

PERHITUNGAN STRUKTUR BETON BERTULANG GEDUNG 7 LANTAI SEKOLAH SANTU PETRUS DENGAN SISTEM RANGKA PEMIKUL MOMEN

Fany Puspabella¹⁾, Erwin Sutandar²⁾, Muhammad Yusuf³⁾

¹⁾ Mahasiswa Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Tanjungpura Pontianak

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

Email : fanypuspabella@student.untan.ac.id

ABSTRAK

Pesatnya perkembangan di dunia pendidikan mengakibatkan peningkatan kebutuhan terhadap bangunan tinggi sebagai sarana dalam kegiatan belajar mengajar di sekolah. Bersumber pada Standar Nasional Indonesia (SNI 1726-2019) mengenai Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non Gedung, Kota Pontianak termasuk ke dalam daerah dengan gempa ringan. Setiap perancangan bangunan di Kota Pontianak saat ini harus memperhitungkan parameter gaya gempa. Sehingga dilakukan perhitungan struktur gedung 7 lantai Sekolah Santu Petrus untuk mendapatkan dimensi komponen struktur yang tahan terhadap beban gempa. Perancangan gedung ini merupakan struktur beton bertulang dengan Sistem Rangka Pemikul Momen dan dimodelkan dengan bantuan program analisis struktur. Struktur dianalisis terhadap beban yang bekerja pada gedung tersebut. Pada analisis pengaruh gempa, gedung ini termasuk kategori desain seismik KDS D, maka dalam analisisnya akan mengikuti persyaratan Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus (SRPMK). Hasil kontrol perilaku struktur terdapat ketidakberaturan struktur tipe 2 dan 3 serta ketidakberaturan vertikal struktur tipe 2. Dimensi struktur pelat lantai setebal 100 mm, balok induk 300/600 mm dan 450/800 mm, balok anak 300/600 mm dan 200/400 mm, serta kolom persegi 700/700 mm dan kolom bundar diameter 700 mm. Fondasi yang digunakan adalah fondasi dalam tiang pancang karena sesuai dengan kondisi tanah di Kota Pontianak.

Kata Kunci: Beton Bertulang, Perancangan Struktur, Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus.

ABSTRACT

The rapid development in the world of education has resulted in an increasing need for high-rise buildings as a means of teaching and learning activities in schools. Based on the Indonesian National Standard (SNI 1726-2019) regarding Procedures for Planning Earthquake Resilience for Building Structure and Non-Building, Pontianak City is included in the mild earthquake zone. Every building design in Pontianak City must take into account the parameters of the earthquake force, at the moment. So the calculation of the structure of the 7-story San Peter School building is carried out to obtain the dimensions of the structural components that are resistant to earthquake loads. The design of the building is a reinforced concrete structure with Moment Resisting Frame System and modeled with the help of a structural analysis program. The structure is analyzed against the working load on the building. Based on the results of the analysis that has been carried out, this building is included in the seismic design category of SDC-D, so this building is designed using the Special Moment Resisting Frame System (SMRF). The results of the structural behavior control showed structural irregularities of type 2 and 3 as well as vertical irregularities of type 2. The structural dimensions of the floor slab are 100 mm thick, main beams are 300/600 mm and 450/800 mm, sub-beams are 300/600 mm and 200/400 mm, and 700/700 mm square columns and 700 mm diameter round columns. The foundation used is pile foundation because it is in accordance with the soil conditions in Pontianak City.

Key Words: Reinforced Concrete, Structural Design, Special Moment Resisting Frame System.

I. PENDAHULUAN

Sekolah menjadi tempat untuk mengembangkan pemikiran masyarakat. Fasilitas di sekolah sangat menentukan taraf pendidikan. Bangunan sekolah semestinya dirancang dengan baik agar kegiatan di sekolah dapat berjalan dengan lancar.

Sarana paling efektif untuk meningkatkan kualitas hidup dan kesejahteraan warga negara adalah pendidikan. Salah satu sarana pendidikan yang ada di Kota Pontianak ialah Sekolah Santu Petrus yang berlokasi di Jalan Karel Sasuit Tubun No. 3, Kelurahan Akcaya, Kecamatan Pontianak Selatan,

Kota Pontianak, Provinsi Kalimantan Barat. Proses pendidikan terlaksana dengan lancar dengan adanya ketersediaan sarana yang memadai. Sehingga perlu dilakukan perhitungan struktur beton bertulang gedung 7 lantai Sekolah Santu Petrus. Perhitungan serta analisis pada perancangan gedung ini diharapkan dapat menjadi referensi perhitungan gedung tahan gempa di Kota Pontianak.

Merancang suatu gedung tidak hanya mempertimbangkan sisi estetikanya, tetapi kekuatan struktur gedung tersebut juga harus diperhitungkan. Hal utama yang mendasari perhitungan struktur gedung adalah aturan yang digunakan perancangan gedung. Indonesia sudah menetapkan standarisasi untuk merancang gedung agar konstruksi gedung tersebut layak untuk digunakan. Bersumber pada SNI 1726-2019 yang mengatur tentang persyaratan gempa, Kota Pontianak termasuk kedalam daerah dengan kategori gempa ringan. Setiap perancangan bangunan di Kota Pontianak saat ini harus memperhitungkan parameter gaya gempa. Diharapkan dengan adanya perancangan gedung tahan gempa ini, struktur gedung dapat merespon dengan baik beban-beban yang bekerja pada struktur tersebut. Adanya perhitungan gaya gempa bertujuan untuk mengantisipasi besarnya kerusakan serta kerugian akibat terjadinya bencana gempa. Selain itu, tujuan dari penulisan ini lebih lanjut adalah sebagai berikut :

1. Mampu merancang elemen-elemen struktur beton bertulang sesuai dengan prinsip sistem rangka pemikul momen.
2. Dapat menghitung struktur bangunan sesuai dengan standar yang berlaku saat ini.
3. Mampu merancang dimensi penampang dan tulangan sesuai dengan syarat untuk menahan gaya-gaya yang bekerja pada suatu gedung.
4. Mengembangkan pemahaman dalam penggunaan program analisis struktur untuk menganalisis gaya-gaya dalam.
5. Dapat menggambarkan hasil desain dalam bentuk gambar kerja beserta detailnya.

