

**ANALISIS KINERJA STRUKTUR GEDUNG RUMAH SAKIT BERDASARKAN SNI
GEMPA 1726-2019
(STUDI KASUS: RSIA BUNDA ALIYAH DEPOK-JAWA BARAT)**

Satrio Bagas Prakoso^{1*}, Pio Ranap Tua Naibaho², Kristina Sembiring³

Program Studi Teknik Sipil Universitas Tama Jagakarsa

*Email: satriobagas81@gmail.com

Abstrak

Pembangunan gedung bertingkat di Indonesia mengalami peningkatan yang pesat, dalam prosesnya, konstruksi gedung bertingkat melalui proses perencanaan, pada proses perencanaan ini suatu gedung direncanakan sesuai dengan standar keamanan agar Gedung dapat berdiri dengan kokoh. Letak Indonesia yang berada di wilayah ring of fire menyebabkan seluruh struktur Gedung harus memenuhi syarat desain yang terdapat pada SNI 1726 yang mengatur tentang struktur gedung dari aspek ketahanan gempa. Edisi terbaru dari SNI 1726 adalah SNI 1726 – 2019. Seluruh perencanaan Gedung yang ada di Indonesia harus memenuhi syarat dari standar tersebut. Penelitian ini dilakukan menggunakan aplikasi Etabs dan Microsoft Excel untuk mengolah data yang diperoleh dari kontraktor. Penelitian dilakukan untuk mencari Simpangan antar lantai dan pengaruh terhadap P-Delta apakah memenuhi syarat dari SNI 1726 – 2019. Berdasarkan hasil penelitian, Gedung RSIA Bunda Aliyah Depok termasuk kepada sistem Ganda dengan Rangka Pemikul Momen Khusus (Sistem Pemikul Momen menggunakan Kolom Balok dan Shearwall) dan memperoleh arah X 99.98 %, statik arah Y 99.97 % dan dinamik arah X 92.83 %, dinamik arah Y 93.1 %, sehingga memenuhi syarat. Perencanaan struktur RSIA Bunda Aliyah Depok direncanakan diawali dengan permodelan struktur, input dimensi struktur, input beban, perhitungan beban gempa, input beban gempa, menentukan simpangan antar lantai, dan kontrol pengaruh terhadap P-Delta. Berdasarkan Analisa tersebut dapat disimpulkan bahwa Permodelan struktur Bunda Aliyah Depok Sudah sesuai dengan SNI dikarenakan simpangan antar lantai lebih kecil dari pada simpangan antar lantai desain ($\Delta < \Delta_{ijin}$).

Kata kunci: Analisis, Struktur, Gempa, SNI 1726

Abstract

The construction of high-rise buildings in Indonesia has experienced a rapid increase. In the process, the construction of high-rise buildings goes through the planning process, in the planning process in a building that is planned in accordance with safety standards so that the building can stand firmly. The location of Indonesia which is in the ring of fire area causes the entire building structure to meet the design requirements contained in SNI 1726 which regulates the structure from the aspect of earthquake resistance. The latest edition of SNI 1726 is SNI 1726 – 2019. All building plans in Indonesia must meet the requirements of these standards. This research was conducted using the Etabs application and Microsoft Excel to process data obtained from contractors. The study was conducted to find out the deviation between floors and its effect on P-Delta whether it meets the requirements of SNI 1726 – 2019. Based on the results of the study, the Bunda Aliyah RSIA building in Depok is a dual system with a special moment resisting frame (moment resisting system using beam columns and shearwall) and obtained the X direction 99.98%, Y direction dynamic 99.97% and X direction dynamic 92.83%, Y direction dynamic 93.1%, so it fulfills the requirements. The structural planning of Bunda Aliyah RSIA Depok begins with structural modeling, input of structure dimensions, input of earthquake loads, calculation of earthquake loads, and input of earthquake loads, determining the deviation between floors, and controlling the influence on the P-Delta. Based on the analysis, it can be concluded that the structural modeling of Bunda Aliyah Depok is in accordance with SNI because the deviation between floors is smaller than the deviation between the design floors ($\Delta < \Delta_{permit}$).

Kata kunci: Analisis, Struktur, Gempa, SNI 1726

1. PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Dalam perencanaan gedung rumah sakit perlu perhatian khusus mengingat gedung rumah sakit mempunyai tingkat kesulitan dalam perencanaannya, salah satunya seperti beban-beban yang berkerja sangat beragam. Selain itu perlu juga diperhatikan dimana jika terjadi musibah gempa bangunannya harus tetap kokoh berdiri atau setidaknya jika runtuh bangunan tersebut memiliki waktu yang cukup sebelum runtuh agar orang-orang di dalamnya dapat keluar menyelamatkan diri. Perencanaan struktur bangunan adalah salah satu bidang ilmu dalam Teknik Sipil yang mendalami perancangan suatu bangunan struktur yang tahan dari gaya-gaya yang terjadi akibat gempa dan gaya-gaya lainnya yang bekerja di sekitar bangunan. Kerusakan gedung dapat diminimalisir dengan beberapa sistem penahan beban gempa salah satunya seperti sistem ganda. Sistem ganda (*dual system*) adalah salah satu sistem struktur yang beban gravitasinya dipikul sepenuhnya oleh rangka utama, sedangkan beban lateral (beban gempa) dipikul bersama oleh rangka utama dan dinding struktur (*shear wall*).

Struktur gedung RSIA Bunda Aliyah Depok, direncanakan dan dibangun dengan Sistem Rangka Beton Bertulang Pemikul Momen Khusus dan Dinding Geser Khusus dengan acuan SNI 1726-2002, secara umum dapat dikategorikan sebagai Sistem Ganda. Dengan ditetapkannya Tata cara Perencanaan Ketahanan Gempa SNI 1726-2019 yang relatif berbeda dengan SNI 1726-2002, maka analisis kinerja struktur gedung RSIA Bunda Aliyah Depok ini perlu dilakukan, apakah masih masuk dalam kategori aman atau kategori tidak aman. Kinerja struktur didasari pada standar dan persyaratan yang diatur oleh SNI 1726-2019 berupa persyaratan periode getar, redaman struktur dan simpangan antar lantai. Kinerja struktur yang baik adalah yang memenuhi nilai batas dari simpangan antar lantai yang diizinkan akibat pengaruh gempa. Secara garis besar gedung RSIA Bunda Aliyah Depok akan dianalisis kembali berdasarkan standar dan persyaratan SNI 1726-2019.

