

BAB III

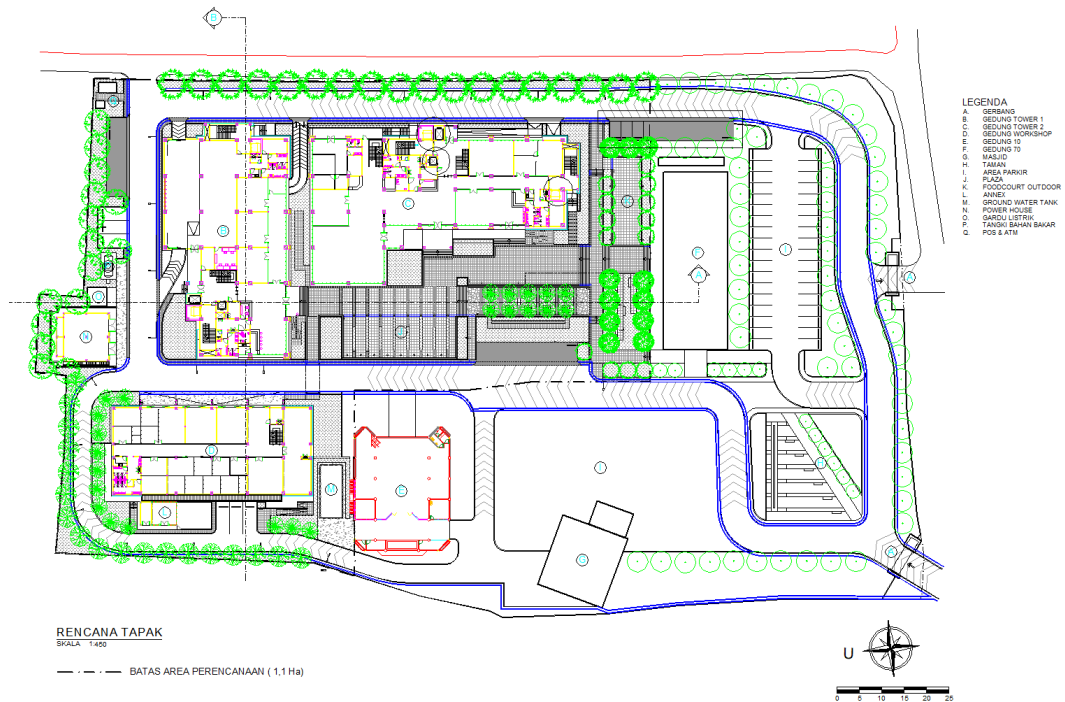
METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Desain Penelitian

Desain penelitian yang digunakan pada tugas akhir ini adalah analisis dinamik terhadap beban gempa dengan bantuan *software* Robot Structural Analysis Professional 2020. Analisis dilakukandengan cara pemodelan gedung secara 3 (tiga) dimensi dari mulai kolom, balok, pelat lantai, pelat atap, plat tangga dan komponen struktur gedung lainnya kedalam *software*. Setelah pemodelan selesai dengan output analisis struktur perpindahan (*displacement*), simpangan (*drift*), dan gaya geser dasar (*base shear*). Setelah didapatkan simpangan dapat diketahui kinerja struktur dengan kinerja batas layan dan kinerja batas ultimit juga tingkat kinerja struktur berdasarkan ATC-40.



Gambar 3.1 Visual Desain 3D Gedung Infrastruktur BASICS LIPI
Sumber : *Data dokumentasi Proyek Pembangunan Gedung Infrastruktur
BASICS LIPI*



Gambar 3. 2 Denah Site Plan 2D

Sumber : *Data dokumentasi Proyek Pembangunan Gedung Infrastruktur
BASICS LIPI*



Gambar 3. 3 Denah Site Plan 3D

Sumber : *Data dokumentasi Proyek Pembangunan Gedung Infrastruktur
BASICS LIPI*

Taufik Hidayat, 2022

**ANALISIS KINERJA STRUKTUR GEDUNG BERTINGKAT AKIBAT BEBAN GEMPA DENGAN METODE RESPONS SPEKTRUM
DAN TIME HISTORY (STUDI KASUS : GEDUNG INFRASTRUKTUR BASICS LIPI 3 BANDUNG)**

Universitas Pendidikan Indonesia | repository.upi.edu | perpustakaan.upi.edu



Gambar 3.4 Tampak depan
 Sumber : *Data dokumentasi Proyek Pembangunan Gedung
 Infrastruktur BASICS LIPI*

3.2 Lokasi Penelitian

Lokasi pada penelitian Gedung Infrastruktur BASICS ini bertempat di dalam kawasan Kampus Bandung – LIPI. Jl. Sangkuriang, Komplek Lipi Gd. 20, Jl. Cisitu Lama, Dago, Kecamatan Coblong, Kota Bandung, Jawa Barat 40135 Indonesia.

Lokasi penelitian di sisi timur dan selatan berbatasan dengan Jl.Cisitu Lama, sisi barat berbatasan dengan Balai Besar Logam dan Mesin, Metal Industries Development Center - MIDC, Kementerian Perindustrian, dan bagian utara proyek berbatasan dengan Kampung Parigi RT.05. Lokasi proyek dapat dilihat dalam gambar 3.4



Gambar 3.5 Lokasi Proyek Pembangunan Gedung Infrastruktur BASICS

(Sumber : Google Earth)

Studi kasus yang akan digunakan dalam penelitian ini adalah struktur beton bertulang Gedung Infrastruktur BASICS LIPI dengan jumlah lantai yaitu 5 lantai.