Terdapat beberapa perubahan dari kondisi eksisting bangunan untuk perhitungan struktur dalam penulisan ini. Berikut adalah data perencanaan dan spesifikasi material bangunan yang digunakan :

- | | | |
|----|----------------------------|-------------------|
| a. | Struktur | : Beton Bertulang |
| b. | Jumlah Lantai | : 7 |
| c. | Panjang Bangunan | : 46 m |
| d. | Lebar Bangunan | : 39 m |
| e. | Tinggi Lantai Dasar | : 3,10 m |
| f. | Tinggi Lantai 1 | : 5,40 m |
| g. | Tinggi Lantai 2 – 6 | : 4,50 m |
| h. | Tinggi Total Bangunan | : 32,5 m |
| i. | Mutu Beton (f_c') | : 30 MPa |
| j. | Mutu Baja (f_y) Deform | : 420 MPa |
| k. | Mutu Baja (f_y) Polos | : 280 MPa |

II. METODOLOGI DAN PUSTAKA

Perhitungan struktur beton bertulang gedung Sekolah Santu Petrus Pontianak dihitung dengan bantuan program analisis struktur. Pada perhitungannya menggunakan data sekunder yaitu gambar kerja (denah, tampak dan potongan) serta data hasil identifikasi tanah. Perhitungan dilakukan secara sistematis agar lebih jelas, teratur serta berbobot. Maksud dan tujuan penulisan ini adalah untuk menghitung struktur bangunan sesuai dengan standar yang berlaku serta mendapatkan dimensi yang aman, efektif dan efisien. Struktur bangunan yang dimaksud ialah pelat, balok, kolom, dan tulangan yang dihitung berdasarkan prinsip Sistem Rangka Pemikul Momen dan mengacu pada persyaratan beton struktural SNI 2847-2019, beban minimum untuk perencanaan bangunan gedung SNI 1727-2020 dan perencanaan ketahanan gempa SNI 1726-2019 dengan tahapan analisis perhitungan yang akan dijelaskan berikut.

Penelitian Terdahulu

Penelitian yang pernah dilakukan Devita (2021) berjudul “PERHITUNGAN STRUKTUR GEDUNG 7 LANTAI SEKOLAH TINGGI ILMU KEPERAWATAN (STIK) MUHAMMADIYAH PONTIANAK”. Pada penelitian tersebut, digunakan struktur beton bertulang dengan sistem struktur rangka pemikul momen khusus.

Penelitian lain yaitu “ALTERNATIF DESAIN STRUKTUR TAHAN GEMPA GEDUNG LABORATORIUM TERPADU IAIN PONTIANAK DENGAN SISTEM RANGKA PEMIKUL MOMEN” oleh Masulili (2020). Penelitian tersebut menghasilkan perbandingan dan alternatif desain struktur beton bertulang dengan sistem rangka pemikul momen menengah.

Desain Pendahuluan

Desain pendahuluan dilakukan dengan tujuan untuk memperkirakan dimensi elemen-elemen struktur seperti pelat, balok, kolom, dan fondasi yang dilakukan secara manual. Dimensi-dimensi tersebut akan digunakan pada perhitungan selanjutnya. Desain dimensi awal mengacu pada standar berikut :

- a) SNI 2847-2019 Persyaratan Beton Struktural untuk Bangunan Gedung.
- b) Beban berdasarkan SNI 1727-2020 Beban Minimum untuk Perencanaan Bangunan Gedung dan Struktur Lain.

Desain Utilitas Bangunan

Selain merancang dimensi struktur utama, penulis juga akan merancang utilitas bangunan yaitu tangga dan lift. Pada tahap ini akan ditentukan dimensi pelat tangga dan bordes. Selanjutnya perhitungan tangga akan menyatu dengan struktur.

Sedangkan pada perencanaan lift penulis menentukan lift yang akan digunakan berdasarkan kapasitas beban puncak lift (peak load).

Analisis Struktur

Pada tahap ini penulis akan menganalisis beban-beban yang bekerja pada struktur utama gedung. Metode desain yang digunakan untuk perhitungan pembebanan struktur gedung ini adalah metode desain faktor beban dan ketahanan (DFBK). Beban tersebut meliputi beban vertikal dan beban horizontal yang mengacu pada SNI 1727-2020 Beban Minimum untuk Perencanaan Bangunan Gedung dan Struktur Lain yang meliputi :

- a) Beban Vertikal
 - Beban mati, yaitu berat sendiri struktur serta berat komponen-komponen lain yang berhubungan dan tak terpisahkan dari suatu gedung serta bersifat tetap.
 - Beban hidup, yaitu beban yang disebabkan penghunian serta penggunaan bangunan sesuai dengan fungsinya dan bersifat tidak tetap.
- b) Beban Horizontal
 - Beban gempa, yaitu beban yang disebabkan oleh gempa bumi. Beban gempa merupakan seluruh beban statik ekuivalen, didesain berdasarkan pola gerakan tanah saat peristiwa gempa bumi terjadi. Perancangan pembebanan gempa untuk daerah Indonesia diatur berdasarkan SNI 1726-2019.
 - Beban angin, yaitu beban yang disebabkan oleh tekanan angin pada sisi luar bangunan yang diblok oleh struktur bangunan. Beban angin diatur pada pasal 27.1.5 SNI 1727-2020.

