

**EVALUASI STRUKTUR GEDUNG KULIAH TERPADU 1 (GKT 1)
POLITEKNIK NEGERI BENGKALIS BERDASARKAN SNI GEMPA
1726-2019 DAN SNI BETON BERTULANG 2847-2019**

TUGAS AKHIR

Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Meraih Gelar Sarjana
Pada Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik
Universitas Islam Riau
Pekanbaru



Oleh

DIKKI PERMANA

17 311 0115

**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS ISLAM RIAU
PEKANBARU**

2022

HALAMAN PERSETUJUAN

TUGAS AKHIR

EVALUASI STRUKTUR GEDUNG KULIAH TERPADU 1 (GKT 1) POLITEKNIK
NEGERI BENGKALIS BERDASARKAN SNI GEMPA 1726-2019 DAN
SNI BETON BERTULANG 2847- 2019.

Disusun Oleh :


DIKKI PERMANA
173110115

MAHADI KURNIAWAN, S.T., M.T
Pembimbing


Tanggal : 21 Maret 2022

HALAMAN PENGESAHAN

TUGAS AKHIR

EVALUASI STRUKTUR GEDUNG KULIAH TERPADU 1 (GKT 1) POLITEKNIK
NEGERI BENGKALIS BERDASARKAN SNI GEMPA 1726-2019 DAN
SNI BETON BERTULANG 2847-2019.

Disusun Oleh :

DIKKI PERMANA
173110115

Telah Diuji Didepan Dewan Penguji Pada Tanggal 14 Maret 2022
Dan Dinyatakan Telah Memenuhi Syarat Untuk Diterima

SUSUNAN DEWAN PENGUJI


Mahadi Kurniawan, S.T., M.T.
Ketua


Sri Hartati Dewi, S.T., M.T.
Dosen Penguji


Dr. Elizar, S.T., M.T.
Dosen Penguji

LEMBAR PERNYATAAN

Yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : DIKKI PERMANA

Npm : 173110115

Jurusan : Teknik Sipil

Judul Skripsi : Evaluasi Struktur GedungKuliah Terpadu 1 (GKT1) Politeknik Negeri
Bengkalis Berdasarkan SNI Gempa 1726-2019 Dan SNI Beton
Bertulang 2847-2019.

Menyatakan dengan sebenarnya bahwa skripsi yang saya tulis ini tidak mempunyai
persamaan dengan skripsi lain.

Demikian pernyataan ini dibuat tanpa adanya paksaan dari pihak manapun. Apabila
pernyataan ini tidak benar, maka akan diberikan sanksi oleh pimpinan fakultas.

Pekanbaru, 21 Maret 2022

Yang membuat Pernyataan

DIKKI PERMANA

KATA PENGANTAR

Assalamu'alaikum Warahmatullahi Wabarokatuh

Alhamdulillah rabbil 'alamin, puji dan syukur kehadiran Allah SWT yang telah memberikan rahmat dan Hidayah-Nya berupa akal, pikiran serta kesehatan jasmai dan rohani kepada penulis tetap bersemangat untuk menyelesaikan Tugas Akhir ini sesuai dengan harapan. Shalawat serta salam untuk Nabi Muhammad SAW, berkat perjuangan beliau kita bisa menikmati ilmu pengetahuan seperti saat sekarang ini.

Melalui proses yang telah dilalui akhirnya penulis dapat menyelesaikan tugas akhir dengan judul **“Evaluasi Struktur Gedung Kuliah Terpadu 1 (GKT 1) Politeknik Negeri Bengkalis Berdasarkan SNI Gempa 1726-2019 Dan SNI Beton Bertulang 2847-2019”** yang disusun sebagai persyaratan mengikuti kurikulum akademis pada jurusan teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Islam Riau sebagai syarat untuk mendapatkan gelar sarjana teknik (ST).

Inti dari permasalahan utama dalam penelitian ini adalah untuk mengetahui kekuatan struktur gedung GKT 1 Politeknik Negeri Bengkalis yang dibangun menggunakan peraturan SNI Gempa 1726-2002 dan SNI Beton 2847-2002 dengan mengevaluasi menggunakan peraturan SNI Gempa 1726-2019 dan SNI Beton 2847-2019. Hal ini meliputi nilai simpangan yang terjadi, tegangan yang terjadi dan kekuatan komponen kolom dan balok.

Mengingat keterbatasan kemampuan yang penulis miliki, penulis menyadari bahwa Tugas Akhir ini masih jauh dari kesempurnaan dan tidak luput dari kesalahan. Karena itu, dengan segala kerendahan hati penulis menerima kritik dan saran yang bersifat membangun dari para pembaca demi kesempurnaan Tugas Akhir ini.

Pekanbaru, 15 Maret 2022

Penulis



DIKKI PERMANA

UCAPAN TERIMA KASIH

Dengan segala kerendahan hati peneliti ingin menyampaikan dan mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada semua pihak yang telah membantu peneliti dengan memberikan dorongan dan dukungan yang tak terhingga terutama kepada :

1. Bapak Prof. Dr. H. Syafrinaldi, S.H., M.C.L. sebagai Rektor Universitas Islam Riau.
2. Bapak Dr.Eng Muslim, ST.,MT sebagai Dekan Fakultas Teknik Universitas Islam Riau.
3. Ibu Dr. Mursyidah, M.Sc. sebagai Wakil Dekan Bidang Akademis Fakultas Teknik Universitas Islam Riau.
4. Bapak Dr. Anas Puri, ST., MT. sebagai Wakil Dekan Bidang Keuangan Fakultas Teknik Universitas Islam Riau.
5. Bapak Akmar Efendi, S.Kom., M.Kom. sebagai Wakil Dekan Bidang Kemahasiswaan dan Alumni Fakultas Teknik Universitas Islam Riau.
6. Ibu Harmiyati, ST., M.Si. sebagai Ketua Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Islam Riau.
7. Ibu Sapitri ST.,MT. sebagai Sekretaris Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Islam Riau.
8. Bapak Mahadi Kurniawan, ST., MT. sebagai Dosen Pembimbing.
9. Ibu Sri Hartati Dewi, ST., MT. sebagai Dosen Penguji.
10. Ibu Dr. Elizar, ST., MT. sebagai Dosen Penguji.
11. Seluruh Dosen Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Islam Riau.
12. Seluruh Staf dan Karyawan/i Tata Usaha (TU) Fakultas Teknik Universitas Islam Riau.
13. Seluruh Staf dan Karyawan/i Perpustakaan Teknik Universitas Islam Riau.

14. Orang tua tercinta M.Arifin, S.Pd.I dan Nuryati yang selama ini tak henti-hentinya mendo'akan, memberikan semangat, dan memberikan dukungan.
15. Kakak kandung Ika Susanti A.Md.Kep dan abang ipar Fadilah S.Pd.I yang selama ini memberikan do'a dan telah memberikan dorongan dan juga motivasi selama proses penyusunan Tugas Akhir.

Akhir kata penulis berharap agar Tugas Akhir ini nantinya dapat bermanfaat bagi kita semua terutama bagi penulis sendiri.

Wassalamu'alaikum Warahmatullahi Wabarokatuh

Pekanbaru, 15 Maret 2021

Penulis



DIKKI PERMANA

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	
HALAMAN PERSETUJUAN	
HALAMAN PENGESAHAN	
HALAMAN PERNYATAAN	
KATA PENGANTAR.....	i
UCAPAN TERIMA KASIH	ii
DAFTAR ISI.....	iv
DAFTAR TABEL	vii
DAFTAR GAMBAR.....	viii
DAFTAR LAMPIRAN.....	x
DAFTAR NOTASI.....	xi
ABSTRAK	xiii
BAB I PENDAHULUAN	
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah.....	3
1.3 Tujuan Penelitian	3
1.4 Manfaat Penelitian	4
1.5 Batasan Masalah	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	
2.1 Umum	6
2.2 Penelitian Terdahulu	6
2.3 Keaslian Penelitian.....	8
BAB III LANDASAN TEORI	
3.1 Umum	9
3.2 Pembebanan Struktur	10
3.3 Struktur Beton Bertulang Tahan Gempa.....	27
BAB IV METODE PENELITIAN	
4.1 Lokasi Penelitian.....	47
4.2 Data Penelitian	47
4.3 Tahapan Penelitian.....	53
4.4 Bagan Alir Penelitian	60

BAB V HASIL DAN PEMBAHASAN

5.1.	Pembebanan Gempa <i>Respons Spectrum</i>	61
5.2.	Hasil Analisis Gempa Dengan Metode Respons Spektrum	62
5.3.	Hasil Analisis Tegangan pada Struktur.....	72
5.4.	Hasil Analisis Komponen Struktur Balok.....	72
5.5.	Hasil Analisis Komponen Struktur Kolom	75

BAB VI PENUTUP

6.1.	Kesimpulan	78
6.2.	Saran	78

DAFTAR PUSTAKA	80
-----------------------------	-----------

LAMPIRAN



DAFTAR TABEL

Tabel 3.1.	Beban hidup terdistribui merata minimum, L_0 dan beban hidup terpusat minimum.....	12
Tabel 3.2.	Faktor Keutamaan Gempa.....	15
Tabel 3.3.	Kategori Resiko Bangunan Gedung dan nongedung untuk Beban Gempa Berdasarkan SNI 1726-2019.....	15
Tabel 3.4.	Koefisien itu, F_a	19
Tabel 3.5.	Koefisien itu, F_v	20
Tabel 3.6.	Kategori Desain Seismik Berdasarkan Parameter Respon Respons Percepatan Pada Periode Pendek	22
Tabel 3.7.	Kategori Desain Seismik Berdasarkan Parameter Respon Respons Percepatan Pada Periode Pendek 1 detik	22
Tabel 3.8.	Koefisien untuk batas atas pada periode yang dihitung	23
Tabel 3.9.	Nilai parameter periode pendekatan C_t Dan X	24
Tabel 3.10.	Faktor reduksi kekuatan (ϕ)	32
Tabel 5.1.	Base Shear Pada SNI 1726-2002 dan SNI 1726-2019	60
Tabel 5.2.	<i>Story shear</i> pada model gedung arah X.....	61
Tabel 5.3.	<i>Story shear</i> pada model gedung arah Y.....	61
Tabel 5.4.	<i>Story shear</i> pada gedung berdasarkan SNI 1726-2002	61
Tabel 5.5.	<i>Story shear</i> pada gedung berdasarkan SNI 1726-2019	62
Tabel 5.6.	Control <i>story drift X</i> Berdasarkan Model Gedung	62
Tabel 5.7.	Control <i>story drift Y</i> Berdasarkan Model Gedung.....	63
Tabel 5.8.	Control <i>story drift X</i> berdasarkan SNI 1726-2002	66
Tabel 5.9.	Control <i>story drift Y</i> berdasarkan SNI 1726-2002.....	67
Tabel 5.10.	Control <i>story drift X</i> berdasarkan SNI 1726-2019	67
Tabel 5.11.	Control <i>Story Drift Y</i> berdasarkan SNI 1726-2019	68
Tabel 5.12.	Tegangan kolom dan balok yang diijinkan	69
Tabel 5.13.	Persyaratan Geometri Balok SNI 2847-219	70
Tabel 5.14.	Persyaratan Tulangan Lentur Balok SNI 2847-2019	71
Tabel 5.15.	Persyaratan Tulangan Geser Balok SNI 2847-2019.....	72

Tabel 5.16.	Persyaratan Geometri Kolom SNI 2847-2019	73
Tabel 5.17.	Persyaratan Tulangan Lentur dan transversal Kolom SNI 2847-2019	74



DAFTAR GAMBAR

Gambar 3.1.	Spektrum Respons Desain SNI 1726-2019.....	21
Gambar 3.2.	Penentuan Simpangan Antar Lantai.....	26
Gambar 3.3.	Lebar efektif maksimum balok lebar (<i>wide beam</i>) dan persyaratan tulangan transversal	29
Gambar 3.4.	Perhitungan kuat geser balok	33
Gambar 3.5.	Persyaratan Tulangan Transversal	34
Gambar 3.6.	Contoh sengkang tertutup (<i>hoop</i>) yang dipasang bertumpuk dan ilustrasi batasan maksimum spasi horizontal penumpu batang longitudinal	35
Gambar 3.7.	Diagram Interaksi Kolom (Supadli, 2017)	40
Gambar 4.1.	Eksisting Lokasi Gedung	47
Gambar 4.2.	Model Struktur GKT 1 Politeknik Negeri Bengkalis.....	48
Gambar 4.3.	Lokai Elemen Balok Dan Kolom Yang Di Tinjau.....	48
Gambar 4.4.	Denah Lantai 1 Gedung GKT 1 Politeknik Negeri Bengkalis.....	49
Gambar 4.5.	Denah Lantai 2 Gedung GKT 1 Politeknik Negeri Bengkalis.....	50
Gambar 4.6.	Denah Lantai 3 Gedung GKT 1 Politeknik Negeri Bengkalis.....	51
Gambar 4.7.	Detail Penulangan Balok B1	52
Gambar 4.8.	Detail Penulangan Kolom K1	52
Gambar 4.9.	Bagan Alir Penelitian	60
Gambar 5.1.	<i>Respons Spectrum</i> Wilayah Gempa 1 SNI 1726-2002	61
Gambar 5.2.	<i>Respons Spectrum</i> Bengkalis SNI 1726-2019.....	61
Gambar 5.3.	Grafik Simpangan Antar Lantai Pada Mode 1	66
Gambar 5.4.	Grafik Simpangan Antar Lantai Pada Mode 2	66
Gambar 5.5.	Grafik Simpangan Antar Lantai Pada Mode 3	67
Gambar 5.6.	Grafik Simpangan Antar Lantai Pada Mode 4.....	67
Gambar 5.7.	Grafik Simpangan Antar Lantai Pada Mode 5	68
Gambar 5.8.	Grafik Simpangan Antar Lantai Pada Mode 6.....	68

Gambar 5.9.	Grafik Simpangan Antar Lantai SNI 1726-2002	70
Gambar 5.10.	Grafik Simpangan Antar Lantai SNI 1726-2019	71
Gambar 5.11.	Lokasi Pengecekan Balok B1 Dan B2 Elevasi 4 m	73
Gambar 5.12.	Lokasi Pengecekan Kolom 50/50 Lantai 2	76
Gambar 5.13.	Axial dan Momen Kolom 500/500 Lantai 2	77



DAFTAR LAMPIRAN

LAMPIRAN A. ANALISIS DATA

- A.1. Tahapan dan Langkah-Langkah Analisis Struktur Kondisi
Eksisting Gedung Berdasarkan SNI 1726–2019 dan SNI
2847-2019 A-1
- A.2. Tahapan dan Langkah-Langkah Analisis Struktur Kondisi
Eksisting Gedung Berdasarkan SNI 1726–2019 dan SNI
2847-2019 A-57
- A.3. Analisis *Tegangan* Struktur Beton Bertulang Kondisi Eksisting
Gedung Berdasarkan SNI 1726-2019. A-122
- A.4. Analisis *Detailing* Struktur Beton Bertulang Kondisi Eksisting
Gedung Berdasarkan SNI 2847-2019 A-140

LAMPIRAN B. GAMBAR PELENGKAP

LAMPIRAN C. KELENGKAPAN ADMINISTRASI DAN SURAT-SURAT

DAFTAR NOTASI

C_d	: faktor pembesaran defleksi
CQC	: metoda kombinasi kuadrat lengkap
C_s	: Koefisien Desain Seismik (detik)
C_t	: Spektrum Respons
D	: beban mati (KN/m)
E	: pengaruh beban seismik
E_c	: Modulus elastisitas (MPa)
E_h	: pengaruh gaya seismik
E_v	: pengaruh gaya seismik vertical
F_a	: koefisien situs untuk perioda pendek (pada perioda 0,2 detik)
F_c'	: Kuat tekan beton (Mpa)
F_{PGA}	: koefisien situs untuk PGA
F_v	: koefisien situs untuk perioda panjang (pada perioda 1 detik)
F_y	: Kuat Tarik baja (Mpa)
h_n	: tinggi dari dasar sampai tingkat n (mili meter)
I_e	: faktor keutamaan gempa
KDS	: Kategori Desain Seismik
L	: beban hidup (KN/m)
MCE	: gempa tertimbang maksimum
MCE_G	: nilai tengah geometrik gempa tertimbang maksimum
MCE_R	: percepatan gempa maksimum yang dipertimbangkan risiko-tertarget
N	: Tahanan Penetrasi Standar
N_i	: Nilai Hasil Uji Penetrasi Standar (SPT) Lapisan ke – i
PGA	: percepatan muka tanah puncak MCE_G terpeta
PGA_M	: percepatan muka tanah puncak MCE_G yang sudah disesuaikan akibat pengaruh kelas situs
Q_e	: pengaruh gaya seismik horizontal dari V atau F_x

Q_E	: pengaruh gempa horizontal
R	: koefisien modifikasi respon
S_1	: parameter percepatan respons spektral MCE dari peta gempa pada periode 1 detik
SA	: batuan Keras
SB	: batuan
SC	: tanah keras, sangat padat dan batuan lunak
SD	: tanah sedang
S_{D1}	: parameter percepatan respons spektral pada periode 1 detik
S_{DS}	: parameter percepatan respons spektral pada periode pendek
SE	: tanah lunak
SF	: Tanah Khusus, yang membutuhkan investigasi geoteknik spesifik dan analisis respons spesifik situs
S_{M1}	: percepatan percepatan respons spektral MCE pada periode 1 detik yang sudah disesuaikan terhadap pengaruh kelas situs
S_{MS}	: parameter percepatan respons spektral MCE pada periode pendek yang sudah disesuaikan terhadap pengaruh kelas situs
$SRSS$	: metoda akar kuadrat jumlah kuadrat
S_s	: parameter percepatan respons spektral MCE dari peta gempa pada periode pendek
S_u	: kuat geser nilir
T_a	: periode fundamental pendekatan (detik)
V_s	: total gaya (geser) lateral seismik rencana elemen-elemen di atas sistem isolasi
Δ	: simpangan antar lantai tingkat desain (mili meter)
δ_x	: Simpangan pusat massa di Tingkat x (mili meter)
δ_{xe}	: Simpangan pada lokasi yang disyaratkan pada pasal ini y ditentukan dengan analisis elastis (mili meter)
P	: faktor redundansi
Ω_0	: faktor kuat lebih

EVALUASI STRUKTUR GEDUNG KULIAH TERPADU 1 (GKT 1) POLITEKNIK NEGERI BENGKALIS BERDASARKAN SNI GEMPA 1726-2019 DAN SNI BETON BERTULANG 2847-2019

DIKKI PERMANA
173110115

Abstrak

Perencanaan Gedung Kuliah Terpadu 1 (GKT 1) Politeknik Negeri Bengkalis yang dibangun pada tahun 2020 di desain menggunakan Standar peraturan SNI Beton 2847-2002 dan SNI Gempa 1726-2002. Sedangkan saat ini, peraturan khusus tersebut telah diperbarui menjadi standar SNI Beton 2847-2019 dan SNI Gempa 1726-2019. Berdasarkan kasus tersebut maka dalam penelitian ini dilakukan evaluasi struktur gedung menggunakan peraturan terbaru SNI Beton 2847-2019 dan SNI Gempa 1726-2019 untuk mengetahui simpangan izin dan tegangan izin yang terjadi pada kondisi eksisting Gedung Kuliah Terpadu 1 (GKT 1) Politeknik Negeri Bengkalis dan kebutuhan tulangan lentur dan transversal pada elemen kolom dan balok.

Analisis beban gempa menggunakan metode respons spektrum. Dalam penelitian ini akan membuat dua model bangunan gedung bertingkat dengan kondisi eksisting Gedung Kuliah Terpadu 1 (GKT 1) Politeknik Negeri Bengkalis dengan peraturan Gempa SNI- 1726-2002 dan peraturan beton struktural SNI-1726-2002 yang akan dievaluasi berdasarkan peraturan Gempa SNI- 1726-2019 dan peraturan beton struktural SNI-1726-2019.

Hasil analisis pada gedung menunjukkan simpangan yang terjadi mengalami peningkatan akibat perubahan peraturan dimana SNI-1726-2002 arah $\Delta x = 10,88$ mm, arah $\Delta y = 13,97$ mm, sedangkan pada SNI-1726-2019 arah $\Delta x = 18,26$ mm, arah $\Delta y = 29,82$ mm. Peningkatan tersebut dipengaruhi oleh nilai gaya geser dasar (V_b) yang meningkat yaitu pada SNI-1726-2002 arah X = 85991,14 Kg, arah Y = 86113 Kg dan SNI-1726-2019 arah X = 202677 Kg, arah Y = 258055 Kg. Dengan adanya peningkatan gempa gaya geser dasar (V_b) hasil evaluasi masih menunjukkan bahwa seluruh elemen struktur balok dan kolom Gedung Kuliah Terpadu 1 (GKT 1) Politeknik Negeri Bengkalis berdasarkan kondisi eksisting telah memenuhi syarat setelah dilakukan perhitungan analisis menggunakan peraturan terbaru SNI Gempa 1726-2019 dan SNI Beton 2847-2019.

Kata kunci: evaluasi struktur, beton bertulang, beban gempa, simpangan izin, tegangan izin.

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Bengkalis merupakan salah satu Kabupaten di Provinsi Riau, Indonesia. Dalam Visi Misi Pemerintah daerah Kabupaten Bengkalis akan menjadikan Pulau Bengkalis sebagai Kota Pendidikan di Provinsi Riau. Untuk menunjang tercapainya tujuan tersebut terdapat beberapa perguruan tinggi di Pulau Bengkalis salah satunya Politeknik Negeri Bengkalis. Politeknik Negeri Bengkalis pada tahun 2020 melalui Kementerian Pendidikan dan Kebudayaan Politeknik Negeri Bengkalis melaksanakan program pembangunan dan pengembangan infrastruktur pemerintah dimana salah satu kegiatannya adalah pembangunan Gedung Kuliah Terpadu Politeknik Negeri Bengkalis.

Dalam perencanaan Gedung Kuliah Terpadu 1 Politeknik Negeri Bengkalis yang dibangun pada tahun 2020 itu didesain menggunakan Standar peraturan SNI 1726-2002 tentang perencanaan standar ketahanan gempa untuk struktur gedung dan non gedung dan SNI 2847-2002 tentang tata cara perhitungan struktur beton bertulang untuk bangunan gedung. Wilayah Indonesia memiliki potensi terjadinya gempa yang bervariasi, mulai dari potensi gempa rendah sampai dengan tinggi. Dampak dari gempa itu sendiri mengakibatkan adanya kerusakan pada gedung, jembatan, jalan, rumah, dan lain-lain.(Usman, Mutmainna, and Palta 2021). Runtuhnya bangunan dapat diminimalisir dengan menganalisis pemodelan gedung pada saat terjadi gempa sehingga perencanaan dapat lebih baik dalam merencanakan gedung yang akan dibuat(Faiz 2019).

Pada tahun 2019 telah diterbitkan SNI 1726-2019 tentang Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non-gedung, Serta SNI 2847-2019 tentang persyaratan beton struktural untuk bangunan gedung dengan diterbitkannya peraturan baru tersebut ada keterkaitan dengan perubahan persyaratan dimensi maupun penulangan dari komponen struktur dari sebuah bangunan gedung. Dimana peraturan tersebut mengatur tentang penulangan pada beton dan juga mengatur tentang beban gempa pada suatu struktur bangunan

gedung dan juga terdapat ketentuan–ketentuan yang berbeda dari SNI 1726-2002 misalnya seperti peta gempa Indonesia yang tentunya akan mempengaruhi desain respon spektrumnya.(Setiawan et al. 2021) Penggunaan standar-standar terbaru ini sangat penting karena pada standar-standar tersebut mengalami perbesaran parameter-parameter gaya gempa(Jasman Isman Kadir et al. 2017)

Dengan digunakan standar peraturan lama untuk desain Gedung Kuliah Terpadu 1 (GKT 1) Politeknik Negeri Bengkalis dinilai peraturan tersebut kurang tepat dengan adanya peraturan terbaru yang berlaku sebagai pedoman perencanaan beton struktural dan struktur tahan gempa. Sehingga kurang ideal digunakan untuk bangunan gedung yang didirikan pada tahun 2020 dikarenakan tidak sesuai dengan tahun standar yang digunakan yaitu peraturan gempa SNI 1726-2002 dan peraturan beton SNI 2847-2002. Peraturan tersebut sudah mengalami beberapa kali perubahan yang sebelumnya SNI 1726-2002 dan SNI 2847-2002 lalu SNI 1726-2012 dan SNI 2847-2012 dan yang terbaru SNI 1726-2019 dan SNI 2847-2019. Dengan perubahan peraturan ini terdapat kenaikan nilai-nilai koefisien dan perbedaan desain antara peraturan beton SNI 2847-2002 dengan peraturan beton SNI 2847-2019, dan pada standar peraturan gempa terbaru yaitu SNI 1726-2019 gempa mengalami peningkatan nilai percepatan gelombang gempa (PGA) dibandingkan dengan percepatan gelombang gempa (PGA) di peraturan gempa SNI 1726-2002.

Dengan adanya perubahan SNI 1726-2002 ke SNI 1726-2019 maka beban lateral (akiat gempa) gedung akan mengalami peningkatan simpangan akibat perubahan SNI tersebut. Apabila simpangan melebihi syarat aman yang telah ditetapkan oleh SNI 1726-2019 maka gedung akan mengalami kegagalan. Akibat dari perubahan tersebut juga akan mempengaruhi tegangan yang terjadi dan kebutuhan tulangan elemen balok kolom.

Berdasarkan kajian diatas maka dalam penyusunan penelitian ini dilakukan evaluasi terhadap struktur Gedung GKT 1 Politeknik Negeri Bengkalis untuk mengetahui kekuatan dengan meninjau simpangan izin, tegangan izin dan kebutuhan tulangan yang terjadi pada elemen balok dan kolom yang mengalami kondisi kritis dengan kondisi *existing* berdasarkan SNI 2847-2002 tentang tata cara

perhitungan struktur beton bertulang untuk bangunan gedung dan SNI 1726-2002 tentang perencanaan standar ketahanan gempa untuk struktur gedung dan non gedung, dengan menggunakan standar peraturan baru SNI 2847-2019 dan SNI 1726-2019.

