

**PERENCANAAN ULANG STRUKTUR BANGUNAN GEDUNG
PERKULIAHAN DENGAN SISTEM RANGKA PEMIKUL MOMEN KHUSUS**Muhammad Rafly¹, Parman², Mizanuddin Sitompul³, Ernie Shinta Y. Sitanggang⁴^{1,2,3,4}Politeknik Negeri Medanmhdrafly2003@gmail.com**ABSTRAK**

Pentingnya pemahaman mengenai keamanan struktur pada saat ini sangat krusial untuk menyesuaikan diri dengan kemajuan teknologi dalam sektor konstruksi. Kemajuan dalam pembangunan gedung akan terus berjalan seiring dengan waktu, semakin inovatif dengan penerapan teknologi yang sudah dapat kita alami saat ini, mulai dari tahap perencanaan, pelaksanaan, hingga jenis bahan yang digunakan semuanya sangat bervariasi dan modern. Laporan skripsi ini bertujuan untuk memperdalam pengetahuan tentang struktur bangunan gedung yang aman terhadap gempa. Proses perencanaan struktur pada laporan skripsi ini menggunakan Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus dengan dibantu program ETABS kemudian hasil desain ETABS akan dikontrol dengan perhitungan secara matematis sesuai dengan kaidah perencanaan struktur beton bertulang berdasarkan SNI 2847:2019 dan 1726:2019. Dari hasil analisis yang telah dilakukan diperoleh dimensi struktur kolom K 700 x 700 mm, K 650 x 650 mm, K 600 x 600 mm, K 550 x 550 mm, K 500 x 500 mm, K 450 x 450 mm dan K 400 x 500 mm. Struktur balok B 350 x 700 mm, B 300 x 650 mm, B 250 x 500 mm, B 250 x 400 mm. serta pelat lantai tebal 120 mm.

Kata Kunci: Perencanaan Struktur Bangunan Gedung, Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus, Tahan Gempa.

ABSTRACT

The importance of understanding structural safety is currently crucial in adapting to technological advancements in the construction sector. Progress in building development continues over time, becoming increasingly innovative through the application of technologies that are already evident today, from the planning stage, implementation, to the variety and modernity of materials used. This thesis report aims to deepen knowledge of earthquake resistant building structures. The structural planning process in this thesis utilizes a Special Moment Resistant Frame System, supported by ETABS software. The design results from ETABS are then verified through manual mathematical calculations in accordance with the design principles of reinforced concrete structures based on SNI 2847:2019 and SNI 1726:2019. Based on the analysis results, the column dimensions obtained are K 700 x 700 mm, K 650 x 650 mm, K 600 x 600 mm, K 550 x 550 mm, K 500 x 500 mm, K 450 x 450 mm and K 400 x 500 mm. Beam dimensions are B 350 x 700 mm, B 300 x 650 mm, B 250 x 500 mm, B 250 x 400 mm. and floor slab thickness 120 mm.

mm, K 500 x 500 mm, K 450 x 450 mm, and K 400 x 500 mm. The beam dimensions are B 350 x 700 mm, B 300 x 650 mm, B 250 x 500 mm, and B 250 x 400 mm. The floor slab has a thickness of 120 mm.

Keywords: *Building Structure Planning, Spesial Moment Resistant Frame System, Earthquake Resistant.*

A. PENDAHULUAN

Bangunan Gedung berfungsi sebagai tempat untuk berbagai kegiatan dan aktivitas tertentu seperti hunian, pendidikan, layanan publik, perkantoran, tempat ibadah dan lain-lain. Struktur gedung bertingkat yang rentan terhadap gaya lateral seperti gempa bumi memerlukan kekuatan yang memadai untuk menahan beban yang timbul. Oleh karena itu, bangunan harus memenuhi standar tertentu demi menjamin keselamatan dan kenyamanan para penghuninya.

Bencana gempa bumi kerap terjadi di Indonesia hal ini disebabkan karena negara ini yang secara geografis berada di antara tiga pertemuan lempeng utama di seluruh dunia, yaitu lempeng Indo-Australia, Eurasia, dan Pasifik. Daerah-daerah ini dikenal dengan sebutan lingkaran api pasifik, sehingga risiko terjadinya gempa sangat tinggi. Dengan demikian, saat merencanakan konstruksi bangunan bertingkat, harus mempertimbangkan kemampuan menahan gaya dari gempa yang mungkin terjadi.

Pentingnya pemahaman mengenai keamanan struktur pada saat ini sangat krusial untuk menyesuaikan diri dengan kemajuan teknologi dalam sektor konstruksi. Kemajuan dalam pembangunan gedung akan terus berjalan seiring dengan waktu, semakin inovatif dengan penerapan teknologi yang sudah dapat kita alami saat ini, mulai dari tahap perencanaan, pelaksanaan, hingga jenis bahan yang digunakan semuanya sangat bervariasi dan modern. Dalam tahap perencanaan struktur gedung bertingkat sangat sulit untuk dilakukan secara manual tanpa bantuan perangkat lunak (*software*) dan kemungkinan terjadinya kesalahan dalam perhitungan akan meningkat secara signifikan akibat penggunaan banyak rumus yang kompleks, terutama jika desainnya bervariasi dari satu lantai ke lantai lainnya. Dalam menjaga keamanan bangunan terdapat banyak aturan yang ditetapkan sebagai pedoman atau batas yang harus diikuti saat perencanaan, yang mungkin saja berbeda beda di setiap negara. Aturan-aturan ini perlu diterapkan dalam perencanaan struktur gedung untuk memastikan keamanan bangunan. Untuk

memahami proses perencanaan yang tepat, jelas tidak dapat dicapai dengan mudah dan cepat.

