

Evaluasi Desain Struktur Gedung Pondok Pesantren At-Tibyan Deli Serdang

Simon Dertha Tarigan¹, Martius Ginting², Yohanes Sibagariang³, Deny Alfandy Sihole⁴

^{1,2,3,4}Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Katolik Santo Thomas, Medan

Email : ¹simondertha2003@yahoo.com

Abstract

The structural design of this three-story Islamic boarding school building, the results obtained after analysis include; risk category II so that the earthquake priority factor is 1. The soil site class is soft soil. In the structural system, it is designed using a special moment resisting frame system (SRPMK). The seismic design category obtained is category D. Seismic inspection starting from checking irregularities, diaphragm design, checking the number of structural vibration variations, determining the fundamental period of the structure, seismic response coefficient values, seismic base shear, checking the deviation between floors is carried out based on SNI 1726-2019. for column elements, beams and also plates in existing conditions after analysis have met the requirements based on SNI 2847-2019. The conclusion in this final project research is based on the results of the analysis that the design of the Attybian Islamic boarding school building still meets the requirements based on SNI 1726-2019 concerning procedures for earthquake resistance planning for buildings and non-buildings and also for beam, column and plate elements have met the requirements based on SNI 2847-2019 concerning reinforced concrete structures. However, for the beam elements for the reinforcement requirements, it is still too wasteful so that in this analysis, the amount of reinforcement is reduced because in the planning principle it must be safe and economical.

Keywords: School, Structural System, Deviation, Irregularity.

Abstrak

Dalam desain struktur Gedung pesantren tiga lantai ini diperoleh hasil setelah dianalisis antara lain; kategori resiko II sehingga faktor keutamaan gempanya adalah 1. Kelas situs tanahnya yaitu tanah lunak. Dalam sistem struktur didesain menggunakan sistem rangka pemikul momen khusus (SRPMK). Kategori desain seismic yang didapatkan adalah kategori D. pemeriksaan kegempaan mulai dari pengecekan ketidakberaturan, desain diafragma, pengecekan jumlah ragam getar struktur, penentuan periode fundamental struktur, nilai koefisien respon seismic, geser dasar seismic, pemeriksaan simpangan antar tingkat dilakukan berdasarkan SNI 1726-2019. untuk elemen kolom, balok dan juga pelat dalam kondisi eksisting setelah di analisis telah memenuhi persyaratan berdasarkan SNI 2847-2019. Kesimpulan dalam penelitian tugas akhir ini berdasarkan hasil analisis bahwa desain gedung pondok pesantren Attybian masih memenuhi persyaratan berdasarkan SNI 1726-2019 tentang tata cara perencanaan ketahanan gempa untuk bangunan gedung dan non gedung dan juga untuk elemen balok, kolom dan pelat telah memenuhi persyaratan berdasarkan SNI 2847-2019 tentang beton struktur bertulang. Tetapi untuk elemen balok untuk kebutuhan tulangnya masih terlalu boros sehingga dalam analisis ini lakukan pengurangan jumlah tulangnya. karna dalam prinsip perencanaan harus aman dan ekonomis.

Kata Kunci : Sekolah, Sistem Struktur, Simpangan, Ketidakberaturan.

1. PENDAHULUAN

Indonesia rawan gempa, pemerintah menciptakan peraturan-peraturan bangunan yang akan diperiksa strukturnya berdasarkan PPRI (Peraturan-Peraturan Republik Indonesia) No 16 Tahun 2021 tentang pelaksanaan undang-undang nomor 28 tahun 2002

tentang bangunan gedung. Dalam peraturan Pemerintah ini yang dimaksud dengan bangunan gedung adalah wujud fisik hasil pekerjaan konstruksi yang menyatu dengan tempat kedudukannya, sebagian atau seluruhnya berada di atas dan didalam tanah atau air, yang berfungsi sebagai tempat manusia melakukan kegiatannya, baik untuk hunian atau tempat tinggal, kegiatan keagamaan, kegiatan usaha, kegiatan sosial, budaya, maupun kegiatan khusus.