Walaupun Bengkalis termasuk dalam wilayah gempa 1 atau gempa kecil akan tetapi dengan melihat fungsi gedung sebagai fasilitas pendidikan dengan umur rencana bangunan 50 tahun ke depan, maka perlu dilakukan evaluasi untuk melihat kekuatan bangunan dengan menggunakan Standar terbaru pada saat gedung dibangun.

1.2 Rumusan Masalah

Adapun rumusan masalah yang dapat diambil berdasarkan latar belakang untuk penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Bagaimana simpangan izin dan tegangan izin yang terjadi pada kondisi eksisting struktur beton bertulang yang direncanakan menggunakan peraturan gempa SNI 1726-2002 dan peraturan beton bertulang SNI 2847-2002 dengan dilakukan evaluasi menggunakan peraturan gempa SNI 1726-2019 dan peraturan beton bertulang SNI 2847-2019 ?
2. Bagaimana kebutuhan tulangan lentur dan transversal pada elemen kolom dan balok dengan kondisi eksisting struktur beton bertulang yang direncanakan menggunakan peraturan gempa SNI 1726-2002 dan peraturan beton bertulang SNI 2847-2002 dengan dilakukan evaluasi menggunakan peraturan gempa SNI 1726-2019 dan peraturan beton bertulang SNI 2847-2019?

1.3 Tujuan Penelitian

Adapun Tujuan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Menghitung simpangan izin dan tegangan izin yang terjadi pada kondisi eksisting struktur beton bertulang yang direncanakan menggunakan peraturan gempa SNI 1726-2002 dan peraturan beton bertulang SNI 2847-2002 dengan mengevaluasi menggunakan peraturan gempa SNI 1726-2019 dan peraturan beton bertulang SNI 2847-2019.

2. Menghitung kebutuhan tulangan lentur dan transversal pada elemen kolom dan balok dengan kondisi eksisting struktur beton bertulang yang direncanakan menggunakan peraturan gempa SNI 1726-2002 dan peraturan beton bertulang SNI 2847-2002 dengan mengevaluasi menggunakan peraturan gempa SNI 1726-2019 dan peraturan beton bertulang SNI 2847-2019.

1.4 Manfaat Penelitian

Manfaat penelitian dari tugas akhir ini adalah:

1. Bagi peneliti, penelitian dalam tugas akhir ini dapat memperluas wawasan dan pengetahuan tentang analisa desain struktur gedung tahan gempa.
2. Dari tugas akhir ini diharapkan dapat dijadikan acuan untuk mengetahui apakah Gedung Kuliah Terpadu 1 Politeknik Negeri Bengkalis memiliki kekuatan atau mengalami kegagalan struktur jika di Evaluasi menggunakan peraturan standar terbaru SNI 1726-2019 dan SNI 2847-2019.

1.5 Batasan Masalah

Untuk mempersingkat dan memperjelas suatu penelitian dalam hal ini agar dapat dibahas secara benar dan tidak meluas, maka perlu direncanakan batas-batas masalah, yang terdiri dari:

1. Studi kasus pada penelitian ini yaitu Gedung Kuliah Terpadu 1 Politeknik Negeri Bengkalis.
2. Data bangunan berdasarkan kondisi eksisting sebagai berikut:
 - a) Fungsi bangunan sebagai fasilitas pendidikan.
 - b) Profil Balok
 - B1 = 300 mm x 600 mm
 - B2 = 250 mm x 400 mm
 - c) Profil Kolom
 - K1 = 500 mm x 500 mm
 - d) Mutu Beton = K275
 - e) Mutu Baja
 - $f_y = 390 \text{ MPa}$

$$f_{ys}' = 240 \text{ MPa}$$

3. Analisis struktur hanya pada struktur atas, tanpa meninjau pondasi.
4. Gedung yang dievaluasi sebelumnya dirancang berdasarkan peraturan SNI 2847-2002 tentang tata cara perhitungan struktur beton bertulang untuk bangunan gedung dan SNI 1726-2002 tentang standar perencanaan ketahanan gempa untuk struktur bangunan gedung.
5. Pembebanan yang digunakan untuk mengevaluasi menggunakan beban mati, beban hidup SNI 1727:2013, beban gempa berdasarkan SNI 1726:2019 dan beban beton 2847-2019.
6. Elemen kolom dan balok yang ditinjau merupakan kolom dan balok pada kondisi kritis berdasarkan gaya dalam.
7. Permodelan dan analisis struktur menggunakan metode elemen hingga.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Umum

Tinjauan pustaka meliputi hasil penelitian yang diperoleh peneliti sebelumnya dan berkaitan erat dengan penelitian yang dilakukan serta dapat membantu memberikan solusi pemecahan masalah dalam penelitian yang dilakukan. Berbagai referensi, termasuk yang melakukan penelitian evaluasi struktur bangunan gedung beton bertulang, antara lain: Wirawan Suryo Prabowo (2019), Yanuar Setiawan¹, Bima Ryanto², Mikha Geraldine³, Rinawati⁴ (2019), Jasman Isman Kadir¹, Muhammad, Sri Tudjono², Himawan Indarto³ (2017), Adian Siregar (2017).

2.2 Penelitian Terdahulu

Beberapa hasil penelitian serupa yang pernah dilakukan terhadap struktur bangunan gedung sebagai berikut ini:

Wirawan Suryo Prabowo (2019) "*Evaluasi Kekuatan Struktur Gedung Telkomsel Semarang Berdasarkan SNI Gempa 1726:2012 Dan SNI Beton Struktural 2847:2013*" Gedung Perkantoran Telkomsel Semarang merupakan gedung tingkat menengah dengan ketinggian 31,1 meter dan terdiri dari 7 lantai, sehingga pada saat direncanakan struktur gedung ini dirancang agar kuat terhadap beban yang terjadi, termasuk beban gempa, agar bangunan memenuhi kebutuhan persyaratan untuk kekuatan dan kekakuan struktural. Sebelumnya gedung ini dirancang dengan menggunakan persyaratan lama yaitu tata cara perencanaan struktur beton untuk bangunan gedung, SNI-03-2847-2003 dan tata cara perencanaan ketahanan gempa untuk bangunan gedung, SNI.03-1726-2002. Oleh karena itu, tugas akhir ini bertujuan untuk merancang ulang dan mengevaluasi struktur bangunan gedung berdasarkan SNI 1726:2012 tentang tata cara perencanaan ketahanan gempa untuk struktur gedung dan SNI 2847:2013 tentang persyaratan beton struktural untuk bangunan gedung. Analisis gempa menggunakan spektrum respons dinamik dan analisis statik sesuai dengan sistem ganda, yaitu SRPMK (Struktur Rangka Pemikul Momen Khusus) dan Dinding Geser.

Berdasarkan hasil simulasi struktur, struktur utama memerlukan perkuatan untuk menopang beban yang diterimanya. Hasil analisis struktur berdasarkan standar yang digunakan menunjukkan bahwa beberapa bagian elemen balok memerlukan perkuatan dengan cara memperbesar luas penampang.

Yanuar Setiawan¹, Bima Ryanto², Mikha Geraldine³, Rinawati⁴ (2019) *“Evaluasi Gedung Arsip Politeknik Negeri Jakarta Sesuai SNI 1726-2019 Dan SNI 2847-2019”* Penelitian ini bertujuan untuk menghitung ulang struktur gedung Arsip Politeknik Negeri Jakarta sesuai peraturan SNI-2847-2019 untuk beton dan SNI 1726-2019 untuk gempa. Bangunan ini terdiri dari 3 lantai dengan struktur utama beton. Perhitungan ulang meliputi elemen struktur, dimulai dari panjang balok, pelat, balok dan kolom yang diharapkan dapat memikul beban yang bekerja padanya. Analisis struktur dilakukan dengan menggunakan software ETABS 2013. Software SP Column digunakan khusus untuk perhitungan struktur kolom. Hasil dari perhitungan ulang gedung Arsip PNJ adalah adanya perbedaan dimensi dan perkuatan gedung eksisting. Ukuran dan retrofit setelah didesain ulang menjadi lebih besar dari bangunan eksisting. Hasil perhitungan menunjukkan bahwa perencanaan penggunaan kembali SNI 1726-2019 dan SNI 2847-2019 kuat untuk memperluas dimensi dan mendukung beban kerja setelah dilakukan perkuatan.

Jasman Isman Kadir¹, Muhammad, Sri Tudjono², Himawan Indarto³ (2017) *“Evaluasi Desain Struktur Gedung Training Centre II Universitas Diponegoro”* Rancangan struktur Gedung Training Center II Universitas Diponegoro Semarang menampilkan rangkaian lantai dengan jarak antar kolom dan kolom yang relatif rapat serta balok dengan dimensi yang tidak terlalu tinggi tetapi besar. Disse dimensioner er resultatet af planlægningskonsulenten for Planning, der henviser til designkriterierne for SNI 1726-2002 for seismiske strukturer, SNI-1727-1989 for lastning og SNI 2847-2002 for betonkonstruktioner, hvor disse standarder ikke er de seneste.. standar saat pembangunan dilaksanakan pada tahun 2015. Beberapa di antaranya menjadi dasar evaluasi desain bangunan ini. Evaluasi desain struktur gedung dilakukan dengan perhitungan ulang dengan mengacu pada kriteria yang ada yaitu SNI 1726-2012, SNI 1727-2013 dan 2847-2013. Berdasarkan analisis gempa menunjukkan bahwa bangunan tersebut termasuk dalam Struktur Rangka

Pemikul Momen Khusus (SRPMK) dan harus menggunakan konsep kolom kuat – balok lemah. Hasil evaluasi menunjukkan bahwa terdapat satu *overdesign* pada desain saat ini yang direncanakan oleh Konsultan Perencana, dengan perbedaan yang paling mencolok terjadi pada struktur kolom dan pondasi. Ini tidak memenuhi standar yang berlaku untuk elemen struktur tertentu, seperti pelat untuk rongga tertentu dan tulangan torsional dari balok desain yang ada.

2.3 Keaslian Penelitian

Judul yang diajukan oleh penulis dalam penelitian Tugas Akhir ini memang terdapat kesamaan metode yang di gunakan yaitu Analisa Evaluasi struktur gedung berdasarkan SNI Kegempaan dan struktural beton bertulang yang terbaru dengan judul-judul peneliti terdahulu tetapi memiliki perbedaan-perbedaan seperti lokasi penelitian, bahan yang diteliti, dan bentuk bangunan. Pada penelitian ini evaluasi Struktur menggunakan metode respons spectrum dan menggunakan peraturan SNI 1726-2019 dan SNI Beton 2847-2019 dengan meninjau Simpangan dan tegangan yang terjadi dan juga kebutuhan tulangan lentur dan transversal kolom balok. Maka dari itu seluruh penelitian ini adalah benar hasil penelitian penulis dan penelitian ini belum pernah diteliti sebelumnya sebagai obyek penelitian Tugas Akhir.

BAB III

LANDASAN TEORI

3.1 Umum

Pengertian evaluasi dapat dijelaskan secara bahasa maupun secara harfiah. Secara bahasa, evaluasi berasal dari kata bahasa inggris “*evaluation*” yang artinya penaksiran atau penilaian. Sedangkan secara harfiah, evaluasi adalah proses menentukan nilai untuk suatu hal atau objek berdasarkan acuan tertentu untuk mencapai tujuan tertentu.

Evaluasi adalah suatu kegiatan mengumpulkan informasi mengenai kinerja sesuatu (metode, manusia, peralatan), dimana informasi tersebut akan dipakai untuk menentukan alternatif terbaik dalam membuat keputusan. Evaluasi merupakan pengukuran dan perbaikan suatu kegiatan, seperti membandingkan hasil kegiatan dan menganalisisnya.

Evaluasi merupakan pengukuran atau perbaikan dalam suatu kegiatan yang dilaksanakan, seperti membandingkan hasil-hasil kegiatan yang telah direncanakan. Dari situlah tujuan evaluasi tersebut, agar rencana-rencana yang telah dibuat dapat mencapai tujuan yang telah ditetapkan dan dapat terselenggarakan. Dapat diartikan juga bahwa hasil evaluasi itu sendiri dimaksudkan untuk perencanaan kembali lalu berfungsi sebagai acuan dan fungsi mengetahui yang terakhir yaitu mengkombinasikan dan mengumpulkan data dengan standar yang sesuai dengan tujuan yang hendak dicapai.

Dari pengertian di atas dapat disimpulkan bahwa evaluasi adalah proses menentukan nilai untuk suatu hal atau objek yang berdasarkan pada acuan-acuan tertentu untuk menentukan tujuan tertentu.

Beton bertulang merupakan bahan yang menggabungkan dua bahan yaitu beton dan baja tulangan, dimana kekuatan dan elastisitas beton rendah, tulangan memiliki kekuatan dan elastisitas yang tinggi, sehingga beton menjadi lebih kuat dan elastis. Biasanya tulangan terbuat dari baja dan tertanam dalam beton sebelum beton diletakkan. Hal ini sering dilakukan untuk menahan tegangan yang dapat menyebabkan keretakan atau kerusakan struktur pada area tertentu.

Perubahan standar desain struktur bangunan gedung memerlukan kajian untuk mengetahui perbedaan desain struktur gedung berdasarkan standar lama dan standar baru serta membandingkan hasil desain struktur gedung berdasarkan standar lama dan standar baru.

Dalam perencanaan struktur bangunan gedung tahan gempa perlu ditinjau 3 tingkat gempa yaitu gempa ringan, gempa sedang dan gempa kuat. merencanakan elemen-elemen sistem struktur untuk mempertahankan kinerja yang baik jika terjadi gempa. gempa ringan, gempa sedang, dan gempa kuat.

3.2 Pembebanan Struktur

Dalam perencanaan pembebanan digunakan berbagai acuan standar sebagai berikut :

1. Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Bangunan Gedung dan non gedung (SNI 1726 2019).
2. Tata Cara Perhitungan Struktur Beton Bertulang Untuk Bangunan Gedung (SNI 2847-2019)
3. Beban minimum untuk desain bangunan gedung dan struktur lainnya (SNI 1727 2013).

Menurut peraturan di atas, struktur suatu bangunan harus dirancang untuk menahan beban-beban berikut:

3.2.1 Beban Gravitasi

Pembebanan gravitasi yang digunakan mengacu pada SNI-1727-2013 yaitu Beban Minimum untuk Perencanaan Bangunan dan Struktur Lainnya. Beban berat dalam analisis ini meliputi: Beban mati (Dead Load), Beban mati tambahan (Super Dead Load), Beban hidup (Live Load) dinyatakan dengan simbol (LL).

A. Beban mati Sendiri

Beban mati sendiri adalah berat seluruh elemen struktur suatu bangunan yang terdiri dari pelat, balok, kolom. Beban mati akan dihitung secara otomatis oleh software ETABS menggunakan jenis material beton bertulang 24 kN/m³.

B. Beban Mati Tambahan (Dead Load)

Berat penutup pelat lantai dihitung secara manual berdasarkan referensi berat satuan. SNI 1727-2013, penambahan beban dari dan ke lantai:

Finising	2100	Kg/m ³
Keramik	2400	Kg/m ³
Plafond + Rangka	18	Kg/m ²
ME	20	Kg/m ²
Dinding pasangan bata.		
Dinding Bata ½ Bata	250	Kg/m ²

C. Beban Hidup (Live Load)

Beban hidup adalah beban yang diakibatkan oleh hunian atau penggunaan suatu bangunan, yang disebabkan oleh orang atau barang yang dapat memindahkan lantai sehingga menyebabkan perubahan beban lantai dan atap.

Menurut Tabel 3.1 SNI-1727-2013 Beban hidup yang digunakan dalam desain bangunan gedung dan struktur lainnya harus merupakan beban maksimum yang diharapkan akibat hunian dan penggunaan bangunan tersebut, tetapi tidak kurang dari minimum yang ditentukan. satu jenis beban.

Beban hidup yang digunakan dalam desain gedung dan bangunan lainnya harus merupakan beban maksimum yang akibat penggunaan bangunan. reduksi Beban Hidup Ekuivalen L_o (beban hidup rencana yang dikurangi) tidak boleh kurang dari 0,50. Untuk komponen struktur yang menopang satu lantai (beban hidup desain tidak mereduksi) dan untuk komponen struktur yang menopang dua lantai, L tidak bisa kurang dari 0,40 L_o .

Tabel 3. 1 Beban hidup terdistribusi merata minimum, L_o dan beban hidup terpusat minimum

Hunian atau penggunaan	Merata psf (kN/m ²)	Terpusat lb (kN)
Apartemen (lihat rumah tinggal)		
Sistem lantai akses		
Ruang kantor	50 (2,4)	2 000 (8,9)
Ruang komputer	100 (4,79)	2 000 (8,9)
Gudang persenjataan dan ruang latihan	150 (7,18) ^a	
Ruang pertemuan		
Kursi tetap (terikat di lantai)	100 (4,79) ^a	
Lobi	100 (4,79) ^a	
Kursi dapat dipindahkan Panggung pertemuan	100 (4,79) ^a	
Lantai podium	100 (4,79) ^a	
	150 (7,18) ^a	
Balkon dan dek	1,5 kali beban hidup untuk daerah yang dilayani. Tidak perlu melebihi 100 psf (4,79 kN/m ²)	
Jalur untuk akses pemeliharaan	40 (1,92)	300 (1,33)
Koridor		
Lantai pertama Lantai lain	100 (4,79) sama seperti pelayanan hunian kecuali disebutkan lain	
Ruang makan dan restoran	100 (4,79) ^a	
Hunian (lihat rumah tinggal)		
Ruang mesin elevator (pada daerah 2 in.x 2 in. [50 mmx50 mm])		300 (1,33)
Konstruksi pelat lantai <i>finishing</i> ringan (pada area 1 in.x 1 in. [25 mm x 25 mm])		200 (0,89)
Jalur penyelamatan terhadap kebakaran Hunian satu keluarga saja	100 (4,79) 40 (1,92)	
Garasi/Parkir		
Mobil penumpang saja Truk dan bus	40 (1,92) ^{a,b,c}	

c

Tabel 3.1 Beban hidup terdistribusi merata minimum, L_o dan beban hidup terpusat minimum (Lanjutan)

Hunian atau penggunaan	Merata psf (kN/m ²)	Terpusat lb (kN)
Susunan tangga, rel pengamandan batang pegangan	Lihat pasal 4.5	
Helipad	60 (2,87) ^d tidak boleh direduksi	^{e,f,g}
Rumah sakit:		
Ruang operasi, laboratorium	60 (2,87)	1 000 (4,45)
Ruang pasien	40 (1,92)	1 000 (4,45)
Koridor diatas lantai pertama	80 (3,83)	1 000 (4,45)
Hotel (lihat rumah tinggal)		
Perpustakaan		
Ruang baca	60 (2,87)	1 000 (4,45)
Ruang penyimpanan	150 (7,18) ^{a, h}	1 000 (4,45)
Koridor di atas lantai pertama	80 (3,83)	1 000 (4,45)
Pabrik		
Ringan	125 (6,00) ^a	2 000 (8,90)
Berat	250 (11,97) ^a	3 000 (13,40)
Gedung perkantoran:		
Ruang arsip dan komputer harus dirancang untuk beban yang lebih berat berdasarkan pada perkiraan hunian		
Lobi dan koridor lantai pertama	100 (4,79)	2 000 (8,90)
Kantor	50 (2,40)	2 000 (8,90)
Koridor di atas lantai pertama	80 (3,83)	2 000 (8,90)
Lembaga hukum		
Blok sel	40 (1,92)	
Koridor	100 (4,79)	
Tempat rekreasi		
Tempat bowling, Kolam renang, dan penggunaan yang sama	75 (3,59) ^a	
Bangsas dansa dan Ruang dansa		
Gimnasium	100 (4,79) ^a	
Tempat menonton baik terbuka atau tertutup	100 (4,79) ^a	
Stadium dan tribun/arena dengan tempat duduk tetap (terikat pada lantai)	100 (4,79) ^{a,k} 60 (2,87) ^{a,k}	
Rumah tinggal		
Hunian (satu keluarga dan dua keluarga)		
Loteng yang tidak dapat didiami tanpa gudang	10 (0,48) ^l	
Loteng yang tidak dapat didiami dengan gudang	20 (0,96) ^m	
Loteng yang dapat didiami	30 (1,44)	
dan ruang tidur Semua ruang kecuali tangga dan balkon	40 (1,92)	
Semua hunian rumah tinggal lainnya	40 (1,92)	
Ruang pribadi dan koridor yang melayani mereka	100 (4,79)	
Ruang publik ^a dan koridor yang melayani mereka		

Hunian atau penggunaan	Merata psf (kN/m ²)	Terpusat lb (kN)
Atap		
Atap datar, berbubung, dan lengkung	20 (0,96) ⁿ	
Atap digunakan untuk taman atap	100 (4,79)	
Atap yang digunakan untuk tujuan lain	Sama seperti hunian dilayani ^a	i
Atap yang digunakan untuk hunian lainnya		
Awning dan kanopi		
Konstruksi pabrik yang didukung oleh struktur rangka kaku ringan	5 (0,24) tidak boleh direduksi	
Rangka tumpu layar penutup	5 (0,24) tidak boleh direduksi dan berdasarkan luas tributari dari atap yang ditumpu oleh rangka	200 (0,89)
	20 (0,96)	
Semua konstruksi lainnya		2 000 (8,9)
Komponen struktur atap utama, yang terhubung langsung dengan pekerjaan lantai		
Titik panel tunggal dari batang bawah rangka atap atau setiap titik sepanjang komponen struktur utama yang mendukung atap diatas pabrik, gudang, dan perbaikan garasi		300 (1,33)
Semua komponen struktur atap utama lainnya		300 (1,33)
Semua permukaan atap dengan beban pekerjaan pemeliharaan		
Sekolah		
Ruang kelas	40 (1,92)	1 000 (4,5)
Koridor di atas lantai pertama	80 (3,83)	1 000 (4,5)
Koridor lantai pertama	100 (4,79)	1 000 (4,5)
Bak-bak/scuttles, rusuk untuk atap kaca dan langit-langit yang dapat diakses		200 (0,89)
Pinggir jalan untuk pejalan kaki, jalan lintas kendaraan, dan lahan/jalan untuk truk-truk	250 (11,97) ^{a,p}	8 000 (35,6) ^q
Tangga dan jalan keluar	100 (4,79)	300 ^r
Rumah tinggal untuk satu dan dua keluarga saja	40 (1,92)	300 ^r
Gudang diatas langit-langit	20 (0,96)	
Gudang penyimpan barang sebelum disalurkan ke pengecer (jika diantisipasi menjadi gudang penyimpanan, harus dirancang untuk beban lebih berat)		
Ringan	125 (6,00) ^a	
Berat	250 (11,97) ^a	

Tabel 3.1 Beban hidup terdistribusi merata minimum, L_o dan beban hidup terpusat minimum (Lanjutan)

Hunian atau penggunaan	Merata psf (kN/m ²)	Terpusat lb (kN)
Toko		
Eceran	100 (4,79)	1 000 (4,45)
Lantai pertama Lantai di atasnya	75 (3,59)	1 000 (4,45)
Grosir, di semua lantai	125 (6,00) ^a	1 000 (4,45)
Penghalang kendaraan	Lihat Pasal 4.5	
Susunan jalan dan panggung yang ditinggikan (selain jalan keluar)	60 (2,87)	
Pekarangan dan teras, jalur pejalan kaki	100 (4,79) ^a	

Sumber : SNI 1727-2013

3.2.2 Beban Gempa

Dalam proses perencanaan beban gempa untuk desain struktur gedung, SNI Gempa pada prinsipnya didasarkan pada struktur bangunan gedung tahan gempa yang kekuatannya direncanakan untuk mengurangi beban dengan faktor modifikasi respon struktur (R), yang merupakan representasi dari tingkat *daktilitas* struktur.

Dalam penelitian ini menggunakan metode analisis statik ekuivalen dan gempa dinamik untuk menganalisis pengaruh beban gempa rencana, analisis statik ekuivalen adalah metode yang digunakan untuk menganalisis beban gempa yang terjadi ketika efek gempa pada struktur dianggap sebagai beban arah horizontal. Jika struktur bangunan tingginya tidak melebihi 40 m, pengaruh gempa dianalisis dengan metode ini.

A. Gempa Rencana

Secara umum, pengaruh gempa rencana, yang perlu ditinjau kembali pada berbagai bagian dan peralatan, serta pada bangunan dan struktur luar, didefinisikan sebagai gempa dengan probabilitas 2% dengan umur struktur bangunan 50 tahun.

B. Parameter Percepatan Gempa (S_s , S_1)

Parameter percepatan yang ditetapkan berdasarkan SNI-1726-2019 pasal 6.1.2 menetapkan bahwa terdapat parameter percepatan tanah dan parameter percepatan untuk spektrum respon percepatan 0,2 detik di batuan dasar untuk probabilitas melebihi 2% dalam 50 tahun (S_s). 1,0 detik di batuan dasar untuk probabilitas melebihi 2% dalam 50 tahun (S_1). Nilai S_s dan S_1 diperoleh dari

software spektrum Indonesia yang disediakan oleh Kementerian Pekerjaan Umum. Kemudian bisa diisi menggunakan koordinat lokasi gedung atau dengan nama kota lokasi gedung.

C. Faktor Keutamaan (I_e) dan Kategori Resiko Struktur Bangunan

Untuk kategori risiko yang berbeda dari struktur bangunan dan non-bangunan menurut Tabel 3.3 pengaruh gempa yang direncanakan terhadapnya harus dikalikan dengan faktor prioritas gempa I_e menurut Tabel 3.2. Khususnya, untuk kategori gedung dengan kategori risiko IV, jika diperlukan pintu masuk untuk pengoperasian struktur gedung yang berdekatan, struktur gedung yang berdekatan harus dirancang sesuai dengan kategori risiko IV.