c) Kombinasi Pembebanan

Kombinasi pembebanan untuk desain kekuatan disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1. Kombinasi Pembebanan untuk Desain Kekuatan
(Sumber : Analisis Data, 2021)

Kode	D+SIDL	LL	Lr atau S atau R	W
1	1,4			
2	1,2	1,6	0,5	
3.1	1,2	1	1,6	
3.2	1,2		1,6	0,5
4	1,2	1	0,5	1
5	0,9			1

Keterangan :

- D+SIDL = beban mati dan beban mati tambahan
- LL = beban hidup
- Lr = beban hidup pada atap
- R = beban akibat hujan
- S = beban akibat salju
- W = beban angin

Perhitungan gaya dalam dilakukan dengan bantuan program analisis struktur berdasarkan beban-beban yang bekerja pada struktur utama gedung. Gaya dalam yang dihasilkan ialah gaya dalam yang bekerja akibat kombinasi pembebanan berdasarkan SNI 1727-2020.

Kontrol Perilaku Struktur

Setelah dilakukan analisis struktur pada gedung yang telah dibebani menggunakan bantuan program analisis struktur, selanjutnya struktur gedung akan dikontrol perilaku strukturnya. Kontrol perilaku struktur berpedoman pada SNI 1726-2019 Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non Gedung. Kontrol perilaku struktur diantaranya :

- a) Rasio Partisipasi Modal Massa
- b) Perhitungan Faktor Skala Gempa
- c) Kontrol Simpangan Antar Lantai (Story Drift)
- d) Kontrol P-Delta
- e) Kontrol Ketidakberaturan Horizontal
- f) Kontrol Ketidakberaturan Vertikal

Penulangan Pelat

Gaya-gaya dalam yang didapat dari tahap sebelumnya digunakan untuk mendesain tulangan. Perhitungan penulangan pelat ini bertujuan untuk merencanakan penulangan pada pelat. Struktur pada pelat lantai hanya menerima gaya vertikal yang diakibatkan beban mati dan beban hidup. Jumlah kebutuhan tulangan untuk setiap elemen pelat dihitung secara manual. Desain tulangan akan disesuaikan dengan Sistem Rangka Pemikul Momen. Pada SNI 2847-2019 Pasal 25 (halaman 559 - 616) mengatur tentang detail untuk penulangan.

Penulangan Balok

Pada tahap sebelumnya didapatkan gaya-gaya dalam, yang selanjutnya akan digunakan untuk mendesain penulangan. Perhitungan penulangan balok dilakukan untuk mendesain penulangan pada balok. Penulangan pada balok bermaksud untuk menentukan jumlah tulangan lentur, tulangan geser, dan tulangan torsi balok. Jumlah kebutuhan tulangan untuk setiap elemen balok dihitung secara manual. Desain tulangan akan disesuaikan dengan Sistem Rangka Pemikul Momen. Desain penulangan balok mengacu ada SNI 2847:2019 pasal 18.6 mengenai balok struktur rangka pemikul momen khusus

Penulangan Kolom

Gaya-gaya dalam yang didapat dari tahap analisis struktur digunakan untuk desain tulangan, salah satunya penulangan kolom. Jumlah kebutuhan tulangan pada kolom dihitung secara manual. Desain penulangan kolom mengacu ada SNI 2847:2019 pasal 18.7 mengenai kolom struktur rangka pemikul momen khusus.

Perancangan Fondasi

Fondasi merupakan bagian terendah dari bangunan yang meneruskan beban bangunan ke tanah atau batuan yang berada di bawahnya (Hardiyatmo, 1996).

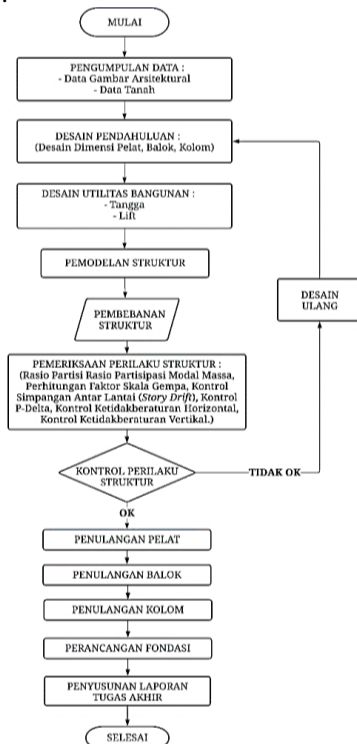
Beberapa hal yang perlu diperhatikan pada saat ingin mendesain fondasi yaitu harus dipertimbangkan terhadap keruntuhan geser dan penurunan yang berlebihan dengan kriteria berikut :

- Faktor aman terhadap keruntuhan akibat terlampainya daya dukung harus dipenuhi. Dalam hitungan daya dukung, SNI 8460-2017 Pasal 9.2.3.1 menyatakan bahwa *safety factor* (SF) diambil nilai minimum 2,5 jika fondasi yang digunakan adalah fondasi dalam.
- Penurunan fondasi harus dalam batas-batas nilai yang masih bisa diterima. Khususnya penurunan yang tak seragam (*differential settlement*) harus tidak mengakibatkan kerusakan pada struktur.