Oleh karena itu, dalam laporan skripsi ini, penulis akan melakukan perencanaan ulang terhadap struktur bangunan gedung dengan sistem rangka pemikul momen khusus untuk memperluas wawasan mengenai perencanaan gedung yang sesuai dengan ketentuan SNI. Sebagai alat pendukung pada proses perencanaan penulis akan menggunakan *software* ETABS v. 22, pemilihan aplikasi ini dikarenakan *ETABS v.22* merupakan perangkat lunak yang lebih dikhususkan kepada analisis struktur gedung dan *tools* untuk keperluan pemodelan struktur gedung yang lebih lengkap dan praktis dibandingkan dengan *software* SAP2000. Namun pada dasarnya proses pengoperasian tetap sama. Maka pada laporan skripsi ini penulis akan memaparkan bagaimana melakukan perencanaan bangunan gedung sesuai dengan SNI yang berlaku saat ini. Mulai dari proses *preliminary design*, pemodelan struktur dengan ETABS v. 22, proses analisis struktur, hingga gambar DED struktur yang tahan gempa.

Untuk objek perencanaan gedung, penulis akan mengangkat Gedung Kuliah 5 Lantai yang berlokasi di Banda Aceh dengan fungsi sebagai sarana Pendidikan. Penggunaan sistem rangka pemikul momen khusus pada laporan skripsi ini karena Wilayah Aceh merupakan daerah yang rawan bencana gempa bumi. Hal ini dikarenakan kondisi geologi dan geografi Aceh yang berada di ujung pertemuan tiga lempeng sehingga sangat rentan terhadap aktivitas tektonisme, sehingga Kota Banda Aceh merupakan wilayah yang rawan mengalami kerusakan akibat gempa bumi. Bukan hanya itu berdasarkan SNI 1726:2019 fungsi objek perencanaan gedung sebagai sarana pendidikan masuk kedalam kategori risiko bangunan gedung dan non gedung dengan kategori risiko IV maka semakin tinggi kategori risikonya maka semakin tinggi tingkat urgensi bangunan tersebut.

Berdasarkan latar belakang diatas, maka judul yang akan diangkat oleh penulis dalam laporan skripsi ini adalah **“Perencanaan Ulang Struktur Bangunan Gedung Perkuliahan Dengan Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus”**.

Rumusan Masalah

Adapun Rumusan masalah pada penulisan laporan skripsi ini adalah :

1. Berapa dimensi struktur Bangunan Gedung Perkuliahan yang aman terhadap gempa menurut hasil analisis menggunakan *software* ETABS v. 22?

2. Berapa jumlah tulangan terpasang pada komponen struktur Bangunan Gedung Perkuliahan?

Batasan Masalah

Agar pembahasan tidak terlalu luas dan mengakibatkan penulisan laporan skripsi tidak terarah, maka diberikan batasan-batasan sebagai berikut:

- 1) Objek perencanaan ulang struktur diambil dari Gedung FKG Unsyiah Banda Aceh
- 2) Proses pemodelan dan analisis struktur dilakukan dengan alat bantu *software* ETABS v. 22.
- 3) Dalam laporan skripsi ini tidak dilakukan perbandingan hasil desain dengan struktur yang terpasang di lapangan, melainkan murni melakukan perencanaan ulang struktur tahan gempa.
- 4) Struktur rangka baja yang terdapat pada rangka atap bangunan, tidak dibahas dalam perencanaan ini dan hanya dimodelkan sebagai beban.
- 5) Perencanaan struktur bangunan gedung yang diuraikan dalam penulisan skripsi ini mengacu pada SNI 2847:2019, SNI 1726:2019, dan SNI 1727:2020.
- 6) Perencanaan struktur dalam laporan skripsi ini tergolong ke dalam kategori SRPMK sesuai dengan ketentuan SNI 2847:2019.
- 7) Perencanaan struktur yang dibahas hanya mencakup struktur atas tidak dengan struktur bawah (pondasi).

Tujuan

Adapun tujuan dari penulisan laporan skripsi ini adalah sebagai berikut:

1. Untuk mengetahui berapa dimensi struktur Bangunan Gedung Perkuliahan yang aman terhadap gempa dengan Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus.
2. Untuk mengetahui berapa jumlah tulangan terpasang pada komponen struktur Bangunan Gedung Perkuliahan.

Manfaat

Adapun manfaat dari penulisan laporan skripsi ini adalah sebagai berikut:

1. Memberikan informasi mengenai penggunaan *software* ETABS dalam penerapannya pada perencanaan struktur bangunan gedung bertingkat.
2. Menjadi sarana untuk memperdalam pemahaman mengenai perencanaan struktur bangunan gedung bertingkat dengan metode Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus (SRPMK).
3. Menjadi sarana untuk memperdalam pemahaman mengenai penggambaran teknik yang sesuai dengan perhitungan.

Sistematika Laporan

Sistematika laporan ini bertujuan untuk menggambarkan secara singkat mengenai setiap bab yang dibahas pada laporan skripsi ini. Adapun sistematika laporan skripsi ini adalah sebagai berikut:

Bab 1 Pendahuluan

Bab ini berisi berisi latar belakang, rumusan masalah, batasan masalah, tujuan, manfaat dan sistematika laporan dari kasus yang diangkat oleh penulis.

Bab 2 Tinjauan Pustaka

Bab ini berisi tentang penelitian terdahulu serta teori-teori dasar mengenai perhitungan perencanaan struktur bangunan gedung beton bertulang berdasarkan standar-standar yang tertuang di dalam SNI.

Bab 3 Metode Penelitian

Bab ini berisi tentang identitas dan lokasi dari proyek penelitian, data dan alat yang digunakan untuk melakukan penelitian dan tahapan penelitian yang dilakukan untuk menyelesaikan rumusan masalah.

Bab 4 Hasil Dan Pembahasan

Pada bab ini data atau informasi yang diperoleh akan diolah dan dianalisis sehingga diperoleh suatu hasil sebagai jawaban dari rumusan masalah pada laporan skripsi ini serta dapat menjadi dasar acuan untuk pengambilan kesimpulan.

Bab 5 Kesimpulan Dan Saran

Bab ini berisi kesimpulan dari hasil penelitian yang diperoleh dari analisis dan pembahasan pada bab sebelumnya. Bab ini juga berisi saran yang didasari hasil penelitian yang diperoleh.