1.2. Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah diuraikan di atas maka rumusan masalah ini adalah sebagai berikut:

1. Bagaimana perencanaan struktur gedung Rumah Sakit Bunda Aliyah Depok sesuai dengan SNI 1726-2019?
2. Apa saja tahap perencanaan struktur gedung RSIA Bunda Aliyah Depok dengan menggunakan sistem ganda sesuai persyaratan SNI 1726-2019?
3. Apakah kinerja struktur gedung RSIA Bunda Aliyah Depok memenuhi syarat simpangan yang diizinkan SNI 1726-2019?

1.3. Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian ini dilaksanakan adalah:

1. Untuk dapat merencanakan gedung rumah sakit tahan gempa dengan sistem ganda sesuai SNI 1726-2019.
2. Untuk mengetahui tahap perhitungan struktur dengan menggunakan sistem ganda.
3. Untuk mengetahui apakah kinerja struktur gedung RSIA Bunda Aliyah Depok memenuhi syarat simpangan yang diizinkan SNI 1726-2019.

1.4. Batasan Penelitian

Penulisan dibatasi agar tidak terjadi penyimpangan isi, adapun batasannya adalah sebagai berikut:

1. Gedung yang di bahas adalah gedung RSIA Bunda Aliya yang berada di Depok Jawa Barat.
2. Analisis dilakukan dengan bantuan program komputer (ETABS 2016).
3. Material bangunan berupa beton bertulang dengan mutu dan dimensi elemen struktur sesuai dengan data proyek pada saat tender.
4. Tidak menghitung dan memodelkan struktur sekunder seperti tangga, kanopi, dinding penahan tanah atau basement dan sebagainya, serta tidak menghitung struktur bawah seperti pondasi, pilecap dan sebagainya.
5. Tidak meninjau perhitungan pendetailan (penulangan) struktur baik struktur atas maupun struktur bawah.

2. LANDASAN TEORI

2.1. Perencanaan Struktur Gedung

Ketika merencanakan suatu struktur Gedung pada wilayah tertentu, biasanya terdapat peraturan yang digunakan sebagai pedoman dalam perencanaan. Di Indonesia terdapat beberapa standar peraturan yang digunakan sebagai acuan dalam perencanaan struktur gedung, peraturan yang digunakan dalam perencanaan adalah sebagai berikut:

1. SNI 1726:2019, Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Struktur Bangunan Gedung
2. SNI 1727:2013, Beban Minimum untuk Perencanaan Bangunan Gedung dan Struktur Lain
3. SNI 2847:2019, Persyaratan Beton Struktural Untuk Bangunan Gedung.

2.2. Konsep Struktur Tahan Gempa

Suatu bangunan harus memiliki kemampuan untuk menahan gaya lateral dan gaya vertikal yang mampu memberikan kekakuan, kekuatan, dan kapasitas yang cukup menahan gerak tanah dalam batasan deformasi dan kekuatan yang di syaratkan. Adapun hal – hal yang perlu di perhatikan dalam perencanaan struktur tahan gempa adalah :

1. Peraturan / pedoman Perencanaan Struktur
2. Material / bahan struktur gedung
3. Konsep pemilihan sistem struktur
4. Konsep pembebanan struktur
5. Konsep perencanaan komponen struktur

Komponen bangunan yang umum digunakan pada struktur Gedung adalah beton dan tulangan baja. Pada perencanaan struktur gedung, sistem gabungan antara portal rangka pemikul momen dan dinding geser dalam menahan beban lateral disebut sebagai sistem ganda (*dual system*). Interaksi antara portal dan dinding geser pada sistem ganda memiliki perilaku yang cukup unik, dimana gaya geser pada bagian bawah akan dominan dipikul oleh dinding geser sedangkan rangka pemikul momen memikul gaya geser pada bagian atas.

2.3. Pembebanan Struktur

Pada pembebanan struktur terdapat gaya yang bersifat statis dan dinamis. Gaya statis adalah gaya yang bekerja secara terus menerus Gaya dinamis adalah gaya yang bekerja secara tiba-tiba. Suatu struktur harus dapat menahan gaya-gaya yang bekerja. Beban Statis meliputi beban mati dan beban hidup. Beban mati adalah berat bangunan termasuk berat dinding, berat peralatan dan berat finishing yang ada pada bangunan. Nominal beban mati terdapat pada PPUG tahun 1983. Beban hidup adalah beban yang terjadi akibat aktifitas di dalam bangunan, nominal pada beban hidup di ambil pada SNI 1727-2013 tergantung dari fungsi bangunan / tiap tiap lantai yang akan di rencanakan. Beban dinamis adalah beban yang diperoleh suatu struktur akibat perubahan lingkungan baik iklim, cuaca, atau bencana seperti gempa bumi.

2.4. Kategori Resiko Bangunan

Berdasarkan tabel SNI 1726-2019, kategori resiko bangunan dibagi menjadi 4 kategori yang dikelompokkan berdasarkan fungsi bangunan. Masing-masing kategori memiliki mewakili resiko bangunan.