Tabel 3. 2 Faktor Keutamaan Gempa

Kategori risiko	Faktor keutamaan gempa, I_e
I atau II	1,0
III	1,25
IV	1,50

Sumber : SNI 1726-2019

Untuk berbagai kategori risiko struktur bangunan gedung dan non gedung sesuai tabel 3.3 dibawah.

Tabel 3. 3 Kategori risiko bangunan gedung dan nongedung untuk beban gempa

Jenis pemanfaatan	Kategori risiko
Gedung dan nongedung yang memiliki risiko rendah terhadap jiwa manusia pada saat terjadi kegagalan, termasuk, tapi tidak dibatasi untuk, antara lain: Fasilitas pertanian, perkebunan, perternakan, dan perikanan Fasilitas sementara Gudang penyimpanan Rumah jaga dan struktur kecil lainnya	I
Semua gedung dan struktur lain, kecuali yang termasuk dalam kategori risiko I,III,IV, termasuk, tapi tidak dibatasi untuk:	II

Tabel 3.3 Kategori risiko bangunan gedung dan nongedung untuk beban gempa (Lanjutan)

Perumahan Rumah toko dan rumah kantor Pasar Gedung perkantoran Gedung apartemen/ rumah susun Pusat perbelanjaan/ mall Bangunan industri Fasilitas manufaktur Pabrik	
Gedung dan nongedung yang memiliki risiko tinggi terhadap jiwa manusia pada saat terjadi kegagalan, termasuk, tapi tidak dibatasi untuk: Bioskop Gedung pertemuan Stadion Fasilitas kesehatan yang tidak memiliki unit bedah dan unit gawat darurat Fasilitas penitipan anak Penjara Bangunan untuk orang jompo Gedung dan nongedung, tidak termasuk kedalam kategori risiko IV, yang memiliki potensi untuk menyebabkan dampak ekonomi yang besar dan/atau gangguan massal terhadap kehidupan masyarakat sehari-hari bila terjadi kegagalan, termasuk, tapi tidak dibatasi untuk: Pusat pembangkit listrik biasa Fasilitas penanganan air Fasilitas penanganan limbah Pusat telekomunikasi Gedung dan nongedung yang tidak termasuk dalam kategori risiko IV, (termasuk, tetapi tidak dibatasi untuk fasilitas manufaktur, proses,	III

Tabel 3.3 Kategori risiko bangunan gedung dan nongedung untuk beban gempa (Lanjutan)

penanganan, penyimpanan, penggunaan atau tempat pembuangan bahan bakar berbahaya, bahan kimia berbahaya, limbah berbahaya, atau bahan yang mudah meledak) yang mengandung bahan beracun atau peledak di mana jumlah kandungan bahannya melebihi nilai batas yang disyaratkan oleh instansi yang berwenang dan cukup menimbulkan bahaya bagi masyarakat jika terjadi kebocoran.	
Gedung dan nongedung yang dikategorikan sebagai fasilitas yang penting, termasuk, tetapi tidak dibatasi untuk: - Bangunan-bangunan monumental - Gedung sekolah dan fasilitas pendidikan - Rumah ibadah - Rumah sakit dan fasilitas kesehatan lainnya yang memiliki . - fasilitas bedah dan unit gawat darurat - Fasilitas pemadam kebakaran, ambulans, dan kantor polisi, serta garasi kendaraan darurat - Tempat perlindungan terhadap gempa bumi, tsunami, angin badai, dan tempat perlindungan darurat lainnya - Fasilitas kesiapan darurat, komunikasi, pusat operasi dan fasilitas lainnya untuk tanggap darurat - Pusat pembangkit energi dan fasilitas publik lainnya yang dibutuhkan pada saat keadaan darurat - Struktur tambahan (termasuk menara telekomunikasi, tangki penyimpanan bahan bakar, menara pendingin, struktur stasiun listrik, tangki air pemadam kebakaran atau struktur rumah atau struktur pendukung air atau material atau peralatan pemadam kebakaran) yang disyaratkan untuk beroperasi pada saat keadaan darurat Gedung dan nongedung yang dibutuhkan untuk mempertahankan fungsi struktur bangunan lain yang masuk ke dalam kategori risiko IV.	IV

Sumber : SNI 1726-2019

D. Kelas Situs

Menurut karakteristik tanah di situs, situs harus diklasifikasikan. kelas situs sebagai SA, SB, SC, SC, SE atau SF. Jika kelas tanah tidak dapat ditentukan karena sifat-sifat tanahnya tidak jelas, kelas tanah SE dapat digunakan selama negara/lembaga yang berwenang tidak memiliki data geoteknik untuk menentukan kelas tanah SF.

E. Kelas Situs FA, FV

Untuk mengetahui respon spektra terhadap percepatan gempa MCER di Bumi, diperlukan faktor penguatan seismik untuk periode 0,2 detik dan 1 detik. Faktor penguatan termasuk faktor getaran terkait percepatan untuk getaran jangka pendek (Fa) dan faktor penguatan terkait percepatan yang mewakili getaran periodik 1 detik (Fv).

Tabel 3. 4 Koefisien situs, F_a

Kelas situs	Parameter respons spektral percepatan gempa maksimum yang dipertimbangkan risiko-tertarget (MCER) terpetakan pada periode pendek, $T = 0,2$ detik, S_s					
	$S_s \leq 0,25$	$S_s = 0,5$	$S_s = 0,75$	$S_s = 1,0$	$S_s = 1,25$	$S_s \geq 1,5$
SA	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
SB	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9
SC	1,3	1,3	1,2	1,2	1,2	1,2
SD	1,6	1,4	1,2	1,1	1,0	1,0
SE	2,4	1,7	1,3	1,1	0,9	0,8
SF	SS ^(a)					

Sumber : SNI 1726-2019

CATATAN:

SS = Situs yang memerlukan investigasi geoteknik spesifik dan analisis respons situs-spesifik

Tabel 3. 5 Koefisien situs, F_v

Kelas situs	Parameter respons spektral percepatan gempa maksimum yang dipertimbangkan risiko-tertarget (MCER) terpetakan pada periode 1 detik, S_1					
	$S_1 \leq 0,1$	$S_1 = 0,2$	$S_1 = 0,3$	$S_1 = 0,4$	$S_1 = 0,5$	$S_1 \geq 0,6$
SA	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
SB	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
SC	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,4
SD	2,4	2,2	2,0	1,9	1,8	1,7
SE	4,2	3,3	2,8	2,4	2,2	2,0
SF	SS(a)					

Sumber : SNI 1726-2019

F. Parameter Percepatan Spektral Desain

Merancang parameter percepatan spektral untuk periode pendek (S_{DS}), dan periode 1 detik (S_{D1}) harus ditentukan

dengan rumus berikut :

$$S_{DS} = \frac{2}{3} SMS \dots \dots \dots (3.1)$$

$$S_{D1} = \frac{2}{3} SM1 \dots \dots \dots (3.2)$$

Dimana

SDS = parameter percepatan respon spectral pada periode pendek

$SD1$ = parameter percepatan respon spectral pada periode 1 detik

SMS = parameter percepatan respon spectral MCE pada periode pendek yang sudah disesuaikan terhadap pengaruh kelas situs

$SM1$ = parameter percepatan respon spectral MCE pada periode 1 detik yang sudah disesuaikan terhadap pengaruh kelas situs

G. Spektrum Respon Desain

Penentuan kurva spektrum respons desain dibuat berdasarkan ketentuan sebagaimana seperti gambar 3.1 dibawah ini :

1. Untuk periode kurang dari T_0 , spektrum respons percepatan desain, S_a , harus diambil dari persamaan ;

$$S_a = SDS \left(0,4 + 0,6 \frac{T}{T_0} \right) \dots \dots \dots (3.3)$$

2. Periode yang melebihi atau setara dengan T_0 dan kurang dari atau sama dengan T_s , spektrum respons percepatan desain, S_a , setara dengan S_{DS} ,
3. Respons Percepatan desain S_a untuk periode kurang dari atau sama dengan T_s lebih besar dari T_L , diambil berdasarkan persamaan berikut;

$$S_a = \frac{SD1}{T} \dots \dots \dots (3.4)$$

4. Untuk periode yang lebih besar dari T_L , respons spektral percepatan desain S_a diambil berdasarkan persamaan;

$$S_a = \frac{SD1 T_L}{T^2} \dots \dots \dots (3.5)$$

Keterangan :

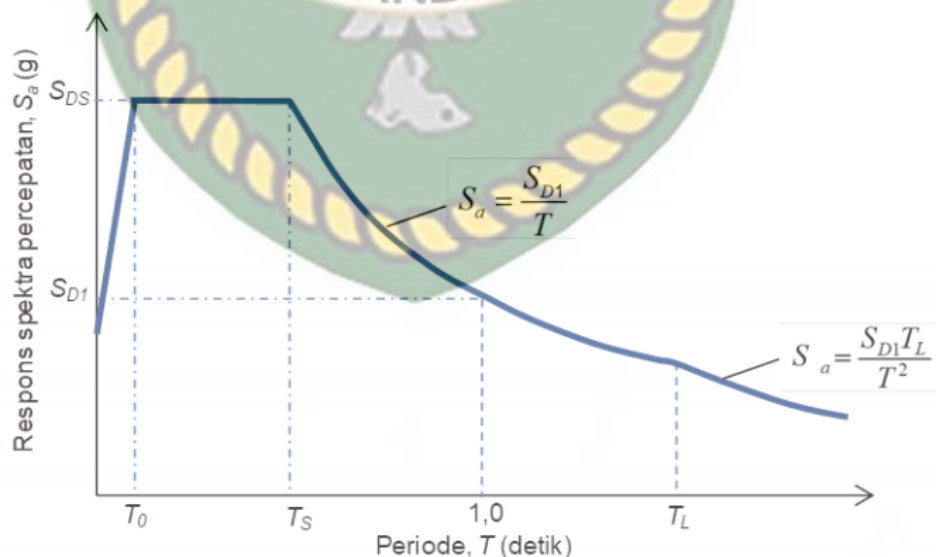
SDS = parameter respons spektral percepatan desain terhadap periode pendek

$SD1$ = parameter respons spektral percepatan desain terhadap periode 1 detik

T = periode getar fundamental struktur

$$T_0 = 0,2 \frac{SD1}{SDS} \dots \dots \dots (3.6)$$

$$T_s = \frac{SD1}{SDS} \dots \dots \dots (3.7)$$



Gambar 3. 1 Spektrum Respons Desain SNI 1726-2019

H. Kategori desain seismik

Akan ditentukan bahwa struktur tersebut memiliki kategori desain seismik mengikuti bagian ini. Struktur dengan kategori risiko I, II atau III dengan parameter spektral respons Percepatan yang dipetakan selama periode 1 detik, S_1 , harus melebihi dari atau serupa dengan nilai 0,75 Struktur dengan kategori E. Risiko ditetapkan sebagai struktur dengan kategori desain seismik IV terletak di mana parameter respons spektral percepatan dipetakan selama periode pertama. detik, S_1 harus ditentukan sebagai struktur yang lebih besar dari atau sama dengan 0,75. kategori desain seismik F. Semua struktur lainnya akan diberi kategori desain seismik berdasarkan kategori risiko dan parameter respons spektral percepatan desain, SDS dan SD_1 sesuai dengan 0, setiap bangunan dan struktur harus ditetapkan Mengacu pada Tabel 3.6 dan Tabel 3.7 nilai periode getaran fundamental struktur, kategori desain seismik lebih berat, T.

Tabel 3. 6 Kategori Desain Seismik Berdasarkan Parameter Respons Percepatan Pada Periode Pendek

Nilai SDS	Kategori risiko	
	I atau II atau III	IV
$SDS < 0,167$	A	A
$0,167 \leq SDS < 0,33$	B	C
$0,33 \leq SDS < 0,50$	C	D
$0,50 \leq SDS$	D	D

Sumber : SNI 1726-2019

Tabel 3. 7 Kategori desain seismik berdasarkan parameter respons percepatan pada periode 1 detik

Nilai SD_1	Kategori risiko	
	I atau II atau III	IV
$SD_1 < 0,067$	A	A
$0,067 \leq SD_1 < 0,133$	B	C
$0,133 \leq SD_1 < 0,20$	C	D
$0,20 \leq SD_1$	D	D

Sumber : SNI 1726-2019

Jika S_1 kurang dari 0,75, hanya diizinkan untuk menentukan kategori desain seismik sesuai dengan Tabel 3.6, di mana semua kondisi berikut berlaku:

Di masing-masing dari dua arah siku-siku, perkiraan periode fundamental struktur, T_a , ditentukan, kurang dari 0,8 T_s . Di masing-masing dari dua arah ortogonal, periode dasar struktur yang digunakan untuk menghitung deviasi antara tingkat kurang dari T_s . Persamaan (31) digunakan untuk menentukan koefisien reaksi seismik, C_s . Membran struktural kaku seperti yang ditentukan dalam 0 atau untuk membran fleksibel jarak antara elemen penahan gaya gempa vertikal tidak melebihi 12 m.

I. Periode Fundamental (T)

Periode fundamental struktur, T , dalam arah yang ditinjau harus diperoleh menggunakan sifat struktur dan karakteristik deformasi elemen pemikul dalam analisis yang teruji. Periode fundamental struktur, T , tidak boleh melebihi hasil perkalian koefisien untuk batasan atas pada periode yang dihitung (C_u) dari Tabel 3.8 dan periode fundamental pendekatan, T_a , yang ditentukan sesuai persamaan (3.8). Sebagai alternatif untuk melakukan analisis untuk menentukan periode dasar struktur, T , diperbolehkan menggunakan perkiraan periode bangunan secara langsung, T_a dihitung sesuai persamaan (3.8).

Tabel 3. 8 Koefisien untuk batas atas pada periode yang dihitung

Parameter percepatan respons spektral desain pada 1 detik, $SD1$	Koefisien C_u
$\geq 0,4$	1,4
0,3	1,4
0,2	1,5
0,15	1,6
$\leq 0,1$	1,7

Sumber : SNI 1726-2019

Periode fundamental pendekatan T_a Minimum dalam detik, dapat ditentukan sebagai berikut :

$$T_a = C_t h_n^x \dots \dots \dots (3.8)$$

$$T_{\max} = C_u T_a \dots \dots \dots (3.9)$$

Keterangan:

h_n adalah ketinggian struktur (m), di atas dasar sampai tingkat tertinggi struktur, dan koefisien C_t dan x ditentukan dari Tabel 3.9

Cara Penentuan Nilai T_{pakai} :

Jika $T_c < C_u \cdot T_a$, Maka $T = T_x$

Jika $T_c > (1,2) \cdot T_a$, Maka $T = T_{maks}$

Jika tidak memiliki periode getar dari metoda ‘yang lebih akurat’, maka digunakan $T = T_a$

Jika memiliki periode getar dari metode ‘yang lebih akurat’ misalnya dari analisis computer (T_c), maka digunakan

- Jika $T_c > C_u T_a$, maka $T_{max} = C_u T_a$
- Jika $T_c < T_c < T_u C_a$, maka $T_{max} = T_c$
- Jika $T_c < T_a$, maka $T_{max} = T_a$

Tabel 3. 9 Nilai Parameter Periode Pendekatan C_t Dan X

Tipe struktur	C_t	x
Sistem rangka pemikul momen di mana rangka memikul 100 % gaya seismik yang disyaratkan dan tidak dilingkupi atau dihubungkan dengan komponen yang lebih kaku dan akan mencegah rangka dari defleksi jika dikenai gaya seismik:		
Rangka baja pemikul momen	0,0724	0,8
Rangka beton pemikul momen	0,0466	0,9
Rangka baja dengan bresing eksentris	0,0731	0,75
Rangka baja dengan bresing terkekang terhadap tekuk	0,0731	0,75
Semua sistem struktur lainnya	0,0488	0,75

Sumber : SNI 1726-2019

Sebagai alternatif, diperbolehkan untuk menentukan perkiraan periode dasar (T_a), dalam detik, dari persamaan berikut untuk struktur tidak melebihi 12 lantai, di mana sistem pemikul gaya gempa terdiri dari kerangka tahan momen yang

seluruhnya terbuat dari beton atau baja padat. dan tinggi lantai rata-rata minimal 3m:

$$T_a = 0,1N \dots\dots\dots(3.10)$$

Keterangan:

N = Jumlah tingkat

J. Geser Dasar Seismik

Gaya geser seismik (V), dalam arah yang diinginkan harus ditentukan mengikuti persamaan berikut :

$$V = C_s W \dots\dots\dots(3.11)$$

Keterangan:

C_s = Koefisien respons seismik

W = Berat seismik efektif

Koefisien respons seismik (C_s), ditentukan dengan mengikuti persamaan berikut :

$$C_s = \frac{SDS}{\left(\frac{R}{I_e}\right)} \dots\dots\dots(3.12)$$

Keterangan:

C_s = Koefisien respons seismik

W = Berat seismik efektif

Nilai C_s yang dihitung berdasarkan persamaan 3.12 harus kurang atau sama dengan persamaan berikut :

$$C_s = \frac{SD1}{T\left(\frac{R}{I_e}\right)} \dots\dots\dots(3.13)$$

C_s tidak boleh kurang dari :

$$C_s = 0,044 SDS \cdot I_e \geq 0,01 \dots\dots\dots(3.14)$$

Untuk bangunan yang berlokasi dimana $S1$ setara dengan atau melebihi dari 0,6g maka C_s harus tidak kurang dari :

$$C_s = \frac{0,5S1}{\left(\frac{R}{I_e}\right)} \dots\dots\dots(3.15)$$

Keterangan:

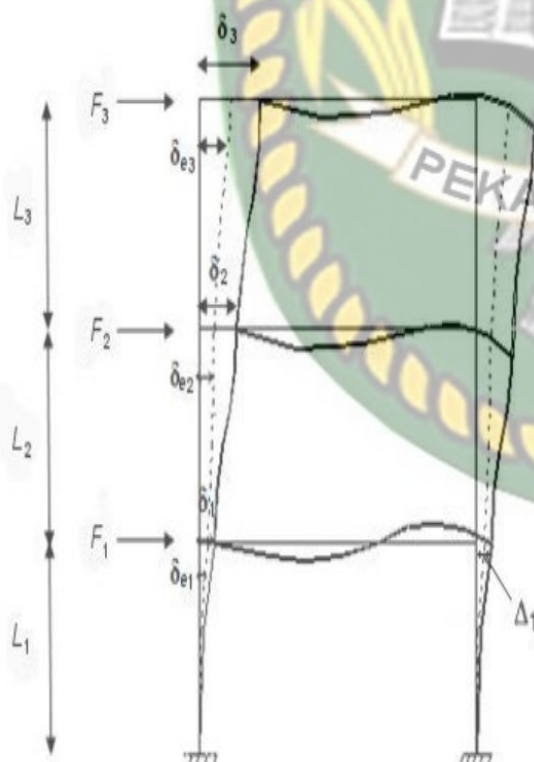
$SD1$ = Parameter percepatan spektrum respons desain diprioda 1 detik

T = Periode fundamental struktur

$S1$ = Parameter percepatan spektrum respons maksimum yang dipetakan

K. Simpangan Antar Tingkat

Untuk menentukan simpangan lantai atau story drift desain wajib dihitung sebagai selisih terbesar dari titik-titik diatas dan dibawah tingkat di sepanjang salah satu bagian dari tepi struktur.



Tingkat 3

$F3$ = gaya gempa desain tingkat kekakuan

δ_{e3} = perpindahan elastik yang dihitung akibat gaya gempa desain tingkat kekakuan

$\delta_3 = C_d \delta_{e3} / L_e$ = perpindahan yang diperbesar

$$\Delta_3 = (\delta_{e3} - \delta_{e2}) C_d / L_E < \Delta_a$$

Tingkat 2

$F2$ = gaya gempa desain tingkat kekakuan

δ_{e2} = perpindahan elastik yang dihitung akibat gaya gempa desain tingkat kekakuan

$\delta_2 = C_d \delta_{e2} / L_e$ = perpindahan yang diperbesar

$$\Delta_2 = (\delta_{e2} - \delta_{e1}) C_d / L_E < \Delta_a$$

Tingkat 1

$F1$ = gaya gempa desain tingkat kekakuan

δ_{e1} = perpindahan elastik yang dihitung akibat gaya gempa desain tingkat kekakuan

$\delta_1 = C_d \delta_{e1} / L_e$ = perpindahan yang diperbesar

$$\Delta_1 = \delta_{e1} < \Delta_a$$

Δ_I = simpangan antar lantai

Δ_I / L_i = raio tulangan antar lantai

δ_3 = perpindahan total

Gambar 3.2 Penentuan Simpangan Antar Lantai

Simpangan pusat massa di tingkat-x (δ_x) (mm) harus ditentukan sesuai dengan persamaan berikut:

$$\delta_x = \frac{C_d \delta_{xe}}{I_e} \dots \dots \dots (3.16)$$

Keterangan:

C_d = faktor pembesaran simpangan lateral

δ_{xe} = simpangan di tingkat-x yang disyaratkan pada pasal ini, yang ditentukan dengan analisis elastik

I_e = faktor keutamaan gempa

3.3 Struktur Beton Bertulang Tahan Gempa

Beton bertulang merupakan bahan yang menggabungkan dua bahan yaitu beton dan baja tulangan, dimana kekuatan dan elastisitas beton rendah, tulangan memiliki kekuatan dan elastisitas yang tinggi, sehingga beton menjadi lebih kuat dan elastis. Biasanya tulangan terbuat dari baja dan tertanam dalam beton sebelum beton diletakkan. Hal ini sering dilakukan untuk menahan tegangan yang dapat menyebabkan keretakan atau kerusakan struktur pada area tertentu

Beton dibuat dengan mencampur bahan agregat halus dan kasar untuk pasir, batu, batu pecah atau bahan sejenis lainnya dengan menambahkan semen dan perekat air dalam jumlah yang cukup sebagai bahan pembantu untuk tindakan kimia selama pengerasan dan perawatan beton. Agregat halus dan kasar, agregat kasar campuran merupakan komponen utama beton. Nilai kekuatan dan kekuatan tanah (*durability*) beton tergantung pada banyak faktor, antara lain nilai perbandingan kualitas bahan yang digunakan, metode pengecoran, finishing, suhu dan keadaan perawatan beton (Dipohusodo, 1999)

3.3.1 Persyaratan Detailing Komponen Balok (SRPMK)

Balok adalah komponen struktur yang terutama menahan momen dan geser. Jika komponen struktur juga mengoperasikan gaya aksial, elemen struktur tersebut adalah elemen balok-kolom. Secara umum, perilaku ketahanan balok beton bertulang terhadap lentur.

A. Persyaratan Geometri

Balok harus memenuhi kriteria persyaratan geometri dibawah ini (SNI 2847-2019 Pasal 18.6.2) :

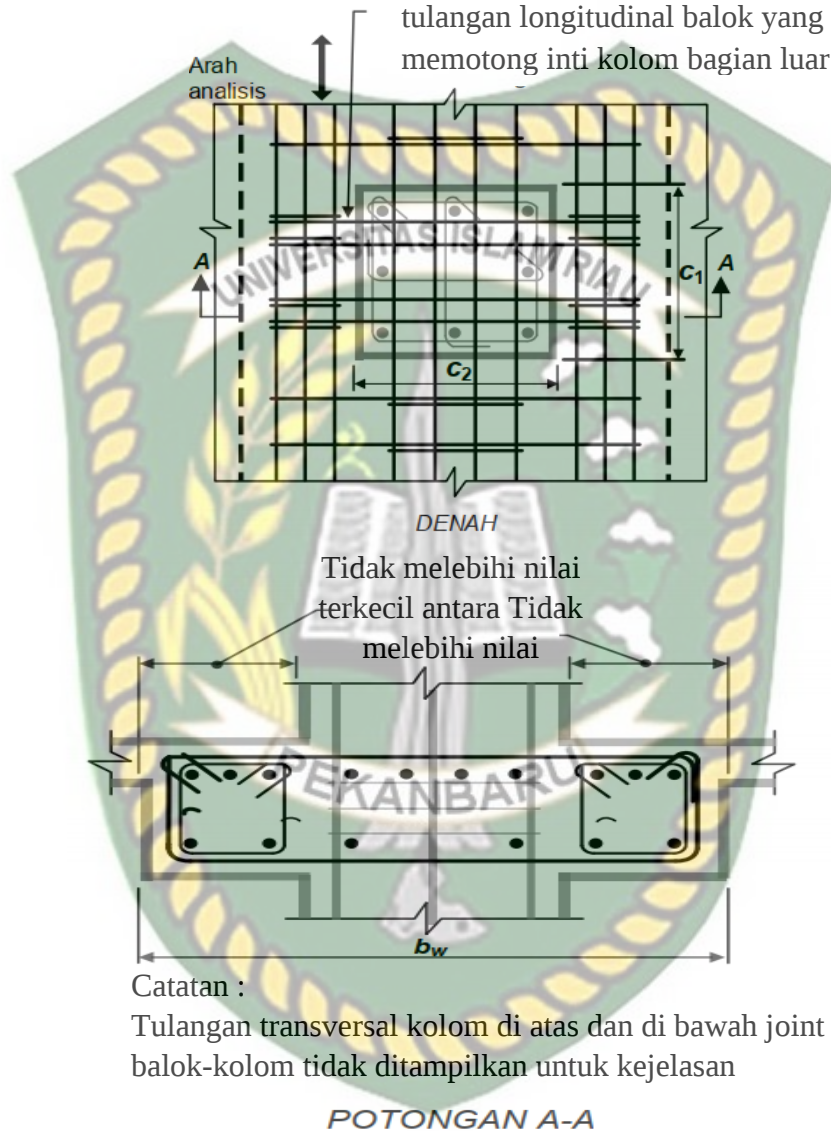
- Bentang bersih, ℓ_n , harus minimal $4d$
- Lebar penampang b_w , harus sekurangnya nilai terkecil dari $0,3h$ dan 250 mm
- Proyeksi lebar balok yang melampaui lebar kolom penumpu tidak boleh melebihi nilai terkecil dari c_2 dan $0,75c_1$ pada masing-masing sisi kolom.