3.3 Instrumen Penelitian

3.3.1 Data Teknis Proyek dan Shop Drawing

Data teknis proyek Gedung Infrastruktur BASICS LIPI adalah sebagaiberikut :

1. Data Teknis Arsitektur

Lokasi : Jl. Sangkuriang, Komplek Lipi Gd. 20, Jl. Cisitu Lama, Dago, Kecamatan Coblong, Kota Bandung, Jawa Barat 40135 Indonesia.

Luas daerah perencanaan	: 11000 m ²
Luas Bangunan	: 7342 m ²
Tinggi total Bangunan	: 27,25 m
Fungsi Bangunan	: Gedung Ruang Penelitian dan Pertemuan

2. Data Teknis Bangunan (Struktur)

Mengacu pada gambar desain perencanaan yang dirancang oleh Konsultan Perencana Struktur data teknis struktur sebagai berikut :

Fungsi	: Gedung Kantor dan Laboratorium Penelitian
Jumlah Lapis	: 6 (enam) lapis
Tinggi Antar Lantai	: 5,00 m (Lantai 1) 4,0 m (LT. 2 – 4 Tipikal) 4,0 m (LT. 5) 3,0 m (LT. Pasrial LMR) 3,2 m (LT. Basement)
Tinggi total bangunan	: 27,25 m
Sistem Pondasi	: Pondasi Bored Pile dan Pile Cap Tipe Pondasi P1-P4 & P8
Sistem dinding penahan tanah	: Retaining Wall (Dinding Beton Bertulang)
Mutu Beton	: Beton fc' 30 MPa
Mutu baja tulangan	fy 420 MPa

Tipe elemen struktur Gedung Infrastruktur BASICS LIPI 3 Bandung :

Tabel 3. 2 Tabel Struktur Plat

Tipe Plat	Tebal Plat (mm)
SB	200
SA	130
S1	130
S2	130
S3	150

Sumber : *Data proyek Proyek Pembangunan Gedung Infrastruktur BASICS LIPI, 2021*

Tipe Kolom yang digunakan adalah sebagai berikut :

Tabel 3. 3 Tabel Dimensi Struktur Kolom

Tipe Kolom	Dimensi (mm)
K1	500x500
K1	750x750
K2	750x750
K2A	450x450
K2A	750x750
K3	750x750
K4	650x650
K5	650x650
K5A	450x450
K5A	650x650
K6	650x650
K6	500x500
K7	450x450
K7	650x650
K8	650x650
K9	500x500
K10	450x450
K10	500x500
K11	450x450

Sumber : *Data proyek Pembangunan Gedung Infrastruktur BASICS LIPI, 2021*

Tipe Tie Beam yang digunakan adalah sebagai berikut :

Tabel 3. 4 Tabel Dimensi Struktur Tie Beam

Tipe Tie-Beam	Dimensi (mm)
TB 1	400x700
TB 2	400x600

Sumber : *Data proyek Proyek Pembangunan Gedung Infrastruktur BASICS LIPI, 2021*

Tipe Balok yang digunakan adalah sebagai berikut :

Tabel 3. 5 Tabel Dimensi Struktur Balok

Tipe Kolom	Dimensi (mm)
------------	--------------

B1	300x550
B2	300x550
B3	300x550
B4	250x500
B5	200x400
B6	300x550
G1	400x700
G2	400x700
G3	400x700
G4	400x700
G5	400x600
G6	400x600
G7	400x600
G8	400x600

Sumber : *Data proyek Proyek Pembangunan Gedung Infrastruktur BASICS LIPI, 2021*

Tabel 3. 6 Mutu Baja Tulangan

Mutu Baja	Kuat Leleh	Diameter
Baja Polos	240 Mpa	$\emptyset < 10$
Baja Ulir	420 Mpa	D13, D19, D16, D22

Sumber : *Data proyek Proyek Pembangunan Gedung Infrastruktur BASICS LIPI, 2021*

Tabel 3. 7 Mutu Beton

Jenis	Lantai	Kuat Tekan (fc')
Retaining Wall	Semi Basement	30 Mpa
Tie Beam	Semi Basement	30 Mpa

Kolom	LT.1 – LT. Atap	30 Mpa
Plat Lantai	LT. SB – LT. Dak	30 Mpa
Plat Atap	LT.4, LT. Dak, LT. Atap	30 Mpa

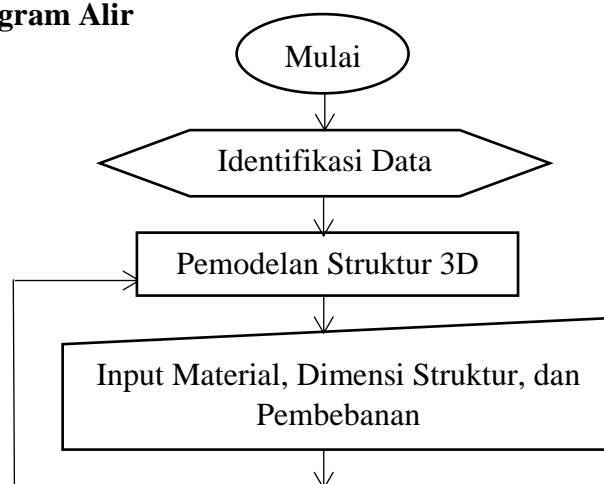
Sumber : *Data proyek Proyek Pembangunan Gedung Infrastruktur BASICS LIPI, 2021*