Tabel 1. Kategori resiko bangunan

No	Kategori Resiko	Faktor Keutamaan Gempa, I_e
1	I atau II	1.0
2	III	1.25
3	IV	1.50

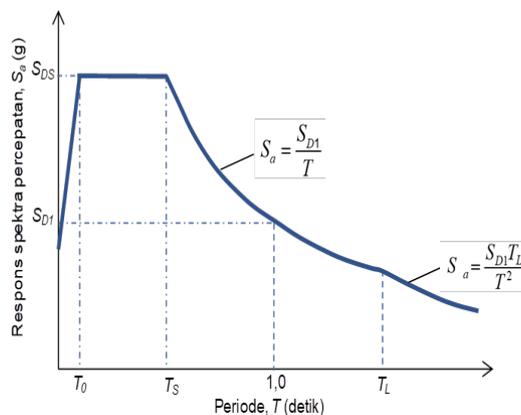
Rumah sakit berdasarkan Tabel kategori resiko bangunan pada SNI 1726-2019, bangunan rumah sakit termasuk pada kategori resiko IV.

2.5. Klasifikasi Situs dan Percepatan Gempa

Klasifikasi situs adalah penjelasan mengenai prosedur untuk memberikan kriteria desain seismik berupa faktor-faktor amplifikasi pada bangunan. Pada proses perumusan kriteria desain seismik suatu bangunan dipermukaan tanah suatu wilayah atau penentuan besaran percepatan gempa puncak dari batuan dasar ke permukaan tanah, maka wilayah atau situs tersebut harus diidentifikasi terlebih dahulu. Dalam penentuan klasifikasi situs, penulis menggunakan metode analisa menggunakan aplikasi puskim, dimana kita harus menuliskan koordinat dari wilayah situs yang akan digunakan. Nantinya akan ada *output* tabel dimana kita memilih jenis tanah pada situs tersebut sehingga diperoleh nilai-nilai klasifikasi situs pada jenis tanah tersebut.

2.6. Spektrum Respons Desain

Respons spektrum adalah suatu spektrum yang disajikan dalam bentuk grafik/plot antara periode getar struktur T , lawan respon-respon maksimum berdasarkan rasio redaman dan gempa tertentu. Respon-respon maksimum dapat berupa simpangan maksimum (*spectral displacement*, SD) kecepatan maksimum (*spectral velocity*, SV) atau percepatan maksimum (*spectral acceleration*, SA) massa struktur single degree of freedom (SDOF). Spektrum respons desain digambarkan pada Kurva Desain Respons Spektrum dibawah.



Gambar 1. Kurva desain respons spektrum

2.7. Kategori Desain Seismik

Dari nilai SDS (parameter respons percepatan periode pendek), SDI (Parameter respon percepatan periode 1 detik) dan kategori resiko bangunan yang diperoleh hasil dari aplikasi puskim didapati 2 kategori desain seismik. Nilai yang diambil adalah yang paling besar dari kedua kriteria desain seismik dengan ketentuan sebagai dalam tabel 2 dan tabel 3.

Tabel 2. Kategori desain seismik berdasarkan parameter SDS

Nilai SDS	Kategori Resiko	
	I atau II atau II	IV
$SDS < 0,167$	A	A
$0,167 \leq SDS < 0,33$	B	C
$0,33 \leq SDS < 0,5$	C	D
$0,50 \leq SDS$	D	D

Tabel 3. Kategori Desain Seismik Berdasarkan Parameter SD1

Nilai SD1	Kategori Resiko	
	I atau II atau II	IV
$SD1 < 0,067$	A	A
$0,067 \leq SD1 < 0,133$	B	C
$0,133 \leq SD1 < 0,2$	C	D
$0,20 \leq SD1$	D	D

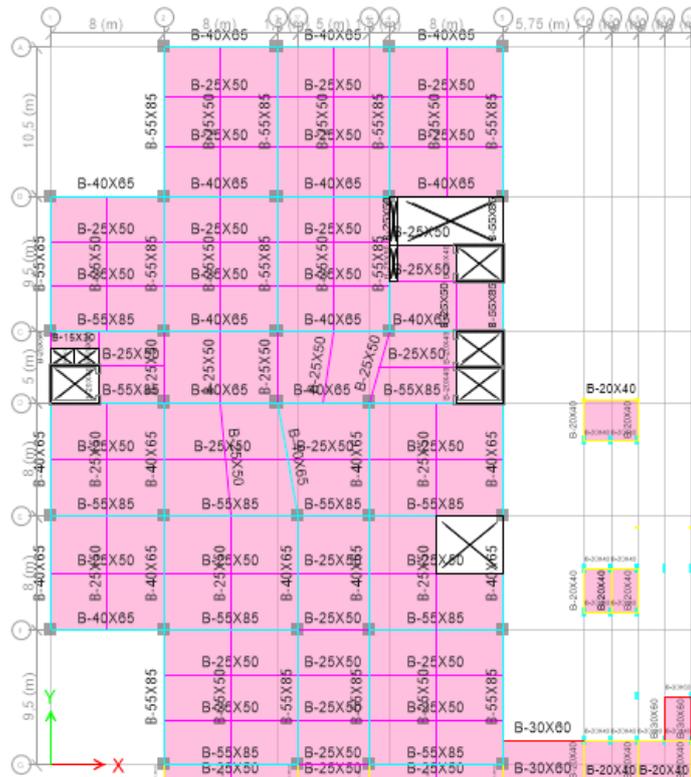
2.8. Kombinasi Sistem Struktur Dalam Arah Yang Berbeda dan Analisa Gaya Gempa

Sistem pemikul gaya seismik yang berbeda diizinkan untuk digunakan menahan gaya seismik di masing-masing arah kedua sumbu ortogonal struktur. Bila sistem yang berbeda digunakan, masing-masing nilai R , C_d , dan Ω harus diterapkan pada setiap sistem. Tinjauan struktur terhadap analisa gaya gempa diperlukan dalam merencanakan suatu bangunan. Struktur dianalisa terhadap gempa statik dan dinamik terdapat pada tabel prosedur analisis yang digunakan pada SNI 1726-2019.

