

TUGAS AKHIR

**EVALUASI STRUKTUR GEDUNG BERTINGKAT
BERBASIS KINERJA DENGAN METODE *PUSHOVER*
STUDI KASUS GEDUNG NARIBA *OFFICE*
(*EVALUATION OF PERFORMANCE-BASED MULTI
STORIES BUILDING STRUCTURE WITH PUSHOVER
METHOD
CASE STUDY NARIBA OFFICE BUILDING*)**

**Diajukan Kepada Universitas Islam Indonesia Yogyakarta Untuk Memenuhi
Persyaratan Memperoleh Derajat Sarjana Teknik Sipil**



**Naufal Afif Bagus Wijanarka
19511020**

**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
2026**

TUGAS AKHIR

EVALUASI STRUKTUR GEDUNG BERTINGKAT BERBASIS KINERJA DENGAN METODE *PUSHOVER* STUDI KASUS GEDUNG NARIBA OFFICE (*EVALUATION OF PERFORMANCE-BASED MULTI STORIES BUILDING STRUCTURE WITH PUSHOVER METHOD CASE STUDY NARIBA OFFICE BUILDING*)

Disusun oleh

Naufal Afif Bagus Wijanarka
19511020

Telah diterima sebagai salah persyaratan untuk
memperoleh derajat Sarjana Teknik Sipil

Diuji pada tanggal 29 Januari 2026
Oleh Dewan Penguji:

Pembimbing I

3/1 2026



Elvis Saputra S.T., M.T.
NIK. 205111302

Penguji I

5.2.26



Astriana Hardawati, S.T., M.Eng.
NIK. 165111301

Penguji II

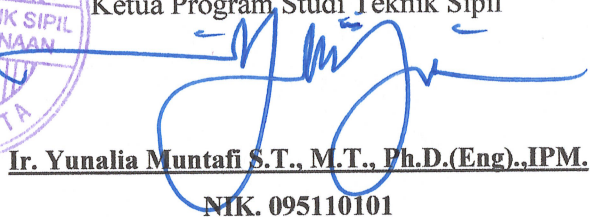
6/2 2026



Anggit Mas Arifudin S.T., M.T.
NIK. 185111304

Mengesahkan,

Ketua Program Studi Teknik Sipil



Ir. Yunalia Muntafi S.T., M.T., Ph.D.(Eng).,IPM.
NIK. 095110101

PERNYATAAN BEBAS PLAGIASI

Saya menyatakan dengan sesungguhnya bahwa laporan Tugas Akhir yang saya susun sebagai syarat untuk menyelesaikan Program Sarjana Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Universitas Islam Indonesia merupakan hasil karya saya sendiri. Adapun bagian – bagian tertentu dalam penulisan laporan Tugas Akhir saya kutip dari hasil karya orang lain yang telah dituliskan dalam sumbernya secara jelas sesuai dengan norma, kaidah, dan etika penulisan karya ilmiah. Apabila di kemudian hari ditemukan seluruh atau sebagian laporan Tugas Akhir ini bukan hasil karya saya sendiri atau adanya plagiasi dalam bagian-bagian tertentu, saya bersedia menerima sanksi, termasuk pencabutan gelar akademik yang saya sandang sesuai dengan perundang-undangan yang berlaku.

Yogyakarta, 29 Januari 2026

Yang membuat pernyataan,



Naufal Afif Bagus Wijanarka

NIM. 19511020

KATA PENGANTAR

Alhamdulillah puji syukur selalu tercurahkan kehadiran Allah SWT atas karunia rahmat dan hidayah-Nya sehingga saya dapat menyelesaikan Tugas Akhir yang berjudul *Evaluasi Struktur Gedung Bertingkat Berbasis Kinerja Dengan Metode Pushover Studi Kasus Gedung Nariba Office* Tugas Akhir ini disusun untuk memenuhi syarat akademik dalam menyelesaikan studi tingkat strata satu (S1) dan memperoleh derajat Sarjana Teknik Sipil di Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta.

Selama proses menyusun dan menyelesaikan Tugas Akhir ini, saya banyak mendapat bantuan berupa bimbingan, arahan, serta saran dan kritik hingga dapat terselesaikannya tugas akhir ini dengan hasil yang baik dan maksimal. Untuk itu, dalam penulisan tugas akhir ini saya ingin mengutarakan ucapan terima kasih kepada:

1. Ibu Ir. Yunalia Muntafi S.T., M.T., Ph.D.(Eng).,IPM. selaku Ketua Program Studi Sarjana Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta.
2. Bapak Elvis Saputra, S.T., M.T. selaku Dosen Pembimbing Tugas Akhir yang telah memberikan banyak bimbingan, nasihat, saran dan motivasi yang membangun selama penyusunan Tugas Akhir ini.
3. Bapak Anggit Mas Arifudin, S.T., M.T., selaku Dosen Pembimbing Akademik yang telah banyak memberikan saran dan bantuan selama masa perkuliahan sehingga mempermudah proses akademik saya secara maksimal.
4. Seluruh dosen, staf pengajar dan civitas akademik program studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia yang telah membagikan ilmu, dan pengalaman serta motivasi selama perkuliahan.
5. Orang spesial, Lia Kusumaningrum Sugiarto yang selalu memberikan doa, dukungan, dan motivasi dalam menempuh pendidikan S1 teknik sipil.

6. Bapak Bambang Ratmaka Yulianta dan Ibu Titim Dwi Siswanti selaku orang tua saya yang selalu hadir dalam memberikan semangat, dukungan, dan doa sehingga saya dapat menyelesaikan tugas akhir ini dengan baik.
7. Teman – teman grup ARTHA, yang selalu memberikan dukungan dan bantuan dalam menyusun laporan tugas akhir ini.

Penulis sadar bahwa tugas akhir ini jauh dari kata sempurna, oleh karena itu penulis mengharapkan kritik dan saran yang bersifat membangun demi perbaikan tugas akhir ini dan tugas akhir ini dapat bermanfaat bagi yang membutuhkannya.

Yogyakarta, 29 Januari 2026

Penulis,



Naufal Afif Bagus Wijanarka

NIM. 19511020

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL.....	i
LEMBAR PENGESAHAN	ii
PERNYATAAN BEBAS PLAGIASI.....	iii
KATA PENGANTAR	iv
DAFTAR ISI.....	vi
DAFTAR TABEL.....	ix
DAFTAR GAMBAR	xi
DAFTAR LAMPIRAN.....	xiv
ABSTRAK	xv
<i>ABSTRACT</i>	xvi
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	3
1.3 Tujuan Penelitian	3
1.4 Manfaat Penelitian	3
1.5 Batasan Penelitian.....	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	6
2.1 Penelitian Terdahulu	6
2.2 Perbedaan Penelitian.....	9
BAB III LANDASAN TEORI.....	15
3.1 Gempa Bumi	15
3.2 Konsep Bangunan Tahan Gempa.....	16
3.3 Analisis Struktur Bangunan	17
3.4 Pembebanan Struktur.....	19
3.4.1 Beban Hidup.....	19

3.4.2	Beban Mati	20
3.4.3	Beban Gempa	23
3.2.4	Beban Kombinasi	24
3.5	Ketentuan Umum Perencanaan Struktur Bangunan Berdasarkan SNI 1726 Tahun 2019	24
3.6	Analisi Statik Non-Linier (<i>pushover Analysis</i>).....	40
3.7	Sendi Plastis	41
3.8	Kurva Kapasitas	43
3.9	Titik Kinerja.....	43
3.10	Batasan Deformasi	44
3.11	Level Kinerja Struktur Metode ATC-40.....	45
BAB IV METODE PENELITIAN		48
4.1	Umum	48
4.2	Lokasi Penelitian.....	48
4.3	Data Penelitian	49
4.4	Metodologi Pengumpulan Data	58
4.4.1	Metode studi literatur	58
4.4.2	Metode kepustakaan.....	58
4.5	Tahapan Penelitian.....	58
BAB V ANALISIS DAN PEMBAHASAN		63
5.1	Permodelan Struktur	63
5.2	Permodelan Menggunakan Section Designer	65
5.3	Perhitungan Pembebanan Struktur.....	68
5.3.1	Beban Hidup.....	68
5.3.2	Beban Mati	69
5.3.3	Beban Gempa	72
5.4	Analisis Beban Gempa.....	81
5.4.1	Penginputan Data Respon Spektrum.....	81
5.4.2	Pendefinisian <i>Load Case</i>	83
5.4.3	Pendefinisian <i>Mass Source</i>	84

5.4.4	Analisis Beban Gempa Statik.....	86
5.4.5	Analisis Beban Gempa Dinamik.....	87
5.4.6	Cek Syarat Gaya Geser Dasar (<i>Base Shear Reaction</i>).....	89
5.4.7	Analisis respon spektrum ragam.....	91
5.5	Analisis <i>Pushover</i>	93
5.5.1	Pendefinisian Load Case Pushover Analysis.....	93
5.5.2	Pendefinisian Sendi Plastis (<i>Hinge</i>).....	102
5.5.3	<i>Running Pushover Analysis</i>	107
5.6	Hasil Analisis Pushover.....	108
5.6.1	Kurva Kapasitas.....	108
5.6.2	<i>Performance Point Metode ATC-40</i>	111
5.6.3	Titik Kinerja Struktur.....	113
5.6.4	Skema Sendi Plastis.....	115
5.7	Hasil dan Pembahasan.....	118
BAB VI KESIMPULAN DAN SARAN.....		119
6.1	Kesimpulan.....	119
6.2	Saran.....	120
DAFTAR PUSTAKA.....		121
LAMPIRAN.....		124

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1	Perbedaan Penelitian Sekarang dan Terdahulu.....	10
Tabel 3. 1	Beban Hidup Pada Lantai Gedung.....	19
Tabel 3. 2	Berat Sendiri Bahan Bangunan.....	21
Tabel 3. 3	Berat Sendiri Komponen Gedung.....	22
Tabel 3. 4	Klasifikasi Situs	26
Tabel 3. 5	Kategori Risiko Bangunan Gedung dan Nongedung Untuk Beban Gempa.....	27
Tabel 3. 6	Faktor Keutamaan Gempa	29
Tabel 3. 8	Koefisien Situs F_v	31
Tabel 3. 10	Kategori Desain Seismik Berdasarkan Parameter Respon Percepatan Pada Periode Satu Detik	33
Tabel 3. 11	Definisi Syarat Kategori Desain Seismik	34
Tabel 3. 12	Faktor R , C_d , dan Ω_0 Untuk Sistem Pemikul Gaya Seismik.....	36
Tabel 3. 13	Koefisien Untuk Batas Atas Pada Periode Yang Dihitung.....	38
Tabel 3. 14	Nilai Parameter Periode Pendekatan C_t dan x	38
Tabel 4. 1	Data Umum.....	56
Tabel 5. 3	Perhitungan Berat Kolom	128
Tabel 5. 5	Perhitungan Berat Pelat	130
Tabel 5. 7	Rekapitulasi Berat Bangunan.....	71
Tabel 5. 8	Perhitungan Nilai Gaya Gempa Horizontal	81
Tabel 5. 9	Gaya Geser Dasar (<i>Base Shear</i>).....	91
Tabel 5. 10	Performance Point Metode ATC-40	131
Tabel 5. 11	Keterangan Warna Titik Sendi Plastis	116
Tabel Lampiran 1	Perhitungan Berat Balok.....	125
Tabel Lampiran 2	Data Kurva Kapasitas PUSHOVER – X.....	138
Tabel Lampiran 3	Data Kurva Kapasitas PUSHOVER – Y	141

Tabel Lampiran 4 Data Demand Spectrum Pushover - X.....	142
Tabel Lampiran 5 Data Demand Spectrum Pushover - Y.....	147

DAFTAR GAMBAR

Gambar 3. 1	Gaya Geser Dasar	18
Gambar 3. 2	Model Analisis Respon Spektrum	18
Gambar 3. 3	Model Analisis Riwayat Waktu.....	19
Gambar 3. 4	Peta Sebaran Gempa Indonesia	25
Gambar 3. 5	Peta Vs30 DKI Jakarta	26
Gambar 3. 6	Peta Respon Spektra Periode 0,2 Detik (Ss)	29
Gambar 3. 7	Peta Respon Spektra Periode 1 Detik (S1).....	30
Gambar 3. 8	Spektrum Respon Desain	35
Gambar 3. 9	Letak Sumbu Lokal Balok Struktur.....	42
Gambar 3. 10	Posisi Sumbu Lokal Struktur.....	42
Gambar 3. 11	Sendi Plastis Yang Terjadi Pada Kolom dan Balok	43
Gambar 3. 12	Posisi Sumbu Lokal Struktur.....	43
Gambar 3. 13	Kurva penentuan Titik Kinerja	44
Gambar 3. 14	Posisi Sumbu Lokal Struktur.....	45
Gambar 3. 15	Ilustrasi Keruntuhan Gedung.....	46
Gambar 4. 1	Lokasi Nariba <i>Office</i>	49
Gambar 4. 2	Tampak Depan.....	50
Gambar 4. 3	Potongan Melintang.....	51
Gambar 4. 4	Denah <i>Lantai Basement 2</i>	51
Gambar 4. 5	Denah <i>Lantai Basement 1</i>	52
Gambar 4. 6	Denah Lantai 1	52
Gambar 4. 7	Denah Lantai 2	53
Gambar 4. 8	Denah Lantai 3	53
Gambar 4. 9	Denah Lantai 4	54
Gambar 4. 10	Denah Lantai 5	54
Gambar 4. 11	Denah Lantai 6	55
Gambar 4. 12	Denah Lantai 7 (Atap).....	55

Gambar 4. 13	<i>Flowchart Tahapan Penelitian</i>	61
Gambar 5. 1	Tampak 3D Gedung Nariba <i>Office</i>	63
Gambar 5. 2	Tampak X-Y Gedung Nariba <i>Office</i>	64
Gambar 5. 3	Tampak X-Z Gedung Nariba <i>Office</i>	64
Gambar 5. 4	Tampak Y-Z Gedung Nariba <i>Office</i>	65
Gambar 5. 5	<i>Add Property Shape Type</i>	65
Gambar 5. 6	<i>Section Designer Section Property Data</i>	66
Gambar 5. 7	<i>Property/Stiffness Modification Factors</i>	66
Gambar 5. 8	Pemodelan Balok Menggunakan <i>Section Designer</i>	67
Gambar 5. 9	Grafik Momen Kurvatur.....	68
Gambar 5. 10	Penentuan Respon Spektral Percepatan.....	73
Gambar 5. 11	Peta Sebaran <i>Vs30</i> Jakarta Selatan.....	74
Gambar 5. 12	Nilai <i>Vs30</i> Pada Lokasi Penelitian.....	75
Gambar 5. 13	Grafik Respon Spektrum.....	78
Gambar 5. 14	Membuat Respons Spektrum Function.....	82
Gambar 5. 15	Menginput Parameter Respon Spektrum.....	82
Gambar 5. 16	Define Load Cases Respons Spectrum.....	83
Gambar 5. 17	Input Data Respons Spectrum.....	83
Gambar 5. 18	Input Data Respons Spectrum.....	84
Gambar 5. 19	Tampilan Tab Mass Source.....	85
Gambar 5. 20	Tampilan Tab Mass Source Data.....	85
Gambar 5. 21	Parameter Running Base Reaction Static.....	86
Gambar 5. 22	Base Reaction Beban Gempa Statik.....	87
Gambar 5. 23	Parameter <i>Running Base Reaction</i> Dinamik.....	88
Gambar 5. 24	Base Reaction Beban Gempa Dinamik.....	88
Gambar 5. 25	Input Scale Factor Response Spectrum.....	90
Gambar 5. 26	<i>Base Reaction</i> Dinamik Beban Gempa Dinamik.....	90
Gambar 5. 27	Load Case GRAVITY.....	94
Gambar 5. 28	<i>Load Application Control GRAVITY</i>	94
Gambar 5. 29	<i>Result Saved GRAVITY</i>	95
Gambar 5. 30	<i>Non Linear Parameters GRAVITY</i>	96

Gambar 5. 31 <i>Load Case PUSHOVER – X</i>	97
Gambar 5. 32 <i>Load Application Control PUSHPOVER – X</i>	98
Gambar 5. 33 <i>Result Saved PUSHOVER – X</i>	98
Gambar 5. 34 <i>Non Linear Parameters PUSHOVER – X</i>	99
Gambar 5. 35 <i>Load Case PUSHOVER – Y</i>	100
Gambar 5. 36 <i>Load Application Control PUSHPOVER – Y</i>	101
Gambar 5. 37 <i>Result Saved PUSHOVER – Y</i>	101
Gambar 5. 38 <i>Non Linear Parameters PUSHOVER – Y</i>	102
Gambar 5. 39 <i>Select Frame Balok</i>	103
Gambar 5. 40 <i>Input Frame Hinge Balok</i>	104
Gambar 5. 41 <i>Setting Hinge Balok</i>	105
Gambar 5. 42 <i>Select Frame Kolom</i>	105
Gambar 5. 43 <i>Input Frame Hinge Kolom</i>	106
Gambar 5. 44 <i>Setting Hinge Kolom</i>	107
Gambar 5. 45 <i>Tampilan Running Analysis</i>	108
Gambar 5. 46 <i>Kurva Kapasitas PUSHOVER – X</i>	109
Gambar 5. 47 <i>Kurva Kapasitas PUSHOVER – Y</i>	109
Gambar 5. 48 <i>Perbandingan Kurva Kapasitas Arah X dan Y</i>	110
Gambar 5. 49 <i>Parameter Capacity Spectrum ATC-40</i>	111
Gambar 5. 50 <i>Capacity Spectrum Arah X</i>	112
Gambar 5. 51 <i>Capacity Spectrum Arah Y</i>	112
Gambar 5. 52 <i>Step-2 Terjadinya Sendi Plastis dengan Beban Gempa</i>	117
Gambar 5. 53 <i>Step-92 Terjadinya Sendi Plastis dengan Beban Gempa</i>	117

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1	Tabel Hasil Analisis	124
Lampiran 2	Gambar Perencanaan	149

ABSTRAK

Indonesia merupakan daerah yang rawan terjadi bencana gempa, maka peraturan mengenai gempa harus selalu disesuaikan dengan kondisi terbaru. Pada studi kasus penelitian ini, struktur direncanakan menggunakan SNI tahun 2012. Oleh karena itu perlu dilakukan analisis menggunakan peraturan yang terbaru. Penelitian ini bertujuan mendapatkan nilai gaya geser dasar dan simpangan saat *performance point* tercapai, mengetahui level kinerja *seismic* dari analisis *pushover*, dan mengetahui mekanisme sendi plastis.

Penelitian ini menggunakan struktur gedung Nariba *office* yang berada di Jakarta Selatan. Permodelan struktur menggunakan *software SAP2000*, pembebanan, prosedur desain dan perhitungan struktur gedung mengacu pada SNI 2847:2019, SNI 1726:2019 dan SNI 1727:2020. Analisis *pushover* dilakukan mengacu pada *ATC-40*.

Hasil penelitian berdasarkan analisis yang sudah dilakukan, didapatkan nilai *performance point* pada arah x yaitu $V = 2219,530 \text{ kN}$ dan $\delta = 0,019 \text{ m}$ untuk arah y yaitu $V = 1809,952 \text{ kN}$ dan $\delta = 0,014 \text{ m}$. Level kinerja yang didapatkan adalah *Immediate Occupancy (IO)*. Skema sendi plastis pada arah x dan y pertama muncul pada *step* ke-2 dan berada pada level kinerja B. Sendi plastis terakhir untuk arah x terhenti pada *step* ke-92 dan berada pada level kinerja IO (*Immediate Occupancy*). Arah y terhenti pada *step* ke-24 dan berada pada level kinerja IO (*Immediate Occupancy*).

Kata Kunci: Gaya geser dasar, Simpangan, Level kinerja, *Pushover*, Sendi Plastis

ABSTRACT

Indonesia is a region highly susceptible to earthquake hazards; therefore, seismic design regulations must be continuously updated to reflect the latest conditions. In this case study, the structural design was initially planned based on the 2012 Indonesian National Standard (SNI). Consequently, it is necessary to conduct an analysis using the most recent codes. This research aims to determine the base shear force and displacement at the performance point, to assess the seismic performance level through pushover analysis, and to identify the plastic hinge mechanism.

The object of this study is the Nariba Office building located in South Jakarta. The structural modeling was carried out using SAP2000 software, while loading, design procedures, and structural calculations were conducted in accordance with SNI 2847:2019, SNI 1726:2019, and SNI 1727:2020. The pushover analysis was performed referring to ATC-40 guidelines.

Based on the analysis, the performance point in the x-direction was obtained at $V = 2219.530$ kN and $\delta = 0.019$ m, and in the y-direction at $V = 1809.952$ kN and $\delta = 0.014$ m. The resulting performance level is classified as Immediate Occupancy (IO). The initial formation of plastic hinges in both x and y directions occurred at Step 2, corresponding to performance level B. The final plastic hinge formation in the x-direction ceased at Step 92 with an Immediate Occupancy (IO) performance level, while in the y-direction it ceased at Step 24, also at the IO performance level.

Keywords: *Base shear force, Displacement, Performance level, Pushover, Plastic hinge*

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Indonesia merupakan negara yang secara geografis berada di antara 3 lempeng tektonik, yaitu Lempeng Eurasia, Lempeng Indo-Australia, dan Lempeng Pasifik. Karena hal tersebut, Indonesia dilewati oleh jalur gunung api dunia (*Ring of Fire*) dan jalur gempa (*Circum Pasific Earthquake Belt* dan *Trana Asiatic Earhtquake Belt*), sehingga secara geografis Indonesia memiliki risiko terjadinya gempa bumi yang tinggi (BMKG Wilayah III, 2023). Gempa bumi tidak dapat diprediksi dengan akurat kapan dan seberapa besar magnitudonya. Menurut Widodo (2012), gempa bumi adalah peristiwa bergetarnya kulit bumi karena pelepasan energi secara tiba – tiba akibat dari pecahnya atau slipnya massa batuan di lapisan kerak bumi. Getaran yang terjadi tersebut merupakan gelombang seismik. Getaran yang mencapai permukaan bumi tersebut yang dapat merusak infrastruktur dan mengancam korban jiwa.

Indonesia mengalami beberapa gempa besar yang menelan banyak korban jiwa. Kebanyakan dari korban jiwa tersebut bukan diakibatkan murni oleh getaran gempa tersebut, melainkan banyak yang menjadi korban karena kegagalan fungsi struktur bangunan tersebut. Kegagalan fungsi struktur yang mengakibatkan keruntuhan bangunan diakibatkan oleh kurang pemahamnya para pelaksana di lapangan tentang kaidah – kaidah pembangunan bangunan tahan gempa yang berakibat pada pengaplikasian peraturan bangunan tahan gempa tersebut ketika membangun bangunan bertingkat, khususnya pada pendetailan komponen – komponen struktur (Imran, 2010). Berdasarkan data yang diperoleh dari Badan Meteorologi, Klimatologi, dan Geofisika (BMKG), berikut merupakan 5 gempa besar yang terjadi di Indonesia dalam 15 tahun terakhir: Gempa di Aceh pada 11 April 2012 dengan kekuatan 8,6 M_w ; Gempa di Palu pada 28 September 2018 dengan kekuatan 7,5 M_w ; Gempa di Banten pada 2 Agustus 2019 dengan kekuatan

6,9 M_w ; Gempa di Flores pada 14 Desember 2021 dengan kekuatan 7,4; dan Gempa di Maluku pada 10 Januari 2023 dengan kekuatan 7,5 M_w .

Berdasarkan riwayat gempa yang terjadi di Indonesia, peraturan – peraturan mengenai standar perencanaan bangunan tahan gempa harus selalu diperbarui. Dengan adanya gempa besar yang terjadi di Palu maka sudah selayaknya peta *hazard* gempa di Indonesia diperbarui. Perubahan pada peta gempa tersebut mengakibatkan perubahan pada SNI yang mengakibatkan adanya revisi pada beberapa standar kewanaman pada perencanaan bangunan tahan gempa. Dampak dari perubahan SNI tersebut membuat bangunan – bangunan *existing* perlu dilakukan evaluasi untuk mengetahui level kinerja dari struktur bangunan tersebut. dari level kinerja tersebut dapat diketahui tingkat kerusakan yang mungkin terjadi jika terjadi peristiwa gempa bumi.

Menurut UU No. 24 Tahun 2007, evaluasi terhadap bangunan dilakukan tidak hanya pada pasca bencana gempa. Evaluasi juga harus dilaksanakan sebelum gempa tersebut terjadi sebagai langkah mitigasi untuk mengurangi dampak dari bencana gempa bumi. Perlu adanya analisis sampai evaluasi terhadap kinerja seismik bangunan sebelum terjadinya bencana gempa bumi sebagai langkah untuk mengurangi dampak gempa bumi.

Bangunan Gedung Nariba *Office*, yang berada di Jakarta Selatan dilakukan perencanaan pada tahun 2014 dengan menggunakan peraturan SNI dan peta gempa tahun 2010 yang mana sudah ada perubahan dengan peta gempa pada SNI tahun 2019. Maka struktur gedung Nariba *Office* perlu dilakukan evaluasi dengan menggunakan peraturan SNI dan peta gempa yang terbaru untuk mengetahui level kinerja dan skema sendi plastis yang mungkin terjadi pada bangunan tersebut.

Pada penelitian ini struktur bangunan Gedung Nariba *Office* dilakukan analisis dengan menggunakan SNI 2019, dan dilanjutkan dengan evaluasi dengan menggunakan metode analisis *pushover* yang mengacu pada *ATC-40*. Analisis dilakukan dengan menggunakan standar pembebanan pada SNI 1726 tahun 2019. Dan menggunakan *ATC-40* untuk standar metode analisis *pushover*. Analisis *pushover* dilakukan untuk mengetahui nilai level kinerja dan skema sendi plastis yang mungkin akan terjadi pada struktur gedung Nariba *Office*.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang tersebut, maka rumusan masalah yang dapat diambil dalam penelitian ini adalah sebagai berikut.

2. Berapa nilai gaya dasar dan simpangan saat *performance point* tercapai dari hasil analisis *pushover*?
3. Bagaimana level kinerja *seismic* dari Gedung Nariba *Office* setelah dilakukan analisis *pushover*?
4. Bagaimana mekanisme sendi plastis setelah dilakukan analisis *pushover*?

1.3 Tujuan Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah diatas, maka didapatkan 3 tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Mendapatkan nilai gaya geser dan simpangan saat *performance point* tercapai dari hasil analisis *pushover*,
2. Mengetahui level kinerja *seismic* dari Gedung Nariba *Office* setelah dilakukan analisis *pushover*, dan
3. Mengetahui mekanisme sendi plastis setelah dilakukan analisis *pushover*.

1.4 Manfaat Penelitian

Manfaat yang dapat diperoleh dari penelitian ini ada 2, yaitu manfaat bagi penulis dan pembaca. Manfaat dari penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Manfaat penelitian bagi penulis.
 - a. menambah pengetahuan tentang perancangan gedung terutama pada struktur menggunakan *software SAP2000*,
 - b. menambah pemanahan tentang perhitungan gempa dan perilaku struktur pada gedung menggunakan analisis respon spektrum, dan
 - c. menambah pengetahuan tentang evaluasi *pushover* menggunakan aturan *ATC-40*.
2. Manfaat penelitian bagi pembaca.
 - a. menambah wawasan tentang ilmu keteknik sipil mengenai struktur gedung,

- b. menambah pemahaman tentang penggunaan *software SAP2000* mengenai perancangan struktur gedung bertingkat, dan
- c. dapat digunakan sebagai referensi untuk penelitian selanjutnya yang sejenis.

1.5 Batasan Penelitian

Batasan masalah diperlukan agar penelitian lebih mengarah pada rumusan masalah dan latar belakang. Batasan – batasan masalah dalam desain ulang struktur gedung adalah sebagai berikut.

1. Bangunan yang diteliti adalah Gedung Nariba *Office* yang berada di Kabupaten Jakarta Selatan, Provinsi Daerah Khusus Ibukota Jakarta.
2. Bangunan yang ditinjau merupakan gedung yang berfungsi sebagai kantor dan ruang pertemuan.
3. Bangunan yang ditinjau adalah gedung yang sudah dibangun, mempunyai ketinggian 27,15 m. Terdiri dari 7 lantai dengan atap berupa dak beton.
4. Terdapat 2 gedung dalam gambar rencana, namun hanya menganalisis gedung perkantoran Nariba.
5. Gedung berada di tanah sedang berdasarkan data dari *Vs30* wilayah Jakarta selatan.
6. Metode analisis yang digunakan adalah analisis *pushover*.
7. Fondasi dan kondisi tanah tidak dianalisis.
8. Tumpuan dalam permodelan dan analisis diasumsikan menggunakan jepit.
9. Sistem struktur yang digunakan adalah Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus (SRPMK).
10. Balok dan kolom dimodelkan sebagai *frame*.
11. Pelat lantai dan atap dimodelkan sebagai *shell-thin*.
12. Penelitian berfokus pada evaluasi kinerja struktur terhadap gempa bumi seperti *drift ratio* dan level kinerja.
13. Analisis struktur menggunakan *software SAP2000*.
14. Tidak melakukan modeling dan analisis pada 2 lantai dibawah dan hanya melakukannya pada 7 lantai ke atas.

15. Hanya memodelkan balok, kolom, dan pelat.
16. Tidak memodelkan *basement*.
17. Analisis hanya dilakukan pada kolom, balok, dan pelat.
18. Peraturan yang digunakan yang digunakan untuk analisis dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:
 - a. SNI 1726-2019 tentang Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non Gedung.
 - b. SNI 2847-2019 tentang Persyaratan Beton Struktural untuk Bangunan Gedung.
 - c. SNI 1727-2020 tentang Beban Desain Minimum dan Kriteria terkait untuk Bangunan Gedung dan Bangunan Lain.
 - d. SKBI-1.3.53.1987 tentang Pembabanan Rumah dan Gedung.
 - e. *ATC-40* tentang Evaluasi Kinerja Bangunan.
 - f. *ASCE 7-10* 2002 tentang Desain Beban Minimum Bangunan.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Penelitian Terdahulu

Dalam tugas akhir ini yang merupakan penelitian mengenai perencanaan bangunan gedung dengan menggunakan dua metode yang kemudian dilakukan perbandingan atau komparasi volume material dari kedua metode tersebut, terdapat beberapa penelitian serupa yang telah dilakukan oleh peneliti sebelumnya yang memberikan banyak referensi dan sumber terhadap perencanaan yang dilakukan. Adapun penelitian-penelitian serupa yang telah dilakukan sebelumnya adalah sebagai berikut.

1. Junaidi Aswar, dkk (2020), dalam jurnal berjudul Evaluasi Kinerja Struktur Gedung Beton Bertulangan Metode *Pushover Analysis* pada Gedung 10 lantai yang memiliki ketinggian 33,45 m yaitu Quest Hotel yang terletak di Yogyakarta. Dijelaskan bahwa sebuah struktur bangunan harus direncanakan sesuai dengan kaidah-kaidah perencanaan yang berlaku, sehingga dampak yang disebabkan oleh gempa dapat menahan guncangan yang telah direncanakan. Analisis ini dilakukan bertujuan untuk mengetahui nilai gaya lateral maksimal serta *displacement* yang terjadi pada gedung dan bagaimana level kinerja berdasarkan metode *FEMA 356*. Besarnya gaya lateral maksimum pada arah x = 8034,753 kN pada step 9 dengan *displacement* sebesar -0,042530 m dan pada arah y gaya lateral maksimum = 7055,847 kN pada step 7 dengan *displacement* sebesar -0,066046 m. Hal ini menunjukkan bahwa struktur gedung lebih kuat menahan gaya lateral dari arah-x dibandingkan dari arah-y. Berdasarkan hasil perhitungan analisis *static non-linear*, dari nilai target perpindahan maka diperoleh nilai *drift aktual* arah-x = 0,00484 (0,484%) dan nilai *drift aktual* arah-y = 0,00773 (0,73%). Berdasarkan data tersebut, dapat diartikan bahwa bangunan tidak mengalami kerusakan

komponen struktur. Kekuatan dan Kekakuan gedung masih hampir sama dengan kondisi sebelum struktur dilanda gempa, sehingga dapat disimpulkan bahwa gedung yang ditinjau masuk dalam kategori level kinerja *Immediate Occupancy* (IO).

2. Lisyana Junelin Restu, dkk (2021), menjelaskan dalam jurnalnya tentang Evaluasi Struktur Bangunan Pasar Inpress Blok IV Gedung B dengan Metode Pusover dengan tujuan penelitian untuk mengevaluasi kinerja struktur dari bangunan pasar Inpress Blok IV zona B. Metode yang digunakan untuk penelitian ini adalah metode analisis *pushover*. Menurut FEMA P-646/2019, bangunan evakuasi sementara untuk tsunami termasuk dalam kategori risiko tsunami IV, berdasarkan kategori risiko level kinerja bangunan evakuasi tsunami maksimal pada level *Immediate Occupancy* (IO). Untuk beban – beban yang bekerja pada bangunan, mengacu pada SNI 1727:2020 dan SNI 1726:2019 untuk beban gempa. Standar yang digunakan dalam perhitungan kapasitas elemen struktur beton, mengacu pada SNI 2847:2019. Analisis struktur yang dilakukan adalah menggunakan program aplikasi *SAP2000* versi 16. Hasil analisis yang didapatkan berdasarkan *performance point*, yaitu *drift ratio* yang terjadi akibat pembebanan gempa arah-X dan arah-Y adalah 0,05875% dan 0,0067%. *Drift ratio* yang terjadi masih lebih kecil dari yang disyaratkan oleh ATC-40 untuk level kinerja *Immediate Occupancy* yaitu 1%. Maka, dapat disimpulkan bahwa level kinerja struktur adalah *Immediate Occupancy*. Hal tersebut dapat diartikan bahwa gedung pasar Inpress blok IV masih cukup kuat terhadap beban gempa.
3. I Made Sastra Wibawa, dkk (2021), dalam jurnalnya yang berjudul Analisis Kinerja Struktur Gedung Dengan Analisis Pushover Pada Proyek Gedung Rektorat Universitas Mahasaraswati Denpasar menjelaskan bahwa dalam memperkirakan kondisi struktur suatu gedung perlu dilakukan evaluasi untuk mendapatkan jaminan bahwa kinerjanya memuaskan pada saat terjadinya gempa. Penelitian ini mengambil studi kasus Gedung Rektorat Universitas Mahasaraswati Denpasar yang berlokasi di Jalan Kamboja, Dangin Puri Kangin, Kec. Denpasar Utara, Kota Denpasar, Bali. Gedung ini memiliki

ketinggian 20,40-meter dengan jumlah tingkat yaitu 4 lantai. Menurut peraturan SNI 1726:2012 fungsi Gedung ini ditunjukkan sebagai fasilitas Pendidikan dengan kategori resiko II. Kinerja struktur dievaluasi melalui analisis statik non linier Pushover menggunakan software *SAP2000*. Untuk mengetahui tingkat kinerja suatu struktur bangunan sesuai dengan dokumen *FEMA (Federal Emergency Management Agency) 356. Performance point* dari analisis statik *pushover* berdasarkan metode koefisien perpindahan *FEMA 356* diperoleh hasil target perpindahan (δT) pada arah *X* sebesar 0,178 m, kinerja yang diperlihatkan oleh struktur adalah *Collapse Prevention (CP)* dimana gedung hanya mampu menahan gaya gempa sebesar 3820,91 kN. Sedangkan hasil target perpindahan (δT) pada arah *Y* sebesar 0,168 m, kinerja yang diperlihatkan oleh struktur adalah *Collapse Prevention (CP)* dimana gedung hanya mampu menahan gaya gempa sebesar 3756,71 kN.

4. Subur Siswanto, dkk (2023), dalam jurnalnya melakukan Analisis Kinerja Struktur Gedung Bertingkat Menggunakan Metode *Pushover* pada Hotel X di wilayah Jakarta Pusat yang terdiri dari dua bangunan yaitu gedung utama dan gedung parkir. Ia menjelaskan bahwa Indonesia sering terjadi gempa tektonik maupun vulkanik karena wilayah Indonesia terletak pada cincin api pasifik dan pertemuan lempeng dunia. Berdasarkan hal tersebut, perlunya adanya suatu analisis untuk mengetahui level kinerja struktur bangunan tersebut agar meminimalisir terjadinya korban jiwa dan materi ketika terjadi gempa bumi. Salah satu metode analisis beban gempa yang dapat digunakan yaitu analisis *pushover*. Analisis *pushover* berfungsi untuk mengetahui level kinerja struktur yang menghasilkan besaran gaya geser (*base shear*) maksimum dan perpindahan atap (*displacement*) sehingga diketahui titik performa struktur bangunan berdasarkan acuan *drift rasio* pada ATC-40. Hasil dari analisis *pushover* pada gedung parkir yaitu *base shear* yang bekerja sebesar 12894,72 Kn dan *displacement* yang terjadi yaitu 190,1 mm dengan *drift ratio* sebesar 0,0127, sehingga dapat disimpulkan bahwa level kinerja gedung parkir adalah *Damage Control*.

5. Yonas Prima Arga Rumbyarso, dkk (2023), dalam jurnalnya melakukan analisis kinerja struktur gedung rusun TNI AU Halim Perdanakusuma dengan menggunakan metode analisis *pushover*. Dalam jurnalnya ia menjelaskan bahwa Indonesia terletak pada lokasi yang rawan terjadi gempa bumi, sehingga dalam perencanaannya perlu dilakukan pendekatan untuk analisis kinerja struktur beton bertulang tahan gempa salah satunya yaitu analisis *pushover* yang mempresentasikan hasil evaluasinya melalui level kinerja. Level kinerja menunjukkan perilaku keruntuhan bangunan pada saat terjadi gempa. Analisis ini dilakukan dengan menggunakan *software ETABS*. Hasil dari analisis *pushover* menunjukkan bahwa titik kinerja gedung Rusun TNI AU Halim Perdanakusuma untuk pembebanan arah-x adalah 440,471 mm dengan gaya geser yang terjadi 38363,2261 kN, sedangkan untuk arah-yy diperoleh titik kinerja yaitu 457,276 mm dengan gaya geser sebesar 55150,5802 kN. Dari titik kinerja diperoleh simpangan struktur yang terjadi akibat pembebanan arah-x dan arah-y adalah 0,824% dan 0,855% maka level kinerja struktur berdasarkan batas simpangan yang disyaratkan oleh *FEMA 356* dan *ATC-40* termasuk pada level *immediate occupancy*. Berdasarkan kurva kapasitas maka diperoleh gaya geser dasar maksimum sebesar 46734,5513 kN dan perpindahan yang dihasilkan untuk arah-x yaitu 710,310 mm, dan pada arah-y diperoleh gaya geser dasar maksimum sebesar 76055,6401 kN dan perpindahan yang dihasilkan yaitu 904,504 mm.

2.2 Perbedaan Penelitian

Berdasarkan beberapa penelitian sejenis yang telah dikumpulkan tersebut, maka dapat dilihat perbedaan terhadap penelitian yang akan dilakukan oleh penulis yaitu seperti pada Tabel 2.1 pada halaman berikutnya.

Tabel 2. 1 Perbedaan Penelitian Sekarang dan Terdahulu

No	Aspek	Peneliti					
		Junaidi Aswar, dkk (2020)	Lisyana Junelin Restu, dkk (2021)	I Made Sastra Wibawa, dkk (2021)	Subur Siswanto, dkk (2023)	Yonas Prima Arga Rumbyarso, dkk (2023)	Naufal Afif Bagus Wijanarka (2026)
1	Judul	Evaluasi Kinerja Struktur Gedung Beton Bertulangan Metode <i>Pushover Analysis</i>	Evaluasi Struktur Bangunan Pasar Inpress Blok IV Gedung B dengan Metode Pusover	Analisis Kinerja Struktur Gedung Dengan Analisis <i>Pushover</i> Pada Proyek Gedung Rektorat Universitas Mahasaraswati Denpasar	Analisis Kinerja Struktur Gedung Bertingkat Menggunakan Metode <i>Pushover</i>	Analisis Kinerja Struktur Gedung Rusun TNI AU Halim Perdanakusuma Dengan Menggunakan Metode <i>Pushover Analysis</i>	Evaluasi Struktur Gedung Bertingkat Berbasis Kinerja Dengan Metode <i>Pushover</i> Studi Kasus Gedung Nariba Office
2	Objek Penelitian	Quest Hotel Yogyakarta	Pasar Inpress Blok IV Gedung B	Gedung Rektorat Universitas Mahasaraswati Denpasar	Hotel X di wilayah Jakarta Pusat	Gedung Rusun TNI AU Halim Perdanakusuma	Gedung Nariba Office Jakarta Selatan

Lanjutan Tabel 2.1 Perbedaan Penelitian Sekarang dan Terdahulu

No	Aspek	Peneliti					
		Junaidi Aswar, dkk (2020)	Lisyana Junelin Restu, dkk (2021)	I Made Sastra Wibawa, dkk (2021)	Subur Siswanto, dkk (2023)	Yonas Prima Arga Rumbyarso, dkk (2023)	Naufal Afif Bagus Wijanarka (2026)
3	Tujuan Penelitian	Penelitian ini dilakukan dengan tujuan untuk mengetahui nilai gaya lateral maksimal serta <i>displacement</i> yang terjadi pada gedung dan bagaimana level kinerja berdasarkan metode <i>FEMA 356</i>	Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi kinerja struktur dari bangunan pasar Inpress Blok IV zona B	Analisis dilakukan untuk mengetahui level kinerja struktur Gedung Rektorat Universitas Mahasaraswati Denpasar dengan menggunakan metode <i>pushover analysis</i>	Analisis dilakukan untuk mengetahui level kinerja struktur bangunan Hotel X yang terdiri dari 16 lantai di wilayah Jakarta Pusat untuk meminimalisir terjadinya korban jiwa dan materi ketika terjadi terjadi gempa bumi	Analisis dilakukan untuk mengetahui level kinerja struktur Gedung Rusun TNI AU Halim Perdanakusuma dengan menggunakan metode <i>pushover analysis</i>	Analisis dilakukan untuk mengetahui nilai gaya geser dasar dan simpangan saat performance point tercapai dari hasil analisis pushover, level kinerja seismic dari Gedung Nariba Office setelah dilakukan analisis pushover, dan mekanisme sendi plastis setelah dilakukan analisis pushover.

Lanjutan Tabel 2.1 Perbedaan Penelitian Sekarang dan Terdahulu

No	Aspek	Peneliti					
		Junaidi Aswar, dkk (2020)	Lisyana Junelin Restu, dkk (2021)	I Made Sastra Wibawa, dkk (2021)	Subur Siswanto, dkk (2023)	Yonas Prima Arga Rumbyarso, dkk (2023)	Naufal Afif Bagus Wijanarka (2026)
4	Hasil Penelitian	Berdasarkan penerlitan yang dilakukan didapatkan menunjukkan hasil besarnya gaya lateral maksimum dan <i>displacement</i> yang terjadi berdasarkan analisis <i>pushover</i> menggunakan <i>SAP2000 v14</i> pada gedung Quest Hotel yaitu pada arah x gaya lateral maksimum adalah 8034,753 kN yang terjadi pada step 9 dengan <i>displacement</i> sebesar -0,042530 m dan pada arah y	Hasil penelitian berdasarkan <i>performance point</i> , diperoleh <i>drift ratio</i> yang terjadi akibat pembebanan gempa arah-X dan arah-Y adalah 0,05875% dan 0,0067%. Nilai dari <i>drift ratio</i> yang didapatkan lebih kecil dari yang disyaratkan oleh ATC-40 untuk level kinerja <i>Immediate Occupancy</i> (IO) yaitu 1%. Maka, level kinerja struktur adalah <i>Immediate Occupancy</i> . Hal	<i>Performance point</i> dari analisis statik <i>pushover</i> berdasarkan metode koefisien perpindahan <i>FEMA 356</i> diperoleh hasil target perpindahan (δT) pada arah X sebesar 0,178 m, kinerja yang diperlihatkan oleh struktur adalah <i>Collapse Prevention</i> (CP) dimana gedung hanya mampu menahan gaya gempa sebesar 3820,91 kN. Sedangkan hasil target	Berdasarkan hasil penelitian menunjukan bahwa nilai performa point kinerja struktur pada Gedung Parkir yaitu pada arah x dengan nilai <i>displacement</i> 190,1 mm dan <i>base shear</i> sebesar 12894,72 kN. Sedangkan untuk arah y nilai performa point dengan <i>displacement</i> sebesar 127,61 mm dan <i>base shear</i> sebesar 14804,04 kN. Level kinerja bangunan Hotel X	Hasil dari analisis <i>pushover</i> menunjukkan bahwa titik kinerja gedung Rusun TNI AU Halim Perdanakusuma untuk pembebanan arah-X adalah 440,471 mm dengan gaya geser yang terjadi 38363,2261 kN, sedangkan untuk arah-Y diperoleh titik kinerja yaitu 457,276 mm dengan gaya geser sebesar 55150,5802 kN. Dari titik kinerja diperoleh simpangan	-

Lanjutan Tabel 2.1 Perbedaan Penelitian Sekarang dan Terdahulu

No	Aspek	Peneliti					
		Junaidi Aswar, dkk (2020)	Lisyana Junelin Restu, dkk (2021)	I Made Sastra Wibawa, dkk (2021)	Subur Siswanto, dkk (2023)	Yonas Prima Arga Rumbyarso, dkk (2023)	Naufal Afif Bagus Wijanarka (2026)
4	Hasil Penelitian	<p>gaya lateral maksimum adalah 7055,847 kN yang terjadi pada step 7 dengan <i>displacement</i> sebesar -0,066046 m. Level kinerja yang didapatkan berdasarkan FEMA 356, maka diperoleh nilai <i>drift aktual</i> arah-x sebesar 0,00484 (0,484%) dan nilai <i>drift aktual</i> arah-y sebesar 0,00773 (0,73%). Hal ini menunjukkan bahwa keadaan</p>	<p>tersebut bermakna bahwa gedung pasar Inpress blok IV masih cukup kuat terhadap beban gempa.</p>	<p>perpindahan (δT) pada arah <i>Y</i> sebesar 0,168 m, kinerja yang diperlihatkan oleh struktur adalah <i>Collapse Prevention (CP)</i> dimana gedung hanya mampu menahan gaya gempa sebesar 3756,71 kN.</p>	<p>yang berada di Jakarta dengan nilai <i>maximum total drift</i> = 0,0127 pada arah x dan 0,0085 pada arah y. Menurut metode <i>ATC-40</i> adalah <i>Damage Control</i>, yaitu kondisi bangunan dimana kerusakan akibat gempa yang terjadi pada daerah sendi element struktur pada kondisi yang masih diperbaiki</p>	<p>struktur yang terjadi akibat pembebanan arah - <i>X</i> dan arah - <i>Y</i> adalah 0,824 % & 0,855% maka level kinerja struktur berdasarkan batas simpangan yang disyaratkan oleh <i>FEMA 356</i> dan <i>ATC-40</i> termasuk pada level <i>immediate occupancy</i>. Berdasarkan kurva kapasitas (<i>capacity curve</i>) maka diperoleh gaya geser dasar</p>	-

Lanjutan Tabel 2.1 Perbedaan Penelitian Sekarang dan Terdahulu

No	Aspek	Peneliti					
		Junaidi Aswar, dkk (2020)	Lisyana Junelin Restu, dkk (2021)	I Made Sastra Wibawa, dkk (2021)	Subur Siswanto, dkk (2023)	Yonas Prima Arga Rumbyarso, dkk (2023)	Naufal Afif Bagus Wijanarka (2026)
		gedung yang ditinjau adalah termasuk pada level kinerja <i>Immediate Occupancy (IO)</i> .				maksimum sebesar 46734,5513 <i>kN</i> & perpindahan yang dihasilkan untuk arah- <i>X</i> yaitu 710,310 <i>mm</i> & sedangkan pada arah - <i>Y</i> , diperoleh gaya geser dasar maksimum sebesar 76055,6401 <i>kN</i> & perpindahan yang dihasilkan yaitu 904,504 <i>mm</i> .	

BAB III

LANDASAN TEORI

3.1 Gempa Bumi

Menurut Widodo (2017), gempa bumi merupakan peristiwa bergetarnya lempeng bumi karena pelepasan energi secara tiba – tiba yang diakibatkan oleh tergelincirnya atau pecahnya massa batuan pada lapisan kerak bumi. Energi yang terkumpul dari peristiwa tersebut terperangkap dan terlepas sampai ke lapisan kerak bumi. Akibat pelepasan energi tersebut membuat begetarnya bangunan pada kerak bumi. Peristiwa bergetarnya tersebut mengakibatkan munculnya gaya pada struktur bangunan karena sifat kecenderungan bangunan untuk mempertahankan diri dari gerakan.

