



Evaluasi Struktur RSPTN UNSRAT Berdasarkan SNI 1726-2002 Dan SNI 1726-2019

Christanya K. R. Mewengkang^{#a}, Reky S. Windah^{#b}, Marthin D. J. Sumajouw^{#c}

[#]Program Studi Teknik Sipil Universitas Sam Ratulangi, Manado, Indonesia
^achristanya.krm@gmail.com; ^brekywindah@gmail.com; ^cdody_sumajouw@yahoo.com

Abstrak

Indonesia merupakan negara yang terletak di jalur gempa pasifik dan jalur gempa Asia. Sehingga hal ini membuat Indonesia adalah negara yang rawan gempa. Kota Manado merupakan kota yang rawan gempa karena hal ini bisa dilihat dari peta gempa dalam menentukan respon spektra di kota Manado. Maka dari itu, bangunan-bangunan yang berada di kota Manado diharapkan bisa kokoh berdiri saat terjadi gempa bumi. Beberapa bangunan yang sudah ada pada saat dibangun masih menggunakan pedoman yang berlaku pada tahun mereka dibangun. Objek penelitian yang digunakan pada penelitian ini merupakan gedung RSPTN UNSRAT yang mulai dibangun pada tahun 2012. Artinya, saat merencanakan gedung tersebut masih menggunakan standarisasi yang berlaku saat itu, yakni SNI 1726-2002. Sekarang, gedung tersebut akan dianalisis menggunakan metode dinamik respons spektrum yang mengacu pada SNI 1726-2019 yang terbaru. Tujuan penelitian ini untuk mengidentifikasi ketidakberaturan struktur gedung serta perubahan lainnya yang terjadi pada saat dianalisis dengan pedoman yang berlaku sekarang ini. Hasil analisis struktur ditemukan bahwa gedung RSPTN UNSRAT mengalami ketidakberaturan horizontal tipe 1a dan 1b, yakni secara berturut-turut adalah ketidakberaturan torsi dan ketidakberaturan torsi berlebih. Ketidakberaturan struktur yang ditemukan menyebabkan peninjau lebih lanjut apa yang akan dilakukan pada bangunan eksisting tersebut.

Kata kunci: gempa bumi, analisis dinamik, STAAD PRO Connect Edition, respons spektrum, ketidakberaturan struktur

1. Pendahuluan

1.1. Latar Belakang

Indonesia merupakan negara yang berada di jalur gempa Pasifik dan jalur gempa Asia yang menyebabkan tingkat resiko terjadinya gempa bumi tinggi. Gempa bumi sendiri merupakan fenomena alam yang tidak bisa diprediksi kapan akan terjadi. Maka dari itu, dengan potensi gempa bumi yang terjadi sangatlah tinggi di Indonesia, maka potensi kerusakan bangunan juga tinggi akan terjadi. Keadaan ini menyebabkan sistem struktur bangunan yang akan dibangun harus memenuhi serta mengikuti kaidah bangunan tahan gempa sehingga ketika terjadi gempa, struktur yang dibangun dapat bertahan dan melindungi penghuninya dari bahaya gempa bumi. (Imran, 2006). Masalah yang muncul adalah pada bangunan yang telah berdiri, apakah dalam perencanaan bangunan tersebut telah mengikuti peraturan yang ada atau tidak, sehingga evaluasi kinerja struktur bangunan perlu pemeriksaan kembali.

Gedung Rumah Sakit Pendidikan Universitas Sam Ratulangi Manado merupakan bangunan yang telah dibangun strukturnya pada tahun 2012 sampai 2014. Dari sepanjang tahun 2014-2021, struktur bangunan sudah sebagian terbangun, namun sebagian lagi belum dilanjutkan. Bagian gedung RSPTN Unsrat terdiri dari 5 blok, yakni blok A, blok B, blok C, dan blok E. Dari 5 blok bangunan tersebut, hanya blok C yang sudah selesai pekerjaannya, sedangkan blok A dan blok B hanya pekerjaan struktur 7 lantai yang selesai sedangkan struktur atap belum selesai.

Untuk Gedung D dan E pekerjaan struktur baru sampai lantai dasar.

Pada saat pembangunan dimulai pada tahun 2012, bangunan tersebut masih menggunakan acuan Standar Nasional Indonesia yang lama yakni untuk beban gempa mengikuti standar SNI 1726-2002. Seiring berjalannya waktu, Standar Nasional Indonesia selalu diperbaharui mengikuti perkembangan kode secara Internasional yang dikenal dengan AISC dan ASCE yang juga dahulu namanya UBC (Uniform Building Code) yang selanjutnya mengalami perubahan nama menjadi IBC (International Building Code) yang digunakan sampai sekarang. Standarisasi Internasional juga mengalami perubahan menyesuaikan dengan kebutuhan bangunan dan lingkungan yang juga berubah, hal tersebut menyebabkan standarisasi yang dipakai khususnya di Indonesia juga mengalami dampaknya yakni pembaruan atau perubahan standarisasi beberapa kali dikarenakan ahrus dengan standarisasi baru yang beredar. Sehingga, untuk SNI 1726-2019 mengikuti standarisasi terbaru pada ASCE 7-16, sedangkan untuk SNI 1726-2002 mengikuti standarisasi dari UBC 1997. Perlu diketahui juga, sebelum SNI 1726-2002 dibaharui, Indonesia menggunakan standart SNI 1726-1989.