B. Persyaratan Tulangan Lentur

Beberapa persyaratan tulangan lentur pada desain komponen balok SRPMK sebagai berikut :

- Balok-balok harus memiliki setidaknya dua batang tulangan menerus pada sisi atas dan bawah penampang. Pada sebarang penampang, jumlah tulangan tidak boleh kurang dari yang disyaratkan 9.6.1.2 yaitu $\left(\frac{0,25\sqrt{f_c'}}{f_y} b_w \cdot d \right)$ atau $\left(\frac{1,4}{f_y} b_w \cdot d \right)$ dan rasio tulangan ρ tidak boleh melebihi 0,025, baik untuk tulangan atas maupun bawah.
- Kekuatan momen positif pada muka *joint* harus tidak kurang dari setengah kekuatan momen negatif pada muka *joint* tersebut. Kekuatan momen negatif dan positif pada sebarang penampang di sepanjang bentang komponen struktur tidak boleh kurang dari seperempat kekuatan momen maksimum pada muka kedua *joint*.
- Sambungan lewat tulangan longitudinal diizinkan jika sengkang pengekan atau spiral dipasang sepanjang sambungan lewat. Spasi tulangan transversal yang melingkupi batang tulangan yang disambung-lewatkan tidak boleh melebihi nilai terkecil dari $d/4$ dan 100 mm. Sambungan lewat tidak boleh digunakan dalam *joint*, dalam jarak dua kali tinggi balok dari muka *joint*, dalam jarak dua kali tinggi balok dari penampang kritis di mana pelelehan lentur dimungkinkan terjadi sebagai akibat deformasi lateral yang melampaui perilaku elastik.

Tulangan transversal melewati kolom untuk memberikan kekangan pada tulangan longitudinal balok yang memotong inti kolom bagian luar



Gambar 3. 3 Lebar efektif maksimum balok lebar (*wide beam*) dan persyaratan tulangan transversal (SNI 2847-2019)

C. Analisa Tulangan Lentur

Langkah-langkah analisa tulangan tarik balok berdasarkan SNI 03-2847-2019 adalah sebagai berikut :

1. Langkah awal dalam perencanaan tulangan lentur dengan menentukan nilai momen ultimit (M_u). Momen ultimate didapat dari hasil perhitungan program Etabs.

2. Perhitungan A_s luas tulangan tarik yang direncanakan dengan persamaan 3.17

$$A_s = n \left(\frac{1}{4} \pi d_b^2 \right) \dots \dots \dots (3.17)$$

3. Perhitungan nilai efektif balok (d) yang direncanakan dengan persamaan 3.18

$$d = h - (d_{s1} + 0,5 d_{s2}) \dots \dots \dots (3.18)$$

4. Perhitungan tinggi balok tegangan tekan ekivalen beton (α) dengan persamaan 3.19

$$\alpha = \frac{A_s f_y}{0,85 f'_c b w} \dots \dots \dots (3.19)$$

5. Pemeriksaan momen nominal aktual (ϕM_n) dengan persamaan 3.20

$$\phi M_n = \phi A_s f_y (d - 0,5 \alpha) \dots \dots \dots (3.20)$$

6. Pemeriksaan luas tulangan minimum ($A_{s \min}$) dengan persamaan 3.21

$$A_{s \min} = \frac{\sqrt{f'_c}}{f_y} b w \cdot d \dots \dots \dots (3.21)$$

Tetapi tidak boleh kurang :

$$\frac{1,4}{f_y} b w \cdot d \dots \dots \dots (3.22)$$

7. Pemeriksaan rasio penulangan (ρ) apakah memenuhi persyaratan $\rho < 0,75 \rho_b$ dan $\rho < 0,025$, dengan persamaan 3.23 dan 3.24.

$$\rho = \frac{A_s}{b w \cdot d} \dots \dots \dots (3.23)$$

$$\rho_b = \beta_1 \frac{0,5 f'_c}{f_y} \left(\frac{600}{600 + f_y} \right) \dots \dots \dots (3.24)$$

8. Periksa kondisi aliran tulangan tarik. Untuk mengetahui jenis keruntuhan yang terjadi maka perlu dilakukan pengecekan apakah tulangan mengalami kebocoran pada saat regangan tekan beton ϵ_{cu} mencapai 0,003. Untuk menentukan tegangan tarik pada lapisan luar, perlu diambil posisi sumbu netral c yang diperoleh dengan $c = \alpha/\beta_1$. Regangan yang terjadi pada tulangan tarik terluar dihitung dengan persamaan 3.25.

$$\epsilon_s = \frac{\epsilon_{cu}(h - d_{s1} - c)}{c} \dots \dots \dots (3.25)$$

Jika regangan tulangan tarik eksternal lebih besar dari regangan leleh ($\epsilon_y = E F_y$), kegagalan balok dikendalikan oleh tegangan (kegagalan daktil). Dalam peraturan mensyaratkan luas tulangan tekan setengah (minimum) dari luas tulangan tarik. Maka langkah-langkah perhitungan adalah sebagai berikut :

- a) Kebutuhan luas tulangan tekan adalah :

$$A_s' = 0,5 A_s \dots \dots \dots (3.26)$$

- b) Tinggi efektif balok (d) adalah :

$$d = h - d_s' \dots \dots \dots (3.27)$$

Sehingga dapat dihitung :

$$a' = \frac{A_s f_y}{0,85 f' c b w} \dots \dots \dots (3.28)$$

- c) Momen ultimit tulangan tekan adalah :

$$\phi M_n' = \phi A_s' f_y (d - 0,5 a') \dots \dots \dots (3.29)$$

Keterangan :

a = Tinggi balok tegangan beton tekan persegi ekuivalen

A_s = Luas tulangan tarik (mm^2)

A_s' = Luas tulangan tekan (mm^2)

$b w$ = Lebar Penampang balok

c = Jarak antara garis netral dan tepi seret tekan beton (mm)

d_b = Diameter tulangan (mm)

d = Tinggi efektif penampang balok (mm)

d_s' = Jarak antara tulangan tekan dan tepi seret beton tekan (mm)

d_{s1} = Jarak antara titik berat tulangan tarik baris pertama dan tepi seret beton tarik (mm)

d_{s2} = Jarak antara titik berat tulangan tarik baris pertama dan titik berat tulangan tarik baris kedua (mm)

E = Modulus elastisitas baja tulangan (Mpa)

H = Tinggi penampang balok

M_n = Momen nominal aktual

M_u = Momen ultimit (Kn/m)

ϕ = Faktor reduksi kekuatan, nilainya ditentukan pada Tabel 3.10 berdasarkan SNI 03 2847 2019 pasal 21.2

Tabel 3. 10 Faktor reduksi kekuatan (ϕ)

Gaya atau elemen struktur		ϕ	Pengecualian
a)	Momen, gaya aksial, atau kombinasi momen dan gaya aksial	0,65 – 0,90 sesuai 21.2.2	Di dekat ujung komponen pratarik (<i>pretension</i>) dimana <i>strand</i> belum sepenuhnya bekerja, ϕ harus sesuai dengan 21.2.3
b)	Geser	0,75	Persyaratan tambahan untuk struktur tahan gempa terdapat pada 21.2.4
c)	Torsi	0,75	-
d)	Tumpu (<i>bearing</i>)	0,65	-
e)	Zona angkur pascatarik (<i>post-tension</i>)	0,85	-
f)	Bracket dan korbel	0,75	-
g)	<i>Strut, ties</i> , zona nodal, dan daerah tumpuan yang dirancang dengan <i>strut-and-tie</i> di Pasal 23	0,75	-
h)	Komponen sambungan beton pracetak terkontrol leleh oleh elemen baja dalam tarik	0,90	-
i)	Beton polos	0,60	-
j)	Angkur dalam elemen beton	0,45 – 0,75 sesuai Pasal 17	-

Sumber : SNI 2847-2019

D. Persyaratan Tulangan Transversal

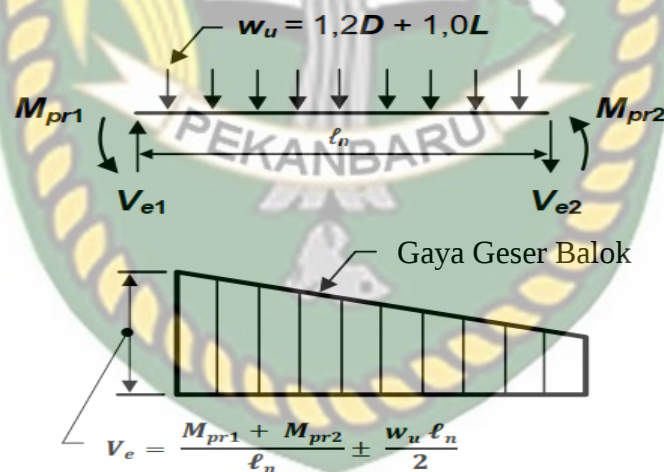
Karena keretakan pada pelat beton dapat terjadi pada saat gempa kuat, terutama pada daerah sendi plastis dan sekitarnya, maka semua tulangan melintang harus dalam bentuk kurung tertutup.

Beberapa persyaratan untuk pemasangan tulangan sengkang tertutup antara lain:

1. Sengkang tertutup harus dipasang di area hingga dua kali lebih tinggi dari balok yang diukur dari penyangga.
2. Sengkang tertutup harus dipasang di sepanjang area 2 kali tinggi balok di kedua sisi bagian yang berpotensi membentuk sendi plastis.
3. Sengkang tertutup awal dipasang tidak lebih dari 50 mm dari muka penyangga.
4. Jarak antara sengkang tertutup tidak lebih dari $d/4$, 8 kali diameter terkecil tulangan lentur, 24 kali diameter batang braket tertutup dan 300 mm.
5. Sengkang tertutup dan pengikat silang (crosstie) harus diberi kait pengikat ujungnya. Kait gempap mempunyai bengkokan tidak gempap diujung kurang dari $135^\circ +$ perpanjangan $6d$.

E. Persyaratan Kuat Geser Untuk Komponen Struktur Lentur

Kuat geser perlu, V_c dapat ditentukan dari peninjauan gaya statik dalam komponen struktur antara kedua muka tumpuan :



Gambar 3. 4 Perhitungan kuat geser balok (SNI 2847-2019)

Keterangan :

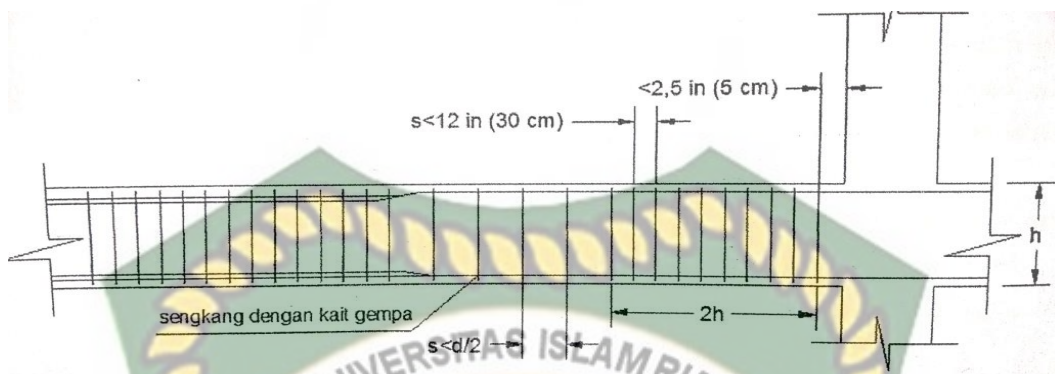
V_e = Kuat geser perlu diujung balok

M_{pr1} = Kuat lentur maksimum yang termobilisasi diperletakan kiri akibat goyangan dari kiri atau kanan.

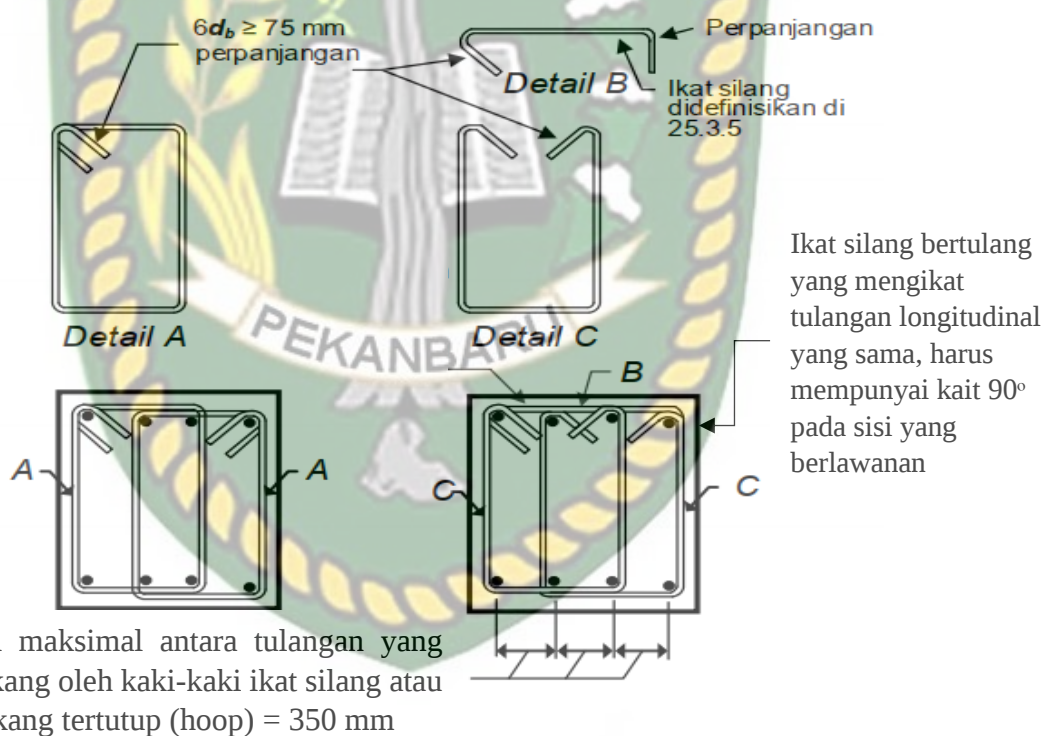
M_{pr2} = Kuat lentur maksimum yang termobilisasi diperletakan kanan akibat goyangan dari kiri atau kanan.

w_u = Pengaruh beban gravitasi ($1,2 D + 1,0 L$)

L_n = Panjang bentang bersih balok



Gambar 3. 5 Persyaratan Tulangan Transversal



Gambar 3. 6 Contoh sengkang tertutup (*hoop*) yang dipasang bertumpuk dan ilustrasi batasan maksimum spasi horizontal penumpu batang longitudinal (SNI 2847-2019)

F. Analisa Tulangan Geser

Persyaratan tulangan geser yang harus terpenuhi dalam merencanakan balok SRPMK adalah :

$$\phi V_n \geq V_e \dots\dots\dots (3.30)$$

Kuat geser profil penampang V_n dapat ditentukan dari kombinasi kuat geser beton V_c dan kuat geser baja V_s dimana V_c dan V_s didapat dari persamaan berikut :

$$V_c = \frac{1}{6} \sqrt{f'c} b_w d \dots\dots\dots (3.31)$$

$$V_s = \frac{A_v F_y d}{s} \dots\dots\dots (3.32)$$

Langkan untuk enetukan tulangan geser balok berdasarkan praturan SNI 03 2847 – 2019 sebagai berikut :

1. Menghitung beban merata (W_u) dengan bantuan program Etabs.

2. Menghitung α_{pr} dengan persamaan berikut :

$$\alpha_{pr} = \frac{1,25 A_s f_y}{0,85 f'c b_w} \dots\dots\dots (3.33)$$

3. Menghitung momen probabilitik M_{pr} ujung balok dengan persamaan berikut :

$$M_{pr} = 1,25 A_s f_y (d - \frac{\alpha_{pr}}{2}) \dots\dots\dots (3.34)$$

4. Menghitung gaya geser ultimit rencana (V_e) dengan persamaan berikut :

$$V_e = \frac{M_{pr1} + M_{pr2}}{L_n} \pm \frac{W_u L_n}{2} \dots\dots\dots (3.35)$$

5. Perhitungan kontribusi kuat tekan beton (V_c) dihitung dengan persamaan 3.31 jika V_c lebih kecil dari V_e , maka tulangan geser diperlukan. Maka kontribusi kuat geser tulangan V_s menggunakan persamaan 3.32, jarak sengkang (s) ditentukan berdasarkan sub bab 3.3.1.4.

6. Pemeriksaan luas tulangan geser minimum (A_{min}) persamaan berikut :

$$A_{min} = \frac{1}{16} \sqrt{f'c} \frac{b_w s}{f_y} \dots\dots\dots (3.36)$$

Tidak boleh kurang dari

$$A_{v_{min}} = \frac{b_w s}{3 f_y} \dots\dots\dots (3.37)$$

7. Perhitungan kuat geser nominal (ϕv_n) persamaan berikut :

$$\phi v_n = \phi (V_c - V_s) \dots\dots\dots (3.38)$$

8. Khusus pada daerah $2h$ dari depan kolom yang berpotensi membentuk sendi plastis, maka tulangan transversal harus dirancang untuk menahan kuat geser

yang diperlukan dengan mempertimbangkan kontribusi penampang beton dalam menahan geser (V_e).

Keterangan:

A_s	= Luas tulangan tarik (mm)
A_v	= Luas tulangan geser (mm ²)
B_w	= Lebar penampang balok (mm)
d	= Tinggi efektif penampang balok (mm)
f'_c	= Tegangan beton yang diisyaratkan pada umur 28 hari
f_y	= Tegangan tarik baja tulangan pada saat leleh (Mpa)
L	= Panjang bentang bersih balok (m)
S	= Jarak tulangan sengkang (mm)
V_e	= Kuat geser beton (N)
V_n	= Kuat geser nominal (N)
V_s	= Kuat geser tulangan (N)
M_{pr1}	= Kuat lentur maksimum yang mungkin termobilisasi diperletakan kiri akibat goyangan ke kiri atau ke kanan (N/mm)
M_{pr2}	= Kuat lentur maksimum yang mungkin termobilisasi diperletakan kanan akibat goyangan ke kiri atau ke kanan (N/mm)
W	= Pengaruh beban gravitasi ($1,2D + 1,0 L$) (N/mm)
ϕ	= Faktor reduksi kekuatan

G. Analisa Tulangan Torsi

Langkah-langkah perencanaan tulangan balok tarik untuk balok adalah sebagai berikut :

1. Tulangan yang diperlukan untuk puntir harus ditambahkan pada tulangan yang diperlukan untuk menahan momen lentur (tulang longitudinal) dan untuk menahan geser (sengkang). Kemudian ditambahkan tulangan puntir berupa tulangan longitudinal dan sengkang tertutup.
2. Efek torsi dapat diabaikan jika torsi yang terfaktor (T_u) memenuhi kondisi berikut:

$$T_u = \frac{\phi \sqrt{f_c' a c p^2}}{12 p c p} \dots \dots \dots (3.39)$$

Pada langkah ini dimaksudkan untuk memastikan jika balok memerlukan tulangan torsi atau tidak.

3. Kekuatan leleh tulangan torsi F_y harus memenuhi syarat berikut:

$$f_y \leq 400 \text{ Mpa} \dots \dots \dots (3.40)$$

4. Dimensi penampang melintang harus memenuhi syarat berikut:

$$\sqrt{\left(\frac{V_u}{b_w d}\right)^2 + \left(\frac{T_u P_h}{1,7 A^2 o h}\right)^2} \leq \phi \left(\frac{V_c}{b_w d} + \frac{\sqrt[3]{f_c'}}{3}\right) \dots \dots \dots (3.41)$$

5. Tulangan yang dibutuhkan tulangan torsi ditentukan berdasarkan berikut:

$$T_r \geq T_u \dots \dots \dots (3.42)$$

$$T_r = \phi T_n \dots \dots \dots (3.43)$$

6. Kebutuhan tulangan sengkang tambahan untuk torsi per meter balok berikut:

$$A_{vt} = \frac{T_n s}{2 A_o f_{yv} \cot \theta} \dots \dots \dots (3.44)$$

7. Tulangan longitudinal tambahan yang dibutuhkan untuk torsi berikut:

$$A_t = \frac{A_{vt}}{s} p_h \left(\frac{f_{yv}}{f_{y1}}\right) \cot^2 \theta \dots \dots \dots (3.45)$$

8. Luas tulangan transversal untuk geser dan torsi sebagai berikut:

$$(A_{vs} + A_{vt}) \geq \frac{75 \sqrt{f_c' b_w s}}{1200 f_{yv}} \dots \dots \dots (3.46)$$

$$(A_{vs} + A_{vt}) \geq \frac{b_w s}{3 f_{yv}} \dots \dots \dots (3.47)$$

9. Luas tulangan longitudinal geser dan lentur sebagai berikut:

$$(A_{vs} + A_{vt}) \geq \frac{5 \sqrt{f_c' A_{cp}}}{12 f_{yv}} - \left(\frac{A_{vt}}{s}\right) p_h \frac{f_{yv}}{f_{yt}} \dots \dots \dots (3.48)$$

$$\frac{A_{vt}}{s} \geq \frac{b_w}{6 f_y} \dots \dots \dots (3.49)$$

Keterangan :

A_{oh} = Luas penampang daerah yang dibatasi oleh sengkang tertutup
(mm²)

A_{cp} = Luas penampang keseluruhan (mm²)

A_{st} = Luas tulangan longitudinal lentur (mm²)

A_t = Luas tulangan longitudinal torsi (mm²)

A_{vs} = Luas tulangan sengkang geser (mm²)

A_{vt}	= Luas tulangan sengkang torsi (mm ²)
b_w	= Lebar penampang balok(mm)
d_b	= Diameter tulangan(mm)
d	= Tinggi efektif penampang balok(mm)
f_{yt}	= Tegangan leleh tulangan longitudinal (Mpa)
f_{yv}	= Tegangan leleh tulangan sengkang (Mpa)
P_{ep}	= Keliling penampang keseluruhan (mm)
P_h	= Keliling daerah yang dibatasi oleh sengkang tertutup (mm)
P_h	= Bentang balok yang dipasang sengkang torsi 100mm
S	= Jarak sengkang (mm)
T_n	= Momen torsi nominal (Nmm)
T_r	= Momen torsi rencana (Nmm)
T_u	= Momen torsi perlu (Nmm)
V_u	= Kuat geser perlu (Nmm)
ϕ	= Faktor reduksi kekuatan,
θ	= Sudut retak 45° untuk non prategang

3.3.2 Persyaratan Detailing Komponen Kolom (SRPMK)

Persyaratan *detailing* dalam merencanakan struktur kolom SRPMK ini meliputi persyaratan geometri, tulangan lentur, tulangan transversal.

A. Persyaratan Geometri

Balok harus memenuhi kriteria persyaratan geometri dibawah ini (SNI 2847-2019 Pasal 18.7.2) :

- Dimensi penampang terkecil yang diukur dalam garis lurus melalui pusat geometri, tidak kurang dari 300 mm.
- Rasio dimensi penampang minimum ke dimensi tegak lurus tidak kurang dari 0,4.

B. Persyaratan Tulangan Lentur

Beberapa persyaratan tulangan lentur pada desain komponen Kolom SRPMK sebagai berikut :

1. Area tulangan memanjang A_{st} tidak boleh kurang dari $0,01A_g$ dan tidak melebihi $0,06A_g$.
2. Pada kolom dengan sengkang bundar, jumlah kolom arah longitudinal minimum harus 6.
3. Sambungan mekanis untuk menyambung tulangan lentur dengan kekuatan 125% dari kekuatan luluh tulangan yang disambung tidak boleh ditempatkan pada tempat yang berpotensi membentuk sendi plastis, sedangkan sambungan mekanis untuk baja tulangan dengan kekuatan lebih besar dari kuat tarik dari batang tulangan yang terhubung.
4. Sambungan lewatan hanya diperbolehkan pada setengah panjang komponen struktur tengah. Ini akan dirancang sebagai sambungan loncatan tegangan dan dipasang dengan tulangan spiral atau sengkang tertutup.

C. Analisa Tulangan Lentur

Dalam merencanakan kolom harus berdasarkan praturan SNI 03-2847-2019 dimana kuat lentur kolom harus memenuhi ketetapan *strong column – weak beam*

$$\sum M_e \geq \left(\frac{6}{5}\right) \sum M_g \dots\dots\dots (3.50)$$

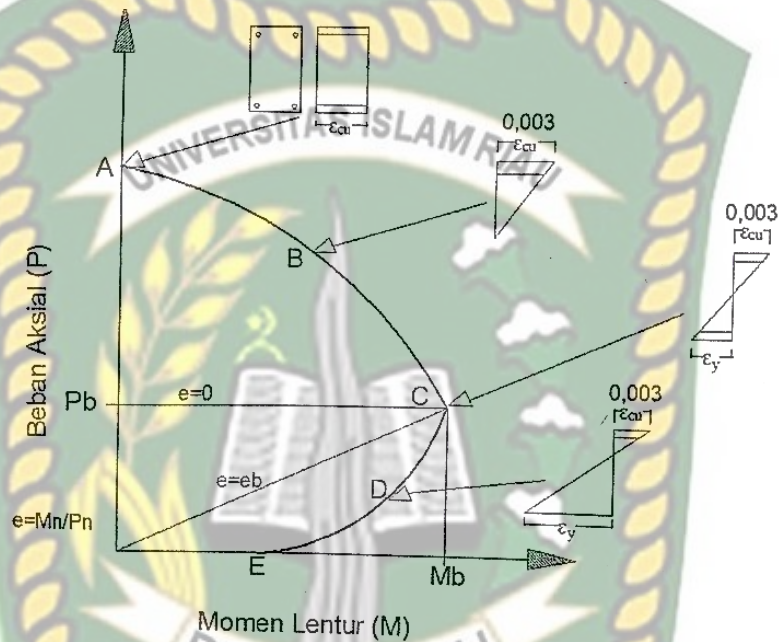
Keterangan :

$\sum M_e$ = Jumlah M_n kolom yang merangka pada hubungan balok-kolom
 M_n dihitung untuk gaya aksial terfaktor yang sesuai dengan arah gaya-gaya lateral yang ditinjau, yang menghasilkan M_a terkecil.