Menurut Mustofa (2010), gempa bumi diklasifikasikan berdasarkan beberapa jenis menurut sumber dari gempa tersebut. Gempa bumi dibagi menjadi 4 jenis berdasarkan penyebabnya, antara lain:

1. Gempa tektonik merupakan gempa bumi yang disebabkan oleh aktivitas lempeng tektonik bumi. Lempeng bumi ini memiliki permukaan yang tidak rata dan terus bergerak. Akibat gerakan tersebut menimbulkan friksi yang kemudian terakumulasi dan menimbulkan guncangan yang disebut gempa bumi.
2. Gempa vulkanik merupakan gempa bumi yang disebabkan oleh aktivitas vulkanik gunung berapi. Magma yang ada pada gunung berapi terakumulasi dan menimbulkan tekanan. Tekanan tersebut menimbulkan adanya energi yang dapat secara tiba – tiba melepaskan enegerginya tersebut. Pelepasan energi tersebut dapat menimbulkan guncangan yang kita sebut sebagai gempa bumi. Getaran gempa akibat gunung berapi ini biasanya hanya terjadi pada radius kecil sekitar gunung tersebut.

3. Gempa runtuh merupakan gempa yang disebabkan akibat runtuhnya suatu gua di daerah topologi kars atau pada daerah pertambangan atau runtuhnya massa batuan yang besar pada lereng. Getaran yang terjadi akibat runtuh ini kecil dan tidak berdampak pada bangunan.
4. Gempa buatan merupakan gempa bumi yang disebabkan akibat aktivitas dari manusia. Aktivitas manusia yang dapat menimbulkan getaran seperti kegiatan pertambangan atau kegiatan pembukaan jalan baru dengan bom, dan lain lain. Getaran yang timbul akibat aktivitas manusia ini relatif kecil jadi tidak berbahaya dan tidak berdampak pada bangunan.

3.2 Konsep Bangunan Tahan Gempa

Bangunan gedung dalam melakukan analisis terdapat kategori resiko menurut pada fungsi bangunan tersebut. Bangunan gedung dengan fungsi yang lebih penting memiliki kewajiban dalam menahan gaya gempa lebih lama dari bangunan dengan fungsi dibawahnya, atau harus dapat menahan gaya gempa yang lebih besar. Menurut Widodo (2012) bangunan yang akan dibangun mengacu pada prinsip *earthquake resistant building*, yaitu bangunan yang dapat menahan gaya gempa dengan dampak kerusakan yang minim namun biaya pembuatannya relatif murah. Tujuan dari merencanakan bangunan tahan gempa dapat tercapai, yaitu membuat bangunan dengan kekuatan yang cukup dengan pengurangan biaya semaksimal mungkin.

Berdasarkan penjelasan tersebut prinsip desain bangunan tahan gempa yaitu sebagai berikut:

1. gempa kecil, struktur utama tidak rusak dan bangunan masih berfungsi dengan baik. Terdapat kerusakan ringan pada elemen non struktur,
2. gempa menengah, struktur utama bisa rusak ringan dan dapat diperbaiki. Elemen non struktur dapat rusak namun masih dapat diperbaiki atau diganti dengan yang baru, dan
3. gempa kuat, bangunan dapat rusak namun tidak boleh rubuh seluruhnya (*totally collapes*).

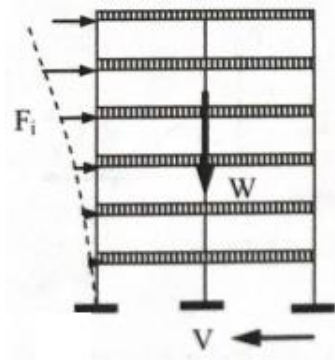
3.3 Analisis Struktur Bangunan

Menurut Eliza (2013) dalam melakukan analisis struktur bangunan gedung, beban gempa secara umum terbagi menjadi 2, yaitu sebagai berikut.

1. Analisis statik ekuivalen adalah analisis struktur dengan getaran gempa yang dimodelkan sebagai beban horizontal statik yang bekerja pada pusat massa bangunan. Pada analisis ini prinsipnya didasarkan jika sebuah struktur mengalami getaran, maka seluruh ragam getar dapat terjadi bersamaan sehingga dapat terjadi interferensi antar pengaruh dari semua ragam getar.
2. Analisis dinamik merupakan metode analisis struktur dengan perhitungan gaya geser gempa pada setiap tingkat diperoleh dengan menganalisis pengaruh dinamis gerakan tanah terhadap struktur. Analisis dinamik dilakukan untuk mengetahui perilaku struktur bangunan akibat gaya gempa yang bekerja pada struktur gedung. Analisis dinamik dibagi menjadi dua yaitu analisis riwayat waktu (*time history*) dimana cara menghitung respon struktur pada interval tertentu dengan menggunakan catatan rekaman gempa pada grafik seismograf dan analisis respon spektrum dimana total respon didapatkan melalui nilai puncak dari respon masing – masing ragam getar.

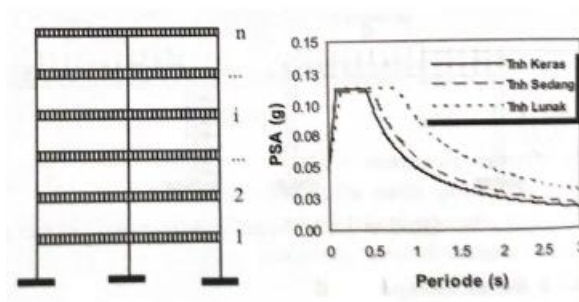
Dalam SNI 1726 tahun 2019 untuk struktur bangunan terdapat ketidakberturan horizontal yang perlu dilakukan analisis menggunakan penggambaran tiga dimensi. penggambaran tiga dimensi diperlukan untuk mencegah adanya respon spektrum yang dominan dalam rotasi.

Menurut Widodo (2017), gerakan tanah yang terjadi akibat gaya gempa umumnya terjadi secara acak dan hanya terjadi beberapa detik saja, walaupun kadang – kadang ada yang terjadi hingga satu menit. Untuk menghitung respon struktur akibat gerakan tanah yang *random* tersebut terdapat tiga cara yaitu metode ekuivalen statik, metode respon spektrum, dan metode analisis riwayat waktu. Pada bangunan yang relatif rendah dan beraturan, analisis struktur dapat dilakukan dengan menggunakan metode ekuivalen statik yang secara skematis dilihat pada Gambar 3.1. Pada metode ini gaya – gaya horizontal pada setiap lantai dianalisis dengan menggunakan analisis respon spektrum. Setelah mendapatkan nilai gaya horizontal pada setiap lantai maka dilanjutkan dengan analisis struktur.

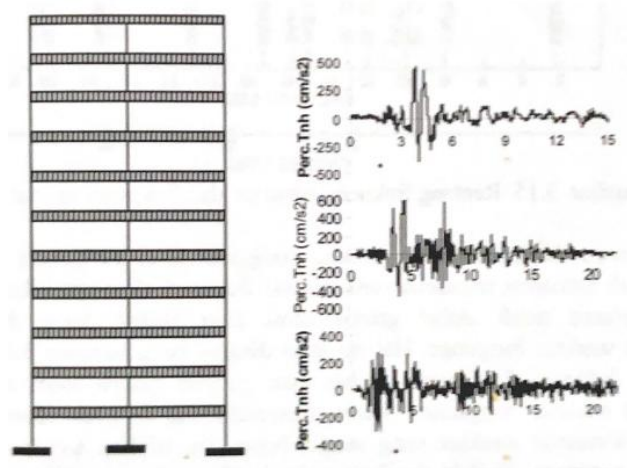


Gambar 3. 1 Gaya Geser Dasar
(Sumber: Widodo, 2017)

Metode analisis respon struktur digunakan jika struktur bangunan sudah relatif fleksibel atau bangunan tersebut relatif tinggi (10 tingkat atau lebih). Pada bangunan yang relatif tinggi pengaruh mode – mode relatif besar. Pada metode respon spektrum pengaruh dari semua mode tersebut diperhitungkan atau dengan memakai jumlah mode tertentu sehingga memenuhi persyaratan (*modal effective mass* $\geq 90\%$). Metode ini memiliki keterbatasan pada beban gempa yang dipakai tidak spesifik, karena dibuat berdasarkan beberapa rekaman gempa sehingga hasilnya tidak mencerminkan salah satu gempa secara spesifik. Metode analisis riwayat waktu digunakan jika dikehendaki untuk analisis respon struktur akibat percepatan tanah akibat gempa yang spesifik atau khusus. Model dari metode respon spektrum dan metode analisis riwayat waktu dapat dilihat pada Gambar 3.2 dan Gambar 3.3.



Gambar 3. 2 Model Analisis Respon Spektrum
(Sumber: Widodo, 2017)



Gambar 3. 3 Model Analisis Riwayat Waktu
(Sumber: Widodo, 2017)

3.4 Pembebanan Struktur

Pembebanan pada struktur yang digunakan pada penelitian ini bertujuan untuk menganalisis bangunan gedung adalah beban hidup, beban mati, dan beban gempa. Beban hidup, beban mati, dan beban gempa yaitu:

3.4.1 Beban Hidup

Beban hidup adalah beban akibat pengguna atau penghuni bangunan gedung atau struktur lain yang tidak termasuk beban konstruksi dan beban lingkungan, seperti beban angin, beban hujan, beban gempa, beban banjir, atau beban mati. Beban hidup yang dimasukkan dalam analisis harus menggunakan beban hidup maksimal yang diharapkan akan terjadi (SNI 1727:2020). Menurut Peraturan Pembebanan Indonesia Untuk Gedung, beban hidup dapat dilihat pada Tabel 3.1.

Tabel 3. 1 Beban Hidup Pada Lantai Gedung

No	Komponen	Beban (kg/m^2)
1	Lantai dan tangga rumah tinggal, kecuali yang disebutkan pada nomor 2	200
2	Lantai dan tangga rumah tinggal sederhana dan gudang – gudang tidak penting yang bukan untuk toko, pabrik, atau bengkel	125

Lanjutan Tabel 3.1 Beban Hidup Pada Lantai Gedung

No	Komponen	Beban (kg/m^2)
3	Lantai sekolah, ruang kuliah, kantor, toko, toserba, restoran, hotel, asrama dan rumah sakit	250
4	Lantai ruang olah raga	400
5	Lantai ruang dansa	500
6	Lantai dan balkon pada ruangan yang digunakan untuk pertemuan seperti, masjid, gereja, ruang pagelaran, ruang rapat, bioskop, dan panggung penonton dengan tempat duduk tetap	400
7	Panggung penonton dengan tempat duduk tidak tetap atau untuk penonton yang berdiri	500
8	Tangga, bordes tangga, dan gang dari yang disebutkan pada nomor 3	300
9	Tangga, bordes tangga, dan gang dari yang disebutkan pada nomor 4, 5, 6, dan 7	500
10	Lantai ruang pelengkap dari yang disebutkan pada nomor 3, 4, 5, 6, dan 7	250
11	Lantai untuk untuk pabrik, bengkel, gudang, perpustakaan, ruang arsip, toko buku, toko besi, ruang alat – alat dan mesin, direncanakan terhadap beban hidup yang ditentukan sendiri dengan beban minimum	400
12	Lantai gedung parkir bertingkat - untuk lantai bawah untuk lantai tingkat lainnya	800 400
13	Balkon – balkon yang menjorok bebas keluar harus direncanakan terhadap beban hidup dari lantai ruang yang berbatasan, dengan beban minimum	300

(Sumber: Peraturan Pembebanan Indonesia Untuk Gedung, 1987 pasal 2.1.2)

3.4.2 Beban Mati

Beban mati adalah berat seluruh bahan konstruksi bangunan gedung yang terpasang, termasuk dinding, lantai, atap, plafon, tangga, dinding partisi tetap, finishing, klading gedung dan komponen arsitektural dan struktural lainnya (SNI 1727: 2020). Menurut SNI 1727 tahun 2020 beban mati dapat dilihat pada Tabel 3.2 pada halaman selanjutnya sebagai berikut.

.Tabel 3. 2 Berat Sendiri Bahan Bangunan

No	Bahan Bangunan	Beban (kg/m²)
1	Baja	7850
2	Batu alam	2600
3	Batu belah, batu bulat, batu gunung (berat tumpuk)	1500
4	Batu karang (berat tumpuk)	700
5	Batu pecah	1450
6	Besi tuang	7250
7	Beton ⁽¹⁾	2200
8	Beton bertulang ⁽²⁾	2400
9	Kayu (Kelas I) ⁽³⁾	1000
10	Kerikil, koral (kering udara sampai lembab, tanpa diayak)	1650
11	Pasangan bata merah	1700
12	Pasangan batu belah, baru bulat, batu gunung	2200
13	Pasangan batu cetak	2200
14	Pasangan batu karang	1450
15	Pasir (kering udara sampai lembab)	1600
16	Pasir (jenuh air)	1800
17	Pasir kerikil, koral (kering udara sampai lembab)	1850
18	Tanah, lempung dan lanau (kering udara sampai lembab)	1700
19	Tanah, lempung dan lanau (basah)	2000
20	Timah hitam (timbel)	11400

(Sumber: Pedoman Perencanaan Pembebanan Untuk Rumah dan Gedung, 1987 pasal 2.1.1)

Tabel 3. 3 Berat Sendiri Komponen Gedung

No	Komponen Gedung	Beban (kg/m^2)
1	Adukan, per cm tebal: - dari semen - dari kapur, semen merah atau tras	21 17
2	Aspal, termasuk bahan-bahan mineral penambah, per cm tebal	14
3	Dinding pasangan bata merah - satu batu - setengah batu	450 250
4	Dinding pasangan batako: Berlubang: - tebal dinding 20 cm (HB 20) - tebal dinding 10 cm (HB 10) Tanpa Lubang: - tebal dinding 15 cm - tebal dinding 10 cm	200 120 300 200
5	Langit-langit dan dinding (termasuk rusuk-rusuknya tanpa penggantung langit-langit atau pengaku), terdiri dari: - semen asbes (eternit dan bahan lain sejenis), dengan tebal maksimum 4 mm - kaca, dengan tebal 3 – 5 mm	11 10
6	Lantai kayu sederhana dengan balok kayu, tanpa langit-langit dengan bentang maksimum 5 m dan untuk beban hidup maksimum $200 kg/m^2$	40
7	Penggantung langit-langit (dari kayu), dengan bentang maksimum 5 m dan jarak s.k.s. minimum 0,80 m	7
8	Penutup atap genting dengan reng dan usuk/kaso per m^2 bidang atap	50
9	Penutup atas sirap dengan reng dan usuk/kaso, per m^2 bidang atap	40
10	Penutup atap seng gelombang (BJLS-25) tanpa usuk	10
11	Penutup lantai dari ubin semen portland, teraso dan beton, tanpa adukan, per cm tebal	24
12	Semen asbes gelombang (tebal 5 mm)	11

(Sumber: Pedoman Perencanaan Pembebanan Untuk Rumah dan Gedung, 1987 pasal 2.1.1)

Catatan:

- (1) Nilai ini tidak berlaku untuk beton pengisi.
- (2) Untuk beton getas, beton kejut, beton mampat, dan beton padat lain yang sejenis, berat sendiri harus ditentukan tersendiri.
- (3) Nilai ini adalah nilai rata – rata, untuk jenis – jenis kayu tertentu lihat pedoman perencanaan konstruksi kayu.

3.4.3 Beban Gempa

Beban gempa adalah seluruh beban statik ekuivalen pada struktur yang bekerja pada gedung yang searah dengan pengaruh dari gerakan tanah akibat gempa. Pada penelitian ini menggunakan beban gempa dinamik respon spektrum.

Perencanaan berdasarkan SNI 1726 tahun 2019, pada kombinasi beban gempa harus disesuaikan dengan gempa vertikal (E_v) sebagai berikut.

$$E = E_h + E_v \quad (3.1)$$

$$E = E_h - E_v \quad (3.2)$$

Keterangan:

E_h = pengaruh gempa horizontal

E_v = pengaruh gempa vertikal

Untuk menambah pengaruh gaya desak digunakan persamaan (3.1), sedangkan untuk menambah gaya tarik digunakan persamaan (3.2). Nilai E_v dan E_h dihitung dengan persamaan (3.3) dan persamaan (3.4) yang dapat dilihat dibawah ini.

$$E_h = \rho \times Q_E \quad (3.3)$$

$$E_v = 0,2 \times S_{DS} \times D \quad (3.4)$$

Keterangan:

ρ = faktor redundansi struktur

Q_E = pengaruh gaya gempa horizontal

D = pengaruh beban mati

3.4.4 Beban Kombinasi

Faktor untuk beban yang bekerja pada struktur sudah ditetapkan pada standar pembebanan struktur gedung (SPRG) atau standar beton. Faktor – faktor tersebut dikombinasikan dan didapatkan beban yang paling besar atau ekstrim. Berdasarkan SNI 1726 tahun 2019, digunakan pembebanan sebagai berikut.

- a. $U = 1,4D$
- b. $U = 1,2D + 1,6L$
- c. $U = 1,2D + L + E_h + 0,3 E_v$
- d. $U = 1,2D + L + E_h - 0,3 E_v$
- e. $U = 1,2D + L - E_h + 0,3 E_v$
- f. $U = 1,2D + L - E_h - 0,3 E_v$
- g. $U = 1,2D + L + 0,3E_h + E_v$
- h. $U = 1,2D + L + 0,3E_h - E_v$
- i. $U = 1,2D + L - 0,3E_h + E_v$
- j. $U = D + 0,5L$

Keterangan:

- U = kuat diperlukan
 D = beban mati
 L = beban hidup
 E_v = beban gempa vertikal
 E_h = beban gempa horizontal

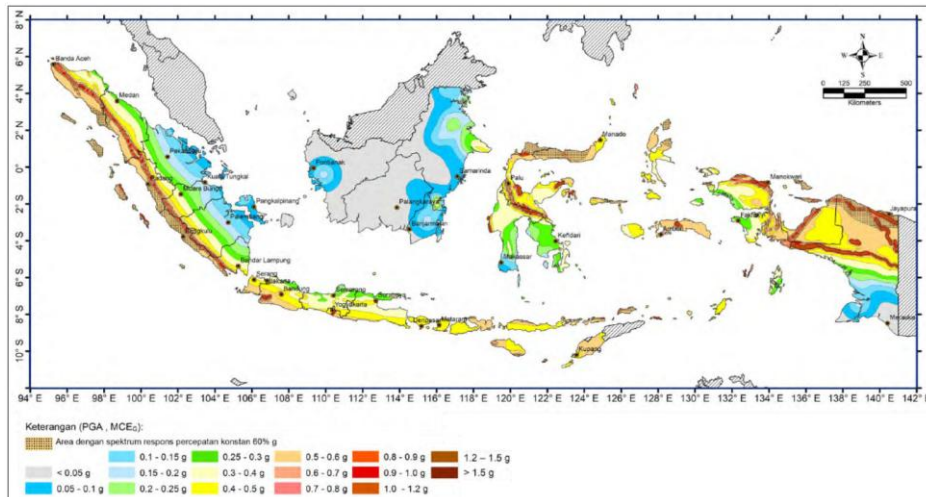
3.5 Ketentuan Umum Perencanaan Struktur Bangunan Berdasarkan SNI 1726 Tahun 2019

Ketentuan umum perencanaan struktur bangunan pada tugas akhir ini yang akan digunakan adalah sebagai berikut.

1. Peta Sebaran Gempa Bumi di Indonesia

Indonesia rawan terjadi gempa bumi, hal ini dikarenakan *pacific plate*, *australian plate*, *philippines plate*, dan *eurasian plat* bergerak menuju arah Indonesia. Energi yang terkumpul dari pertemuan empat pelat tersebut

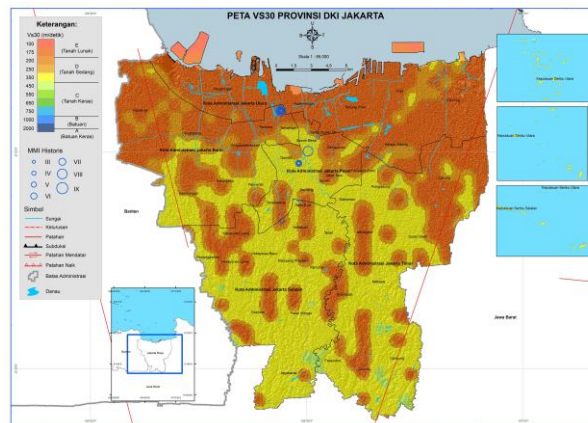
menimbulkan rawannya terjadi pelepasan energi yang akan menyebabkan gempa bumi. Berikut merupakan peta sebaran gempa bumi di Indonesia yang menentukan tingkat risiko gempa pada suatu struktur bangunan.



Gambar 3. 4 Peta Sebaran Gempa Indonesia
(Sumber: SNI 1726 Tahun 2019)

2. Klasifikasi Situs

Prosedur dalam klasifikasi situs memberikan kriteria mengenai desain seismik berupa beberapa faktor amplifikasi pada struktur bangunan. Kriteria dalam perancangan desain seismik suatu struktur bangunan dipermukaan bumi atau penentuan amplifikasi besaran nilai percepatan gempa maksimal dari batuan dasar menuju permukaan tanah suatu situs, maka situs tersebut dilakukan klasifikasi situs terlebih dahulu. Klasifikasi situs dapat ditentukan berdasarkan peta data V_s30 yang diterbitkan oleh badan geologi, kemudian nilai gaya geser diklasifikasikan berdasarkan tabel klasifikasi situs. Gambar peta V_s30 dan Tabel Klasifikasi situs dapat dilihat pada Gambar 3.5 dan Tabel 3.4 pada halaman selanjutnya berikut ini.



Gambar 3. 5 Peta Vs30 DKI Jakarta

(Sumber: <https://geologi.esdm.go.id/publikasi/laporan-dan-buku/atlas-tapak-lokal-vs30-indonesia-berdasarkan-klasifikasi-geomorfologi-teknik>)

Tabel 3. 4 Klasifikasi Situs

Kelas Situs	\bar{v}_s (m/detik)	\bar{N} atau \bar{N}_{ch}	\bar{S}_u (kPa)
SA (batuan keras)	>1500	N/A	N/A
SB (batuan)	750 sampai 1500	N/A	N/A
SC (tanah keras, sangat padat dan batuan lunak)	350 sampai 750	>50	≥ 100
SD (tanah sedang)	175 sampai 350	15 sampai 50	50 sampai 100
SE (tanah lunak)	<175	<15	<50
	Setiap profil tanah yang mengandung lebih dari 3 m tanah dengan karakteristik sebagai berikut : 1. Indeks plastisitas, $PI > 20$, 2. Kadar air, $w \geq 40\%$, 3. Kuat geser niralir $\bar{S}_u < 25$ kPa		
SF (tanah khusus, yang membutuhkan investigasi geoteknik spesifik dan analisis respons spesifik-situs yang mengikuti 0)	Setiap profil lapisan tanah yang memiliki salah satu atau lebih dari karakteristik berikut : – Rawan dan berpotensi gagal atau runtuh akibat beban gempa seperti mudah likuifaksi, lempung sangat sensitif, tanah tersementasi lemah – Lempung sangat organik dn/atau gambut (ketebalan $H > 3$ m) – Lempung berplastisitas sangat tinggi (ketebalan $H > 7,5$ m dengan indeks plasitisitas $PI > 75$) Lapisan lempung lunak/setengah teguh dengan ketebalan $H > 35$ m dengan $\bar{S}_u < 50$ kPa		

(Sumber: SNI 1726 tahun 2019)

3. Kategori Risiko Struktur Bangunan Gedung dan Nongedung untuk Beban Gempa

Menurut SNI 1726 tahun 2019 kategori risiko bangunan berdasarkan jenis pemanfaatan bangunan dan risiko yang timbul berdasarkan prioritasnya dibagi menjadi empat kategori. Keempat kategori tersebut dapat dilihat pada Tabel 3.5 sebagai berikut.

Tabel 3. 5 Kategori Risiko Bangunan Gedung dan Nongedung Untuk Beban Gempa

Jenis Pemanfaatan	Kategori Risiko
Gedung dan nongedung yang memiliki risiko rendah terhadap jiwa manusia pada saat terjadi kegagalan, termasuk, tapi tidak dibatasi untuk, antara lain: <ul style="list-style-type: none"> - Fasilitas pertanian, perkebunan, peternakan, dan perikanan - Fasilitas sementara - Gudang penyimpanan - Rumah jaga dan struktur kecil lainnya 	I
Semua gedung dan struktur lain, kecuali kategori risiko I,III, dan IV; tetapi tidak dibatasi untuk: <ul style="list-style-type: none"> - Perumahan - Rumah toko dan rumah kantor - Pasar - Gedung perkantoran - Gedung apartemen/rumah susun - Pusat perbelanjaan/mall - Bangunan industri - Fasilitas manufaktur - Pabrik 	II
Gedung dan nongedung yang memiliki risiko tinggi terhadap manusia pada saat terjadi kegagalan, termasuk, tapi tidak dibatasi untuk: <ul style="list-style-type: none"> - Bioskop - Gedung Pertemuan - Stadion 	III

Lanjutan Tabel 3.5 Kategori Risiko Bangunan Gedung dan Nongedung Untuk Beban Gempa

Jenis Pemanfaatan	Kategori Risiko
<ul style="list-style-type: none"> - Fasilitas kesehatan yang tidak memiliki unit bedah dan UGD - Fasilitas penitipan anak - Penjara <p style="text-align: center;">Bangunan untuk orang jompo</p>	III
<p>Gedung dan nongedung yang dikategorikan sebagai fasilitas penting, termasuk, tetapi tidak dibatasi untuk:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Bangunan – bangunan monumental - Gedung sekolah dan fasilitas pendidikan - Rumah ibadah - Rumah sakit dan fasilitas kesehatan lainnya yang memiliki unit bedah dan UGD - Fasilitas pemadam kebakaran, ambulan, kantor polisi, dan garasi kendaraan darurat - Tempat perlindungan gempa bumi, tsunami, angin badai, dan tempat perlindungan darurat lainnya - Fasilitas kesiapan darurat, komunikasi, pusat operasi, dan fasilitas tanggap darurat lainnya - Pusat pembangkit energi dan fasilitas publik lainnya yang dibutuhkan pada saat keadaan darurat - Struktur tambahan (termasuk menara telekomunikasi, tangki penyimpanan bahan bakar, menara pendingin, struktur stasiun listrik, tangki air pemadam kebakaran atau struktur rumah atau struktur pendukung air atau material atau peralatan pemadam kebakaran) yang disyaratkan untuk beroperasi pada saat keadaan darurat - Gedung dan nongedung yang dibutuhkan untuk mempertahankan fungsi struktur bangunan lain yang masuk ke dalam kategori risiko IV 	IV

(Sumber: SNI 1726 tahun 2019)

4. Faktor Keutamaan Gempa

Setiap bangunan dibangun dengan berbagai fungsi. Perbedaan fungsi tersebut menimbulkan perbedaan risiko terhadap gempa bumi. Perbedaan risiko menentukan faktor gempa yang digunakan untuk merekayasa beban gempa yang akan dialami oleh bangunan tersebut. Faktor keutamaan gempa berdasarkan kategori risiko dapat dilihat pada Tabel 3.6 pada halaman berikutnya sebagai berikut.

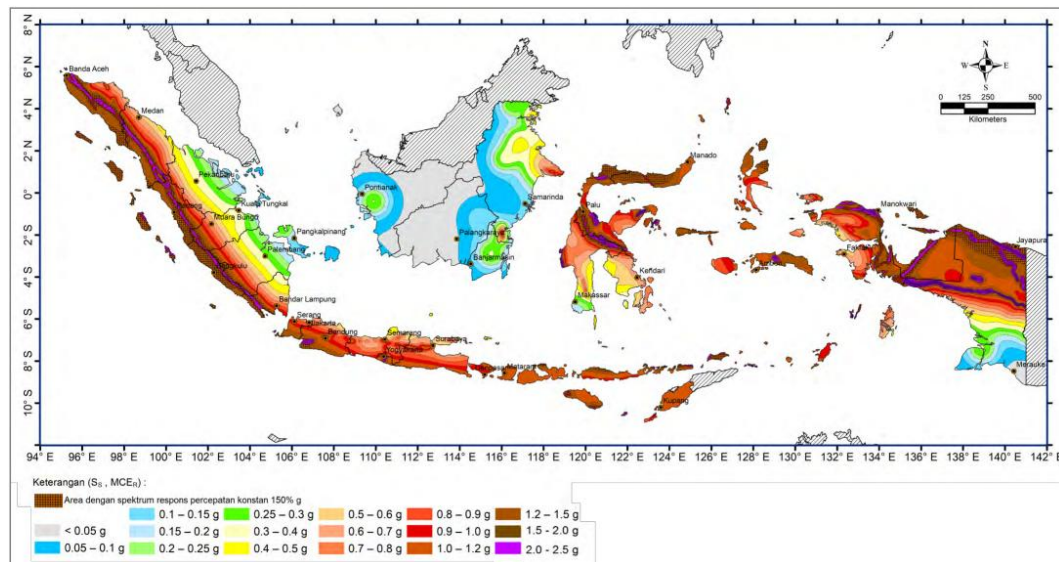
Tabel 3. 6 Faktor Keutamaan Gempa

Kategori Risiko	Faktor Keutamaan Gempa, I_e
I atau II	1,0
III	1,25
IV	1,50

(Sumber: SNI 1726 tahun 2019)

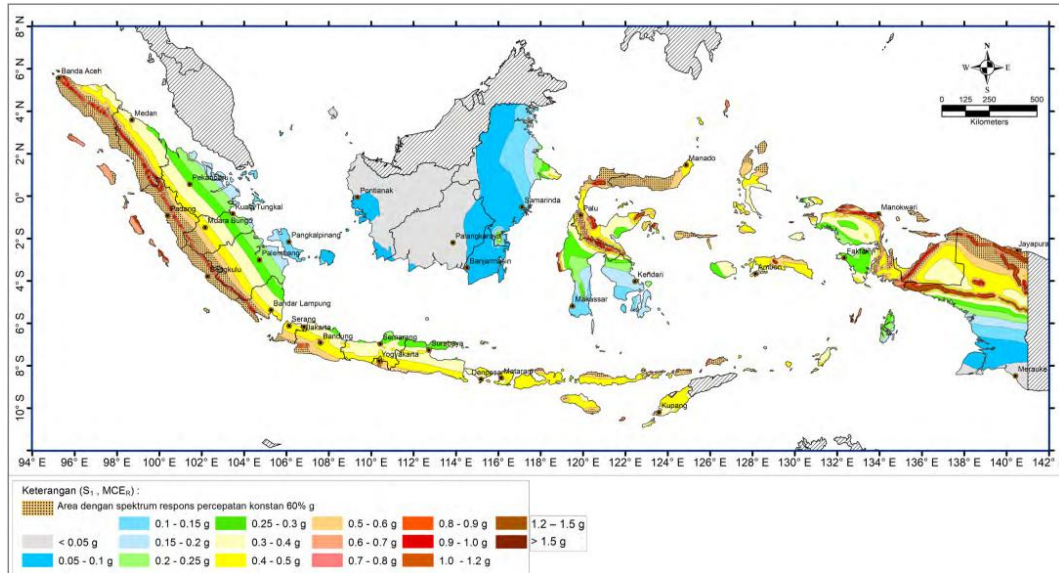
5. Penentuan Nilai Respon Spektra

Peristiwa gempa bumi yang terjadi pada setiap daerah pasti berbeda – beda, hal tersebut menyebabkan perbedaan nilai respon spektra. Dalam menentukan nilai respon spektra gempa di permukaan tanah pada struktur bangunan gedung diperlukan faktor amplifikasi seismik pada periode 0,2 detik (S_s) dan 1 detik (S_I). Nilai tersebut ditentukan berdasarkan peta gempa sesuai dengan SNI 1726 tahun 2019 yang dapat dilihat pada Gambar 3.5 dan Gambar 3.6 sebagai berikut.



Gambar 3. 6 Peta Respon Spektra Periode 0,2 Detik (S_s)

(Sumber: SNI 1726 tahun 2019)



Gambar 3. 7 Peta Respon Spektra Periode 1 Detik (S_1)

(Sumber: SNI 1726 tahun 2019)

Parameter respon spektra percepatan gempa di permukaan tanah ditentukan berdasarkan faktor amplifikasi seismik pada periode 0,2 detik (F_a) dan periode 1 detik (F_v) yang didapatkan dari hubungan percepatan gempa dengan kelas situs yang dapat dilihat pada Tabel 3.7 dan Tabel 3.8 sebagai berikut.

Tabel 3. 7 Koefisien Situs F_a

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

(Sumber: SNI 1726 tahun 2019)

Catatan:

- Untuk nilai antar S_S dapat ditentukan dengan interpolasi linier
- $S_S^{(a)}$ = Situs yang memerlukan investigasi geoteknik spesifik dan analisis respon situs-spesifik

Tabel 3. 8 Koefisien Situs F_v

Kelas Situs	Parameter respons spektral percepatan gempa maksimum yang dipertimbangkan risiko-tertarget (MCE_R) terpetakan pada periode 1 detik, S_I					
	$S_I \leq 0,1$	$S_I = 0,2$	$S_I = 0,3$	$S_I = 0,4$	$S_I = 0,5$	$S_I \geq 0,6$
SA	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
SB	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
SC	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,4
SD	2,4	2,2	2,0	1,9	1,8	1,7
SE	4,2	3,3	2,8	2,4	2,2	2,0
SF	$S_S^{(a)}$					

(Sumber: SNI 1726 tahun 2019)

Catatan:

- Nilai antar S_S dapat ditentukan dengan interpolasi linier
- $S_S^{(a)}$ = Diperlukan adanya investigasi geoteknik spesifik dan analisis respon situs – spesifik

Untuk mengetahui parameter respon spektrum percepatan pada permukaan tanah dapat dicari dengan Persamaan 3.5 dan Persamaan 3.6

$$S_{MS} = F_a \times S_S \quad (3.5)$$

$$S_{M1} = F_v \times S_1 \quad (3.6)$$

Keterangan:

S_S = Parameter respon spektral percepatan gempa maksimum yang dipertimbangkan risiko-tertarget (MCE_R) terpetakan pada periode pendek $T = 0,2$ detik

S_1 = Parameter respons spektral percepatan gempa maksimum yang dipertimbangkan risiko-tertarget (MCE_R) terpetakan pada periode 1 detik.

Untuk perancangan nilai respon spektrum desain pada perencanaan ini dihitung dengan menggunakan Persamaan 3.7 dan Persamaan 3.8 sebagai berikut.

$$S_{DS} = \frac{2}{3} S_{MS} \quad (3.7)$$

$$S_{D1} = \frac{2}{3} S_{M1} \quad (3.8)$$

Keterangan:

S_S = parameter spektral desain periode pendek.

S_1 = parameter spektral desain periode 1 detik.

6. Kategori Desain Seismik

Pada perancangan struktur perlu memiliki kategori desain seismik. Struktur dengan kategori risiko I, II, atau III yang dimana parameter respon spektral percepatan terletak pada periode 1 detik (S_I) lebih besar atau sama dengan 0,75 ditentukan sebagai struktur dengan kategori desain seismik E. Struktur dengan kategori risiko IV dimana parameter respon spektral percepatan terletak pada periode 1 detik (S_I) lebih besar atau sama dengan 0,75 ditentukan sebagai struktur dengan kategori desain seismik F. Untuk menentukan nilai S_{DS} dan S_{D1} dapat ditentukan berdasarkan Tabel 3.9 dan 3.10 sebagai berikut.

Tabel 3.9 Kategori Desain Seismik Berdasarkan Parameter Respon Percepatan Pada Periode Pendek

Nilai S_{DS}	Kategori Risiko	
	I, II, atau III	IV
$S_{DS} < 0,167$	A	A
$0,167 \leq S_{DS} < 0,33$	B	C
$0,33 \leq S_{DS} < 0,50$	C	D
$0,50 \leq S_{DS}$	D	D

(Sumber: SNI 1726 tahun 2019)

Tabel 3.10 Kategori Desain Seismik Berdasarkan Parameter Respon Percepatan Pada Periode Satu Detik

Nilai S_{DI}	Kategori Risiko	
	I, II, atau III	IV
$S_{DS} < 0,067$	A	A
$0,067 \leq S_{DS} < 0,133$	B	C
$0,133 \leq S_{DS} < 0,20$	C	D
$0,20 \leq S_{DS}$	D	D

(Sumber: SNI 1726 tahun 2019)

7. Definisi Persyaratan Kategori Desain Seismik

a. Kategori desain seismik A dan B

Bangunan berkategori desain seismik A dan B didesain dengan menggunakan peraturan berdasarkan pada desain struktur momen pemikul momen biasa (SMPMB) atau sistem dinding struktur biasa (SDSB).

b. Kategori desain seismik C

Bangunan berkategori desain seismik C didesain dengan menggunakan peraturan berdasarkan pada desain struktur momen pemikul momen menengah (SMPMM) atau sistem dinding struktur biasa (SDSB).

c. Kategori desain seismik D

Bangunan berkategori desain seismik D didesain dengan menggunakan peraturan berdasarkan pada desain struktur momen pemikul momen khusus (SMPMK) atau sistem dinding struktur khusus (SDSK).

d. Kategori desain seismik E dan F

Bangunan berkategori desain seismik E dan F didesain dengan menggunakan peraturan berdasarkan pada desain struktur momen pemikul momen khusus (SMPMK) atau sistem dinding struktur khusus (SDSK).

Klasifikasi kategori desain seismik dapat dilihat pada Tabel 3.11 pada halaman berikutnya sebagai berikut.

Tabel 3. 11 Definisi Syarat Kategori Desain Seismik

Tingkat Risiko Kegempaan	Kategori Desain Seismik	Syarat
Rendah	A dan B	SRPM B/M/K SDS B/K
Menengah	C	SRPM M/K SDS B/K
Tinggi	D, E, dan F	SRPM K SDS K

(Sumber: SNI 1726 tahun 2019)

Keterangan:

SRPM = Sistem Rangka Pemikul Momen

SDS = Sistem Dinding Struktur

B/M/K = Biasa/Menengah/Khusus

8. Spektrum Respon Desain

Menurut SNI 1726 tahun 2019 ketika spektrum respon desain diperlukan dan tidak menggunakan prosedur gerakan tanah dari spesifik situs, maka kurva dari spektrum respon desain harus dikembangkan mengacu pada Gambar 3.8 dan empat ketentuan yang dijelaskan sebagai berikut.

- a. Pada periode yang lebih kecil dari T_0 , spektrum respon percepatan desain S_a harus menggunakan persamaan berikut.

$$S_a = S_{DS} \left(0,4 + 0,6 \frac{T}{T_0} \right) \quad (3.9)$$

- b. Pada periode yang lebih besar atau sama dengan dari T_0 , spektrum respon percepatan desain S_a sama dengan S_{DS} .
- c. Pada periode yang lebih besar dari T_S dan lebih kecil atau sama dengan dari T_L , respon spektral percepatan desain S_a diambil menurut persamaan sebagai berikut.

$$S_a = \frac{S_{D1}}{T} \quad (3.10)$$

- d. Pada periode yang lebih besar dari T_L , respon spektral percepatan desain S_a , diambil menurut persamaan sebagai berikut.

$$S_a = \frac{S_{D1} \cdot T_L}{T} \quad (3.11)$$

Keterangan:

S_{DS} = parameter respon spektral percepatan desain pada periode pendek

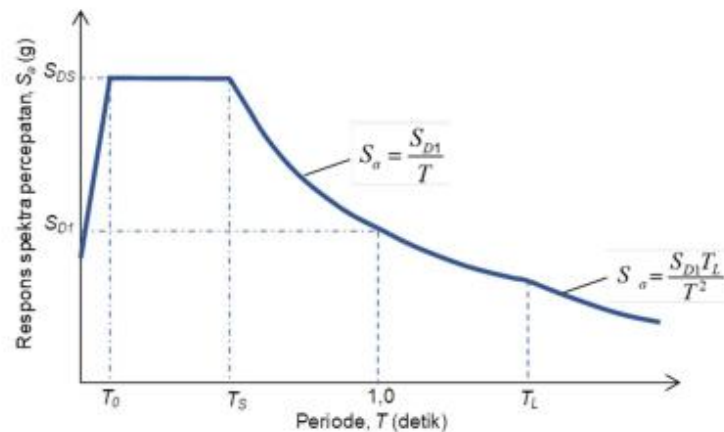
S_{D1} = parameter respon spektral percepatan desain pada periode 1 detik

T = periode getar struktur

T_L = peta transisi periode panjang

$$T_0 = 0,2 \frac{S_{D1}}{S_{DS}} \quad (3.12)$$

$$T_S = \frac{S_{D1}}{S_{DS}} \quad (3.13)$$



Gambar 3. 8 Spektrum Respon Desain

(Sumber: SNI 1726 tahun 2019)

9. Parameter dan Pemilihan Sistem Struktur Gedung

Setelah diketahui sistem pemikul gaya seismik pada struktur gedung yang akan didesain, selanjutnya dilakukan analisis perhitungan beban lateral dengan mengacu pada tiga jenis faktor. Faktor yang dimaksud antara lain

adalah faktor modifikasi respon, faktor kuat lebih sistem, dan faktor pembesaran defleksi. Nilai dari ketiga faktor tersebut disajikan dalam Tabel 3.12 pada halaman selanjutnya sebagai berikut.

Tabel 3. 12 Faktor R , C_d , dan Ω_0 Untuk Sistem Pemikul Gaya Seismik

Sistem Pemikul Gaya Seismik	Koefisien Modifikasi Respon R	Faktor Kuat Lebih Sistem Ω_0	Faktor Pembesaran Defleksi C_d^c	Batasan Sistem Struktur dan Batasan Tinggi Struktur, $h_n (m)^d$				
				Kategori Desain Seismik				
				B	C	D	E	F
C. Sistem Rangka Pemikul Momen								
Rangka beton bertulang pemikul momen khusus	8	3	5,5	TB	TB	TB	TB	TB
Rangka beton pemikul momen menengah	5	3	4,5	TB	TB	TI	TI	TI
Rangka beton pemikul momen menengah	5	3	4,5	TB	TB	TI	TI	TI
Rangka beton bertulang pemikul momen biasa	3	3	2,5	TB	TI	TI	TI	TI

(Sumber: SNI 1726 tahun 2019)

Keterangan:

- a* = koefisien modifikasi (*R*), untuk penggunaan pada keseluruhan standar. Nilai *R* mereduksi gaya ke level kekuatan bukan pada level tegangan izin.
- b* = nilai pada tabel faktor kuat lebih (Ω_0), lebih besar atau sama dengan 2,5 maka Ω_0 dibolehkan untuk mereduksi setengah untuk struktur dengan diafragma fleksibel.
- c* = faktor pembesaran simpangan lateral (*C_d*), untuk penggunaan dalam 0, 0, dan 0.
- d* = TB = Tidak Dibatasi dan TI = Tidak Diizinkan.

10. Penentuan Periode Fundamental Struktur Gedung

Periode fundamental struktur (*T*) dapat diketahui dari hasil analisis struktur yang sedang ditinjau. Menurut SNI 1726 tahun 2019, terdapat persyaratan yang menyebutkan periode fundamental yang digunakan sebagai perhitungan tidak boleh melebihi batas atas periode pendekatan yang didapatkan dari perkalian koefisien periode batas atas dengan periode pendekatan. *T* boleh langsung digunakan periode pendekatan (*T_a*) agar memudahkan dalam pelaksanaan. Periode pendekatan ditentukan menggunakan persamaan 3.13 sebagai berikut.

$$T_a = Ct \cdot h_n^x \quad (3.14)$$

Keterangan:

h_n merupakan ketinggian struktur bangunan dengan satuan meter yang dihitung dari lantai dasar sampai ketinggian tertentu, sedangkan *Ct* dan *x* ditentukan pada Tabel 3.13 dan Tabel 3.14 pada halaman selanjutnya sebagai berikut.

Tabel 3. 13 Koefisien Untuk Batas Atas Pada Periode Yang Dihitung

Parameter percepatan respon spektral desain pada 1 detik S_{DI}	Koefisien C_u
$\geq 0,4$	1,4
0,3	1,4
0,2	1,5
0,15	1,6
$\leq 0,1$	1,7

(Sumber: SNI 1726 tahun 2019)

Tabel 3. 14 Nilai Parameter Periode Pendekatan C_t dan x

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

(Sumber: SNI 1726 tahun 2019)

11. Gaya Geser Seismik

Berdasarkan SNI 1726 tahun 2019 gaya geser dasar seismik (V), dalam arah yang ditetapkan ditentukan sesuai dengan persamaan 3.15 sebagai berikut.

$$T_a = C_s \cdot W \quad (3.14)$$

Keterangan:

 V = gaya geser dasar seismik

C_s = koefisien respon seismik

W = berat seismik efektif

Nilai koefisien respon seismik (C_s), ditentukan berdasarkan persamaan 3.15 yang nilainya tidak boleh melebihi nilai yang dihasilkan oleh persamaan 3.16 untuk $T \leq T_L$ dan persamaan 3.17 untuk $T > T_L$ dan nilai koefisien respon seismik (C_s) tidak boleh kurang dari nilai persamaan 3.18. Untuk struktur yang berada dilokasi daerah dimana S_I sama dengan atau lebih besar dari 0,6 g maka C_s harus tidak kurang dari persamaan 3.19.

$$C_s = \frac{S_{DS}}{\left(\frac{R}{I_e}\right)} \quad (3.15)$$

Untuk $T \leq T_L$

$$C_s = \frac{S_{D1}}{T\left(\frac{R}{I_e}\right)} \quad (3.16)$$

Untuk $T > T_L$

$$C_s = \frac{S_{D1} \cdot T_L}{T^2\left(\frac{R}{I_e}\right)} \quad (3.17)$$

C_s harus tidak kurang dari

$$C_s = 0,044 S_{DS} I_e \geq 0,001 \quad (3.18)$$

$$C_s = \frac{0,5 S_L}{\left(\frac{R}{I_e}\right)} \quad (3.19)$$

Keterangan:

S_{DS} = parameter percepatan respon spektral desain

R = koefisien modifikasi respon

I_e = faktor keutamaan gempa

T = periode fundamental struktur (detik)

S_I = parameter percepatan respon spektral maksimum

S_{D1} = parameter percepatan respon spektral desain pada periode 1 detik

12. Distribusi Vertikal Gaya Seismik

Distribusi gaya seismik lateral (F_x) pada setiap tingkatan lantai dapat ditentukan menggunakan persamaan 3.20 dengan koefisien faktor distribusi vertikal (C_{vx}) dengan persamaan 3.21 sebagai berikut.

$$F_x = C_{vx} \cdot V \quad (3.20)$$

$$C_{vx} = \frac{W_x h_x^k}{\sum_{i=1}^n w_i h_i^k} \quad (3.21)$$

Keterangan:

- C_{vx} = faktor distribusi vertikal
- V = gaya lateral desain total atau geser di dasar struktur (kN)
- h_i dan h_x = tinggi dari dasar sampai tingkat i atau x (m)
- w_i dan w_x = bagian berat seismik efektif total struktur (W) yang ditempatkan atau dikenakan pada tingkat i atau x
- k = eksponen yang terkait dengan periode struktur dengan nilai sebagai berikut.
 - a. Untuk struktur dengan $T \leq 0,5$ detik, $k = 1$
 - b. Untuk struktur dengan $T \geq 2,5$ detik, $k = 2$
 - c. Untuk struktur dengan $0,5 < T < 2,5$ detik, $k = 2$
atau ditetapkan dengan perhitungan interpolasi linier antar 1 dan 2

3.6 Analisis Statik Nonlinier (*pushover Analysis*)

Analisis *pushover* adalah analisis yang digunakan untuk mengetahui perilaku keruntuhan suatu gedung atau struktur. Utomo (2012) analisis *pushover* adalah cara analisis statik nonlinear yang pengaruh gempa rencana terhadap struktur bangunan dianggap sebagai beban statik yang berpusat pada massa masing – masing lantai, nilai dari beban terpusat tersebut ditingkatkan secara berangsur hingga terjadi pelelehan (sendi plastis) pertama pada struktur, kemudian penambahan beban tetap dilakukan hingga struktur mencapai kondisi plastis. Tujuan dari analisis *pushover* adalah untuk mengevaluasi perilaku keruntuhan dari suatu struktur bangunan akibat

beban gempa, sehingga diperoleh kurva hubungan gaya geser dan *displacement*, kurva kapasitas, dan skema sendi plastis yang terjadi.

Analisis dilakukan dengan memberikan beban lateral statik pada struktur, kemudian secara bertahap dilakukan peningkatan dengan faktor pengali sampai satu target perpindahan lateral dari suatu titik acuan tercapai. Metode analisis *pushover* dilakukan dengan melakukan dorongan pada struktur sampai pada satu atau lebih titik mengalami leleh. Kurva kapasitas akan menunjukkan suatu kondisi linear sebelum mencapai kondisi leleh dan selanjutnya akan berperilaku nonlinear. Kurva kapasitas dipengaruhi oleh pola distribusi gaya lateral yang digunakan sebagai beban. Analisis statik *pushover* dilakukan secara otomatis dengan menggunakan program *SAP2000*.