Sebelum pembaruan SNI 1726-2019, sebelumnya standarisasi yang berlaku adalah SNI 1726-2012. Membuat rentang waktu dari masing-masing pamaruan standarisai yang ada cukup jauh, yang secara berurutan adalah 10 tahun dan 7 tahun, dari SNI 1726-2002 ke SNI 1726-2012 lalu yang terbaru SNI 1726-2019.

Pada tahun 2021-2022, mulailah perencanaan kembali untuk Gedung RSPTN Unsrat secara keseluruhan mulai dari segi arsitektural, struktural, mekanikal, dan elektrikal. Pada saat perencanaan kembali, maka standar juga mengikuti standar yang terbaru yang tentunya membuat beberapa persyaratan berubah. Seperti yang diketahui juga pada denah yang ada untuk blok A bentuk strukturnya tidak beraturan yang dimana pada blok gedung tersebut untuk bagian depan terdiri dari 5 lantai dan bagian lainnya terdiri dari 7 lantai.

SNI 1726-2019 membahas tentang Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non Gedung, maka dari itu untuk analisis yang akan dilakukan harus dipastikan bahwa bangunan eksisting sudah sesuai standarisasi yang paling terbaru, untuk bisa mengetahui kinerja elemen-elemen struktur apakah masih sesuai atau diperlukan perubahan seperti penambahan elemen tambahan untuk membantu kekuatan struktur bangunan eksisting.

1.2. Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah dituliskan, bangunan RSPTN UNSRAT akan dilakukan evaluasi berdasarkan standart yang baru yakni SNI 1726-2019.

1.3. Batasan Masalah

Adapun batasan masalah dalam tugas akhir ini yaitu meliputi :

1. Bangunan eksisting yang ditinjau adalah Gedung Rumah Sakit Perguruan Tinggi Negeri Unsrat bagian blok A dengan 7 lantai.
2. Pengambilan data struktur dan material sesuai dengan laporan beserta gambar yang sudah ada.
3. Struktur merupakan gedung beton bertulang, yang dibatasi oleh 3 blok Gedung.
4. Struktur yang sudah ada menggunakan Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus (SRPMK).
5. Pembebanan yang akan ditinjau adalah beban mati, beban hidup, dan beban gempa.
6. Beban angin diabaikan.
7. Peraturan yang digunakan untuk menganalisis beban gempa adalah SNI 1726-2019 tentang Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non Gedung.
8. Peraturan pembebanan Gedung yang digunakan adalah SNI 1727-2020 tentang Beban Minimum untuk Perancangan Gedung dan Struktur lain.
9. Ketidakberaturan yang akan ditinjau adalah ketidakberaturan horizontal.
10. Struktur akan dianalisis menggunakan analisis ragam respons spektrum.
11. Analisis struktur akan dianalisis menggunakan bantuan aplikasi STAAD PRO.

1.4. Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui hasil dari analisis struktur bangunan tersebut sesuai dengan SNI 1726-2019 tentang Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non Gedung.

1.5. Manfaat Penelitian

Manfaat yang dapat diambil dari penyusunan Tugas Akhir ini adalah:

1. Mengetahui bagaimana kekuatan struktur bangunan eksisting terhadap bisa menyesuaikan dengan standar keamanan bangunan yang ada dengan SNI yang berlaku.
2. Menambah pengetahuan sehingga menjadi alternatif dalam perencanaan dan evaluasi struktur gedung bertingkat tahan gempa.

2. Metodologi Penelitian

2.1. Studi Literatur

Dalam penelitian ini, metodologi yang akan digunakan aturan-aturan sebagai berikut SNI 1726-2002 yang akan menjadi pembanding untuk beban gempa yang menjadi acuan pembangunan eksisting dan SNI 1726-2019 yang akan menjadi topik utama dalam penelitian ini serta menjadi acuan dalam desain dan analisis bangunan eksisting. Studi literatur ini juga dilakukan mengacu pada buku, jurnal-jurnal, dan peraturan lainnya yang dibutuhkan dalam penelitian ini.

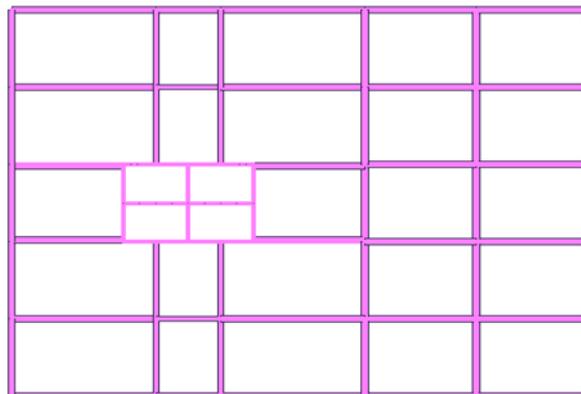
2.2. Data Penelitian

Data struktur yang akan di analisa adalah sebagai berikut:

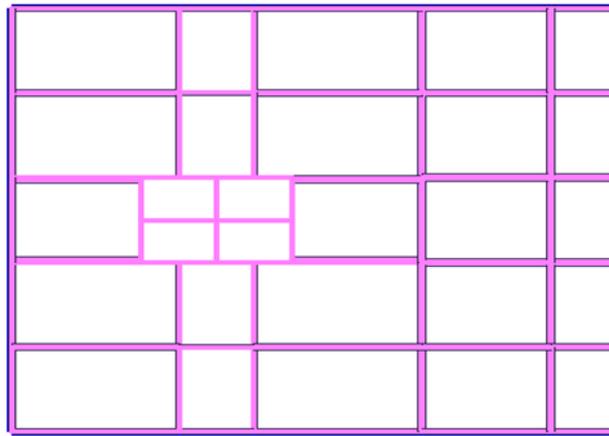
Fungsi Gedung	: Rumah Sakit
Lokasi	: Manado
Jenis Tanah	: Tanah Sedang (SD)
Sistem Struktur	: SRPMK
Jumlah Lantai	: 7 Lantai
Tinggi Bangunan	: 29,4 m
Jarat antar Lantai	: 4,20 m
Struktur Bangunan	: Bangunan Beton Bertulang
Mutu Beton	: 27 MPa
Mutu Baja	: 527 Mpa

2.3 Denah Gedung Rencana

Analisis dilakukan pada gedung 7 lantai, dimana lantai 1-6 memiliki denah yang sama kecuali lantai 7 yang memiliki denah lantai berbeda.



Gambar 1. Denah Pembalokan Lantai 1-6



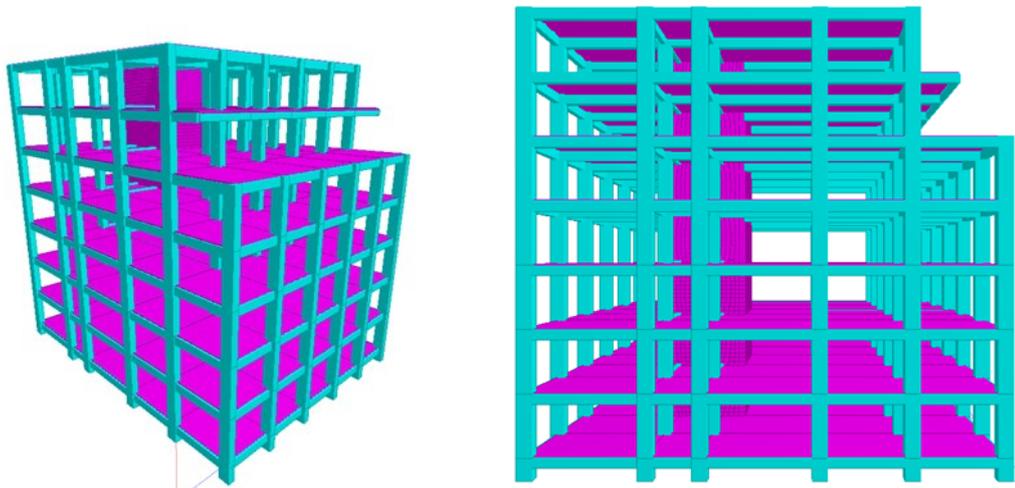
Gambar 1. Denah Pembalokan Lantai 7

2.4 Preliminary Desain Struktur

Preliminary Desain dilakukan dengan mengikuti denah arsitektural yang sudah diperbaharui dan denah struktural dari bangunan eksisting yang sudah dibangun pada tahun 2014 yang mengikuti peraturan SNI 1726-2002, untuk bangunan Blok A sendiri tinggal struktur atap yang belum dibangun.

2.5 Pemodelan Struktur

Pemodelan struktur 3D dilakukan menggunakan bantuan program STAAD PRO CONNED EDITION versi 22 (*Student License*) berdasarkan data-data struktur yang sudah ada sebelumnya. Berikut adalah gambar bangunan blok A yang sudah di model.



Gambar 2. Pemodelan 3D pada aplikasi

2.6 Pembebanan

Beban-belan yang bekerja pada struktur adalah beban gravitasi (beban mati dan beban hidup) dan beban lateral (beban gempa). Untuk perhitungan pembebanan mengacu pada SNI 1727-2020 tentang Beban desain minimum dan kriteria terkait untuk bangunan gedung dan struktur lain (Badan Standardisasi Nasional, 2020).

1. Beban Mati

Beban mati yang digunakan pada pemodelan bangunan dalam penelitian ini adalah berat

sendiri dari tiap elemen struktur yakni balok, pelat, kolom, dan dinding geser serta beban mati tambhana yang bekerja pada struktur yang bukan merupakan elemen struktural. Beban berat sendiri pada tiap elemen struktur akan dihitung secara otomatis dalam program STAAD PRO CONNECT EDITION, sedangkan untuk beban mati tambahan yang dihitung mengacu pada peraturan SNI 1727-2020.

2. Beban Hidup

Beban hidup yang diambil sebesar luasan per (m^2) yang dievaluasi berdasarkan fungsi bangunan yang akan direncanakan, diambil berdasarkan SNI 1727-2020 yang merupakan pembebanan untuk lantai gedung dan lantai atap sesuai dengan fungsi lantai dari denah bangunan tersebut.