Ketentuan pembebanan struktur bangunan gedung pada pasal 29 ayat (4) (5), (6), (7) dan (8) PPRI No 16 Tahun 2021, harus memperhitungkan kemampuan struktur dalam memikul beban yang mungkin bekerja selama umur layanan struktur. Selain pengaruh beban, perencanaan struktur harus memperhitungkan pengaruh korosi, jamur, dan serangga perusak agar struktur dapat mencapai umur layanannya. Dalam perencanaan struktur bangunan gedung terhadap pengaruh gempa, struktur bangunan gedung harus diperhitungkan pengaruh gempa rencana sesuai dengan tingkat risiko gempa dan tingkat kinerja struktur.

Pada pasal 52 PPRI Nomor 16 Tahun 2021, ketentuan lokasi penempatan bangunan gedung ditetapkan bagi bangunan gedung yang dibangun di dalam tanah, bangunan gedung yang dibangun di atas dan/atau di bawah prasarana dan/atau sarana umum, dan bangunan gedung yang dibangun di bawah dan/atau di atas permukaan air. Ketentuan lokasi penempatan bangunan gedung sebagaimana meliputi lokasi peletakan bangunan gedung harus mempertimbangkan kondisi geologis dan topografis yang aman bagi bangunan gedung di dalam tanah berdasarkan studi kelayakan. Berada pada daerah yang memiliki kondisi struktur lapisan dan sifat deformasi tanah relatif stabil untuk menahan beban dan penurunan tanah akibat penggalian atau beban bangunan gedung dan berada pada daerah yang memiliki kondisi permukaan air tanah, tekanan rembesan air, dan potensi banjir relatif rendah.

2. METODOLOGI PENELITIAN

1) Gambar Struktur

Pada penelitian ini menggunakan denah sebagai berikut:



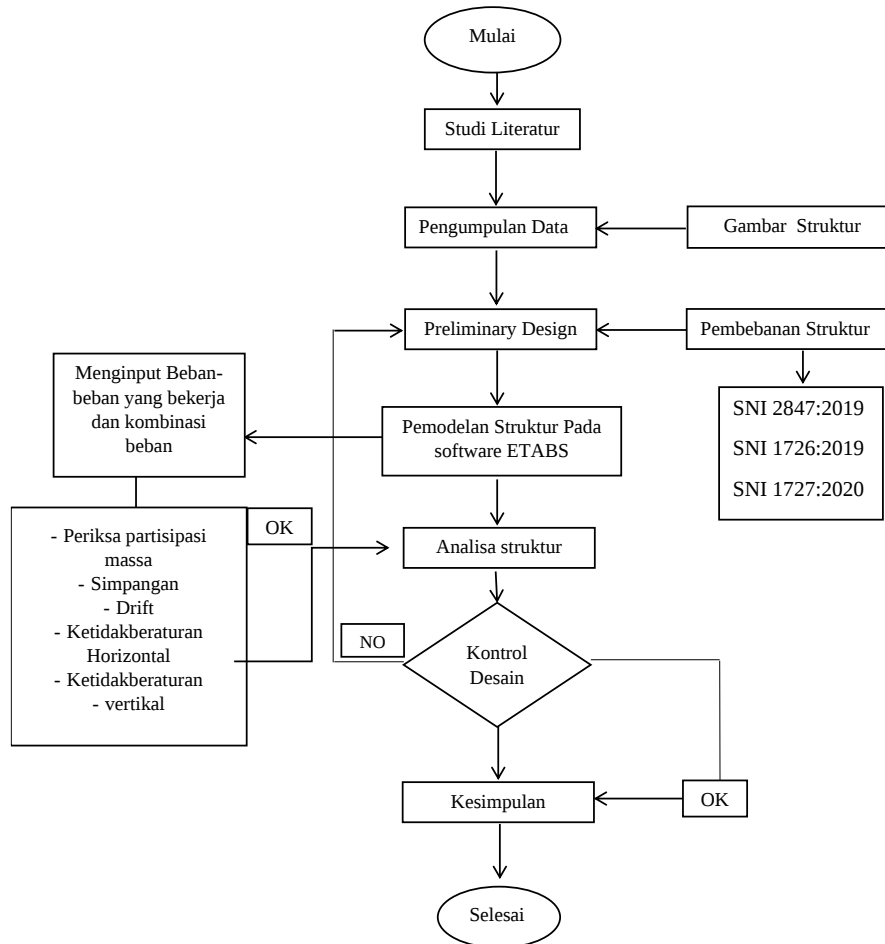
Gambar 1. Denah Lantai 1



Gambar 2. Denah Lantai 2



Gambar 3. Denah Lantai 3



2) Data Geometri Struktur

Nama Bangunan = Pondok Pesantren At-Tybian Deli Serdang
 Letak Bangunan = Jalan pasar kawat, desa sidodari ramunia, Kec.Beringin, Kab. Deli Serdang
 Koordinat Lintang = 3,603344
 Koordinat Bujur = 98,878878
 Fungsi Bangunan = Asrama
 Konstruksi Struktur = Beton Bertulang
 Jumlah Lantai = 3 Lantai
 Tinggi Bangunan = 12 m
 Panjang Total Bangunan Arah X = 58 m
 Panjang Total Bangunan Arah Y = 13,5 m

3) Pembebanan

Pembebanan pada struktur merupakan salah satu hal yang terpenting dalam merencanakan sebuah gedung. Untuk itu sangat penting bagi kita untuk merencanakan perhitungan pembebanan secara baik dan matang agar bangunan yang didesain nantinya akan aman pada saat dibangun dan digunakan.

4) Jenis-jenis Beban

a) Beban mati

Beban mati adalah beban yang terdiri dari berat semua bagian dari suatu bangunan yang bersifat tetap, termasuk segala bagian tambahan, material-material (misalkan kolom, balok, pelat maupun atap) serta perlengkapan yang merupakan bagian yang tidak terpisahkan dari bangunan itu sendiri. Berat sendiri struktur dihitung secara otomatis dengan software analisis berdasarkan spesifikasi material 24kN/m³ untuk beton bertulang dan 78,5kN/m³ untuk baja.

b) *Superimposed Dead Load*

Beban Mati Tambahan (*Superimposed Dead Load*) berat seluruh bahan yang membentuk suatu beban yang merupakan elemen nonstruktural, dan besarnya dapat berubah selama umurnya.

Spesi (2 cm)	= 2200 kg/m ² = 22 kN/m ²
Keramik	= 2400 kg/m ² = 24 kN/m ²
Plafond + penerang	= 25 kg/m ² = 0,25 kN/m ²
Ducting/ME	= 25 kg/m ² = 0,25 kN/m ²
Dinding ½ bata	= 250 kg/m ² = 2,5 kN/m ²

c) Beban hidup

Beban hidup adalah beban akibat penghunian atau penggunaan bangunan sesuai dengan fungsinya. Menurut SNI 1727:2020 Beban hidup yang digunakan dalam perancangan bangunan gedung dan struktur lain harus merupakan beban maksimum yang diharapkan terjadi akibat penghunian dan penggunaan bangunan gedung, akan tetapi tidak boleh kurang dari beban merata minimum yang ditetapkan dalam tabel 4.3-1.

1. Beban Hidup pada Pelat Lantai

Sekolah :

Ruang Kelas = 1,92 kN/m²

Koridor = 3,83 kN/m²

2. Beban Hidup pada Atap

Beban Atap = 0,96 kN/m²

d) Beban gempa

Beban gempa adalah beban yang bekerja pada suatu struktur akibat dari pergerakan tanah yang disebabkan karena adanya gempa bumi (baik itu gempa tektonik maupun vulkanik) yang mempengaruhi struktur tersebut.

e) Pembebanan Gempa Respon Spektrum

- Klasifikasi kelas situs tanah : SE (Tanah Lunak)
- Nilai Respon Spektrum Desain
- Koordinat Lintang : 3,603344
- Koordinat Bujur : 98,878878

- $S_s = 0,5860 \text{ g}$
- $S_1 = 0,3245 \text{ g}$
- $T_L = 20 \text{ detik}$
- $S_{DS} = 0,61 \text{ g}$
- $S_{D1} = 0,59 \text{ g}$
- $T_0 = 0,19 \text{ detik}$
- $T_s = 0,97 \text{ detik}$
-

f) Menentukan Kategori Resiko dan Faktor Keutamaan Gempa

- Fungsi Bangunan : Gedung pondok pesantren
- Kategori Resiko : IV
- Faktor Keutamaan Gempa (I_e) : 1,5

Sistem penahan gaya seismik untuk struktur dalam tugas akhir ini adalah termasuk sistem rangka pemikul momen yaitu Rangka Beton Bertulang Pemikul Momen Khusus.