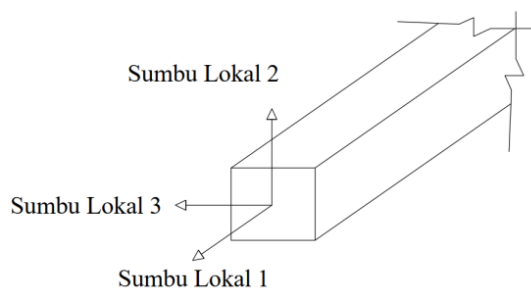
3.7 Sendi Plastis

Marwanto (2014) Apabila struktur gedung menerima beban gempa pada tingkatan tertentu, maka akan terjadi sendi plastis (*hinge*) pada balok dan kolom. Berdasarkan SNI 247 tahun 2019 daerah sendi plastis merupakan elemen rangka dimana pelelehan lentur terjadi akibat perpindahan desain gempa.

Perencanaan suatu struktur bangunan harus mengacu pada konsep *Strong Coloumn and Weak Beam (SCWB)*. Jika terjadi kegagalan struktur hingga terjadi keruntuhan, maka balok harus runtuh lebih dahulu. Apabila terjadi sebaliknya, maka rangkaian struktur pada bangunan tersebut akan langsung hancur. *SCWB* dapat dijadikan acuan awal ketika terjadi kegagalan struktur. Sendi plastis dapat diperoleh melalui tiga tahapan sebagai berikut.

1. Sendi Plastis Propertis Balok

Data propertis sendi plastis pada balok dimasukkan pada penampang tumpuan balok yang merupakan titik terjadinya sendi plastis. Pada tiap penampang balok dilakukan pemodelan dengan model momen ($M3$), jadi sendi plastis hanya terjadi karena momen searah sumbu lokal 3. Letak dari ketiga sumbu lokal dapat dilihat pada Gambar 3.9 pada halaman selanjutnya sebagai berikut.

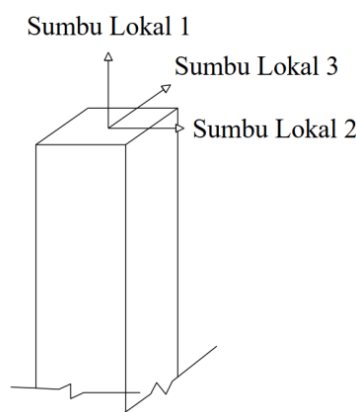


Gambar 3. 9 Letak Sumbu Lokal Balok Struktur

(Sumber: Dewobroto, 2006)

2. Sendi Plastis Propertis Kolom

Data sendi plastis propertis untuk kolom adalah model P-M2-M3, yang merupakan sendi plastis terjadi karena interaksi gaya aksial (P) dan momen (M) Sumbu Lokal 2 dan Sumbu Lokal 3. Posisi sumbu lokal 2 dan sumbu lokal 3 pada kolom dapat dilihat pada Gambar 3.10 sebagai berikut.

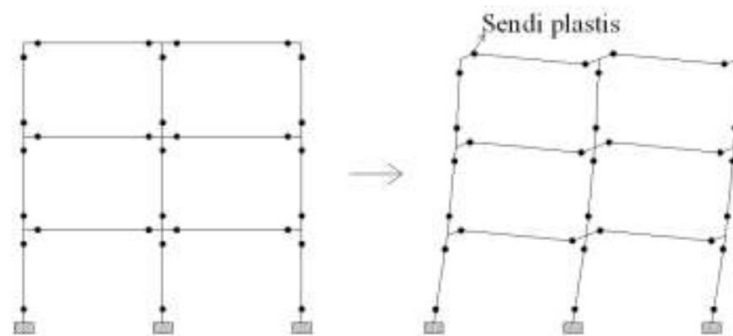


Gambar 3. 10 Posisi Sumbu Lokal Struktur

(Sumber: Dewobroto, 2006)

3. Penentuan Letak Sendi Plastis

Setelah dilakukan pendefinisian data sendi plastis balok dan kolom lalu menentukan letak terjadinya sendi plastis yang diinginkan. Posisi 0 dapat diartikan posisi awal dari panjang bersih balok, sedangkan posisi 1 dapat diartikan posisi akhir dari panjang bersih balok. Dua posisi tersebut terletak pada muka balok, begitu juga dengan kolom. Penentuan letak sendi plastis pada posisi 0 dan posisi 1 dapat dilihat pada Gambar 3.11 sebagai berikut.

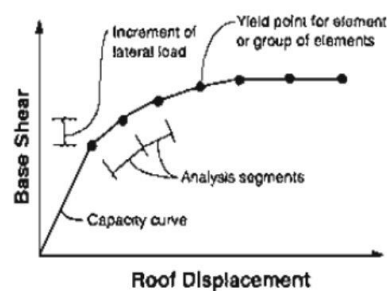


Gambar 3. 11 Sendi Plastis Yang Terjadi Pada Kolom dan Balok

(Sumber: Dewobroto, 2006)

3.8 Kurva Kapasitas

Kurva kapasitas menggambarkan menunjukkan kekuatan struktur yang besarnya tergantung dari kemampuan deformasi dari masing – masing komponen struktur. Hasil dari analisis statik nonlinear *pushover* adalah kurva hubungan antara gaya geser dasar (*Base Shear*) dan simpangan atap (*Roof Displacement*) seperti pada Gambar 3.12 sebagai berikut.



Gambar 3. 12 Posisi Sumbu Lokal Struktur

(Sumber: Dewobroto, 2006)

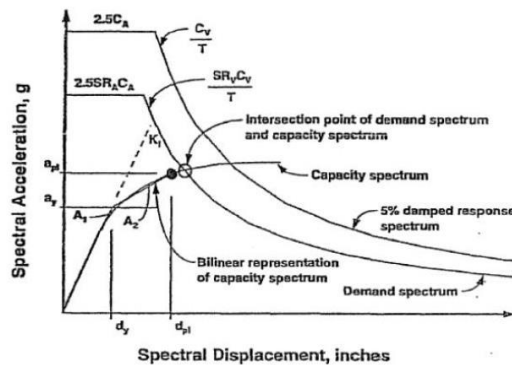
3.9 Titik Kinerja

Titik kinerja merupakan titik yang didapatkan dari perpotongan antara *demand spectrum* dengan *capacity spectrum*. Titik kinerja merupakan suatu keadaan atau representasi dari dua keadaan sebagai berikut.

1. Terletak pada spektrum kapasitas, merupakan representasi kekuatan struktur bangunan pada suatu nilai perpindahan tertentu.

2. Terletak pada kurva *demand*, menunjukkan bahwa kekuatan struktur dapat memenuhi *demand* beban yang diberikan.

Perpotongan antara *demand spektrum* dan *capacity spectrum* menghasilkan sebuah titik, titik tersebut adalah *performance point* (titik kinerja). Untuk menentukan titik kinerja menggunakan *software SAP2000*. Penjelasan dapat dilihat pada Gambar 3.13 sebagai berikut.



Gambar 3. 13 Kurva penentuan Titik Kinerja

(Sumber: ATC-40 Figure 8-28, 1996)

3.10 Batasan Deformasi

Deformasi lateral ketika *performance point* harus diperiksa terhadap batasan deformasi yang ditetapkan dalam *ATC-40*. Batasan deformasi pada beberapa tingkat kinerja dapat dilihat pada Tabel 3.15 sebagai berikut.

Tabel 3. 15 Batasan Deformasi

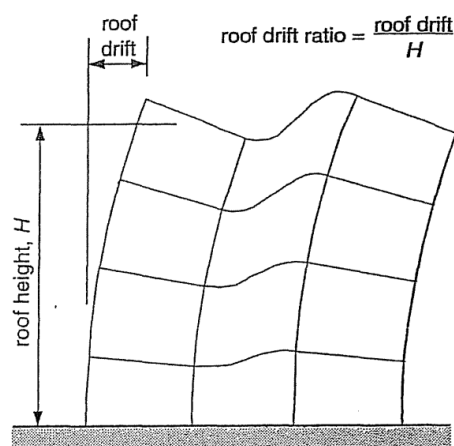
<i>Interstory Drift Limit</i>	<i>Performance Level</i>			
	<i>Immediate Occupancy</i>	<i>Damage Control</i>	<i>Life Safety</i>	<i>Structural Stability</i>
<i>Maximum Total Drift</i>	0,01	0,01 – 0,02	0,02	$0,33 \frac{V_i}{P_i}$
<i>Maximum Inelastic Drift</i>	0,005	0,005 – 0,015	Tidak terbatas	Tidak terbatas

(Sumber: ATC-40 Tabel 11-2, 1996)

Berdasarkan Tabel 3.15 dapat dilihat bahwa *Maximum Total Drift* (simpangan total maksimum) merupakan *Interstory Drift* (simpangan antar tingkat)

pada titik kinerja atau nilai simpangan maksimum pada atap ketika titik kinerja dibagi dengan total tinggi bangunan hingga atap.

Maximum inelastic drift merupakan proporsi simpangan total maksimum diluar titik leleh, sehingga dapat disimpulkan bahwa *maximum inelastic drift* adalah nilai simpangan maksimum pada atap ketika titik kinerja dikurangi dengan *displacement* pada leleh pertama dibagi dengan tinggi total bangunan.

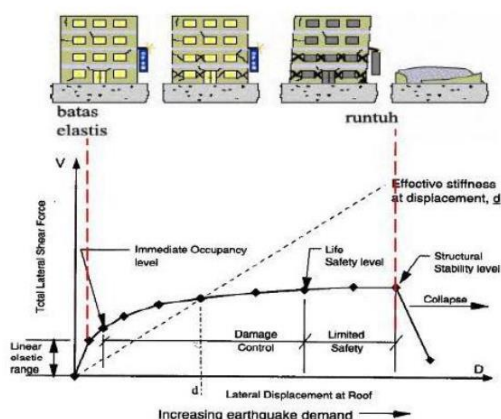


Gambar 3. 14 Posisi Sumbu Lokal Struktur

(Sumber: ATC-40 hal. 11-5, 1996)

3.11 Level Kinerja Struktur Metode *ATC-40*

Terdapat beberapa level kinerja sesuai dengan *ATC-40*, dimana level kinerja digambarkan dengan kurva hubungan antara perpindahan lateral dan besar gaya yang bekerja atau kurva kapasitas. Kurva kapasitas menggambarkan plot dari total gaya geser dasar akibat gempa pada struktur bangunan, untuk berbagai kenaikan pembebanan dan perpindahan lateral gedung pada atap pada tingkat gaya lateral tertentu. Penjelasan level kinerja struktur metode *ATC-40* dapat dilihat pada Gambar 3.15 sebagai berikut.



Gambar 3. 15 Ilustrasi Keruntuhan Gedung

(Sumber: ATC-40 figure 6-2, 1996)

Pada Gambar 3.15, titik pada kurva kapasitas merupakan kejadian – kejadian penting selama respon lateral terhadap struktur bangunan. Kejadian penting tersebut meliputi pelepasan pertama pada salah satu elemen struktur bangunan seperti pecahnya selimut beton pada balok hingga keruntuhan total pada struktur bangunan.

Pada Gambar 3.13 diketahui bahwa kurva kapasitas suatu struktur bangunan terhadap beban lateral yang terbagi menjadi beberapa level kinerja tertentu. Level kinerja tersebut dapat dideskripsikan bagaimana kondisi bangunan setelah terjadinya gempa dan kategori bangunan yang diizinkan terhadap level kinerja tertentu. Kondisi bangunan setelah terjadinya gempa dan kategori bangunan pada tingkat kinerja struktur dapat dilihat pada Tabel 3.16 sebagai berikut.

Tabel 3. 16 Kondisi Bangunan Setelah Terjadi Gempa dan Kategori Bangunan pada Tingkat Kinerja Struktur

Tingkat Kinerja	Kondisi Bangunan Pasca Gempa	Kategori Bangunan
SP-1 <i>Immediate Occupancy (IO)</i>	Ketika terjadi gempa bangunan aman, risiko korban jiwa dan kegagalan struktur tidak terlalu berarti dan bangunan dapat segera difungsikan kembali.	Struktur bangunan yang mutlak difungsikan sebagai sarana penyelamatan, penyimpanan barang berbahaya, atau struktur bangunan yang

Lanjutan Tabel 3.16 Kondisi Bangunan Setelah Terjadi Gempa dan Kategori Bangunan pada Tingkat Kinerja Struktur

Tingkat Kinerja	Kondisi Bangunan Pasca Gempa	Kategori Bangunan
		mempengaruhi ekonomi nasional. Seperti rumah sakit, gudang bahan bakar, dan bangunan objek vital nasional.
SP-2 <i>Damage Control (DC)</i>	Merupakan transisi antara SP-1 dan SP-3. Bangunan masih mampu menahan gempa yang terjadi dan risiko korban jiwa manusia sangat kecil.	Struktur untuk bangunan bersejarah, bangunan yang menjadi tempat penyimpanan barang-barang berharga.
SP-3 <i>Life Safety (LS)</i>	Bangunan mengalami kerusakan tetapi tidak diperkenankan mengalami keruntuhan yang menyebabkan korban jiwa manusia (risiko korban jiwa sangat rendah). Setelah terjadi gempa maka bangunan dapat berfungsi kembali setelah dilakukan perbaikan komponen struktural maupun non struktural.	Fasilitas umum, gedung perkantoran, perumahan, gudang, dan sebagainya
SP-4 <i>Limited Safety (LS)</i>	Merupakan transisi antara SP-3 dan SP-5. Bukan merupakan tingkatan serta tidak memperhitungkan aspek ekonomis dalam melakukan perbaikan pasca gempa.	-
SP-5 <i>Structural Stability (SS)</i>	Struktur pasca gempa mengalami kerusakan hingga diambang keruntuhan total maupun parsial. Komponen struktur penahan beban gravitasi masih bekerja meskipun keseluruhan kestabilan sudah diambang.	-
SP-6 <i>Not Considered</i>	Bukan merupakan tingkatan kinerja struktur, tetapi hanya untuk melakukan evaluasi seismik non struktural atau retrofit.	-

(Sumber: ATC-40, 1996)

BAB IV

METODE PENELITIAN

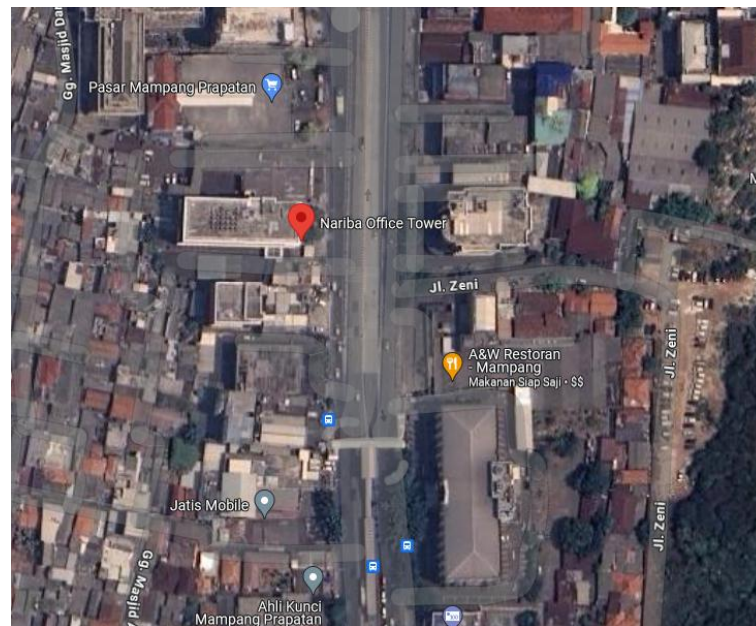
4.1 Umum

Metode penelitian merupakan langkah – langkah yang dilakukan pada saat penelitian dilakukan untuk mencapai tujuan dari penelitian tersebut. Metode penelitian sangat penting dalam penelitian karena dengan metode penelitian yang tepat dapat memberikan hasil penelitian yang maksimal. Dalam melakukan penelitian dibutuhkan adanya data. Data tersebut dibagi menjadi data primer dan data sekunder. Data primer merupakan data yang didapatkan oleh peneliti dari objek secara langsung melalui analisis. Data sekunder adalah data yang diperoleh dari pihak luar atau pihak lain yang memiliki data yang diperlukan dalam penelitian seperti spesifikasi proyek, *layout* bangunan, dan jurnal. Data – data tersebut kemudian digunakan dalam mencapai tujuan dibuatnya penelitian ini.

Penelitian ini menggunakan pedoman berupa SNI-1726:2019, SNI-2847:2019, dan SNI-1727:2020; *ATC-40*; dan data – data tambahan yang diperlukan sesuai dengan tujuan penelitian.

4.2 Lokasi Penelitian

Penelitian ini dilakukan pada Gedung Nariba *Office* yang berada di Kabupaten Jakarta Selatan, Provinsi D.K.I Jakarta. Lokasi dan denah gedung dapat dilihat pada Gambar 4.1 sampai dengan Gambar 4.10 sebagai berikut.



Gambar 4. 1 Lokasi Nariba Office

4.3 Data Penelitian

Data penelitian berisi tentang data yang diperlukan untuk melakukan penelitian. Pada penelitian ini menggunakan data berupa gambar perencanaan (*As Plan Drawing*) sebagai data acuan untuk memodelkan gedung dan RKS sebagai data teknis untuk acuan dalam melakukan analisis. Data teknis yang digunakan pada penelitian ini dapat dilihat sebagai berikut.

4.3.1 Data Teknis

1. Lokasi bangunan : Jakarta Selatan
2. Fungsi bangunan : Gedung Perkantoran
3. Konstruksi bangunan : Bangunan bertulang
4. Tinggi bangunan : 27,15 m
5. Jumlah lantai : 7 (tujuh)
6. Jenis tanah : Tanah sedang (D)
7. Mutu Beton
 - a. Kolom : K-400 (33,20 MPa)
 - b. Balok : K-350 (29,05 MPa)
 - c. Pelat : K-350 (29,05 MPa)

8. Mutu tulangan

- a. Tulangan : 420 MPa
- b. Sengkang : 280 MPa

9. Modulus elastisitas

- a. Beton : $4200 \times \sqrt{f_c'}$
 $4200 \times \sqrt{33,2} = 24200,165 \text{ MPa}$
- b. Baja tulangan : 200000 MPa

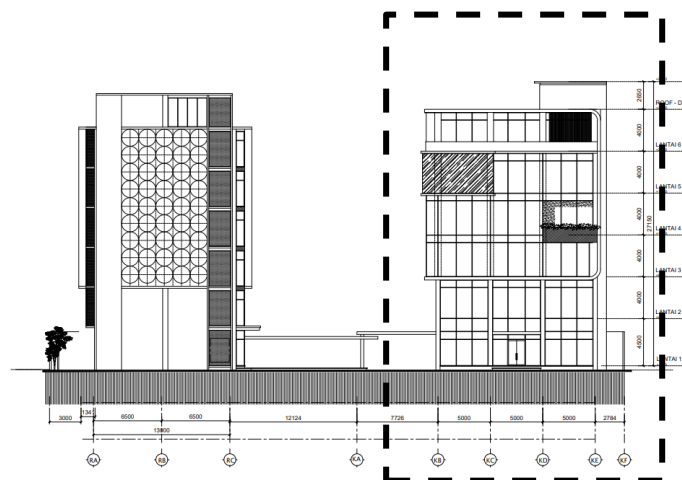
10. Berat volume

- a. Beton : 2400 kg/m^3
- b. Baja tulangan : 7850 kg/m^3

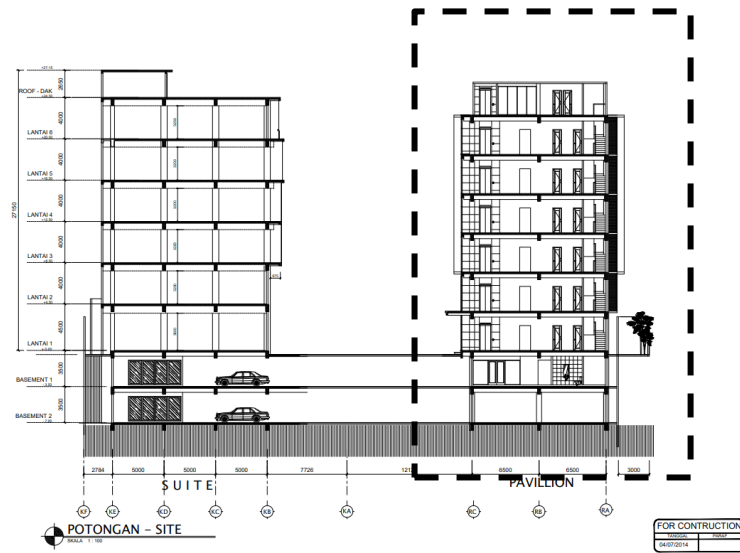
11. Dimensi elemen struktur :

Dimensi pelat, kolom, dan balok dapat dilihat pada Tabel 4.1, Tabel 4.2, dan 4.3 pada halaman selanjutnya sebagai berikut.

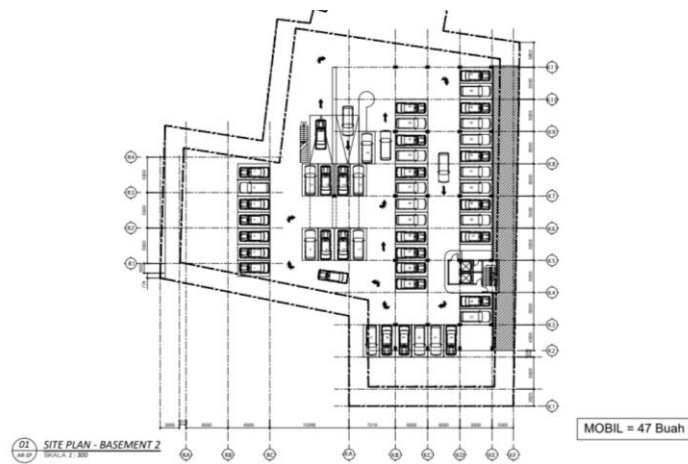
4.3.2 Data Denah Bangunan



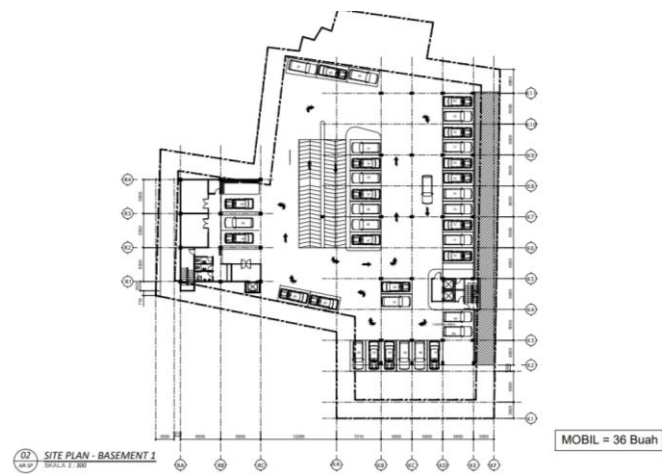
Gambar 4. 2 Tampak Depan



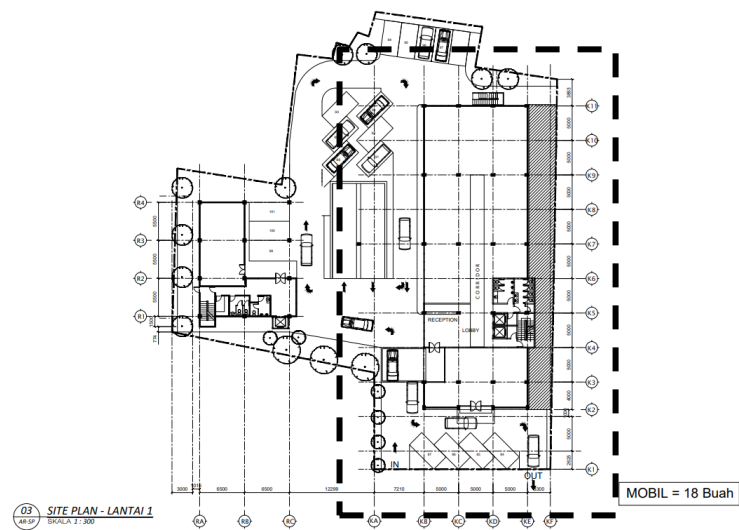
Gambar 4. 3 Potongan Melintang



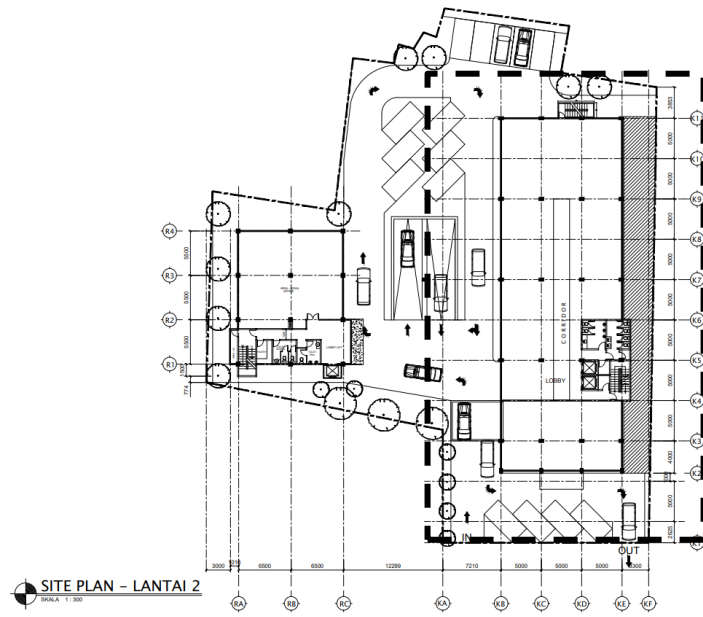
Gambar 4. 4 Denah Lantai Basement 2



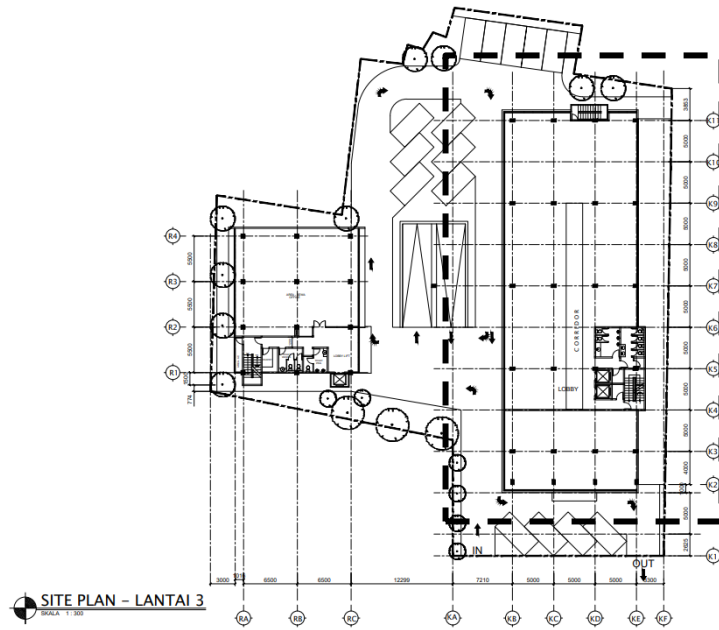
Gambar 4. 5 Denah Lantai *Basement 1*



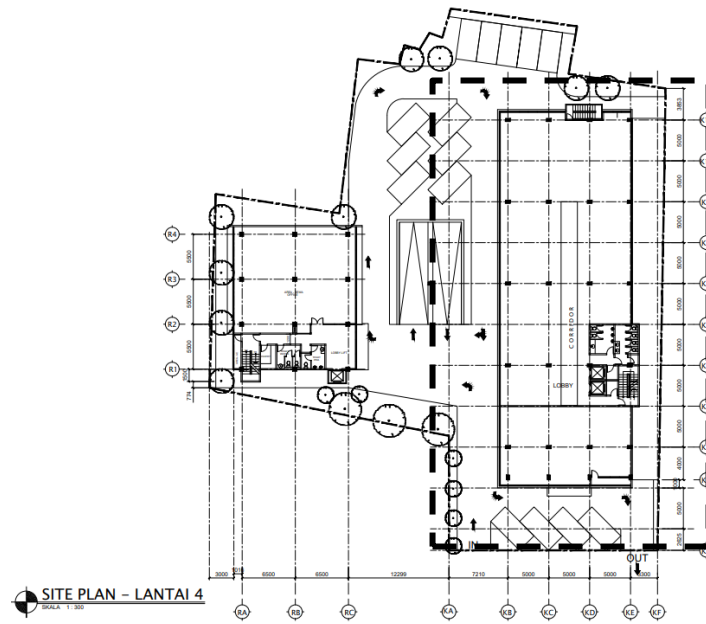
Gambar 4. 6 Denah Lantai 1



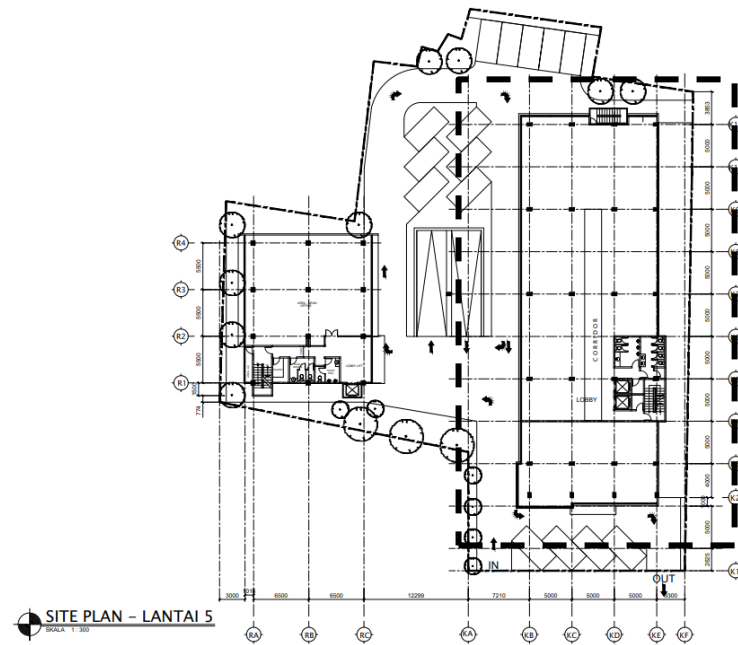
Gambar 4. 7 Denah Lantai 2



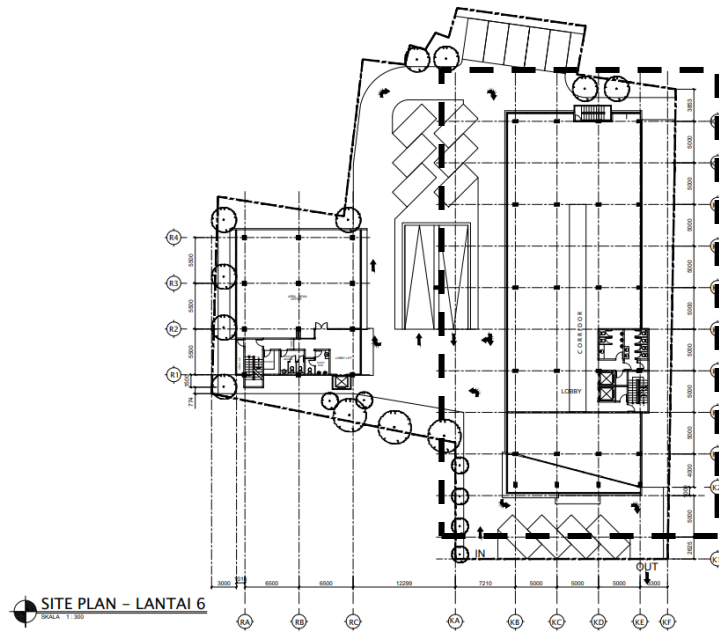
Gambar 4. 8 Denah Lantai 3



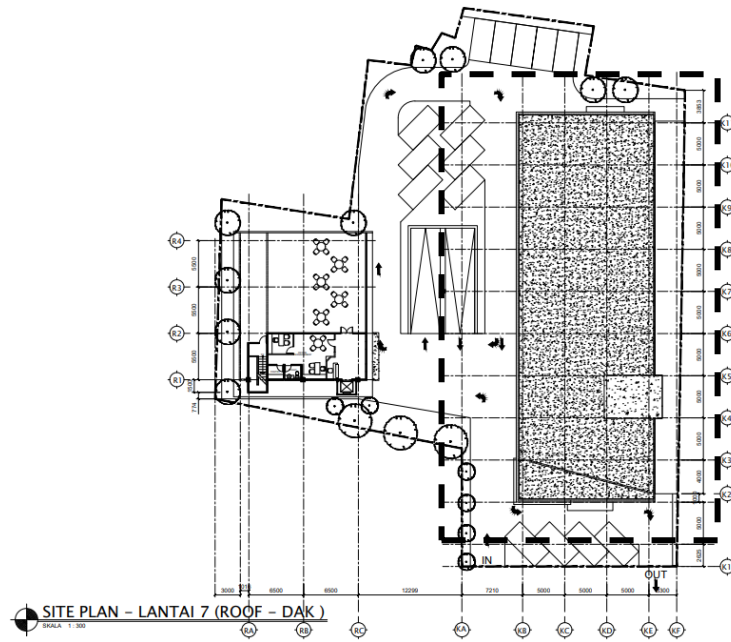
Gambar 4. 9 Denah Lantai 4



Gambar 4. 10 Denah Lantai 5



Gambar 4. 11 Denah Lantai 6



Gambar 4. 12 Denah Lantai 7 (Atap)

Tabel 4. 1 Dimensi Pelat

No	Elemen Struktur	Dimensi (mm)	Pembesian
1	Pelat	150	D10 – 100 D10 – 200

Tabel 4. 2 Dimensi Kolom

No	Elemen Struktur	Dimensi		Pembesian					
				Tumpuan			Lapangan		
		b (mm)	h (mm)	Utama	Pengekang	Sengkang	Utama	Pengekang	Sengkang
1	Lantai 1								
	K 60x90	600	900	32 D19	D10 - 75	D10 - 75	32 D19	D10 - 125	D10 - 125
	K 70x70	700	700	20 D19	D10 - 100	D10 - 100	20 D19	D10 - 150	D10 - 150
	K 50x50	500	500	12 D19	D10 - 100	D10 - 100	12 D19	D10 - 150	D10 - 150
	K 50x70	500	700	20 D19	D10 - 75	D10 - 75	20 D19	D10 - 125	D10 - 125
	K 50x50	500	500	12 D19	D10 - 100	D10 - 100	12 D19	D10 - 150	D10 - 150
	K 70x70	700	700	24 D19	D10 - 100	D10 - 100	24 D19	D10 - 150	D10 - 150
2	Lantai 2 - 6								
	K 60x90	600	900	22 D19	D10 - 75	D10 - 75	22 D19	D10 - 125	D10 - 125
	K 70x70	700	700	20 D19	D10 - 100	D10 - 100	20 D19	D10 - 150	D10 - 150
	K 50x50	500	500	12 D19	D10 - 100	D10 - 100	12 D19	D10 - 150	D10 - 150
	K 50x70	500	700	16 D19	D10 - 100	D10 - 100	16 D19	D10 - 150	D10 - 150
	K 50x50	500	500	12 D19	D10 - 100	D10 - 100	12 D19	D10 - 150	D10 - 150
	K 70x70	700	700	20 D19	D10 - 100	D10 - 100	20 D19	D10 - 150	D10 - 150
3	Lantai 7								
	K 40x40	400	400	12 D19	D10 - 100	D10 - 100	12 D19	D10 - 150	D10 - 150
	K 30x30	300	300	8 D19	D10 - 100	D10 - 100	8 D19	D10 - 150	D10 - 150

Tabel 4. 3 Dimensi Balok

No	Elemen Struktur	Dimensi		Pembesian							
		b (mm)	h (mm)	Tumpuan				Lapangan			
				Atas	Bawah	Tengah	Sengkang	Atas	Bawah	Tengah	Sengkang
1	Lantai 2										
	B 30x50	300	500	9 D19	6 D19	2 D13	D10 - 100	9 D19	6 D19	2 D13	D10 - 150
	B 30x50	300	500	9 D19	5 D19	2 D13	D10 - 100	9 D19	5 D19	2 D13	D10 - 150
	B 30x50	300	500	5 D19	3 D19	2 D13	D10 - 100	5 D19	3 D19	2 D13	D10 - 150
	B 55x85	550	850	12 D19	7 D19	4 D13	D10 - 100	12 D19	7 D19	4 D13	D10 - 150
	B 30x50	300	500	10 D19	6 D19	2 D13	D10 - 100	10 D19	6 D19	2 D13	D10 - 150
	B 55x85	550	850	14 D19	7 D19	2 D13	D10 - 100	14 D19	7 D19	2 D13	D10 - 150
	B 30X50	300	500	3 D19	3 D19	2 D13	D10 - 100	3 D19	3 D19	2 D13	D10 - 150
	B 30X60	300	600	10 D19	6 D19	2 D13	D10 - 100	10 D19	6 D19	2 D13	D10 - 150
	B 40X80	400	800	14 D19	7 D19	2 D13	D10 - 100	14 D19	7 D19	2 D13	D10 - 150
2	Lantai 3, 4, dan 5										
	B 30x50	300	500	9 D19	6 D19	2 D13	D10 - 100	3 D19	6 D19	2 D13	D10 - 150
	B 30x50	300	500	9 D19	5 D19	2 D13	D10 - 100	3 D19	5 D19	2 D13	D10 - 150
	B 30x50	300	500	5 D19	3 D19	2 D13	D10 - 100	3 D19	3 D19	2 D13	D10 - 150
	B 55x85	550	850	12 D19	7 D19	4 D13	D10 - 100	5 D19	7 D19	4 D13	D10 - 150
	B 30x60	300	600	14 D19	9 D19	2 D13	D10 - 100	5 D19	9 D19	2 D13	D10 - 150
	B 30x50	300	500	10 D19	6 D19	2 D13	D10 - 100	3 D19	6 D19	2 D13	D10 - 150
	B 55x85	550	850	14 D19	7 D19	2 D13	D10 - 100	5 D19	7 D19	2 D13	D10 - 150
	B 30X50	300	500	3 D19	3 D19	2 D13	D10 - 100	3 D19	3 D19	2 D13	D10 - 150
3	Lantai 6										
	B 30x50	300	500	7 D19	3 D19	2 D13	D10 - 100	3 D19	4 D19	2 D13	D10 - 150
	B 30x50	300	500	7 D19	5 D19	2 D13	D10 - 100	5 D19	5 D19	2 D13	D10 - 150
	B 30x50	300	500	5 D19	3 D19	2 D13	D10 - 100	3 D19	3 D19	2 D13	D10 - 150
	B 55x85	550	850	10 D19	6 D19	4 D13	D10 - 100	5 D19	6 D19	4 D13	D10 - 150
	B 30x50	300	500	10 D19	5 D19	2 D13	D10 - 100	5 D19	8 D19	2 D13	D10 - 150
	B 30X50	300	500	9 D19	6 D19	2 D13	D10 - 100	3 D19	6 D19	2 D13	D10 - 150
	B 30X50	300	500	10 D19	6 D19	2 D13	D10 - 100	4 D19	10 D19	2 D13	D10 - 150
	B 40X80	400	800	14 D19	7 D19	2 D13	D10 - 100	5 D19	7 D19	2 D13	D10 - 150
4	Lantai 7										
	B 20X40	200	400	2 D19	2 D19	2 D13	D10 - 100	2 D19	2 D19	2 D13	D10 - 150
	B 30X60	300	600	3 D19	3 D19	2 D13	D10 - 100	3 D19	3 D19	2 D13	D10 - 150

4.4 Metodologi Pengumpulan Data

Data yang diperoleh meliputi gambar perencanaan, data pembebanan, mutu material yang digunakan pada Gedung Nariba *Office*, respon spektrum gempa dan jenis tanah yang digunakan. Metodologi yang digunakan untuk memperoleh data sekunder tersebut adalah sebagai berikut.

4.4.1 Metode studi literatur

Metode studi literatur adalah metode pengumpulan data dengan mempelajari sumber bacaan berupa buku dan dokumen seperti SNI.

4.4.2 Metode kepustakaan

Metode kepustakaan adalah metode pengumpulan data dengan mencari studi referensi seperti tugas akhir, *thesis*, dan jurnal yang dapat digunakan untuk referensi yang akan membantu dalam penulisan penelitian ini.

4.5 Tahapan Penelitian

Berdasarkan data sekunder yang didapatkan, dilakukan pengolahan data untuk mendapatkan data primer yang meliputi respons struktur berupa gaya geser dasar, *lateral displacement*, simpangan antar lantai, dan gambar pemodelan 3D bangunan. Berikut ini merupakan tahapan yang dilakukan selama penelitian tugas akhir.

1. Menentukan topik

Menentukan topik penelitian berdasarkan bidang dan minat dari penulis, serta dari objek atau studi kasus yang akan diteliti.

2. Menyusun rumusan masalah

Berdasarkan topik yang dipilih, menentukan masalah dari studi kasus yang akan diteliti.

3. Mengumpulan data

Mengumpulkan data berupa data primer dan sekunder. Data primer adalah data yang dihasilkan oleh penulis sendiri. Data sekunder adalah data yang diperoleh dari narasumber atau institusi terkait. Dalam penelitian ini hanya menggunakan data sekunder, data sekunder yang digunakan adalah sebagai berikut:

- a. Mutu beton bangunan

- b. Mutu baja tulangan bangunan
 - c. *As-plan drawing*
 - d. Fungsi bangunan
 - e. Lokasi bangunan
 - f. Jumlah lantai bangunan
4. Permodelan struktur
Permodelan struktur dilakukan dengan menggunakan *software SAP2000*.
 5. Melakukan analisis struktur
Analisis dilakukan dengan menggunakan *software SAP2000* yang sebelumnya sudah dilakukan permodelan.
 6. Cek syarat gaya gempa statik dan dinamik
Melakukan cek syarat gaya gempa yaitu $V_{\text{dinamik}} > V_{\text{statik}}$. Gaya gempa dinamik harus lebih besar daripada gaya gempa statik, jika belum sesuai maka harus dilakukan koreksi.
 7. Membuat load case analisis *pushover*
Membuat load case untuk analisis *pushover*. *Profile load case pushover* tersebut digunakan sebagai parameter untuk melakukan analisis *pushover*.
 8. Membuat *hinge* untuk kolom dan balok
Sebelum dilakukan *running analysis* perlu dilakukan pendefinisian *hinge* (sendi plastis) pada setiap elemen struktur. Pendefinisian *hinge* dimodelkan berdasarkan pada perilaku struktur yang akan dianalisis.
 9. *Running analysis pushover* menggunakan *SAP2000*
Setelah dilakukan *input load case* dan *hinge*, dilakukan *running pushover analysis* pada program *SAP2000*.
 10. Hasil analisis *pushover*
Hasil dari analisis *pushover* berupa *capacity spectrum* dan *demand spectrum* struktur bangunan. *Demand spectrum* didapatkan berdasarkan metode *ATC-40*.
 11. Pembahasan Nilai Gaya Geser Dan Simpangan
Melakukan pembahasan berdasarkan hasil dari analisis *pushover* untuk mendapatkan nilai gaya geser dasar dan simpangan.
 12. Pembahasan Level Kinerja Seismic

Melakukan pembahasan berdasarkan hasil dari analisis *pushover* untuk mendapatkan level kinerja dari gedung Nariba *Office*.

13. Pembahasan Mekanisme Sendi Plastis

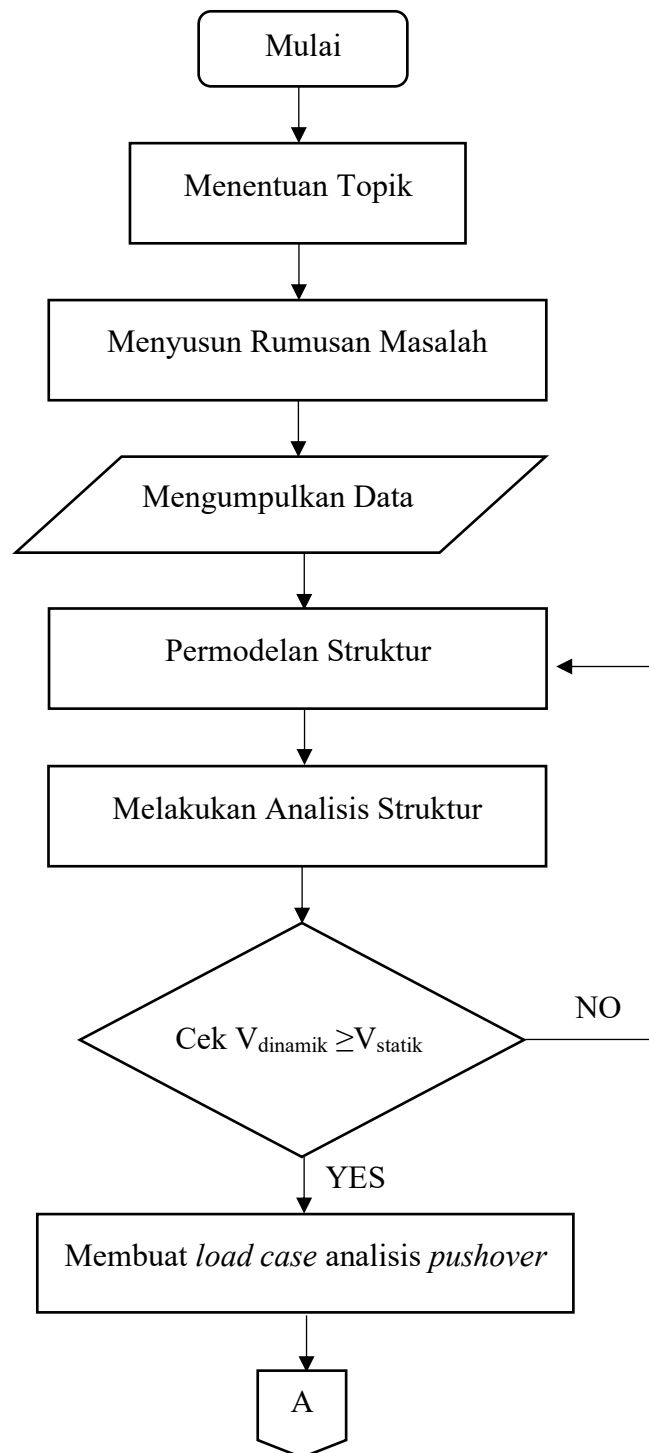
Melakukan pembahasan berdasarkan hasil dari analisis *pushover* untuk mendapatkan mekanisme sendi plastis dari gedung Nariba *Office*.

14. Kesimpulan

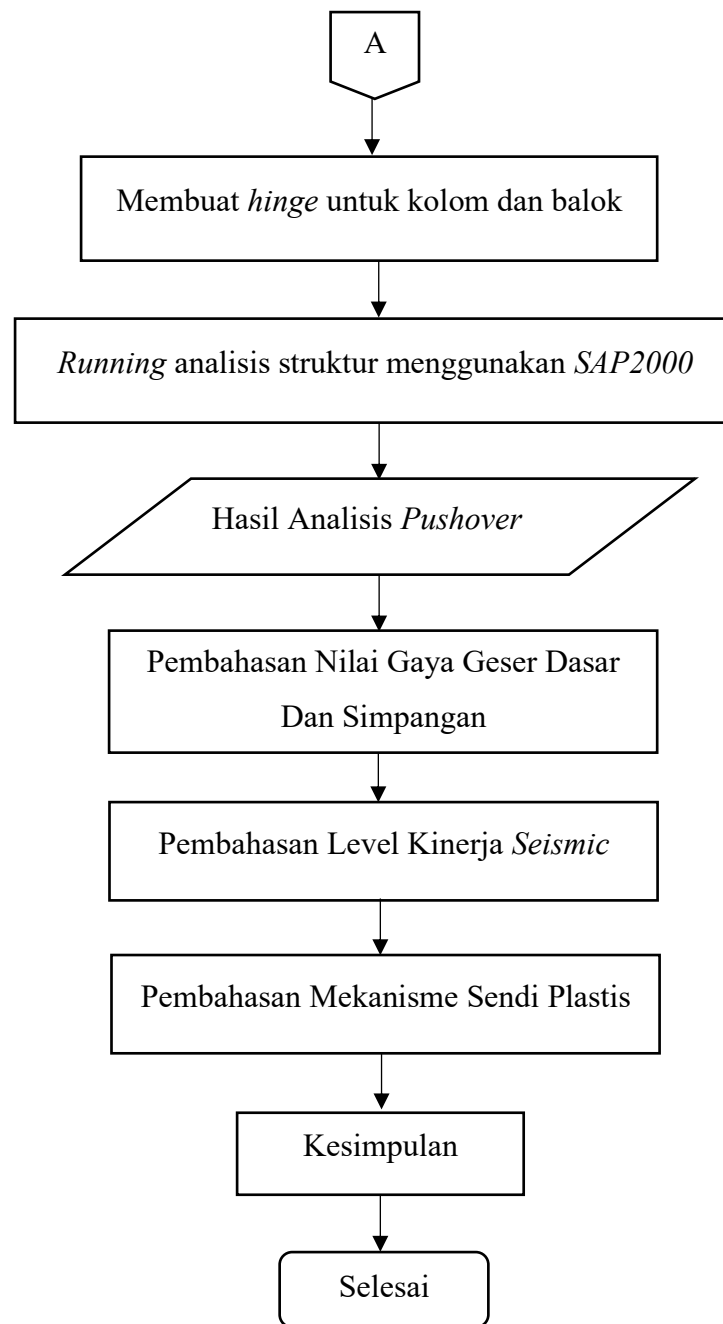
Menyimpulkan hasil – hasil yang didapatkan berdasarkan hasil penelitian dan pembahasan yang sudah dilakukan. Berdasarkan pembahasan hasil analisis, struktur bangunan tersebut dikategorikan dalam kategori B sampai dengan E berdasarkan dengan peraturan *ATC-40*.