$\sum M_g$ = Jumlah M , balok yang merangka pada hubungan balok kolom.

Jika komponen kolom didesain tidak lebih kuat dari balok yang membentuk hubungan balok-kolom yang sama, perilaku inelastis atau bahkan pastification sangat mungkin terjadi pada ujung kolom. Hal ini seharusnya tidak mengakibatkan kolom tidak mampu menghamburkan kekuatan seperti balok. Besarnya beban aksial yang diterima kolom menyebabkan tingkat daktilitas kolom lebih rendah dari pada balok.

Saat mendesain kolom, perlu untuk mendefinisikan diagram interaksi kolom. Diagram interaksi adalah diagram yang merepresentasikan kekuatan kolom pada kondisi pembebanan yang mengakibatkan gaya aksial dan momen. Dari mekanika bahan, jika gaya aksila bekerja pada elemen strukturmaka kapasitas lentur elemen tersebut menjadi kecil. Dan begitu sebaliknya.



Gambar 3. 7 Diagram Interaksi Kolom (Supadli, 2017)

1. Titik A

Pada titik A, kegagalan blok adalah kesalahan murni (Momen = 0).

Kapasitas aksial terfaktor dihitung menggunakan persamaan :

Kolom spiral

$$\phi P_{n_{max}} = 0,85 \phi [0,85 f'_c (A_g - A_{st} - f_y A_{st})] \dots\dots\dots (3.51)$$

Kolom persegi

$$\phi P_{n_{max}} = 0,80 \phi [0,85 f'_c (A_g - A_{st} - f_y A_{st})] \dots\dots\dots (3.52)$$

Keterangan :

A_g = Luas penampang kolom

A_{st} = Luas tulangan total

f'_c = Kuat tekan beton.

f_y = Kuat leleh baja

ϕ = Faktor reduksi

2. Titik B

Titik B adalah titik dimana kesalahan akibat kombinasi momen dan aksial adalah kegagalan tekan pada permukaan beton (beban terjadi untuk mencapai beban ultimit, $\epsilon_{cu} = 0,003$), sedangkan beban pada beton terluar pada sisi yang berlawanan adalah nol, keruntuhan ini merupakan keruntuhan tekan.

3. Titik C

Titik C merupakan keruntuhan seimbang dimana ketika kuat tarik beton terluar pada satu sisi mencapai beban ultimit (ϵ_{cu}), sedangkan tulangan tarik terluar pada sisi yang berlawanan mencapai beban luluh (ϵ_y).

4. Titik D

Pada titik D, keruntuhan kolom merupakan kegagalan tarik, dimana regangan serat beton di satu sisi mencapai beban ultimit (ϵ_{cu}), sedangkan di sisi lain beban yang terjadi pada tulangan baja terluar melebihi 0,005.

Prosedur pembuatan diagram interaksi dalam perencanaan komponen struktur kolom adalah sebagai berikut :

1. Perhitungan luas perkuatan yang direncanakan (A_s) untuk semua lapisan dengan rumus sebagai berikut:

$$A_s = n \left(\frac{1}{4} \right) \pi D^2 \dots\dots\dots (3.53)$$

2. Berdasarkan jenis kerusakan kolom seperti dijelaskan sebelumnya, kapasitas aksial nominal dan momen nominal kolom dapat ditentukan dengan mengubah posisi sumbu netral pada penampang (c) dengan menyesuaikan nilai regangan beton dan regangan pada lapisan tulangan terluar (dalam hal ini tulangan lapisan bawah), maka nilai c sebagai berikut :

$$C = \left(\frac{0,003}{0,003 - \epsilon_y} \right) d_1 \dots\dots\dots (3.54)$$

3. Perhitungan nilai balok tegangan tekan beton dengan persamaan berikut :

$$A = \beta_1 c \dots\dots\dots (3.55)$$

4. Menentukan nilai regangan (ϵ_s) setiap lapisan dapat ditentukan dengan persamaan berikut :

$$\epsilon_s = \left(\frac{c - d_i}{c} \right) 0,003 \dots\dots\dots (3.56)$$

5. Setelah regangan pada tulangan dihitung, maka nilai tegangan pada tulangan juga dapat dihitung, dalam hal ini perbandingan tegangan baja diasumsikan plastis sempurna elastis. Dengan kata lain, jika regangan besar atau regangan leleh, maka tegangan yang dihasilkan pada tulangan sama dengan tegangan leleh. Tegangan leleh bernilai positif untuk tulangan tekan. Jika regangan baja lebih kecil dari regangan leleh, tegangan pada baja adalah $f_s = E\varepsilon_s$.

6. Gaya yang bekerja pada beton adalah kuat tekan (C_c) dihitung dari persamaan berikut :

$$C_c = 0,85 f'_c abw \dots\dots\dots (3.57)$$

7. Tegangan pada tulangan ke-i (f_{si}) ditentukan dengan ketentuan berikut :

$$f_{si} = -320, \text{ jika } \varepsilon_s < \varepsilon_y \dots\dots\dots (3.58)$$

$$f_{si} = \varepsilon_s E, \text{ jika } \varepsilon_s < 0 \dots\dots\dots (3.59)$$

$$f_{si} = 320, \text{ jika } \varepsilon_s \geq \varepsilon_y \dots\dots\dots (3.60)$$

8. Gaya yang bekerja pada baja pada lapisan ke-i dalam adalah kuat tarik - F_s , atau gaya tekan + F_s nilai gaya ditentukan dari persamaan :

$$F_{si} = A_s f_{si} \text{ (untuk tulangan tarik)} \dots\dots\dots (3.61)$$

$$F_{si} = (f_{si} - 0,85 f'_c) A_s \text{ (untuk tulangan tekan)} \dots\dots\dots (3.62)$$

9. Kapasitas aksial kolom (P_n) diambil dari jumlah semua gaya yang bekerja, atau dihitung dalam bentuk persamaan:

$$P_n = C_c + \sum_{i=1}^n f_{si} \dots\dots\dots (3.63)$$

10. Kapasitas momen penampang (M_n) dihitung dengan menjumlahkan momen yang bekerja pada penampang akibat gaya-gaya yang bekerja pada tulangan dan beton, momen ini adalah gaya x jaraknya dari pusat gravitasi. penampang seperti pada persamaan berikut:

$$M_n = C_c \left(\frac{h}{2} - \frac{a}{2} \right) + \sum_{i=1}^n f_{si} \left(\frac{h}{2} - d_i \right) \dots\dots\dots (3.64)$$

11. Setelah dihitung nilai kapasitas aksial kolom (P_n) dan kapasitas momen (M_n) yang dikalikan dengan faktor reduksi (ϕ).

Keterangan :

a = Tinggi balok tegangan beton tekan persegi ekuivalen (mm)

E = Modulus elastis baja tulangan (Mpa)

$f'c$ = Tegangan tekan beton

c = Jarak antara garis netral dan tepi seret tekan beton (mm)

A_s = Luas tulangan tarik (mm²)

b_w = Lebar penampang balok (mm)

h = Tinggi penampang balok (mm)

M_n = Kapasitas momen penampang (kN/ m)

C_c = Gaya yang bekerja pada beton (N)

d_b = Diameter tulangan (mm)

P_n = Kapasitas aksial kolom (kN)

d = Tinggi efektif penampang balok (mm)

d_1 = Tinggi efektif tulangan balok terhadap lapis I (mm)

f_{si} = Tegangan tarik baja pada tulangan pada tulangan ke-i (Mpa)

f_y = Tegangan tarik baja Tulangan pada saat leleh (Mpa)

F_{si} = Gaya yang bekerja pada baja lapisan ke-i (Mpa)

z = Bilangan sembarang, bernilai positif jika tulangan tekan dan negatif untuk tarik.

z = faktor pembentuk tinggi balok tegangan beton tekan persegi ekuivalen yang nilainya ditentukan sesuai mutu beton sebagai berikut :

$f'c \leq 30 \text{ Mpa}$, maka $\beta_1 = 0,85$

$$f'c > 30 \text{ Mpa}, \text{ maka } \beta_1 = 0,85 - \frac{0,5(f'c - 30)}{7}$$

tetapi $\beta_1 \geq 0,65$

ϵ_s = Tegangan tarik baja tulangan

ϵ_y = Tegangan tarik baja tulangan saat kondisi leleh

$\emptyset$ = Faktor reduksi kekuatan.

D. Persyaratan Tulangan Transversal

Tulangan transversal yang disyaratkan dalam peraturan yang berlaku SNI 03 2847-2019 harus memenuhi syarat sebagai berikut :

1. Tulangan transversal harus terdiri dari spiral tunggal atau spiral tumpang tindih (*overlap*). sengkang pengekang bundar, atau sengkang pengekang persegi, dengan atau tanpa ikat silang.
2. Setiap tekukan ujung sengkang pengekang persegi dan ikat silang harus mengait batang tulangan longitudinal terluar.
3. Ikat silang dengan ukuran batang tulangan yang sama atau yang lebih kecil dari diameter sengkang pengekang diizinkan sesuai batasan D10 yang melingkari tulangan longitudinal D32 atau yang lebih kecil, D13 yang melingkari tulangan longitudinal D36 atau yang lebih besar atau bundel tulangan longitudinal, Ikat silang yang berurutan harus diselang seling ujungnya sepanjang tulangan longitudinal dan sekeliling perimeter penampang.
4. Jika digunakan sengkang pengekang persegi ataupun ikat silang, tulangan transversal tersebut harus berfungsi sebagai tumpuan lateral untuk tulangan longitudinal sesuai 25.7.2.2 dan 25.7.2.3 pada SNI 2847-2019.
5. Tulangan harus diatur sedemikian sehingga spasi h_x antara tulangan tulangan longitudinal di sepanjang perimeter penampang kolom yang tertumpu secara lateral oleh sudut ikat silang atau kaki-kaki sengkang pengekang tidak boleh melebihi 350 mm.
6. Ketika $P_u > 0,3A_g f_c'$ atau $f_c' > 70$ Mpa pada kolom dengan sengkang pengekang, setiap batang atau bundel tulangan longitudinal di sekeliling inti kolom harus memiliki tumpuan lateral yang diberikan oleh sudut dari sengkang.

Spasi tulangan transversal tidak melebihi nilai terkecil dari sebagai mana yang diisyaratkan dibawah ini :

- a) Seperempat dimensi terkecil dari penampang kolom.
- b) Enam kali dari diameter tulangan longitudinal terkecil
- c) So, yang dihitung dengan

$$S_o = 100 + \left(\frac{350 - h_x}{3} \right) \dots \dots \dots (3.65)$$

Nilai s_o tidak boleh melebihi 150 mm dan tidak boleh kurang dari 100 mm.

Daerah pada kolom yang berpotensi membantu sendi plastis harus memasang tulangan geser dengan ketentuan sebagai berikut:

- a) Sepanjang l_0 dari setiap dari setiap muka hubungan balok kolom
- b) Sepanjang l_0 pada kedua sisi dari setiap penampang yang berpotensi membentuk sendi plastis.
- c) Sepanjang daerah sambungan lewatan tulangan longitudinal kolom.
- d) Kedalam kepala pondasi sejauh minimum 300 mm. Panjang l_0 ditentukan tidak kurang dari:
 - Tinggi penampang struktur kolom pada muka hubungan balok- kolom atau pada segmen yang berpotensi membentuk leleh lentur.
 - Seperenam bentang bersih struktur kolom.
 - 500 mm

E. Analisa Tulangan Transversal

Langkah-langkah dalam merencanakan tulangan geser kolom dapat dilakukan dengan cara dan langkah sebagai berikut :

1. Luas penampang beton (A_g)

$$A_g = b_w \cdot h \dots \dots \dots (3.66)$$
2. Luas tulangan sengkang (A_v) tertutup persegi dihitung berdasarkan persamaan berikut :

$$A_g = n \left(\frac{1}{4} \pi d b^2 \right) \dots \dots \dots (3.67)$$
3. Pemeriksaan luas tulangan geser minimum (A_{vmin}) berdasarkan persamaan berikut :

$$A_{vmin} = \frac{1}{3} \left(\frac{b_w s}{f_y} \right) \dots \dots \dots (3.68)$$

Jika $A_{vmin} \leq A_v$ maka kekuatan kekakuan geser terpenuhi.

4. Spasi tulangan transversal (S) dapat dihitung sesuai ketentuan yang 3.1.2.4.

$$A_g = b_w \cdot h \dots \dots \dots (3.66)$$
5. Keperluan tulangan *hoop* sepanjang l_0 maupun diluar l_0 sesuai ketentuan pada sub bab 3.1.2.4.

6. Nilai V_c tidak boleh besar dari V_{sway} yang dihitung berdasarkan M_{pr} balok seperti pada gambar dibawah :

$$V_{sway} = \frac{M_{pr-top} D f_{top} + M_{pr-btm} D f_{btm}}{L} \dots\dots\dots (3.67)$$

7. Perhitungn kontribusi beton dalam menahan geser (V_c) dapat dihitung dengan persamaan :

$$V_c = \sqrt{\frac{f'_c}{6}} b w d \dots\dots\dots (3.68)$$

8. Perhitungn kontribusi tulangan dalam menahan geser (V_s) dapat dihitung dengan persamaan :

$$V_c = \frac{A_v f_y d}{s} \dots\dots\dots (3.69)$$

9. Perhitungn kuat geser normal (ϕV_n) jika $\phi V_n \leq V_{sway}$ maka sudah memenuhi syarat.

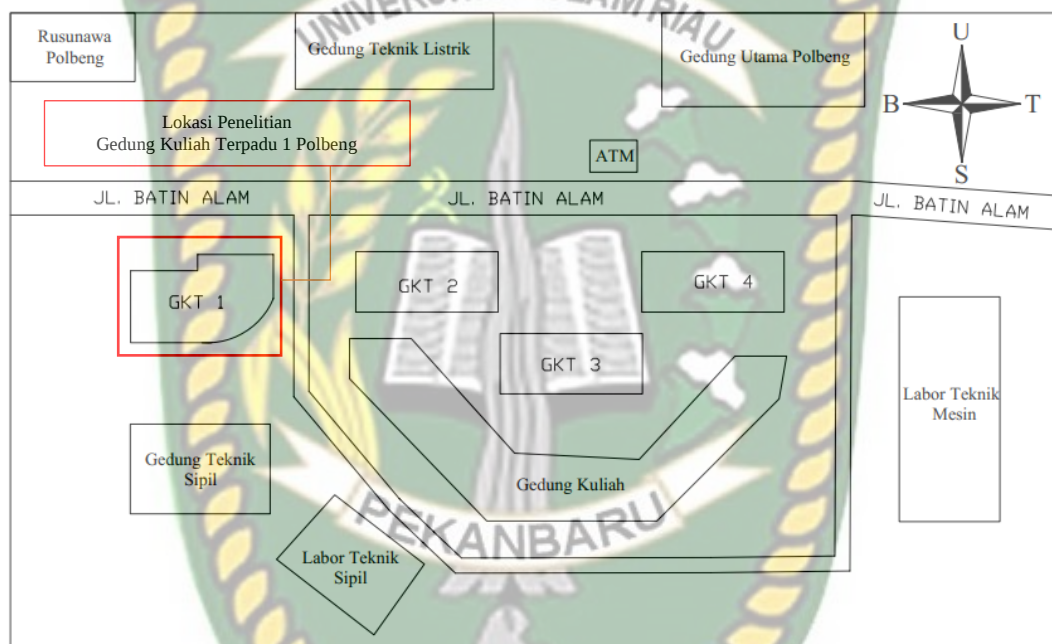
$$\phi V_n = \phi(V_c + V_s) \dots\dots\dots (3.70)$$

BAB IV

METODE PENELITIAN

4.1. Lokasi Penelitian

Penelitian dalam tugas akhir ini dilakukan pada Gedung Kuliah Terpadu 1 Politeknik Negeri Bengkalis yang berlokasi di Jl. Batin Alam, Desa Sungai Alam, Kabupaten Bengkalis. Gedung ini berlokasi di kawasan Kampus Politeknik Negeri Bengkalis.



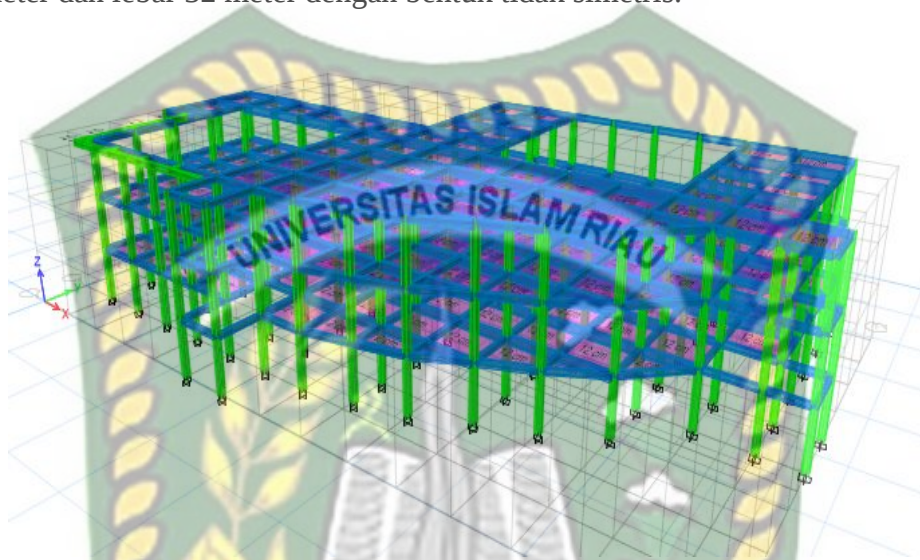
Gambar 4.1 Eksisting Lokasi Gedung

4.2. Data Penelitian

Pada penelitian ini menggunakan data sekunder berupa gambar kerja rencana struktur yaitu gambar kerja struktur pada bangunan Gedung Kuliah Terpadu 1 Politeknik Negeri Bengkalis dan serta metode literatur diperoleh dari SNI 1726-2002, SNI 03-2847-2002 dan juga SNI 1726-2019, SNI 03-2847-2019, dan SNI 1727-2013 sebagai pedoman dalam melakukan perhitungan pembebanan pada struktur gedung, dan juga jurnal penelitian, tugas akhir, serta buku-buku terkait yang digunakan sebagai acuan dijadikan referensi untuk membantu proses penelitian.

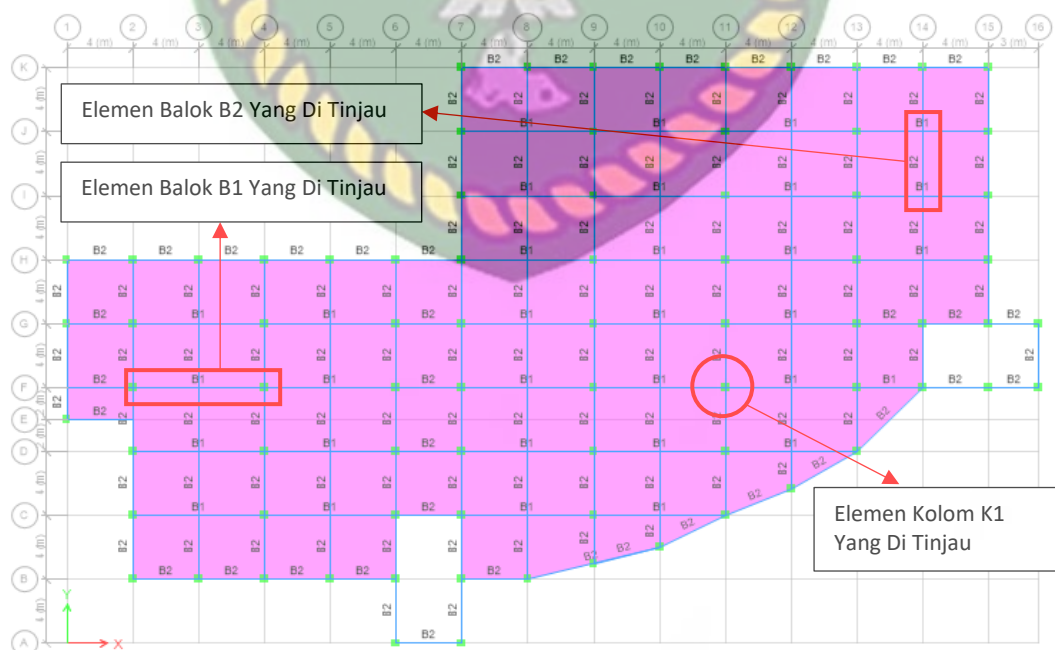
4.2.1. Model Struktur

Bangunan gedung kuliah GKT 1 Politeknik Negeri Bengkalis ini terdiri dari 3 lantai, tinggi setiap lantai masing-masing 4 meter. Gedung ini memiliki panjang 59 meter dan lebar 32 meter dengan bentuk tidak simetris.



Gambar 4. 2 Model Struktur GKT 1 Politeknik Negeri Bengkalis.

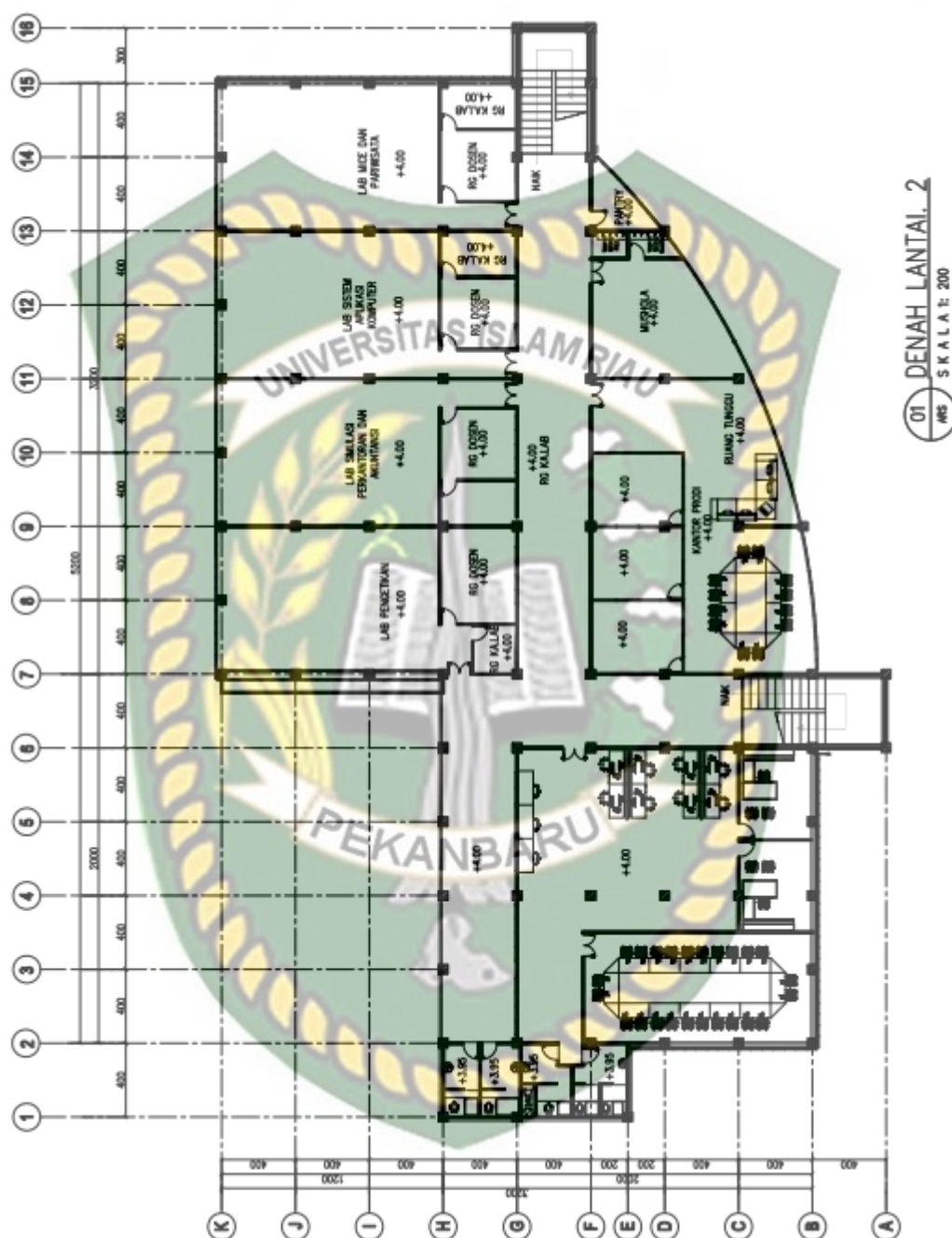
Pada penelitian ini elemen kolom dan balok yang di tinjau merupakan elemen yang mengalami kondisi kritis. Titik kolom dan balok yang akan ditinjau dapat dilihat pada gambar 4.3 :



Gambar 4. 3 Lokasi Elemen Balok dan Kolom Yang di Tinjau.