Pada tahap perancangan fondasi akan dipilih jenis fondasi yang sesuai dengan kondisi tanah lokasi gedung. Perancangan fondasi meliputi perhitungan gaya aksial yang bekerja, perancangan *pile cap*, dan penulangannya. Pada SNI 2847-2019 sudah mengatur tentang *pile cap* yaitu pasal 13.4.2. Ketebalan total *pile cap* harus sedemikian rupa sehingga tinggi efektif tulangan bawah tidak kurang dari 300 mm.

Diagram Alir Perhitungan

Diagram alir perhitungan dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Diagram Alir Perhitungan

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

Desain Pendahuluan

Dimensi balok didesain berdasarkan SNI 2847-2019 Persyaratan Beton Struktural untuk Bangunan Gedung. Beban yang dipikul balok yaitu beban vertikal berupa beban mati dan beban hidup dalam arah memanjang dan melintang. Hasil perhitungan dimensi balok disajikan pada Tabel 2.

Tabel 2. Penentuan Dimensi Balok

(Sumber : Analisis Data, 2021)

Section	Status	Bentang (m)	Dimensi	
			h (mm)	b (mm)
B1	Balok Induk	3,00	600	300
		8,00	600	300
		4,00	800	450
B2		7,00	800	450
		8,00	800	450
		3,00	600	300
B3	Balok Anak	3,50	600	300
		4,00	600	300
		4,30	600	300
		5,50	600	300
		7,00	600	300
		8,00	600	300
		2,00	400	200
B4		2,40	400	200
		2,50	400	200
		2,75	400	200
		4,00	400	200

Perhitungan dimensi tebal pelat diatur pada SNI 2847-2019. Tebal pelat lantai disesuaikan pada Tabel 7.3.1.1 SNI 2847-2019 untuk menentukan ketebalan minimum pelat solid satu arah nonprategang, Tabel 8.3.1.1 SNI 2847-2019 untuk menentukan ketebalan minimum pelat dua arah nonprategang tanpa balok interior, dan Tabel 8.3.1.2 SNI 2847-2019 untuk menentukan ketebalan minimum pelat dua arah nonprategang dengan balok di antara tumpuan pada semua sisinya. Sehingga berdasarkan ketentuan pada tabel tersebut diperoleh hasil perhitungan tebal pelat lantai sebesar 100 mm.

Digunakan metode *tributary area* untuk menghitung dimensi awal desain kolom. Langkah pertama penentuan dimensi kolom adalah menghitung beban total yang bekerja pada kolom yang ditinjau. Untuk menentukan dimensi awal kolom yang didesain, berdasarkan SNI 2847-2019 pada Tabel 22.4.2.1 komponen nonprategang dengan tulangan transversal. Berdasarkan perhitungan dimensi kolom, maka pada perhitungan ini digunakan dimensi kolom sebagaimana disajikan pada Tabel 3.

Tabel 3. Penentuan Dimensi Kolom

Nama	Dimensi (mm)	Bentuk Kolom
K1	700 x 700	Persegi
K2	D-700	Bundar

Desain Utilitas Bangunan

Tangga didesain dengan dimensi tertentu sesuai ukuran langkah normal agar aman dan nyaman saat digunakan. Dimensi tangga tersebut terdiri dari *antrade* (lebar anak tangga) dan *optrede* (tinggi anak tangga). Desain tangga pada gedung ini dibagi menjadi beberapa tipe berdasarkan dimensi dan jenisnya (lihat Tabel 4). Jenis tangga yang digunakan adalah tangga U dengan bordes, tangga L dengan bordes, dan tangga lurus dengan bordes.

Tabel 4. Rekapitulasi Desain Tangga
(Sumber : Analisis Data, 2021)

Data Desain	Tangga							
	1	2	3	4	5	6	7	8
Perbedaan elevasi lantai (<i>cm</i>)	310	540	450	310	540	450	450	310
Panjang bodres (<i>cm</i>)	300	300	300	400	400	400	220	1367,5
Lebar bodres (<i>cm</i>)	190	125	200	190	125	200	100	190
Tinggi optrede (<i>cm</i>)	19,375	18	18,75	19,375	18	18,75	18,75	19,375
Lebar antrede (<i>cm</i>)	26,25	27	27,5	26,25	27	27,5	27,5	26,25
Jumlah anak tangga (<i>buah</i>)	16	30	24	16	30	24	24	16
Lebar tangga (<i>cm</i>)	140	140	140	190	190	190	102,5	947,5
Panjang tangga (<i>cm</i>)	210	405	330	210	405	330	330	210
Sudut tangga (°)	36,43	33,69	34,29	36,43	33,69	34,29	34,29	36,43
Syarat sudut tangga	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK
Syarat O dan A	65	63	65	65	63	65	65	65
Kontrol	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK
Bentang pelat tangga (<i>m</i>)	2,610	4,867	3,994	2,610	4,867	3,994	3,994	2,610
Tebal pelat tangga dan bodres pakai (<i>mm</i>)	120	210	170	120	210	170	170	120

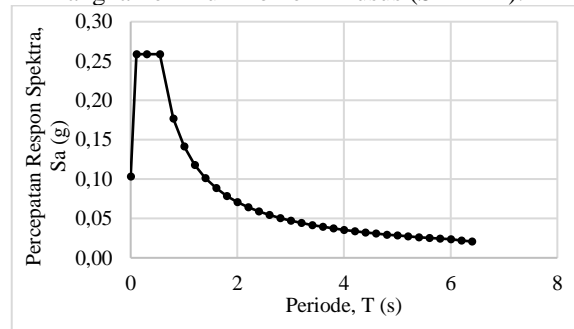
Lift yang direncanakan pada gedung SMA Santu Petrus ini berjumlah 2 buah lift. Penentuan jumlah *lift* yang akan digunakan pada gedung ini berdasarkan waktu menunggu *lift*, daya angkut, waktu perjalanan bolak balik dan beban puncak *lift*. Berikut hasil perhitungan rencana *lift* pada gedung ini :