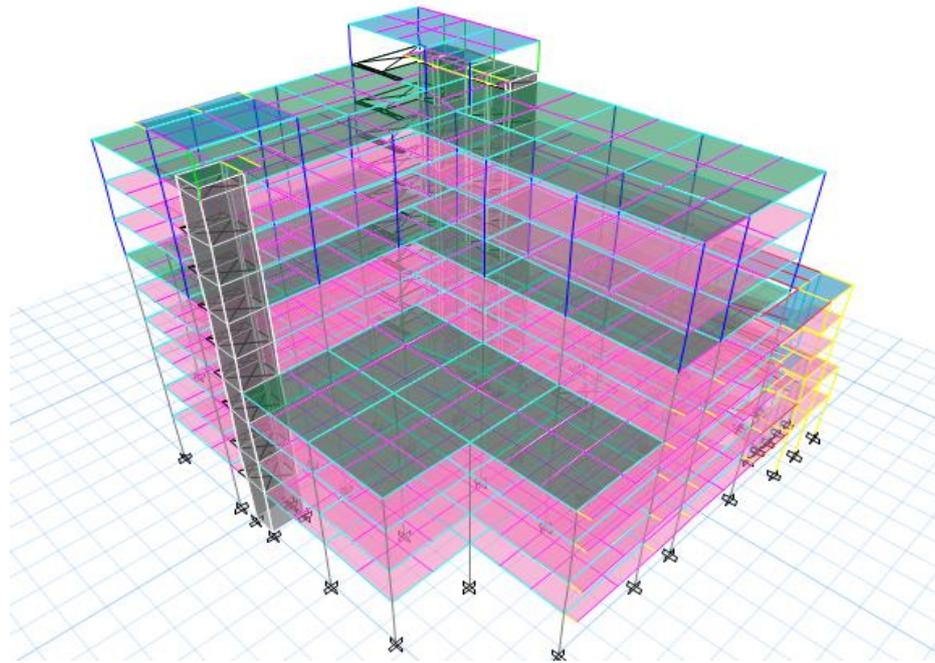
3. ANALISIS DAN PEMBAHASAN

3.1. Data Struktur dan Permodelan Struktur

Data perencanaan gedung berfungsi untuk memberikan gambaran secara umum mengenai model bangunan yang akan didirikan. Adapun data-data umum perencanaan Adalah Elevasi Gedung dan Elemen Struktural seperti denah beserta dimensi Kolom, Balok, plat lantai dan *Shearwall*. RSIA Bunda Aliyah Depok memiliki 9 lantai + 1 atap. Permodelan Struktur dilakukan menggunakan Aplikasi Etabs dengan data struktur cara menganalisa Elemen elemen struktur yang dimiliki oleh Gedung RSIA Bunda Aliyah Depok.



Gambar 2. Denah Permodelan Struktur



Gambar 3. Permodelan 3D Struktur

3.2. Pembebanan

Beban mati struktural berupa beton dengan beban sebesar 2400 kg/m^3 menurut PPIUG 1983, dan beban lainnya dapat dilihat pada rekap berikut.

Tabel 4. Rekap pembebanan statik

Lantai	Beban Mati	Beban Hidup
	Tambahan (kN/m^2)	(kN/m^2)
Lantai 2	2,76	(1,92) (3,83)
Lantai 3	2,76	(1,92) (3,83) (2,87)
Lantai 4	2,76	(1,92) (3,83)
Lantai 5	2,76	(1,92) (3,83) (4,79)
Lantai 6	2,76	(1,92) (3,83) (0,96)
Lantai 7	2,76	(1,92) (3,83)
Lantai 8	2,76	(1,92) (3,83)
Lantai 9	2,76	(1,92) (3,83)
Lantai atap	1,26	0,96
R. Mesin	1,26	4,91
Roof Top	1,26	0,96

Setelah menganalisa beban yang bekerja pada permodelan struktur selanjutnya menginput beban beban tersebut pada masing masing tipe pembebanan. Setelah input beban selanjutnya adalah perhitungan beban gempa.

Untuk peninjauan terhadap gaya gempa pada Gedung RSIA Bunda Aliyah Depok ini ditinjau secara analisis dinamis 3 dimensi. Fungsi respons spektrum ditetapkan sesuai peta wilayah gempa untuk daerah Depok-Jawa Barat. Dengan aplikasi puskim didapatkan parameter gempa rencana sebagai berikut.

Tabel 5. Hasil aplikasi puskim

TANAH SEDANG PUSKIM	
PGA (g)	0,38
S _s (g)	0,78531
.,S ₁ (g)	0,398855
F _{PGA}	1,107
F _A	1,18176
F _V	1,901145
PSA (g)	0,435
S _{MS} (g)	0,939958
S _{M1} (g)	0,758281
S _{DS} (g)	0,626638
S _{D1} (g)	0,505521
T ₀ (detik)	0,161344
T _s (detik)	0,0806718

Sesuai dengan tabel 2, ($0,50 \leq SDS$) maka kategori desain seismik kategori resiko D. Selanjutnya berdasarkan tabel 3, ($0,20 \leq SD1$) maka kategori desain seismik berdasarkan SD1 adalah kategori resiko D. Dengan demikian gedung RSIA Bunda Aliyah Depok masuk dalam Kategori Desain Seismik D.

Sistem pemikul momen yang digunakan pada Gedung RSIA Bunda Aliyah Depok adalah sistem ganda dengan rangka pemikul momen khusus dan dinding geser. Maka berdasarkan SNI-1726-2019 (Tabel 12), sistem pemikul gaya seismiknya adalah poin D (Sistem Ganda Dengan Rangka Pemikul Momen Khusus) yang mampu menahan paling sedikit 25% gaya seismik yang ditetapkan sub poin nomor 3 (Dinding Geser Beton Bertulang Khusus). Maka nilai R, Ω , dan Cd dapat dilihat sebagai berikut.