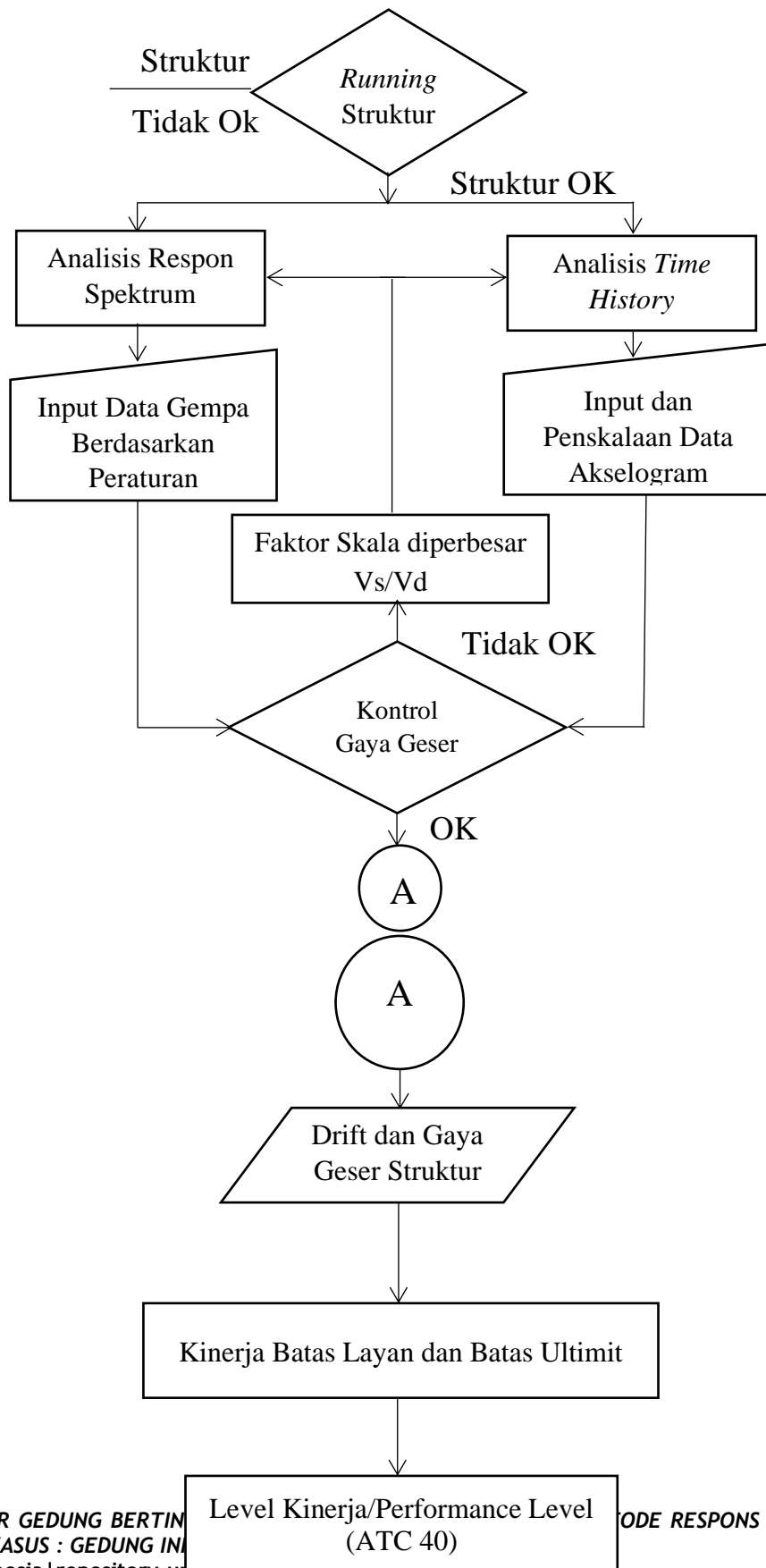
3.3.2 RSAP 2020

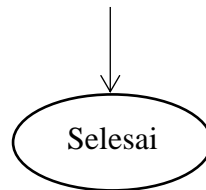
Pada penelitian ini penulis menggunakan program RSAP 2020 untuk melakukan pembuatan atau perubahan model 3D, melakukan analisis, merancang/mendesain, dan mengoptimalkan desain sesuai dengan system penahan gaya gempa yang telah dipilih. Hasil keluaran berupa besaran dengan tampilan grafis yang meliputi hasil analisis gaya-gaya elemen atau tegangan, desain struktur baja atau beton, displacement langsung dapat diketahui.