3. Beban Gempa

Beban gempa berdasarkan SNI 1726-2019 dengan melakukan analisis respon spektrum berdasarkan lokasi penelitian yang berlokasi di Kota Manado. Data gempa rencana diambil dari website Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat.

4. Kombinasi Beban

Struktur bangunan harus mampu memikul beban-beban yang telah dikombinasikan atau beban terfaktor. Oleh sebab itu, dalam melakukan evaluasi maka perlu mempertimbangkan semua kemungkinan kombinasi pembebanan yang akan bekerja pada struktur untuk memastikan ketahanan struktur bangunan. Kombinasi pembebanan yang yang digunakan mengacu pada SNI 1726-2019.

2.7 Analisis Dinamik

Dalam menganalisis struktur bangunan ini akan digunakan metode analisis ragam respons spektrum yang mengacu pada SNI 1726-2019 tentang Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa Struktur Bangunan Gedung dan Non-gedung.

Untuk menghitungnya maka memerlukan data-data seperti fungsi bangunan, nilai parameter spektral, kelas situs, dan tipe struktur. Data fungsi bangunan digunakan untuk menentukan nilai faktor keutamaan gedung tersebut (I), letak wilayah bangunan terhadap daerah gempa dan untuk kelas situs agar bisa mendapatkan nilai waktu getar alami (T_c) dan untul kurva respons spektrum gempa rencana. Tipe struktur bangunan dipakai untuk menentukan faktor reduksi gempa.

2.8 Kontrol Desain

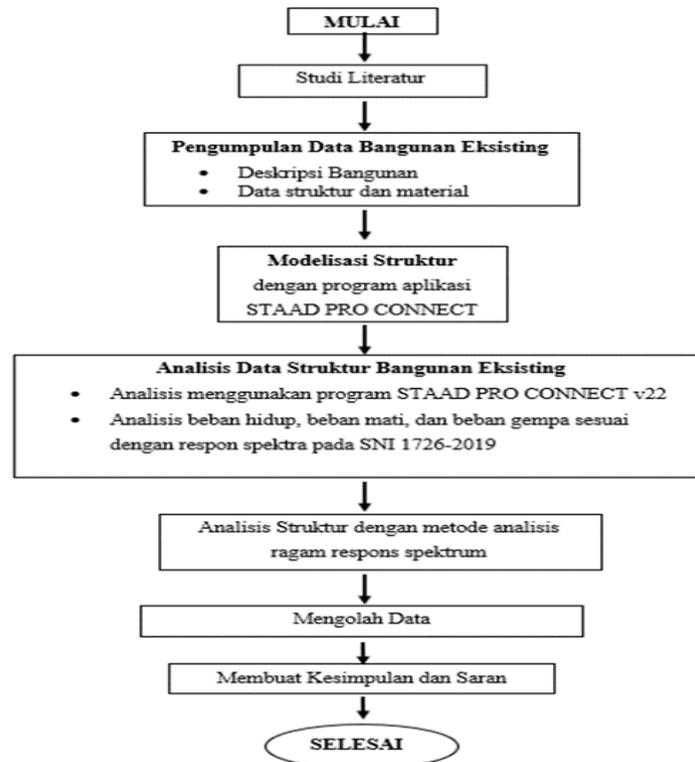
Desain untuk model struktur perlu dilakukan pengecekan terhadap batasan kinerja struktur, yakni tidak boleh melebihi batas simpangan antar tingkat izin (Δ_a).

Tabel 1. Simpangan antar Tingkat Izin (SNI 1726-2019)

Struktur	Kategori Risiko		
	I atau II	III	IV
Struktur, selain dari struktur dinding geser batu bata, 4 tingkat atau kurang dengan dinding interior, partisi, langit-langit dan sistem dinding eksterior yang telah didesain untuk mengakomodasi simpangan antar lantai tingkat	0,025 h_{sx}	0,020 h_{sx}	0,015 h_{sx}
Struktur dinding geser kantilever batu bata	0,010 h_{sx}	0,010 h_{sx}	0,010 h_{sx}
Struktur dinding geser batu bata lainnya	0,007 h_{sx}	0,007 h_{sx}	0,007 h_{sx}
Semua struktur lainnya	0,020 h_{sx}	0,015 h_{sx}	0,010 h_{sx}

2.9 Diagram Alir Penelitian

Diagram alir penelitian merupakan tahapan-tahapan yang dilakukan dalam proses penelitian ini. Berikut diagram alir penelitian.



Gambar 3. Diagram Alir Penelitian

3. Kajian Literatur

3.1. Perbandingan Dasar Gaya Gempa SNI 1726-2002 dan 1726-2019

Dasar perhitungan spektrum respons percepatan pada SNI 1726-2002 dan SNI 1726-2019 berbeda. Parameter yang dimaksud merupakan parameter peta percepatan puncak batuan dasar yang didasari dari periode ulang yang berbeda. Dikarenakan untuk periode ulang yang berbeda maka akan menghasilkan respons spektra percepatan yang berbeda. Untuk periode ulang peta percepatan puncak batuan dasar pada SNI 1726-2002 adalah 500 tahun periode ulang dan untuk SNI 1726-2019 adalah 50 tahun periode ulang berdasarkan peta sumber dan bahaya gempa Indonesia tahun 2017. Maka dari itu, berikut tabel deskripsi perbandingan dasar gempa dari SNI 1726-2002 dan SNI 1726-2019 yang mengalami beberapa perubahan dan untuk parameternya menggunakan wilayah objek penelitian.