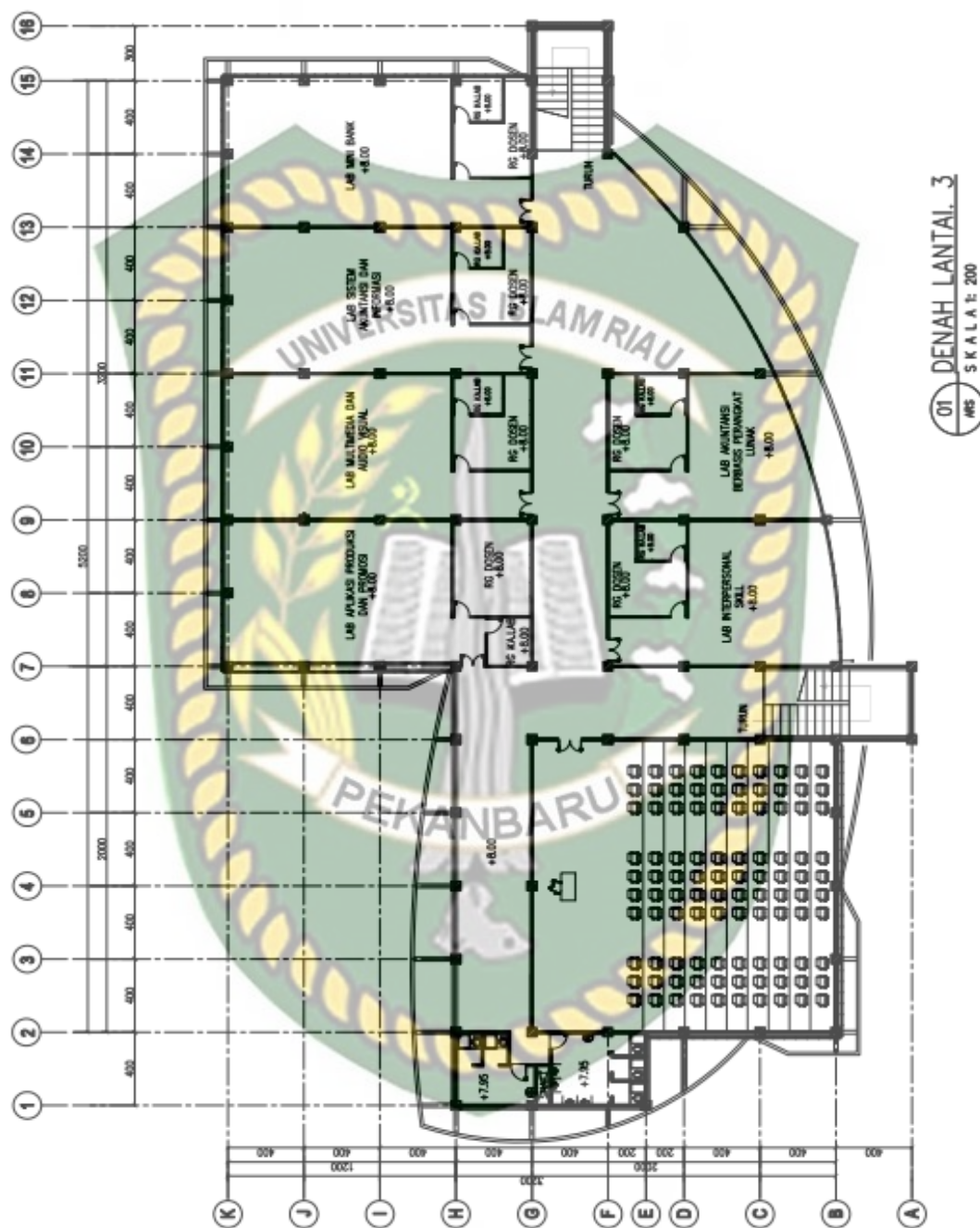
[illegible]

Pada lantai 1 gedung ini terdapat fungsi ruangan Perpustakaan, Lobi, Labor Simulasi Kearsipan dan Ekspor Import, Labor Simulasi Bisnis dan Audit, Ruang Dosen, dan Wc.



Gambar 4. 5 Denah Lantai 2 Gedung GKT 1 Politeknik Negeri Bengkalis.
(PT. Putra Sakti Sampurna)

Pada lantai 2 gedung ini terdapat fungsi ruangan Mushola, Kantor Prodi, Labor Pengetikan, Labor Simulasi Perkantoran dan Admistrasi, Labor Sistem Aplikasi Komputer, Labor Mice dan pariwisata, Ruang Dosen, Wc, dan Ruang Rapat.

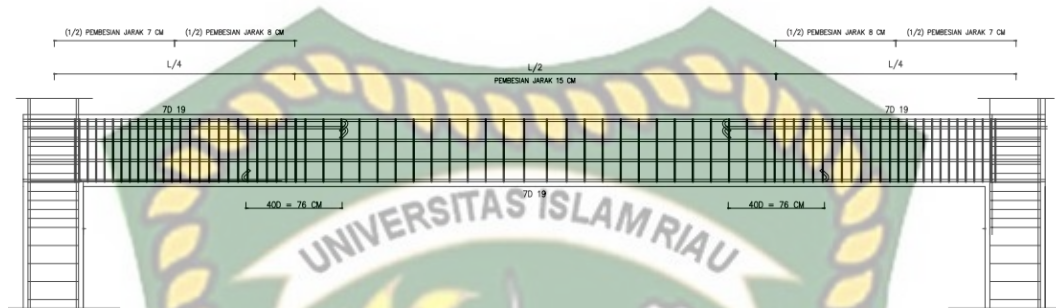


Gambar 4. 6 Denah Lantai 3 Gedung GKT 1 Politeknik Negeri Bengkalis. (PT. Putra Sakti Sampurna)

Pada lantai 3 gedung ini terdapat fungsi ruangan Labor Interpersional Skill, Labor Akuntansi Berbasis Perangkat Lunak, Labor Produksi dan Promosi, Labor

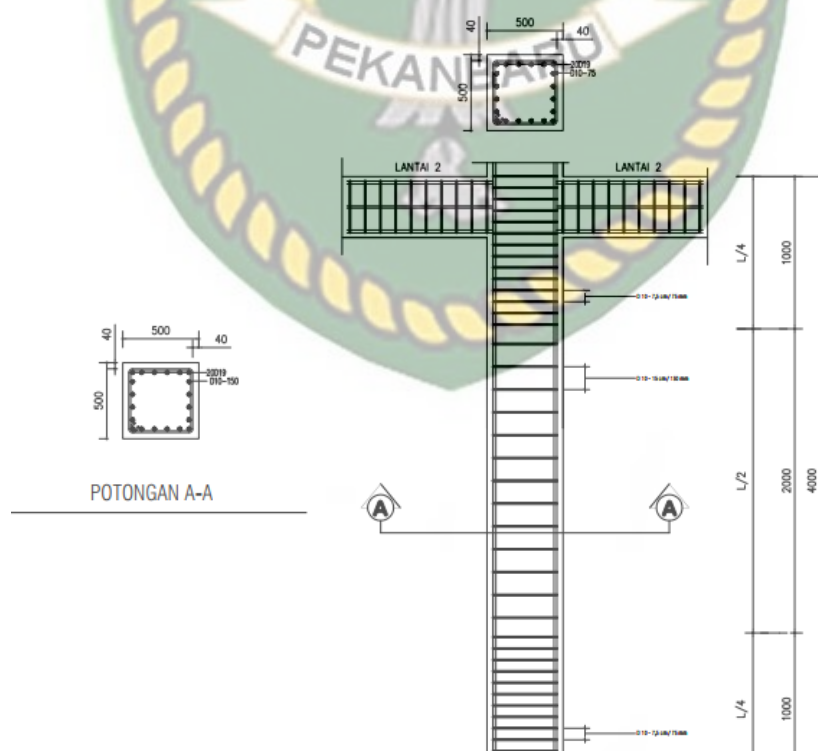
Multimedia dan Audio Visual, Labor Sistem Akuntansi dan Informasi, Labor Mini Bank, Ruang Dosen, Wc, dan Ruang Auditorium.

4.2.3. Detail Tulangan



Gambar 4. 7 Detail Penulangan Balok B1

Detail penulangan Balok B1 pada kondisi eksisting gedung Kuliah GKT 1 Politeknik Negeri Bengkalis dengan jarak bentang 8 Meter memiliki tulangan lapangan dan Tumpuan 7D-19 dengan sengkang didaerah tumpuan D10-80 dan didaerah lapangan D10-150.



Gambar 4. 8 Detail Penulangan Kolom K1

Detail penulangan Balok K1 pada kondisi eksisting gedung Kuliah GKT 1 Politeknik Negeri Bengkalis dengan tinggi 4 Meter memiliki tulangan longitudinal 22D-19 dengan sengkang didaerah tumpuan D10-80 cm dan didaerah lapangan D10-150.

4.3. Tahapan Penelitian

Dalam penelitian ini dilakukan beberapa kegiatan sebagai awal dalam melakukan studi secara keseluruhan. Kegiatan-kegiatan yang dilakukan antara lain studi literatur dan penentuan lingkup studi. Studi literatur dilakukan dengan tujuan memperoleh gambaran yang sesuai dengan studi yang dilaksanakan, sedangkan penentuan lingkup studi terdapat tiga bagian utama yang dilakukan yaitu rumusan masalah, penentuan tujuan penelitian, dan Batasan masalah.

Pada penelitian ini akan membuat dua model bangunan gedung bertingkat dengan kondisi eksisting gedung GKT 1 Politeknik Negeri Bengkalis dengan peraturan Gempa SNI- 1726-2002 dan peraturan beton struktural SNI-1726-2002 yang akan dievaluasi berdasarkan peraturan Gempa SNI- 1726-2019 dan peraturan beton struktural SNI-1726-2019. Adapun tahapan penelitian yang penulis lakukan guna menyelesaikan penelitian ini adalah sebagai berikut:

A. Persiapan Penelitian

Persiapan penelitian yang penulis lakukan dalam memulai penelitian meliputi persiapan pemilihan struktur gedung untuk dijadikan bahan penelitian penulis.

B. Langkah-Langkah Analisis Data

Analisa yang digunakan adalah analisa dinamik dengan metode *Respons spectrum*. Setelah data terkumpul, data tersebut kemudian akan dianalisa dengan:

1. Menghitung Pembebanan

Perhitungan pembebanan dilakukan berdasarkan dengan data penunjang. Pembebanan yang bekerja pada struktur berupa beban mati, beban hidup. Permodelan beban mati dan beban hidup dapat dilihat pada Lampiran A.

2. Menghitung Spektrum Respons Desain

Menghitung spektrum respons desain untuk mendapat kurva spektrum respons yang mengacu pada koefisien – koefisien situs dan parameter – parameter respons spektral percepatan gempa maksimum yang dipertimbangkan resiko tertarget. Menganalisis model struktur dengan respons spektrum untuk mendapatkan kurva respons spektrum berdasarkan wilayah gempa yang dianalisis dengan bantuan program ETABS. Data yang dibutuhkan dalam analisis respons spektrum adalah fungsi bangunan, letak bangunan terhadap wilayah gempa, jenis tanah dan tipe struktur yang didapat dari situs puskim.pu.go.id.

Data penentuan parameter – parameter spektrum respons desain seperti parameter percepatan gempa S_s (percepatan batuan dasar pada perioda pendek) dan S_1 (percepatan batuan dasar perioda 1 detik), kelas situs yang ditetapkan berdasarkan jenis tanah tempat bangunan berdiri, faktor amplifikasi getaran terhadap percepatan getaran perioda pendek (F_a) dan faktor amplifikasi terkait percepatan yang mewakili getaran perioda 1 detik (F_v), parameter spektrum respons percepatan pada perioda pendek (S_{Ms}) dan perioda 1 detik (S_{M1}), parameter percepatan spectral desain untuk perioda (S_{Ds}) dan pada perioda 1 detik (S_{D1}). Analisis struktur gedung.

3. Analisis struktur gedung

Uraian penelitian dalam analisis struktur gedung dengan bantuan software ETABS untuk memodelkan seluruh komponen-komponen dalam bentuk tiga dimensi. Prosedur analisis struktur gedung sebagai berikut:

a. Data Grid

Data grid digunakan untuk membuat sistem koordinat pemodelan gedung pada software Etabs. Pengaturan data grid dapat dilihat Lampiran A.

b. Permodelan Struktur

Untuk Permodelan struktur gedung GKT 1 Politeknik Negeri Bengkalis berdasarkan kondisi eksisting dengan memodelkan tiga dimensi dapat dilihat pada Lampiran A.

c. Penentuan *Material Properties*

Struktur gedung didesain menggunakan bahan beton bertulang dengan mutu dan persyaratan sesuai dengan SNI 03-2847-2019. Penentuan material dalam Etabs dapat dilihat pada Lampiran A.

d. Penentuan *Frame Section Properties*

Penentuan *Frame Section Properties* bertujuan untuk mendefinisikan data – data penampang balok, kolom, dan plat yang digunakan. Penulisan pada program berbasis elemen hingga dipilih *option design* supaya bisa dikeluarkan luasan tulangan minimal yang dibutuhkan. Penentuan *Frame Section Properties* dapat dilihat pada Lampiran A.

e. Penentuan Properti Objek dan Efektifitas Penampang

Penentuan Property Objek bertujuan untuk menentukan elemen – elemen struktur balok dan kolom sesuai dengan *Frame Section Properties* dan bentuk struktur bangunannya. Untuk struktur beton bertulang, sifat kekakuan momen dan geser bruto dari komponen struktur harus dikalikan persentase efektifitas penampang sesuai persyaratan. Uraian lengkap penentuan properti objek dan efektifitas penampang dapat dilihat pada Lampiran A.

f. Penentuan Pondasi (*Joint Assignment-Restrain*)

Pondasi (perletakan) dimodelkan sebagai jepit karena berdasarkan SNI 1726-2019 Apabila tidak dilakukan analisis interaksi tanah-struktur, struktur atas dan struktur bawah dari suatu struktur gedung dapat dianalisis terhadap pengaruh gempa rencana secara terpisah, di mana struktur atas dapat dianggap terjepit pada story data base. Pemodelan perletakan struktur dapat dilihat pada lampiran A.

g. Penentuan *Load Cases*

Penentuan *load cases* bertujuan untuk mendefinisikan beban yang bekerja pada struktur (beban mati dan beban hidup) beban gempa (*Respons Spectrum*). Penentuan *load cases* dapat dilihat pada lampiran A.

h. Input Gempa Rencana

Beban gempa adalah beban yang digunakan untuk mencari besarnya gaya geser tiap tingkat (*Story Shear*) pada suatu struktur, dapat dilihat dalam Lampiran A.

i. Penentuan kombinasi pembebanan

Kombinasi pembebanan untuk Kategori Desain Seismik (KDS) D yang dipengaruhi oleh nilai S_{Ds} dan nilai faktor redudansi (ρ) dapat dilihat pada Lampiran A.

j. Penentuan *Frame Load* dan *Area Load*

Contoh penentuan *Frame Load* dan *Area Load* dapat dilihat pada Lampiran A.

k. *Mesh Option*

Mesh option berfungsi untuk membagi elemen struktur menjadi pias-pias yang lebih kecil agar beban dari plat ke balok bisa lebih halus dan merata sehingga tidak terjadi *total loss*. *Meshing area* pada plat dapat dilihat pada Lampiran A.

l. *Auto Edge Constrain*

Auto edge constraint adalah sebuah teknik dalam program berbasis elemen etabs hingga untuk mengurangi pemisahan yang ditimbulkan karena melakukan *meshing area*. Untuk melakukan *auto edge constraint* dapat dilihat pada Lampiran A.

m. Lantai sebagai Diafragma

Lantai tingkat, atap beton dan sistem lantai dengan ikatan suatu struktur gedung dapat dianggap sangat kaku (*rigid*) dalam bidangnya dan dianggap bekerja sebagai diafragma terhadap beban gempa horizontal. Diafragma pada lantai dapat dilihat pada Lampiran A.

n. Permodelan *End Length Offset*

Pada program etabs, pendekatan pengaruh kekakuan sambungan dapat dimodelkan sebagai *rigid-zone offset*. Nilai *rigid-zone factor* = 1 maka dianggap kaku (*fully rigid*). Secara umum, manual program menyatakan bahwa $\text{rigid-zone factor} \leq 0,5$. Untuk melakukan *rigid-zone factor* dapat dilihat pada Lampiran A.

o. Simulasi

Dalam modelisasi gedung Struktur digunakan tolerance sebesar 1mm dalam *check model* agar lebih rinci dan agar terhindar dari kesalahan permodelan struktur.

p. *Run Analyze*

Dengan melakukan *Run Analyze*, maka dapat mengecek partisipasi ragam terkombinasi minimal 90% dan mengecek periode struktur dengan menu *show tables*, yang digunakan dalam menganalisa. Untuk mengecek partisipasi ragam dapat dilihat hasil outpun run pada Lampiran A.

q. *Analysis Result*

Setelah semua langkah diatas, diperoleh Analysis Result berupa hasil gaya dalam terkombinasi, *base shear*, *Story Shear*, dan simpangan.

C. Hasil dan Pembahasan

Pada tahapan ini, akan disimpulkan hasil analisis berupa tegangan, simpangan antar lantai dan analisa detailing komponen kolom balok akibat beban gempa berdasarkan metode *Respons Spectrum*.

1. Pembebanan Gempa *Respons Spectrum*

Respons Spektrum adalah plot suatu spectrum yang disajikan dalam bentuk grafik/plot antar periode getar struktur T, lawan respons-respons maksimumnya untuk suatu rasio redaman dan beban gempa tertentu. Pada poin ini akan menampilkan pembebanan gempa respons spectrum pada daerah Bengkalis berdasarkan SNI gempa 1726-2002 dan SNI gempa 1726-2019.

2. Hasil Analisis Gempa Dengan Metode *Respons Spektrum*

Hasil analisis metode respons spektrum pada pemodelan gedung menggunakan SNI 1726-2002 dan pemodelan gedung menggunakan SNI 1726-2019, diperoleh hasil nilai *Base share* (gaya geser dasar), *story shear* (gaya geser tingkat) dan Simpangan maksimum struktur akibat kombinasi pembebanan maksimum.

a. *Base Share* (Gaya Geser Dasar)

Gaya geser dasar seismik (V) ini adalah gaya yang bekerja pada dasar gedung yang mana besarnya sesuai dengan prosedur gaya gempa yang didistribusikan pada berbagai elemen vertikal sistem penahan gaya gempa di tingkat yang ditinjau berdasarkan pada kekakuan lateral relatif elemen penahan vertikal dan diafragma baik secara distribusi vertikal dan horisontal.

b. *Hasil Nilai Story Share* (Gaya Geser Tingkat)

Dari hasil analisis struktur yang telah dilakukan diperoleh *story shear* akibat pembebanan gempa arah X dan Y. Gaya geser tingkat seismik ini adalah gaya yang bekerja pada setiap lantai gedung. Pada penelitian ini melihat besarnya *Story Share* pada setiap mode. Mode merupakan goyangan gedung dimana jumlah mode jumlah lantai di kali 3 goyangan yaitu arah X, arah Y, dan Rotasi. Dan menampilkan hasil *Story Share* akibat beban gempa.

c. *Hasil Analisis Kinerja Simpangan* (Gaya Geser Tingkat)

Simpangan (*drift*) adalah sebagai perpindahan lateral relative antara dua tingkat bangunan yang berdekatan atau dapat dikatakan simpangan mendatar tiap tiap tingkat bangunan (*horizontal story to story deflection*).

3. Hasil Analisis Tegangan Pada Struktur

Tegangan adalah besarnya gaya yang diberikan oleh molekul-molekul terhadap luasan penampang. Pada perhitungan tegangan lentur, tegangan geser, tegangan normal balok dan kolom berdasarkan kondisi eksisting gedung, balok dan kolom yang ditinjau adalah yang mengalami gaya dalam yang terbesar dari hasil perhitungan.

4. Hasil Analisis Komponen Struktur Balok

Analisa yang dilakukan pada struktur balok meliputi analisa persyaratan geometri, tulangan lentur, dan tulangan transversal dengan menggunakan peraturan SNI 2847-2019 dan dibandingkan dengan kondisi eksisting gedung.

5. Hasil Analisis Komponen Struktur Kolom

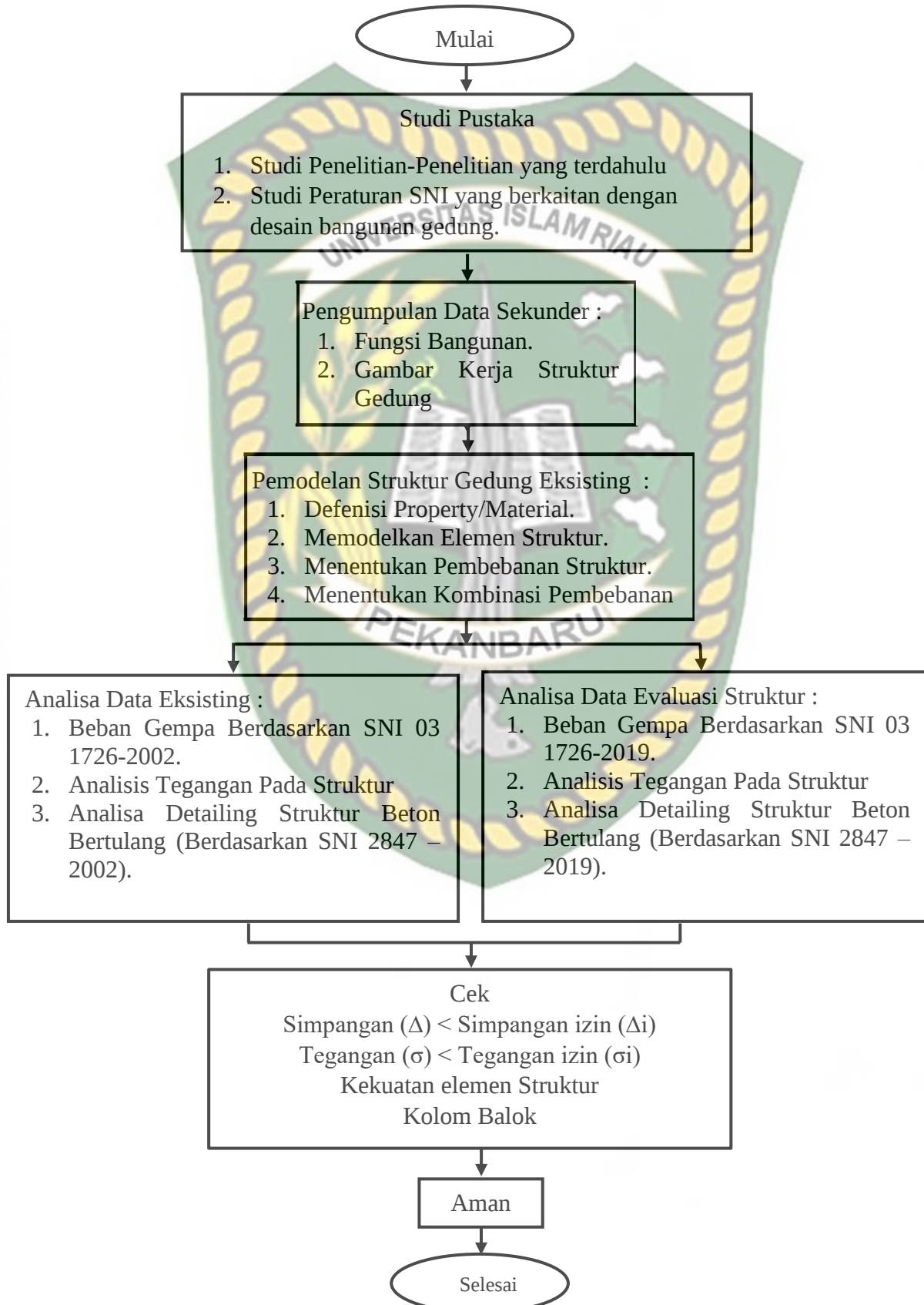
Analisa yang dilakukan pada struktur balok meliputi analisa persyaratan geometri, tulangan lentur, dan tulangan transversal dengan menggunakan peraturan SNI 2847-2019 dan dibandingkan dengan kondisi eksisting gedung.

D. Kesimpulan

Setelah ada hasil analisis maka didapatkan pembahasan yang bisa menjawab rumusan masalah.



4.4. Bagan Alir Penelitian



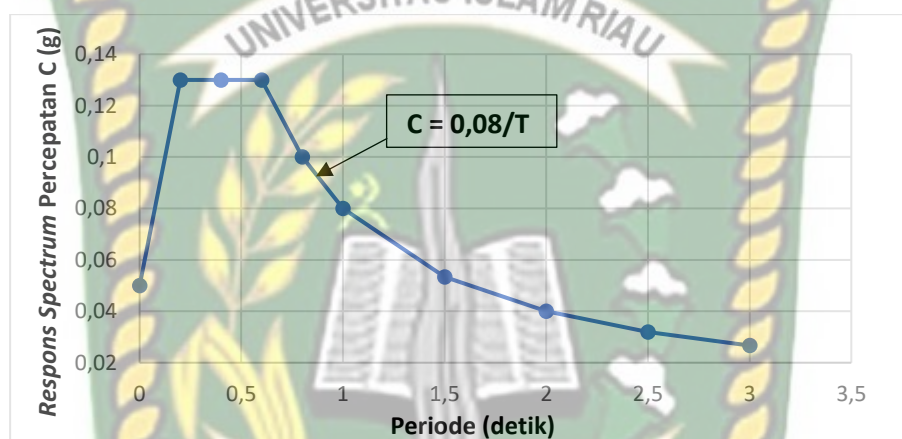
Gambar 4. 9 Bagan Alir Penelitian

BAB V

HASIL DAN PEMBAHASAN

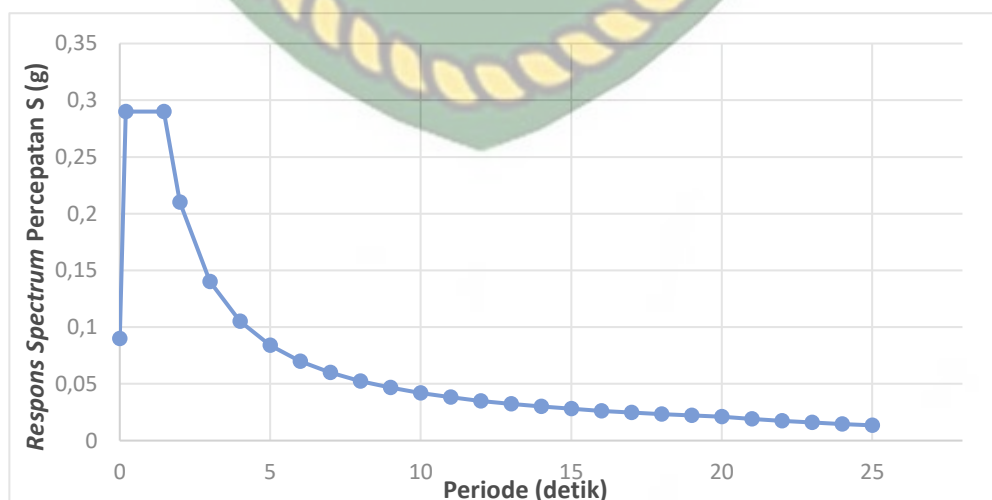
5.1. Pembebanan Gempa *Respons Spectrum*

Pembebanan gempa berdasarkan kondisi ekisting gedung menggunakan SNI Gempa 1726-2002 dan dievaluasi menggunakan peraturan SNI gempa 1726-2019. Hasil *Respons Spectrum* untuk daerah Bengkalis yang termasuk dalam wilayah gempa 1 dapat dilihat pada Gambar 5.1 dan Gambar 5.2.