1. Koef. Mod. Respon (R) = 8
2. Faktor kuat lebih sistem (Ω_0) = 3
3. Faktor pembesaran defleksi (C_d) = 5,5

5) Kombinasi Pembebanan

Struktur gedung maupun non gedung yang tahan gempa harus dirancang menggunakan suatu sistem kombinasi pembebanan, dimana kombinasi metode ultimate dijabarkan pada SNI 1726:2019 Pasal 4.2.2. Berdasarkan SNI 1726:2019 pasal 7.4.2 Pengaruh beban seismik harus dimodifikasi karena dikenakan faktor redundansi (ρ'). Untuk beban seismik horizontal E_h harus dikalikan dengan faktor redundansi (ρ') yang disyaratkan sesuai kategori desain seismiknya yaitu 1,3 dan pengaruh beban seismik arah vertikal E_v dikalikan dengan $0,2S_{DS}$. Beban gempa untuk struktur secara ortogonal dengan arah utama bernilai 100% dan arah tegak lurus nya akan bernilai 30%. Dengan memasukkan nilai dari beberapa faktor tersebut diatas, maka kombinasi pembebanan berdasarkan SNI 1726:2019 tentang tata cara perencanaan ketahanan gempa untuk struktur gedung dan nongedung pasal 4.2.2 adalah di persamaan 2.1 sampai 2.7.

a) Menentukan Kombinasi Pembebanan

1. $1,4D$
2. $1,2D + 1,6L + 0,5L_r$
3. $1,2D + 1,6L_r + L$
4. $1,2D + L + 0,5L_r$
5. $0,9D$
- 6.a $(1,2 + 0,2S_{DS})D + 1,3E_x + 0,39E_y + L$
- 6.b $(1,2 + 0,2S_{DS})D + 1,3E_x - 0,39E_y + L$
- 6.c $(1,2 + 0,2S_{DS})D - 1,3E_x + 0,39E_y + L$
- 6.d $(1,2 + 0,2S_{DS})D - 1,3E_x - 0,39E_y + L$
- 6.e $(1,2 + 0,2S_{DS})D + 0,39E_x + 1,3E_y + L$
- 6.f $(1,2 + 0,2S_{DS})D - 0,39E_x + 1,3E_y + L$
- 6.g $(1,2 + 0,2S_{DS})D + 0,39E_x - 1,3E_y + L$
- 6.h $(1,2 + 0,2S_{DS})D - 0,39E_x - 1,3E_y + L$
- 7.a $(0,9 - 0,2S_{DS})D + 1,3E_x + 0,39E_y$
- 7.b $(0,9 - 0,2S_{DS})D + 1,3E_x - 0,39E_y$
- 7.c $(0,9 - 0,2S_{DS})D - 1,3E_x + 0,39E_y$
- 7.d $(0,9 - 0,2S_{DS})D - 1,3E_x - 0,39E_y$

- 7.e $(0,9 - 0,2S_{DS})D + 0,39E_x + 1,3E_y$
 7.f $(0,9 - 0,2S_{DS})D + 0,39E_x - 1,3E_y$
 7.g $(0,9 - 0,2S_{DS})D - 0,39E_x + 1,3E_y$
 7.h $(0,9 - 0,2S_{DS})D - 0,39E_x - 1,3E_y$

6) Pemodelan Struktur Dengan Aplikasi ETABS

Pemodelan struktur yang dilakukan adalah pemodelan 3 dimensi dengan bantuan aplikasi ETABS. Pembebanan yang diberikan pada pemodelan struktur adalah beban mati, beban hidup dan beban gempa. Denah bangunan, mutu material dan dimensi penampang kolom, balok atau pelat diinput pada aplikasi ETABS berdasarkan data perencanaan yang telah dikumpulkan. Setelah pemodelan selesai, maka dapat segera dilakukan *run analysis* struktur pada aplikasi ETABS.