Tabel 2. Perbandingan SNI 1726-2002 dan SNI 1726-2019

Deskripsi	2002	2019
Spektrum respons	Wilayah Gempa 5. Data berdasarkan peta wilayah gempa.	Data Kota Manado diambil dari situs puskim.go.id
Percepatan puncak batuan dasar	$g_0 = 0,32$	$S_s = 1,036$ (periode pendek) $S_1 = 0,442$ (periode 1 detik) sumber puskim.go.id
Percepatan respons maksimum	$A_m = 0,83$ (tabel 6)	-
Parameter percepatan respons spektral MCE periode pendek.	-	$S_{MS} = F_a \times S_s = 1,349$

Deskripsi	2002	2019
Parameter percepatan respon spektral periode pendek	-	$S_{DS} = \frac{2}{3}S_{MS} = 0,750$
Waktu getar alami sudut	$T_c = 0,6$ detik (tabel 6)	$T_s = \frac{S_{D1}}{S_{DS}} = 0,612$
Faktor keutaman gedung	$I = 1,4$	$I_e = 1,5$
Faktor reduksi gempa	$R_m = 8,5$	$R^a = 8$
Faktor respons gempa	$T \leq T_c ; C = A_m$ $T > T_c ; C = A_m/T$ $C = 0,83$	$S_{DS} = 0,75$
Koefisien respon seismik	$C_s = \frac{C \times I}{R}$	$C_s = \frac{S_{DS}}{\left(\frac{R}{I_e}\right)}$

3.2 Analisis Gaya Gempa

Berdasarkan SNI 1726-2019, ada 2 jenis analisis gaya gempa yakni analisis statik ekuivalen dan analisis dinamik yang terbagi atas dua yakni analisis ragam respons spektrum yang menghitung total respon struktur melalui superposisi dari respon ragam getar dan analisis riwayat waktu yang menggunakan catatan rekaman gempa untuk menghitung respon struktur.

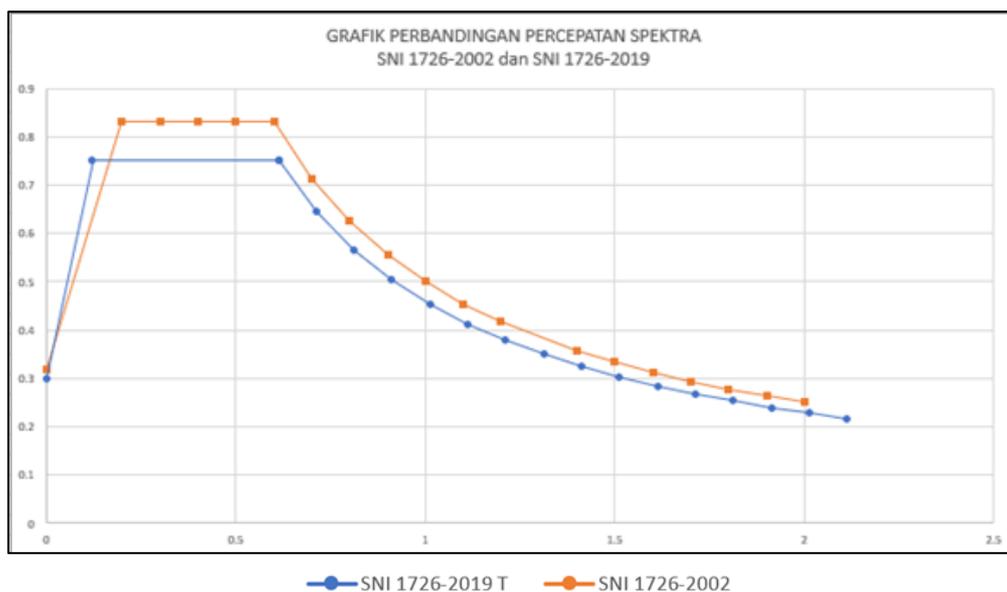
3.3 Ketidakberaturan Struktur Horizontal

Ketidakberaturan pada suatu struktur ditentukan dengan mengikuti peraturan yang terdapat pada SNI 1726-2019 Pasal 7.3.2. Ketidakberaturan struktur menurut aturan yang ada dibagi atas 2, yakni ketidakberaturan struktur vertikal dan ketidakberaturan struktur horizontal. Pada penelitian ini hanya akan melakukan analisis pada ketidakberaturan struktur arah horizontal.