- Tipe *Lift* = *Passenger*
- Jumlah *lift* = 2 buah
- Kapasitas = 20 org / 1350 kg
- Opening Width (OP)* = 1000 mm
- Kecepatan = 1,75 m/s
- Dimensi Sangkar (*Car Size*)
 - Internal = 2000 x 1500 mm
 - Eksternal = 2060 x 1670 mm
- Dimensi *Hoistway (X2 x Y)* = 5200 x 2200 mm
- M/C Room (MX2 x MY)* = 5300 x 4000 mm
- Beban Reaksi Ruang Mesin
 - Reaksi₁ = 13080 kg
 - Reaksi₂ = 7130 kg

Analisis Struktur

Komponen beban yang diinputkan ke dalam program analisis struktur berupa beban vertikal dan horizontal. Beban vertikal terdiri dari beban mati (*DL*), beban mati tambahan (*SIDL*) dan beban hidup (*LL*). Beban horizontal yaitu beban angin (*WL*) dan beban gempa.

- Beban mati, terdiri dari beban akibat berat struktur itu sendiri dan beban mati tambahan. Beban mati tambahan yaitu beban dinding pasangan batako, beban mati tambahan pada tangga dan bordes, serta beban mati tambahan pada lantai.
- Beban hidup disesuaikan dengan fungsi dari ruangan yang ada pada gedung tinjauan.
- Beban angin dihitung berdasarkan SNI 2847-2019 Pasal 27.
- Beban gempa dihitung menggunakan SNI 1726:2019 dengan metode analisis spektrum respons ragam (lihat Gambar 2). Didapatkan dari analisis tersebut bahwa gedung ini masuk kedalam kategori KDS D. Oleh karena ini gedung ini didesain berdasarkan ketentuan dari Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus (SRPMK).



Gambar 2. Spektrum Respons Desain Pontianak Kategori Resiko IV
(Sumber : Analisis Data, 2021)

Berikut merupakan kombinasi beban yang digunakan untuk mendesain gedung ini :

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

- f. $1,2D - 1,0W_x + L + 0,5L_r$
 g. $1,2D + 1,0W_y + L + 0,5L_r$
 h. $1,2D - 1,0W_y + L + 0,5L_r$
- Kombinasi 5 : a. $0,9D + 1,0W_x$
 b. $0,9D - 1,0W_x$
 c. $0,9D + 1,0W_y$
 d. $0,9D - 1,0W_y$

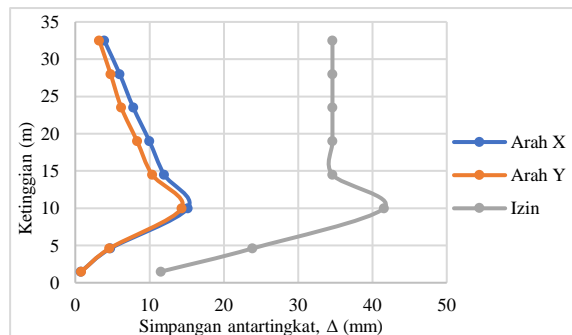
- Kombinasi 6 :
 Dengan $1,2+0,2S_{DS} = 1,2+0,2(0,259) = 1,252$
- a. $(1,2+0,2S_{DS})D + 1,3E_x + 0,39E_y + L$
 b. $(1,2+0,2S_{DS})D + 1,3E_x - 0,39E_y + L$
 c. $(1,2+0,2S_{DS})D - 1,3E_x + 0,39E_y + L$
 d. $(1,2+0,2S_{DS})D - 1,3E_x - 0,39E_y + L$
 e. $(1,2+0,2S_{DS})D + 0,39E_x + 1,3E_y + L$
 f. $(1,2+0,2S_{DS})D + 0,39E_x - 1,3E_y + L$
 g. $(1,2+0,2S_{DS})D - 0,39E_x + 1,3E_y + L$
 h. $(1,2+0,2S_{DS})D - 0,39E_x - 1,3E_y + L$

- Kombinasi 7 :
 Dengan $0,9 - 0,2S_{DS} = 0,9 - 0,2(0,259) = 0,848$
- 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. $(0,9 - 0,2S_{DS})D - 0,39E_x - 1,3E_y$

Kontrol Perilaku Struktur

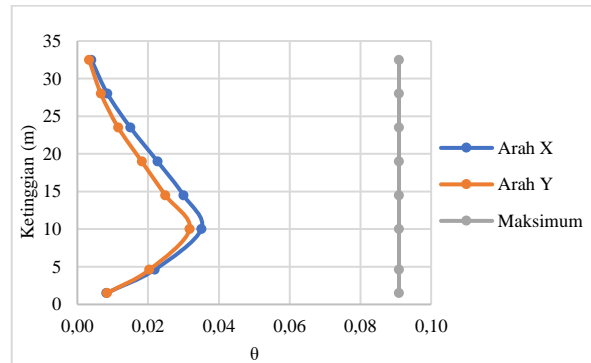
Hasil kontrol perilaku struktur gedung dalam perancangan ini, sebagai berikut:

- Partisipasi modal massa ragam terkombinasi dengan jumlah ragam sebanyak 24 telah memenuhi persyaratan pada SNI 1726-2019 Pasal 7.9.1.1, dengan arah X sebesar 92,8% dengan periode 1,129 detik dan arah Y 92,9% dengan periode 1,099 detik. Bentuk ragam pertama pada struktur adalah translasi arah X, kemudian translasi arah Y, dan selanjutnya rotasi arah Z.
- Simpangan antartingkat
 Berdasarkan gambar 3 dapat disimpulkan bahwa simpangan antartingkat desain (Δ) tidak melebihi nilai Δ_a/ρ .