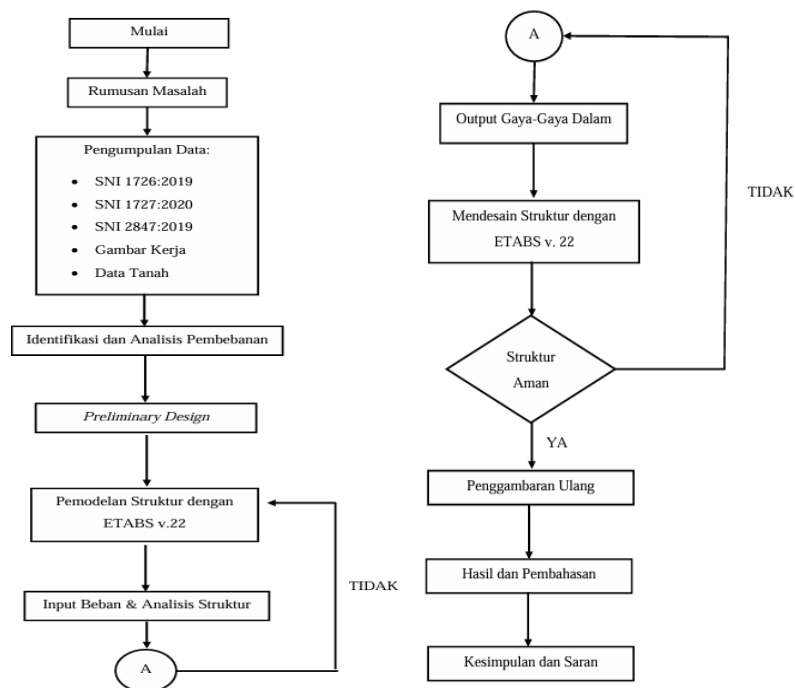
Daftar Pustaka

Lampiran

B. METODE PENELITIAN

Alur Penelitian

Metodologi penelitian bertujuan untuk menyelesaikan masalah yang ada secara terstruktur. Berikut pembagian dari bagan alir penelitian yang ditunjukkan dalam Gambar 3.1



Gambar 3.1 Diagram Alur Penelitian

Data dan Alat

Dalam penulisan laporan skripsi ini, penulis membutuhkan data-data sebagai dasar perencanaan dan alat sebagai pendukung proses perencanaan. Data dan alat tersebut adalah sebagai berikut:

1. Data

Adapun data yang digunakan dalam penulisan laporan skripsi ini adalah sebagai berikut:

1) Data Umum Proyek

Data umum proyek yang diperoleh adalah sebagai berikut:

Nama Proyek	: Pembangunan Gedung Kuliah 4 Lantai
Alamat	: Kota Banda Aceh
Luas Bangunan	: 73 Meter x 30,5 Meter
Penggunaan Bangunan	: Gedung Belajar

2) Gambar

Gambar yang diperoleh merupakan gambar *Shop Drawing* (Denah Bangunan, Tampak Bangunan dan Potongan Bangunan) yang merupakan gambar yang akan dikerjakan dilapangan.

3) Spesifikasi

Untuk spesifikasi Teknis yang diperoleh adalah spesifikasi yang berkaitan dengan pekerjaan struktur yang memuat tentang kualitas dari material yang digunakan

2. Alat

Untuk mendapatkan hasil yang maksimal sesuai dengan tenggang waktu yang ditentukan, maka digunakan alat-alat berikut sebagai alat bantu :

1. *Software* ETABS v. 22
2. *Software* Autocad 2021
3. Microsoft Word 2019
4. Microsoft Excel 2019

Metode Pengumpulan Data

Data yang dijadikan bahan acuan dalam penyusunan laporan skripsi, dimana data tersebut diperoleh dari instansi tertentu yang digunakan langsung sebagai sumber dalam perencanaan struktur bangunan gedung bertingkat. Klasifikasi data yang menunjang penyusunan Laporan skripsi adalah literatur literatur penunjang, grafik, tabel dan peta-peta yang berkaitan erat dengan perancangan studi.

Secara garis besar data yang dibutuhkan dalam penganalisan dan perhitungan struktur utama gedung ini adalah:

1) Deskripsi Umum Bangunan

Deskripsi umum bangunan meliputi fungsi bangunan dan lokasi yang akan didirikan. Fungsi bangunan berkaitan dengan perencanaan pembebanan sedangkan lokasi bangunan adalah untuk mengetahui keadaan tanah dan lokasi bangunan yang akan didirikan sehingga bisa direncanakan struktur bangunan yang akan dipakai.

2) Wilayah Gempa Bangunan Sekitar

Merencanakan suatu bangunan membutuhkan ketelitian dalam perhitungan pembebanan, salah satunya pembebanan yang diakibatkan oleh gempa. Oleh karena itu perlu diketahui wilayah gempa dari struktur yang akan dibangun.

3) Peraturan-Peraturan yang dipakai

Peraturan-peraturan yang digunakan dalam menganalisis bangunan Gedung ini adalah sebagai berikut:

1. SNI 1726:2019 Tata cara perencanaan ketahanan gempa untuk struktur bangunan gedung dan nongedung
2. 1727:2020 Beban desain minimum dan kriteria terkait untuk bangunan gedung dan struktur lain
3. SNI 2847:2019 Persyaratan beton struktural untuk bangunan gedung dan penjelasan

Metode Penelitian

Dalam hal ini struktur analisisnya adalah analisis ragam spektrum. Sistem yang dipilih adalah Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus (SRPMK). Di mana semua langkah yang dilakukan mengikuti peraturan SNI 1726:2019. Sedangkan desain dilakukan sesuai dengan SNI 2847:2019. Di mana desain penampang beton dilakukan sesuai dengan Kategori Desain Seismik yang ditentukan. Pada bagian subbab ini diuraikan secara garis besar langkah langkah dalam penganalisan bangunan dan perancangan strukturnya. Langkah-langkah yang dimaksud ialah komponen bangunan struktur utama.

1. Kumpulkan data perencanaan
2. Pemodelan struktur menggunakan *software* ETABS
3. Perhitungan pembebanan struktur sesuai dengan peraturan yang berlaku.
4. Lakukan analisis setelah memasukkan beban pada struktur.
5. Lakukan kontrol *design* rencana terhadap hasil analisis *software* berdasarkan peraturan SNI yang berlaku.