Membuat kesimpulan dari hasil analisis dan melakukan penulisan laporan sebagai pembuktian tertulis karena telah dilakukannya penelitian yang isinya mulai dari latar belakang sampai dengan pembahasan dan kesimpulan.

Berdasarkan metode analisis yang penulis gunakan didapatkan tahapan metode analisis. Tahap – tahapan metode analisis tersebut penulis gambarkan dalam bentuk *flowchart* yang dapat dilihat pada Gambar 4.13 pada halaman selanjutnya sebagai berikut.



Gambar 4. 13 *Flowchart* Tahapan Penelitian

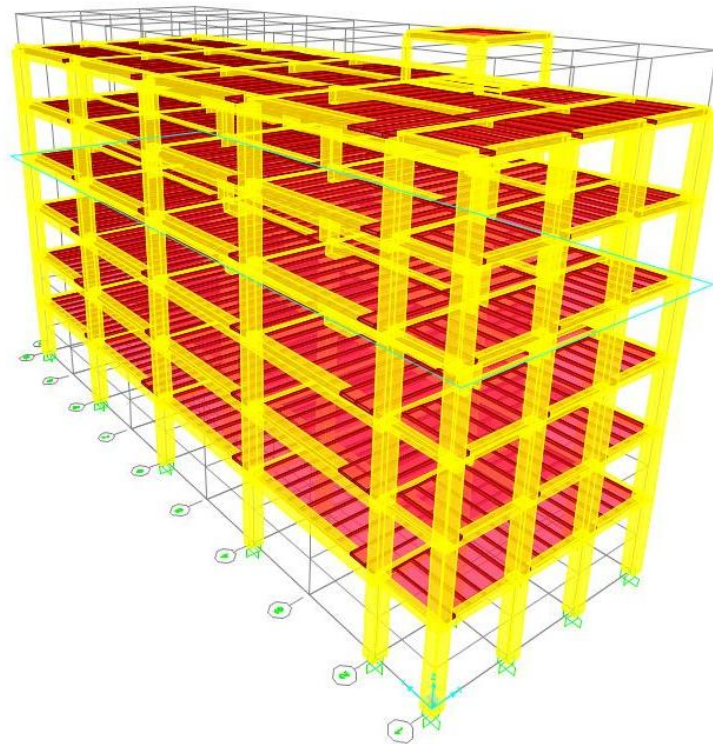


Lanjutan Gambar 4.13 *Flowchart* Tahapan Penelitian

BAB V ANALISIS DAN PEMBAHASAN

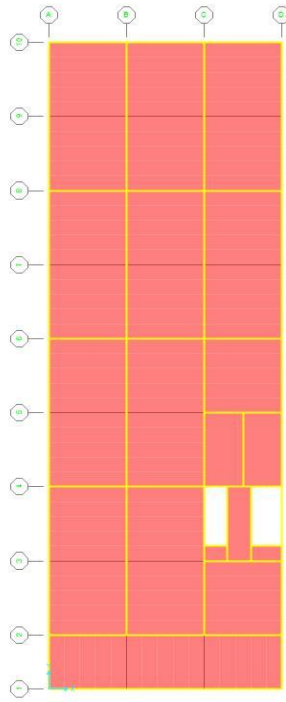
5.1 Permodelan Struktur

Pemodelan struktur dilakukan dengan menggunakan *software SAP2000*. Elemen yang dimodelkan meliputi kolom, *sloof*, balok, dan pelat. Pemodelan gedung *Nariba Office* dapat dilihat pada Gambar 5.1 sampai dengan 5.4 sebagai berikut.



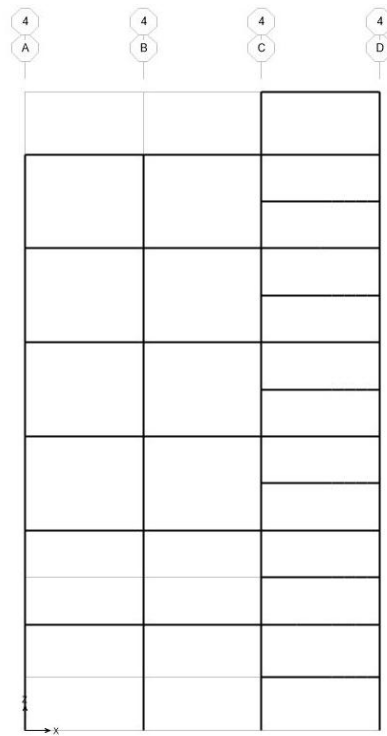
Gambar 5.1 Tampak 3D Gedung *Nariba Office*

(Sumber: *SAP2000*)



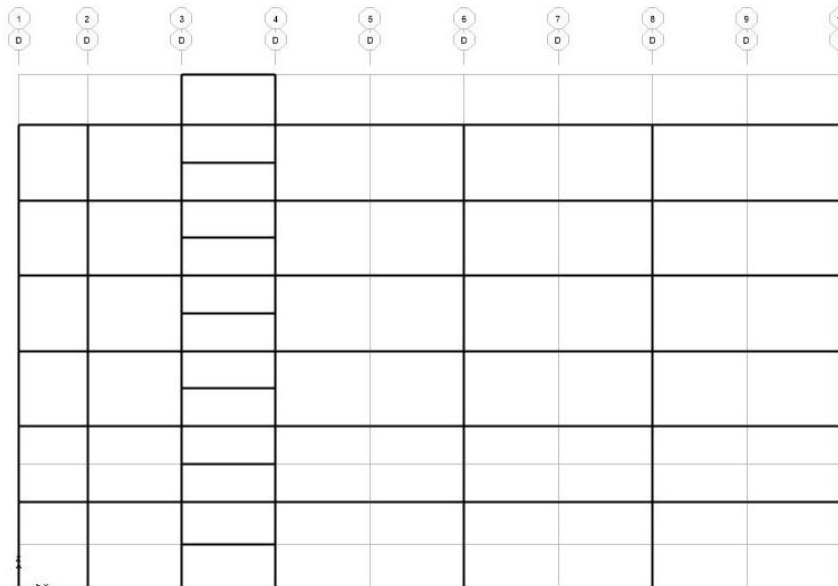
Gambar 5.2 Tampak X-Y Gedung Nariba Office

(Sumber: SAP2000)



Gambar 5.3 Tampak X-Z Gedung Nariba Office

(Sumber: SAP2000)



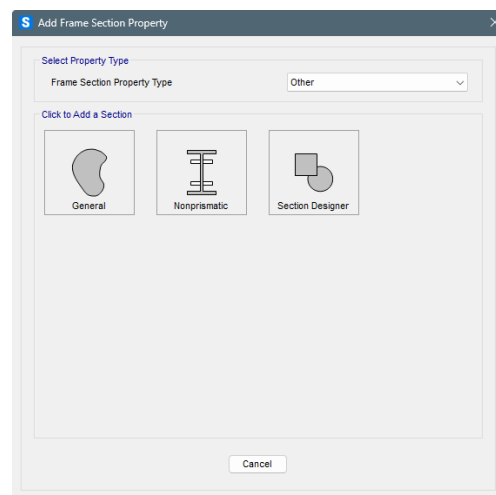
Gambar 5.4 Tampak Y-Z Gedung Nariba Office

(Sumber: SAP2000)

Pemodelan elemen balok, dan kolom dimodelkan pada *SAP2000* menggunakan *section designer*, dengan tahapan sebagai berikut.

5.2 Permodelan Menggunakan Section Designer

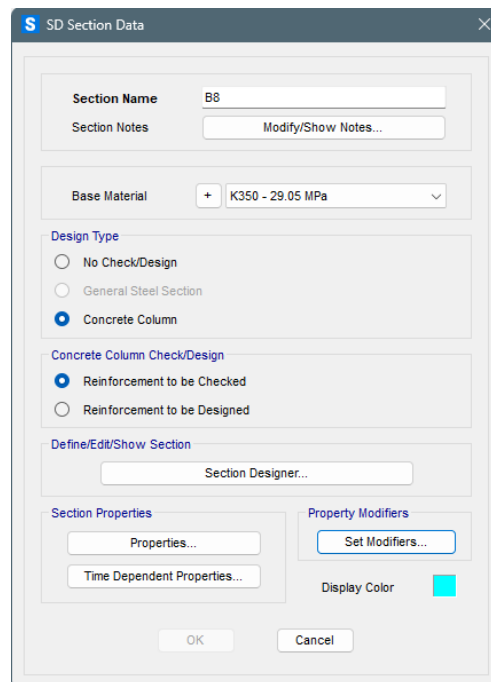
Pemodelan elemen balok dilakukan dengan tahapan klik *define – section properties – frame section – add new property – other – section designer*.



Gambar 5.5 Add Property Shape Type

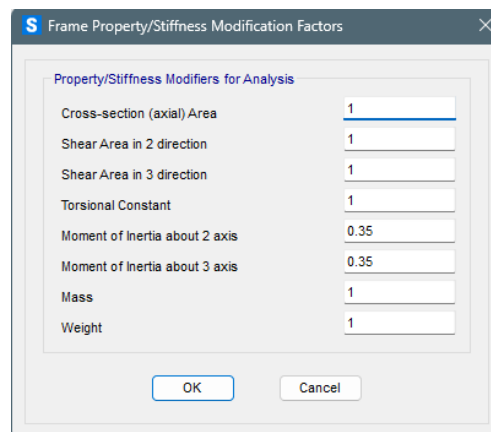
(Sumber: SAP2000)

Kemudian dilakukan pengisian data balok dan menginput nilai inersia. Penginputan data dapat dilihat pada Gambar 5.6 dan Gambar 5.7.



Gambar 5.6 Section Designer Section Property Data

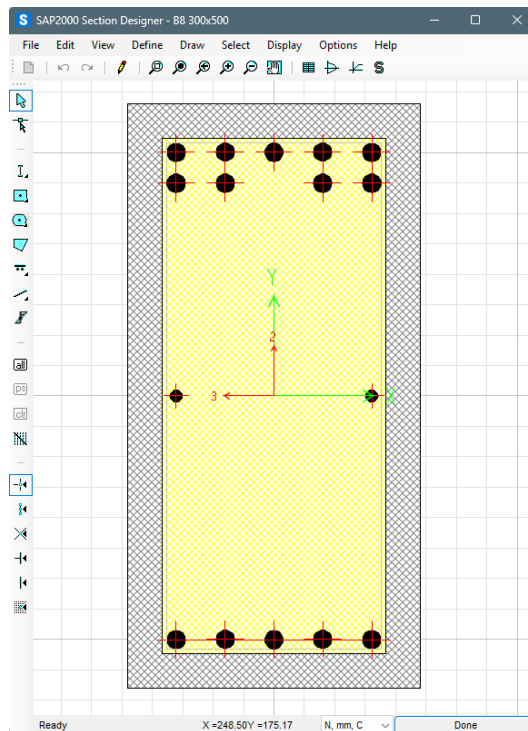
(Sumber: SAP2000)



Gambar 5.7 Property/Stiffness Modification Factors

(Sumber: SAP2000)

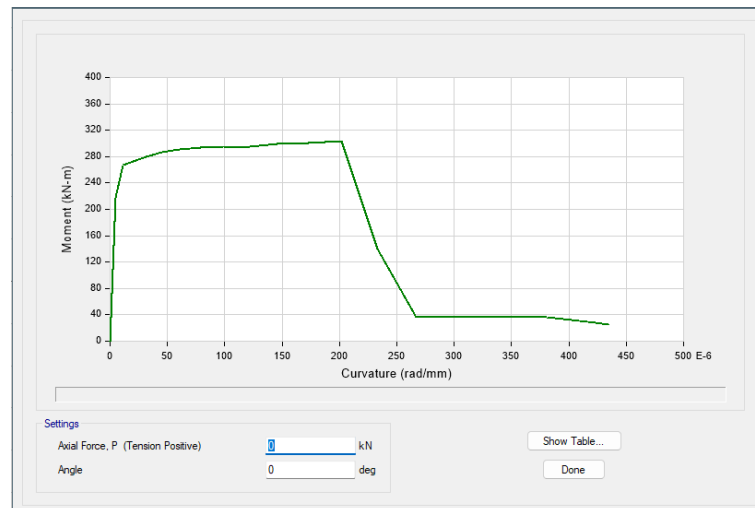
Penggambaran balok dimodelkan berdasar gambar perencanaan dengan menginput data – data dimensi dan penulangan sehingga menghasilkan model *sloof* seperti pada Gambar 5.8 sebagai berikut.



Gambar 5.8 Pemodelan Balok Menggunakan *Section Designer*

(Sumber: *SAP2000*)

Tahapan yang sama juga dilakukan untuk memodelkan kolom dengan mengacu pada gambar perencanaan. Tujuan dari pemodelan elemen – elemen tersebut menggunakan *section designer* adalah untuk mengetahui dan melihat grafik momen kurvatur atau momen kelengkungan pada elemen struktur dikarenakan material gedung yang sedang diteliti adalah beton bertulang. Momen kurvatur berupa grafik yang menyatakan besarnya rotasi yang terjadi pada elemen struktur ketika menerima momen lentur. Grafik momen kurvatur menunjukkan besarnya momen lentur dan rotasi yang terjadi. Grafik momen kurvatur pada elemen yang dimodelkan pada dilihat pada Gambar 5.9 sebagai berikut.



Gambar 5.9 Grafik Momen Kurvatur

(Sumber: *SAP2000*)

5.3 Perhitungan Pembebanan Struktur

Analisis perhitungan pembebanan struktur pada gedung yang ditinjau meliputi beban hidup, beban mati, dan beban gempa sesuai dengan SNI 1726 tahun 2019, beban tersebut didistribusikan pada struktur bangunan. berikut penjelasan dari perhitungan pembebanan struktur pada gedung Nariba *Office*.

5.3.1 Beban Hidup

Gedung yang sedang dianalisis merupakan gedung hotel, sehingga beban hidup yang digunakan mengacu pada Tabel 4.3.1 SNI 1727 tahun 2020 adalah sebagai berikut.

1. Beban hidup pada lantai

$$QL \text{ lobi dan koridor} = 4,79 \text{ kN/m}^2$$

$$QL \text{ ruang pertemuan} = 4,79 \text{ kN/m}^2$$

$$QL \text{ tempat parkir} = 1,92 \text{ kN/m}^2$$

2. Beban hidup pada atap

$$QL \text{ atap} = 0,96 \text{ kN/m}^2$$

5.3.2 Beban Mati

Beban mati terdiri dari tiga elemen struktur, antara lain seperti balok, kolom, dan pelat. Ketiga elemen struktur tersebut dianalisis menggunakan *software SAP2000* dan dikomparasikan dengan perhitungan manual menggunakan *software excel*. Perhitungan berat sendiri yang dilakukan masuk ke dalam beban mati tambahan yang akan ditambahkan ke dalam pembebanan. Tahapan dalam melakukan perhitungan beban mati tambahan sebagai berikut.

1. Perhitungan berat sendiri

a. Balok

Perhitungan lengkap berat sendiri balok dapat dilihat pada Tabel Lampiran Perhitungan Berat Balok pada halaman lampiran.

Hasil rekapitulasi perhitungan berat sendiri balok setiap lantai dapat dilihat pada Tabel 5.1 sebagai berikut.

Tabel 5.1 Rekapitulasi Berat Balok

Balok Tingkat	Berat (Kg)
Lt 2	244001,52
Lt 3	244721,52
Lt 4	244721,52
Lt 5	244721,52
Lt 6	212861,52
Atap	3840

b. Kolom

Perhitungan lengkap berat sendiri kolom dapat dilihat pada Tabel Lampiran Perhitungan Berat Kolom pada halaman lampiran.

Hasil rekapitulasi perhitungan berat sendiri kolom setiap lantai dapat dilihat pada Tabel 5.2 pada halaman berikutnya sebagai berikut.

Tabel 5.2 Rekapitulasi Berat Kolom

Kolom Tingkat	Berat (Kg)
Lt 1	139968
Lt 2	124416
Lt 3	124416
Lt 4	124416
Lt 5	124416
Lt 6	124416
Atap	2289,6

c. Pelat

Perhitungan berat sendiri pelat dapat dilihat pada Tabel Lampiran Perhitungan Berat Pelat pada halaman lampiran.

Hasil rekapitulasi perhitungan berat sendiri pelat setiap lantai dapat dilihat pada Tabel 5.3 sebagai berikut.

Tabel 5.3 Rekapitulasi Berat Pelat

Pelat Tingkat	Berat (Kg)
Lt 2	208080
Lt 3	208080
Lt 4	208080
Lt 5	208080
Lt 6	208080
Atap	7200

Untuk hasil perhitungan seluruh elemen struktur di setiap lantai dan perbandingan antara berat dari hasil perhitungan dengan menggunakan aplikasi *SAP2000* dapat dilihat pada Tabel 5.4 sebagai berikut.

Tabel 5.4 Rekapitulasi Berat Bangunan

Tingkat	Berat Total
LT 1	592049,52 kN
LT 2	577217,52 kN
LT 3	577217,52 kN
LT 4	577217,52 kN
LT 5	577217,52 kN
LT 6	545357,52 kN
ATAP	13329,6 kN
Total	3459606,72 kN
	33927,152 kg
Total Berat Program SAP2000	34781,786 kg
Selisih	854,634 kg
Persentase Selisih	2,457 %

2. Perhitungan Berat Tambahan Pelat

Perhitungan beban tambahan pelat berpedoman pada SNI 1727 tahun 1989 tentang Pedoman Perencanaan Pembebanan Untuk Rumah Dan Gedung (PPPURG).

a. Pelat Lantai

Jenis Beban	Berat (kg/m²)		Berat (kN/m²)
<i>Ducting AC</i>	20 kg/m ²		0,196
Keramik	24 kg/m ²		0,235
Pasir	1800 kg/m ³	0,03 m	0,530
Pengait Plafon	7 kg/m ²		0,069
Plafon	11 kg/m ²		0,108
<i>Electrical & Plumbing</i>	30 kg/m ²		0,294
Spesi	1950 kg/m ³	0,02 m	0,383
TOTAL			1,814

b. Pelat Atap

Jenis Beban	Berat		Berat (kN/m ²)
Pasir	1800 kg/m ³	0,03 m	0,530
<i>Waterproofing</i>	2100 kg/m ³	0,02 m	0,412
Plafon	11 kg/m ²		0,108
<i>Electrical & Plumbing</i>	30 kg/m ²		0,294
Spesi	1950 kg/m ³	0,02 m	0,383
TOTAL			1,723

5.3.3 Beban Gempa

Gedung Nariba *Office* berada di daerah Jakarta Selatan, Jawa Tengah dengan jenis tanah sedang (SD). Bangunan memiliki 7 lantai dengan ketinggian 27,15 m di atas tanah. Analisis beban gempa pada struktur gedung ini menggunakan metode analisis statik ekuivalen. Tahapan analisis statik ekuivalen adalah sebagai berikut.

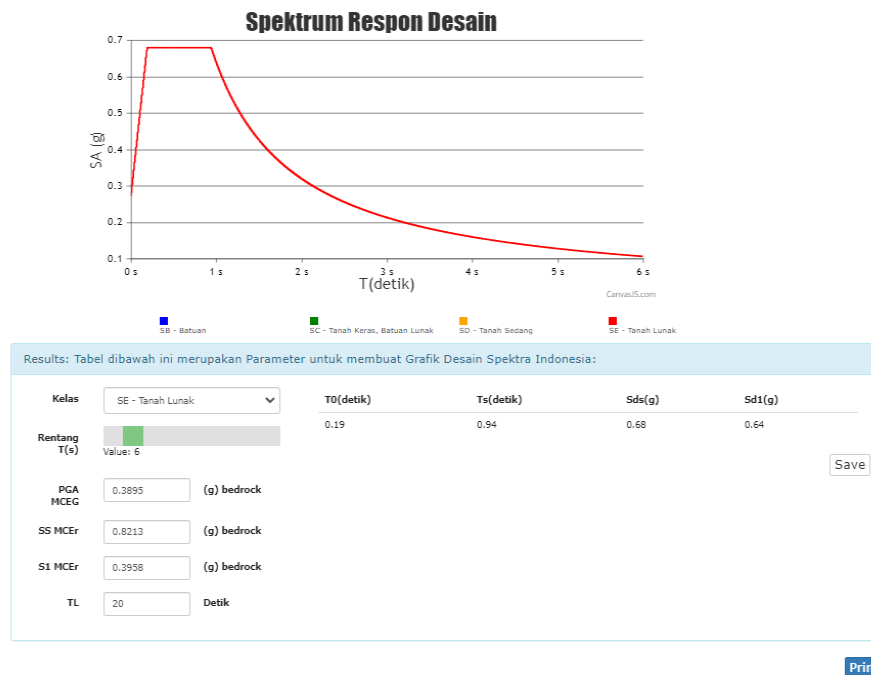
1. Parameter percepatan gempa

a. Menentukan Faktor Keutamaan dan Kategori Risiko Struktur Bangunan

Berdasarkan SNI sesuai dengan pemanfaatan fungsi gedung yaitu sebagai kantor diperoleh kategori risiko II, Faktor keutamaan gempa (I_e) adalah 1,00.

b. Menentukan Respon Spektral Percepatan

Berdasarkan SNI gambar 9, nilai S_S untuk wilayah Jakarta Selatan, DKI Jakarta berada pada rentang 0.8 – 0.9 g. Nilai S_I pada tahun 2019 adalah 0,3 – 0,4. Untuk penentuan S_S dan S_I digunakan web <https://rsa.ciptakarya.pu.go.id/2021>. Studi kasus pada penelitian ini berada pada Jakarta Selatan, DKI Jakarta yang berada pada lintang -6,2413213 dan bujur 106,8228883.



Gambar 5.10 Penentuan Respon Spektral Percepatan

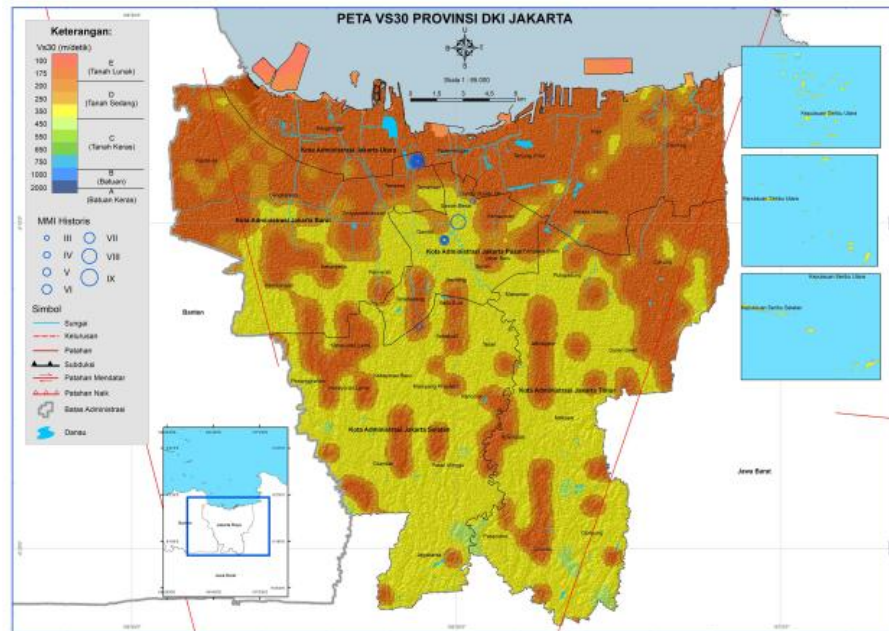
(Sumber: <https://rsa.ciptakarya.pu.go.id/2021>)

Berdasarkan gambar diatas nilai S_S yang diambil yaitu 0,821 g. Nilai S_I yang diambil yaitu 0,396 g.

c. Menentukan Klasifikasi Situs

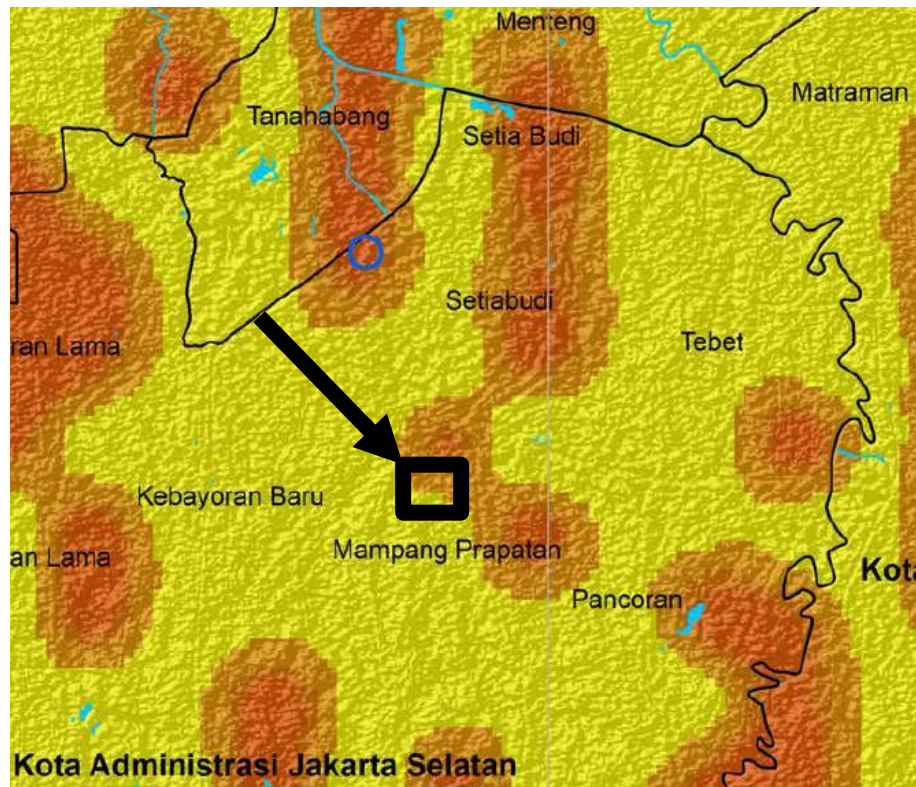
Klasifikasi situs bertujuan untuk menentukan jenis tanah yang akan digunakan dalam penelitian. Ada beberapa cara dalam menentukan situs tanah yang akan digunakan yaitu dengan pengujian penetrasi tanah secara langsung dilokasi dan menggunakan metode pendekatan berdasarkan data kecepatan gelombang geser tanah pada kedalaman 30 m (V_{s30}) yang didapatkan melalui *website* (<https://geologi.esdm.go.id/publikasi/laporan-dan-buku/atlas-tapak-lokal-vs30-indonesia-berdasarkan-klasifikasi-geomorfologi-teknik>). Pada penelitian ini dalam menentukan situs yang akan digunakan menggunakan metode Pendekatan melalui data V_{s30} . Metode tersebut juga digunakan oleh (Tegar Fadilah, 2024) dalam penelitiannya. Berdasarkan data tersebut, sebaran nilai V_{s30} jakarta selatan ada dikisaran 100 – 350 m/detik seperti pada Gambar 5.11. Kemudian, diperoleh nilai V_{s30}

pada titik koordinat yang diteliti dapat dilihat pada Gambar 5.12 sebagai berikut.



Gambar 5.11 Peta Sebaran V_s30 Jakarta Selatan

(Sumber: <https://geologi.esdm.go.id/publikasi/laporan-dan-buku/atlas-tapak-lokal-vs30-indonesia-berdasarkan-klasifikasi-geomorfologi-teknik>)



Gambar 5.12 Nilai V_{s30} Pada Lokasi Penelitian

(Sumber: <https://geologi.esdm.go.id/publikasi/laporan-dan-buku/atlas-tapak-lokal-vs30-indonesia-berdasarkan-klasifikasi-geomorfologi-teknik>)

Berdasarkan Gambar 5.12, pada Gedung Nariba *Office* diperoleh nilai sebesar 250 m/detik sehingga berdasarkan Tabel 3.14 jenis tanah pada lokasi penelitian termasuk dalam golongan Tanah Sedang (SD).

d. Menentukan Koefisien Situs

Faktor amplifikasi seismik (F_a dan F_v) ditentukan dari Tabel 3.7 dan Tabel 3.8 dengan diinterpolasi berdasarkan nilai S_S dan S_I dengan kondisi tanah lunak. F_a dan F_v yang didapatkan adalah sebagai berikut.

$$F_a = 1,172$$

$$F_v = 1,905$$

e. Menentukan Parameter Respon Spektrum

- 1) Menentukan *Maximum Considered Earthquake (MCE) Spectral Respon Acceleration* pada periode pendek S_{DS} .

$$\begin{aligned}
 S_{DS} &= F_a \times S_S \\
 &= 1,172 \times 0,821 \\
 &= 0,962
 \end{aligned}$$

- 2) Menentukan *Maximum Considered Earthquake (MCE) Spectral Respon Acceleration* pada periode 1 detik S_{D1} .

$$\begin{aligned}
 S_{D1} &= F_v \times S_1 \\
 &= 1,905 \times 0,396 \\
 &= 0,753
 \end{aligned}$$

f. Menentukan Sistem dan Parameter Struktur

Sesuai dengan hasil untuk Kategori Desain Seismik D, maka berdasarkan pada SNI. Studi kasus menggunakan sistem rangka beton bertulang pemikul momen khusus, didapatkan beberapa parameter sebagai berikut.

- 1) Koefisien modifikasi respon, $R = 8$
- 2) Faktor kuat lebih sistem, $\Omega_0 = 3$
- 3) Faktor pembesaran defleksi, $C_d = 5,5$

2. Patameter Percepatan Spektral Desain

a. Spektral Gempa Besar untuk Periode Pendek (S_{DS})

$$\begin{aligned}
 S_{DS} &= \frac{2}{3} S_{MS} \\
 &= \frac{2}{3} 0,962 \\
 &= 0,641
 \end{aligned}$$

b. Spektral Gempa Besar untuk Periode 1 Detik (S_{D1})

$$\begin{aligned}
 S_{D1} &= \frac{2}{3} S_{M1} \\
 &= \frac{2}{3} 0,753 \\
 &= 0,502
 \end{aligned}$$

3. Desain Respon Spektrum

Respon spektrum didesain berdasarkan ketentuan pada SNI, didapatkan respon spektra percepatan (S_a) dan periode (T) yang disajikan dalam bentuk tabel dan grafik. Berikut ini merupakan contoh perhitungan respon spektrum, tabel perhitungan respon spektrum, dan grafik respon spektrum.

$$\begin{aligned}
 T_0 &= 0,2 \times \frac{S_{D1}}{S_{DS}} \\
 &= 0,2 \times \frac{0,502}{0,641} \\
 &= 0,157 \\
 T_S &= \frac{S_{D1}}{S_{DS}} \\
 &= \frac{0,502}{0,641} \\
 &= 0,783
 \end{aligned}$$

Untuk $T < T_0$

$$\begin{aligned}
 S_a &= S_{DS} \left(0,4 + 0,6 \frac{T}{T_0} \right) \\
 &= 0,641 \left(0,4 + 0,6 \frac{0}{0,157} \right) \\
 &= 0,257
 \end{aligned}$$

Untuk $T_0 \leq T \leq T_S$

$$\begin{aligned}
 S_a &= S_{DS} \\
 &= 0,641
 \end{aligned}$$

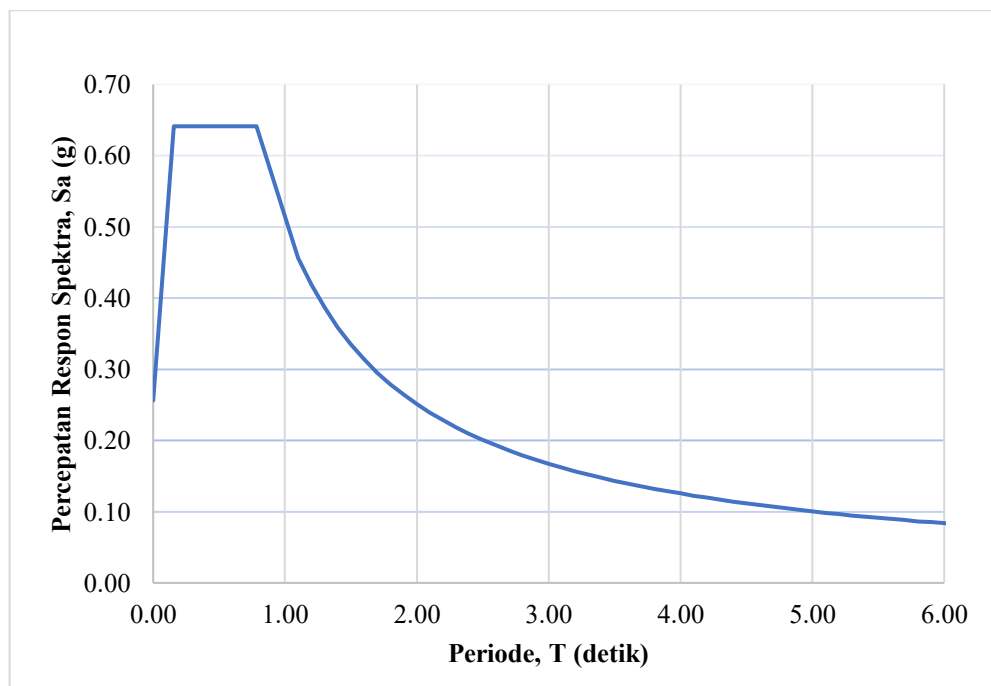
Untuk $T \geq T_S$

$$\begin{aligned}
 S_a &= \frac{S_{D1}}{T} \\
 &= \frac{0,502}{1} \\
 &= 0,502
 \end{aligned}$$

Dari Hasil Perhitungan diatas dapat diperoleh tabel hasil perhitungan spektrum gempa dan grafik respon spektrum menurut SNI. Hasil tersebut dapat

dilihat pada Tabel Lampiran Hasil Perhitungan Respon Spektrum pada halaman lampiran. Dari tabel tersebut disajikan dalam grafik yang berjudul grafik respon spektrum.

Berdasarkan perhitungan yang dilakukan pada nilai T sebesar 1 sampai dengan 20 detik Nilai S_a yang didapatkan kemudian jabarkan dalam bentuk tabel yang kemudian digambarkan dalam bentuk berupa grafik. Berikut ini merupakan gambar grafik respon spektrum yang didapatkan berdasarkan data pada Tabel Lampiran. Grafik respon spektrum dapat dilihat pada Gambar 5.13 berikut ini.



Gambar 5.13 Grafik Respon Spektrum

4. Perhitungan Periode Pendekatan Fundamental

a. Menentukan Waktu Getar Struktur

$$\begin{aligned}
 T_a &= C_t \times h_n^x \\
 &= 0,0466 \times 27,15^{0,9} \\
 &= 0,909 \text{ detik}
 \end{aligned}$$

Keterangan:

h_n = Tinggi bangunan total hingga atap (m)

x = Nilai Parameter Periode Pendekatan

C_t = Nilai Parameter Periode Pendekatan

b. Menentukan Nilai Periode Maksimum

$$\begin{aligned} T_{max} &= C_u \times T_a \\ &= 1,4 \times 0,909 \\ &= 1,273 \text{ detik} \end{aligned}$$

Keterangan:

C_u = Nilai Koefisien untuk batas atas pada periode yang dihitung

c. Menentukan Periode Struktur Pakai

Berdasarkan hasil dari *SAP2000* diperoleh nilai $T_C = 1,077$ detik. Karena $T_a < T_C < T_{max}$ atau $0,909 < 1,077 < 1,273$. Maka T yang digunakan adalah 1,077 detik.

5. Perhitungan Koefisien Respon Seismik

a. Tingkat Daktilitas Struktur, $R = 8$

b. Faktor Keutamaan Struktur, $I_e = 1$

c. Nilai C_S

$$\begin{aligned} C_S &= \frac{S_{DS}}{\left(\frac{R}{I_e}\right)} \\ &= \frac{0,641}{\left(\frac{8}{1}\right)} \\ &= 0,08016 \text{ g} \end{aligned}$$

d. Nilai $C_{S \max}$

$$\begin{aligned} C_{S \max} &= \frac{S_{D1}}{T\left(\frac{R}{I_e}\right)} \\ &= \frac{0,5022}{1,077\left(\frac{8}{1}\right)} \\ &= 0,0583 \text{ g} \end{aligned}$$

e. Nilai $C_{S \min}$

$$\begin{aligned} C_{S \min} &= 0,044 S_{ds} I_e \geq 0,01 \\ &= 0,044 \times 0,6413 \times 1 \geq 0,01 \\ &= 0,0282 \geq 0,01 \end{aligned}$$

Berdasarkan Perhitungan di atas, nilai C_s dapat disimpulkan bahwa berdasarkan SNI didapatkan persamaan $C_{S \min} > C_s > C_{S \max}$. Maka nilai C_s adalah 0,0583 g.

6. Gaya Geser Dasar Seismik

Berdasarkan SNI, gaya geser seismik dapat ditentukan dengan persamaan sebagai berikut ini.

$$\begin{aligned} V &= C_s \times W \\ &= 0,0583 \times 33927,152 \\ &= 1977,58146 \text{ kN} \end{aligned}$$

7. Distribusi Beban Gempa Statik Ekuivalen

Berdasarkan SNI 1726, gaya seismik lateral (F_x) yang terjadi pada setiap tingkat dapat ditentukan dengan persamaan sebagai berikut ini.

$$\begin{aligned} F_x &= C_{vx} \times V \\ C_{vx} &= \frac{w_x h_x^k}{\sum_{i=1}^n w_i h_i^k} \end{aligned}$$

Keterangan:

C_{vx} = Faktor distribusi vertikal

V = Gaya lateral desain total atau geser di dasar struktur

w_i dan w_x = Berat bangunan pada tingkat i atau x

h_i dan h_x = Ketinggian bangunan pada tingkat I atau x

k = Eksponen terkait periode struktur

Untuk mendapatkan nilai k dapat dengan menggunakan 3 persamaan sebagai berikut.

$k = 1$, untuk struktur dengan $T \leq 0,5$ detik

$k = 2$, untuk struktur dengan $T \leq 2,5$ detik

$k =$ interpolasi, untuk struktur dengan $0,5 \leq T \leq 2,5$ detik

Hasil dari perhitungan distribusi gaya seismik lateral berdasarkan beban gempa SNI 1726 tahun 2019 pada setiap tingkat lantai dapat dilihat pada Tabel 5.5 pada halaman berikutnya sebagai berikut.

Tabel 5.5 Perhitungan Nilai Gaya Gempa Horizontal

Lantai	w_i	h	h^k	$w_i \times h^k$	C_{vx}	F_x
	(kN)	(m)	(m)	(kN)		(kN)
Atap	131	27,15	70,358	9197,08	0,008	16,506
6	5348	24,5	61,637	329644,05	0,299	591,599
5	5661	20,5	48,990	277308,52	0,252	497,675
4	5661	16,5	37,038	209653,94	0,190	376,258
3	5661	12,5	25,900	146606,07	0,133	263,108
2	5661	8,5	15,758	89197,24	0,081	160,079
1	5806	4,5	6,944	40317,84	0,037	72,357
Dasar	0	0	0	0	0	0
TOTAL				1101924,73	1,000	1977,58146

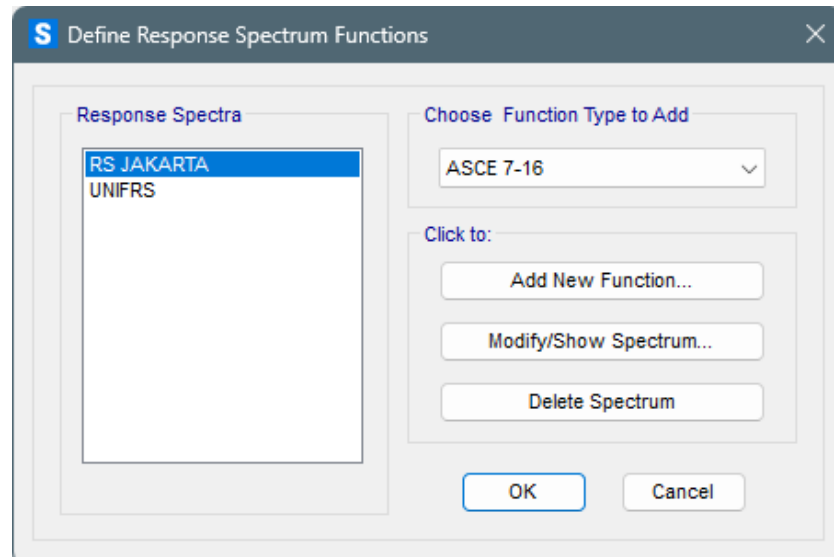
5.4 Analisis Beban Gempa

Dilakukan pengecekan syarat beban gempa yang telah dianalisis sebelum dilakukan tahapan analisis *pushover*. Berdasarkan SNI 1726 tahun 2019, terdapat ketentuan yang harus dipenuhi untuk gaya geser dasar (*base shear reaction*). Berikut tahapan dalam menganalisis beban gempa menggunakan *software SAP2000*.

5.4.1 Penginputan Data Respon Spektrum

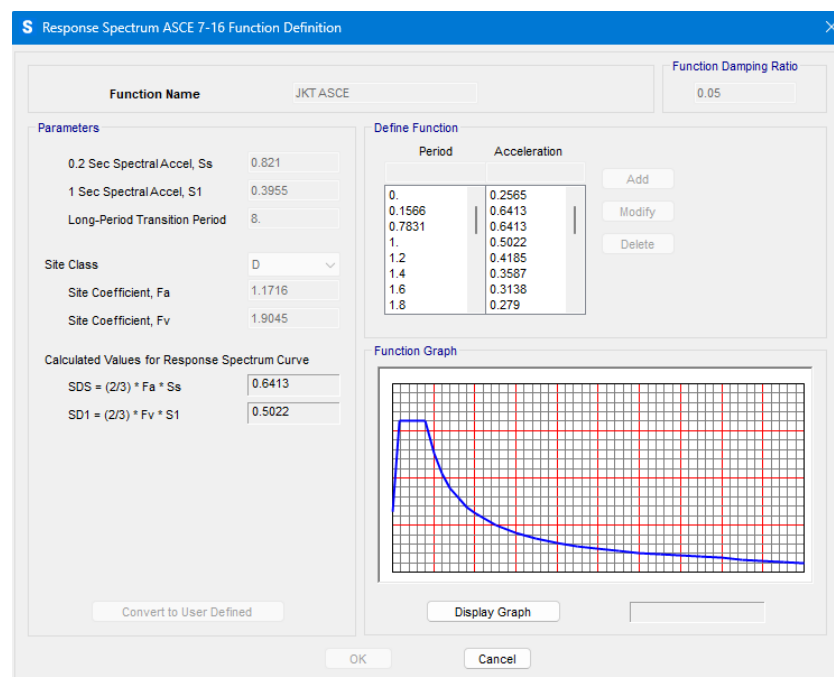
Tahapan memasukan data respon spektrum pada *SAP2000* dapat dilakukan dengan klik *define – function – respons spektrum* – klik *choose fuction type to add*

– pilih ASCE 7-16 – klik *add new function* – masukan data respon spektrum – klik *convert to user defined* – input data respon spektrum (T dan S_a) – selesai. Tahapan tersebut dapat dilihat pada Gambar 5.14 dan Gambar 5.15.



Gambar 5.14 Membuat Respons Spektrum Function

(Sumber: SAP2000)

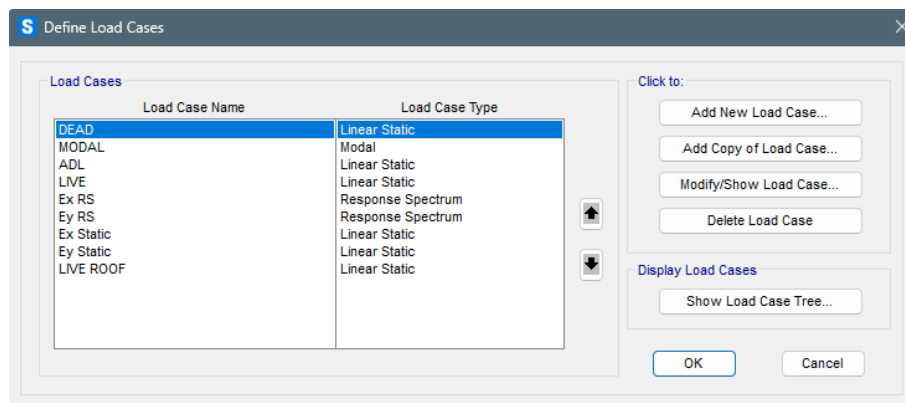


Gambar 5.15 Menginput Parameter Respon Spektrum

(Sumber: SAP2000)

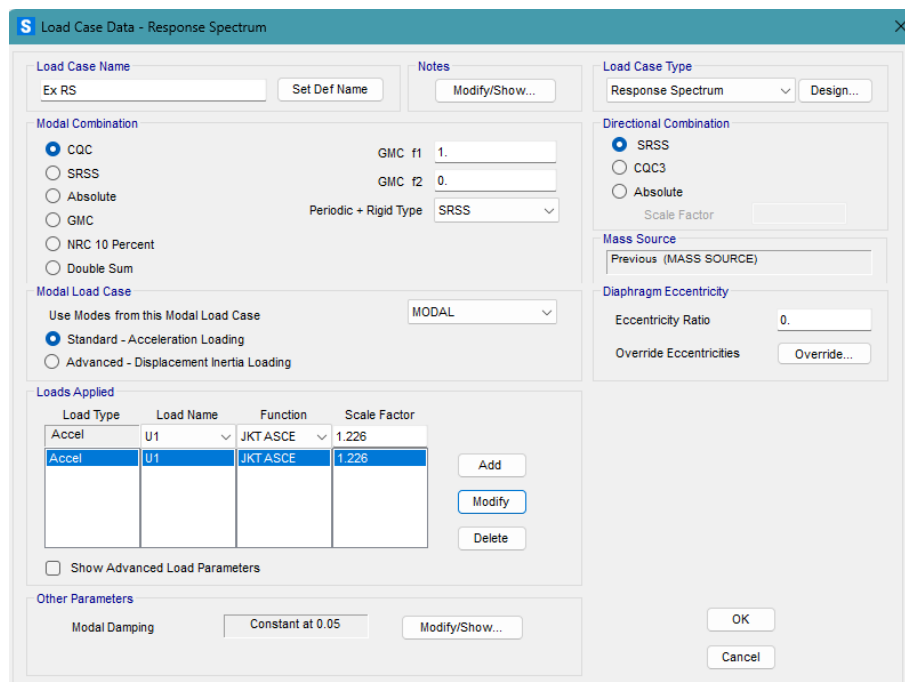
5.4.2 Pendefinisian *Load Case*

Pada analisa beban gempa respon spektrum dilakukan penginputan data berupa *scale factor* dan *function* dari data gempa Jakarta Selatan. Penginputan data dilakukan dengan klik *define – define load cases – add new load cases – load type acceleration – load name* untuk arah x dan y sebagai U1 dan U2 – *function* RS Jakarta – *input scale factor* – selesai. *Load Cases* dapat dilihat pada Gambar 5.16 sampai dengan Gambar 5.18 sebagai berikut.



Gambar 5.16 Define Load Cases Respons Spectrum

(Sumber: SAP2000)



Gambar 5.17 Input Data Respons Spectrum

(Sumber: SAP2000)

Load Case Data - Response Spectrum

Load Case Name: Ey RS Set Def Name Notes: Modify/Show...

Load Case Type: Response Spectrum Design...

Modal Combination

CQC GMC f1: 1.0
 SRSS GMC f2: 0.0
 Absolute
 GMC
 NRC 10 Percent
 Double Sum

Periodic + Rigid Type: SRSS

Directional Combination

SRSS
 CQC3
 Absolute
Scale Factor: []

Mass Source

Previous (MASS SOURCE)

Diaphragm Eccentricity

Eccentricity Ratio: 0.0
Override Eccentricities: Override...

Modal Load Case

Use Modes from this Modal Load Case: MODAL

Standard - Acceleration Loading
 Advanced - Displacement Inertia Loading

Loads Applied

Load Type	Load Name	Function	Scale Factor
Accel	U2	JKT ASCE	1.226
Accel	U2	JKT ASCE	1.226

Buttons: Add, Modify, Delete

Show Advanced Load Parameters

Other Parameters

Modal Damping: Constant at 0.05 Modify/Show...