Gambar 3. Pemeriksaan Simpangan Antartingkat (Sumber : Analisis Data, 2021)

- Pengaruh P-Delta
 Berdasarkan gambar 4 dapat disimpulkan bahwa pengaruh P-Delta tidak perlu diperhitungkan.



Gambar 4. Pemeriksaan Pengaruh P-Delta (Sumber : Analisis Data, 2021)

- Analisis Ketidakberaturan Horizontal
 Hasil analisis ketidakberaturan horizontal dapat dilihat pada Tabel 5.

Tabel 5. Hasil Analisis Ketidakberaturan Horizontal (Sumber : Analisis Data, 2021)

Tipe	Penjelasan	Status	Referensi Pasal
1a	Ketidakteraturan Torsi	Tidak Ada	
1b	Ketidakteraturan Torsi Berlebihan	Tidak Ada	
2	Ketidakteraturan Sudut Dalam	Ada	7.3.3.4 ; Tabel 16
3	Ketidakteraturan Diskontinuitas	Ada	7.3.3.4 ; Tabel 16
4	Ketidakteraturan Pergeseran Melintang	Tidak Ada	
5	Ketidakteraturan Sistem Non Paralel	Tidak Ada	

- Analisis Ketidakberaturan Vertikal
 Hasil analisis ketidakberaturan vertikal dapat dilihat pada Tabel 6.

Tabel 6. Hasil Analisis Ketidakberaturan Horizontal (Sumber : Analisis Data, 2021)

Tipe	Penjelasan	Status	Referensi Pasal
1a	Ketidakteraturan Kekakuan Tingkat Lunak	Tidak Ada	
1b	Ketidakteraturan Kekakuan Tingkat Lunak Berlebihan	Tidak Ada	
2	Ketidakteraturan Berat (Massa)	Ada	Tabel 16
3	Ketidakteraturan Geometri Vertikal	Tidak Ada	
4	Diskontinuitas Arah Bidang Dalam	Tidak Ada	
	Ketidakteraturan Elemen Penahan Gaya Lateral Vertikal		
5a	Diskontinuitas Dalam Ketidakteraturan Kuat Lateral Tingkat	Tidak Ada	

Penulangan Pelat

Struktur pelat lantai pada program analisis struktur dimodelkan sebagai slab dengan tipe *shell-thin*. Pelat diberi perintah automesh dengan ukuran maksimum 1m x 1m. Struktur pelat lantai hanya menerima gaya vertikal akibat beban mati dan beban hidup sesuai fungsi lantai pada struktur (lihat Tabel 7).

Pada desain tulangan pelat tangga serta bordes, analisis perhitungannya hampir sama dengan desain tulangan pelat lantai. Desain penulangan pelat tangga dan bordes dilakukan berdasarkan tipe tangga (lihat Tabel 8).

Tabel 7. Rekapitulasi Desain Penulangan Pelat Lantai (Sumber : Analisis Data, 2021)

Story	Daerah	Tebal Pelat (t) mm	Selimut Beton (p) mm	D _{Rencana} mm	Tulangan Pelat Dipakai
Lantai	Tumpuan	100	20	6	M6-150
Atap	Lapangan	100	20	6	M6-150
Lantai	Tumpuan	100	20	8	M8-100
6	Lapangan	100	20	8	M8-100
Lantai	Tumpuan	100	20	8	M8-100
5	Lapangan	100	20	8	M8-100
Lantai	Tumpuan	100	20	8	M8-100
4	Lapangan	100	20	8	M8-100
Lantai	Tumpuan	100	20	8	M8-100
3	Lapangan	100	20	8	M8-100
Lantai	Tumpuan	100	20	8	M8-100
2	Lapangan	100	20	8	M8-100
Lantai	Tumpuan	100	20	8	M8-100
1	Lapangan	100	20	8	M8-100
Lantai	Tumpuan	100	20	8	M8-100
Dasar	Lapangan	100	20	8	M8-100

Tabel 8. Rekapitulasi Desain Penulangan Pelat Tangga dan Bordes (Sumber : Analisis Data, 2021)

Tipe Tangga	Daerah	Tebal Pelat (t) mm	Selimut Beton (p) mm	Tulangan Lentur	Tulangan Susut
1	Tumpuan	120	20	D10-200	D8-200
	Tumpuan	120	20	D10-200	
2	Tumpuan	210	20	D13-150	D10-200
	Tumpuan	210	20	D13-150	
3	Tumpuan	170	20	D13-150	D10-200
	Tumpuan	170	20	D13-150	
4	Tumpuan	120	20	D10-200	D8-200
	Tumpuan	120	20	D10-200	
5	Tumpuan	210	20	D13-150	D10-200
	Tumpuan	210	20	D13-150	
6	Tumpuan	170	20	D13-150	D10-200
	Tumpuan	170	20	D13-150	
7	Tumpuan	170	20	D13-150	D10-200
	Tumpuan	170	20	D13-150	
8	Tumpuan	120	20	D10-200	D8-200
	Tumpuan	120	20	D10-200	

Penulangan Balok

Desain penulangan balok SRPMK dilakukan berdasarkan data panjang bentang dan jenis baloknya. Balok didesain memiliki tulangan lentur (tumpuan dan lapangan), tulangan geser (tumpuan dan lapangan), serta tulangan torsi jika dibutuhkan.