7) Pengecekan Dan Konsekuensi Ketidakberaturan Struktur

Pengecekan ketidakberaturan struktur dan konsekuensi dari ketidakberaturan struktur sesuai peraturan SNI 1726:2019 tentang Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Struktur Bangunan Gedung dan Nongedung. Akibat berlakunya ketidakberaturan struktur pada gedung maka terdapat perbedaan atau perubahan analisis yang disebut dengan konsekuensi ketidakberaturan struktur. Kemudian konsekuensi dari ketidakberaturan struktur tersebut di input dalam pemodelan struktur pada aplikasi ETABS.

8) Pengecekan *Stress ratio* Kolom

Pengecekan *stress ratio* (P + M) kolom dilakukan pada aplikasi ETABS untuk mengetahui apakah kolom-kolom tersebut aman (*stress ratio* ≤ 1) jika menggunakan peraturan dan metode analisis yang saya gunakan dalam penelitian ini. Jika tidak aman (*stress ratio* > 1) maka perlu dilakukan pembesaran dimensi kolom baik pembesaran dimensi beton, baja profil, baja tulangan atau penambahan jumlah tulangan.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Perhitungan Kekuatan Kolom Beton Bertulang

Perhitungan kekuatan kolom komposit dilakukan sesuai peraturan SNI 2847:2019 tentang Persyaratan Beton Bertulang Pada Gedung. Dilakukan perhitungan terhadap kekuatan tekan dan kekuatan lentur pada setiap tipe kolom.

1. Penentuan dimensi balok, kolom, dan pelat

Table 1. Balok

Tipe Balok	Dimensi Balok
Balok 1	250 mm x 500 mm
Balok 2	200 mm x 350 mm
SLOOF	250 mm x 500 mm

Tabel 2. Kolom

Tipe Kolom	Dimensi Kolom
K1	400 mm x 400 mm
K2	200 mm x 400 mm
K3	130 mm x 130 mm

Tabel 3. Pelat

Keterangan	Tebal Pelat (h)
Pelat	120 mm

Analisis konstruksi gedung dilakukan dengan menggunakan pemodelan struktur 3D dengan bantuan *software* ETABS V19 untuk menghitung gaya-gaya dalam, dengan kelas situs yang berbeda.