4. Hasil dan Pembahasan

4.1 Respons Spektrum

Grafik perbandingan respons spektrum yang dihitung menggunakan peraturan SNI 1726-2002 dan SNI 1726-2019 adalah sebagai berikut



Gambar 4. Grafik Perbandingan Respons Spektra

4.2. *Periode Fundamental Struktur*

Berikut adalah perhitungan periode fundamental struktur dari SNI 1726-2002 dan SNI 1726-2019. Untuk SNI 1726-2002 batas nilai maksimum waktu getar alami fundamental yang harus lebih kecil daripada koefisien wilayah gempa yang diatur pada pasal 5.6.

$$T = C_t(h_n)^{3/4}$$

$$= 0,0731 \times 29,4^{3/4}$$

$$= 0,918 \text{ detik}$$

Lalu untuk memastikan nilai maksimum untuk periode fundamental struktur sudah sesuai dengan peraturan menurut SNI 1726-2002 yakni:

$$T < \zeta_n$$

Untuk wilayah gempa 5 maka Koefisien wilayah gempa adalah 0,16 yang dikalikan dengan jumlah tingkat yakni 7, untuk hasilnya adalah sebagai berikut:

$$0,918 < 1,12$$

Untuk SNI 1726-2019 nilai T_c tidak boleh melebihi hasil dari $C_u \times T_a$. Sesuai dengan Tabel 2.7 untuk koefisien C_u ditentukan dari nilai S_{D1} . Nilai S_{D1} adalah 0,459 sehingga untuk koefisien nilai C_u yang dipakai adalah 1,4. Untuk persamaan T_a dihitung sebagai berikut:

$$T_a = C_t h_n^x$$

$$= 0,0466 \cdot 29,4^{0,9}$$

$$= 0,977009 \text{ detik}$$

$$T_{a(maks)} = C_u T_a$$

$$= 1,4 \cdot 0,977009$$

$$= 1,367812 \text{ detik}$$

Nilai T_c yang didapatkan pada program adalah sebesar 0,64259 detik, yang berarti karena $T_c < T_a$, maka T yang akan digunakan adalah 0,977009 detik.

Untuk hasil perhitungan Periode Fundamental Struktur dari kedua aturan yakni SNI 1726-2002 dan SNI 1726-2019 tidak terlalu signifikan perbandingannya, walau untuk perhitungannya dan variabel-variabel dipakai ada perubahan, tapi hasilnya menunjukkan hampir sama.

4.3. *Gaya Geser Dasar (Base Shear)*

Berikut adalah gaya geser dasar dari hasil dinamik respon spektrum dari STAAD PRO CONNECT EDITION, gaya geser dasar sebelum dan sesudah terkoreksi berdasarkan masing-masing aturan.

Tabel 3. Gaya Geser Dasar menurut SNI 1726-2019

Base Shear Statik		Base Shear STAAD PRO		Base Shear Respons Spektrum Sebelum terkoreksi		Base Shear Respons Spektrum Sesudah terkoreksi	
Arah X (kN)	Arah Y (kN)	Arah X (kN)	Arah X (kN)	Arah Y (kN)	Arah Y (kN)	Arah X (kN)	Arah Y (kN)
23201,1781	23201,1781	23201,33	23201,30	23201,30	23201,33	30142,21	31180,23

Tabel 4. Gaya Geser Dasar menurut SNI 1726-2002

Base Shear Statik		Base Shear STAAD PRO		Base Shear Respons Spektrum Sebelum terkoreksi		Base Shear Respons Spektrum Sesudah terkoreksi	
Arah X (kN)	Arah Y (kN)	Arah X (kN)	Arah X (kN)	Arah Y (kN)	Arah Y (kN)	Arah X (kN)	Arah Y (kN)
13858,94	13585,94	127029,32	127029,32	449271,14	4313664,83	19313,37	18556,50

Dari tabel-tabel diatas bisa dilihat bahwa untuk gaya geser statik ekivalen sudah sesuai dengan peraturan yang diatur dalam SNI 1726-2019 dan SNI 1726-2019 yang setelah dilakukan

penskalaan ulang nilainya tidak kurang dari 100%.

4.4. Ketidakberaturan Horizontal

Saat dilakukan evaluasi untuk ketidakberaturan struktur horizontal semua tipe sesuai dengan SNI 1726-2019, terdapat bahwa semua memenuhi syarat kecuali untuk ketidakberaturan horizontal tipe 1a dan tipe 1b, yakni ketidakberaturan torsi dan ketidakberaturan torsi berlebih. Berikut adalah tabel perhitungan ketidakberaturan torsi.

Tabel 5. Ketidakberaturan torsi pada tiap lantai

<i>Extreme Points</i>								
Storey	δA	δB	ΔA	ΔB	Δ_{avg}	Δ_{max}	Torsion	Checking
1	0.00002	0.00002	0.00002	0.00002	0.00002	0.00002	1	OK
2	0.00034	0.00014	0.00032	0.00012	0.00022	0.00032	1.454545	EXTREME
3	0.00082	0.00036	0.00048	0.00022	0.00035	0.00048	1.371429	FAIL
4	0.00138	0.00073	0.00056	0.00037	0.000465	0.00056	1.204301	FAIL
5	0.00202	0.00124	0.00064	0.00051	0.000575	0.00064	1.113043	REGULAR
6	0.00268	0.002	0.00066	0.00076	0.00071	0.00076	1.070423	REGULAR
7	0.00329	0.00325	0.00061	0.00125	0.00093	0.00125	1.344086	FAIL

4.5. Simpangan (Deflection)

Berikut merupakan rekapitulasi dari simpangan antar tingkat dalam bentuk tabel dengan mengikuti aturan SNI 1726-2002 dan SNI 1726-2019.