3.4 Prosedur penelitian

3.4.1 Diagram Alir





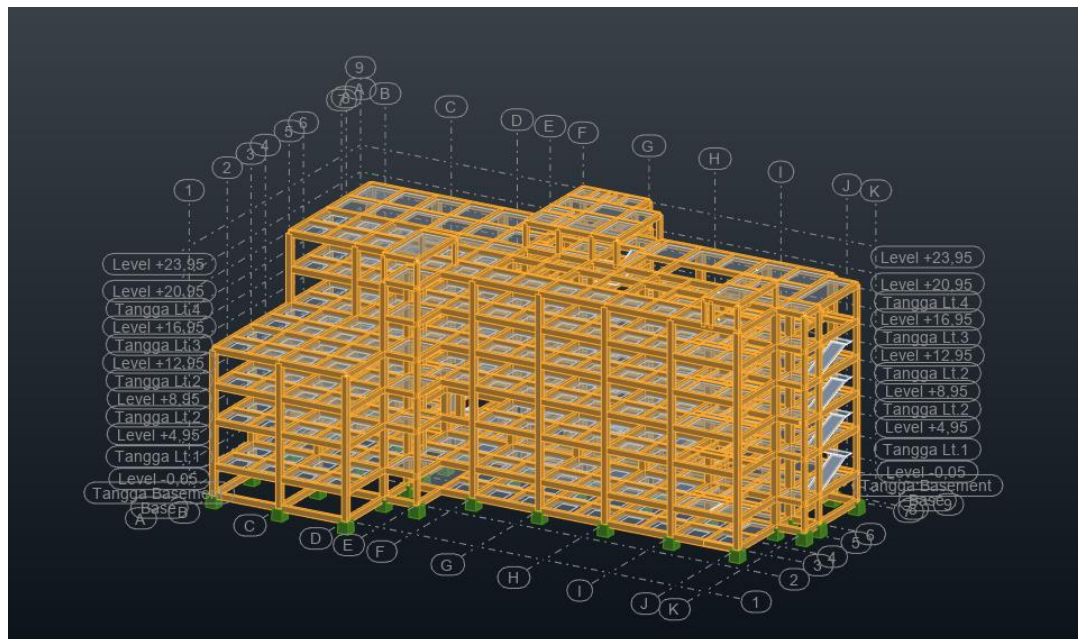


3.4.2 Identifikasi Data

Data yang didapat adalah data sekunder berupa data teknis proyek dan *shop drawing* Gedung Infrastruktur BASICS LIPI yang digunakan untuk kebutuhan pemodelan struktur 3D yang selanjutnya dianalisis dengan menggunakan bantuan software RSAP 2020. Data tersebut diperoleh dari instansi yang berkepentingan, PT PP (Persero) Tbk, selaku Kontraktor pembangunan Gedung Infrastruktur BASICS LIPI.

3.4.3 Pemodelan Struktur 3D dengan RSAP

Pada pemodelan tiga dimensi dimulai dengan menentukan grid sesuai dengan *shop drawing* kemudian mendefinisikan dimensi dan material elemen struktur yang akan digunakan sesuai dengan *shop drawing* Gedung Infrastruktur BASICS LIPI, seperti balok, kolom, pelat, dan lainnya. Setelah mendefinisikan elemen struktur yang akan digunakan, gambarkan elemen struktur sesuai dengan posisi yang terdapat pada *shop drawing*.



Gambar 3. 6 Pemodelan Gedung Infrastruktur BASICS LIPI format 3D RSAP

Sumber: *Software RSAP 2020*

Hasil analisis dan desain dapat dipilih untuk sebagian atau keseluruhan elemen. Program RSAP 2020 menyediakan empat fasilitas untuk analisis dan desain struktur, ialah membuat model, memodifikasi, menganalisis, dan mendesain struktur.

3.4.4. Input Pembebanan

Input pembebanan berdasarkan dengan Pedoman Perencanaan Pembebanan untuk Rumah dan Gedung 1987 dan SNI 1727-2020 Beban Minimum untuk Perancangan Bangunan Gedung dan Struktur Lain. Untuk beban gempa desain diambil sesuai dengan SNI 1726-2019 Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non Gedung dengan wilayah gempa di Bandung.

Jenis-jenis pembebanan yang di pakai dalam analisis struktur ini sebagai berikut :

1. **Beban Mati (*Dead Load*)**

Beban mati (*Dead Load*) yang dihitung berdasarkan pemodelan merupakan berat sendiri elemen struktur, dimana berat sendiri elemen struktur terdiri dari

kolom, balok, dan pelat lantai dihitung secara otomatis dengan program komputer RSAP 2020. Beban mati yang terhitung didalam program RSAP 2020 dimasukan kedalam *load case dead* sebesar 1. Sedangkan berat sendiri yang tidak dapat dimodelkan dalam program RSAP 2020 dalam *load case super dead* dengan perhitungan sebesar 0.

Tabel 3. 8 Pembebanan Material

1. Bahan Bangunan	
a. Beton bertulang	2400 kg/m ³
b. Baja	7850 kg/m ³
2. Komponen Gedung	
a. Adukan semen (per cm)	21 kg/m ²
b. Pasangan bata merah ½ bata	250 kg/m ²
d. Keramik	24 kg/m ²
e. Plafond	11 kg/m ²
f. Penggantung	7 kg/m ²
g. M/E	25 kg/m ²

Sumber : *Peraturan Pembebanan Indonesia Untuk Gedung (PPIUG) Tahun 1983*

Tabel 3. 9 Pembebanan Tambahan

Fungsi	Beban mati tambahan
Unit Apartemen	225 kg/m ²
Lobby/koridor	225 kg/m ²
Fasilitas umum	225 k/m ²

Sumber : *Peraturan Pembebanan Indonesia Untuk Gedung (PPIUG) Tahun 1983*

2. Beban Hidup

Beban hidup yang dimasukan dalam program RSAP 2020 dinotasikan dalam *live*.Beban hidup ini mendapatkan reduksi dari beban gempa. Perhitungan beban hidupini dalam program RSAP 2020 untuk *live* adalah 0, dimana beban hidup perlu dimasukan secara manual sesuai dengan data yang ada berdasarkan PPURG 1987

sebagai berikut :