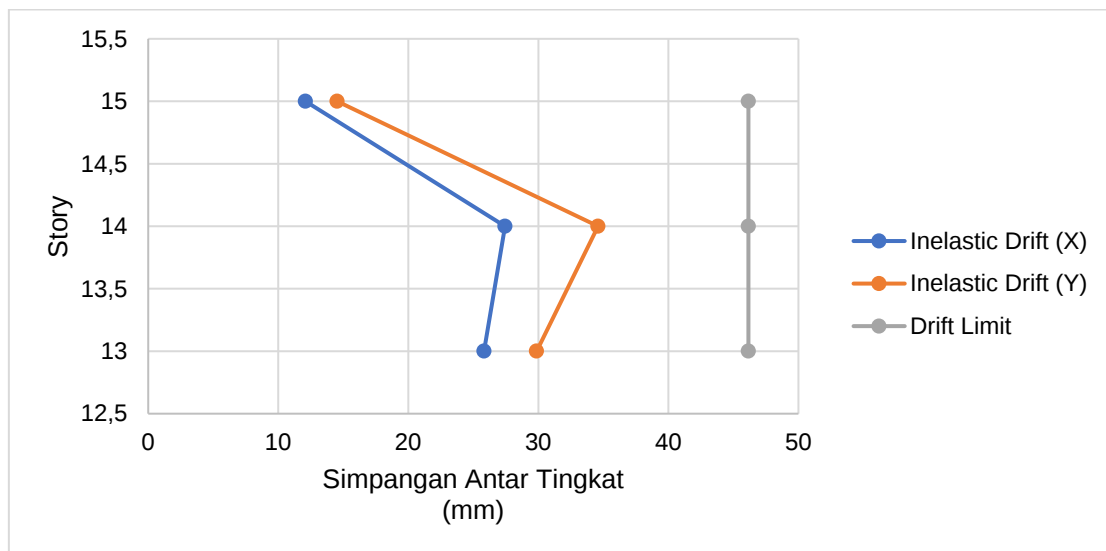
3.2 Kontrol kinerja Struktur

Tabel 4. Kinerja Struktur Sumbu X

Story	Tinggi (mm)	δ_x (mm)	Δ (mm)	Δ_{ijin} (mm)	Ket.
Lantai Atap	4000	17.824	12.093	46.154	Aman
Lantai 3	4000	14.526	27.438	46.154	Aman
Lantai 2	4000	7.043	25.824	46.154	Aman

Tabel 5. Kinerja Struktur Sumbu Y

Story	Tinggi (mm)	δ_x (mm)	Δ_x (mm)	Δ_{ijin} (mm)	Ket.
Lantai Atap	4000	21.543	14.531	46.154	Aman
Lantai 3	4000	17.580	34.591	46.154	Aman
Lantai 2	4000	8.146	29.869	46.154	Aman

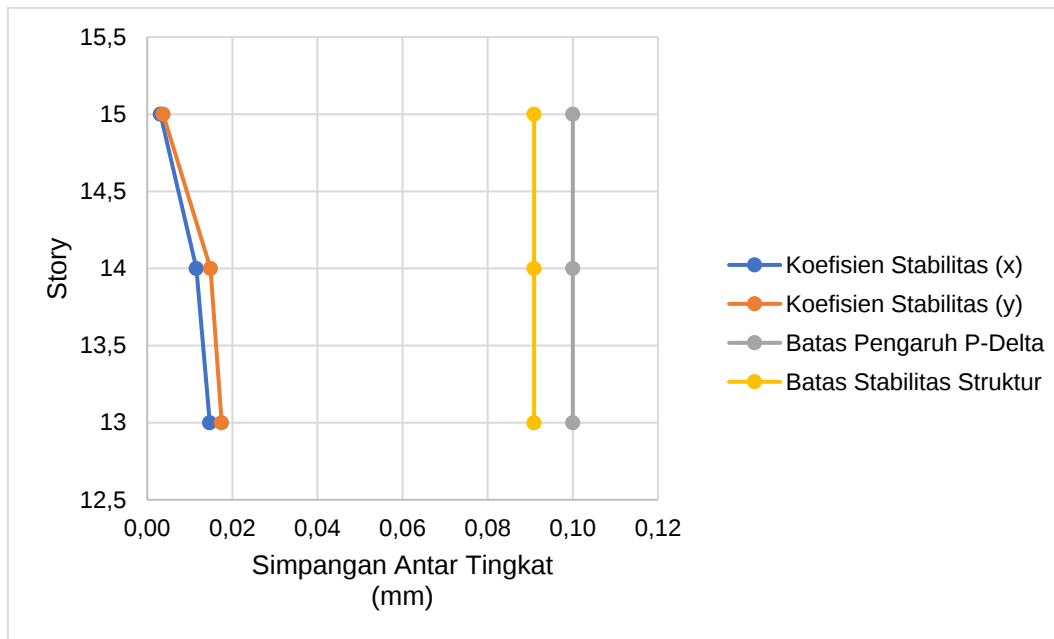


Gambar 4 Grafik Simpangan Arah X dan Arah Y

Berdasarkan Gambar 4, dapat dilihat bahwa perpindahan respons inelastik maksimum (Δ) baik pada arah X maupun arah Y lebih kecil daripada simpangan antar tingkat desain (Δ_{max}) disetiap lantainya. Maka berdasarkan persyaratan yang berlaku, struktur yang dianalisis **AMAN** terhadap simpangan antar lantai yang ditinjau.