C. HASIL DAN PEMBAHASAN

Analisis Pembebanan

Dalam perencanaan struktur gedung bertingkat, pembebanan pada struktur tersebut merupakan hal yang tidak boleh dilupakan dan harus diterapkan dengan benar karena struktur bangunan selama masa layanan akan memikul beban tersebut. Dimana analisis pembebanan pada bahasan ini mengacu pada SNI 1727:2020 dan PPIUG 1983. Beban – beban yang akan dianalisis adalah sebagai berikut :

Beban Mati (*Dead Load*)

Beban mati pada struktur oleh perencana biasanya dibagi atas dua yang bertujuan untuk mempermudah proses *input* pembebanan pada ETABS, yaitu berat sendiri struktur (*Dead Load*) dan beban mati tambahan (*Super Dead Load*).

1. Berat Sendiri struktur (*Dead Load*)

Berat sendiri struktur pada pemodelan gedung dengan ETABS akan secara otomatis dihitung oleh *software* dengan *input* berat sendiri material terlebih dahulu. Adapun berat sendiri material yang digunakan akan disajikan pada tabel berikut :

Tabel 4.1 Berat jenis material

No	Material	Berat Jenis	Satuan
1	Beton Bertulang	24	kN/m ³

2. Beban Mati Tambahan (*Super Dead Load*)

Beban mati tambahan juga terbagi berdasarkan tempat beban tersebut bekerja seperti beban yang bekerja pada balok, lantai, pelat atap dan kolom pada lantai atap. Untuk mempermudah pemahaman selanjutnya akan dibahas secara terperinci.

1) Beban yang bekerja pada balok

Beban Dinding = 2,45 kN/m²

Total = Beban dinding x Tinggi bersih dinding

= 2,45 kN/m² x 4,5 m

= 11,025 kN/m

2) Beban yang bekerja pada pelat lantai

Beban yang bekerja pada pelat akan disajikan pada tabel dibawah ini.

Tabel 4.2 Beban mati tambahan pada pelat lantai.

No	Nama Beban	Berat	Satuan
1	Beban Keramik	0.24	kN/m ²
2	Beban Adukan Semen	0.21	kN/m ²
3	Beban MEP	0.50	kN/m ²
4	Plafond + Rangka	0.18	kN/m ²
Total		1.13	kN/m ²

3) Beban yang bekerja pada pelat atap

Tabel 4.3 Beban mati tambahan pada pelat atap.

No	Nama Beban	Berat	Satuan
1	Beban Adukan Semen	0.21	kN/m ²
2	Beban MEP	0.50	kN/m ²
3	Plafond + Rangka	0.18	kN/m ²
Total		0.89	kn/m ²

Beban Hidup (*Live Load*)

Beban hidup pada struktur diambil berdasarkan fungsi dari bangunan tersebut dan mengacu pada Beban hidup dapat dilihat pada SNI 1727:2020 Beban Hidup Terdistribusi Merata Minimum, L0, dan beban hidup terpusat Minimum. Maka fungsi bangunan gedung pada perencanaan ini merupakan gedung sekolah, adapun ruangan-ruangan yang terdapat pada gedung sekolah tersebut meliputi ruang kelas, koridor di atas lantai pertama, dan koridor lantai pertama. Maka beban-beban yang didapat oleh pelat lantai berupa beban terdistribusi merata dan dapat dilihat pada **Tabel 4.4** Beban Hidup di bawah ini.

Tabel 4.4 Beban Hidup.

Pelat

No	Nama Beban	Berat	Satuan
1	Ruang Kelas	1,92	kN/m ²
2	Koridor diatas lantai 1	3,83	kN/m ²
3	Koridor lantai 1	4,79	kN/m ²

Sumber: SNI 1720:2020 Tabel 4.3.1 hal. 29

Beban Gempa (*Seismic Load*)

Beban gempa untuk analisis struktur akan menggunakan metode perhitungan langsung oleh program ETABS, namun diperlukan beberapa parameter pendukung sebagai *input* pada program.

a. Menentukan Kelas Situs Tanah

Kelas situs tanah harus dihitung untuk mengetahui jenis tanah pada lokasi gedung. Salah satu cara untuk menentukan kelas situs tanah adalah dengan pengolahan data N-SPT yang akan ditinjau berdasarkan SNI 1726:2019.

Adapun proses penentuan kelas situs tanah dengan menggunakan data N-SPT adalah sebagai berikut:

Tabel 4.5 Data N-SPT

<i>Lapisan ke</i>	Tebal Per	Ni	Di/Ni
<i>(i)</i>	Lapisan <i>(Di)</i>		
1	1.5	3	0.50
2	1.5	2	0.75
3	1.5	3	0.50
4	1.5	1	1.50
5	1.5	5	0.30
6	1.5	6	0.25
7	1.5	4	0.38
8	1.5	12	0.13
9	1.5	20	0.08
10	1.5	55	0.03

11	1.5	60	0.03
12	1.5	60	0.03
13	1.5	36	0.04
14	1.5	22	0.07
15	1.5	13	0.12
16	1.5	12	0.13
17	1.5	22	0.07
18	1.5	26	0.06
19	1.5	28	0.05
20	1.5	39	0.04
Σ	30		5.02

$$\bar{N} = \frac{\Sigma Di}{\Sigma Di/Ni} = \frac{30}{5,02} = 5,98 < 15 \text{ (Tanah Lunak (SE))}$$

Dari hasil perhitungan diperoleh nilai \bar{N} sebesar $5,98 < 15$ sehingga berdasarkan SNI 1726:2019 Tabel 5 hal 29 diperoleh kesimpulan bahwa jenis tanah tergolong pada tanah lunak (SE).

b. Menentukan Kategori Risiko Bangunan

Berdasarkan SNI 1726:2019 Pasal 4.2.1 Tabel 3 bahwa bangunan pada penelitian ini memiliki fungsi sebagai gedung sekolah dan fasilitas pendidikan, sehingga kategori risiko bangunan tersebut adalah kategori risiko IV dan pada SNI 1726:2019 Pasal 4.1.2 Tabel 4 faktor keutamaan gempa (I_e) pada bangunan ini sebesar 1,5.