Berdasarkan SNI 2847-2019 Pasal 18.6.4.1 menjelaskan bahwa untuk daerah tumpuan diambil jarak sepanjang sama dengan dua kali tinggi balok (2h) yang diukur dari muka kolom penumpu ke arah tengah bentang, di kedua ujung balok.

Tabel 9. Rekapitulasi Desain Tulangan Lentur Balok (Sumber : Analisis Data, 2021)

Nama Balok	Dimensi Balok (mm)	Daerah	Tulangan Lentur Atas	Tulangan Lentur Bawah
B1	300/600	Tumpuan	4D22	3D22
		Lapangan	2D22	2D22
B2a	450/800	Tumpuan	4D25	3D25
		Lapangan	3D25	3D25
B2b	450/800	Tumpuan	5D25	3D25
		Lapangan	3D25	4D25
B3	300/600	Tumpuan	4D22	2D22
		Lapangan	2D22	2D22
B4	200/400	Tumpuan	2D22	2D22
		Lapangan	2D22	2D22

Tabel 10. Rekapitulasi Desain Tulangan Geser Balok (Sumber : Analisis Data, 2021)

Nama Balok	Dimensi Balok (mm)	Daerah	Tulangan Geser
B1	300/600	Tumpuan	D10-100
		Lapangan	D10-150
B2a	450/800	Tumpuan	D10-70
		Lapangan	D10-110
B2b	450/800	Tumpuan	D10-60
		Lapangan	D10-120
B3	300/600	Tumpuan	D10-100
		Lapangan	D10-140
B4	200/400	Tumpuan	D10-100
		Lapangan	D10-150

Tabel 11. Rekapitulasi Desain Tulangan Torsi Balok (Sumber : Analisis Data, 2021)

Nama Balok	Dimensi Balok (mm)	Daerah	Tulangan Torsi Kiri	Tulangan Torsi Kanan
B1	300/600	Tumpuan	1D16	1D16
		Lapangan		
B2a	450/800	Tumpuan	1D19	1D19
		Lapangan		
B2b	450/800	Tumpuan	1D19	1D19
		Lapangan		
B3	300/600	Tumpuan	1D16	1D16
		Lapangan		
B4	200/400	Tumpuan	1D10	1D10
		Lapangan		

Desain tulangan balok pada Tabel 9, Tabel 10, dan Tabel 11 telah memenuhi syarat-syarat balok SRPMK pada SNI 2847:2019.

Penulangan Kolom

Pada desain tulangan kolom digunakan dua jenis kolom yaitu kolom persegi (K1) ukuran 700x700 mm dan kolom bundar (K2) berdiameter 700 mm. Tahap awal dalam mendesain tulangan kolom adalah memeriksa kelangsingan kolom. Jika kolom yang ditinjau termasuk kolom langsing maka

akan dilakukan pembesaran momen rangka bergoyang.

Desain tulangan kolom yaitu berupa tulangan longitudinal dan transversal (lihat Tabel 12) berdasarkan syarat-syarat SRPMK pada Pasal 18.7 SNI 2847:2019. Tulangan longitudinal didesain menggunakan diagram interaksi kolom. Pada daerah *joint* dipasang tulangan transversal sama dengan daerah sendi plastis l_0 .

Tabel 12. Rekapitulasi Desain Tulangan Kolom
(Sumber : Analisis Data, 2021)

Jenis Kolom	Nama Kolom	Dimensi Kolom (mm)	Tulangan Longitudinal	Tulangan Transversal
Kolom Persegi	K1	700×700	12D25	D10-60
Kolom Bundar	K2	Diameter 700	12D25	D10-50
Kolom Pedestal	K1	700×700	12D25	D10-50

Perancangan Fondasi

Gedung Sekolah Santu Petrus ini terletak pada Kota Pontianak dengan kondisi tanah lunak. Oleh karena itu, gedung ini dirancang menggunakan fondasi dalam tiang pancang. Dimensi yang digunakan adalah 30×30 cm dengan kedalaman pemancangan 38 m. Fondasi pada perancangan gedung ini dihitung berdasarkan data *Standart Penetration Test* (SPT).

Tabel 13. Data Tanah
(Sumber : Hartiwi, 2019)

Lapisan Ke, i	Tebal Setiap Lapisan, d_i (m)	Nilai N-SPT, N_i
1	2	0
2	2	0
3	2	0
4	2	0
5	2	1
6	2	3
7	2	7
8	2	6
9	2	20
10	2	11
11	2	8
12	2	11
13	2	14
14	2	19
15	2	20
16	2	22
17	2	29
18	2	31
19	2	38
Σ	38	240

Tahap pertama adalah menentukan jumlah fondasi tiang pancang pada masing-masing titik, kemudian dilakukan pemeriksaan geser satu arah dan dua arah pada *pile cap*, serta yang terakhir adalah mendesain tulangan *pile cap*. Perancangan fondasi pada gedung ini terdiri dari 4 tipe fondasi dimana P1 dengan $n = 2$ buah, P2 dengan $n = 4$ buah, P3 dengan $n = 6$ buah dan P4 dengan $n = 8$ buah.