Tabel 3. 10 Pembebanan beban hidup

Fungsi	Berat
Pelat Lantai	250 kg/m ²
Pelat Atap	100 kg/m ²
Kantilever	100 kg/m ²

Sumber : *Peraturan Pembebanan Indonesia Untuk Gedung (PPIUG) Tahun 1983*

3. Beban Gempa

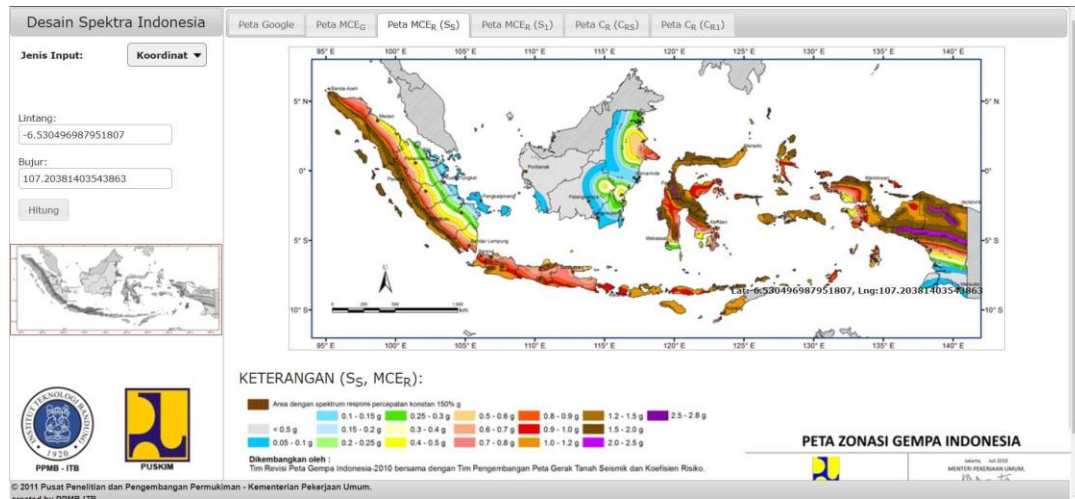
Dalam pemodelan Gedung Infrastruktur BASICS LIPI 3 Bandung dilakukan analisis dinamik dengan Respon Spektrum dan Analisis Respons Riwayat Waktu (*Time History*). Beban gempa yang digunakan mengikuti persyaratan dan kriteria Standar Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Struktur Bangunan Gedung (SNI 1726:2019).

a. Analisis Respons Spektrum

Pada analisis respons spektrum perhitungan dimulai dengan menentukan kategori resiko struktur, parameter percepatan gempa batuan dasar pada periode pendek dan periode 1 detik, kelas situs tanah berdasarkan batuan dasar permukaan tanah, menentukan parameter dan koefisien situs respons spektral percepatan gempa maksimum yang mempertimbangkan resiko target (MCER), selanjutnya menentukan respons desain.

Untuk menentukan nilai parameter percepatan gempa batuan dasar pada periode pendek (S_{DS}) dan periode 1 detik (S_{D1}) digunakan kurva respons spektrum desain berdasarkan program yang telah disediakan oleh Departemen Pekerjaan Umum pada website berikut :

http://puskim.pu.go.id/Aplikasi/desain_spektra_indonesia_2011/



Gambar 3. 7 Peta Zonasi Gempa Indonesia

Sumber : *Desain Spektra Puskim PU*

1) Kategori Resiko Struktur

Nilai kategori resiko struktur bangunan Gedung Gedung Infrastruktur BASICS LIPI berdasarkan tabel 2.1 atau pada SNI 1726-2019 (tabel 3) sesuai dengan fungsi bangunan yaitu sebagai apartemen, masuk dalam kategori resiko II.

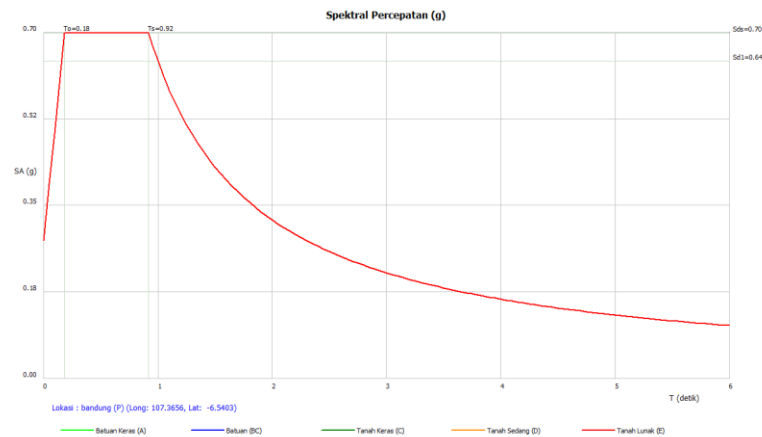
2) Parameter percepatan gempa batuan dasar

Parameter percepatan spektral desain untuk periode pendek (SDS) dan pada periode 1 detik (SD1) ditentukan melalui grafik respons spektrum desain Puskim PU untuk daerah Bandung, Jawa Barat adalah :

Tabel 3. 11 Parameter percepatan spektral desain untuk periode pendek SDS) dan pada periode 1 detik (SD1)

S_s : 1.244	S_1 : 0.530
---------------	---------------

F_a : 1.002	F_v : 1.769
SMS : 1.247	SM1 : 0.938
SDS : 0.831	SD1 : 0.625



Gambar 3. 8 Grafik Respons Spektra

Sumber: Aplikasi Peta Gempa dan Respons Spektra 2019,(C) ESRC-PUSGEN-PUSKIM PUPR,2019-2020

1) Klasifikasi Situs

Prosedur untuk klasifikasi suatu situs untuk memberikan kriteria desain seismik berupa faktor-faktor amplifikasi pada bangunan. Dalam perumusan kriteria desain seismik suatu bangunan di permukaan tanah atau penentuan amplifikasi besaran percepatan gempa puncak dari batuan dasar ke permukaan tanah untuk suatu situs, maka situs tersebut harus diklasifikasikan terlebih dahulu.