1. Koefisien Modifikasi Respon, R [Tabel-12] = 7
2. Faktor Pembesaran Defleksi, Cd [Tabel-12] = 5,5
3. Faktor Kuat Lebih Sistem, Ω_0 [Tabel-12] = 2

3.3. Penentuan Modal

Modal merupakan analisis dinamik untuk mengetahui perilaku ragam gerak struktur di setiap modenyanya. Analisis ini harus menyertakan jumlah modal yang cukup agar tercapai partisipasi massa ragam minimal 90% pada analisis dinamik, untuk analisis statik pembebanan gempa mengikuti pola ragam gerak di mode-mode awal (ragam fundamental pertama) yang memberikan arah translasi dominan untuk kedua arah sumbu ortogonal. Dalam prosesnya modal menggunakan aplikasi etabs dengan fitur *modal load participation ratio*. Modal yang didapat seperti tabel 6 dan modal rasio masa pada tabel 7.

Tabel 6. Modal Load Participation Ratio

Case	Item	Static	Dynamic
		%	%
Modal	UX	99,93	93,22
Modal	UY	99,92	94,54
Modal	UZ	0	0

Tabel 7. Modal Participating Mass Ratios

Case	Mode	Period (sec)	UX	UY	RZ
Modal	1	1,134	7%	37%	28%
Modal	2	1,091	63%	3%	3%
Modal	3	0,810	0%	32%	39%

3.4. Penentuan Periode Desain

Nilai periode desain akan digunakan untuk mendapatkan beban gempa rencana. Pada SNI 1726-2019 nilai periode struktur dibatasi oleh batas bawah periode (periode maksimum). Penentuan periode diatur pada pasal 7.8.2.1 (SNI 1726-2019). Dengan nilai H_n sebagai tinggi bangunan (38 Meter) ketinggian diambil hanya sampai lantai atap dikarenakan ruang mesin *lift* dan *roof top* luasannya tidak sampai 30% luasan lantai struktur gedung. Periode struktur nilainya adalah 1.046 detik. Berdasarkan analisa etabs, nilai T arah X $T_x = 1.091$ (mode 2) dan T arah Y $T_y = 1.134$ (mode 1). Periode desain yang akan digunakan harus memenuhi persyaratan sebagai berikut:

$T_{program} > T$ maka $T_{pakai} = T$

$T_a \leq T_{program} \leq T$ maka $T_{pakai} = T_{program}$

$T_a > T_{program} > T$ maka $T_{pakai} = T_a$

Agar memenuhi persyaratan di atas, maka periode desain yang digunakan adalah T_x adalah 1.046 detik dan $T_y = 1.046$ detik.

3.5. Penentuan Koefisien Respons Seismik

Nilai periode desain akan digunakan untuk mendapatkan beban gempa rencana. Pada SNI 1726-2019, nilai C_s harus lebih besar atau sama dengan 0.01. Ternyata nilai C_s adalah 0.041, maka nilainya lebih besar dari 0.02. Jadi $CSX = CSY = 0.078$ untuk koefisien gaya geser untuk arah y dan x.

3.6. Perhitungan Berat Seismik Efektif dan aya Geser Desain

Berat seismik efektif adalah berat total desain hasil penjumlahan dari beban mati struktur + beban mati tambahan + beban hidup yang tereduksi. Berat seismik efektif dihitung otomatis oleh aplikasi etabs ketika selesai running dan hasilnya sebagai berikut

Tabel 8. Berat struktur tiap lantai

Story	Diaph	Mass X	Mass Y
		kg	kg
ATAP	D1	792.467	792.466,95
LANTAI 9	D1	1.061.910	1.061.909,83
LANTAI 8	D1	1.040.724	
LANTAI	D1	1.094.757	1.040.723,86
ATAP (7)			1.094.757,38
LANTAI 6	D1	1.078.427	1.078.427,38
LANTAI 5	D1	1.850.506	1.850.506,47
LANTAI 4	D1	1.792.681	1.792.681,15
LANTAI 3	D1	1.923.011	1.923.010,75
LANTAI 2	D1	1.951.663	1.951.663,29

3.7. Distribusi gaya Gempa Statik Tiap Lantai

Distribusi gaya gempa lateral F pada setiap lantai diatur dalam SNI pasal 7.8.3 dan pada penelitian ini, distribusi gaya gempa yang diperoleh sesuai dengan tabel 9 berikut.

Tabel 9. Distribusi gaya gempa statistik ekivalen tiap lantai

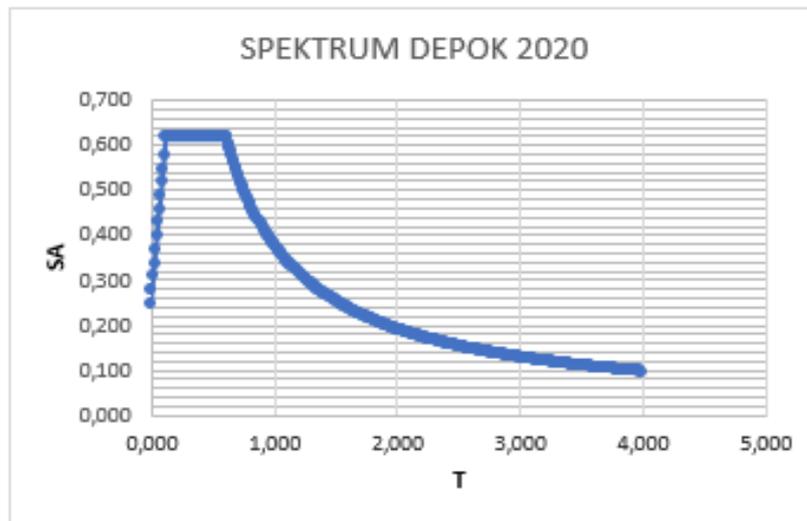
Lantai	hi (m)	Wi (Kg)	K	Wi x hi ^k (Kg.m)	Cvx	Fx (Kg)	Vx (Kg)
ATAP	38,00	792.467	1,27	81.239.589	0,141	137.752	137.752
9	34,00	1.061.910		94.491.087	0,164	160.221	297.973
8	30,26	1.040.724		79.840.105	0,138	135.379	433.352
7	26,52	1.094.757		71.002.967	0,123	120.394	553.746
6	22,78	1.078.427		57.639.199	0,100	97.734	651.480
5	19,04	1.850.506		78.719.345	0,137	133.478	784.959
4	15,30	1.792.681		57.730.697	0,100	97.890	882.848
3	10,20	1.923.011		36.961.728	0,064	62.673	945.521
2	5,95	1.951.663		18.889.859	0,033	32.030	977.552
Total	38,00	12.586.147		576.514.576	1,000	977.552	977.552