c. Beban Gempa Respon Spektrum

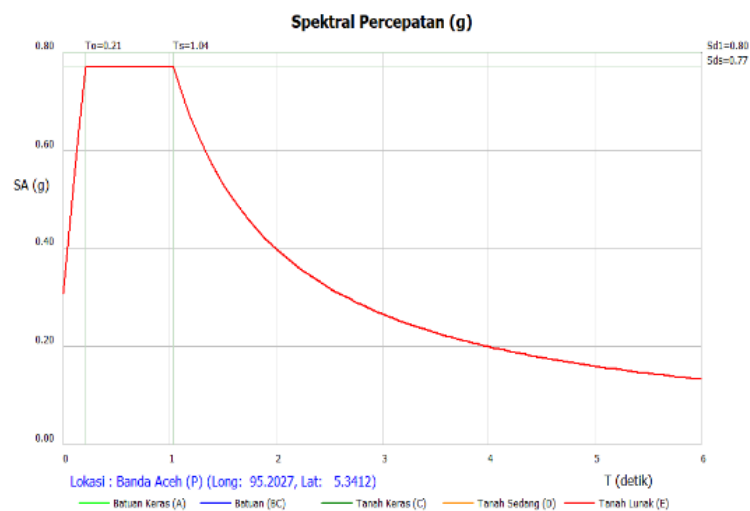
Untuk perhitungan gempa respon spektrum pada penulisan laporan skripsi ini diperoleh dari aplikasi RSA 2021 yang dapat di akses pada website <http://rsa.ciptakarya.pu.go.id/2021/> dengan hasil output sebagai berikut:

Tabel 4.6 Output program RSA 2021

Output Program RSA 2021	
Nama Kota	Banda Aceh
Bujur	95,3690463780586°

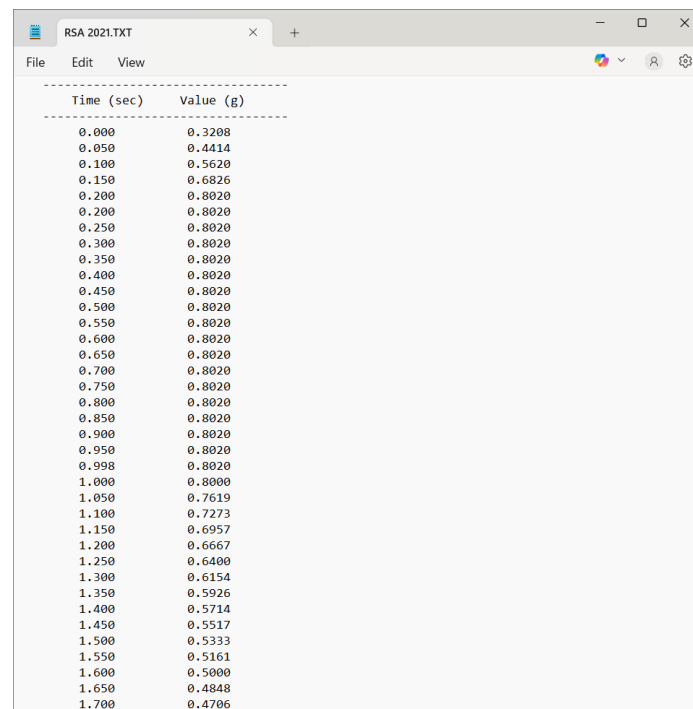
Lintang	5,5751460941936°	
PGA	0,600000	g
PGAm	0,660000	g
CRs	0,000000	
CR1	0,000000	
Ss	1,503726	g
S1	0,600000	g
TL	14,000000	detik
Fa	0,800000	
Fv	2,000000	
Sms	1,202981	g
Sm1	1,200000	g
S _{DS}	0,801987	g
S _{D1}	0,800000	g
T0	0,199504	detik
Ts	0,997522	detik

Sehingga dapat diperoleh grafik respon spektrum pada lokasi gedung tersebut adalah sebagai berikut:



Gambar 4.1 Grafik Respon Spektrum Output Program RSA 2021

Untuk mempermudah input pembebanan gempa dinamik respon spektrum sehingga parameter pembentuk grafik respon spektrum harus disave dalam bentuk “txt” menggunakan notepad seperti gambar dibawah ini.



Time (sec)	Value (g)
0.000	0.3208
0.050	0.4414
0.100	0.5620
0.150	0.6826
0.200	0.8020
0.200	0.8020
0.250	0.8020
0.300	0.8020
0.350	0.8020
0.400	0.8020
0.450	0.8020
0.500	0.8020
0.550	0.8020
0.600	0.8020
0.650	0.8020
0.700	0.8020
0.750	0.8020
0.800	0.8020
0.850	0.8020
0.900	0.8020
0.950	0.8020
0.998	0.8020
1.000	0.8000
1.050	0.7619
1.100	0.7273
1.150	0.6957
1.200	0.6667
1.250	0.6400
1.300	0.6154
1.350	0.5926
1.400	0.5714
1.450	0.5517
1.500	0.5333
1.550	0.5161
1.600	0.5000
1.650	0.4848
1.700	0.4706

Gambar 4.2 *Parameter Grafik Respon Spektrum*

a. Menentukan Kategori Desain Seismik (KDS)

Untuk menentukan KDS dari struktur terlebih dahulu harus diketahui nilai dari S_{DS} dan S_{D1} yang diperoleh dari output program RSA 2021 sebelumnya. Nilai tersebut kemudian dikontrol terhadap ketentuan SNI 1726:2019N Tabel 8 dan Tabel 9.