Buttons: OK, Cancel

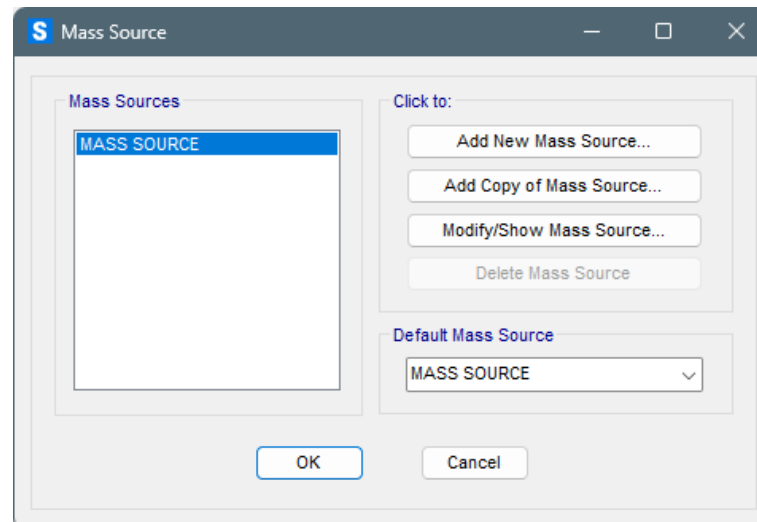
Gambar 5.18 Input Data Respons Spectrum

(Sumber: SAP2000)

5.4.3 Pendefinisian *Mass Source*

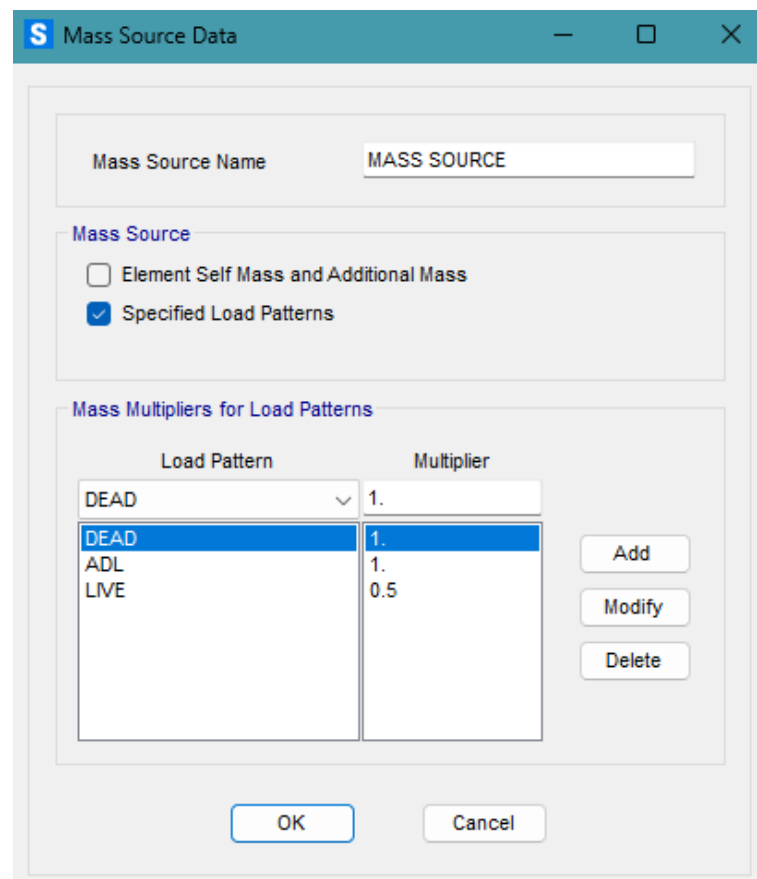
Mendefinisikan massa struktur dalam analisis respon spektrum penting karena suatu beban berasal dari percepatan dikali dengan massa struktur. Gaya atau beban dari hasil analisis akan lebih kecil atau lebih besar jika mendefinisikan *mass source* salah. Penentuan massa struktur pada analisis mempengaruhi waktu getar struktur (T_c), sehingga dapat mempengaruhi nilai besar kecilnya gaya gempa statik dan dinamik dari hasil analisis.

Pendefinisian *mass source* struktur dapat dilakukan dengan klik *define – mass source – add new mass source* – pada *mass source* centang *specified load patterns* – pada *mass multipliers for load patterns input load pattern Dead* (beban mati) = 1, *ADL* (beban mati tambahan) = 1, dan *Live* (beban hidup) = 0,5. Tahapan tersebut dapat dilihat pada Gambar 5.19 dan Gambar 5.20 pada halaman selanjutnya sebagai berikut.



Gambar 5.19 Tampilan Tab Mass Source

(Sumber: SAP2000)

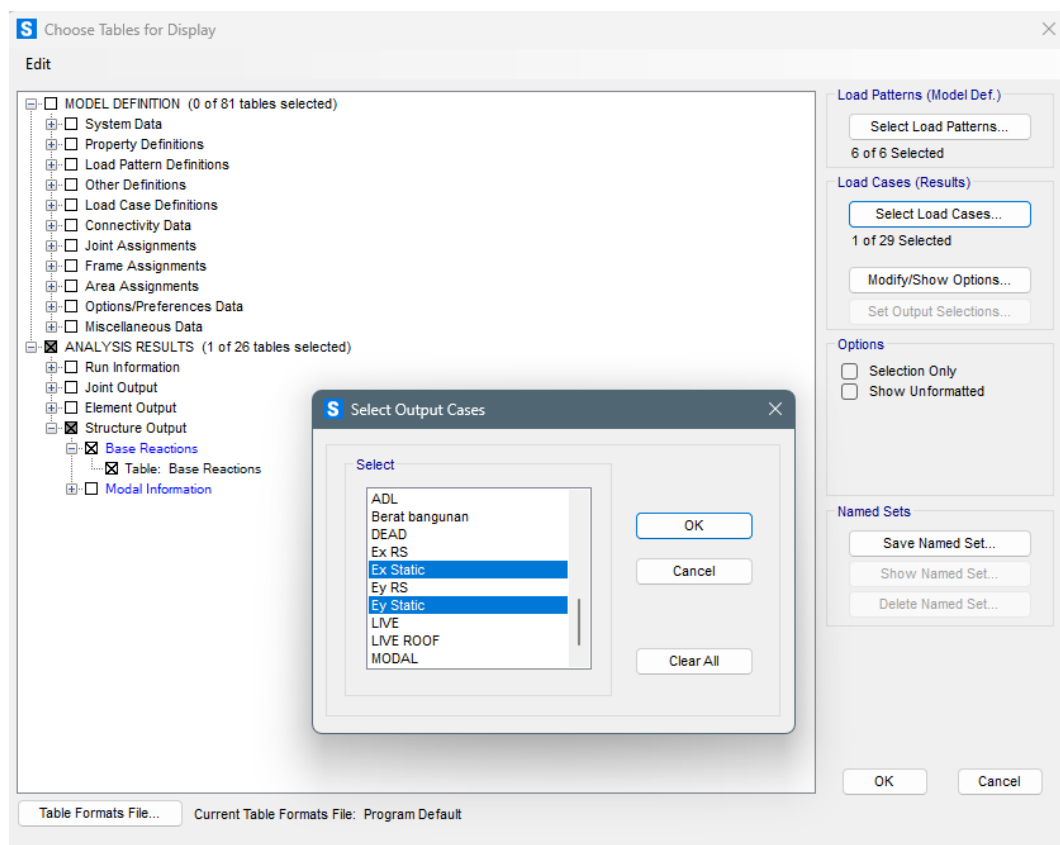


Gambar 5.20 Tampilan Tab Mass Source Data

(Sumber: SAP2000)

5.4.4 Analisis Beban Gempa Statik

Analisis beban gempa statik ekuivalen merupakan hasil analisis dari gaya geser dasar (*base shear*) yang dilakukan secara otomatis menggunakan *software SAP2000*. Tahapan untuk mengeluarkan hasil dari *base shear running* terlebih dahulu – klik *display* – klik *show table* – *structure output* – *base reaction* – pilih *output case Ex Static dan Ey Static* – selesai. Tahapan dan *output* dari *base reaction* (*V Static*) dapat dilihat pada Gambar 5.21 dan Gambar 5.22 sebagai berikut.



Gambar 5.21 Parameter Running Base Reaction Static

(Sumber: *SAP2000*)

OutputCase	CaseType	StepType	GlobalFX KN	GlobalFY KN	GlobalFZ KN	GlobalMX KN-m	GlobalMY KN-m	GlobalMZ KN-m	GlobalX m	GlobalY m	GlobalZ m
Ex Static	LinStatic		-2335.651	-2.722E-10	2.663E-11	5.183E-09	-42022.4569	55567.0267	0	0	0
Ey Static	LinStatic		-1.809E-10	-2335.651	8.37E-12	42022.4569	-3.374E-09	-19247.8616	0	0	0
Ex RS	LinRespSpec	Max	1871.101	199.85	6.788	3331.1982	31673.9111	45225.4372	0	0	0
Ey RS	LinRespSpec	Max	199.849	2456.33	5.728	41177.9099	3391.8253	25174.9557	0	0	0

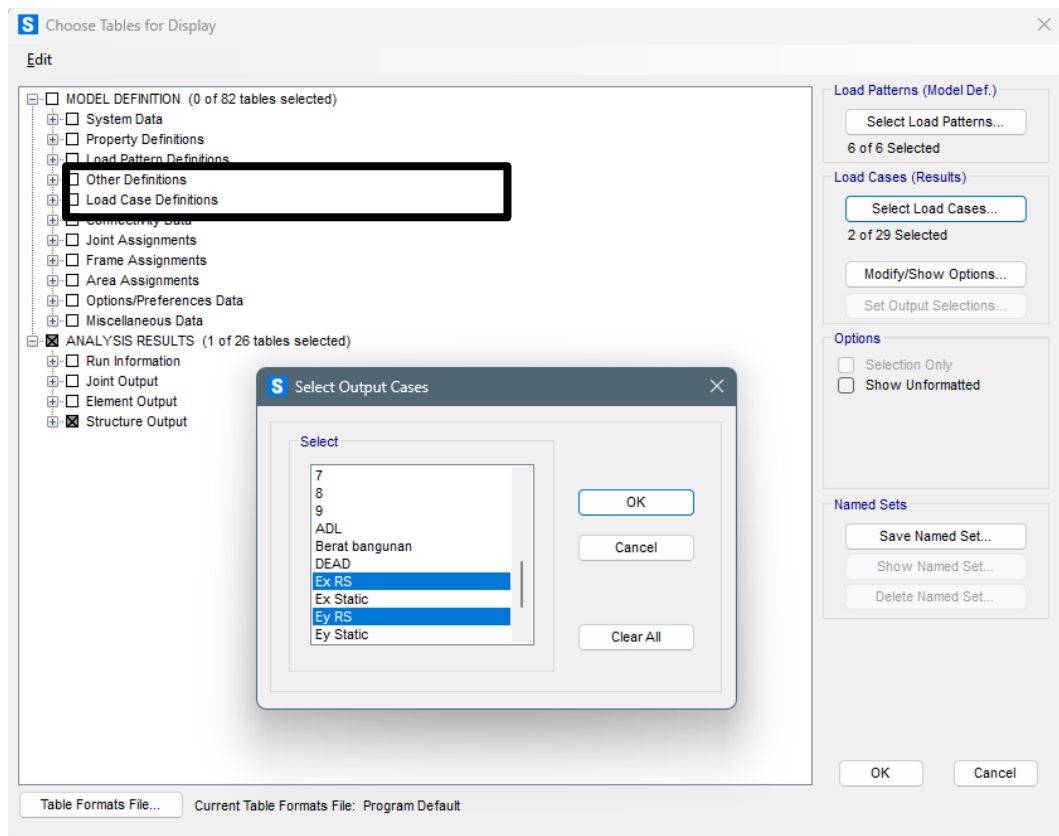
Gambar 5.22 Base Reaction Beban Gempa Statik

(Sumber: SAP2000)

Berdasarkan hasil dari analisis diketahui bahwa gaya geser akibat beban gempa arah x adalah $V_{sx} = 2335,651 \text{ kN}$. Untuk arah y adalah $V_{sy} = 2335.65 \text{ kN}$.

5.4.5 Analisis Beban Gempa Dinamik

Analisa beban gempa dinamik hasil analisis berupa gaya geser dasar (*base shear*) yang dilakukan secara otomatis menggunakan *software SAP2000*. Dalam menganalisis beban gempa dinamik melalui tahapan klik *display – show table – structure output – base reaction* – pilih *output case* Ex RS dan Ey RS – ok. *Output* dari *base shear reaction* (V_{dinamik}) dapat dilihat pada Gambar 5.23 dan Gambar 5.24 sebagai berikut.



Gambar 5.23 Parameter Running Base Reaction Dinamik

(Sumber: SAP2000)

OutputCase	CaseType	StepType	GlobalFX KN	GlobalFY KN	GlobalFZ KN	GlobalMX KN-m	GlobalMY KN-m	GlobalMZ KN-m	GlobalX m	GlobalY m	GlobalZ m
Ex Static	LinStatic		-2335.651	-2.722E-10	2.663E-11	5.183E-09	-42022.4569	55567.0267	0	0	0
Ey Static	LinStatic		-1.809E-10	-2335.651	8.37E-12	42022.4569	-3.374E-09	-19247.8616	0	0	0
Ex RS	LinRespSpec	Max	1871.101	199.85	6.788	3331.1982	31673.9111	45225.4372	0	0	0
Ey RS	LinRespSpec	Max	199.849	2456.33	5.728	41177.9099	3391.8253	25174.9557	0	0	0

Gambar 5.24 Base Reaction Beban Gempa Dinamik

(Sumber: SAP2000)

Berdasarkan hasil dari analisis diketahui bahwa gaya geser akibat beban gempa arah x adalah $V_{dx} = 1871,101 \text{ kN}$. Untuk arah y adalah $V_{dy} = 2456,330 \text{ kN}$.

5.4.6 Cek Syarat Gaya Geser Dasar (*Base Shear Reaction*)

Gaya geser adalah kombinasi respon untuk gaya geser dasar yang dihasilkan dari analisis menggunakan *SAP2000*. Berdasarkan ketentuan pada SNI 1726 tahun 2019, jika hasil gaya geser dasar dinamik kurang dari 100% nilai gaya geser statik, maka diperlukan adanya perubahan skala faktor baru untuk memenuhi ketentuan tersebut. Perhitungan untuk memperoleh faktor skala baru sebagai berikut.

$$V_{sx} \text{ (trial 1)} = 2335,651 \text{ kN}$$

$$\text{Syarat: } V_{dx} \geq 100\% V_{sx}$$

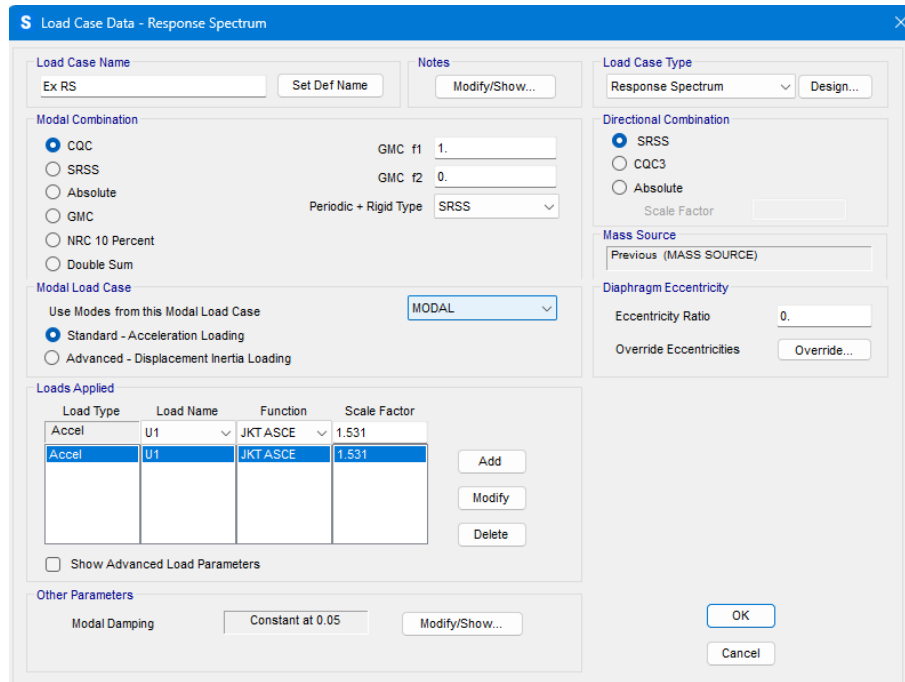
$$1871,101 \neq 2335,651 \text{ (Tidak OK)}$$

Pada trial pertama belum memenuhi syarat minimum. Sehingga, diperlukan adanya skala faktor baru.

$$\begin{aligned} \text{Skala baru} &= 100\% \frac{V_{sx}}{V_{dx}} \\ &= 100\% \frac{2335,651}{1871,101} \\ &= 1,248 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} U1 &= \text{skala lama} \times \text{skala baru} \\ &= 1,226 \times 1,248 \\ &= 1,531 \end{aligned}$$

Nilai U1 pada *load case* di *SAP2000* diperbaharui menggunakan nilai U1 yang baru. Penggantian nilai U1 dapat dilihat pada Gambar 5.25 sebagai berikut.



Gambar 5.25 Input Scale Factor Response Spectrum

(Sumber: SAP2000)

Selanjutnya dilakukan trial 2 dengan menggunakan U1 sebagai skala baru agar memenuhi syarat pada SNI 1726 tahun 2019. Hasil dari trial 2 dapat dilihat pada Gambar 5.26 sebagai berikut.

OutputCase	CaseType Text	StepType Text	GlobalFX KN	GlobalFY KN	GlobalFZ KN	GlobalMX KN-m	GlobalMY KN-m	GlobalMZ KN-m	GlobalX m	GlobalY m	GlobalZ m
Ex RS	LinRespSpec	Max	2336.586	249.568	8.476	4159.922	39553.6362	56476.4636	0	0	0
Ey RS	LinRespSpec	Max	190.068	2456.33	5.447	39162.6777	3225.8306	23942.9024	0	0	0
Ex Static	LinStatic		-2335.651	-2.722E-10	2.863E-11	5.183E-09	-42022.4569	55567.0267	0	0	0
Ey Static	LinStatic		-1.809E-10	-2335.651	8.37E-12	42022.4569	-3.374E-09	-19247.8616	0	0	0

Gambar 5.26 Base Reaction Dinamik Beban Gempa Dinamik

(Sumber: SAP2000)

Berdasarkan hasil trial 2 tersebut dilakukan analisis syarat sebagai berikut.

$$V_{sx} (\text{trial 2}) = 2335,551 \text{ kN}$$

$$V_{dx} (\text{trial 2}) = 2336,586 \text{ kN}$$

$$\text{Syarat: } V_{dx} \geq 100\% V_{sx}$$

$$2336,586 \geq 2335,551 \text{ (OK)}$$

Berdasarkan analisis tersebut didapatkan hasil $V_{dx} \geq V_{sx}$ atau $2336,586 \geq 2335,551$. Sehingga nilai gaya geser dasar arah x sudah memenuhi syarat. Selanjutnya dilakukan pengecekan faktor skala pada arah y. Perhitungan untuk memperoleh faktor skala baru sebagai berikut.

$$V_{sy} (\text{trial 1}) = 2335,651 \text{ kN}$$

$$\text{Syarat: } V_{dy} \geq 100\% V_{sy}$$

$$2456,330 \geq 2335,651 \text{ (OK)}$$

Sudah memenuhi syarat $V_{dy} \geq 100\% V_{sy}$. Sehingga tidak diperlukan adanya skala baru.

Berdasarkan analisis tersebut didapatkan hasil $V_{dy} \geq V_{sy}$ atau $2456,330 \geq 2335,651$. Sehingga nilai gaya geser dasar arah y sudah memenuhi syarat. Gaya geser yang dihasilkan dapat dilihat pada Tabel 5.10 sebagai berikut.

Tabel 5. 6 Gaya Geser Dasar (*Base Shear*)

Perhitungan		Gaya Geser Dasar	
		Arah X	Arah Y
Trial 1	100% V_{statik}	2335,651	2335,651
	V_{dinamik}	1871,101	2456,330
	Keterangan	Tidak OK	OK
Trial 2	100% V_{statik}	2335,551	2335,651
	V_{dinamik}	2336,586	2456,330
	Keterangan	OK	OK

5.4.7 Analisis respon spektrum ragam

Berdasarkan SNI 1726 tahun 2019 pasal 7.9, pada analisis dinamik perlu menyertakan jumlah ragam untuk mendapatkan rasio partisipasi massa ragam sebesar 100% dari massa struktur. Jumlah lantai pada struktur yang sedang di

analisis adalah 7 lantai dengan 24 ragam. Dalam SNI diizinkan untuk menggunakan jumlah ragam minimum untuk mencapai massa ragam terkombinasi paling sedikit 90% dari massa aktual dalam masing – masing arah horizontal ortogonal dari respon yang sedang ditinjau. Berdasarkan *output SAP2000* didapatkan partisipasi massa ragam yang disajikan dalam bentuk tabel, tabel partisipasi massa ragam dapat dilihat pada Tabel 5.7 sebagai berikut ini.

Tabel 5. 7 Participating Mass Ratio

STEP	UX	UY
1	0.74972	0.00173
2	0.79942	0.12365
3	0.80202	0.83037
4	0.90079	0.83062
5	0.90825	0.85371
6	0.90902	0.92859
7	0.94628	0.92875
8	0.94705	0.94315
9	0.9471	0.95099
10	0.94964	0.95597
11	0.94996	0.95708
12	0.95191	0.96168
13	0.96697	0.9622
14	0.96806	0.96272
15	0.9691	0.97434
16	0.97112	0.97475
17	0.97286	0.97709
18	0.97882	0.97841
19	0.97951	0.98171
20	0.98218	0.98191
21	0.98263	0.98209
22	0.983	0.98233
23	0.98351	0.98338
24	0.98408	0.98398

Berdasarkan hasil tersebut, diperoleh nilai partisipasi massa pada ragam ke 6 sudah mencapai lebih dari 90% yaitu sebesar 90,9% untuk arah x dan 92,8% untuk arah y. Maka, diizinkan untuk menggunakan 6 ragam pada analisis.

5.5 Analisis *Pushover*

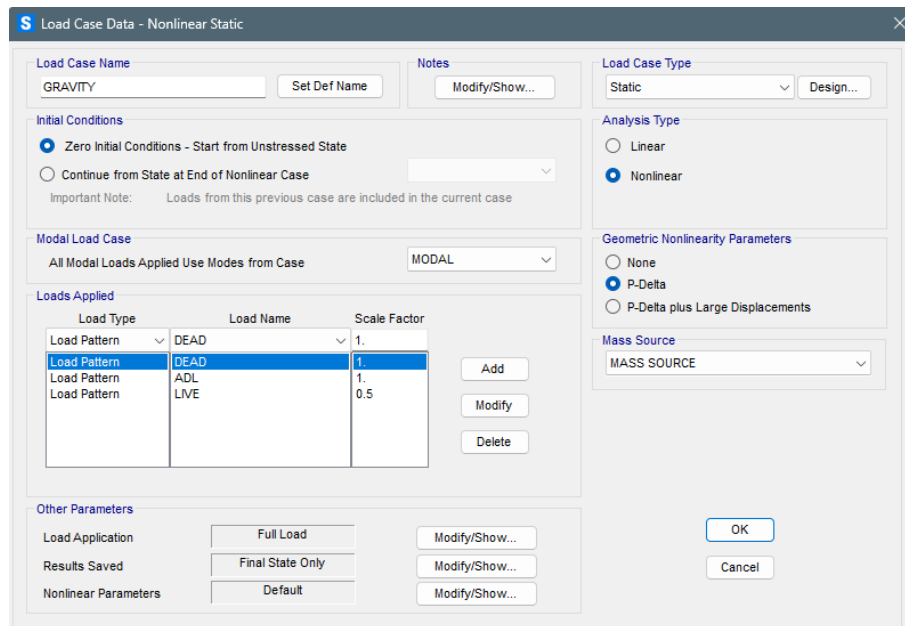
5.5.2 Pendefinisian *Load Case Pushover Analysis*

Dalam pendefinisian *Load case* pada analisis *pushover* dilakukan melalui dua tahapan. Tahap pertama adalah analisis struktur bangunan diberi beban mati dan beban hidup, tetapi belum mempertimbangkan kondisi *nonlinear*. Tahap kedua adalah dilanjutkan dengan memberikan pola beban lateral secara bertahap.

1. Pendefinisian beban gravitasi *pushover* (*Gravity*)

Pendefinisian beban gravitasi pada *SAP2000* dilakukan dengan tahapan klik *define – load case – add new load case*. Selanjutnya, dilakukan pengisian data *load case* dan modifikasi nilai untuk *Gravity* sesuai pada tahapan berikut dan dapat dilihat pada Gambar 5.27 sebagai berikut.

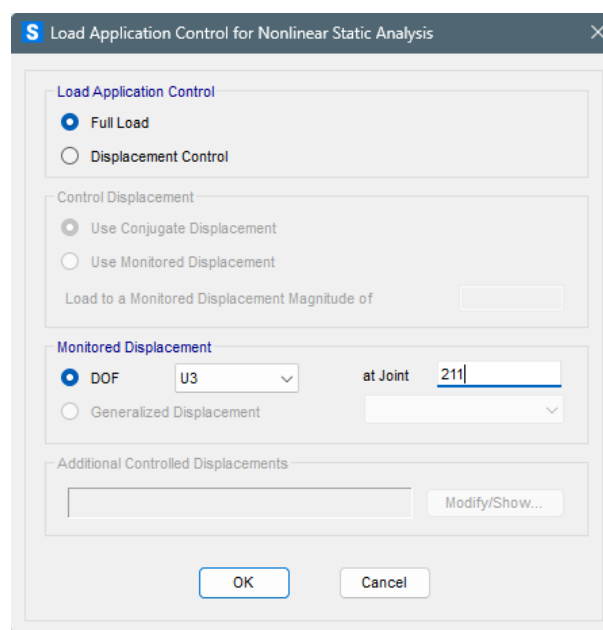
- | | |
|---|---|
| a. <i>Load Case Name</i> | = Gravity |
| b. <i>Load Case Type</i> | = <i>Static</i> |
| c. <i>Initial Condition</i> | = <i>Zero Initial Condition –
Start from Unstressed State</i> |
| d. <i>Analysis Type</i> | = <i>Nonlinear</i> |
| e. <i>Geometric Non Linearity Parameter</i> | = <i>P-Delta</i> |
| f. <i>Mass Source</i> | = <i>Mass Source</i> |
| g. <i>Load Applied</i> | = <i>Load Pattern – DEAD – 1
Load Pattern – ADL – 1
Load Pattern – LIVE – 0,5</i> |



Gambar 5.27 Load Case GRAVITY

(Sumber: SAP2000)

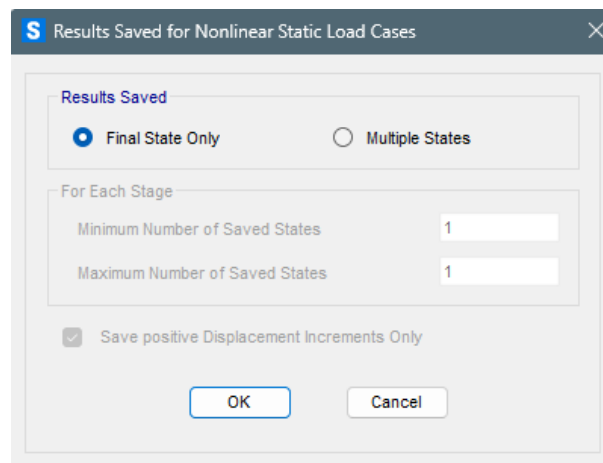
- h. *Load Application*: klik *modify/show* pada *load application control* – klik *full load* – pada *monitored displacement* pilih *DOF U3 at joint 211* – ok. *Input application* dapat dilihat pada Gambar 5.28 sebagai berikut.



Gambar 5.28 Load Application Control GRAVITY

(Sumber: SAP2000)

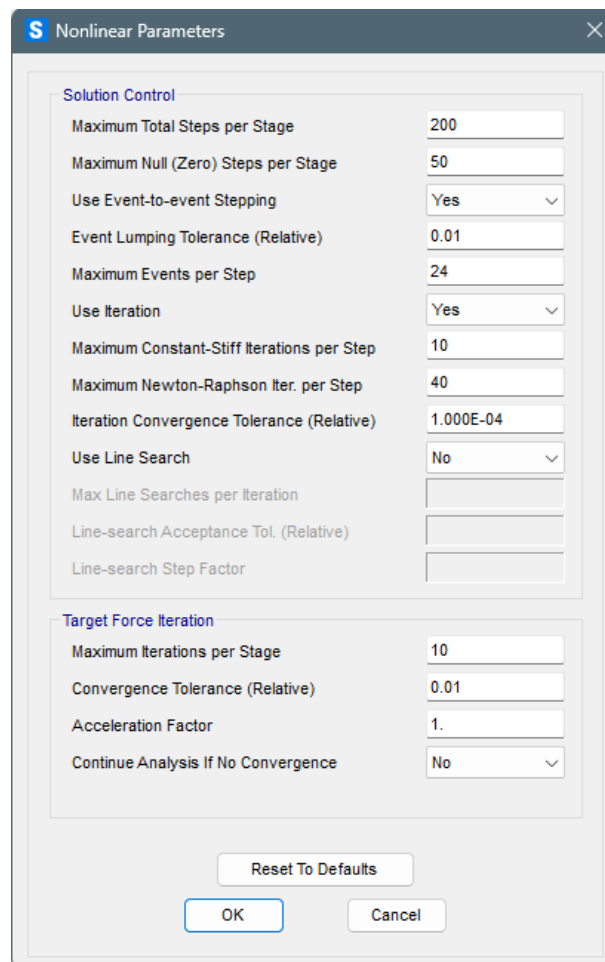
- i. *Result Save*: klik *modify/show* – pada *result save* pilih *final state only* – ok. *Input result save* dapat dilihat pada Gambar 5.29 sebagai berikut.



Gambar 5.29 Result Saved GRAVITY

(Sumber: SAP2000)

- j. *Nonlinear Parameter*: klik *modify/show* – parameter sesuai pada kebutuhan. *Input non linear static case* dapat dilihat pada Gambar 5.30 pada halaman berikutnya sebagai berikut.



Gambar 5.30 Nonlinear Parameters GRAVITY

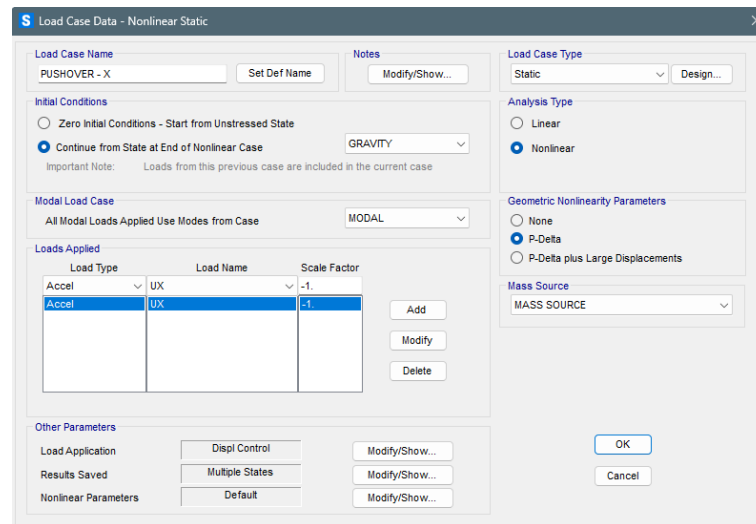
(Sumber: SAP2000)

2. Pendefinisian beban lateral *pushover* (*pushover x* dan *pushover y*)

Pendefinisian beban lateral pada *SAP2000* dilakukan dengan tahapan klik *define – load case – add new load case*. Selanjutnya, dilakukan pengisian data *load case* dan modifikasi nilai untuk *PUSHOVER-X* sesuai pada tahapan berikut dan dapat dilihat pada Gambar 5.31 sebagai berikut.

- | | |
|---|--|
| a. <i>Load Case Name</i> | = <i>PUSHOVER – X</i> |
| b. <i>Load Case Type</i> | = <i>Static</i> |
| c. <i>Initial Condition</i> | = <i>Continue from State End of
- Nonlinear Case – Gravity</i> |
| d. <i>Analysis Type</i> | = <i>Nonlinear</i> |
| e. <i>Geometric Non Linearity Parameter</i> | = <i>P-Delta</i> |

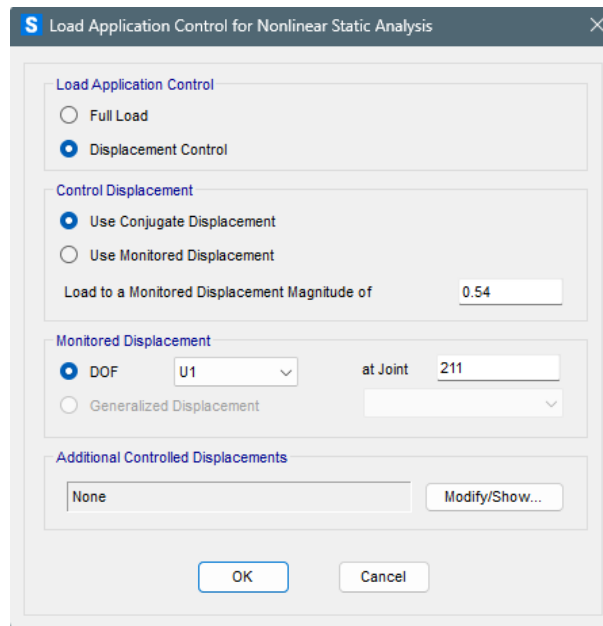
- f. *Mass Source* = *Mass Source*
 g. *Load Applied* = *Accel – UX – -1*



Gambar 5.31 Load Case PUSHOVER – X

(Sumber: SAP2000)

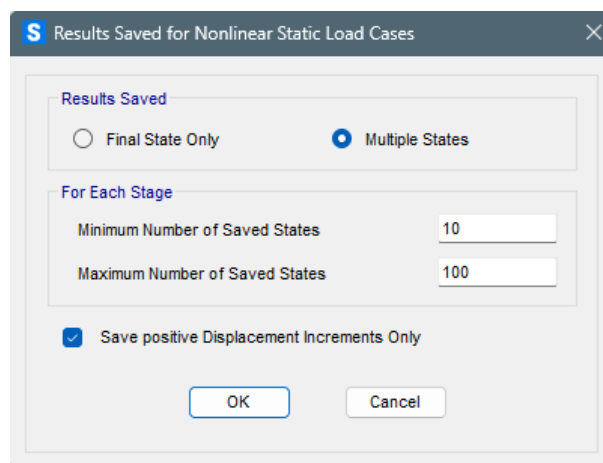
- h. *Load Application*: klik *modify/show* pada *load application control* – klik *displacement control* – pada *control displacement* pilih *use conjugate displacement*, pada *loads to monitored displacement magnitude of* isi dengan 2% dari tinggi bangunan 27,15 m yaitu 0,543 m – pada *monitored displacement* pilih *DOF U1 at joint 211* – ok. *Input parameter* dapat dilihat pada Gambar 5.32 pada halaman berikutnya sebagai berikut.



Gambar 5.32 Load Application Control PUSHPOVER – X

(Sumber: SAP2000)

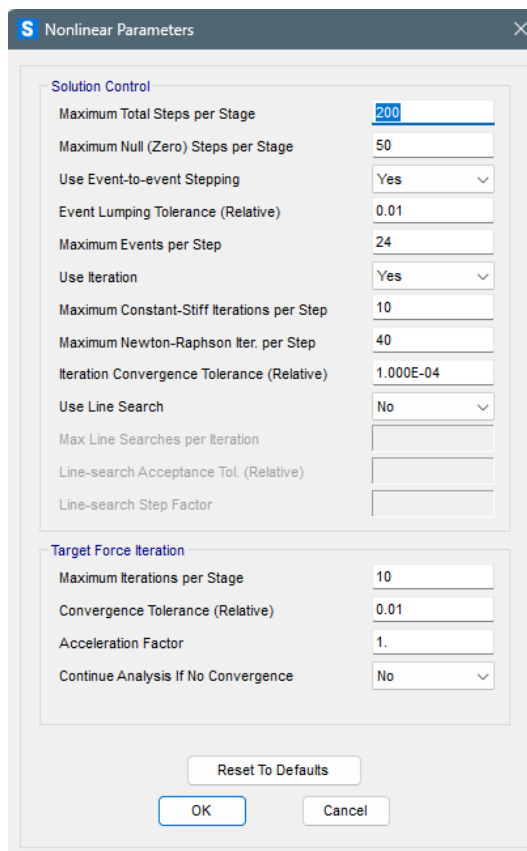
- i. *Result Save*: klik *modify/show* – pada *result save* pilih *multiple states* – pada *for each stage* isi dengan *minimum 10* dan *maximum 100* – ok. *Input result save* dapat dilihat pada Gambar 5.33 sebagai berikut.



Gambar 5.33 Result Saved PUSHPOVER – X

(Sumber: SAP2000)

- j. *Non Linear Parameter*: klik *modify/show* – parameter sesuai pada kebutuhan. *Input nonlinear static case* dapat dilihat pada Gambar 5.34 sebagai berikut.



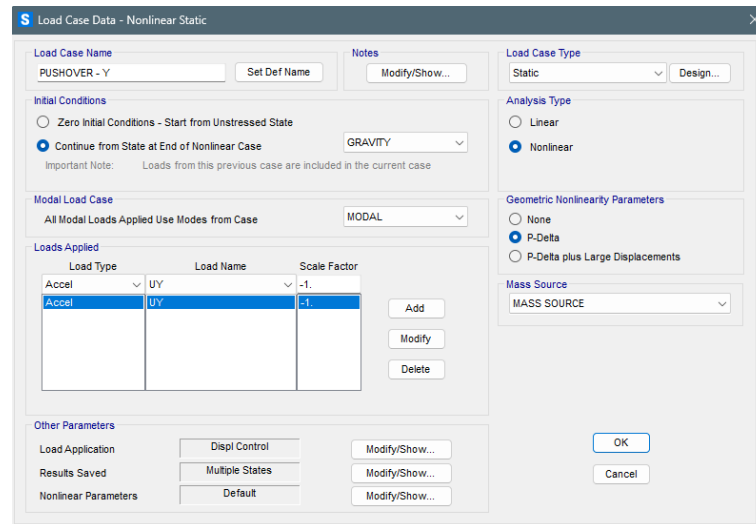
Gambar 5.34 Nonlinear Parameters PUSHOVER – X

(Sumber: SAP2000)

Selanjutnya, dilakukan pengisian data *load case* dan modifikasi nilai untuk *PUSHOVER – Y* disesuaikan dengan kebutuhan. *Input parameter load case* dapat dilihat pada tahapan sebagai berikut.

- | | |
|---|--|
| a. <i>Load Case Name</i> | = <i>PUSHOVER – Y</i> |
| b. <i>Load Case Type</i> | = <i>Static</i> |
| c. <i>Initial Condition</i> | = <i>Continue from State End of</i>
- <i>Nonlinear Case – Gravity</i> |
| d. <i>Analysis Type</i> | = <i>Nonlinear</i> |
| e. <i>Geometric Non Linearity Parameter</i> | = <i>P-Delta</i> |

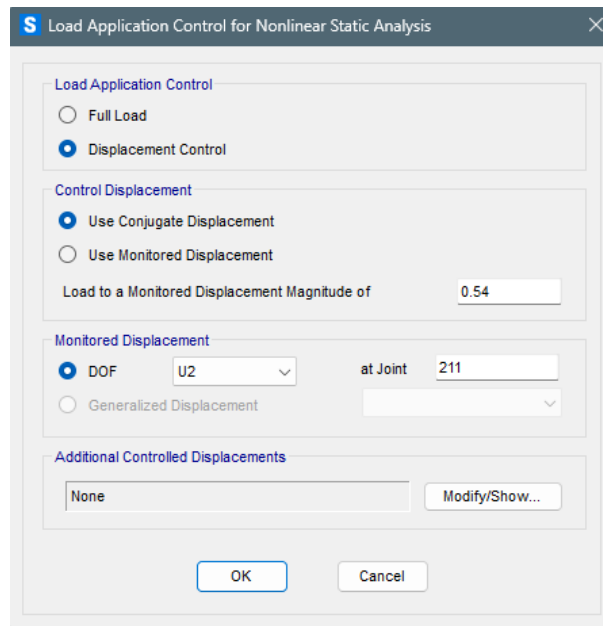
- f. *Mass Source* = *Mass Source*
 g. *Load Applied* = *Accel – UY – -1*



Gambar 5.35 Load Case PUSHOVER – Y

(Sumber: SAP2000)

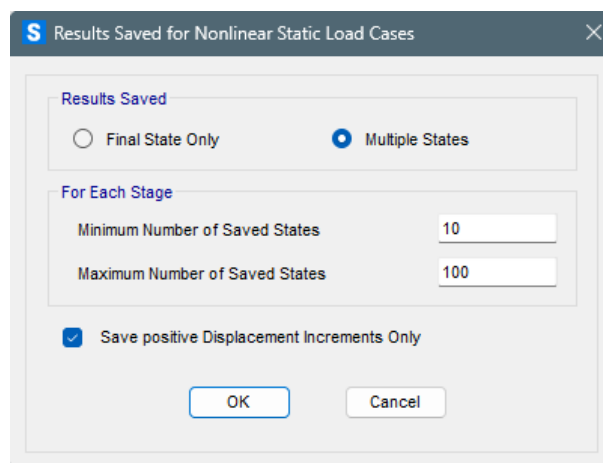
- h. *Load Application*: klik *modify/show* pada *load application control* – klik *displacement control* – pada *control displacement* pilih *use conjugate displacement*, pada *loads to monitored displacement magnitude of* isi dengan 2% dari tinggi bangunan 27,15 m yaitu 0,543 m – pada *monitored displacement* pilih *DOF U2 at joint 211* – ok. *Input parameter* dapat dilihat pada Gambar 5.36 pada halaman berikutnya sebagai berikut.



Gambar 5.36 Load Application Control PUSHPOVER – Y

(Sumber: SAP2000)

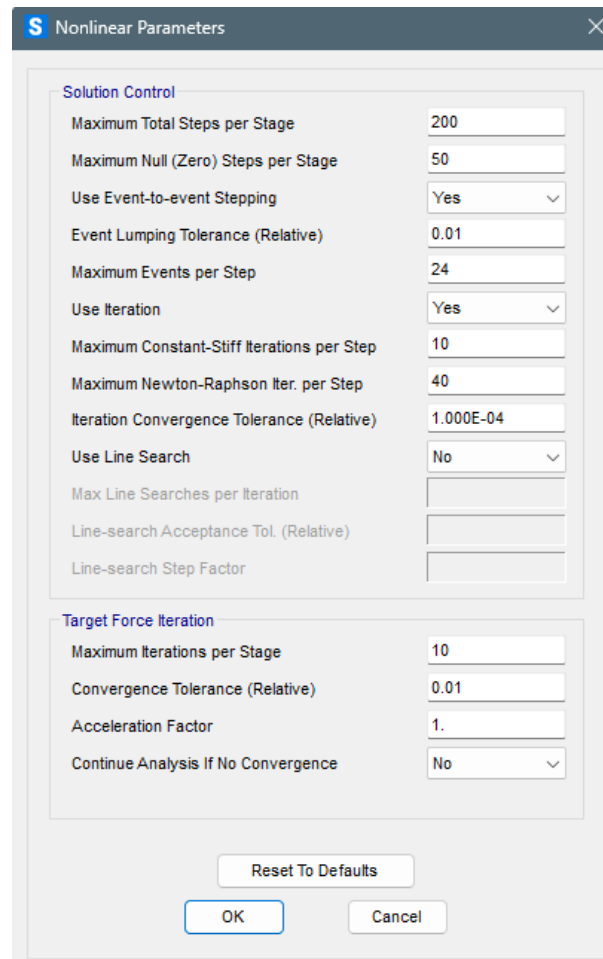
- i. *Result Save*: klik *modify/show* – pada *result save* pilih *multiple states* – pada *for each stage* isi dengan *minimum 10* dan *maximum 100* – ok. *Input result save* dapat dilihat pada Gambar 5.37 sebagai berikut.



Gambar 5.37 Result Saved PUSHPOVER – Y

(Sumber: SAP2000)

- j. *Nonlinear Parameter*: klik *modify/show* – parameter sesuai pada kebutuhan. *Input nonlinear static case* dapat dilihat pada Gambar 5.38 sebagai berikut.



Gambar 5.38 Nonlinear Parameters PUSHOVER – Y

(Sumber: SAP2000)

5.5.3 Pendefinisian Sendi Plastis (*Hinge*)

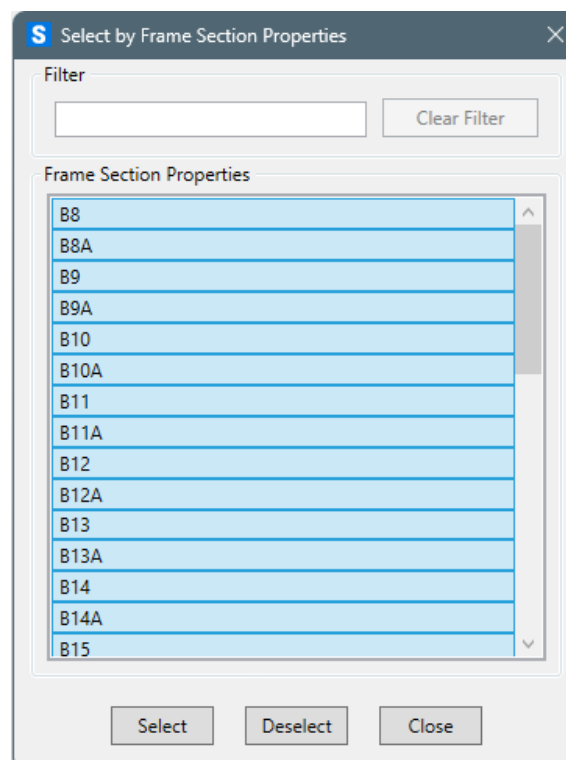
Pendefinisian sendi plastis (*plastic hinge*) pada setiap elemen struktur dilakukan sebelum melakukan analisis *pushover*. Pendefinisian sendi plastis dilakukan menggunakan model yang didasarkan perilaku struktur yang akan berpengaruh pada jenis struktur yang didesain.

Dalam mendesain struktur bangunan digunakan perilaku *beam sway mechanism*. Ketika menerima beban lateral, maka ujung – ujung balok yang akan leleh terlebih dahulu.

1. Pendefinisian sendi plastis pada balok

Pendefinisian sendi pastis pada balok pada *SAP2000* dilakukan dalam tahapan sebagai berikut.

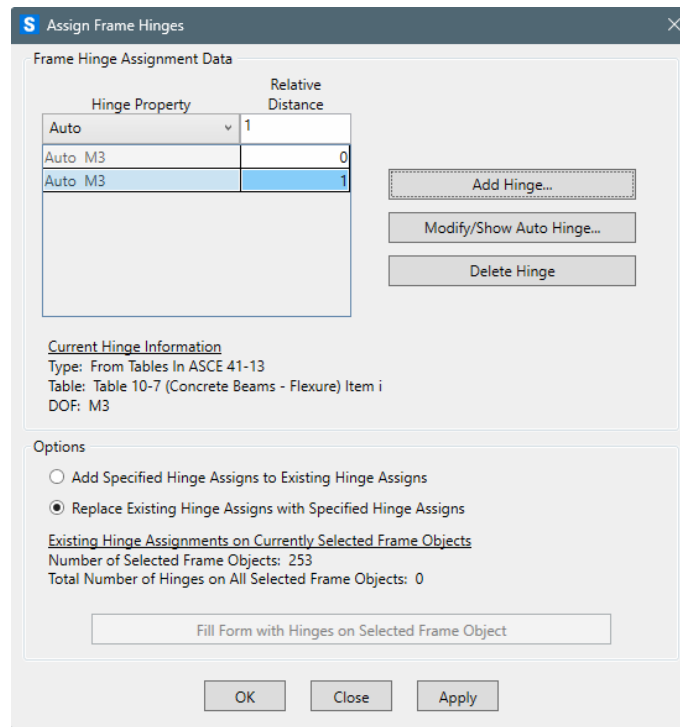
- a. Klik *select – select – properties – frame section* – pilih balok yang sudah dimodelkan.



Gambar 5.39 Select Frame Balok

(Sumber: *SAP2000*)

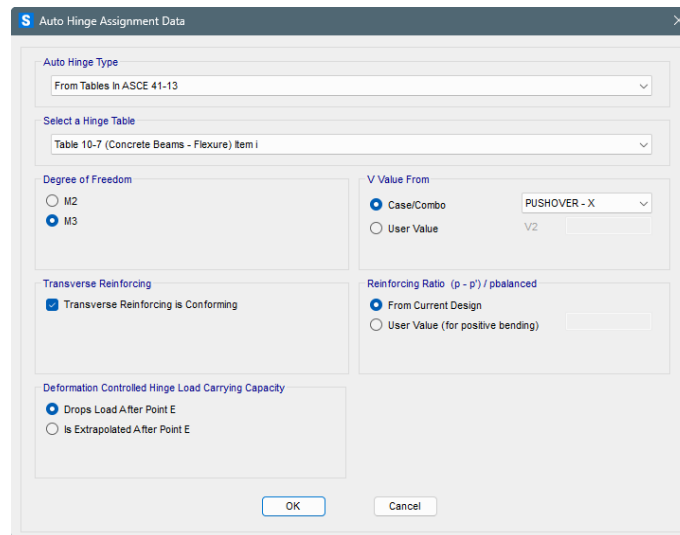
- b. Klik *assign – frame – hinges* – isi *frame hinge assignment data* dengan *relative distance* 0 dan 1 – *add hinge*. Pengisian dapat dilihat Gambar 5.40 pada halaman berikutnya berikut ini.