3.8. Pembebanan Gempa Statik Respons Spektra

Pembebanan gempa dinamik respons spektra dapat dianalisis langsung menggunakan program komputer dengan terlebih dahulu membuat kurva respons spektrum sesuai parameter spektral wilayah tempat gedung berdiri dan jenis tanahnya. Respons Spektrum Desain dapat langsung dibuat dengan menggunakan microsoft excel dengan memperhatikan nilai-nilai berikut:

1. Untuk perioda yang lebih kecil dari T_0 , spektrum respons percepatan desain (s_a). $s_a = S_{DS}(0,4 + 0,6 (T/T_0))$ Dengan nilai T_0 terdapat pada parameter desain yaitu sebesar 0.123 detik.
2. Untuk perioda lebih besar atau sama dengan T_0 dan lebih kecil dari atau sama dengan T_s , maka spektrum respons percepatan desain (S_a) sama dengan SDS.
3. Untuk perioda lebih besar dari T_s , spektrum percepatan desain (S_a) diambil:
 $S_a = S_{D1}/T$ Dengan nilai T_s terdapat pada parameter desain yaitu sebesar 0.616 detik.

Dari poin yang ada di atas, maka grafik respons spektra yang dapat dilihat pada gambar berikut.



Gambar 4. Spectrum Respons

Setyelah itu, input beban dinamik arah X dan Y yang nilainya adalah 2102,14. Persamaan tersebut digunakan untuk memperoleh nilai gaya gempa masing-masing lantai sesuai arah X dan Y hasil tersebut.

3.9. Realisasi Beban Gempa Statik-Dinamik

Berdasarkan SNI 1726-2019, beban gempa dinamik tidak boleh kurang dari beban gempa statik dengan persyaratan sebagai berikut. Nilai tersebut didapatkan berdasarkan hasil Analisa beban statik dan dinamik di setiap lantai.

Tabel 10. Gaya geser statik dan dinamik tiap lantai

Story	STATIK		DINAMIK	
	V _x	V _y	V _{SPEC-X}	V _{SPEC-Y}
	(kN)	(kN)	(kN)	(kN)
ATAP	1.802,46	1.802,46	1.740	1.436
9	3.898,93	3.898,93	3.174	2.663
8	5.670,35	5.670,35	4.341	3.669
7	7.245,69	7.245,69	5.360	4.548
6	8.524,53	8.524,53	6.264	5.333
5	10.271,07	10.271,07	7.486	6.378
4	11.551,94	11.551,94	8.572	7.336
3	12.372,01	12.372,01	9.351	8.049
2	12.791,12	12.791,12	9.731	8.419

Berdasarkan Analisa gaya geser yang didapatkan Dinamik lebih kecil daripada statik maka beban dinamik harus dikali dengan *Scale Factor* X = 1,31, sehingga gaya geser dinamik arah X adalah 2.763,26 dan *Scale Factor* Y = 1,52, sehingga gaya geser dinamik arah Y adalah 3.194. Setelahnya dilakukan proses *Run Analisis* gaya geser dinamik koreksi tiap lantai didapatkan dengan hasil perhitungan arah X adalah 2.287,19 dan arah Y = 2.181,35. Gaya dinamik koreksi dapat dilihat pada tabel berikut

Tabel 11. Gaya geser dinamik terkoreksi

Story	SKALA GAYA		DINAMIK KOREKSI	
	ARAH X	ARAH Y	V _{SPEC-X}	V _{SPEC-Y}
	X	Y	(kN)	(kN)
ATAP	1,31	1,52	2.287	2.181
9			4.172	4.046
8			5.706	5.575
7			7.046	6.911
6			8.234	8.103
5			9.840	9.691
4			11.268	11.146
3			12.292	12.230
2			12.791	12.791

3.10. Beban Gempa Desain

Dari hasil relasi antara gempa statik dan dinamik, kita dapat menentukan gaya gempa desain dengan distribusi yang baik dan sesuai sepanjang tinggi gedung. Gaya gempa desain mempertimbangkan nilai antara gaya geser statik minimal yang disyaratkan dan gaya gempa dari hasil dinamik respons spektra. Gaya gempa lateral desain tiap lantai didapat dari gaya geser tiap lantai desain hasil analisa. Gaya gempa pada suatu lantai merupakan selisih dari gaya geser antar lantai tersebut, sehingga nilainya masing-masing dapat dilihat pada tabel berikut.

Tabel 12. Gaya geser gempa desain gaya geser dinamik terkoreksi

Story	GAYA GESER DESAIN		F, GEMPA DESAIN	
	V _{SPEC-X} (V _x) (kN)	V _{SPEC-Y} (V _y) (kN)	F _x (kN)	F _y (kN)
ATAP	2.287	2.287	2.287	2.287
9	4.172	4.172	1.884	1.884
8	5.706	5.706	1.535	1.535
7	7.046	7.046	1.339	1.339
6	8.234	8.234	1.188	1.188
5	9.840	9.840	1.606	1.606
4	11.268	11.268	1.428	1.428
3	12.292	12.292	1.024	1.024
2	12.791	12.791	499	499

3.11. Kontrol Desain

Kontrol desain struktur dilakukan terhadap pengecekan batas simpangan antar lantai yang diatur dalam pasal 7.8.6 dan tabel 7.12 pada SNI 1726-2019 serta kestabilan terhadap P-Delta yang diatur dalam pasal 7.8.7. Untuk mengetahui nilai simpangan maksimum tiap lantai didapat dari analisis etabs setelah input gaya gempa desain arah X dan arah Y maka di dapatkan hasil analisis seperti berikut.