Tabel 6. Rekapitulasi Persyaratan Geometri pada Balok

Type Balok (mm)	bw (mm)	H (mm)	L (mm)	Bentang bersih	4d	Bentang bersih $\geq 4d$	bw ≥ 250	bw /h	bw/h $\geq 0,3$
Balok 300x800	300	800	8000	7200	2950	Ok	Ok	0,37	Ok
Balok 250x600	250	600	4000	3400	2150	Ok	Ok	0,41	Ok
Balok 250x400	250	400	4000	3600	1350	Ok	Ok	0,62	Ok
Balok 250x350	250	350	4000	3650	1150	Ok	Ok	0,71	Ok



Gambar 5. Simpangan Antar Tingkat akibat P Delta

Berdasarkan SNI 03-1726-2019; Pasal 7.8.7, digambarkan dalam gambar 5, jika koefisien stabilitas (θ) lebih besar dari 0,10 tetapi kurang dari atau sama dengan (θ_{max}) faktor peningkatan terkait dengan pengaruh P-delta pada perpindahan dan gaya komponen struktur harus ditentukan dengan analisa rasional. Sebagai alternatif diizinkan untuk mengalikan perpindahan dan gaya komponen struktur dengan $1,00/(1-\theta)$. Jika θ lebih besar dari θ_{max} struktur berpotensi tidak stabil sehingga harus didesain ulang. Berdasarkan analisa yang dilakukan didapat bahwa :
 Koefisien Stabilitas (θ) < Batas Stabilitas (θ_{max}) < Batas P-delta
 Maka struktur dinyatakan **STABIL** dan tidak perlu didesain ulang.

Tabel 7. Persyaratan geometri balok

Type Balok (mm)	bw (mm)	H (mm)	L (mm)	Bentang bersih	4d	Bentang bersih $\geq 4d$	bw ≥ 250	bw /h	bw/h $\geq 0,3$
BL 250x500	250	500	5500	5100	1768	Ok	Ok	0,5	Ok
SL 250x500	250	500	5500	5100	1768	Ok	Ok	0,5	Ok
BA 250x350	250	400	4000	3600	1172	Ok	Ok	0,71	Ok

Tabel 8. Persyaratan Tulangan Geser Balok

Type Balok	BL 250/500		SL 250/500		BA 250/350	
	Positif	Negatif	Positif	Negatif	Positif	Negatif
Momen (kNm)	83,678	106,148	32,271	24,067	26,484	44,518
Mn (kNm)	136,215	166,074	106,698	106,698	51,298	51,298
ϕ Mn	122,594	149,467	96,029	96,029	46,168	46,168
ρ	0,00007	0,00009	0,0049	0,0049	0,010	0,010
$\rho_{\max,1}$	0,00015	0,00015	0,0152	0,0152	0,0152	0,0152
$\rho_{\max,2}$	0,00025	0,00025	0,025	0,025	0,025	0,025
Cek As max $\rho \leq \rho_{\max}$	OK	OK	OK	OK	OK	OK
a	79,479	99,348	60,851	60,851	57,048	57,048
ϵ_s	0,011	0,008	0,016	0,016	0,010	0,010
As perlu (mm ²)	494,056	642,553	186,235	186,235	238,423	395,346
Tulangan	Dipakai	4D16	5D16	4D14	3D14	3D14
	As _{act} (mm ²)	804,248	1005,310	615,752	461,815	461,815
As $\geq$ As perlu	Ok	Ok	Ok	Ok	Ok	Ok
ϕ Mn $\geq$ Mu	Ok	Ok	Ok	Ok	Ok	Ok

Tabel 9. Rekapitulasi dimensi tulangan

Balok	Daerah	Tulangan Longitudinal		Tulangan Transversal	
		Tumpuan	Lapangan	Tumpuan	Lapangan
Balok SL (25 x 50)	Atas	4 – D14	4 – D14	Ø10 –70	Ø10 –100
	Tengah	2 – D13	2 – D13		
	Bawah	4 – D14	4 – D14		
Balok BL (25 x 50)	Atas	5 – D16	4 – D16	Ø10 –70	Ø10 –100
	Tengah	2 – D14	2 – D14		
	Bawah	4 – D16	5 – D16		
Balok BA (25 x 35)	Atas	3 – D14	3 – D14	Ø10 –70	Ø10 –100
	Tengah	2 – D13	2 – D13		
	Bawah	3 – D14	3 – D14		