- $S_{DS} = 0,801987 > 0,5$ (Kategori Risiko D)
- $S_{D1} = 0,80000 > 0,2$ (Kategori Risiko D)

Kemudian dikontrol kembali pada ketentuan SNI 1726:2019 Pasal 7.2.2 Tabel 12, yang diperoleh hasil kesimpulan bahwa kategori desain seismik (KDS) adalah merupakan sistem rangka pemikul momen khusus (SRPMK) dengan nilai parameter sebagai berikut:

- Koefisien modifikasi respons (R^a) = 8
- Faktor kuat lebih sistem (Ω_0^b) = 3
- Faktor pembesaran defleksi (C_d^c) = 5,5

Berikut beban kombinasi yang di input pada program ETABS:

- $1,4 D + 1,4 \text{ SIDL}$
- $1,2 D + 1,2 \text{ SIDL} + \text{LL}$
- $1,2 D + 1,2 \text{ SIDL} + 1,6 L$
- $D + \text{SIDL} + \text{LL}$
- $0,7396 D + 0,7396 \text{ SIDL} - 0,39 \text{ Ex} - 1,3 \text{ Ey}$
- $0,7396 D + 0,7396 \text{ SIDL} - 0,39 \text{ Ex} + 1,3 \text{ Ey}$
- $0,7396 D + 0,7396 \text{ SIDL} - 1,3 \text{ Ex} - 0,39 \text{ Ey}$
- $0,7396 D + 0,7396 \text{ SIDL} - 1,3 \text{ Ex} + 0,39 \text{ Ey}$
- $0,7396 D + 0,7396 \text{ SIDL} + 0,39 \text{ Ex} - 1,3 \text{ Ey}$
- $0,7396 D + 0,7396 \text{ SIDL} + 0,39 \text{ Ex} + 1,3 \text{ Ey}$
- $0,7396 D + 0,7396 \text{ SIDL} + 1,3 \text{ Ex} - 0,39 \text{ Ey}$
- $0,7396 D + 0,7396 \text{ SIDL} + 1,3 \text{ Ex} + 0,39 \text{ Ey}$
- $1,3604 D + 1,3604 \text{ SIDL} + L - 0,39 \text{ Ex} - 1,3 \text{ Ey}$
- $1,3604 D + 1,3604 \text{ SIDL} + L - 0,39 \text{ Ex} + 1,3 \text{ Ey}$
- $1,3604 D + 1,3604 \text{ SIDL} + L - 1,3 \text{ Ex} - 0,39 \text{ Ey}$
- $1,3604 D + 1,3604 \text{ SIDL} + L - 1,3 \text{ Ex} + 0,39 \text{ Ey}$
- $1,3604 D + 1,3604 \text{ SIDL} + L + 0,39 \text{ Ex} - 1,3 \text{ Ey}$
- $1,3604 D + 1,3604 \text{ SIDL} + L + 0,39 \text{ Ex} + 1,3 \text{ Ey}$
- $1,3604 D + 1,3604 \text{ SIDL} + L + 1,3 \text{ Ex} - 0,39 \text{ Ey}$
- $1,3604 D + 1,3604 \text{ SIDL} + L + 1,3 \text{ Ex} + 0,39 \text{ Ey}$

Dimensi Struktur Yang Aman Terhadap Gempa dan jumlah tulangan yang terpasang.

1. Kolom

Kolom direncanakan tujuh jenis berdasarkan dimensi nya. Untuk menghasilkan elemen struktur kolom yang lebih aman sehingga akan digunakan nilai yang paling besar baik pada tulangan utama maupun tulangan geser. Sehingga dimensi dan tulangan terpasang pada elemen kolom dapat dilihat pada seperti berikut ini:

a. Kolom K 700 x 700 mm

Dipasang tulangan utama 32D25, sehingga luas tulangan terpasang 15708

mm² dengan rasio 3,33 % dan tulangan geser 6D13 – 100 pada daerah sendi plsatis dan 2D13 – 150 pada daerah luar sendi plastis.

b. Kolom K 650 x 650 mm

Dipasang tulangan utama 28D25, sehingga luas tulangan terpasang 13745 mm² dengan rasio 3,38 % dan tulangan geser 5D13 – 100 pada daerah sendi plsatis dan 2D13 – 150 pada daerah luar sendi plastis.

c. Kolom K 600 x 600

Dipasang tulangan utama 24D25, sehingga luas tulangan terpasang 11781 mm² dengan rasio 3,4 % dan tulangan geser 5D13 – 100 pada daerah sendi plsatis dan 2D13 – 150 pada daerah luar sendi plastis.

d. Kolom K 550 x 550 mm

Dipasang tulangan utama 28D25, sehingga luas tulangan terpasang 13745 mm² dengan rasio 4,72 % dan tulangan geser 5D13 – 100 pada daerah sendi plastis dan 2D13 – 150 pada daerah luar sendi plastis.

e. Kolom K 500 x 500 mm

Dipasang tulangan utama 18D25, sehingga luas tulangan terpasang 8836 mm² dengan rasio 3,67 % dan tulangan geser 5D13 – 100 pada daerah sendi plsatis dan 2D13 – 150 pada daerah luar sendi plastis.

f. Kolom K 450 x 450 mm

Dipasang tulangan utama 16D25, sehingga luas tulangan terpasang 7854 mm² dengan rasio 4,03 % dan tulangan geser 5D13 – 100 pada daerah sendi plsatis dan 2D13 – 150 pada daerah luar sendi plastis.

g. Kolom K 400 x 500 mm

Dipasang tulangan utama 20D25, sehingga luas tulangan terpasang 9818 mm² dengan rasio 5,1 % dan tulangan geser 6D13 – 100 pada daerah sendi plsatis dan 2D13 – 150 pada daerah luar sendi plastis.