Gambar 5. 1 *Respons Spectrum* Wilayah Gempa 1 SNI 1726-2002

Berdasarkan Gambar 5.1 menunjukkan *Respons Spectrum* untuk wilayah gempa 1 pada 0 detik $C = 0,05$, pada 0,2 detik – 0,6 detik $C = 0,13$, dan $> 0,6$ detik nilai $C = 0,08/T$.



Gambar 5. 2 *Respons Spectrum* Bengkalis SNI 1726-2019

Berdasarkan *Respons Spectrum* menggunakan SNI 1726-2019 dengan melihat peta gempa di aplikasi ESRC-PUSGEN-PUSKIM PUPR maka didapat hasil $PGA = 0.093396$ g, $PGAm = 0.224151$ g, $S_s = 0.180827$ g, $S_1 = 0.182934$ g, $TL = 20.000000$ detik, $F_a = 2.400000$, $F_v = 3.453591$, $S_{ms} = 0.433986$ g, $S_{m1} = 0.631780$ g, $S_{ds} = 0.289324$ g, $S_{d1} = 0.421187$ g, $T_0 = 0.291153$ detik, dan $T_s = 1.455764$ detik. Grafik *Respons Spectrum* untuk gempa Bengkulu SNI 1726-2019 dapat dilihat pada Gambar 5.2.

5.2. Hasil Analisis Gempa Dengan Metode Respons Spektrum

Berdasarkan hasil analisis struktur gedung dengan menggunakan metode respons spektrum pada pemodelan gedung menggunakan SNI 1726-2002 dan pemodelan gedung menggunakan SNI 1726-2019, diperoleh hasil nilai *Base share* (gaya geser dasar), *story shear* (gaya geser tingkat) dan Simpangan maksimum struktur akibat kombinasi pembebanan maksimum.

5.2.1. Hasil Nilai Base Shear (Gaya Geser Dasar)

Perhitungan gaya geser dasar menurut SNI 1726-2002 dan SNI 1726-2019 adalah Sebagai berikut :

Tabel 5. 1 Base Shear Pada SNI 1726-2002 dan SNI 1726-2019

SNI 1726-2002	Base Shear		w	CS	$\frac{0,8}{C_1 \cdot I} \cdot \frac{W}{R}$	$\frac{V_i \geq 0,8}{C_1 \cdot I} \cdot \frac{W}{R}$
	Vix	Viy				
	(Kg)	(Kg)				
	85991,14	86113	3734522	0,0085	85937,51	OK
SNI 1726-2019	Base Shear		w	cs	Cs.W	$\frac{V_i \geq}{Cs.W}$
	Vix	Viy				
	(Kg)	(Kg)				
	202677	258055	3734522	0,0542	202594,1	OK

Sumber: Hasil Analisis

Berdasarkan data pada Tabel 5.1 didapat *Base Shear* arah sumbu X dan Y pada gedung berdasarkan SNI 1726-2002 sebesar 85991,14 Kg dan 86113 Kg,

sedangkan berdasarkan SNI 1726-2019 sebesar 202677 Kg dan 258055 Kg. Berdasarkan nilai *Base Shear* struktur tersebut pada arah sumbu X dan Y mengalami peningkatan dengan perubahan SNI 1726-2002 ke SNI 1726-2019. Dimana *Base Shear* dengan menggunakan SNI 1726-2002 lebih kecil 38% dibandingkan menggunakan SNI 1726-2019. Dengan peningkatan *Base shear* menandakan dengan SNI terbaru akan memiliki gempa yang lebih besar dibandingkan dengan penggunaan SNI sebelumnya.

5.2.2. Hasil Nilai Story Shear (Gaya Geser Tingkat)

Dari hasil analisis struktur yang telah dilakukan diperoleh *story shear* akibat pembebanan gempa arah X dan Y. *Story shear* dapat dilihat sebagai berikut:

Tabel 5. 2 Story Shear Pada Model Gedung Arah X

Story	Elevation	Location	Mode 1	Mode 2	Mode 3	Mode 4	Mode 5	Mode 6
	mm		mm	mm	mm	mm	mm	mm
lantai atap	12000	Top	0,023	0,198	0,25	0,027	0,27	0,242
lantai 3	8000	Top	0,016	0,136	0,22	0,01	0,1	0,1
lantai 2	4000	Top	0,006	0,055	0,092	0,016	0,17	0,164
Base	0	Top	0	0	0	0	0	0

Sumber: Hasil Analisis

Berdasarkan hasil *Story Shear* pada Tabel 5.2 dengan meninjau sumbu arah X didapatkan *Story Shear* 6 mode dan yang memiliki nilai *Story Shear* terbesar pada mode 5 sebesar 0,27 mm.

Tabel 5. 3 Story Shear Pada Model Gedung Arah Y

Story	Elevation	Location	Mode 1	Mode 2	Mode 3	Mode 4	Mode 5	Mode 6
	mm		mm	mm	mm	mm	mm	mm
lantai atap	12000	Top	0,27	0,387	0,097	0,311	0,036	0,35
lantai 3	8000	Top	0,193	0,26	0,042	0,1	0,009	0,184
lantai 2	4000	Top	0,078	0,106	0,017	0,15	0,012	0,275
Base	0	Top	0	0	0	0	0	0

Sumber: Hasil Analisis

Dari hasil *Story Shear* pada Tabel 5.3 dengan meninjau sumbu arah Y didapatkan *Story Shear* 6 mode dan yang memiliki nilai *Story Shear* terbesar pada mode 2 sebesar 0,387 mm.

Tabel 5. 4 *Story shear* pada gedung berdasarkan SNI 1726-2002

Story	Elevation	Location	Arah X	Arah Y
	mm		mm	mm
lantai atap	12000	Top	5,096	6,511
lantai 3	8000	Top	3,63	4,527
lantai 2	4000	Top	1,538	1,84
Base	0	Top	0	0

Sumber: Hasil Analisis

Dari hasil *Story Shear* pada Tabel 5.4 meninjau dengan beban gempa 2002 didapatkan *Story Shear* arah X dan Y dan yang memiliki nilai *Story Shear* terbesar pada sumbu Y sebesar 6,511 mm di lantai atap.

Tabel 5. 5 *Story shear* pada gedung berdasarkan SNI 1726-2019

Story	Elevation	Location	Arah X	Arah Y
	mm		mm	mm
lantai atap	12000	Top	12,115	19,695
lantai 3	8000	Top	8,631	13,694
lantai 2	4000	Top	3,651	5,56
Base	0	Top	0	0

Sumber: Hasil Analisis

Dari hasil *Story Shear* pada Tabel 5.5 meninjau dengan beban gempa 2002 didapatkan *Story Shear* arah X dan Y dan yang memiliki nilai *Story Shear* terbesar pada sumbu Y sebesar 19,695 mm di lantai atap.

Dari kedua SNI gempa 1726-2002 dan 1726-2019 yang digunakan nilai *Story shear* sumbu X dan sumbu Y mengalami peningkatan sebesar 33% pada lantai yang dengan nilai *Story shear* maksimum.

5.2.3. Hasil Analisis Kinerja Simpangan Pada Struktur Gedung

Berdasarkan hasil analisis struktur gedung dengan menggunakan metode respons spektrum pada pemodelan gedung GKT 1 Politeknik Negeri Bengkalis dengan menggunakan peraturan kegempaan SNI 1726-2002 dan SNI 1726-2019

yang dianalisis diperoleh Simpangan maksimum struktur akibat kombinasi pembebanan maksimum. Serta output nilai simpangan maksimum untuk arah sumbu X dan Y masing-masing peraturan dapat dilihat pada Tabel 5.6 – Tabel 5.7 dan Gambar 5.1 - Gambar 5.6.

Tabel 5. 6 Control *story drift* X Berdasarkan Model Gedung

Story	Mode 1	Mode 2	Mode 3	Mode 4	Mode 5	Mode 6
	$\frac{C_d \delta_{xe}}{I_e}$	$\frac{C_d \delta_{xe}}{I_e}$	$\frac{C_d \delta_{xe}}{I_e}$	$\frac{C_d \delta_{xe}}{I_e}$	$\frac{C_d \delta_{xe}}{I_e}$	$\frac{C_d \delta_{xe}}{I_e}$
lantai atap	0,03	0,23	0,11	0,06	0,62	0,52
lantai 3	0,04	0,30	0,47	-0,02	-0,26	-0,23
lantai 2	0,02	0,20	0,34	0,06	0,62	0,60
Base	0	0,00	0	0,00	0,00	0,00

Sumber: Hasil analisis

Hasil analisis simpangan yang di dapat pada sumbu arah X dengan berdasarkan model gedung dapat dilihat pada mode 1 sampai mode 3 nilai simpangan terbesar pada lantai 3 sebesar 0,04 mm , 0,3 mm dan 0,47 mm. Dan pada mode 4 sampai mode 6 pada lantai dak dan lantai 2 yang memiliki nilai simpangan maksimum.

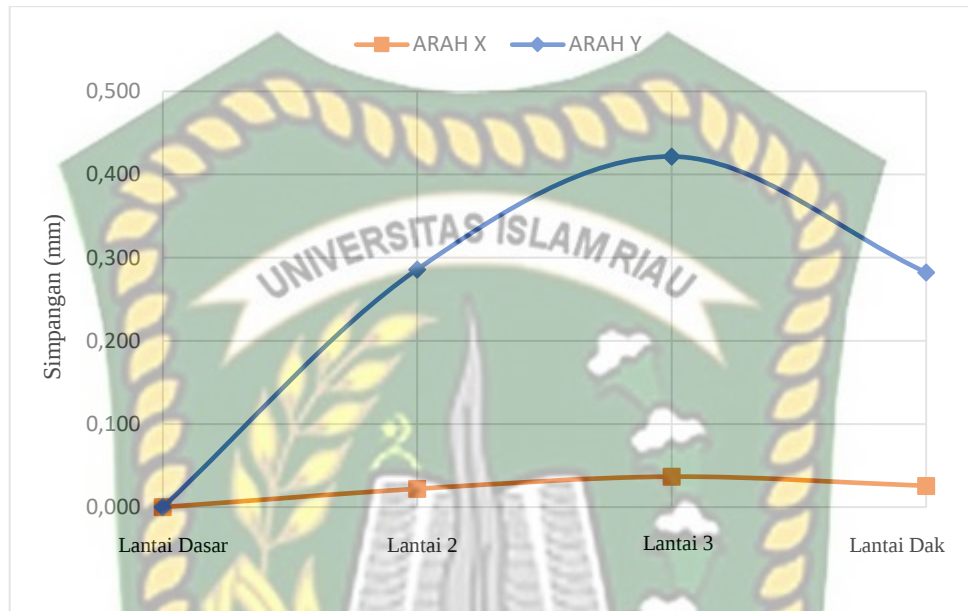
Tabel 5. 7 Control *story drift* Y Berdasarkan Model Gedung

Story	Mode 1	Mode 2	Mode 3	Mode 4	Mode 5	Mode 6
	$\frac{C_d \delta_{xe}}{I_e}$	$\frac{C_d \delta_{xe}}{I_e}$	$\frac{C_d \delta_{xe}}{I_e}$	$\frac{C_d \delta_{xe}}{I_e}$	$\frac{C_d \delta_{xe}}{I_e}$	$\frac{C_d \delta_{xe}}{I_e}$
lantai atap	0,28	0,47	0,20	0,77	0,10	0,61
lantai 3	0,42	0,56	0,09	-0,18	-0,01	-0,33
lantai 2	0,29	0,39	0,06	0,55	0,04	1,01
Base	0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

Sumber: Hasil Analisis

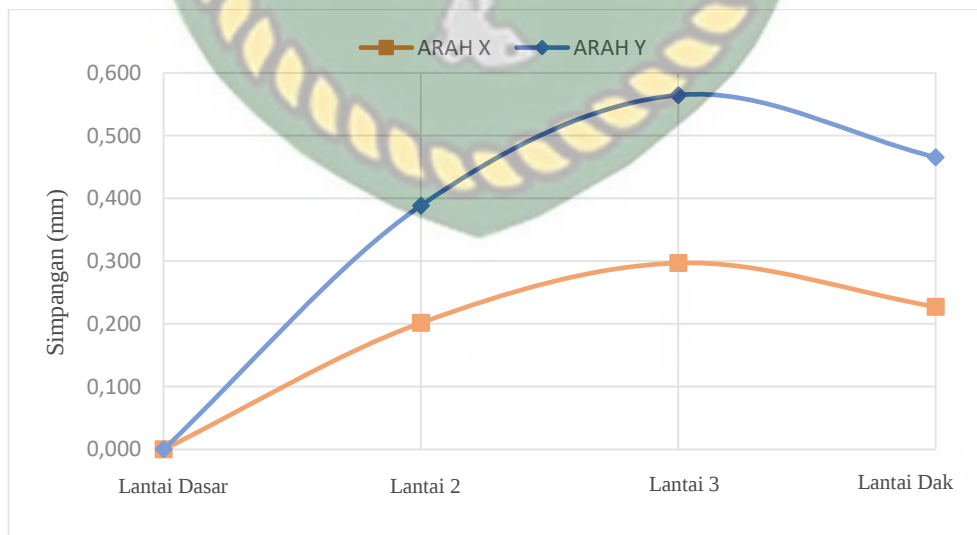
Hasil analisis simpangan yang di dapat pada sumbu arah Y dengan berdasarkan model gedung dapat dilihat pada mode 1 sampai mode 2 nilai simpangan terbesar pada lantai 3 sebesar 0,42 mm , 0,56 mm. pada mode 3 memiliki simpangan terbesar pada lantai atap sebesar 0,20 mm, pada mode 4 sampai mode 6

pada lantai dak yang memiliki nilai simpangan maksimum, dan pada mode 6 nilai simpangan maksimum pada lantai 2 sebesar 1,01 mm.



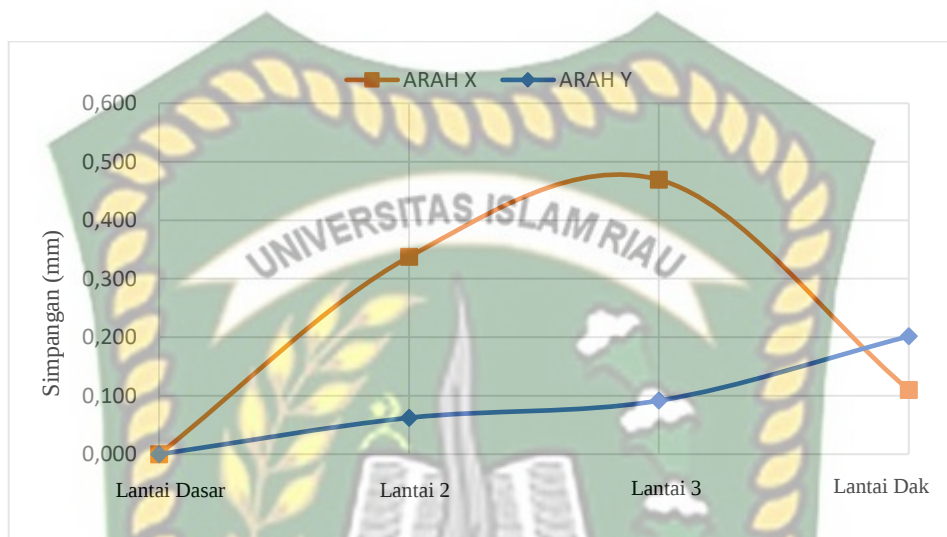
Gambar 5. 3 Grafik Simpangan Antar Lantai Pada Mode 1

Dapat dilihat dari Gambar 5.3 Grafik Simpangan Antar Lantai Pada Mode 1 menunjukkan simpangan arah Y lebih besar dari pada nilai simpangan arah X yaitu pada arah X = 0,04 mm dan arah Y = 0,42 mm pada lantai 3.



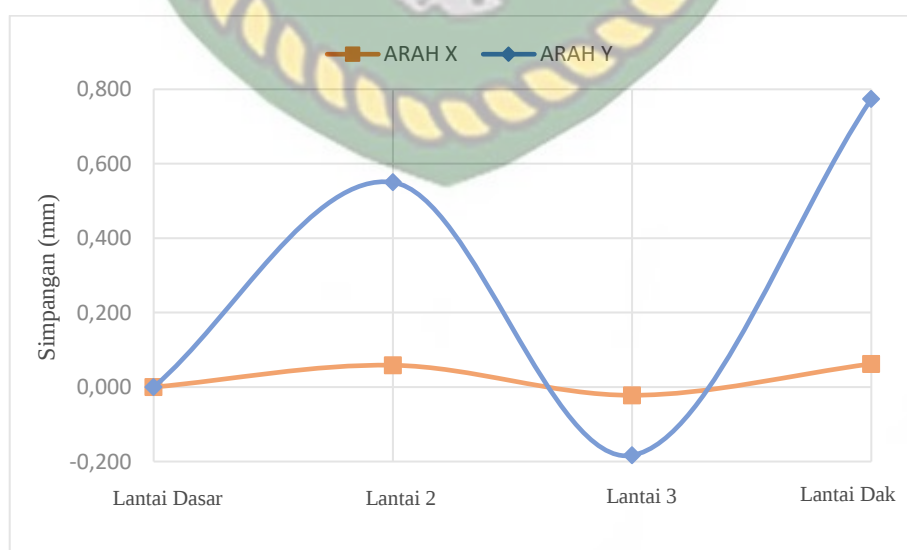
Gambar 5. 4 Grafik Simpangan Antar Lantai Pada Mode 2

Dapat dilihat dari Gambar 5.4 Grafik Simpangan Antar Lantai Pada Mode 2 menunjukkan simpangan arah Y lebih besar dari pada nilai simpangan arah X yaitu pada arah X = 0,3 mm dan arah Y = 0,56 mm pada lantai 3.



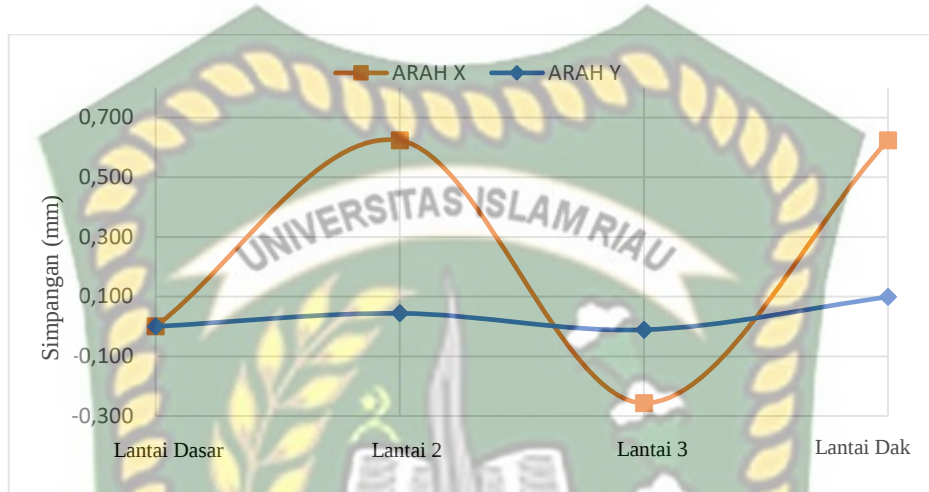
Gambar 5. 5 Grafik Simpangan Antar Lantai Pada Mode 3

Dapat dilihat dari Gambar 5.5 Grafik Simpangan Antar Lantai Pada Mode 3 ini mengalami rotasi dan menunjukkan simpangan arah X lebih besar dari pada nilai simpangan arah Y yaitu pada arah X = 0,47 mm pada lantai 3 dan arah Y = 0,2 mm pada lantai atap.



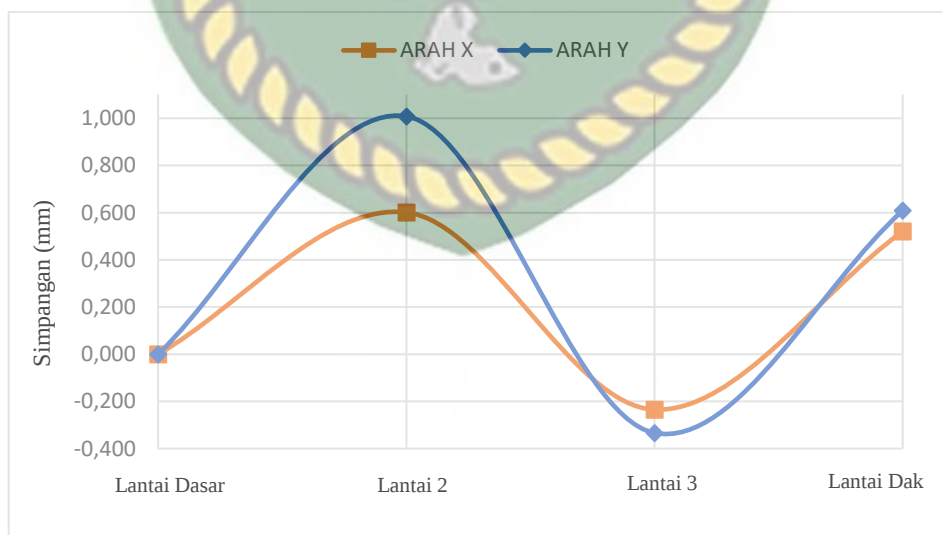
Gambar 5. 6 Grafik Simpangan Antar Lantai Pada Mode 4

Dapat dilihat dari Gambar 5.6 Grafik Simpangan Antar Lantai Pada Mode 4 ini simpangan arah Y lebih besar dari pada nilai simpangan arah X yaitu pada arah Y = 0,77 mm pada lantai 3 dan arah X = 0,06 mm pada lantai atap dan lantai 2.



Gambar 5. 7 Grafik Simpangan Antar Lantai Pada Mode 5

Dapat dilihat dari Gambar 5.7 Grafik Simpangan Antar Lantai Pada Mode 5 ini simpangan arah X lebih besar dari pada nilai simpangan arah Y yaitu pada arah X = 0,62 dan -0,62 mm pada setiap lantai dan arah Y = 0,1 mm pada lantai atap dan lantai atap.



Gambar 5. 8 Grafik Simpangan Antar Lantai Pada Mode 6

Dapat dilihat dari Gambar 5.8 Grafik Simpangan Antar Lantai Pada Mode 6 ini simpangan arah Y lebih besar dari pada nilai simpangan arah X yaitu pada arah Y= 1,01 mm pada lantai 2 dan arah X = 0,6 mm pada lantai atap dan lantai 2.

Berdasarkan Tabel 5.6 , Tabel 5.7 dan Gambar 5.3 sampai dengan Gambar 5.8 simpangan yang terjadi pada model struktur gedung memiliki perbedaan dari setiap mode. Simpangan yang terbesar yang terjadi pada model struktur arah Y pada mode 5 sebesar 0,62 mm terletak pada lantai 2 dan lantai dak. Sedangkan pada arah Y kondisi maksimum simpangan model struktur pada mode 6 sebesar 1,01 mm di lantai 2. Dari hasil simpangan maksimum pada model struktur masih memenuhi syarat simpangan ijin sebesar 40 mm.

Tabel 5. 8 Control *story drift X* Berdasarkan SNI 1726-2002

Lantai	Tinggi (mm)	Simpangan Total	Simpangan Antar lantai	$\frac{C_d \delta_{xe}}{l_e}$	Simpangan Ijin	Cek
Lantai DAK	4000	5,10	1,47	7,62	40	OK
Lantai 3	4000	3,63	2,09	10,88	40	OK
Lantai 2	4000	1,54	1,54	8,00	40	OK

Sumber: Hasil Analisis

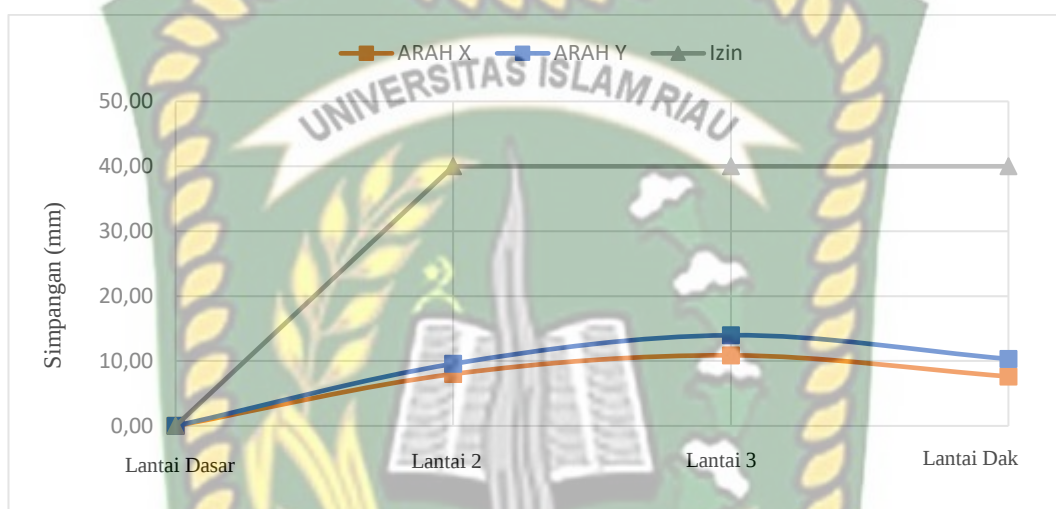
Simpangan yang terjadi pada struktur dengan menggunakan pembebanan Gempa SNI 1726-2002 pada sumbu X simpangan pada lantai atap sebesar 7,62 mm, lantai 3 = 10,88 mm, dan pada lantai 2 = 8,00 mm. Dari hasil analisis simpangan yang terjadi masih memenuhi persyaratan dimana < simpangan Izin = 40 mm.