Tabel 10. Rekapitulasi Persyaratan Geometri pada Kolom

Type Kolom	b	h	L	Pu	$0,1Agfc'$	$Pu \cdot 10^3 \geq 0,1Agfc'$	$b \geq 300$	b/h	$bw/h \geq 0,4$
KU	400	400	4000	1034,5156	320000	OK	OK	1	OK
KT	200	400	4000	476,294	160000	OK	Not Ok	0,5	OK

Tabel 11. Rekapitulasi Kolom

Type Kolom	KU (400x400 mm)		KT (200x400 mm)	
Syarat Gaya dan Geometri	OK		Tidak OK	
Kapasitas Lentur	OK		OK	
Kapasitas Geser	OK		OK	
Tulangan Longitudinal	16D16	OK	12D16	OK
Tulangan Transversal tumpuan	4D10-50	OK	4D10-50	OK
Tulangan transversal lapangan	4D10-90	OK	4D10-90	OK

Dari hasil pengecekan persyaratan balok eksisting berdasarkan SNI 2847-2019 telah memenuhi persyaratan. Dimulai dari pengecekan geometri, tulangan longitudinal dan geser telah memenuhi dan setelah dievaluasi kebutuhan tulangnya terlalu boros dan bisa kurangi, karna pada prinsip perencanaan harus aman dan ekonomis.

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil analisis dalam penelitian ini, maka diambil beberapa kesimpulan yaitu sebagai berikut:

1. Dari pengecekan ketidakberaturan struktur, bangunan ini memiliki ketidakberaturan struktur horizontal 1a serta memiliki ketidakberaturan struktur vertikal 2
2. Dari pengecekan kinerja struktur gedung pondok pesantren telah memenuhi persyaratan SNI 1726-2019 tentang tata cara bangunan tahan gempa.
3. Hasil analisis komponen elemen balok, memenuhi syarat dimensi dan juga persyaratan penulangan lentur dan transversal masih terpenuhi, tetapi masih terlalu boros untuk kebutuhan tulangnya, sehingga dilakukan pengurangan untuk jumlah tulangnya.
4. Hasil analisis komponen kolom dimensi telah memenuhi persyaratan, dan untuk penulangan juga memenuhi persyaratan. pemeriksaan kolom menggunakan program *Software*.

REFERENCES

- Badan Standarisasi Nasional. 2019. Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non Gedung (SNI 1726:2019). Jakarta: Standar Nasional Indonesia.
- Badan Standarisasi Nasional. 2019. Persyaratan Beton Struktural untuk Bangunan Gedung (SNI 2847:2019). Jakarta: Standar Nasional Indonesia.
- Penetapan Standar Nasional INDONESIA 1727:2020 Beban Desain Minimum Dan Kriteria Terkait Untuk Bangunan Gedung Dan Struktur Lain Sebagai Revisi Dari Standar Nasional Indonesia 1727:2013 Beban Minimum Untuk Perancangan Bangunan Gedung Dan Struktur Lain.
- Badan Standarisasi Nasional. 2013. Beban Minimum Untuk Perancangan Bangunan Gedung dan Struktur Lain. Jakarta : Standar Nasional Indonesia.
- Anshar, Muhammad. 2022. Tinjauan Ulang Perencanaan Struktur Gedung SMP Muhammadiyah Kota Payakumbuh. Padang : Universitas Muhammadiyah Sumatera Barat
- Sindy, HA, 2016. Desain Struktur Gedung Jurusan Teknik Industri Universitas Andalas. Padang : Universitas Andalas Sumatera Barat.
- Purwono, Rahmat. 2005. Perencanaan Struktur Beton Bertulang Tahan Gempa. Surabaya: ITS Press.
- Sudarmoko, J.N. 2005. Diagram Perencanaan Kolom Beton Bertulang, Jurnal Teknik Sipil, Fakultas Teknik, UGM, 12-20
- Sihombing, Rani Youlanda. 2017, Perencanaan Struktur Gedung Ruang Belajar Sekolah Menengah Atas 3 Lantai Di Provinsi Riau, Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik, Universitas Riau.
- Wang, Chu, Kia. 1999. Desain Beton Bertulang Jilid 1, Erlangga, Jakarta.