Tabel 6. Simpangan antar tingkat arah X (SNI 1726-2019)

Lantai	δx	Δ	h_{sx}	Δa	Checking
	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	
7	16,665	9.812	4500	45	OK
6	13,989	10.281	4500	45	OK
5	11,185	10.78	4500	45	OK
4	8,245	10.765	4500	45	OK
3	5,309	10.050	4500	45	OK
2	2,568	8.272	4500	45	OK
1	0,312	1.144	4500	45	OK

Tabel 7. Simpangan antar tingkat arah Y (SNI 1726-2019)

Lantai	δy	Δ	h_{sx}	Δa	Checking
	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	
7	3,573	1.554666667	4500	45	OK
6	3,149	2.159666667	4500	45	OK
5	2,56	1.932333333	4500	45	OK
4	2,033	2.225666667	4500	45	OK
3	1,426	2.438333333	4500	45	OK
2	0,61	2.365	4500	45	OK
1	0,116	0.425333333	4500	45	OK

Tabel 8. Simpangan antar tingkat arah X (SNI 1726-2002)

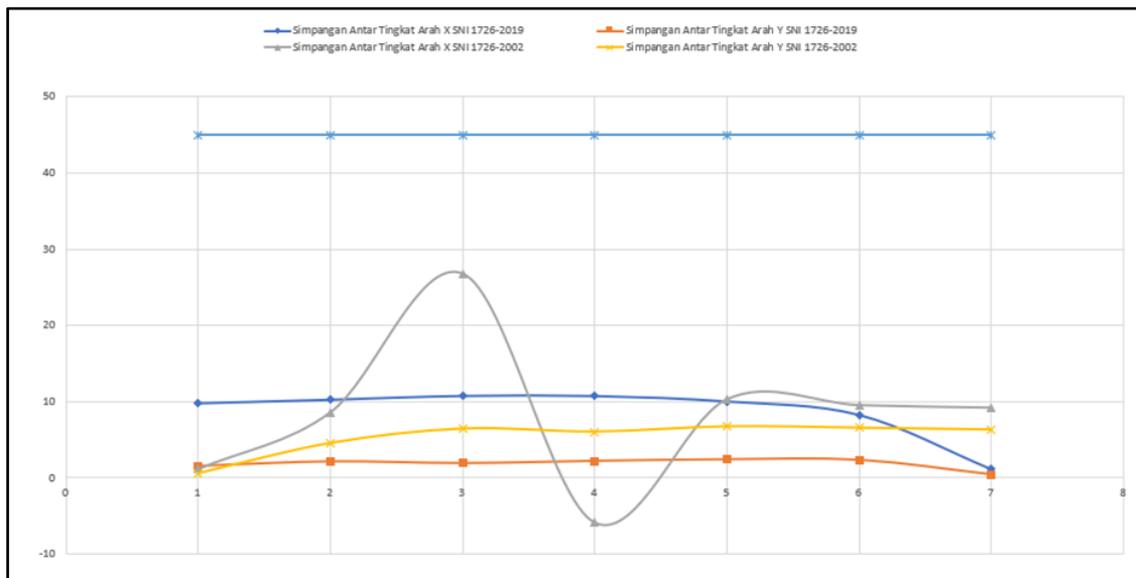
Lantai	δy	Δ	h_{sx}	Δa	Checking
	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	
7	6,763	6,31	4500	45	OK
6	5,616	6,55	4500	45	OK
5	4,426	6,73	4500	45	OK

Lantai	δy	Δ	h_{sx}	Δa	Checking
	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	
4	3,203	6,04	4500	45	OK
3	2,105	6,44	4500	45	OK
2	0,935	4,55	4500	45	OK
1	0,107	0,59	4500	45	OK

Tabel 9. Simpangan antar tingkat arah Y (SNI 1726-2002)

Lantai	δx	Δ	h_{sx}	Δa	Checking
	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	
7	10,854	9,20	4500	45	OK
6	9,182	9,53	4500	45	OK
5	7,449	10,32	4500	45	OK
4	5,572	-5,87	4500	45	OK
3	6,639	26,75	4500	45	OK
2	1,776	8,61	4500	45	OK
1	0,21	1,16	4500	45	OK

Dari grafis dan tabel yang disajikan bisa diambil dilihat bahwa gedung RSPTN masih memenuhi simpangan antar tingkat untuk kedua peraturan SNI 1726-2002 dan SNI 1726-2019 izin yakni 45 mm.



