugas akhir.
 3. Sebaiknya terlebih dahulu memahami langkah-langkah dalam menggunakan program analisis struktur agar dapat melakukan pemodelan struktur dengan baik. Selain itu, pemodelan struktur pada program analisis struktur harus

dilakukan secara teliti agar bangunan gedung tersebut dapat dimodelkan dengan baik.

REFERENSI

- Nasional, B. S. (2020). Beban Desain Minimum dan Kriteria Terkait untuk Bangunan Gedung dan Struktur Lain, SNI 1727: 2020. *BSN. Jakarta.(Indonesian)*.
- Nasional, B. S. (2019). Persyaratan Beton Struktural untuk Bangunan Gedung dan Penjelasan, SNI 2847: 2019. *BSN. Jakarta.(Indonesian)*.
- Nasional, B. S. (2019). Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Struktur Bangunan Gedung dan Nongedung SNI 1726: 2019. *Jakarta: Standar Nasional Indonesia*.