Gambar 5.40 Input Frame Hinge Balok

(Sumber: SAP2000)

- c. Pada *hinge property* pilih *from table in ASCE 41 – 13* – pada kolom *select a hinge* pilih *table 10-7 (concrete beams – flexure) item I* – pada kolom *degree of freedom* pilih M3 – klik *case/combo* pada *V value from* pilih *PUSHOVER – X* untuk sumbu x dan *PUSHOVER – Y* untuk sumbu y. Pengisian data dapat dilihat pada Gambar 5.41 pada halaman berikutnya sebagai berikut.



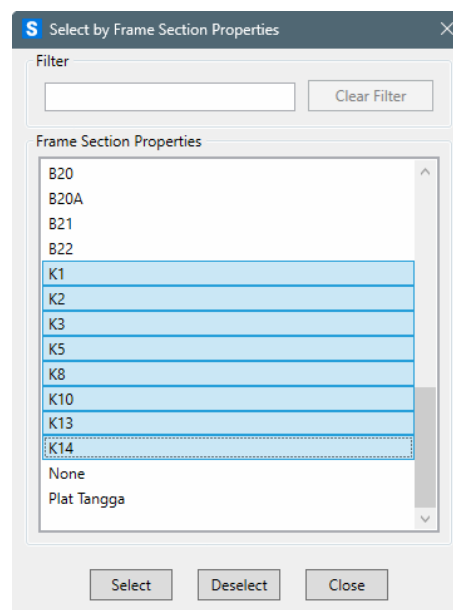
Gambar 5.41 Setting Hinge Balok

(Sumber: SAP2000)

2. Pendefinisian sendi plastis pada kolom

Pendefinisian sendi pastis pada kolom pada *SAP2000* dilakukan dalam tahapan sebagai berikut.

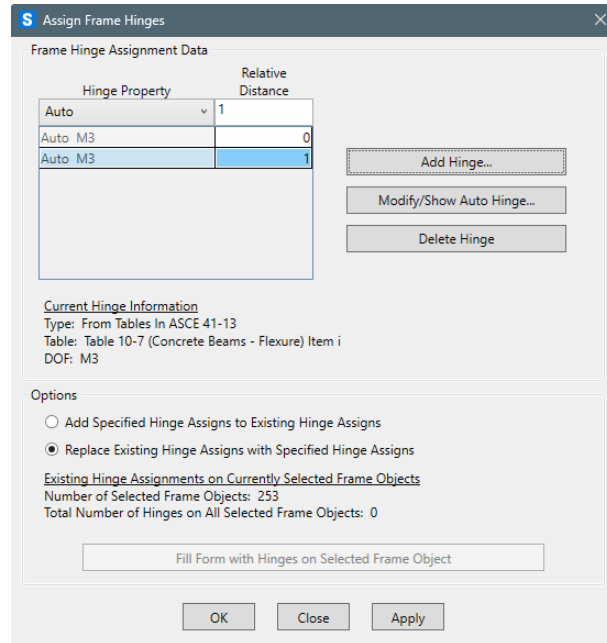
- a. Klik *select – select – properties – frame section* – pilih kolom yang sudah dimodelkan.



Gambar 5. 42 Select Frame Kolom

(Sumber: SAP2000)

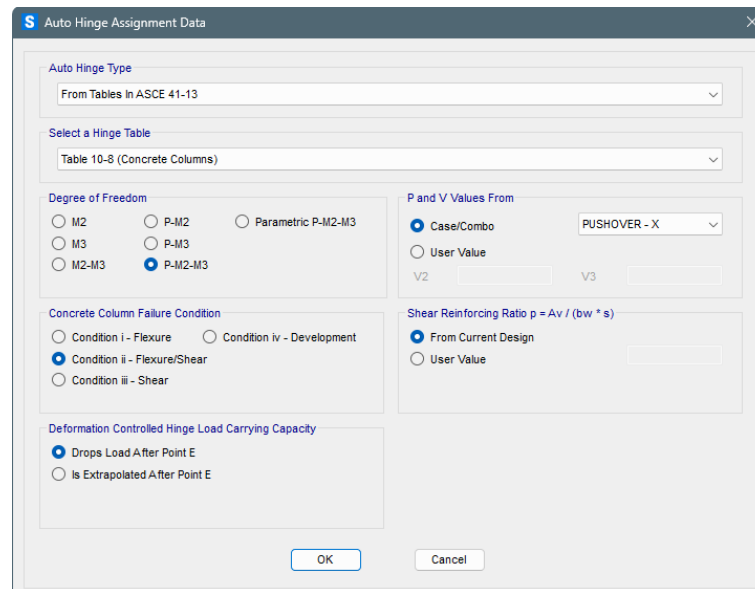
- b. Klik *assign – frame – hinges* – isi *frame hinge assignment data* dengan *relative distance* 0 dan 1 – *add hinge*. Pengisian dapat dilihat Gambar 5.43 berikut.



Gambar 5.43 Input Frame Hinge Kolom

(Sumber: SAP2000)

- c. Pada *hinge property* pilih *from table in ASCE 41 – 13* – pada kolom *select a hinge* pilih *table 10-8 (concrete coloumn)* – pada kolom *degre of freedom* pilih P-M2-M3 – klik *case/combo* pada kolom *P* dan *V value from* pilih *PUSHOVER – X* untuk sumbu x dan *PUSHOVER – Y* untuk sumbu y. Pengisian data dapat dilihat pada Gambar 5.44 pada halaman berikutnya sebagai berikut.

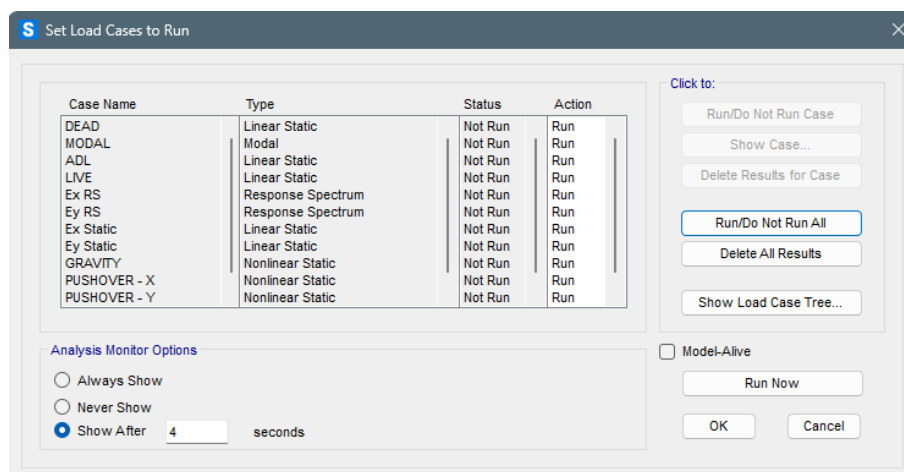


Gambar 5.44 Setting Hinge Kolom

(Sumber: SAP2000)

5.5.4 Running Pushover Analysis

Setelah dilakukan dimasukkan *load pattern* dan *load case* untuk analisis *pushover*, dan mendefinisikan *hinge*. Selanjutnya, *running pushover analysis* dilakukan dengan tahapan klik *analyze – run analyze – pilih case name GRAVITY, PUSHOVER – X, dan PUSHOVER – Y (Nonlinear Static)* dengan *action run – run now*. Proses *running program* akan dikerjakan otomatis dengan *software SAP2000*. Tahapan tersebut dapat dilihat pada Gambar 5.45 pada halaman berikutnya sebagai berikut.



Gambar 5.45 Tampilan *Running Analysis*

(Sumber: *SAP2000*)

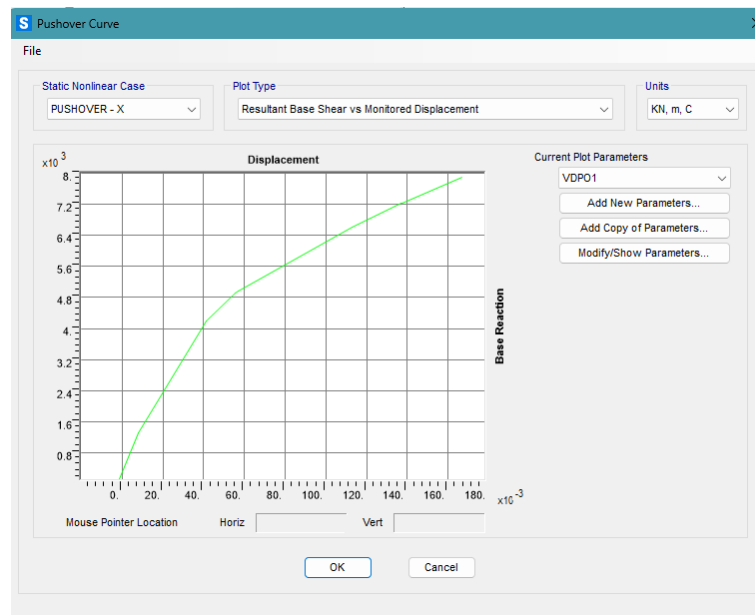
5.6 Hasil Analisis Pushover

Analisis *pushover* yang telah selesai *dirunning* menghasilkan output berupa kurva kapasitas dan nilai *performance point*. Nilai dari *performance point* digunakan untuk menentukan tingkat kinerja struktur menggunakan metode *ATC-40*. Selain menghasilkan output tersebut, juga menampilkan skema sendi plastis yang mungkin terjadi pada struktur bangunan.

5.6.1 Kurva Kapasitas

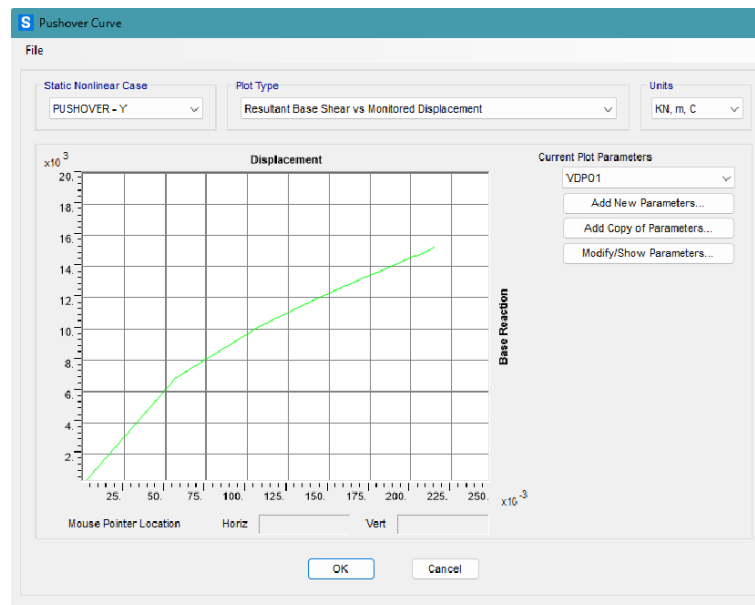
Kurva kapasitas (*capacity curve*) merupakan kurva hubungan antara gaya geser dasar dengan perpindahan lateral (*displacement*). Kurva kapasitas menunjukkan besarnya kekuatan struktur bangunan tergantung pada kemampuan momen deformasi dari struktur.

Kurva kapasitas ditampilkan pada *software SAP2000* dengan melalui tahapan klik *display – show static pushover curve* – kurva kapasitas muncul secara otomatis. Hasil dari kurva kapasitas tersebut dapat dilihat pada Gambar 5.46 dan 5.47 pada halaman selanjutnya sebagai berikut.



Gambar 5.46 Kurva Kapasitas PUSHOVER – X

(Sumber: SAP2000)



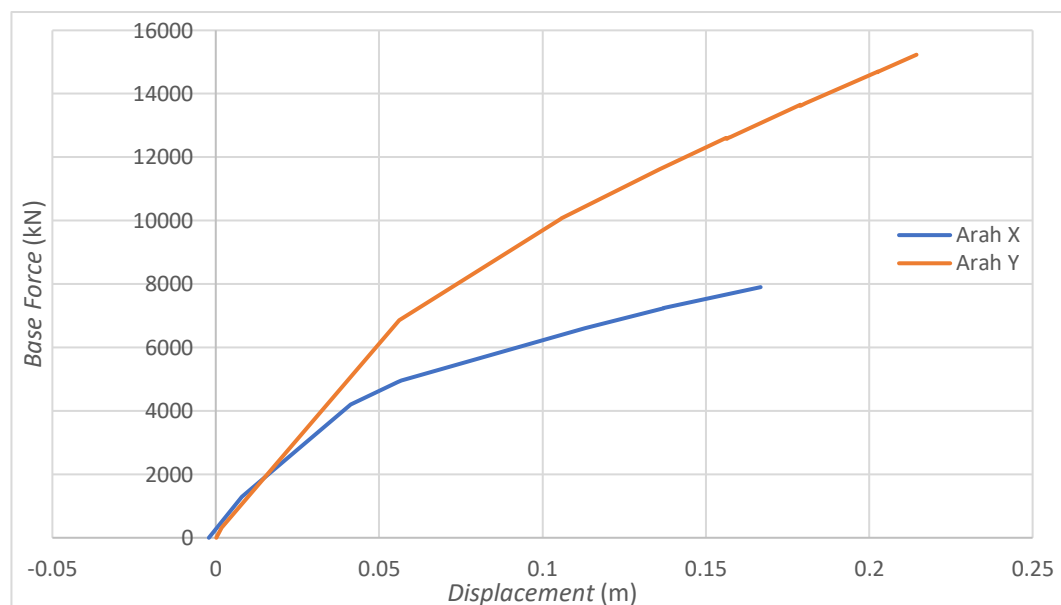
Gambar 5.47 Kurva Kapasitas PUSHOVER – Y

(Sumber: SAP2000)

Nilai *base force* dan *displacement* dapat ditampilkan dengan tahapan klik *file* – *display table*. Hasil dari kurva kapasitas tersebut dapat dilihat pada Tabel

Lampiran Data Kurva Kapasitas *Pushover X* dan Tabel Lampiran Data Kurva Kapasitas *Pushover Y* pada halaman lampiran.

Berdasarkan Tabel Lampiran Data *Pushover – X* gaya lateral maksimum struktur adalah 7903,182 kN terjadi pada step 92 dan nilai *displacement* sebesar 0,166758 m. *PUSHOVER – Y* pada Tabel Lampiran Data *Pushover Y* gaya lateral maksimum struktur adalah 15232,29 kN terjadi pada step 24 dan nilai *displacement* sebesar 0,215103 m. Berikut ini merupakan perbandingan kurva kapasitas *pushover* pada arah *x* dan arah *y* dapat dilihat pada Gambar 5.48 sebagai berikut ini.



Gambar 5.48 Perbandingan Kurva Kapasitas Arah X dan Y

(Sumber: SAP2000)

Berdasarkan Gambar 5.48 terlihat pada kurva bahwa arah *x* mempunyai bentuk kurva yang lebih kaku atau tegak dibandingkan dengan arah *y*, hal tersebut dikarenakan bentuk bangunan yang diteliti berbentuk persegi panjang dengan memanjang ke arah *y* yang menyebabkan nilai *displacement* arah *x* lebih kecil dari arah *y* yang mempengaruhi hal tersebut. Sehingga, arah sumbu *y* memiliki perlawanan lentur yang lebih besar dibandingkan arah sumbu *x*.

5.6.2 Performance Point Metode ATC-40

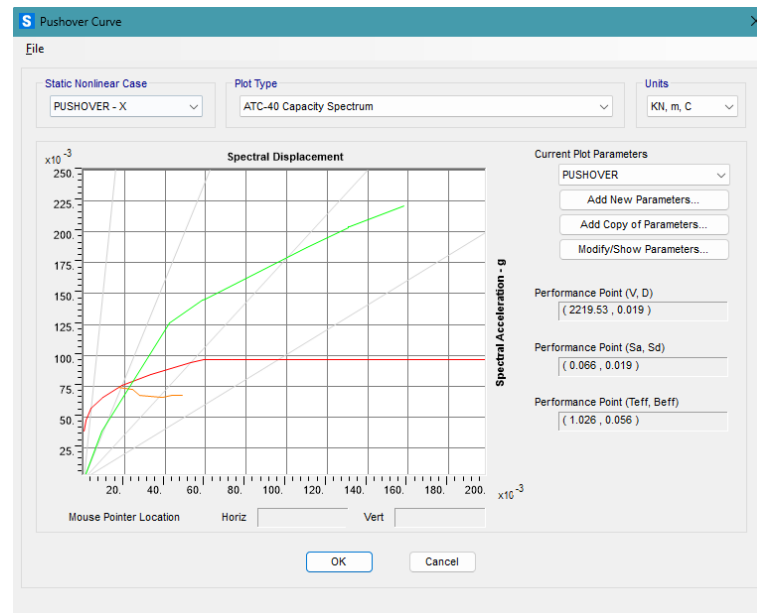
Performance point atau titik kinerja ditentukan pada suatu bangunan ditentukan menggunakan metode kurva kapasitas berdasarkan ATC-40. Kurva kapasitas yang dihasilkan setelah analisis *pushover* adalah kurva hubungan antara gaya geser dasar (*base force*) dan perpindahan (*displacement*) yang kemudian dikonversi ke dalam bentuk spektrum kapasitas dengan format *ADRS* (*Acceleration Displacement Respon Spectrum*) yaitu S_a dan S_d (sebagai spektrum kapasitas). *Parameter capacity* dapat ditampilkan melalui tahapan klik *define – pushover parameter sets – ATC-40 capacity spectrum – add new parameter – isi sesuai dengan Gambar 5.49 – ok*.

Gambar 5.49 Parameter *Capacity Spectrum* ATC-40

(Sumber: SAP2000)

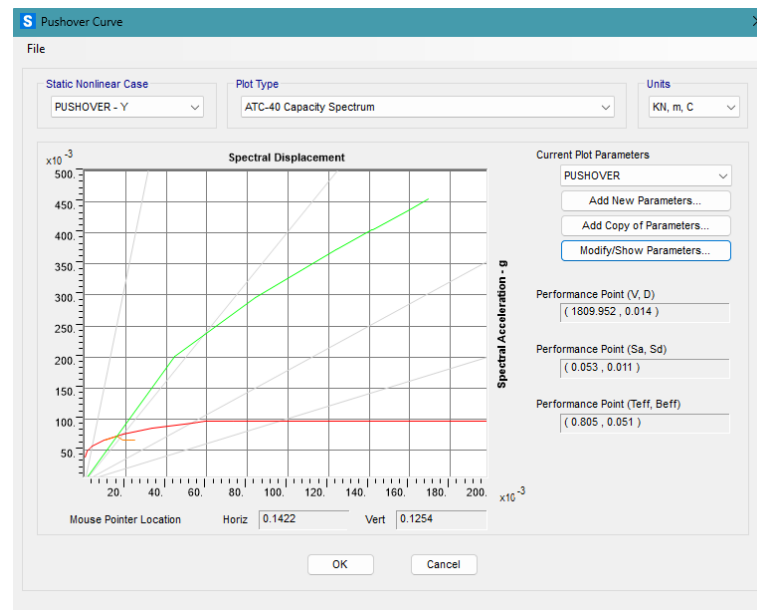
Tahapan selanjutnya untuk menampilkan hasil dari *capacity spektrum* pada SAP2000 adalah dengan klik *display – show static pushover curve – pada plot type*

pilih *ATC-40 capacity spektrum*. Kurva *capacity spektrum* untuk arah *x* dan arah *y* dapat dilihat pada Gambar 5.50 dan Gambar 5.51 sebagai berikut.



Gambar 5.50 Capacity Spektrum Arah X

(Sumber: SAP2000)



Gambar 5.51 Capacity Spektrum Arah Y

(Sumber: SAP2000)

Berdasarkan *output* analisis *pushover* dari *software* *SAP2000* didapatkan nilai gaya geser dasar, *displacement*, S_a , S_d , waktu getar alami efektif, dan redaman viskous efektif. Hasil nilai gaya geser dasar, *displacement*, S_a , S_d , waktu getar alami efektif, dan redaman viskous efektif yang terjadi pada titik kinerja tercapai berdasarkan *ATC-40* dapat dilihat pada Tabel 5.9 sebagai berikut.

Tabel 5. 8 Performance Point Metode ATC-40

Beban	Base Shear (kN)	Performance Point					
		V (kN)	δ (m)	S_a (g)	S_d (m)	T_{eff} (s)	β_{eff}
Pushover - X	2336,586	2219,530	0,019	0,066	0,019	1,026	0,056
Pushover - Y	2336,119	1809,952	0,014	0,053	0,011	0,805	0,051

Berdasarkan tabel tersebut, pada studi kasus ini struktur gedung memiliki nilai redaman efektif (β_{eff}) sebesar 0,05 atau 5%. Berdasarkan *ATC-40*, nilai tersebut telah sesuai dengan ketentuan batasan redaman efektif (β_{eff}) yaitu kurang batasan maksimum sebesar 40%.

5.6.3 Titik Kinerja Struktur

Titik kinerja struktur bangunan dapat ditentukan berdasarkan kriteria *drift* yang didapatkan ketika titik kinerja telah tercapai. Berdasarkan *ATC-40*, bangunan hunian seperti gedung perkantoran dalam hasil uji kerusakan di laboratorium pada bagian struktur rangka dengan detail yang baik diperoleh batas simpangan maksimal yaitu 0,01. Batas simpangan inelastis maksimum berdasarkan untuk menghindari deformasi sisa yang signifikan setelah terjadinya gempa. Berdasarkan *ATC-40* nilai *drift ratio* dapat ditentukan dengan cara pada halaman selanjutnya sebagai berikut.

1. *Pushover* arah x *Maximum total drift ratio*

$$\begin{aligned}\frac{\delta}{H} &= \frac{\delta}{H} \\ &= \frac{0,019}{27,15} \\ &= 0,0006998 < 0,01\end{aligned}$$

2. *Pushover* arah y *Maximum total drift ratio*

$$\begin{aligned}\frac{\delta}{H} &= \frac{\delta}{H} \\ &= \frac{0,014}{27,15} \\ &= 0,0005156 < 0,01\end{aligned}$$

Berdasarkan hasil analisis pushover, *Maximum Total Drift Ratio* sebesar 0,0006998 pada arah x dan 0,0005156 pada arah y berada dalam batas *Immediate Occupancy (IO)*. Pada kondisi ini struktur masih berperilaku elastis, sehingga deformasi inelastik yang terjadi sangat kecil dan memenuhi kriteria *Maximum Inelastic Drift* untuk level kinerja *Immediate Occupancy* menurut Tabel 3.15 Batasan Deformasi *ATC-40*. Dengan demikian, level kinerja struktur dikategorikan sebagai *Immediate Occupancy (IO)*. *IO* adalah keadaan bangunan aman ketika terjadi gempa, gedung tidak mengalami kerusakan yang berarti atau hanya kerusakan ringan dan dapat difungsikan kembali, risiko korban jiwa dan kegagalan struktur tidak terlalu berarti.

5.6.4 Skema Sendi Plastis

Struktur mengalami pembentukan sendi plastis ketika momen yang bekerja melebihi momen kapasitas elemen setelah dilakukan analisis *pushover*. Pada kondisi beban yang relatif kecil, momen yang terjadi pada penampang masih berada dalam kondisi elastis. Namun, dengan peningkatan beban secara bertahap, momen pada penampang tertentu mencapai kondisi plastis sehingga terbentuk sendi plastis.

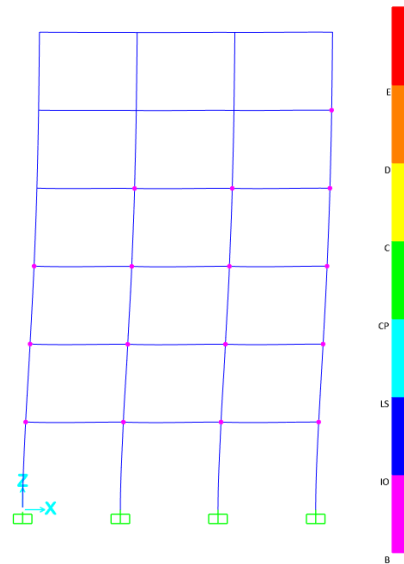
Pembentukan sendi plastis pada analisis *pushover* ditunjukkan oleh munculnya titik berwarna pada komponen struktur bangunan. Seiring dengan bertambahnya jumlah step analisis, kondisi sendi plastis mengalami perubahan pada arah sumbu x dan sumbu y . Pada perangkat lunak *SAP2000*, kondisi sendi plastis pada elemen struktur ditampilkan menggunakan warna yang berbeda, di mana setiap warna merepresentasikan kondisi sendi plastis tertentu. Keterangan mengenai simbol warna tersebut disajikan pada Tabel 5.13 pada halaman selanjutnya sebagai berikut.

Tabel 5. 9 Keterangan Warna Titik Sendi Plastis

Simbol	Keterangan	Deskripsi
	B	Batas linear yang diikuti terjadinya pelepasan pertama pada struktur
	IO	Terjadi kerusakan ringan atau tidak berarti pada struktur dan kekakuan struktur hampir sama dengan sebelum gempa (<i>Immediate Occupancy</i>)
	LS	Terjadi kerusakan ringan sampai dengan sedang pada struktur. Kekakuan struktur berkurang, namun masih memiliki jarak yang cukup besar terhadap keruntuhan (<i>Life Safety</i>)
	CP	Terjadi kerusakan parah pada struktur, sehingga kekuatannya berkurang banyak. Struktur berada di ambang keruntuhan atau hampir runtuh (<i>Collapse Prevention</i>)
	C	Batas maksimum gaya geser yang mampu ditahan bangunan
	D	Terjadi degregasi kekuatan struktur, sehingga struktur tidak stabil dan hampir runtuh
	E	Struktur bangunan sudah tidak dapat menahan gaya geser dan runtuh

1. Mekanisme sendi plastis

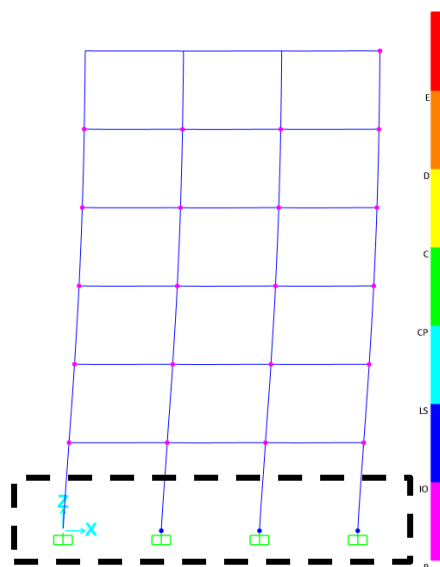
Sendi plastis pada arah x dan y sudah terjadi pada balok dan kolom pada *step-2* dimana telah muncul titik – titik sendi plastis berwarna ungu. Hal tersebut menandakan berapa pada level kinerja B. Gambar dari *step-2* tersebut dapat dilihat pada Gambar 5.52 pada halaman selanjutnya sebagai berikut.



Gambar 5.52 Step-2 Terjadinya Sendi Plastis dengan Beban Gempa

(Sumber: SAP2000)

Sendi plastis pada arah x berhenti pada *step-92* dan *step-24* pada arah y dimana telah muncul titik – titik sendi plastis berwarna biru tua yang berarti berada pada level kinerja *IO (Immediate Occupancy)*, dapat dilihat pada Gambar 5.53 sebagai berikut. Daftar tabel dari skema sendi plastis arah x dan y dapat dilihat pada lampiran.



Gambar 5.53 Step-92 Terjadinya Sendi Plastis dengan Beban Gempa

(Sumber: SAP2000)

5.7 Hasil dan Pembahasan

Struktur gedung *nariba office* setelah dilakukan analisis *pushover* menggunakan ATC-40 didapatkan hasil berupa *capacity spectrum*, *demand spectrum*, dan skema sendi plastis yang mungkin terjadi berdasarkan analisis *SAP2000*. Kurva *capacity spectrum* dan *demand spectrum* dapat dilihat pada Gambar 5.54, Gambar 5.47, Gambar 5.50, dan Gambar 5. 51. Skema sendi plastis dapat dilihat pada Gambar 5. 52 sampai dengan Gambar 5. 55.

Berdasarkan hasil tersebut didapatkan nilai *performance point* pada arah *x* yaitu $V = 2219,530 \text{ kN}$ dan $\delta = 0,019 \text{ m}$. Untuk arah *y* yaitu $V = 1809,952 \text{ kN}$ dan $\delta = 0,014 \text{ m}$. Skema sendi plastis berdasarkan hasil tersebut pada arah *x* dan *y* pertama muncul pada *step* ke-2 muncul titik sendi plastis pada balok dan kolom berwarna ungu yang artinya berada pada level kinerja B. Sendi plastis terakhir untuk arah *x* terhenti pada *step* ke-92, terdapat beberapa kolom dengan warna biru yang berarti berada pada level kinerja *IO* yang artinya terjadi kerusakan ringan dan kekakuan struktur hampir sama dengan sebelum gempa. Kemudian untuk arah *y* terhenti pada *step* ke-24, dimana ada beberapa kolom yang juga ditandai dengan titik berwarna biru yang berarti berada pada level kinerja *IO*.

BAB VI

KESIMPULAN DAN SARAN

6.1 Kesimpulan

Setelah melakukan analisis terhadap kinerja struktur bangunan Gedung Nariba *Office*, maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut.

1. Berdasarkan hasil analisis *pushover* yang sudah diperoleh menggunakan beban gempa SNI tahun 2019, didapatkan nilai *performance point* pada arah x yaitu $V = 2219,530 \text{ kN}$ dan $\delta = 0,019 \text{ m}$. Didapatkan untuk arah y yaitu $V = 1809,952 \text{ kN}$ dan $\delta = 0,014 \text{ m}$.
2. Berdasarkan analisis yang sudah dilakukan tingkat kinerja struktur dari gedung Nariba *Office* di Jakarta Selatan adalah *Immediate Occupancy (IO)*.
3. Berdasarkan skema sendi plastis dengan menggunakan beban gempa SNI tahun 2019 pada arah x dan y pertama muncul pada *step* ke-2 yang ditandai dengan munculnya titik sendi plastis pada balok dan kolom berwarna ungu yang artinya berada pada level kinerja B. Sendi plastis terakhir untuk arah x terhenti pada *step* ke-92, dimana terdapat beberapa kolom dengan warna biru yang berarti berada pada level kinerja *IO (Immediate Occupancy)* yang artinya terjadi kerusakan ringan atau tidak berarti pada struktur dan kekakuan struktur hampir sama dengan sebelum gempa. Kemudian untuk arah y terhenti pada *step* ke-24, dimana ada beberapa kolom yang juga ditandai dengan titik berwarna biru yang berarti berada pada level kinerja *IO (Immediate Occupancy)*.

6.2 Saran

Dari hasil penelitian pada Gedung Nariba *Office* didapatkan saran untuk peneliti selanjutnya mengenai analisis *pushover* pada penelitian yang lebih lanjut adalah sebagai berikut.

1. Pada penelitian selanjutnya dapat dilakukan dengan menggunakan metode selain ATC-40, dapat menggunakan metode FEMA 356 dan 440 dengan tingkatan gempa yang berbeda sebagai pembanding dalam melakukan analisis.
2. Pada penelitian selanjutnya sebaiknya menggunakan perangkat komputer dengan spesifikasi tinggi dan *software original* untuk mempercepat proses *running* analisis pada *SAP2000* dan memperkecil kemungkinan terjadinya kegagalan pada saat proses *running* analisis.
3. Perlu penelitian lebih lanjut mengenai pengaruh penggunaan profil beton bertulang dan mutu beton yang berbeda untuk mendapatkan profil beton dan mutu yang lebih efisien.

DAFTAR PUSTAKA

- Aribisma, F., Raka, I. G. P., & Tavio. (2015). Evaluasi Gedung MNC Tower Menggunakan SNI 03-1726-2012 dengan Metode Pushover Analysis. *Jurnal Teknik ITS*, 4(1).
- ASCE 7: Minimum Design Loads for Buildings and Other Structures (2013).
- BMKG Wilayah III. (2023). *Pengetahuan Gempa Bumi*. <https://Bbmk3.Bmkg.Go.Id/Tentang-Gempa>.
- Fadillah, T. (2023). *ANALISIS PERBANDINGAN RESPON SEISMIK ANTARA SISTEM RANGKA PEMIKUL MOMEN BIASA DAN MENENGAH PADA GEDUNG SIMETRIS DUA ARAH (SEISMIC RESPON COMPARISON ANALYSIS BETWEEN ORDINARY AND INTERMEDIATE MOMENT RESISTING FRAME SYSTEMS IN TWO-WAY SYMMETRICAL BUILDING)* [Undergraduate thesis]. Universitas Islam Indonesia.
- Handoyo, I. N., Afifuddin, M., & Putra, R. (2019). Evaluasi Kinerja Gedung 20 Lantai dengan Variasi Dinding Geser Berdasarkan Analisis Time History Gempa. *Journal of The Civil Engineering Student*, 1(3), 23111.
- Irfan, M., & Setiawan, A. A. (2023). EVALUASI KINERJA GEDUNG A UNIVERSITAS PEMBANGUNAN JAYA DENGAN PUSHOVER ANALYSIS BERDASARKAN FEMA 356. *Jurnal Riset Rekayasa Sipil*, 7(1).
- Kadarusman, R. A., SMD, A., & Wibowo, A. (2012). KAJIAN ANALISIS PUSHOVER UNTUK PERFORMANCE BASED DESIGN PADA GEDUNG A RUMAH SAKIT UMUM DAERAH (RSUD) KERTOSONO (Study of Pushover Analysis for Performance Based Design on Kertosono Regional Public Hospital Building A). *Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Brawijaya*.
- Muntafi, Y. (2012). EVALUASI KINERJA BANGUNAN GEDUNG DPU WILAYAH KABUPATEN WONOGIRI DENGAN ANALISIS PUSHOVER. *Simposium Nasional RAPI XI FT UMS 2012*.

- Nugraha, H. (2021). *PERFORMANCE EVALUATION OF APSLC UGM BUILDING WITH PUSHOVER ANALYSIS METHOD IN ACCORDANCE WITH SNI-1726-2019 REGULATION* [Undergraduate thesis]. Universitas Islam Indonesia.
- Pawirodikromo, W. (2012). *Seismologi Teknik dan Rekayasa Kegempaan* (W. Pawirodikromo, Ed.). Pustaka Pelajar.
- Pawirodikromo, W. (2017). *Analisis Dinamik Struktur* (W. Pawirodikromo, Ed.). Pustaka Pelajar.
- Pratama, F., Budi, A. S., & Wibowo. (2014). EVALUASI KINERJA STRUKTUR GEDUNG 10 LANTAI DENGAN ANALISIS TIME HISTORY PADA TINJAUAN DRIFT DAN DISPLACEMENT MENGGUNAKAN SOFTWARE ETABS. *E-Jurnal Matriks Teknik Sipil*, 377.
- Purnama Putra, M., Isneini, M., & Noorhidana, V. A. (2021). Evaluasi Kinerja Struktur Gedung Bertingkat dengan Metode Analisis Time History (Studi Kasus: Apartemen Kingland Avenue Serpong). *JRSDD*, 9(1), 167–176.
- Seismic Evaluation and Retrofit of Concrete Buildings Volume, 2-Appendices (1996).
- Seismic Evaluation and Retrofit of Concrete Buildings Volume 1 (1996).
- Shulhan, M. A., Julianto, E., Langga, D., Galuh, C., & Yanuar Adipradana, A. (2021). Analisis Kinerja Struktur Gedung Sekolah 4 Lantai Dengan Metode Push Over. *Fakultas Teknik Universitas Tidar*.
- SNI 1726: Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa Struktur Bangunan Gedung Dan Nongedung, Pub. L. No. 1726, SNI (2019).
- SNI 1726: Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa Struktur Bangunan Gedung Dan Nongedung, Pub. L. No. 1726, SNI (2019).
- SNI 1727: Beban Desain Minimum Dan Kriteria Terkait Untuk Bangunan Gedung Dan Struktur Lain, SNI 1727 (2020).
- SNI 2052: Baja Tulangan Beton, Pub. L. No. 2052, SNI (2017). www.bsn.go.id
- SNI 2847: Persyaratan Beton Struktural Untuk Bangunan Gedung Dan Penjelasan, Pub. L. No. 2847, SNI 2847 (2019). www.bsn.go.id

- Sutoko, R. A. R. (2023). *EVALUASI STRUKTUR GEDUNG BERTINGKAT BANYAK AKIBAT ALIH FUNGSI DENGAN ANALISIS PUSHOVER (STRUCTURE EVALUATION OF MULTI-STORY BUILDING WITH PUSHOVER ANALYSIS DUE TO FUNCTION CHANGING)* [Undergraduate thesis]. Universitas Islam Indonesia.
- Syahira, M. S. (2023). *EVALUASI KINERJA STRUKTUR ATAS PADA DESAIN GEDUNG PERKANTORAN MENGGUNAKAN ANALISIS PUSHOVER BERDASARKAN ATC-40 (PERFORMANCE EVALUATION OF AN UPPER STRUCTURE OF OFFICE BUILDING DESIGN USING PUSHOVER ANALYSIS BASED ON ATC-40)* [Undergraduate thesis]. Universitas Islam Indonesia.
- Tavio, & Wijaya, U. (2018). *Desain Rekayasa Gempa Berbasis Kinerja (Performance Based Design)* (Tavio & U. Wijaya, Eds.; 2nd ed.). Penerbit ANDI Yogyakarta.
- Wibawa, I. M. S., Tubuh, I. ketut D. K., & Prawira, P. P. L. A. (2021). ANALISIS KINERJA STRUKTUR GEDUNG DENGAN ANALISIS PUSHOVERPADA PROYEK GEDUNG REKTORAT UNIVERSITAS MAHASARASWATI DENPASAR. *Jurnal Ilmiah Kurva Teknik*, 10(2). <https://e-journal.unmas.ac.id/index.php/jikt>

LAMPIRAN

Tabel Lampiran 1 Perhitungan Berat Balok

No	Jenis Elemen	Dimensi			Volume (m ³)	Jumlah	BJ (Kg/m ³)	Berat Total (Kg)
		L	B	H				
		<i>a</i>	<i>b</i>	<i>c</i>	<i>a×b×c</i>	<i>e</i>	<i>f</i>	<i>d×e×f</i>
Lantai 2								
1	B8	5	0,3	0,5	0,75	8	2400	14400
2	B9	5	0,3	0,5	0,75	6	2400	10800
	B9	3,641	0,3	0,5	0,546	2	2400	2621,52
3	B10	5	0,3	0,5	0,75	18	2400	32400
4	B11	10	0,55	0,85	4,675	6	2400	67320
5	B12	5	0,3	0,6	0,9	3	2400	6480
6	B13	5	0,3	0,5	0,75	4	2400	7200
7	B14	10	0,55	0,85	4,675	3	2400	33660
8	B18	1	0,3	0,5	0,15	2	2400	720
	B18	2	0,3	0,5	0,3	2	2400	1440
	B18	5	0,3	0,5	0,75	8	2400	14400
9	B19A	5	0,3	0,6	0,9	3	2400	6480
10	B20A	10	0,4	0,8	3,2	6	2400	46080
TOTAL								244001,52
Lantai 3								
1	B8	5	0,3	0,5	0,75	8	2400	14400
2	B9	3,641	0,3	0,5	0,546	2	2400	2621,52
		<i>a</i>	<i>b</i>	<i>c</i>	<i>a×b×c</i>	<i>e</i>	<i>f</i>	<i>d×e×f</i>
		5	0,3	0,5	0,75	6	2400	10800
3	B10	5	0,3	0,5	0,75	22	2400	39600
4	B11	10	0,55	0,85	4,675	6	2400	67320
5	B12	5	0,3	0,6	0,9	3	2400	6480
6	B13	5	0,3	0,5	0,75	4	2400	7200
7	B14	10	0,55	0,85	4,675	3	2400	33660
8	B18	1	0,3	0,5	0,15	2	2400	720

Lanjutan Tabel Lampiran Perhitungan Berat Balok

No	Jenis Elemen	Dimensi			Volume (m ³)	Jumlah	BJ (Kg/m ³)	Berat Total (Kg)
		L	B	H				
		2	0,3	0,5	0,3	2	2400	1440
		5	0,3	0,5	0,75	8	2400	14400
9	B20A	10	0,4	0,8	3,2	6	2400	46080
TOTAL								244721.52
Lantai 4								
1	B8	5	0,3	0,5	0,75	8	2400	14400
2	B9	3,641	0,3	0,5	0,546	2	2400	2621,52
		5	0,3	0,5	0,75	6	2400	10800
3	B10	5	0,3	0,5	0,75	22	2400	39600
4	B11	10	0,55	0,85	4,675	6	2400	67320
5	B12	5	0,3	0,6	0,9	3	2400	6480
6	B13	5	0,3	0,5	0,75	4	2400	7200
7	B14	10	0,55	0,85	4,675	3	2400	33660
8	B18	1	0,3	0,5	0,15	2	2400	720
		2	0,3	0,5	0,3	2	2400	1440
		5	0,3	0,5	0,75	8	2400	14400
9	B20A	10	0,4	0,8	3,2	6	2400	46080
TOTAL								244721,52
		<i>a</i>	<i>b</i>	<i>c</i>	<i>a×b×c</i>	<i>e</i>	<i>f</i>	<i>d×e×f</i>
1	B8	5	0,3	0,5	0,75	8	2400	14400
2	B9	3,641	0,3	0,5	0,546	2	2400	2621,52
		5	0,3	0,5	0,75	6	2400	10800
3	B10	5	0,3	0,5	0,75	22	2400	39600
4	B11	10	0,55	0,85	4,675	6	2400	67320
5	B12	5	0,3	0,6	0,9	3	2400	6480

Lanjutan Tabel Lampiran Perhitungan Berat Balok

Lantai 5								
No	Jenis Elemen	Dimensi			Volum e (m ³)	Jumla h	BJ (Kg/m ³)	Berat Total (Kg)
		L	B	H				
6	B13	5	0,3	0,5	0,75	4	2400	7200
7	B14	10	0,55	0,85	4,675	3	2400	33660
8	B18	1	0,3	0,5	0,15	2	2400	720
		2	0,3	0,5	0,3	2	2400	1440
		5	0,3	0,5	0,75	8	2400	14400
9	B20A	10	0,4	0,8	3,2	6	2400	46080
TOTAL								244721,52
Lantai 6								
1	B8A	5	0,3	0,5	0,75	8	2400	14400
2	B9A	3,641	0,3	0,5	0,546	2	2400	2621,52
		5	0,3	0,5	0,75	6	2400	10800
3	B10A	1	0,3	0,5	0,15	20	2400	7200
		2	0,3	0,5	0,3	2	2400	1440
		5	0,3	0,5	0,75	5	2400	9000
4	B11A	10	0,55	0,85	4,675	8	2400	89760
5	B12A	5	0,3	0,5	0,75	3	2400	5400
6	B13A	5	0,3	0,5	0,75	4	2400	7200
7	B14A	10	0,3	0,5	1,5	1	2400	3600
		<i>a</i>	<i>b</i>	<i>c</i>	<i>a×b×c</i>	<i>e</i>	<i>f</i>	<i>d×e×f</i>
8	B20A	10	0,4	0,8	3,2	8	2400	61440
TOTAL								212861,52
Atap								
1	B21	5	0,2	0,4	0,4	4	2400	3840
TOTAL								3840

Tabel Lampiran Perhitungan Berat Kolom

No	Jenis Elemen	Dimensi			Volume (m ³)	Jumlah	BJ (Kg/m ³)	Berat Total (Kg)
		L	B	H				
		<i>a</i>	<i>b</i>	<i>c</i>	<i>a×b×c</i>	<i>e</i>	<i>f</i>	<i>d×e×f</i>
Lantai 1								
1	K1	0,6	0,9	4,5	2,43	14	2400	81648
2	K2	0,7	0,7	4,5	2,205	6	2400	31752
		<i>a</i>	<i>b</i>	<i>c</i>	<i>a×b×c</i>	<i>e</i>	<i>f</i>	<i>d×e×f</i>
3	K3	0,5	0,5	4,5	1,125	2	2400	5400
4	K10	0,7	0,7	4,5	2,205	4	2400	21168
TOTAL								139968
Lantai 2								
1	K1	0,6	0,9	4	2,43	14	2400	72576
2	K2	0,7	0,7	4	2,205	6	2400	28224
3	K3	0,5	0,5	4	1,125	2	2400	4800
4	K10	0,7	0,7	4	2,205	4	2400	18816
TOTAL								124416
Lantai 3								
1	K1	0,6	0,9	4	2,43	14	2400	72576
2	K2	0,7	0,7	4	2,205	6	2400	28224
3	K3	0,5	0,5	4	1,125	2	2400	4800
4	K10	0,7	0,7	4	2,205	4	2400	18816
TOTAL								124416
Lantai 4								
1	K1	0,6	0,9	4	2,43	14	2400	72576
2	K2	0,7	0,7	4	2,205	6	2400	28224
3	K3	0,5	0,5	4	1,125	2	2400	4800
4	K10	0,7	0,7	4	2,205	4	2400	18816
TOTAL								124416
Lantai 5								
1	K1	0,6	0,9	4	2,43	14	2400	72576
2	K2	0,7	0,7	4	2,205	6	2400	28224
3	K3	0,5	0,5	4	1,125	2	2400	4800
4	K10	0,7	0,7	4	2,205	4	2400	18816
TOTAL								124416

Lanjutan Lampiran Perhitungan Berat Kolom

No	Jenis Elemen	Dimensi			Volume (m ³)	Jumlah	BJ (Kg/m ³)	Berat Total (Kg)
		L	B	H				
Lantai 6								
1	K1	0,6	0,9	4	2,43	14	2400	72576
2	K2	0,7	0,7	4	2,205	6	2400	28224
3	K3	0,5	0,5	4	1,125	2	2400	4800
4	K10	0,7	0,7	4	2,205	4	2400	18816
TOTAL								124416
Atap								
1	K14	0,3	0,3	2,65	0,238	4	2400	2289,6
TOTAL								2289,6

Tabel Lampiran Perhitungan Berat Pelat

No	Jenis Elemen	Dimensi			Volume (m ³)	Jumlah	BJ (Kg/m ³)	Berat Total (Kg)
		L	B	H				
		<i>a</i>	<i>b</i>	<i>c</i>	<i>a×b×c</i>	<i>e</i>	<i>f</i>	<i>d×e×f</i>
Lantai 2								
1	S1	5	5	0,15	3,75	22	2400	1989000
2	S2	5	5	0,12	3	1	2400	7200
3		2	5	0,12	1,2	1	2400	2880
TOTAL								208080
Lantai 3								
1	S1	5	5	0,15	3,75	22	2400	1989000
2	S2	5	5	0,12	3	1	2400	7200
3		2	5	0,12	1,2	1	2400	2880
TOTAL								208080
Lantai 4								
1	S1	5	5	0,15	3,75	22	2400	1989000
2	S2	5	5	0,12	3	1	2400	7200
3		2	5	0,12	1,2	1	2400	2880
TOTAL								208080
Lantai 5								
1	S1	5	5	0,15	3,75	22	2400	1989000
2	S2	5	5	0,12	3	1	2400	7200
3		2	5	0,12	1,2	1	2400	2880
TOTAL								208080
Lantai 6								
1	S1	5	5	0,15	3,75	22	2400	1989000
2	S2	5	5	0,12	3	1	2400	7200
3		2	5	0,12	1,2	1	2400	2880
TOTAL								208080

Lanjutan Lampiran Perhitungan Berat Pelat

No	Jenis Elemen	Dimensi			Volume (m ³)	Jumlah	BJ (Kg/m ³)	Berat Total (Kg)
		L	B	H				
		<i>a</i>	<i>b</i>	<i>c</i>	<i>a×b×c</i>	<i>e</i>	<i>f</i>	<i>d×e×f</i>
Atap								
1	S2	5	5	0,12	3	1	2400	7200
TOTAL								7200

Tabel 5. 8 Hasil Perhitungan Respon Spektrum

T (detik)	S_a (g)
0,000	0,2565
0,157	0,6413
0,783	0,6413
1,000	0,5022
1,100	0,4565
1,200	0,4185
1,300	0,3863
1,400	0,3587
1,500	0,3348
1,600	0,3138
1,700	0,2954
1,800	0,2790
1,900	0,2643
2,000	0,2511
2,100	0,2391
2,200	0,2283
2,300	0,2183
2,400	0,2092
2,500	0,2009
2,600	0,1931
2,700	0,1860
2,800	0,1793
2,900	0,1732
3,000	0,1674
3,100	0,1620
3,200	0,1569
3,300	0,1522
3,400	0,1477
3,500	0,1435
3,600	0,1395
3,700	0,1357
3,800	0,1321
3,900	0,1288
4,000	0,1255
4,100	0,1225
4,200	0,1196
4,300	0,1168