Tabel 5.9 Control *story drift Y* berdasarkan SNI 1726-2002

Lantai	Tinggi (mm)	Simpangan Total	Simpangan Antar lantai	$\frac{C_d \delta_{ye}}{l_e}$	Simpangan Ijin	Cek
Lantai DAK	4000	6,51	1,98	10,32	40	OK
Lantai 3	4000	4,53	2,69	13,97	40	OK
Lantai 2	4000	1,84	1,84	9,57	40	OK

Sumber: Hasil Analisis

Simpangan yang terjadi pada struktur dengan menggunakan pembebanan Gempa SNI 1726-2002 pada sumbu Y simpangan pada lantai atap sebesar 10,32 mm, lantai 3 = 13,97 mm, dan pada lantai 2 = 9,57 mm. Dari hasil analisis simpangan yang terjadi masih memenuhi persyaratan dimana simpangan yang terjadi < simpangan Izin = 40 mm.



Gambar 5. 9 Grafik Simpangan Antar Lantai SNI 1726-2002

Berdasarkan grafik pada Gambar 5.9 menunjukan simpangan yang terjadi pada struktur dengan nilai terbesar pada lantai 3 pada setiap sumbu tetapi masih memenuhi persyaratan karena kecil dari simpangan izin sebesar 40 mm.

Tabel 5. 10 Control *story drift* X berdasarkan SNI 1726-2019

Lantai	Tinggi (mm)	Simpangan Total	Simpangan Antar lantai	$\frac{C_d \delta_{xe}}{I_e}$	Simpangan Ijin	Cek
Lantai DAK	4000	12,12	3,48	12,77	40	OK
Lantai 3	4000	8,63	4,98	18,26	40	OK
Lantai 2	4000	3,65	3,65	13,39	40	OK

Sumber: Hasil Analisis

Simpangan yang terjadi pada struktur dengan menggunakan pembebanan Gempa SNI 1726-2019 pada sumbu X simpangan pada lantai atap sebesar 12,77

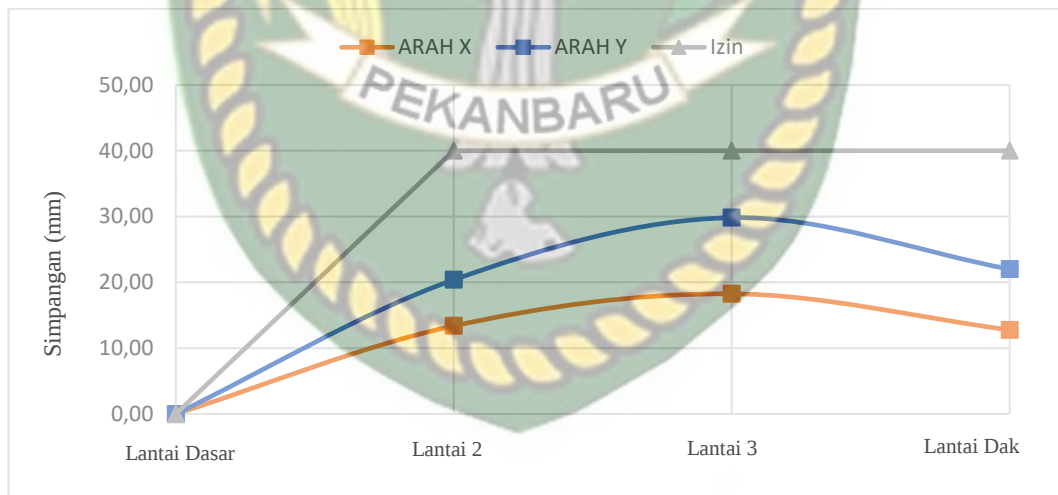
mm, lantai 3 = 18,22 mm, dan pada lantai 2 = 13,39 mm. Dari hasil analisis simpangan yang terjadi masih memenuhi persyaratan dimana < simpangan Ijin = 40 mm.

Tabel 5. 11 Control *Story Drift Y* berdasarkan SNI 1726-2019

Lantai	Tinggi (mm)	Simpangan Total	Simpangan Antar lantai	$\frac{C_d \delta_{xe}}{I_e}$	Simpangan Ijin	Cek
Lantai DAK	4000	19,70	6,00	22,00	40	OK
Lantai 3	4000	13,69	8,13	29,82	40	OK
Lantai 2	4000	5,56	5,56	20,39	40	OK

Sumber: Hasil Analisis

Simpangan yang terjadi pada struktur dengan menggunakan pembebanan Gempa SNI 1726-2019 pada sumbu X simpangan pada lantai atap sebesar 22 mm, lantai 3 = 29,82 mm, dan pada lantai 2 = 20,39 mm. Dari hasil analisis simpangan yang terjadi masih memenuhi persyaratan dimana < simpangan Ijin = 40 mm.



Gambar 5. 10 Grafik Simpangan Antar Lantai SNI 1726-2019

Berdasarkan grafik pada Gambar 5.10 menunjukan simpangan yang terjadi pada struktur dengan nilai terbesar pada lantai 3 pada setiap sumbu tetapi masih memenuhi persyaratan karena kecil dari simpangan izin sebesar 40 mm.

Berdasarkan Gambar 5.9 dan Gambar 5.10 grafik simpangan yang terjadi akibat menggunakan peraturan kegempaan SNI 1726-2019 mengalami peningkatan

dibandingkan dengan menggunakan peraturan kegempaan SNI 1726-2002. Dengan terjadi peningkatan kinerja simpangan dengan SNI 1726-2019 GKT 1 Politeknik Negeri Bengkalis masih aman terhadap simpangan yang terjadi akibat beban gempa, G GKT 1 Politeknik Negeri Bengkalis masih memenuhi persyaratan simpangan walaupun dengan menggunakan SNI terbaru.

5.3. Hasil Analisis Tegangan pada Struktur

Pada perhitungan tegangan lentur, tegangan geser, tegangan normal balok dan kolom berdasarkan kondisi eksisting gedung, balok dan kolom yang ditinjau adalah yang mengalami gaya dalam yang terbesar dari hasil perhitungan.

Tabel 5. 12 Tegangan Kolom Dan Balok Yang Diijinkan

Elemen	σ		τ			FS	σ izin	Ket
	Positif	Negatif	A	B	C			
B1	8,37	15,54	0,091	0,12	0,091	1,4	16,307	OK
B1	3,55	12,79	0,24	0,32	0,24	1,4	16,307	OK
Elemen	Axial	Gaya Geser	σ	τ	FS		σ izin	Ket
K1	1520	55,57	6,081	0,222	3,75		6,081	OK

Sumber: Hasil analisis

Dari hasil perhitungan tegangan penampang balok dan kolom akibat momen, gaya geser, axial yang terjadi pada struktur yang mengalami kondisi maksimum masih memenuhi persyaratan yaitu tegangan yang terjadi < tegangan Izin.

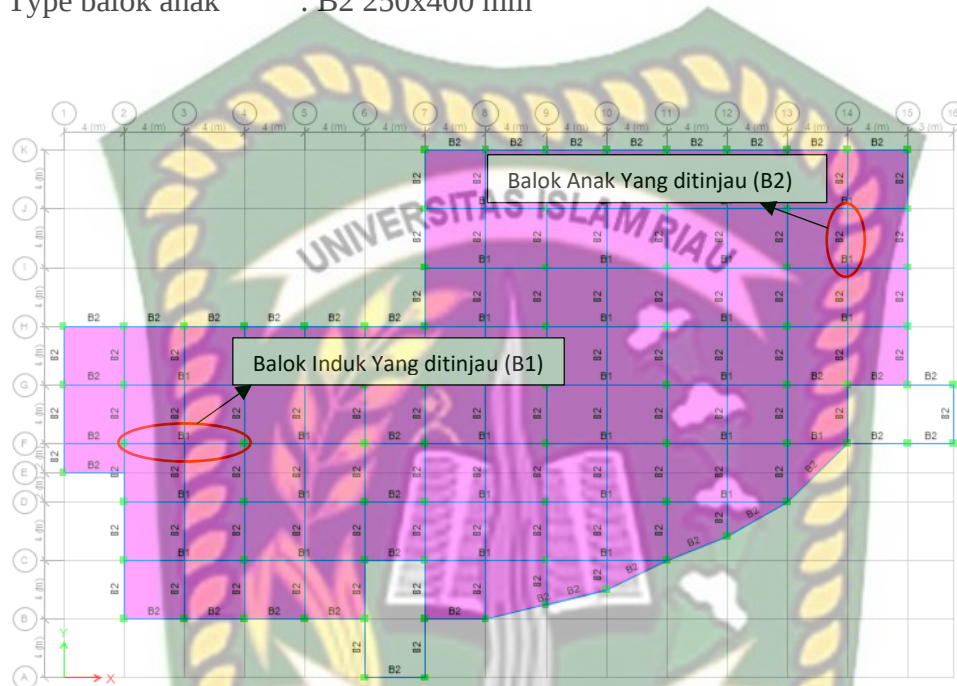
5.4. Hasil Analisis Komponen Struktur Balok

Untuk analisa struktur balok, diperlukan hasil gaya-gaya dalam struktur menggunakan bantuan program berupa nilai momen lentur, gaya geser, dan axial pada struktur gedung pada kondisi kombinasi pembebanan maksimum. Analisa yang dilakukan pada struktur balok meliputi analisa persyaratan geometri, tulangan lentur, dan tulangan transversal.

Pada perhitungan balok berdasarkan kondisi eksisting gedung, balok yang ditinjau adalah yang mengalami momen yang terbesar dari hasil perhitungan.

Type balok induk : B1 300x600mm

Type balok anak : B2 250x400 mm



Gambar 5.11 Lokasi Pengecekan Balok B1 Dan B2 Elevasi 4 m

Berdasarkan hasil analisa pada Lampiran A.3 hasil analisa geometri pada balok B1 dan B2 dapat dilihat pada Tabel 5.13.

Tabel 5. 13 Persyaratan Geometri Balok SNI 2847-2019

Type Balok	bw (mm)	h (mm)	L (mm)	Bentang bersih	4d	Bentang bersih $\geq$ 4d	bw $\geq$ 250	bw/h	bw/h $\geq$ 0,3
B1	300	600	8000	7400	2140	OK	OK	0,3	OK
B2	250	400	4000	3600	1340	OK	OK	0,62	OK

Sumber: Hasil analisis

Dari pengecekan persyaratan geometri balok, balok B1 dan B2 berdasarkan kondisi eksisting telah memenuhi persyaratan-persyaratan geometri seperti yang telah ditetapkan dalam SNI 2847-2019.

Untuk pengecekan persyaratan tulangan lentur balok dilakukan analisa yang terdapat pada lampiran A.3 akibat kombinasi pembebanan maksimum. Hasil analisa persyaratan tulangan lentur dapat dilihat pada tabel 5.14.

Tabel 5. 14 Persyaratan Tulangan Lentur Balok SNI 2847-2019

Type Balok		B1 300/600		B2 250/400	
		Positif	Negatif	Positif	Negatif
Momen	(KNm)	150,66	279,88	23,71	85,03
Mn	(KNm)	167,4	310,94	26,34	94,77
Rmax		6,049	6,049	6,049	6,049
Rn		1,462	2,714	0,93	3,378
$R_n \leq R_{max}$		OK	OK	OK	OK
ρ_{perlu}		0,0039	0,754	0,0039	0,0095
As perlu	(mm ²)	835	1613	301	803
Tulangan	Dipakai	3 D 19	7 D 19	2 D 19	3 D 19
	As (mm ²)	851	1985	567	851
$A_s \geq A_{s\ perlu}$		OK	OK	OK	OK
α	(mm ²)	42,73	99,71	45,58	68,37
ϕM_n		153,34	33,96	62,141	89,8
$\phi M_n \geq M_n$		OK	OK	OK	OK

Sumber: Output hasil analisis

Dari hasil analisa persyaratan tulangan lentur balok yang dapat dilihat dalam tabel 5.14 seluruh balok di masing-masing tipe balok yang ditinjau telah memenuhi persyaratan-persyaratan tulangan lentur yang telah ditetapkan dalam SNI 2847-2019, dimana R_n lebih kecil dari pada R_{max} , A_s pakai lebih besar dari $A_{s\ perlu}$, besarnya momen rencana $\geq$ momen ultimit telah memenuhi syarat kemampuan struktur balok.

Berdasarkan perhitungan pada Lampiran A.3 hasil analisa kemampuan tulangan transversal struktur balok pada struktur dapat dilihat pada tabel 5.15 dibawah ini.

Tabel 5. 15 Persyaratan Tulangan Geser Balok SNI 2847-2019

Type Balok	V_u (KNm)	V_c	ϕV_c	$V_u \geq \phi V_c$	V_s	A_v	$A_v \geq V_s$	S_{Min} (mm)	S_{Pakai} (mm)	$S_{Pakai} \leq S_{Min}$
B1	107	66,7	40	PTS	112	157	OK	80	70	OK
B2	212,5	170	102	PTS	266	184	OK	80	70	OK

Sumber: Output hasil analisis

• *PTS = Perlu Tulangan Sengkang*

Dari hasil analisa persyaratan tulangan geser balok yang dapat dilihat dalam tabel 5.14 seluruh balok di masing-masing tipe balok yang ditinjau perlu tulangan geser karena $V_u \geq \phi V_c$. Untuk keseluruhan tulangan geser telah dianalisa memenuhi persyaratan-persyaratan tulangan geser yang telah ditetapkan dalam SNI 2847-2019, dimana besarnya $A_v \geq V_s$ ultimit telah memenuhi syarat kemampuan geser struktur balok.

Untuk analisa kemampuan tulangan transversal struktur dilakukan pada bagian tumpuan dan lapangan balok dengan kondisi akibat gaya gempa yang bekerja pada struktur. Spasi tulangan transversal pada lokasi tumpuan 80 mm, sedangkan pada bagian lapangan 150 mm. nilai V_u maksimum untuk bagian lapangan digunakan nilai geser maksimum V_c yang terjadi pada bagian tumpuan karena nilai gaya geser maksimum yang terjadi pada bagian tumpuan balok merupakan gaya geser terbesar yang terjadi disepanjang balok.

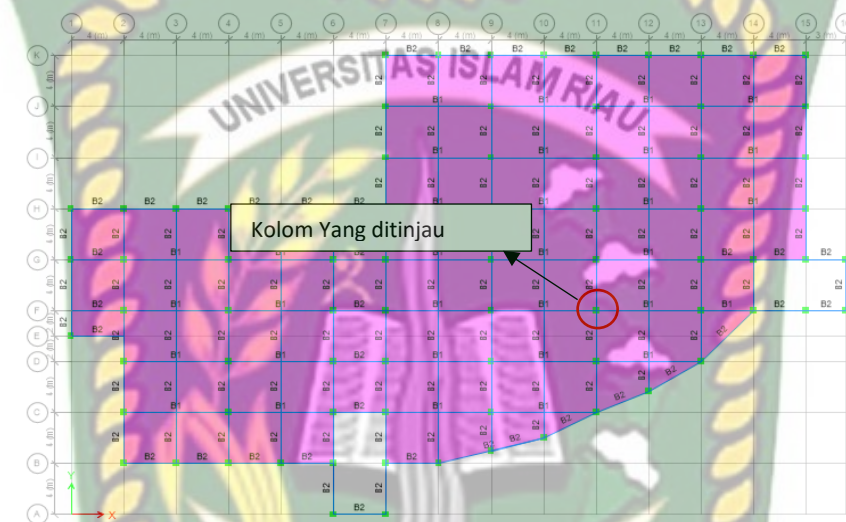
5.5. Hasil Analisis Komponen Struktur Kolom

Untuk analisa struktur kolom, diperlukan hasil gaya-gaya dalam struktur menggunakan bantuan program berupa nilai momen, gaya geser, dan axial pada struktur gedung pada kondisi kombinasi pembebanan maksimum. Analisa yang

dilakukan pada struktur Kolom meliputi analisa persyaratan geometri, tulangan longitudinal dan tulangan transversal.

Pada perhitungan kolom berdasarkan kondisi eksisting gedung, kolom yang ditinjau adalah yang mengalami aksial yang terbesar dari hasil perhitungan

Type Kolom 500/500 : B1 300x600mm



Gambar 5.12 Lokasi Pengecekan Kolom 50/50 Lantai 2

Berdasarkan hasil analisa pada Lampiran A.3 hasil analisa geometri pada balok kolom 500/500 dapat dilihat pada Tabel 5.16.

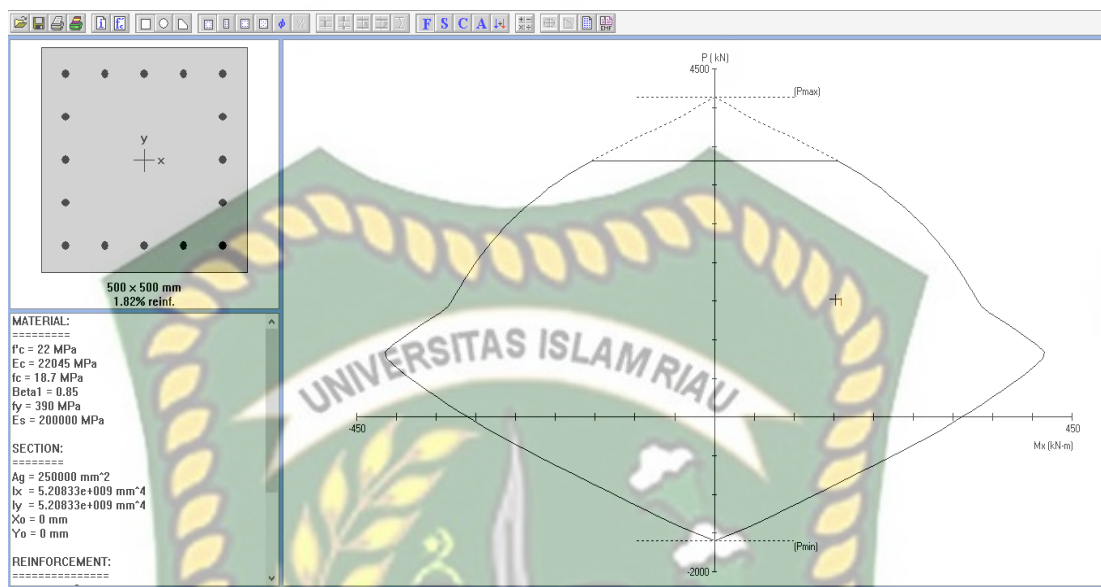
Tabel 5. 16 Persyaratan Geometri Kolom SNI 2847-2019

Type Kolom	b (mm)	h (mm)	L (mm)	P_u (KN)	$0,1Agfc'$	$P_u \geq 0,1Agfc'$	$b \geq 300$	b/h	$bw/h \geq 0,4$
K1	500	500	4000	1520,41	570,75	OK	OK	1	OK

Sumber: Output hasil analisis

Dari pengecekan persyaratan geometri kolom, kolom K1 500/500 berdasarkan kondisi eksisting telah memenuhi persyaratan-persyaratan geometri seperti yang telah ditetapkan dalam SNI 2847-2019.

Dari hasil analisa menggunakan PcaCOL pada Lampiran A.3 hasil analisa kemampuan memikul gaya axial, Momen pada kolom 500/500 dapat dilihat pada Gambar 5.13 dibawah :



Gambar 5.13 Axial dan Momen Kolom 500/500 Lantai 2

Berdasarkan hasil dari gambar 5.13 Dengan bantuan program PcaCOL, Tulangan 16 D19 tersebut memenuhi kecukupan untuk memikul gaya aksial dan momen ultimate yang terjadi dan $\rho = 1.82\%$

Tabel 5. 17 Persyaratan Tulangan Lentur dan transversal Kolom SNI 2847-2019

Type Kolom	P_u (KN)	V_u (KN)	$\Phi P_n \text{ Max}$	$\Phi P_n \text{ Max} \geq P_u$	A_v	$A_v \text{ min}$	$A_v \geq A_v \text{ min}$	$\Phi(V_s + V_c) \geq V_u$
K1	1520,41	55,57	4336,75	OK	157	34,188	OK	OK

Sumber: Hasil analisis

Berdasarkan hasil perhitungan lentur dan transversal kolom kondisi eksisting setelah dilakukan evaluasi dengan menggunakan peraturan terbaru masih memenuhi persyaratan lentur dan geser pada kolom. Nilai $\Phi P_n \text{ Max} = 4336,75$ KN dan $P_u = 1520,41$ KN dimana $\Phi P_n \text{ Max} \geq P_u$. Dan nilai $A_v \geq A_v \text{ min}$, $\Phi(V_s + V_c) \geq V_u$.

BAB VI

PENUTUP

6.1. Kesimpulan

Berdasarkan hasil perhitungan analisis bangunan Gedung GKT 1 Politeknik Negeri Bengkalis dengan peraturan gempa SNI-1726-2019 dan SNI-2847-2019, dimana gedung tersebut sebelumnya didesain menggunakan SNI-1726-2002 dan SNI-2847-2002 maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut :

1. Berdasarkan Perhitungan simpangan maksimum antar lantai pada struktur akibat beban gempa mengalami peningkatan akibat perubahan peraturan dimana SNI-1726-2002 arah $\Delta x = 10,88$ mm, arah $\Delta y = 13,97$ mm, sedangkan pada SNI-1726-2019 arah $\Delta x = 18,26$ mm, arah $\Delta y = 29,82$ mm. Dan Berdasarkan perhitungan analisis tegangan yang terjadi pada elemen struktur balok dan kolom sudah memenuhi syarat karena tegangan max yang terjadi < tegangan Izin, dengan menggunakan pembebanan gempa SNI 1726-2019.
2. Berdasarkan pembahasan hasil analisis komponen elemen balok B1(300/600), B2(250/400) memenuhi syarat dimensi dan juga persyaratan penulangan lentur dan transversal masih terpenuhi. Untuk kolom K1(500/500) dimensi maupun penulangan masih memenuhi syarat dan aman digunakan dengan pemeriksaan kolom menggunakan program. Hasil evaluasi menunjukkan bahwa elemen struktur balok dan kolom GKT 1 Politeknik Negeri Bengkalis berdasarkan kondisi eksisting masih memenuhi syarat kekuatan setelah dilakukan perhitungan analisis menggunakan peraturan terbaru SNI 2847-2019 dan SNI 1726-2019.

6.2. Saran

Adapun beberapa saran untuk penelitian lebih lanjut, yaitu sebagai berikut:

1. Untuk penelitian selanjutnya dapat dilakukan analisis menggunakan peraturan terbaru SNI 03-1727-2020 Beban Minimum Untuk Perencanaan Bangunan Gedung Dan Struktur Lain, dan analisis sambungan joint kolom dan balok.
2. Dalam perencanaan gedung sebaiknya harus sesuai dengan Standar Peraturan yang terbaru, walaupun dengan menggunakan peraturan lama dan bangunan

masih memenuhi persyaratan kekuatan akan tetapi dengan melihat ke masa depannya akan timbul resiko yang tidak diinginkan.



Dokumen ini adalah Arsip Miik :

Perpustakaan Universitas Islam Riau

DAFTAR PUSTAKA

- Budiono, Bambang., dan Supriatna, Lucky., 2011. *Studi Komparasi Desain Bangunan Tahan Gempa Dengan Menggunakan SNI 03-1726-2002 dan RSNI 03-1726-201X*. Bandung: Penerbit ITB.
- Departemen Pekerjaan Umum, 2002. *Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Struktur Bangunan Gedung*. Jakarta.
- Departemen Pekerjaan Umum, 2019. *Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Struktur Bangunan Gedung*. Jakarta.
- Departemen Pekerjaan Umum, 2002. *Persyaratan Beton Struktural Untuk Bangunan*. Jakarta.
- Departemen Pekerjaan Umum, 2019. *Persyaratan Beton Struktural Untuk Bangunan*. Jakarta.
- Departemen Pekerjaan Umum, 2013. *Beban Minimum Untuk Perencanaan Bangunan Gedung Dan Struktur Lain SNI 03 – 1727 – 2013*. Jakarta.
- Faiz, Muhammad. 2019. “Studi Perbandingan Gedung Tahan Gempa Menggunakan Sni 03-1726-2002 Dan Sni 1726-2012,” no. 27: 3–6. <https://doi.org/10.31227/osf.io/dwtkg>.
- Jasman Isman Kadir, Muhammad, Sri Tudjono, and Himawan Indarto. 2017. “Evaluasi Desain Struktur Gedung Training Centre Ii Universitas Diponegoro.” *Jurnal Karya Teknik Sipil* 6 (1): 428–37. <http://ejournal-s1.undip.ac.id/index.php/jktsTelp.>
- Kurnia, Arif, Sri Hartati, and Mahadi Kurniawan. 2018. “Pengaruh Posisi Dinding Geser Terhadap Kinerja Struktur Pada Gedung Tidak Beraturan Dengan Menggunakan Metode Response Spectrum.” *Saintis* 18 (April): 15–24.
- Prabowo, Suryo 2019, *Evaluasi Kekuatan Struktur Gedung Telkomsel Semarang Berdasarkan SNI Gempa 1726:2012 Dan SNI Beton Struktural 2847:2013*. Tugas Akhir, Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Negeri Semarang.
- Setiawan, Yanuar, Ryanto Bima, Mikha Geraldine, and Rinawati. 2021. “Evaluasi Gedung Arsip Politeknik Negeri Jakarta.” *Construction and Material Journal* 3 (1). <http://jurnal.pnj.ac.id/index.php/cmj>.
- Siregar, Adian, 2017. *Evaluasi Desain Struktur Gedung Mahasiswa Universitas Islam Riau Berdasarkan SNI 1726 : 2012 . Tugas Akhir, Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Islam Riau*.