Tabel 13. Simpangan maksimum lantai akibat gempa arah X

Story	Elevation m	Location	X-Dir mm	Y-Dir mm
ATAP	38	Top	66,263	7,953
9	34	Top	59,115	6,63
8	30,26	Top	52,031	5,518
7	26,52	Top	44,547	4,524
6	22,78	Top	36,792	3,538
5	19,04	Top	30,148	2,534
4	15,3	Top	21,92	1,582
3	10,2	Top	15,152	1,909
2	5,95	Top	10,016	1,99

Tabel 14. Simpangan maksimum lantai akibat gempa arah Y

Story	Elevation m	Location	X-Dir mm	Y-Dir mm
ATAP	38	Top	10,759	34,638
9	34	Top	10,108	32,348
8	30,26	Top	9,33	29,658
7	26,52	Top	8,376	26,562
6	22,78	Top	7,881	22,982
5	19,04	Top	6,685	18,981
4	15,3	Top	5,611	14,803
3	10,2	Top	3,097	8,68
2	5,95	Top	2,194	3,941

3.12. Penentuan Simpangan Antar Lantai

Dari hasil relasi antara gempa statik dan dinamik, dapat ditentukan simpangan antar lantai, desain (Δ_i) tidak diperbolehkan melampaui simpangan antar lantai izin (Δ_{ijin}) seperti pada tabel 20 SNI 1726 - 2019 untuk semua tingkat. Berdasarkan tabel 20 Simpangan antar lantai ijin pada SNI 1726 - 2020 untuk jenis struktur yang masuk kedalam tipe semua struktur lainnya dan berada pada kategori risiko IV, batas simpangan antar lantai ijin adalah 0.010, maka tegangan ijin dapat di hitung

dengan mengalikan tinggi bangunan dengan 0.010. Suatu pemodelan struktur dikatakan memenuhi syarat jika simpangan antar lantai lebih kecil dari simpangan antar lantai desain ($\Delta_i < \Delta_{ijin}$). Jika diambil dari contoh lantai atap RSIA Bunda Aliyah Depok maka dapat disimpulkan simpangan arah-X dan simpangan arah-Y memenuhi syarat tersebut seperti yang dapat dilihat pada tabel 15 dan 16.

Tabel 15. Simpangan antar lantai arah-X

Story	h_{sx} (mm)	h (mm)	δ_e (mm)	Δ (mm)	Δ_i (mm)	Δ_{ijin} (mm)	Ket
Atap	38000	4000	66,26	242,96	26,21	40,00	Oke
9	34000	3740	59,12	216,76	25,97	37,40	Oke
8	30260	3740	52,03	190,78	27,44	37,40	Oke
7	26520	3740	44,55	163,34	28,44	37,40	Oke
6	22780	3740	36,79	134,90	24,36	37,40	Oke
5	19040	3740	30,15	110,54	30,17	37,40	Oke
4	15300	5100	21,92	80,37	24,82	51,00	Oke
3	10200	4250	15,15	55,56	18,83	42,50	Oke
2	5950	5950	10,02	36,73	36,73	59,50	Oke

Tabel 16. Simpangan antar lantai arah-Y

Story	h_{sx} (mm)	h (mm)	δ_e (mm)	Δ (mm)	Δ_i (mm)	Δ_{ijin} (mm)	Ket
Atap	38000	4000	34,64	127,01	8,40	40,00	Oke
9	34000	3740	32,35	118,61	9,86	37,40	Oke
8	30260	3740	29,66	108,75	11,35	37,40	Oke
7	26520	3740	26,56	97,39	13,13	37,40	Oke
6	22780	3740	22,98	84,27	14,67	37,40	Oke
5	19040	3740	18,98	69,60	15,32	37,40	Oke
4	15300	5100	14,80	54,28	22,45	51,00	Oke
3	10200	4250	8,68	31,83	17,38	42,50	Oke
2	5950	5950	3,94	14,45	14,45	59,50	Oke

3.13. Pengaruh Terhadap P-Delta

P-delta adalah efek orde dua pada struktur yang dibebani secara lateral. Salah satu efek orde pertama adalah defleksi awal struktur sebagai reaksi terhadap beban lateral. Besarnya efek P-delta bergantung pada besarnya defleksi awal ini. P-delta adalah momen yang diperoleh dengan mengalikan gaya akibat berat struktur dan beban aksial yang diterapkan (P) dengan defleksi orde pertama, Δ atau δ . pada SNI 1726-2019 pasal 7.8.7 pengaruh P-Delta tidak disyaratkan diperhitungkan bila koefisien stabilitas (θ) sama dengan atau kurang dari 0,10. P-Delta sendiri adalah pengecekan kestabilan bangunan nilai beban P (Gravity) hasil dari etabs. Karena nilai θ harus lebih kecil dari 0,1 maka tidak disyaratkan untuk diperhitungkan terhadap pengaruh P-Delta, sehingga struktur masih dalam kondisi stabil. Permodelan struktur dikatakan stabil apabila $\theta < \theta_{max}$. Perhitungan P-Delta dapat dari semua arah, baik x dan y adalah stabil yang detailnya dapat dilihat pada tabel berikut.