Lanjutan Tabel Lampiran Hasil Perhitungan Respon Spektrum

T (detik)	S_a (g)
4,400	0,1141
4,500	0,1116
4,600	0,1092
4,700	0,1068
4,800	0,1046
4,900	0,1025
5,000	0,1004
5,100	0,0985
5,200	0,0966
5,300	0,0947
5,400	0,0930
5,500	0,0913
5,600	0,0897
5,700	0,0881
5,800	0,0866
5,900	0,0851
6,000	0,0837
6,100	0,0823
6,200	0,0810
6,300	0,0797
6,400	0,0785
6,500	0,0773
6,600	0,0761
6,700	0,0749
6,800	0,0738
6,900	0,0728
7,000	0,0717
7,100	0,0707
7,200	0,0697
7,300	0,0688
7,400	0,0679
7,500	0,0670
7,600	0,0661
7,700	0,0652
7,800	0,0644
7,900	0,0636
8,000	0,0628

Lanjutan Tabel Lampiran Hasil Perhitungan Respon Spektrum

T (detik)	S_a (g)
8,100	0,0620
8,200	0,0612
8,300	0,0605
8,400	0,0598
8,500	0,0591
8,600	0,0584
8,700	0,0577
8,800	0,0571
8,900	0,0564
9,000	0,0558
9,100	0,0552
9,200	0,0546
9,300	0,0540
9,400	0,0534
9,500	0,0529
9,600	0,0523
9,700	0,0518
9,800	0,0512
9,900	0,0507
10,000	0,0502
10,100	0,0497
10,200	0,0492
10,300	0,0488
10,400	0,0483
10,500	0,0478
10,600	0,0474
10,700	0,0469
10,800	0,0465
10,900	0,0461
11,000	0,0457
11,100	0,0452
11,200	0,0448
11,300	0,0444
11,400	0,0440
11,500	0,0437
11,600	0,0433
11,700	0,0429

Lanjutan Tabel Lampiran Hasil Perhitungan Respon Spektrum

T (detik)	S_a (g)
11,800	0,0426
11,900	0,0422
12,000	0,0418
12,100	0,0415
12,200	0,0412
12,300	0,0408
12,400	0,0405
12,500	0,0402
12,600	0,0399
12,700	0,0395
12,800	0,0392
12,900	0,0389
13,000	0,0386
13,100	0,0383
13,200	0,0380
13,300	0,0378
13,400	0,0375
13,500	0,0372
13,600	0,0369
13,700	0,0367
13,800	0,0364
13,900	0,0361
14,000	0,0359
14,100	0,0356
14,200	0,0354
14,300	0,0351
14,400	0,0349
14,500	0,0346
14,600	0,0344
14,700	0,0342
14,800	0,0339
14,900	0,0337
15,000	0,0335
15,100	0,0333
15,200	0,0330
15,300	0,0328
15,400	0,0326

Lanjutan Tabel Lampiran Hasil Perhitungan Respon Spektrum

T (detik)	S_a (g)
15,500	0,0324
15,600	0,0322
15,700	0,0320
15,800	0,0318
15,900	0,0316
16,000	0,0314
16,100	0,0312
16,200	0,0310
16,300	0,0308
16,400	0,0306
16,500	0,0304
16,600	0,0303
16,700	0,0301
16,800	0,0299
16,900	0,0297
17,000	0,0295
17,100	0,0294
17,200	0,0292
17,300	0,0290
17,400	0,0289
17,500	0,0287
17,600	0,0285
17,700	0,0284
17,800	0,0282
17,900	0,0281
18,000	0,0279
18,100	0,0277
18,200	0,0276
18,300	0,0274
18,400	0,0273
18,500	0,0271
18,600	0,0270
18,700	0,0269
18,800	0,0267
18,900	0,0266
19,000	0,0264
19,100	0,0263

Lanjutan Tabel Lampiran Hasil Perhitungan Respon Spektrum

T (detik)	S_a (g)
19,200	0,0262
19,300	0,0260
19,400	0,0259
19,500	0,0258
19,600	0,0256
19,700	0,0255
19,800	0,0254
19,900	0,0252
20,000	0,0251

Tabel Lampiran 2 Data Kurva Kapasitas PUSHOVER – X

Step	Displacement (m)	Base Force (kN)	Perubahan Level Kerusakan								TOTAL
			A-B	B-IO	IO-LS	LS-CP	CP-C	C-D	D-E	>E	
0	-0,00211	0	1321	1	0	0	0	0	0	0	1322
1	0,007957	1299,451	1320	2	0	0	0	0	0	0	1322
2	0,0413	4197,607	1118	204	0	0	0	0	0	0	1322
3	0,055634	4907,332	1075	247	0	0	0	0	0	0	1322
4	0,055635	4907,194	1075	247	0	0	0	0	0	0	1322
5	0,056767	4954,232	1072	250	0	0	0	0	0	0	1322
6	0,056769	4954,441	1072	250	0	0	0	0	0	0	1322
7	0,056769	4954,359	1072	250	0	0	0	0	0	0	1322
8	0,113044	6607,247	995	303	24	0	0	0	0	0	1322
9	0,136844	7227,379	961	321	40	0	0	0	0	0	1322
10	0,136847	7227,655	961	321	40	0	0	0	0	0	1322
11	0,136847	7227,656	961	321	40	0	0	0	0	0	1322
12	0,136918	7231,045	961	321	40	0	0	0	0	0	1322
13	0,136918	7231,055	961	321	40	0	0	0	0	0	1322
14	0,137112	7238,209	961	321	40	0	0	0	0	0	1322
15	0,137113	7238,218	961	321	40	0	0	0	0	0	1322
16	0,137113	7238,232	961	321	40	0	0	0	0	0	1322
17	0,137114	7238,249	961	321	40	0	0	0	0	0	1322
18	0,137114	7238,264	961	321	40	0	0	0	0	0	1322
19	0,137115	7238,281	961	321	40	0	0	0	0	0	1322
20	0,137115	7238,295	961	321	40	0	0	0	0	0	1322
21	0,137116	7238,304	961	321	40	0	0	0	0	0	1322
22	0,137116	7238,318	961	321	40	0	0	0	0	0	1322
23	0,137117	7238,335	961	321	40	0	0	0	0	0	1322
24	0,137117	7238,349	961	321	40	0	0	0	0	0	1322
25	0,137118	7238,366	961	321	40	0	0	0	0	0	1322
26	0,137118	7238,381	961	321	40	0	0	0	0	0	1322
27	0,137119	7238,398	961	321	40	0	0	0	0	0	1322
28	0,137119	7238,412	961	321	40	0	0	0	0	0	1322
29	0,13712	7238,429	961	321	40	0	0	0	0	0	1322
30	0,13712	7238,444	961	321	40	0	0	0	0	0	1322
31	0,137121	7238,461	961	321	40	0	0	0	0	0	1322
32	0,137121	7238,475	961	321	40	0	0	0	0	0	1322
33	0,137122	7238,484	961	321	40	0	0	0	0	0	1322
34	0,137122	7238,497	961	321	40	0	0	0	0	0	1322

Lanjutan Tabel Lampiran Data Kurva Kapasitas *PUSHOVER* – X

Step	Displacement (m)	Base Force (kN)	Perubahan Level Kerusakan								TOTAL
			A-B	B-IO	IO-LS	LS-CP	CP-C	C-D	D-E	>E	
35	0,137123	7238,514	961	321	40	0	0	0	0	0	1322
36	0,137123	7238,528	961	321	40	0	0	0	0	0	1322
37	0,137124	7238,545	961	321	40	0	0	0	0	0	1322
38	0,137124	7238,56	961	321	40	0	0	0	0	0	1322
39	0,137125	7238,577	961	321	40	0	0	0	0	0	1322
40	0,137126	7238,591	961	321	40	0	0	0	0	0	1322
41	0,137126	7238,608	961	321	40	0	0	0	0	0	1322
42	0,137127	7238,622	961	321	40	0	0	0	0	0	1322
43	0,137127	7238,64	961	321	40	0	0	0	0	0	1322
44	0,137128	7238,654	961	321	40	0	0	0	0	0	1322
45	0,137129	7238,671	961	321	40	0	0	0	0	0	1322
46	0,137129	7238,685	961	321	40	0	0	0	0	0	1322
47	0,13713	7238,702	961	321	40	0	0	0	0	0	1322
48	0,13713	7238,717	961	321	40	0	0	0	0	0	1322
49	0,137131	7238,734	961	321	40	0	0	0	0	0	1322
50	0,137131	7238,748	961	321	40	0	0	0	0	0	1322
51	0,137132	7238,765	961	321	40	0	0	0	0	0	1322
52	0,137132	7238,779	961	321	40	0	0	0	0	0	1322
53	0,137133	7238,797	961	321	40	0	0	0	0	0	1322
54	0,137133	7238,811	961	321	40	0	0	0	0	0	1322
55	0,137134	7238,828	961	321	40	0	0	0	0	0	1322
56	0,137135	7238,842	961	321	40	0	0	0	0	0	1322
57	0,137135	7238,859	961	321	40	0	0	0	0	0	1322
58	0,137136	7238,874	961	321	40	0	0	0	0	0	1322
59	0,137136	7238,891	961	321	40	0	0	0	0	0	1322
60	0,137137	7238,905	961	321	40	0	0	0	0	0	1322
61	0,137137	7238,922	961	321	40	0	0	0	0	0	1322
62	0,137138	7238,936	961	321	40	0	0	0	0	0	1322
63	0,137139	7238,954	961	321	40	0	0	0	0	0	1322
64	0,137139	7238,968	961	321	40	0	0	0	0	0	1322
65	0,13714	7238,985	961	321	40	0	0	0	0	0	1322
66	0,13714	7238,999	961	321	40	0	0	0	0	0	1322
67	0,137141	7239,016	961	321	40	0	0	0	0	0	1322
68	0,137141	7239,031	961	321	40	0	0	0	0	0	1322
69	0,137142	7239,048	961	321	40	0	0	0	0	0	1322

Lanjutan Tabel Lampiran Data Kurva Kapasitas *PUSHOVER* – X

Step	Displacement (m)	Base Force (kN)	Perubahan Level Kerusakan								TOTAL
			A-B	B-IO	IO-LS	LS-CP	CP-C	C-D	D-E	>E	
70	0,137142	7239,062	961	321	40	0	0	0	0	0	1322
71	0,137143	7239,079	961	321	40	0	0	0	0	0	1322
72	0,137143	7239,093	961	321	40	0	0	0	0	0	1322
73	0,137144	7239,111	961	321	40	0	0	0	0	0	1322
74	0,137145	7239,125	961	321	40	0	0	0	0	0	1322
75	0,137145	7239,142	961	321	40	0	0	0	0	0	1322
76	0,137146	7239,156	961	321	40	0	0	0	0	0	1322
77	0,137146	7239,173	961	321	40	0	0	0	0	0	1322
78	0,137147	7239,188	961	321	40	0	0	0	0	0	1322
79	0,137148	7239,205	961	321	40	0	0	0	0	0	1322
80	0,137148	7239,219	961	321	40	0	0	0	0	0	1322
81	0,137149	7239,236	961	321	40	0	0	0	0	0	1322
82	0,137149	7239,25	961	321	40	0	0	0	0	0	1322
83	0,13715	7239,268	961	321	40	0	0	0	0	0	1322
84	0,13715	7239,282	961	321	40	0	0	0	0	0	1322
85	0,137151	7239,299	961	321	40	0	0	0	0	0	1322
86	0,137151	7239,313	961	321	40	0	0	0	0	0	1322
87	0,137152	7239,33	961	321	40	0	0	0	0	0	1322
88	0,137152	7239,344	961	321	40	0	0	0	0	0	1322
89	0,137154	7239,37	961	321	40	0	0	0	0	0	1322
90	0,137154	7239,385	961	321	40	0	0	0	0	0	1322
91	0,137155	7239,411	961	321	40	0	0	0	0	0	1322
92	0,166758	7903,182	909	356	57	0	0	0	0	0	1322

Tabel Lampiran 3 Data Kurva Kapasitas PUSHOVER – Y

Step	Displacement (m)	Base Force (kN)	Perubahan Level Kerusakan							TOTAL	
			A-B	B-IO	IO-LS	LS-CP	CP-C	C-D	D-E		>E
0	0,000163	0	1321	1	0	0	0	0	0	0	1322
1	0,001845	308,673	1319	3	0	0	0	0	0	0	1322
2	0,056222	6865,54	1130	192	0	0	0	0	0	0	1322
3	0,105608	10058,88	1037	280	5	0	0	0	0	0	1322
4	0,105805	10078,62	1037	280	5	0	0	0	0	0	1322
5	0,135822	11616,83	1009	303	10	0	0	0	0	0	1322
6	0,135822	11616,85	1009	303	10	0	0	0	0	0	1322
7	0,135823	11616,94	1009	303	10	0	0	0	0	0	1322
8	0,156311	12609,65	992	308	21	0	0	1	0	0	1322
9	0,156311	12609,67	992	308	21	0	0	1	0	0	1322
10	0,156316	12582,98	991	309	21	0	0	0	1	0	1322
11	0,157189	12626,07	991	309	21	0	0	0	1	0	1322
12	0,157189	12626,08	991	309	21	0	0	0	1	0	1322
13	0,157299	12636,86	991	308	22	0	0	0	1	0	1322
14	0,178922	13647,59	975	299	46	0	0	1	1	0	1322
15	0,178922	13615,55	972	301	47	0	0	0	2	0	1322
16	0,178928	13616,05	972	301	47	0	0	0	2	0	1322
17	0,180617	13698,09	972	299	49	0	0	0	2	0	1322
18	0,180618	13698,2	972	299	49	0	0	0	2	0	1322
19	0,202524	14705	957	283	79	0	0	1	2	0	1322
20	0,20253	14674,94	957	283	79	0	0	0	3	0	1322
21	0,20253	14674,95	957	283	79	0	0	0	3	0	1322
22	0,202679	14690,72	957	283	79	0	0	0	3	0	1322
23	0,214467	15232,29	949	281	88	0	0	1	3	0	1322
24	0,215103	15232,29	949	281	88	0	0	1	3	0	1322

Tabel Lampiran 4 Data Demand Spectrum Pushover - X

Step	Teff	Beff	SdCapacity	SaCapacity	SdDemand	SaDemand	Alpha	PFPhi
	S		m		m			
0	0.965128	0.05	0	0	0.017135	0.074055	1	1
1	0.965128	0.05	0.008867	0.038322	0.017135	0.074055	0.832446	1.135129
2	1.158346	0.069577	0.041938	0.125826	0.024162	0.072494	0.818974	1.035053
3	1.275719	0.094356	0.058433	0.144539	0.027334	0.067613	0.833491	0.988195
4	1.275741	0.094364	0.058433	0.144534	0.027334	0.067611	0.833493	0.988198
5	1.283611	0.095641	0.059654	0.145752	0.027597	0.067428	0.83445	0.986944
6	1.283599	0.095634	0.059656	0.145758	0.027598	0.06743	0.83445	0.986948
7	1.283623	0.095642	0.059657	0.145756	0.027598	0.067428	0.834451	0.98694
8	1.534126	0.118313	0.109624	0.18751	0.038767	0.06631	0.86504	1.050428
9	1.605943	0.119699	0.130548	0.203774	0.043072	0.067232	0.870706	1.06438
10	1.605925	0.119691	0.13055	0.203782	0.043072	0.067234	0.870705	1.064381
11	1.605926	0.119691	0.13055	0.203782	0.043072	0.067234	0.870705	1.064381
12	1.605991	0.119635	0.130623	0.203879	0.043086	0.06725	0.870696	1.064329
13	1.605992	0.119635	0.130624	0.20388	0.043086	0.06725	0.870696	1.064328
14	1.60642	0.119575	0.13082	0.204078	0.043125	0.067274	0.870713	1.064215
15	1.606421	0.119575	0.13082	0.204078	0.043125	0.067274	0.870713	1.064215
16	1.606422	0.119575	0.130821	0.204078	0.043125	0.067274	0.870713	1.064215
17	1.606424	0.119575	0.130821	0.204079	0.043125	0.067274	0.870713	1.064215
18	1.606425	0.119575	0.130822	0.204079	0.043125	0.067274	0.870713	1.064215

Lanjutan Tabel Lampiran 4 Data *Demand Spectrum Pushover - X*

Step	Teff	Beff	SdCapacity	SaCapacity	SdDemand	SaDemand	Alpha	PFPhi
	S		m		m			
19	1,606427	0,119575	0,130822	0,20408	0,043125	0,067274	0,870713	1,064215
20	1,606427	0,119575	0,130823	0,20408	0,043125	0,067274	0,870713	1,064215
21	1,606429	0,119575	0,130823	0,20408	0,043125	0,067274	0,870713	1,064215
22	1,606429	0,119575	0,130824	0,204081	0,043125	0,067274	0,870713	1,064215
23	1,606432	0,119575	0,130824	0,204081	0,043126	0,067274	0,870714	1,064215
24	1,606432	0,119575	0,130825	0,204081	0,043126	0,067274	0,870714	1,064215
25	1,606435	0,119575	0,130825	0,204082	0,043126	0,067274	0,870714	1,064216
26	1,606435	0,119575	0,130826	0,204082	0,043126	0,067275	0,870714	1,064216
27	1,606437	0,119575	0,130826	0,204083	0,043126	0,067275	0,870714	1,064216
28	1,606438	0,119575	0,130827	0,204083	0,043126	0,067275	0,870714	1,064216
29	1,60644	0,119575	0,130827	0,204084	0,043126	0,067275	0,870714	1,064216
30	1,606441	0,119575	0,130828	0,204084	0,043126	0,067275	0,870714	1,064216
31	1,606443	0,119575	0,130828	0,204084	0,043126	0,067275	0,870714	1,064216
32	1,606444	0,119575	0,130829	0,204085	0,043126	0,067275	0,870714	1,064217
33	1,606445	0,119575	0,130829	0,204085	0,043127	0,067275	0,870715	1,064217
34	1,606446	0,119575	0,130829	0,204085	0,043127	0,067275	0,870715	1,064217
35	1,606448	0,119575	0,13083	0,204086	0,043127	0,067275	0,870715	1,064217
36	1,606448	0,119574	0,13083	0,204086	0,043127	0,067275	0,870715	1,064217
37	1,606451	0,119575	0,130831	0,204087	0,043127	0,067275	0,870715	1,064217

Lanjutan Tabel Lampiran 4 Data *Demand Spectrum Pushover - X*

Step	Teff	Beff	SdCapacity	SaCapacity	SdDemand	SaDemand	Alpha	PFPhi
	S		m		m			
38	1,60645 1	0,11957 4	0,13083 1	0,20408 7	0,04312 7	0,06727 5	0,87071 5	1,06421 7
39	1,60645 4	0,11957 5	0,13083 2	0,20408 7	0,04312 7	0,06727 5	0,87071 5	1,06421 8
40	1,60645 4	0,11957 4	0,13083 2	0,20408 8	0,04312 7	0,06727 5	0,87071 5	1,06421 8
41	1,60645 7	0,11957 4	0,13083 3	0,20408 8	0,04312 7	0,06727 5	0,87071 6	1,06421 8
42	1,60645 7	0,11957 4	0,13083 3	0,20408 9	0,04312 7	0,06727 5	0,87071 6	1,06421 8
43	1,60646	0,11957 4	0,13083 4	0,20408 9	0,04312 8	0,06727 5	0,87071 6	1,06421 8
44	1,60646	0,11957 4	0,13083 4	0,20408 9	0,04312 8	0,06727 5	0,87071 6	1,06421 9
45	1,60646 2	0,11957 4	0,13083 5	0,20409	0,04312 8	0,06727 5	0,87071 6	1,06421 9
46	1,60646 3	0,11957 4	0,13083 5	0,20409	0,04312 8	0,06727 5	0,87071 6	1,06421 9
47	1,60646 5	0,11957 4	0,13083 6	0,20409 1	0,04312 8	0,06727 5	0,87071 6	1,06421 9
48	1,60646 6	0,11957 4	0,13083 6	0,20409 1	0,04312 8	0,06727 5	0,87071 6	1,06421 9
49	1,60646 8	0,11957 4	0,13083 7	0,20409 2	0,04312 8	0,06727 5	0,87071 6	1,06422
50	1,60646 9	0,11957 4	0,13083 7	0,20409 2	0,04312 8	0,06727 5	0,87071 7	1,06422
51	1,60647 1	0,11957 4	0,13083 8	0,20409 2	0,04312 8	0,06727 5	0,87071 7	1,06422
52	1,60647 2	0,11957 4	0,13083 8	0,20409 3	0,04312 8	0,06727 5	0,87071 7	1,06422
53	1,60647 4	0,11957 4	0,13083 9	0,20409 3	0,04312 9	0,06727 5	0,87071 7	1,06422
54	1,60647 5	0,11957 4	0,13083 9	0,20409 4	0,04312 9	0,06727 5	0,87071 7	1,06422 1
55	1,60647 7	0,11957 4	0,13084	0,20409 4	0,04312 9	0,06727 6	0,87071 7	1,06422 1
56	1,60647 8	0,11957 4	0,13084	0,20409 4	0,04312 9	0,06727 6	0,87071 7	1,06422 1

Lanjutan Tabel Lampiran 4 Data *Demand Spectrum Pushover - X*

Step	Teff	Beff	SdCapacity	SaCapacity	SdDemand	SaDemand	Alpha	PFPhi
	S		m		m			
57	1,60648	0,11957 4	0,13084 1	0,20409 5	0,04312 9	0,06727 6	0,87071 7	1,06422 1
58	1,60648	0,11957 4	0,13084 1	0,20409 5	0,04312 9	0,06727 6	0,87071 7	1,06422 1
59	1,60648 3	0,11957 4	0,13084 2	0,20409 6	0,04312 9	0,06727 6	0,87071 8	1,06422 2
60	1,60648 3	0,11957 4	0,13084 2	0,20409 6	0,04312 9	0,06727 6	0,87071 8	1,06422 2
61	1,60648 6	0,11957 4	0,13084 3	0,20409 7	0,04312 9	0,06727 6	0,87071 8	1,06422 2
62	1,60648 6	0,11957 4	0,13084 3	0,20409 7	0,04312 9	0,06727 6	0,87071 8	1,06422 2
63	1,60648 9	0,11957 4	0,13084 4	0,20409 7	0,04313	0,06727 6	0,87071 8	1,06422 2
64	1,60648 9	0,11957 4	0,13084 4	0,20409 8	0,04313	0,06727 6	0,87071 8	1,06422 3
65	1,60649 1	0,11957 4	0,13084 5	0,20409 8	0,04313	0,06727 6	0,87071 8	1,06422 3
66	1,60649 2	0,11957 4	0,13084 5	0,20409 9	0,04313	0,06727 6	0,87071 8	1,06422 3
67	1,60649 4	0,11957 4	0,13084 6	0,20409 9	0,04313	0,06727 6	0,87071 9	1,06422 3
68	1,60649 5	0,11957 4	0,13084 6	0,20409 9	0,04313	0,06727 6	0,87071 9	1,06422 3
69	1,60649 7	0,11957 4	0,13084 7	0,2041	0,04313	0,06727 6	0,87071 9	1,06422 4
70	1,60649 8	0,11957 4	0,13084 7	0,2041	0,04313	0,06727 6	0,87071 9	1,06422 4
71	1,6065	0,11957 4	0,13084 8	0,20410 1	0,04313	0,06727 6	0,87071 9	1,06422 4
72	1,60650 1	0,11957 3	0,13084 8	0,20410 1	0,04313	0,06727 6	0,87071 9	1,06422 4
73	1,60650 3	0,11957 4	0,13084 9	0,20410 2	0,04313 1	0,06727 6	0,87071 9	1,06422 4
74	1,60650 4	0,11957 3	0,13084 9	0,20410 2	0,04313 1	0,06727 6	0,87071 9	1,06422 5
75	1,60650 6	0,11957 3	0,13085	0,20410 2	0,04313 1	0,06727 6	0,87072	1,06422 5

Lanjutan Tabel Lampiran 4 Data *Demand Spectrum Pushover - X*

Step	Teff	Beff	SdCapacity	SaCapacity	SdDemand	SaDemand	Alpha	PFPhi
	S		m		m			
76	1,606507	0,119573	0,13085	0,204103	0,043131	0,067276	0,87072	1,064225
77	1,606509	0,119573	0,130851	0,204103	0,043131	0,067276	0,87072	1,064225
78	1,606509	0,119573	0,130851	0,204104	0,043131	0,067276	0,87072	1,064225
79	1,606512	0,119573	0,130852	0,204104	0,043131	0,067276	0,87072	1,064226
80	1,606512	0,119573	0,130852	0,204104	0,043131	0,067276	0,87072	1,064226
81	1,606515	0,119573	0,130853	0,204105	0,043131	0,067276	0,87072	1,064226
82	1,606515	0,119573	0,130853	0,204105	0,043131	0,067276	0,87072	1,064226
83	1,606518	0,119573	0,130854	0,204106	0,043132	0,067276	0,87072	1,064226
84	1,606518	0,119573	0,130854	0,204106	0,043132	0,067277	0,870721	1,064227
85	1,606521	0,119573	0,130855	0,204106	0,043132	0,067277	0,870721	1,064227
86	1,606521	0,119573	0,130855	0,204107	0,043132	0,067277	0,870721	1,064227
87	1,606523	0,119573	0,130856	0,204107	0,043132	0,067277	0,870721	1,064227
88	1,606524	0,119573	0,130856	0,204108	0,043132	0,067277	0,870721	1,064227
89	1,606527	0,119573	0,130857	0,204108	0,043132	0,067277	0,870721	1,064228
90	1,606528	0,119573	0,130858	0,204109	0,043132	0,067277	0,870721	1,064228
91	1,606531	0,119573	0,130859	0,204109	0,043132	0,067277	0,870722	1,064228
92	1,695474	0,122958	0,158009	0,221278	0,048492	0,067908	0,876805	1,068713

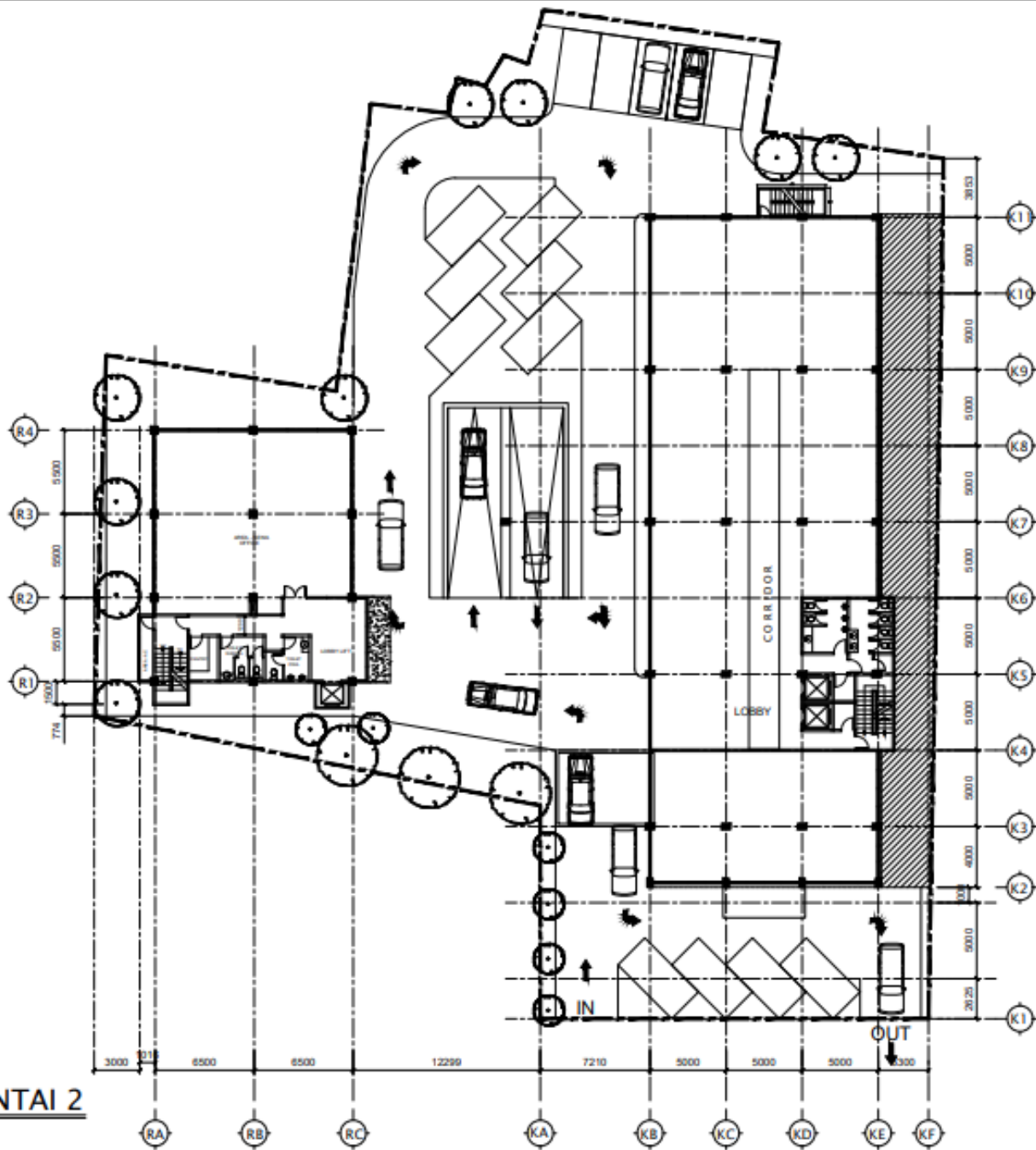
Tabel Lampiran 5 Data Demand Spectrum Pushover - Y

Step	Teff	Beff	SdCapacity	SaCapacity	SdDemand	SaDemand	Alpha	PFPhi
	S		m		m			
0	0,76498 6	0,05	0	0	0,00969 3	0,06667 8	1	1
1	0,76498 6	0,05	0,00126 8	0,00871 9	0,00969 3	0,06667 8	0,86906 8	1,32673 4
2	0,94025 3	0,05308 5	0,04411 6	0,20088 3	0,01574 3	0,07168 8	0,83901 7	1,27072
3	1,06699 6	0,08299 7	0,08367 4	0,29587 4	0,01859 5	0,06575 2	0,83460 8	1,26018 2
4	1,06696 2	0,08285 7	0,08383 2	0,29645	0,01860 4	0,06578 9	0,83461 9	1,26015 6
5	1,12389	0,09006 2	0,10761 9	0,34298 8	0,02047 4	0,06525 2	0,83147 3	1,26054 9
6	1,12388 9	0,09006 2	0,10761 9	0,34298 8	0,02047 4	0,06525 2	0,83147 3	1,26054 9
7	1,12388 9	0,09006 1	0,10761 9	0,34299 1	0,02047 4	0,06525 2	0,83147 3	1,26054 9
8	1,15496 8	0,09228 5	0,12368 6	0,37326 7	0,02167	0,06539 6	0,82932 2	1,26245 5
9	1,15496 7	0,09228 5	0,12368 6	0,37326 7	0,02167	0,06539 6	0,82932 2	1,26245 5
10	1,15630 3	0,09282 4	0,12375 2	0,37260 4	0,02168 3	0,06528 5	0,82903 9	1,26182 6
11	1,15745 6	0,09286 1	0,12442 8	0,37389 4	0,02173 2	0,06530 2	0,82900 8	1,26198 5
12	1,15745 5	0,09286 1	0,12442 8	0,37389 4	0,02173 2	0,06530 2	0,82900 8	1,26198 5
13	1,15740 6	0,09277 8	0,12451 7	0,37419 4	0,02173 7	0,06532 3	0,82905 1	1,26196 3
14	1,18513	0,09377 3	0,14136 8	0,40519	0,02292 2	0,06569 9	0,82686 8	1,26449 2
15	1,18656 7	0,09434 3	0,14144 3	0,40442 4	0,02293 6	0,06558 1	0,82648 9	1,26382 3

Lanjutan Tabel Lampiran 5 Data Demand Spectrum Pushover - Y

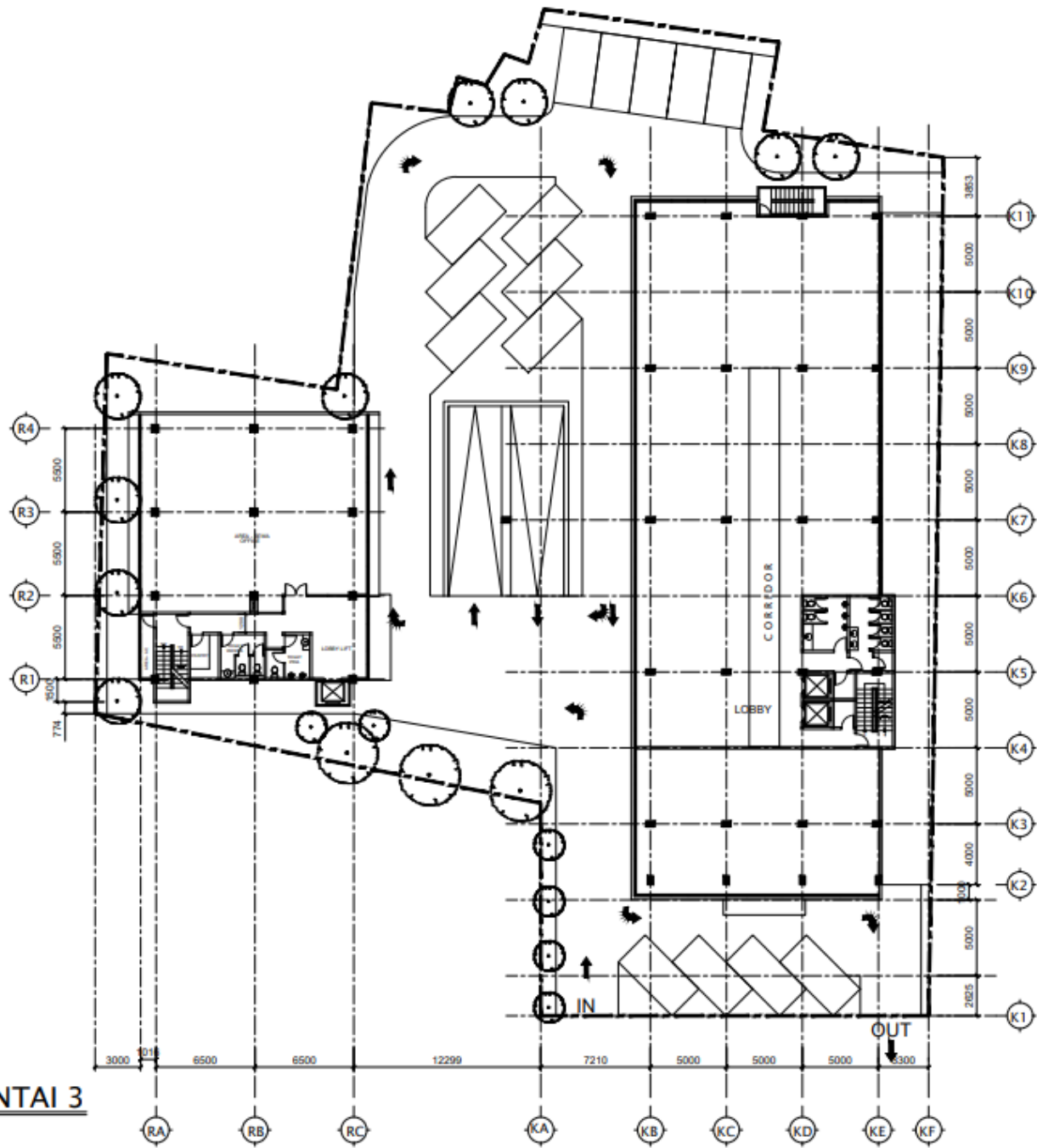
Step	Teff	Beff	SdCapacity	SaCapacity	SdDemand	SaDemand	Alpha	PFPhi
	S		m		m			
16	1,18656 3	0,09433 8	0,14144 7	0,40443 9	0,02293 6	0,06558 2	0,82649	1,26382 2
17	1,18842 5	0,09432 2	0,14275 3	0,40689 4	0,02302 5	0,06562 9	0,82645 3	1,26409 5
18	1,18842 4	0,09432 1	0,14275 4	0,40689 7	0,02302 5	0,06562 9	0,82645 3	1,26409 5
19	1,21194 6	0,09429 4	0,15979 3	0,43795 5	0,02414 4	0,06617 4	0,82427 9	1,26639 8
20	1,21324 5	0,0948	0,15986 5	0,43721 5	0,02415 7	0,06606 7	0,82398 7	1,26586 1
21	1,21324 5	0,0948	0,15986 5	0,43721 5	0,02415 7	0,06606 7	0,82398 7	1,26586 1
22	1,21307 7	0,09466 2	0,15998 6	0,43766 7	0,02416 2	0,0661	0,82402 2	1,26583 5
23	1,22419 6	0,09436 2	0,16912 8	0,45431 1	0,02473 2	0,06643 5	0,82309 7	1,26710 9

LAMPIRAN



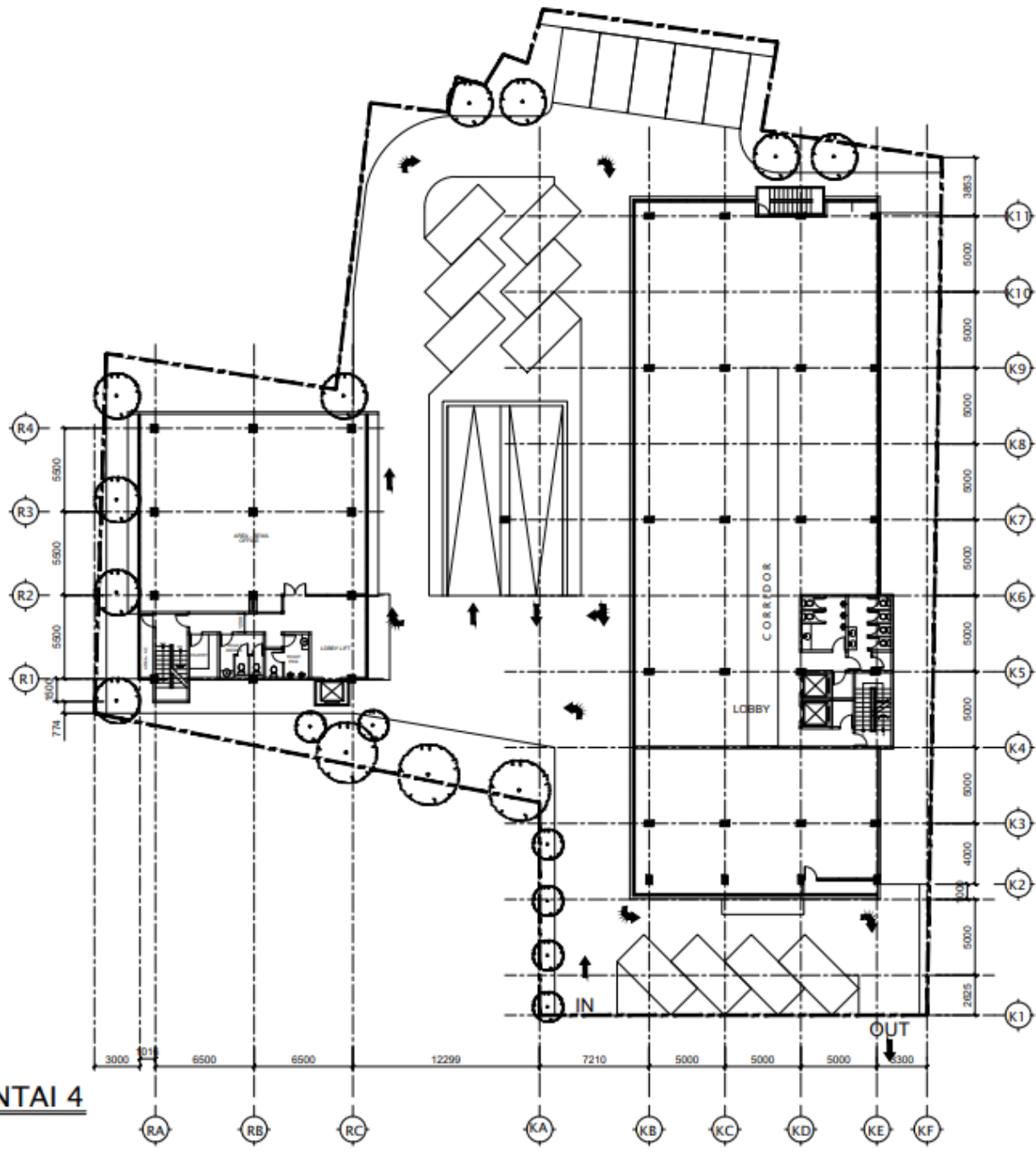
SITE PLAN - LANTAI 2
 SKALA 1 : 300

PEMILIK	PERENCANA	REVISI	PROYEK	BANGUNAN	SKALA	DICAMBAR	KODE - CAMBAR	LEMBAR NO.
				CAMBAR	300	DISETUIJI		
			NARIBA SUITE JL. MAMPANG PRAPATAN RAYA No. 39, JAKARTA SELATAN	SITE PLAN LANTAI 2	OPERIKSA			04



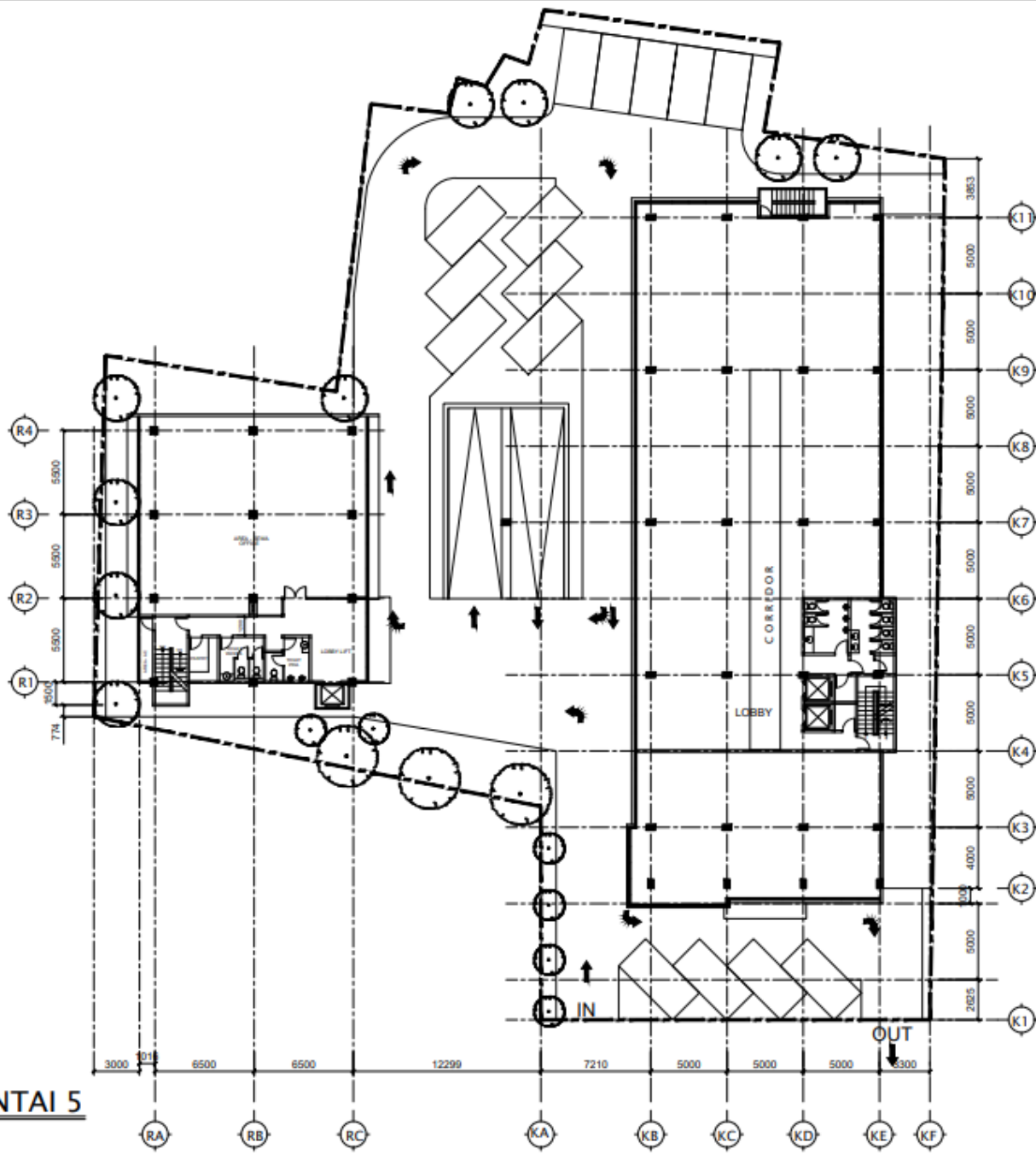
SITE PLAN - LANTAI 3
SKALA 1:300

PEMILIK	PERENCANA	REVISI	PROYEK	BANCUNAN	SKALA	DIGAMBAR	KODE - GAMBAR	LEMBAR NO.
			NARIBA SUITE JL. MAMPANG PRAPATAN RAYA No. 39, JAKARTA SELATAN	GAMBAR	300	DIPERIKSA	DISETUIJI	05
				SITE PLAN LANTAI 3				



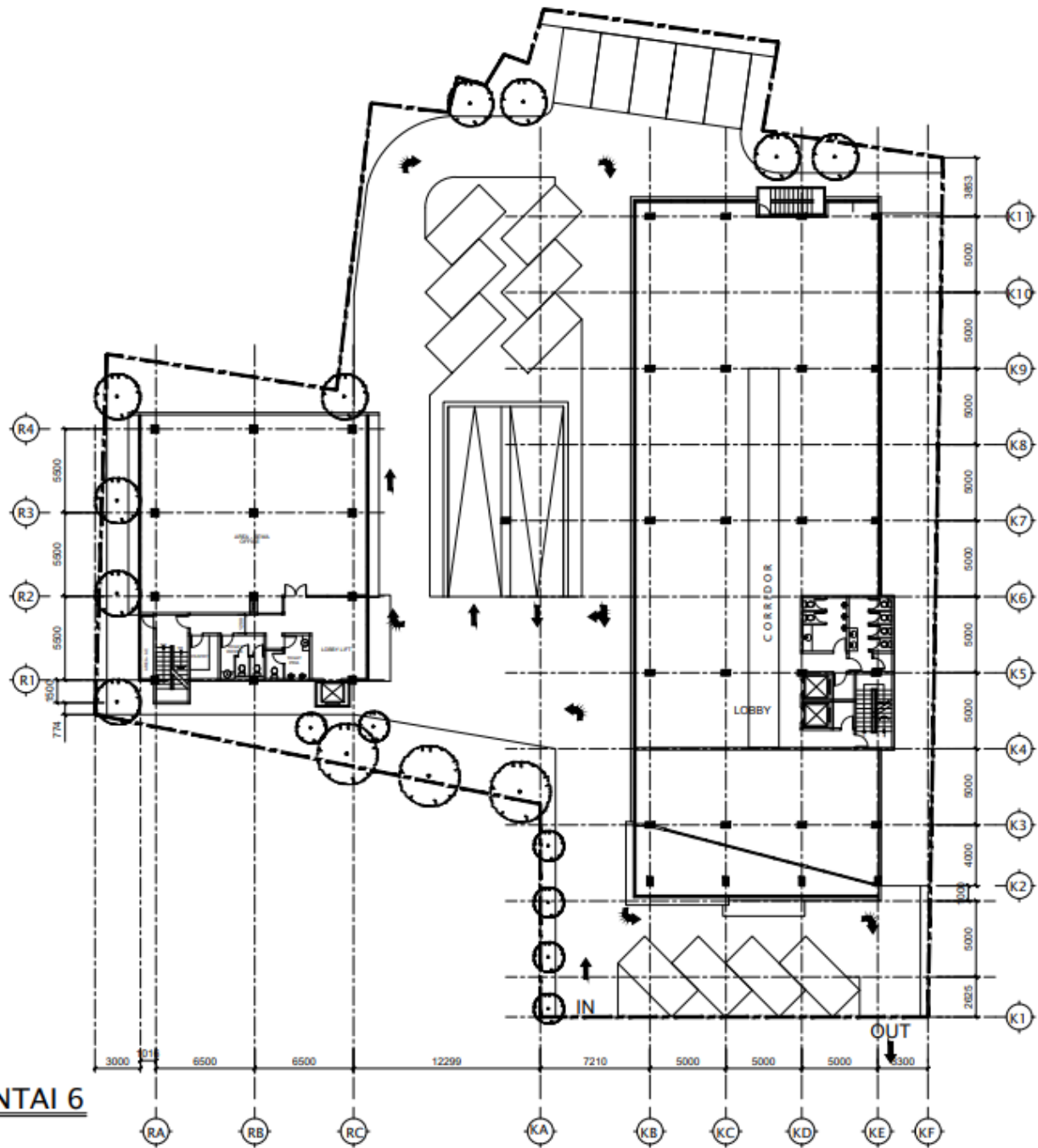
SITE PLAN - LANTAI 4
SKALA 1:300

PEMILIK	PERENCANA	REVISI	PROYEK	BANGUNAN	SKALA	DIGAMBAR	KODE - GAMBAR		LEMBAR NO.
				GAMBAR	DIPERIKSA	DISETJUI			
			NARIBA SUITE JL. MAMPANG PRAPATAN RAYA No. 39, JAKARTA SELATAN	SITE PLAN LANTAI 4	300				06
					DIPERIKSA	DISETJUI			