Penetapan kelas situs harus melalui penyelidikan tanah di lapangan dan di laboratorium, dengan minimal mengukur secara independen dua dari tiga parameter tanah dan apabila data tanah tidak diketahui maka diambil asumsi bahwa tanah setempat merupakan jenis tanah lunak. Diketahui kelas situs berdasarkan data tanah setempat bangunan gedung Gedung Infrastruktur BASICS LIPI adalah SE (tanah lunak).

2) Kategori Desain Seismik

Pada SNI 1726-2012 (tabel 8 dan tabel 9) berdasarkan SDS atau SD1 dalam memilih kategori desain seismik untuk Gedung Gedung Infrastruktur BASICS LIPI yang berlokasi di Bandung masuk dalam kategori resiko desain seismik D.

3) Faktor Keutamaan Bangunan (I)

Nilai faktor keutamaan gedung dapat ditentukan berdasarkan tabel 2.2 atau pada SNI 1726-2019 (tabel 4) dan disesuaikan nilai kategori resiko struktur, maka didapatkan faktor keutamaan bangunan gedung Gedung Gedung Infrastruktur BASICS LIPI sebesar 1,0.

4) Koefisien Modifikasi Respon (R), Faktor Amplifikasi Defleksi (C_d), dan Faktor Kuat Lebih (Ω_0)

Nilai dari koefisien modifikasi respon dapat ditentukan berdasarkan tabel 2.4 atau sesuai dengan SNI 1726-2019 (tabel 12). Sistem struktur bangunan gedung ini termasuk dalam sistem rangka pemikul momen (rangka beton bertulang pemikul momen khusus). Besarnya nilai faktor reduksi gempa $R = 8$, $C_d = 5.5$, dan $\Omega_0 = 3$.

a. Analisis Respons Riwayat Waktu (*Time History*)

Gaya gempa yang menjadi acuan dalam analisis ini diambil dari percepatan maksimum permukaan tanah (PGA) yang berasal dari gempa yang sudah pernah terjadi minimal tiga gerak tanah yang sesuai harus digunakan dalam analisis. Kemudian percepatan gempa yang dipilih dimodifikasi dengan menskalakan rekam gempa menggunakan persamaan.

Dari Tabel 2.14 dan Tabel 2.15 ringkasan zona potensial sumber seismik (sesar dan *megathrust*), Bandung memiliki *magnitude* sebesar 6,5 – 7,6 dengan rata-rata jarak titik gempa 75 km – 150 km. Maka dipilih tiga data rekaman gempa diambil dari website *NGAWEST.PEER* terhadap gempa di Bandung sebagai berikut :

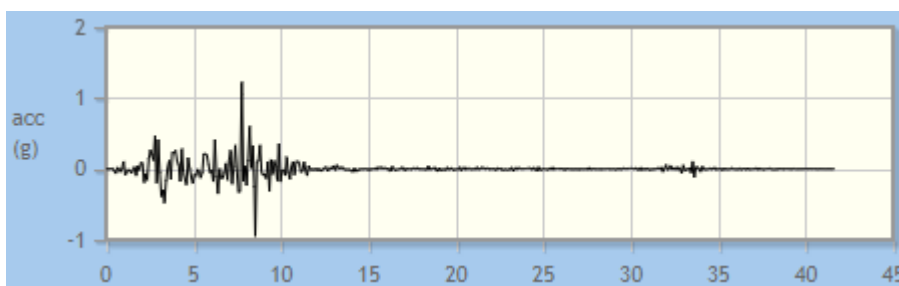
Tabel 3. 12 Ground Motion untuk Perhitungan Analisis Time History

No.	Tempat	Stasiun	Tahun	<i>Magnitude</i>
1.	San Fernando	LA - Hollywood Stor FF	1971	6,61

2.	Loma Prieta	Gilroy Array #7	1989	6,8
3.	Superstition Hills-02	Wildlife liquefy. Array	1987	6,5

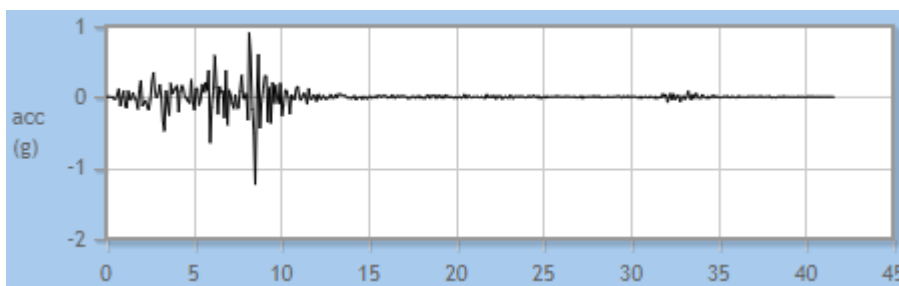
Sumber : <https://ngawest2.berkeley.edu/>