2. Balok

Berdasarkan hasil desain, terdapat empat jenis dimensi balok yang digunakan, yaitu

- Balok B 350 x 700
- Balok B 300 x 650
- Balok B 250 x 500
- Balok B 250 x 400

Hasil akhir perhitungan jumlah tulangan yang diperoleh balok dapat dilihat pada Tabel berikut:

Balok B 300 x 650	
Tulangan Longitudinal	
Longitudinal Tumpuan Atas	6 D22
Longitudinal Tumpuan Bawah	3 D22
Longitudinal Lapangan Atas	3 D22
Longitudinal Lapangan Bawah	6 D22
Tulangan Transversal/Sengkang	
Sengkang Tumpuan	3D10-100
Sengkang Lapangan	2D10-150
Balok B 250 x 500	
Tulangan Longitudinal	
Longitudinal Tumpuan Atas	4 D22
Longitudinal Tumpuan Bawah	3 D22
Longitudinal Lapangan Atas	3 D22
Longitudinal Lapangan Bawah	4 D22
Tulangan Transversal/Sengkang	
Sengkang Tumpuan	3D10-100

Sengkang Lapangan	2D10-150
Balok B 250 x 400	
Tulangan Longitudinal	
Longitudinal Tumpuan Atas	2 D22
Longitudinal Tumpuan Bawah	2 D22
Longitudinal Lapangan Atas	2 D22
Longitudinal Lapangan Bawah	2 D22
Tulangan Transversal/Sengkang	
Sengkang Tumpuan	2D10-100
Sengkang Lapangan	2D10-150
Balok B 350 x 700	
Tulangan Longitudinal	
Longitudinal Tumpuan Atas	7 D22
Longitudinal Tumpuan Bawah	7 D22
Longitudinal Lapangan Atas	8 D22
Longitudinal Lapangan Bawah	8 D22
Tulangan Transversal/Sengkang	
Sengkang Tumpuan	3D10-100
Sengkang Lapangan	2D10-200

3. Pelat Lantai

Untuk perencanaan pelat lantai akan digunakan perhitungan pelat dua arah dikarenakan semua pelat lantai terkekang oleh balok di semua sisi. Nilai M_{u-x} dan M_{u-y} pada pelat lantai diperoleh dari output gaya-gaya dalam program ETABS dan adapun data lengkap untuk perencanaan elemen pelat lantai adalah sebagai berikut:

- Mutu beton (f'_c) = 35 MPa
- Mutu baja (f_y) = 420 MPa
- M_{u-x} (tumpuan) = 8,174 kNm
- M_{u-x} (lapangan) = 26,157 kNm
- M_{u-y} (tumpuan) = 22,888 kNm
- M_{u-y} (lapangan) = 11,444 kNm
- Bentang pelat (L) = 7800 mm
- h = 120 mm
- t_s = 20 mm

Pada pengaplikasian dilapangan, tulangan pada pelat lantai dipasang dengan tulangan dan jarak tulangan yang sama, namun dibedakan oleh tumpuan dan lapangan namun terkecuali untuk fungsi bangunan yang diperlakukan secara khusus. Hal ini dilakukan untuk mencegah terjadinya kesalahan pada pekerjaan akibat memiliki variasi jarak tulangan yang terlalu banyak. Dengan alasan tersebut, maka pelat lantai akan direncanakan berdasarkan momen yang paling maksimum yaitu 26,157 kNm untuk semua pelat lantai. Adapun detail perhitungan perencanaan pelat lantai adalah sebagai berikut:

- Hitung tulangan lentur pelat
- Hitung tinggi efektif pelat

Asumsi awal gunakan Tulangan D10

$$d_x = h - t_s - \left(\frac{Dl}{2}\right)$$

$$d_x = 120 - 20 - \left(\frac{10}{2}\right) = 95 \text{ mm}$$

- Hitung luas tulangan lentur

$$M_n = \frac{M_u}{\phi} = \frac{26,157}{0,9} = 29,063 \text{ kNm} \approx 29063333,33 \text{ Nmm}$$

$b = 1000 \text{ mm}$ (hitung lebar pelat 1 meter)

$$R_n = \frac{M_n}{b \times d^2} = \frac{29063333,33}{1000 \times 95} = 3,39$$

$$m = \frac{f_y}{0,85 f'_c} = \frac{420}{0,85 \times 35} = 14,12$$

$$\rho = \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times m \times R_n}{f_y}} \right)$$

$$\rho = \frac{1}{14,12} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 14,12 \times 3,39}{420}} \right) = 0,00859$$

$$\rho_{min} = \frac{1,4}{f_y} = \frac{1,4}{420} = 0,00333$$

$$\rho \geq \rho_{min} \text{ (memenuhi syarat)}$$

$$A_s = \rho \times b \times d$$

$$A_s = 0,00859 \times 1000 \times 95 = 816,05 \text{ mm}^2$$

- Hitung jarak tulangan

Jarak maksimum tulangan susut diatur dalam SNI 2817-2019; Pasal 8.7.2.2 sebagai berikut:

$$s = 3h$$

$$s = 3 \times 120 = 360 \text{ mm atau } s = 450 \text{ mm gunakan jarang sengkang } 100 \text{ mm}$$

- Hitung luas tulangan lentur terpasang permeter

$$A_s = \frac{1000}{100} \times \frac{1}{4} \times \pi \times 10^2 = 785,398 \text{ mm}^2$$

- Hitung momen nominal (ϕM_n)

$$a = \frac{(A_s \times f_y)}{0,85 \times f'_c \times b}$$

$$a = \frac{(785,398 \times 420)}{0,85 \times 35 \times 1000} = 11,088 \text{ mm}$$

$$M_n = A_s \times f_y \times \left(d - \frac{a}{2} \right)$$

$$M_n = 785,398 \times 420 \times \left(95 - \frac{11.088}{2}\right)$$

$$M_n = 29508596,66 \text{ Nmm} \approx 29,509 \text{ kNm}$$

$$\phi M_n = 0,9 \times 29,509 = 26,558 \text{ kNm}$$

$$\phi M_n \geq M_u$$

$$26,558 \text{ kNm} \geq 26,157 \text{ kNm} \quad (\text{oke}).$$

D. KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

Adapun kesimpulan yang diperoleh dari hasil perhitungan dan pembahasan pada bab sebelumnya adalah sebagai berikut:

1. Dimensi struktur Bangunan Gedung Perkuliahan yang aman terhadap gempa diperoleh sebagai berikut:
 - a. Kolom K 700 x 700 mm
 - b. Kolom K 650 x 650 mm
 - c. Kolom K 600 x 600 mm
 - d. Kolom K 550 x 550 mm
 - e. Kolom K 500 x 500 mm
 - f. Kolom K 450 x 450 mm
 - g. Kolom K 400 x 500 mm
 - h. Balok B 350 x 700 mm
 - i. Balok B 300 x 650 mm
 - j. Balok B 250 x 500 mm
 - k. Balok B 250 x 400 mm
 - l. Pelat lantai tebal 120 mm
2. Jumlah tulangan terpasang pada komponen struktur Bangunan Gedung Perkuliahan diperoleh sebagai berikut:
 - a. Kolom K 700 x 700
 - Tulangan longitudinal : 32 D 25
 - Tulangan geser daerah l_0 : 6 D 13 – 100 mm
 - Tulangan geser diluar l_0 : 2 D 13 – 150 mm