Gambar 5. Grafik Perbandingan Simpangan Antar Tingkat Izin, Arah X, dan Arah Y berdasarkan SNI 1726-2002 dan SNI 1726-2019

4 Kesimpulan

Berdasarkan hasil perencanaan struktur bangunan, menggunakan sistem rangka pemikul momen khusus (SRPMK), dapat diperoleh kesimpulan:

1. Tidak ada aturan yang mengatur tentang perhitungan ketidakberaturan struktur pada SNI 1726-2002 sehingga untuk memastikan bangunan eksisting pada penelitian ini sudah sesuai, harus mengikuti peraturan terbaru SNI 1726-2019 yang sudah memiliki parameter-parameter yang lebih banyak, salah satunya perhitungan ketidakberaturan struktur
2. Gedung Rumah Sakit Perguruan Tinggi UNSRAT khususnya untuk Blok. A yang dijadikan objek penelitian, setelah dilakukan pengecekan ketidakberaturan horizontal sesuai dengan SNI 1726-2019 pada arah X dan Y, gedung tersebut ditemukan memiliki ketidakberaturan

horizontal tipe 1a yaitu ketidakberaturan torsi pada lantai 3 sampai lantai 5 pada arah X yakni secara berurutan sebesar 1,3863 mm, 1,3095 mm, 1,2381 mm. Komponen struktur seperti balok, kolom dan pelat telah direncanakan sesuai peraturan Standar Nasional Indonesia (SNI) yang berlaku sehingga aman dan dapat menahan beban hidup dan mati serta gaya gempa yang terjadi.

3. Untuk lantai 2 mengalami ketidakberaturan tipe 1b yaitu ketidakberaturan torsi berlebih pada arah X sebesar 1,433 mm. Untuk lantai 1, 6, dan 7 tidak mengalami ketidakberaturan atau struktur dinyatakan aman karena sudah sesuai dengan aturan yang ditentukan yakni dibawah 1,2 mm.
4. Simpangan antar tingkat setelah dilakukan evaluasi dengan SNI 1726-2002 dan SNI 1726-2019 keduanya masih memenuhi persyaratan simpangan antar izin yakni dibawah 45 mm.
5. Perlu evaluasi lebih lanjut tentang bagaimana cara untuk mengatasi ketidakberaturan horizontal tipe 1a dan 1b yang terjadi pada gedung.

5 Saran

Beberapa saran yang dapat penulis berikan dari perencanaan ini adalah:

1. Perlu adanya pemahaman lebih mengenai cara mengoperasikan program STAADPRO, teori-teori dasar analisis serta ketepatan dalam memberikan parameter-parameter agar diperoleh hasil analisis yang lebih akurat.
2. Perlu dilakukan perencanaan beban gempa dengan menggunakan *Time history analysis*.

Referensi

- Badan Standardisasi Nasional. 2020. *Beban Minimum untuk Perancangan Bangunan Gedung dan Struktur Lain*, SNI 1727-2020. Bandung: Badan Standardisasi Nasional.
- Badan Standardisasi Nasional. 2019. *Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non Gedung*, SNI 1726:2019. Jakarta: Badan Standardisasi Nasional Indonesia.
- Badan Standardisasi Nasional. 2002. *Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non Gedung*, SNI 1726:2002. Jakarta: Badan Standardisasi Nasional Indonesia.
- Abraham, Bill, Fajar Doni Aditya, Himawan Indarto, and Hardi Wibowo. 2020. "Evaluasi Kekuatan Struktur Bangunan Hotel Elizabeth Semarang." *Jurnal Karya Teknik Sipil* 9.
- Chopra, Anil K. 2012. *Dynamics of Structures: Theory dan Applications to Earthquake Engineering*. Vol. IV. California: Pearson Education Inc.
- E, Siva Naveen, Nimmy Mariam Abraham, and Anitha Kumari S. D. 2019. "Analysis of Irregular Structures under Earthquake Loads." 2nd International Conference on Structural Integrity and Exhibition. Elsevier B.V. 14.
- Engineers, American Society of Civil. 2017. *ASCE 7-16: Minimum design loads and associated criteria for buildings and other structures*. Virginia: American Society of Civil Engineers.
- Hastono, K Budi, and Ryan Syamsudin. 2018. *Perbandingan Ketahanan Gempa SNI 03-1726-2002 & SNI 03-1726-2012 Pada Perencanaan Bangunan Gedung di Kota Aceh*. Surabaya: GeSTRAM.
- Jones, D. Trevor. 2012. *Analysis and Design of Structures: A Practical Guide to Modeling*. Pennsylvania: Bentley Institute Press.
- Malhotra, Praveen K. 2022. *Site-Specific Ground Motions for Seismic Design of Buildings and Other Structures*. Reston, Virginia: American Society of Civil Engineers.
- Pawirodikromo, Widodo. 2012. *Seimologi Teknik dan Rekayasa Gempa*. Yogyakarta: PUSTAKA PELAJAR.
- Paz, Mario, and Young Hoon Kim. 2018. *Structural Dynamics: Theory and Computation*. Vol. VI. Louisville, KY, USA: Springer Nature Switzerland.
- Siajaya, Kiemberly, Reky S. Windah, and Banu D. Handono. 2018. "Respons Struktur Gedung Bertingkat Dengan Variasi Kekakuan Kolom Akibat Gempa Berdasarkan SNI 03-1726-2012." *Jurnal Sipil Statik* 411-422.
- Tanauma, Christoffel, Reky S. Windah, and Steenie E. Wallah. 2023. "Analisa Dinamik Bangunan Bertingkat Yang Memiliki Ketidakberaturan Horizontal Berbentuk T Akibat Gempa Berdasarkan SNI 1726-2019." *TEKNO* 957-968.
- Trifunac, M.D. 2003. "70-TH ANNIVERSARY OF BIOT SPECTRUM." (*ISSET Journal of Earthquake Technology*) 40 (1).