Data gempa berupa ground motion yang diambil dari website NGAWest.Peer adalah data asli yang belum diskala terhadap gempa Bandung. Data ground motion unscaled dapat dilihat pada Gambar 3.9 s.d. Gambar 3.14



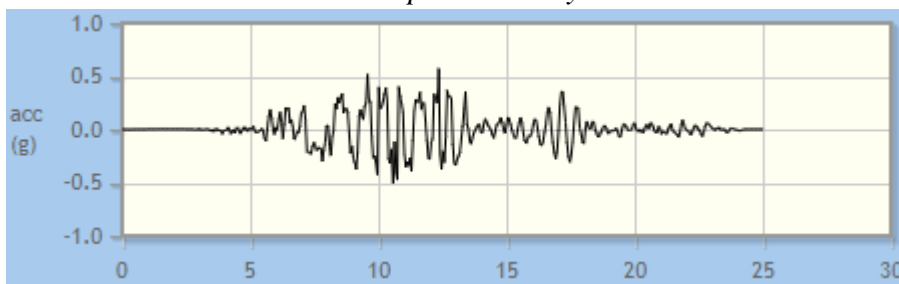
Gambar 3. 9 Ground Motion Gempa San Fernando Horizontal-1

Sumber : peer.berkeley.edu



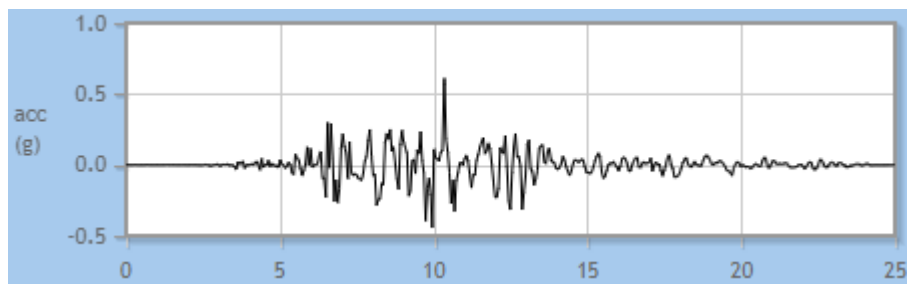
Gambar 3. 10 Ground Motion Gempa San Fernando Horizontal-2

Sumber : peer.berkeley.edu



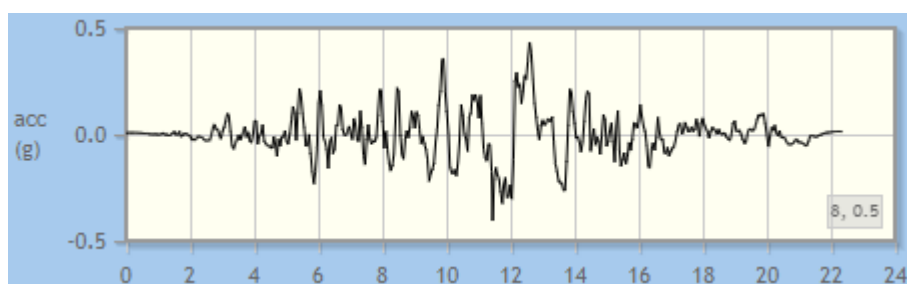
Gambar 3. 11 Ground Motion Gempa Loma Prieta Horizontal-1

Sumber : peer.berkeley.edu



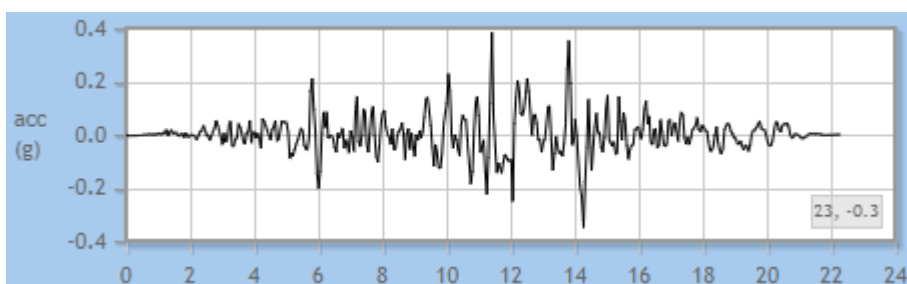
Gambar 3. 12 Ground Motion Gempa T Loma Prieta Horizontal-2

Sumber : *peer.berkeley.edu*



Gambar 3. 13 Ground Motion Gempa Superstition Hills-02 Horizontal-1

Sumber : *peer.berkeley.edu*



Gambar 3. 14 Ground Motion Gempa Superstition Hills-02 Horizontal-2

Sumber : *peer.berkeley.edu*

Hasil analisis *time history* pada RSAP 2020 yang menjadi acuan dalam menentukan kriteria kinerja struktur adalah respons struktur terhadap gempa yakni simpangan (*drift*) dan simpangan antar lantai (*interstory drift*) dengan metode spektrum kapasitas (ATC40).

3.4.5 Running Pemodelan Struktur

Tahapan ini dilakukan setelah pemodelan struktur selesai dibuat kemudian

dilakukan running untuk mengetahui apakah kondisi bangunan yang dimodelkan memenuhi persyaratan keamanan yang dapat dilihat dari visual yang ada pada RSAP 2020. Jika struktur gedung tersebut tidak mencapai tingkat kekuatan menahan beban dapat dilihat elemen struktur akan berwarna merah dan diperlukan pengecekan terhadap dimensi elemen struktur terpasang.