- b. Kolom K 650 X 650
- | | |
|-----------------------------|-------------------|
| Tulangan longitudinal | : 28 D 25 |
| Tulangan geser daerah l_0 | : 5 D 13 – 100 mm |
| Tulangan geser diluar l_0 | : 2 D 13 – 150 mm |
- c. Kolom K 600 X 600
- | | |
|-----------------------------|-------------------|
| Tulangan longitudinal | : 24 D 25 |
| Tulangan geser daerah l_0 | : 5 D 13 – 100 mm |
| Tulangan geser diluar l_0 | : 2 D 13 – 150 mm |
- d. Kolom K 550 X 550
- | | |
|-----------------------------|-------------------|
| Tulangan longitudinal | : 28 D 25 |
| Tulangan geser daerah l_0 | : 5 D 13 – 100 mm |
| Tulangan geser diluar l_0 | : 2 D 13 – 150 mm |
- e. Kolom K 500 X 500
- | | |
|-----------------------------|-------------------|
| Tulangan longitudinal | : 18 D 25 |
| Tulangan geser daerah l_0 | : 5 D 13 – 100 mm |
| Tulangan geser diluar l_0 | : 2 D 13 – 150 mm |
- f. Kolom K 450 X 450
- | | |
|-----------------------------|-------------------|
| Tulangan longitudinal | : 16 D 25 |
| Tulangan geser daerah l_0 | : 5 D 13 – 100 mm |
| Tulangan geser diluar l_0 | : 2 D 13 – 150 mm |
- g. Kolom K 400 X 500
- | | |
|-----------------------------|-------------------|
| Tulangan longitudinal | : 20 D 25 |
| Tulangan geser daerah l_0 | : 6 D 13 – 100 mm |
| Tulangan geser diluar l_0 | : 2 D 13 – 150 mm |
- h. Balok B 350 x 700
- Daerah Tumpuan

Tulangan Tarik	: 7 D 22
Tulangan Tekan	: 7 D 22

Tulangan Geser : 3 D 10 – 100 mm

- Daerah Lapangan

Tulangan Tarik : 8 D 22

Tulangan Tekan : 8 D 22

Tulangan Geser : 2 D 10 – 200 mm

i. Balok B 300 x 650

- Daerah Tumpuan

Tulangan Tarik : 6 D 22

Tulangan Tekan : 3 D 22

Tulangan Geser : 3 D 10 – 100 mm

- Daerah Lapangan

Tulangan Tarik : 3 D 22

Tulangan Tekan : 6 D 22

Tulangan Geser : 2 D 10 – 150 mm

j. Balok B 250 x 500

- Daerah Tumpuan

Tulangan Tarik : 4 D 22

Tulangan Tekan : 3 D 22

Tulangan Geser : 3 D 10 – 100 mm

- Daerah Lapangan

Tulangan Tarik : 3 D 22

Tulangan Tekan : 4 D 22

Tulangan Geser : 2 D 10 – 150 mm

k. Balok B 250 x 400

- Daerah Tumpuan

Tulangan Tarik : 2 D 22

Tulangan Tekan : 2 D 22

Tulangan Geser : 2 D 10 – 100 mm

- Daerah Lapangan

Tulangan Tarik : 2 D 22

Tulangan Tekan : 2 D 22

Tulangan Geser : 2 D 10 – 150 mm

1. Pelat Lantai

Pada elemen struktur pelat lantai tebal 120 yang merupakan pelat dua arah, dipasang tulangan D 10 – 100 mm baik untuk arah X maupun arah Y.

DAFTAR PUSTAKA

Abiansyah, Ipung. (2022). *Perencanaan Ulang struktur gedung Eric Fakultas Teknik Universitas Gajah Mada*.

BADAN STANDARDISASI NASIONAL. (2019). *SNI 1726 : 2019 Tata cara perencanaan ketahanan gempa untuk struktur bangunan gedung dan nongedung*. Jakarta.

BADAN STANDARDISASI NASIONAL. (2019). *SNI 2847 : 2019 Persyaratan beton struktural untuk bangunan gedung dan penjelasan*. Jakarta.

BADAN STANDARDISASI NASIONAL. (2020). *SNI 1727 : 2020 Beban desain minimum dan kriteria terkait untuk bangunan gedung dan struktur lain*. Jakarta.

Christady, Hary. (2020). *Analisis dan Perancangan Fondasi II*. Yogyakarta: UGM Press

DEPARTEMEN PEKERJAAN UMUM. (1987). *PEDOMAN PERENCANAAN PEMBEBANAN UNTUK RUMAH DAN GEDUNG*. Jakarta.

Fuady, A. M. (2023). *Perencanaan Ulang Struktur Dengan Penambahan Shear Wall Pada Proyek Pembangunan Pancing Logistic Center Medan*.

Gumelar, R. A. (2023). *Perencanaan Ulang Struktur Atas Bangunan Gedung 8 Lantai Direktorat PUPR Semarang Berdasarkan SNI 2847 Tahun 2019*.

Irfan, A. R. (2015). *Perencanaan Ulang Gedung Rumah Sakit An-Nur Yogyakarta Dengan Beton Bertulang*. UMS Digital Library.

Setiawan, Agus. (2017). *Perencanaan Struktur Beton Bertulang Berdasarkan SNI 2847:2013*. Jakarta: Erlangga.

Simangunsong, R. O. (2022). *Perencanaan Ulang Struktur Gedung Rektorat Dan Auditorium Politeknik Pariwisata Medan.*

Wibowo, A. P. (2012). *Perencanaan Struktur Gedung Beton Bertulang dengan Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus (SRPMK) dan Sistem Rangka Pemikul Momen Menengah (SRPMM).*