Tabel 17. P-Delta arah-X

Story	h_{sx} (mm)	Δ_i (mm)	P (kN)	V_x (kN)	θ	θ_{max}	Ket
Atap	38000	26,21	10691,34	2287,19	0,0009	0,909	STABIL
9	34000	25,97	21151,60	4171,59	0,0011	0,909	STABIL
8	30260	27,44	31455,97	5706,36	0,0014	0,909	STABIL
7	26520	28,44	42410,52	7045,72	0,0018	0,909	STABIL
6	22780	24,36	54123,30	8243,11	0,0019	0,909	STABIL
5	19040	30,17	74172,82	9839,97	0,0033	0,909	STABIL
4	15300	24,82	95659,45	11268,07	0,0038	0,909	STABIL
3	10200	18,83	117343,87	12292,38	0,0048	0,909	STABIL
2	5950	36,73	139129,50	12791,12	0,0183	0,909	STABIL

Tabel 18. P-Delta arah-Y

Story	h _{sx} (mm)	h (mm)	P (kN)	V _y (kN)	θ	θ _{max}	Ket
Atap	38000	26,21	10691,34	2287,19	0,0003	0,909	STABIL
9	34000	25,97	21151,60	4171,59	0,0004	0,909	STABIL
8	30260	27,44	31455,97	5706,36	0,0006	0,909	STABIL
7	26520	28,44	42410,52	7045,72	0,0008	0,909	STABIL
6	22780	24,36	54123,30	8243,11	0,0012	0,909	STABIL
5	19040	30,17	74172,82	9839,97	0,0017	0,909	STABIL
4	15300	24,82	95659,45	11268,07	0,0034	0,909	STABIL
3	10200	18,83	117343,87	12292,38	0,0044	0,909	STABIL
2	5950	36,73	139129,50	8151,31	0,0073	0,909	STABIL

4. PENUTUP

4.1. Kesimpulan

Berdasarkan Analisa struktur terhadap permodelan struktur RSIA Bunda Aliyah Depok menggunakan SNI Gempa 1726-2019 dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Perencanaan Struktur RSIA Bunda Aliyah Depok termasuk kepada sistem ganda dengan rangka pemikul momen khusus (Kolom Balok dan Shearwall). Pada perencanaan Struktur ini mendapatkan nilai statik arah X 99.93 %, statik arah Y 99.92 % dan dinamik arah X 93.22 %, dinamik arah Y 94.54 % dikatakan sudah sesuai karena melebihi standar sebesar 90%
2. Pada perencanaan struktur gedung Bunda Aliyah Depok perencanaan diawali dengan Permodelan Struktur, Input Beban, Perhitungan beban gempa, Input Beban Gempa, Menentukan Simpangan Antar Lantai, dan Kontrol Pengaruh Terhadap P-Delta.
3. Berdasarkan perhitungan simpangan antar lantai pada Permodelan Struktur RSIA Bunda Aliyah Depok mengacu Pada SNI Gempa 1726-2019 dinyatakan sesuai dengan SNI dikarenakan simpangan antar lantai lebih kecil dari simpangan antar lantai desain ($\Delta < \Delta_{ijin}$).

4.2. Saran

1. Pada permodelan struktur dapat dilakukan menggunakan sistem struktur lain selain Shearwall, hal ini mempertimbangkan aspek fungsi ruangan dan keindahan, selain itu letak shearwall juga berpengaruh terhadap nilai kekakuan bangunan sehingga perletakan shearwall dapat di kaji ulang agar dimensi dan Panjang shearwall lebih efektif.
2. Analisis gempa dapat dilakukan selain menggunakan analisis respons spectrum, seperti analisis Gempa dinamik menggunakan Time History maupun analisis pushover.
3. Analisis yang digunakan pada penelitian ini dapat dilanjutkan untuk pendetailan terhadap penulangan struktur atas dan struktur bawah untuk mendapatkan hasil analisa yang lebih lengkap.

DAFTAR PUSTAKA

- Rachmadiani, U, 2018, Analisis Kinerja Struktur Gedung Rumah Sakit Dengan Metode Sistem Ganda Menggunakan SNI Gempa 1726-2012 (Studi Kasus: Royal Dental Hospital Serpong-Banten), *Laporan Tugas Akhir*, Universitas Mercu Buana.
- Indarto, H; Hermawan, H, 2017, Mekanisme Kebijakan Standar Ketahanan Gempa Baru Pada Bangunan, *Jurnal Teknik*, Vol. 38, No. 2, 2016: Halaman 103.
- Simanjuntak, P, 2020, Evaluasi Kerusakan Bangunan Akibat Gempa di Indonesia, *Jurnal Teknik Sipil Universitas Kristen Indonesia*, Vol. 1, No.1, April 2020: Halaman 44.
- Saputra, A; Firmanto, A, 2017, Analisis Struktur Rumah Sakit Permata Cirebon, *Jurnal Konstruksi Unswagati Cirebon*, Vol. 6, No. 6, April 2017: Halaman 565.
- Krismahadi, W; Wahyuno, P, 2016, Perencanaan Struktur Gedung “Sunter Park View Apartment” Sunter-Jakarta Utara, *Laporan Tugas Akhir*, Universitas Diponegoro.
- Belo, J.M.F., 2015, Studi Perencanaan Struktur Tahan Gempa Dengan Sistem Rangka Pemikul Momen Pada Bangunan Gedung B Progam Teknologi Informasi dan Ilmu Komputer

Universitas Brawijaya Malang Tahap 1, *Laporan Tugas Akhir*, Institut Teknologi Nasional Malang.

Masagala, A.A.; Ma'ruf, F, 2016, Perencanaan Struktur Beton Bertulang Tahan Gempa Berlantai 4 Studi Kasus Gedung Baru Kampus I Universitas Teknologi Yogyakarta, *Jurnal Ilmiah Semesta*, Vol. 19, No. 1, Mei 2016: Halaman 80.

Baehaki; Soelarso, 2019, Redesign Struktur Balok pada Gedung Kuliah FT. UNTIRA Berdasarkan SNI 1726-2012 dan SNI 2847-2013, *Jurnal Teknik*, Vol. 15, No. 1, Juni 2019: Halaman 13.

Badan Standardisasi Nasional, 2019, Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Struktur Bangunan dan Non Gedung , SNI 1726-2019, Desember 2019, Jakarta.

Badan Standardisasi Nasional, 2013, Beban Minimum Untuk Perencanaan Bangunan Gedung dan Struktur Lain, SNI 1727-2013, 2013, Jakarta.

Badan Standardisasi Nasional, 2019, Persyaratan Beton Struktural untuk Bangunan Gedung dan Penjelasan, SNI 2847-2019, Desember 2019, Jakarta