Ideal nya elemen struktur yang mencapai tingkat kekuatan menahan beban akan berada pada rentang warna biru muda hingga kuning. Pada kondisi ini elemen struktur dapat di lanjutkan analisis respon spektrum dan *time history*.

3.5 Analisis Data

3.5.1 Analisis Dinamik Respons Spektrum

Analisis dinamik dengan metode respons spektrum yang dilakukan dengan menggunakan program RSAP 2020 bertujuan untuk mendapatkan nilai gaya geser dasar dan simpangan. Proses perhitungan analisis spektrum respon adalah sebagai berikut: (1) analisis statik untuk mendapatkan prategang di bawah gravitasi; (2) analisis modal; (3) analisis spektrum respon titik tunggal; (4) modal ekspansi; (5) kombinasi modal; (6) hasil pasca-pemrosesan.

3.5.2 Kontrol Desain

1. Kontrol Gaya Geser Dasar

Tahapan ini bertujuan untuk mengevaluasi beban gempa yang menjadi data masukan pada program RSAP 2020 berupa grafik respons spektrum Kota Bandung dengan jenis tanah lunak (SE). Dalam mendefinisikan beban gempa terdapat faktor skala yang digunakan sesuai dengan SNI 1726:2019, adapun persamaan yang digunakan untuk menghitung faktor skala adalah :

$$F = \frac{gl}{R}$$

Keterangan :

I = faktor keutamaan gempa

g = besaran gravitasi (9,81 m/s²)

R = koefisien modifikasi respons

Untuk kontrol gaya geser dasar digunakan persamaan berikut :

$$V_{dinamik} \geq V_{statik}$$

Apabila tidak memenuhi persamaan tersebut, maka digunakan persamaan berikut ini :

$$x = \frac{V_{statik}}{V_{dinamik}}$$

Dimana :

$V_{dinamik}$ = gaya geser yang didapatkan dari hasil analisis respons spektrum

V_{statik} = gaya geser yang dihitung secara manual

Nilai dari v statik bisa dicari dengan menggunakan persamaan berikut :

$$V = C_s \times W$$

Dimana :

C_s = Koefisien respons seismik

W = Berat Seismik Efektif

Nilai W (berat seismik) efektif merupakan berat bangunan keseluruhan yang terdiri dari beban hidup dan beban mati yang dihitung secara manual maupun dengan program RSAP 2020.

Untuk mendapatkan nilai C_s dapat ditentukan berdasarkan persamaan :

$$C_s = \frac{S_{Ds}}{R}$$

Dimana :

S_{Ds} = Parameter percepatan respons spektral desain dalam rentang periode pendek

R = Faktor modifikasi respons

I_e = Faktor keutamaan gempa

2. Simpangan Antar Lantai

Nilai simpangan antar lantai desain tidak boleh melebihi simpangan antar lantai izin. Sesuai ketentuan dalam SNI 1726:2019 pasal 7.12.1 mengenai batasan simpangan antar lantai dengan persamaan sebagai berikut $\delta x = \frac{C_d \delta x_e}{I_e} \leq \Delta a$.

3.5.3 Analisis Riwayat Waktu (*Time History*)

Jika beban gempa sudah dihitung sampai beban respons spektral dan kondisi struktur aman, selanjutnya dilakukan analisis riwayat waktu menggunakan program RSAP 2020 untuk mendapat *displacement* dan *story drift*.

Dalam ATC-40 performance level suatu struktur ditentukan oleh nilai maximum total drift, yaitu rasio perpindahan lateral pada lantai atap (Δ_{Roof}) terhadap tinggi total struktur (H) atau dituliskan Δ_{Roof}/H . Ilustrasi mengenai *drift* (Δ) dan *interstory drift*.

3.5.4 Evaluasi Kinerja Struktur

1. Kinerja Batas Layan

Kinerja batas layan membatasi simpangan lateral (*drift*) antar tingkat pada arah X atau arah Y : $\Delta_i \leq \Delta_i$ izin

$$\Delta_i \text{ izin} = (0,03/R) \times \Delta H$$

Keterangan:

Δ_i = simpangan lateral (*drift*) antar tingkat pada arah X atau Y

Δ_i izin = simpangan lateral (*drift*) antar tingkat izin pada arah X atau Y

R = koefisien modifikasi respon sistem struktur tinjauan arah X atau Y

ΔH = Tinggi tingkat

2. Kinerja Batas Ultimit

Simpangan dan simpangan antar tingkat dihitung dengan mengalikan faktor pengali dengan simpangan struktur gedung akibat pembebanan gempa nominal.

Faktor pengali tersebut diperoleh dengan persamaan berikut:

$$\xi = 0,7 R$$

Untuk struktur gedung tidak beraturan dihitung dengan persamaan:

$$\xi = \frac{0,7}{faktor\ skala}$$

dimana FS (faktor Skala) = $V/V_t \geq 1$

Tidak melewati simpangan izinnya, dimana simpangan izinnya adalah :

$$(\xi \times \Delta i) \leq (0,02 \times \Delta H)$$

3. Kinerja Struktur ATC-40

Pengelompokan level kinerja (*performance level*) struktur dengan ATC-40 berdasarkan nilai maksimum total rasio simpangan struktur pada lantai atap yang diperoleh pada saat titik kinerja tercapai terhadap tinggi total struktur.