IV. KESIMPULAN

Hasil pembahasan dan analisis perhitungan yang telah diuraikan sebelumnya menghasilkan kesimpulan sebagai berikut :

- Sarana pendukung pada gedung digunakan :
 - Tangga, dengan tebal pelat tangga :
 - Tangga Tipe 1, Tipe 4, dan Tipe 8 = 120 mm
 - Tangga Tipe 2 dan Tipe 5 = 210 mm
 - Tangga Tipe 3, Tipe 4, dan Tipe 8 = 170 mm
 - Lift :
 - Jumlah lift = 2 buah
 - Tipe lift = *Passenger*
 - Kapasitas lift = 20 orang (1350 kg)
 - Kecepatan lift = 1,75 m/s
- Gedung Sekolah Santu Petrus terletak di Kota Pontianak, Kalimantan Barat dengan data sebagai berikut :
 - Koordinat Lintang = -0,0378309595475602
 - Koordinat Bujur = 109,332001758629
 - Jenis pemanfaatan gedung = Fasilitas pendidikan
 - Kategori risiko = IV
 - Faktor keutamaan gempa $I_e = 1,50$
 - Nilai \bar{N} = 6,901 (Tanah Lunak)
 - Parameter S_s = 0,1617 g
 - Parameter S_l = 0,0506 g
 - Parameter S_{DS} = 0,259 (KDS C)
 - Parameter S_{D1} = 0,142 (KDS D)

Karena ketegori desain seismik termasuk dalam KDS D, gedung ini dirancang menggunakan Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus (SRPMK).
- Hasil kontrol perilaku struktur diantaranya sebagai berikut :
 - Partisipasi modal massa ragam terkombinasi dengan jumlah ragam sebanyak 24 telah memenuhi persyaratan pada SNI 1726-2019 Pasal 7.9.1.1, dengan arah X sebesar 92,8% dengan periode 1,129 detik dan arah Y 92,9% dengan periode 1,099 detik. Bentuk ragam pertama pada struktur adalah translasi arah X, kemudiyang kedua translasi arah Y, dan selanjutnya rotasi arah Z.

- b. Simpangan antar tingkat desain (Δ) tidak boleh melebihi Δ/ρ untuk semua tingkat dengan ρ adalah faktor redundansi, pada perancangan gedung ini sudah memenuhi syarat tersebut.
 - c. Terjadi ketidakberaturan horizontal struktur tipe 2 dan 3.
 - d. Terjadi ketidakberaturan horizontal struktur tipe 2.
4. Dimensi penampang yang dibutuhkan pada komponen struktur bangunan ini adalah :
- a. Tebal pelat lantai = 100 mm
 - b. Dimensi balok :
 - Balok Induk (B1) = 300 × 600 mm
 - Balok Induk (B2a) = 450 × 800 mm
 - Balok Induk (B2b) = 450 × 800 mm
 - Balok Anak (B3) = 300 × 600 mm
 - Balok Anak (B4) = 200 × 400 mm
 - c. Dimensi kolom :
 - Kolom persegi (K1) = 700 × 700 mm
 - Kolom bundar (K2) = D700 mm
5. Perancangan gedung ini menggunakan fondasi dalam atau fondasi tiang pancang dengan *square pile* berdimensi 30 cm × 30 cm. Perancangan fondasi pada gedung ini terdiri dari 4 tipe fondasi dimana P1 dengan n = 2 buah, P2 dengan n = 4 buah, P3 dengan n = 6 buah dan P4 dengan n = 8 buah.

Beberapa saran yang dapat penulis berikan setelah menyelesaikan penulisan ini adalah berikut :

1. Acuan pedoman standarisasi nasional yang akan digunakan sebaiknya menggunakan versi terbaru yang berlaku di Indonesia saat proses penulisan oleh para penulis selanjutnya.
2. Pemahaman mengenai langkah-langkah dalam menggunakan program analisis struktur sebaiknya telah dikuasai sebelum mulai menganalisis agar dapat melakukan pemodelan struktur dengan baik. Selain itu, pada saat memodelkan struktur bangunan pada program analisis struktur harus dilakukan secara teliti.
3. Sebaiknya sebelum menganalisis perhitungan, penulis sudah memahami susunan perancangan penulisan.
4. Sebelum menganalisis struktur bangunan gedung sebaiknya data-data sekunder berupa gambar arsitektural dan data tanah telah disediakan.
5. Pengumpulan referensi baik jurnal, buku panduan serta literatur lain sebaiknya dikumpulkan terlebih dahulu agar dapat dijadikan acuan penulis untuk menganalisis perhitungan suatu gedung.

REFERENSI

- Devita, S. 2021, *Perhitungan Struktur Gedung 7 Lantai Sekolah Tinggi Ilmu Keperawatan (Stik) Muhammadiyah Pontianak*. Pontianak : Universitas Tanjungpura
- Hardiyatmo, H. C. (1996). *Teknik Fondasi 1*. Gramedia Pustaka Utama.
- Hartiwi, S. 2019, *Studi Optimasi Fondasi Dalam Pada Gedung Rumah Sakit Umum Jeumpa Kota Pontianak*. Pontianak : Universitas Tanjungpura
- Masulili, T. Z. 2020, *Alternatif Desain Struktur Tahan Gempa Gedung Laboratorium Terpadu Iain Pontianak Dengan Sistem Rangka Pemikul Momen*. Pontianak : Universitas Tanjungpura
- SNI 1726:2019. *Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Struktur Bangunan Gedung dan Nongedung*.
- SNI 1727:2020. *Beban Desain Minimum dan Kriteria Terkait untuk Bangunan Gedung dan Struktur Lain*.
- SNI 2847:2019. *Persyaratan Beton Struktural untuk Bangunan Gedung dan Penjelasan*.
- SNI 8460:2017. *Persyaratan Perancangan Geoteknik*.