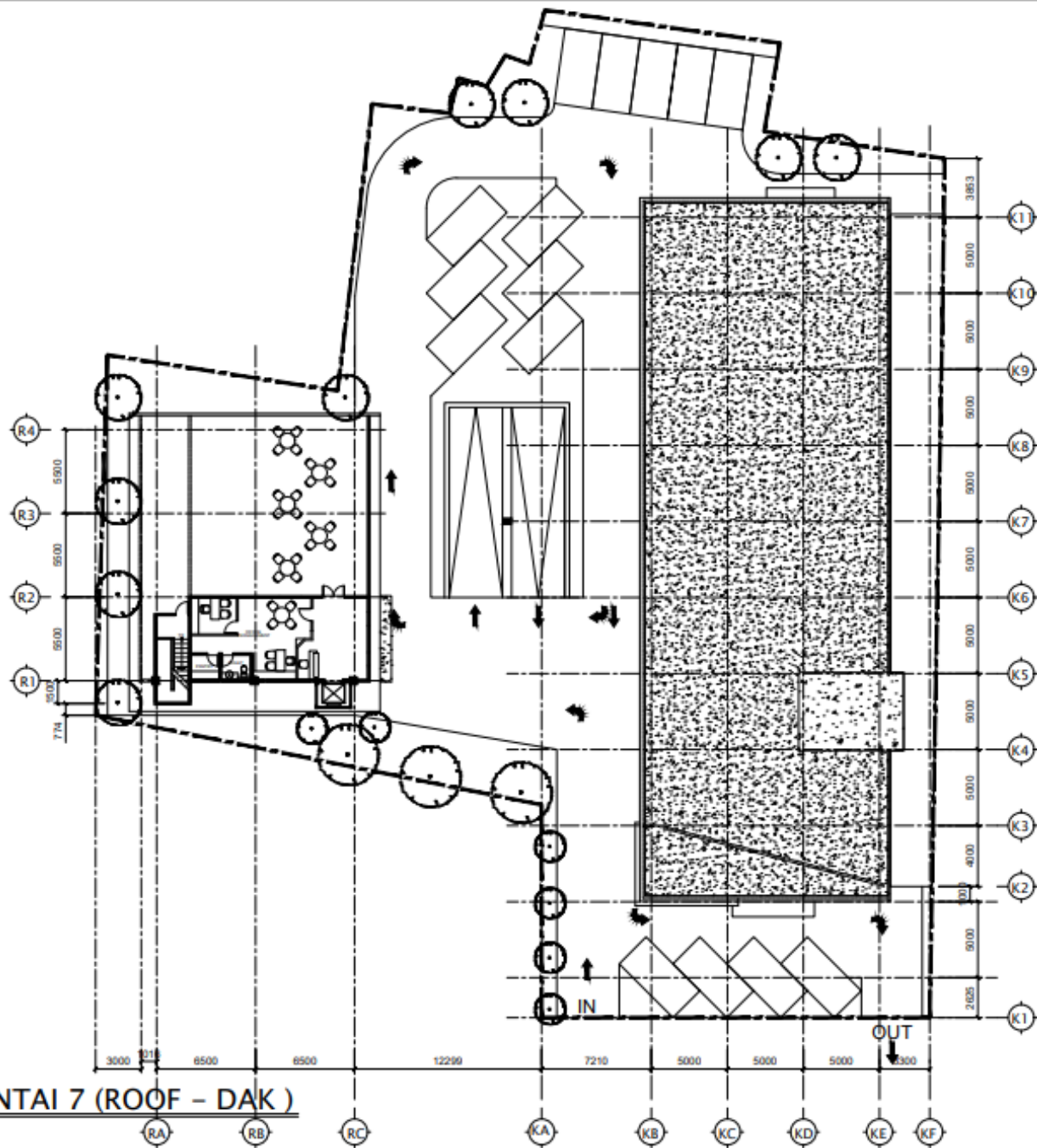
SITE PLAN - LANTAI 5
 SKALA 1:300

PEMILIK	PERENCANA	REVISI	PROYEK	BANGUNAN	SKALA	DICAMBAR	KODE - CAMBAR		LEMBAR NO.
			NARIBA SUITE JL. MAMPANG PRAPATAN RAYA No. 39, JAKARTA SELATAN	GAMBAR SITE PLAN LANTAI 5	300	DIPERIKSA	DISETUIJI		07



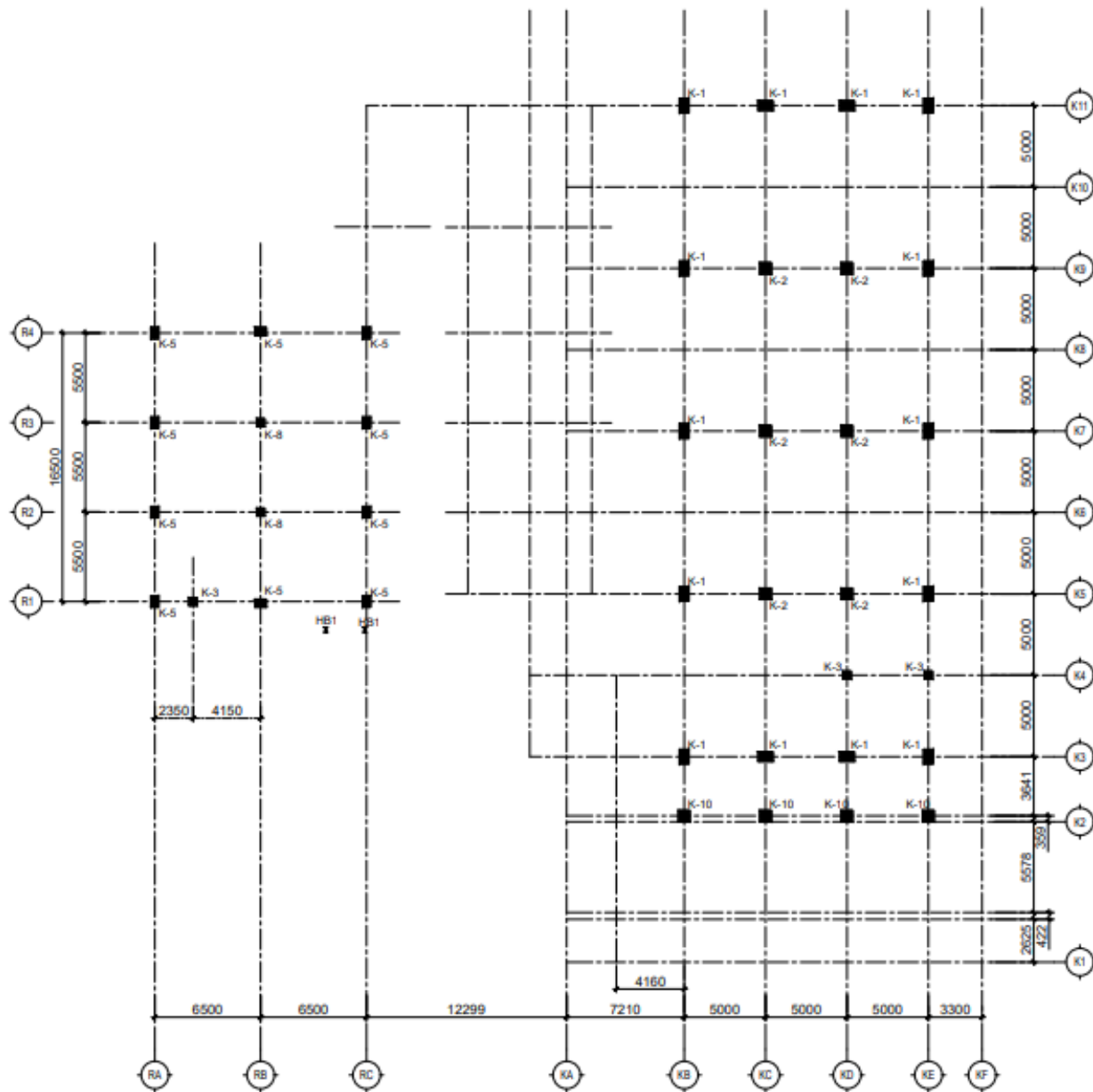
SITE PLAN - LANTAI 6
SKALA 1:300

PEMILIK	PERENCANA	REVISI	PROYEK	BANGUNAN	SKALA	DIGAMBAR	KODE - GAMBAR		LEMBAR NO.
				GAMBAR	DIPERIKSA	DISETUJUI			
			NARIBA SUITE JL. MAMPANG PRAPATAN RAYA No. 39, JAKARTA SELATAN	SITE PLAN	300				08
				LANTAI 6	DIPERIKSA	DISETUJUI			



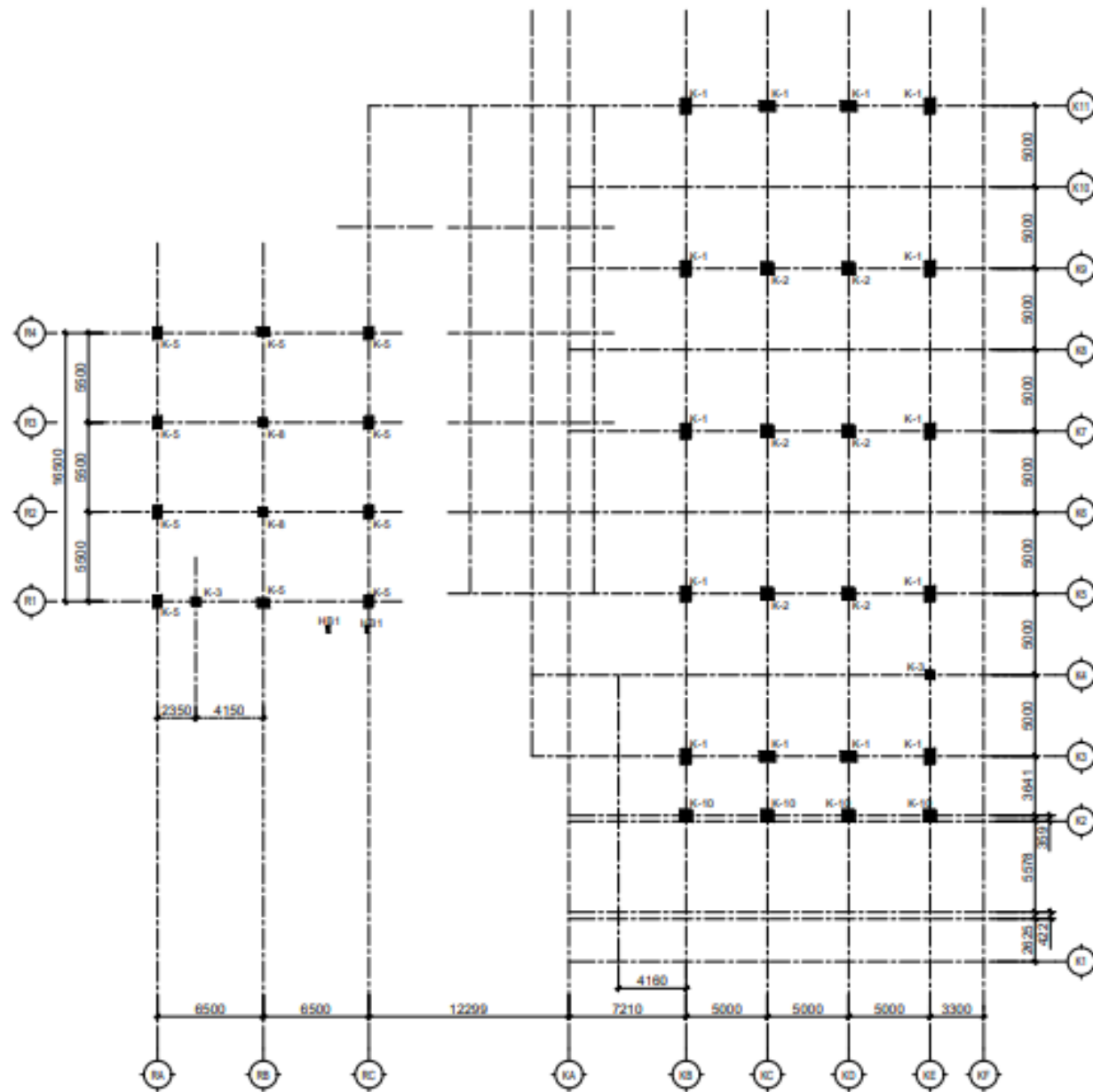
SITE PLAN - LANTAI 7 (ROOF - DAK)
 SKALA 1:300

PEMILIK	PERENCANA	REVISI	PROYEK	BANCUNAN	SKALA	DICAMBAR	KODE - CAMBAR		LEMBAR NO.
				GAMBAR	300	DISETUIJI			
			NARIBA SUITE JL. MAMPANG PRAPATAN RAYA No. 39, JAKARTA SELATAN	SITE PLAN LANTAI 7 (ROOF - DAK)	DIPERIKSA	DISETUIJI			09



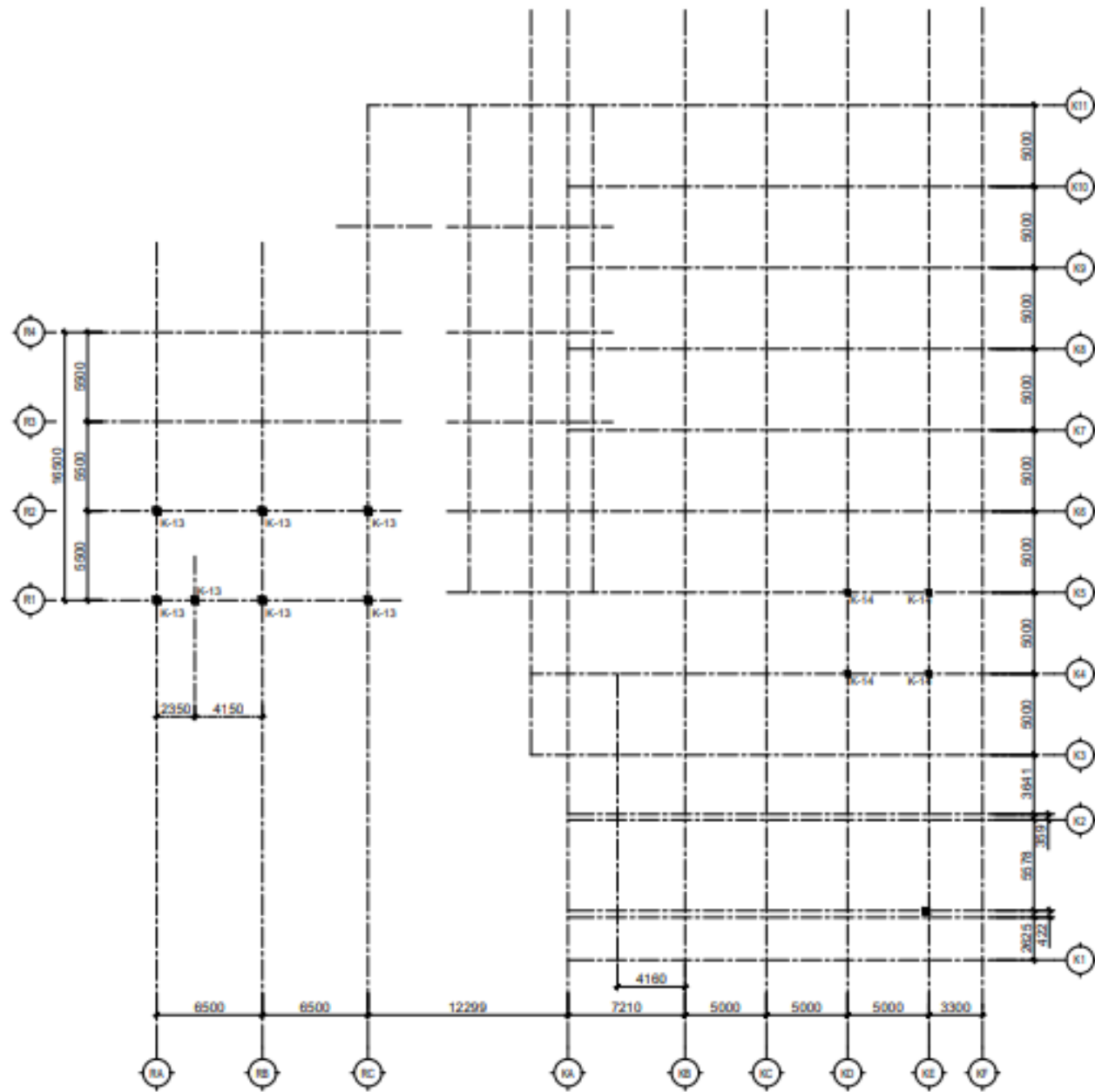
02 DENAH KOLOM - LT. 1 (ELV +1.50)
 STR SKALA 1 : 150

PEMILIK	PERENCANA	REVISI	PROYEK	BANGUNAN :	SKALA :	DIGAMBAR :	KODE - GAMBAR	LEMBAR NO.
				NARIBA SUITE	SITE PLAN	1 : 150		
			JL. MAMPANG PRAPATAN RAYA No. 39, JAKARTA SELATAN	JUDUL GAMBAR :	DIPERIKSA :	DISETUJUI :	STR	ST-II-03
				DENAH KOLOM LT. 1				



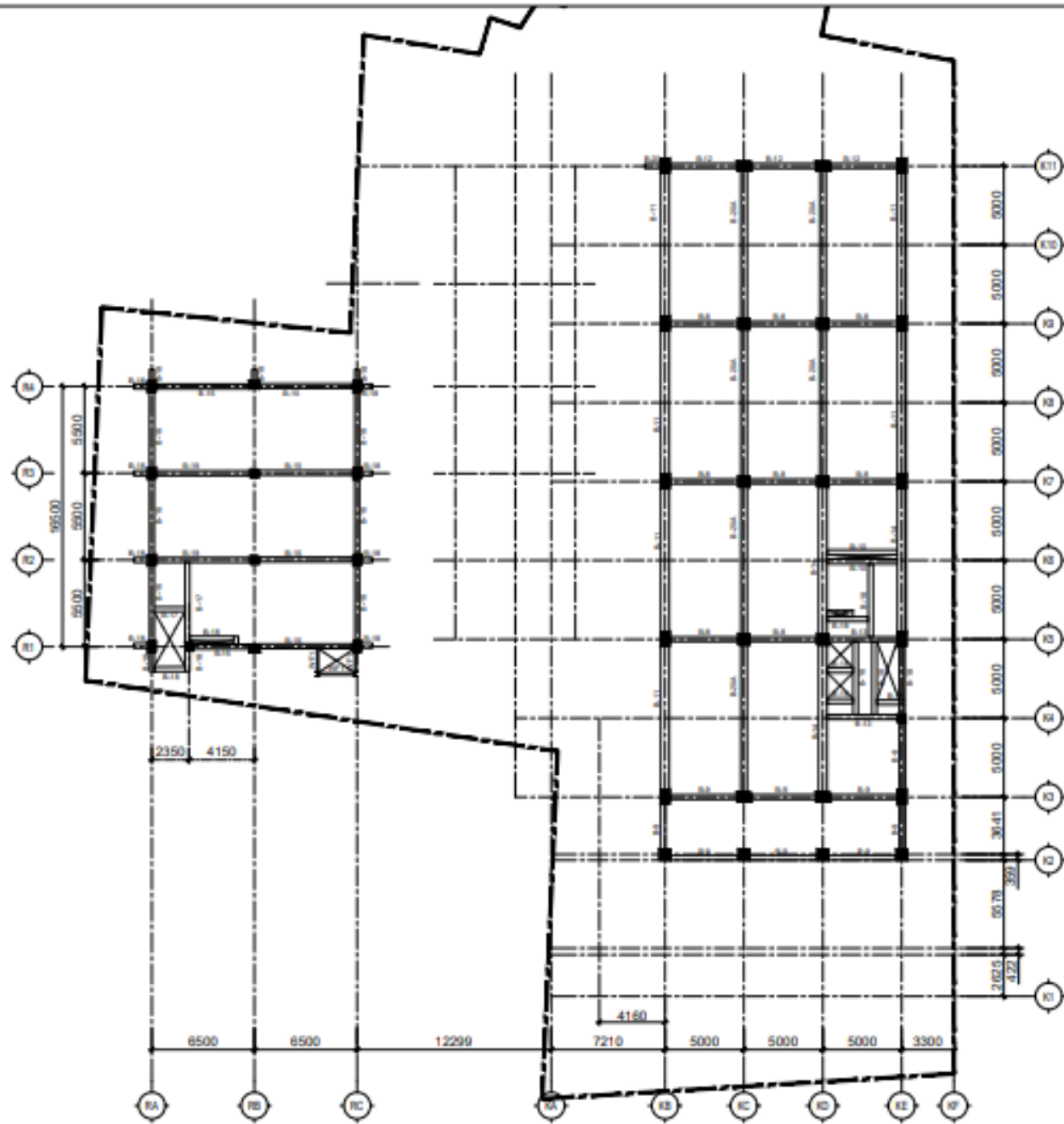
02 DENAH KOLOM - LT. 2, 3, 4, 5, 6
 STR SKALA 1 : 150

PEMILIK	PERENCANA	REVISI	PROYEK	BANGUNAN :	SKALA :	DIGAMBAR :	KODE - GAMBAR		LEMBAR NO.
				SITE PLAN	1 : 150		STR		ST-II-04
			NARIBA SUITE JL. MAMPANG PRAPATAN RAYA No. 39, JAKARTA SELATAN	JUDUL GAMBAR :	DIPERIKSA :	DISETUIJI :			
				DENAH KOLOM LT. 2, 3, 4, 5, 6					



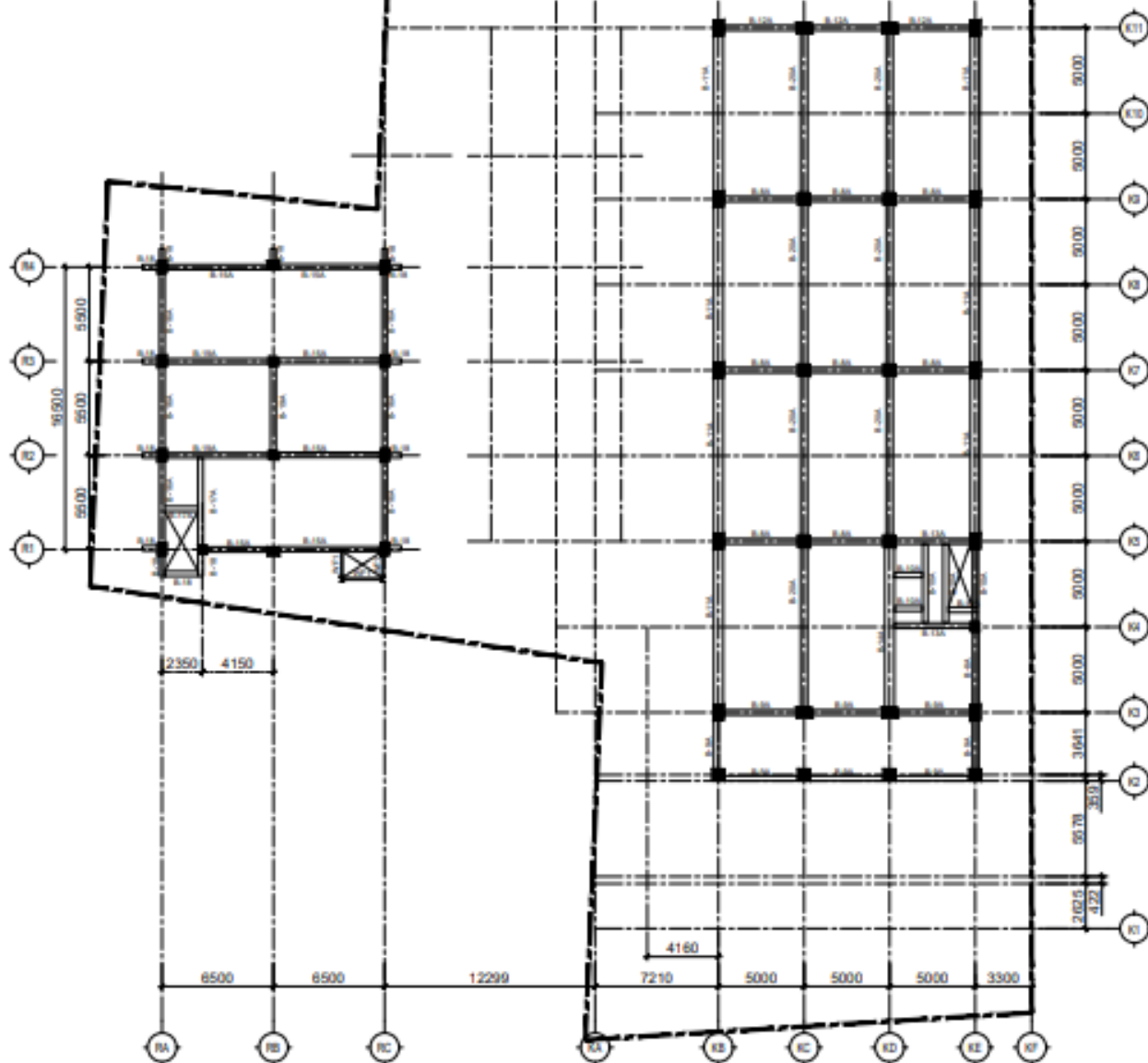
02 DENAH KOLOM - LT. 7
STR SKALA 1 : 150

PEMILIK	PERENCANA	REVISI	PROYEK	BANGUNAN :	SKALA :	DIGAMBAR :	KODE - GAMBAR		LEMBAR NO.
				SITE PLAN	1 : 150		STR		
			NARIBA SUITE JL. MAMPANG PRAPATAN RAYA No. 39, JAKARTA SELATAN	JUDUL GAMBAR :	DIPERIKSA :	DISETUIJ :			ST-II-05
				DENAH KOLOM LT. 7					



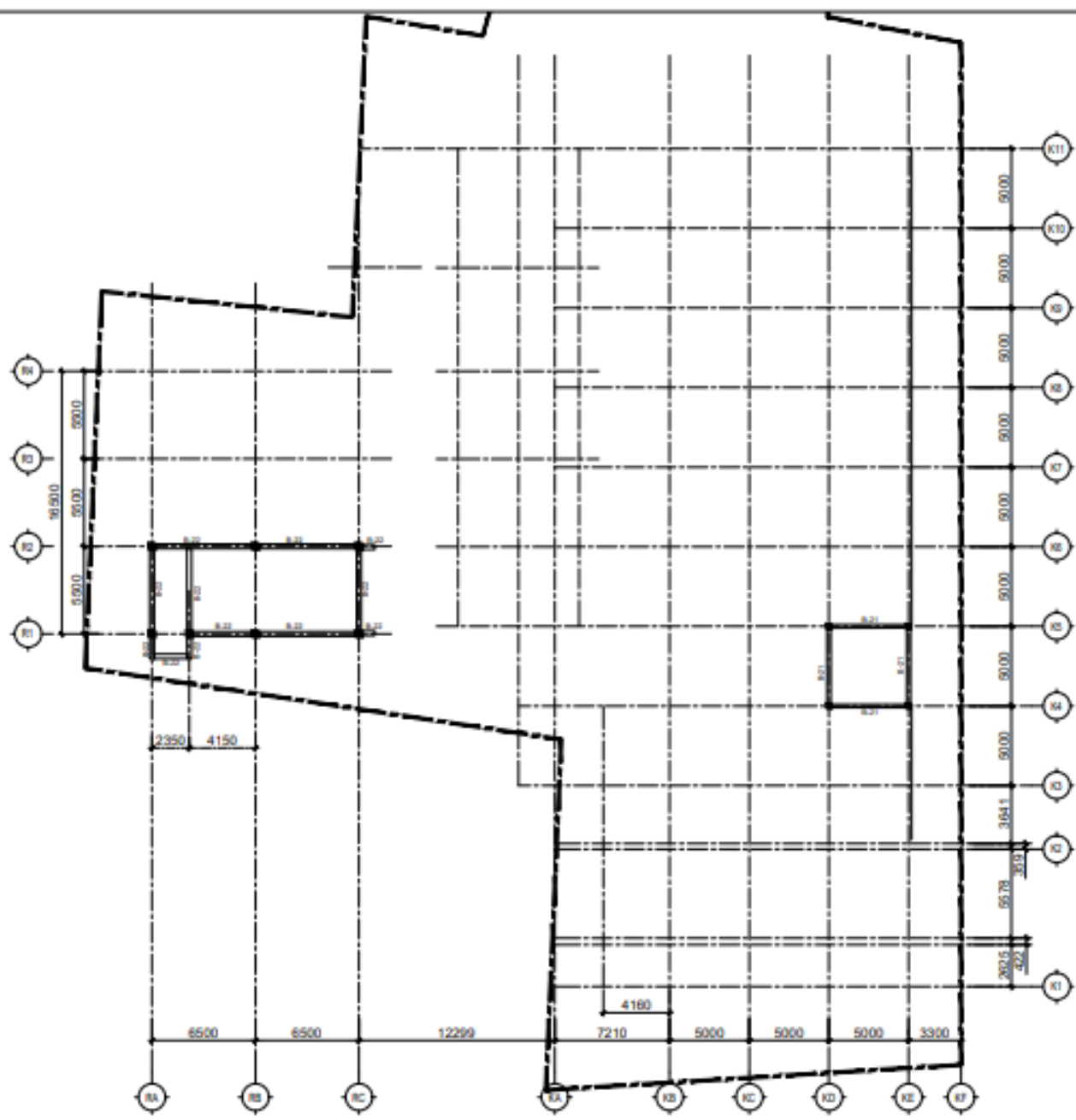
03 DENAH BALOK - LANTAI 5, 6
STR SKALA 1 : 150

PEMILIK	PERENCANA	REVISI	PROYEK	BANGUNAN	SKALA	DIGAMBAR	KODE - GAMBAR		LEMBAR NO.
							STR	ST-III-05	
			NARIBA SUITE JL. MAMPANG PRAPATAN RAYA No. 39, JAKARTA SELATAN	SITE PLAN DENAH BALOK LT. 5, 6	1 : 150 DIPERIKSA :	DISETUI :			



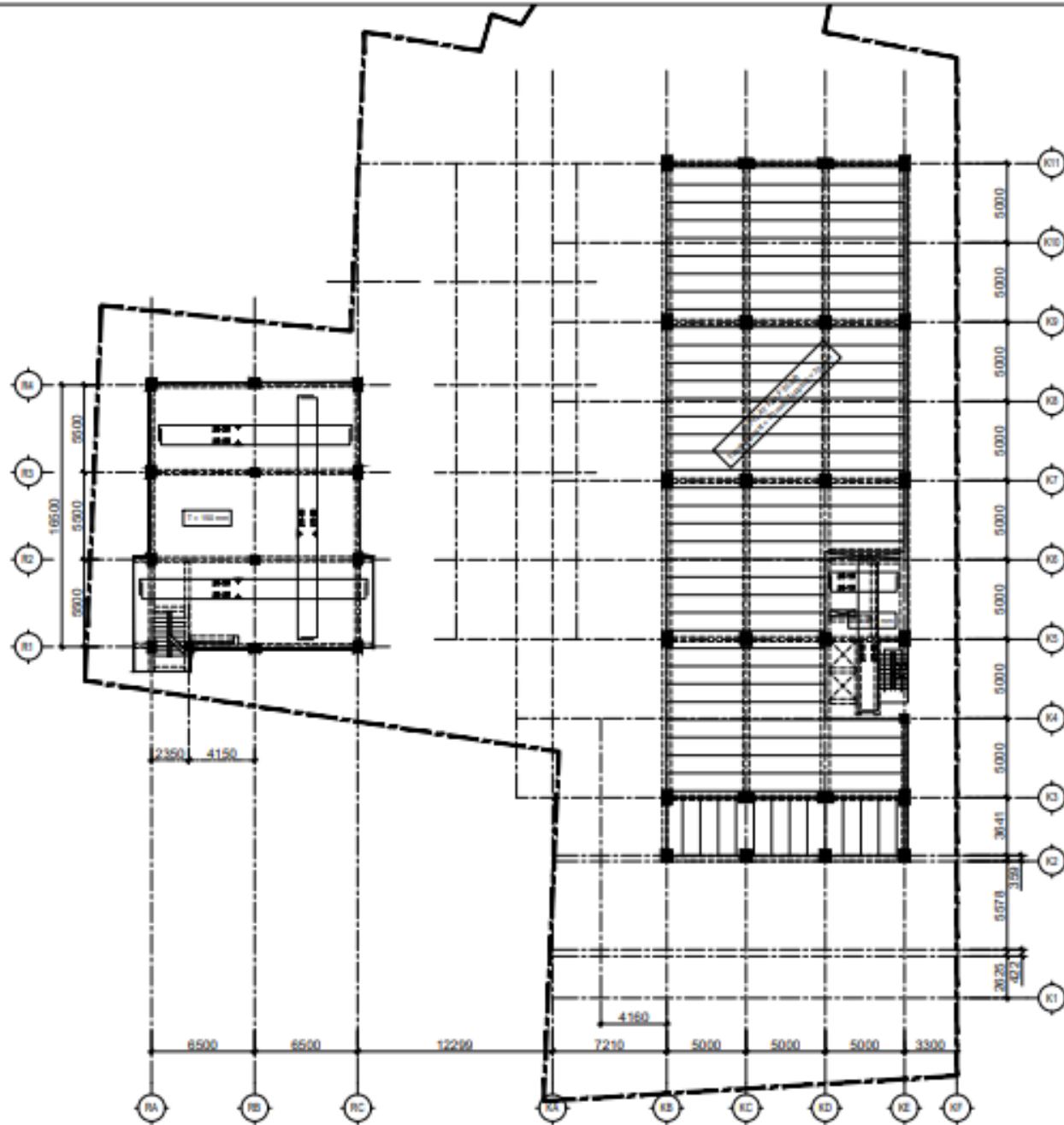
03 DENAH BALOK - LANTAI 7
STR SKALA 1 : 150

PEMILIK	PERENCANA	REVISI	PROYEK	BANGUNAN	SKALA	DICAMBAR	KODE - CAMBAR		LEMBAR NO.
							STR	ST-III-06	
			NARIBA SUITE JL. MAMPANG PRAPATAN RAYA No. 39, JAKARTA SELATAN	SITE PLAN JUDUL GAMBAR : DENAH BALOK LT. 7	1 : 150 DIPERIKSA :	DISETUIJI :			



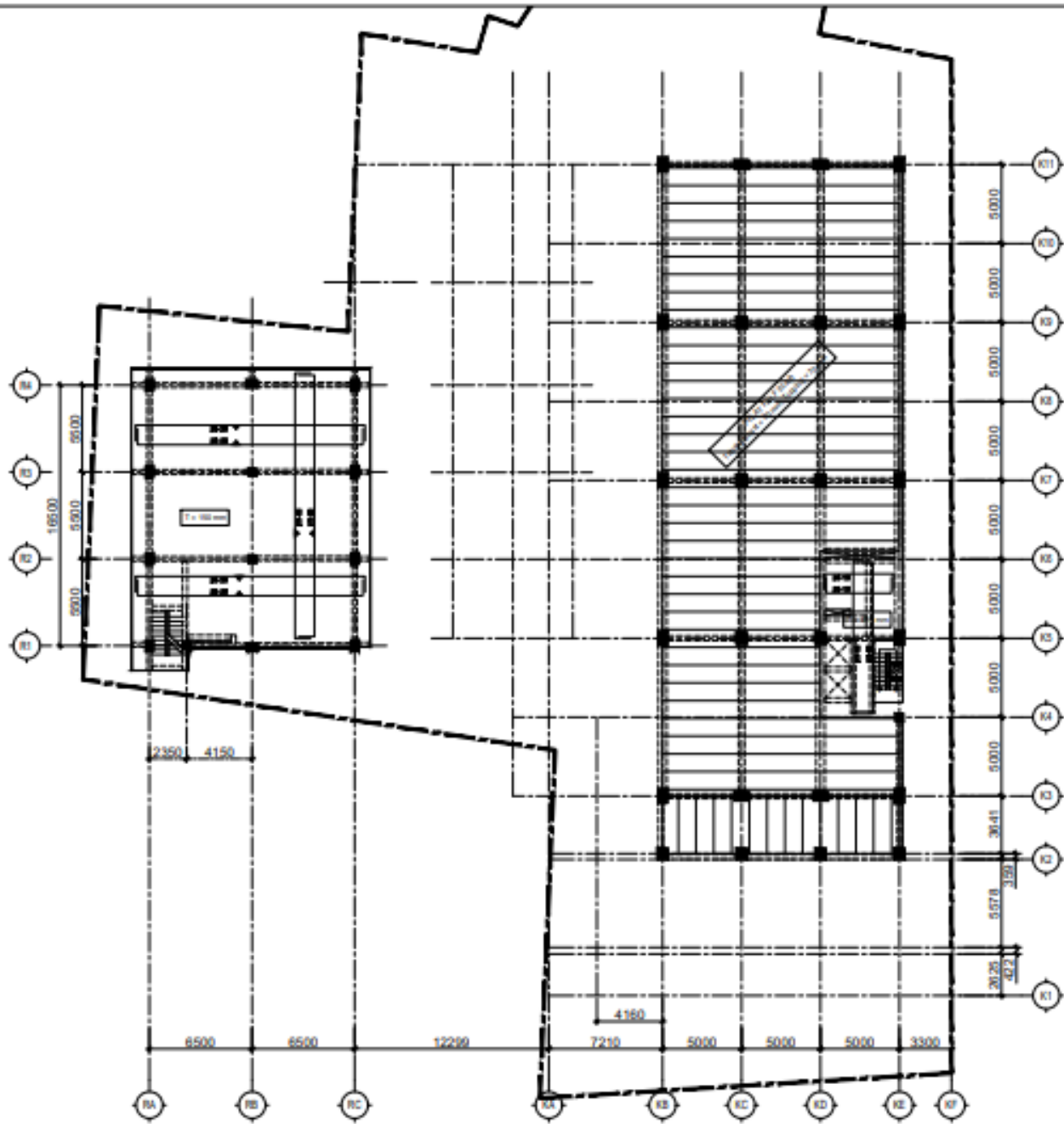
03 DENAH BALOK - LT. ATAP TANGGA
 STR SKALA 1 : 150

PEMILIK	PERENCANA	REVISI	PROYEK	BANGUNAN :	SKALA :	DICAMBAR :	KODE - GAMBAR			LEMBAR NO.
							STR			
			NARIBA SUITE JL. MAMPANG PRAPATAN RAYA No. 39, JAKARTA SELATAN	SITE PLAN JUDUL GAMBAR : DENAH BALOK LT. ATAP TANGGA	1 : 150 DIPERIKSA :	DISETUIJ :				ST-III-07



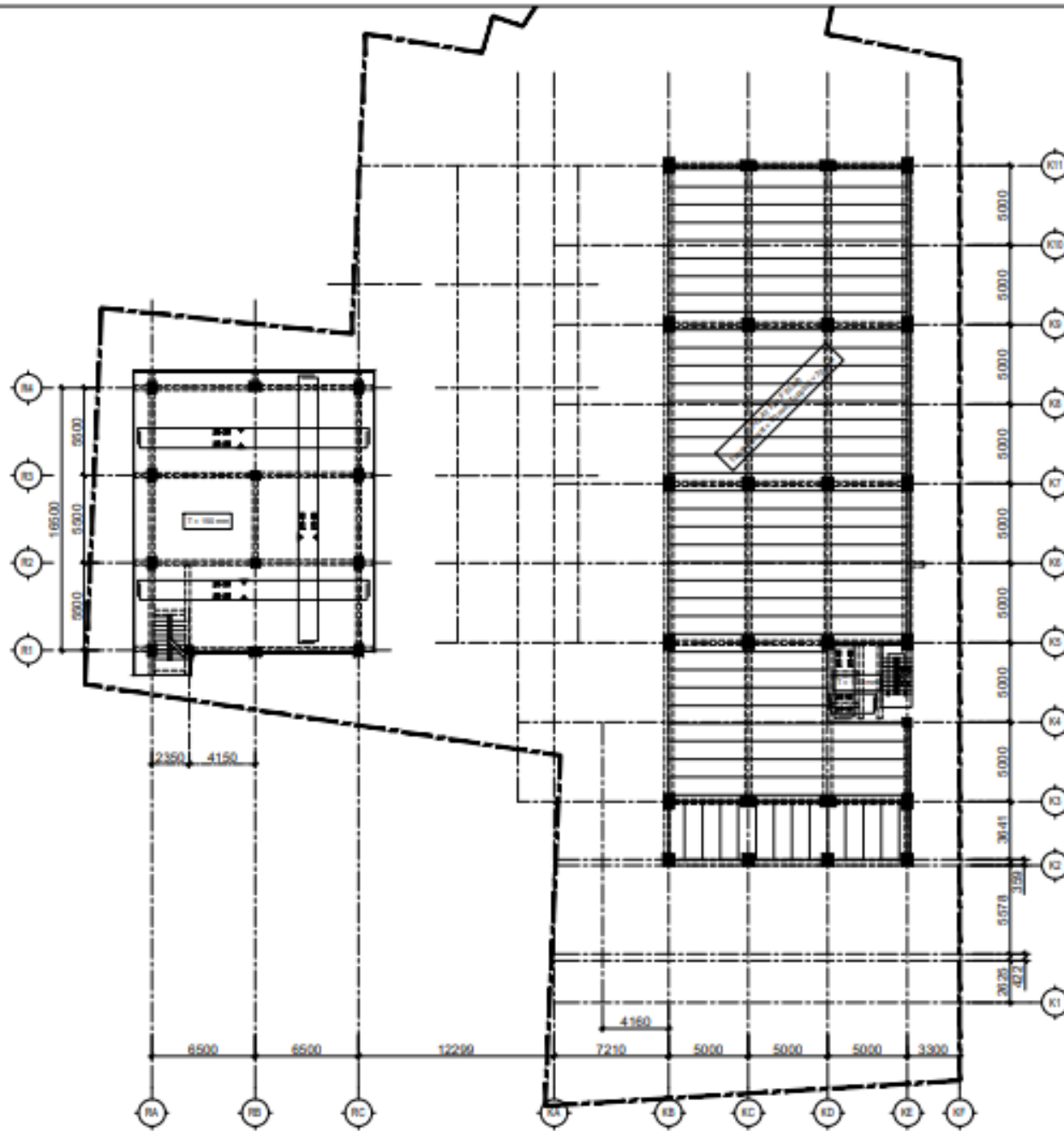
04 DENAH PELAT - LANTAI 2
STR SKALA 1 : 150

PEMILIK	PERENCANA	REVISI		PROYEK	BANGUNAN:	SEKALA:	DIGAMBAR:	KODE - CAMBAR		LEMBAR NO.
				NARIBA SUITE JL. MAMPANG PRAPATAN RAYA No. 39, JAKARTA SELATAN	SITE PLAN DENAH PELAT LT. 2	1 : 150 DIPERIKSA :	DISETUIJI :	STR		ST-IV-04



04 DENAH PELAT - LANTAI 3, 4, 5, 6
STR SKALA 1 : 150

PEMILIK	PERENCANA	REVISI	PROYEK	BANGUNAN:	SKALA:	DIGAMBAR:	KODE - GAMBAR	LEMBAR NO.
			NARIBA SUITE JL. MAMPANG PRAPATAN RAYA No. 39, JAKARTA SELATAN	SITE PLAN	1 : 150		STR	ST-IV-05
				DENAH PELAT LT. 3, 4, 5, 6	DIPERIKSA:	DISETUI:		



04 DENAH PELAT - LANTAI 7
 STR SKALA 1 : 150

PEMILIK	PERENCANA	REVISI	PROYEK	BANGUNAN :	SKALA :	DICAMBAR :	KODE - GAMBAR		LEMBAR NO.
				SITE PLAN	1 : 150		STR		
			NARIBA SUITE JL. MAMPANG PRAPATAN RAYA No. 39, JAKARTA SELATAN	JUDUL GAMBAR :	DIPERIKSA :	DISETUIJI :			ST-IV-06
				DENAH PELAT LT. 7					

DETAIL KOLOM LT.2,3,4,5,6

DETAIL KOLOM	TYPE KOLOM K-1		TYPE KOLOM K-2		TYPE KOLOM K-3		TYPE KOLOM K-5		TYPE KOLOM K-8	
	TUMPUAN	LAPANGAN	TUMPUAN	LAPANGAN	TUMPUAN	LAPANGAN	TUMPUAN	LAPANGAN	TUMPUAN	LAPANGAN
DIMENSI	600 x 600		700 x 700		500 x 500		500 x 500		500 x 500	
TUL. UTAMA	22 D19	22 D19	20 D19	20 D19	12 D19	12 D19	16 D19	16 D19	12 D19	12 D19
TUL. PENDEKANG	D10 - 75	D10 - 125	D10 - 100	D10 - 150	D10 - 100	D10 - 150	D10 - 100	D10 - 150	D10 - 100	D10 - 150
TUL. SENGKANG	D10 - 75	D10 - 125	D10 - 100	D10 - 150	D10 - 100	D10 - 150	D10 - 100	D10 - 150	D10 - 100	D10 - 150
DETAIL KOLOM	TYPE KOLOM K-10		TYPE KOLOM HB-1							
	TUMPUAN	LAPANGAN	TUMPUAN	LAPANGAN						
DIMENSI	300 x 300		300 x 300 x 10 x 15							
TUL. UTAMA	20 D19	20 D19	-	-						
TUL. PENDEKANG	D10 - 100	D10 - 150	-	-						
TUL. SENGKANG	D10 - 100	D10 - 150	-	-						

PEMILIK	PERENCANA	REVISI	PROYEK	BANGUNAN :	SKALA :	DIGAMBAR :	KODE - GAMBAR		LEMBAR NO.
				SITE PLAN	1 : 150		STR	ST-II-08	
			NARIBA SUITE	JUDUL GAMBAR :	DIPERIKSA :	DISETJUI :			
			JL. MAMPANG PRAPATAN RAYA No. 39, JAKARTA SELATAN	DETAIL KOLOM					
				LT.2,3,4,5,6					

DETAIL KOLOM LT.7

DETAIL KOLOM	TYPE KOLOM K-D		TYPE KOLOM K-N	
	TUMPUAN	LAPANGAN	TUMPUAN	LAPANGAN
DIHENGI	400 X 400		300 X 300	
TUL. UTAMA	12 D19	12 D19	8 D19	8 D19
TUL. PENDEKANG	D10 - 100	D10 - 150	D10 - 100	D10 - 150
TUL. SENGKANG	D10 - 100	D10 - 150	D10 - 100	D10 - 150

PEMILIK	PERENCANA	REVISI	PROYEK	BANGUNAN :	SKALA :	DICAMBAR :	KODE - GAMBAR		LEMBAR NO.
				SITE PLAN	1 : 150		STR		ST-II-09
			JL. MAMPANG PRAPATAN RAYA No. 39, JAKARTA SELATAN	JUDUL GAMBAR :	DIPERIKSA :	DISETUI :			
				DETAIL KOLOM LT7					

DETAIL KOLOM LT.1

DETAIL KOLOM	TYPE KOLOM K-1		TYPE KOLOM K-2		TYPE KOLOM K-3		TYPE KOLOM K-5		TYPE KOLOM K-8	
	TUPPUAN	LAPANGAN	TUPPUAN	LAPANGAN	TUPPUAN	LAPANGAN	TUPPUAN	LAPANGAN	TUPPUAN	LAPANGAN
DIPENGI	600 X 900		700 X 700		500 X 500		500 X 700		500 X 500	
TUL. UTAMA	32 D19	32 D19	20 D19	20 D19	12 D19	12 D19	20 D19	20 D19	12 D19	12 D19
TUL. PENDEKANG	D10 - 75	D10 - 125	D10 - 100	D10 - 150	D10 - 100	D10 - 150	D10 - 75	D10 - 125	D10 - 100	D10 - 150
TUL. SENGKANG	D10 - 75	D10 - 125	D10 - 100	D10 - 150	D10 - 100	D10 - 150	D10 - 75	D10 - 125	D10 - 100	D10 - 150
DETAIL KOLOM	TYPE KOLOM K-10		TYPE KOLOM HB-1							
	TUPPUAN	LAPANGAN	TUPPUAN	LAPANGAN						
DIPENGI	700 X 700		300 x 300 x 10 x 15							
TUL. UTAMA	24 D19	24 D19	-	-						
TUL. PENDEKANG	D10 - 100	D10 - 150	-	-						
TUL. SENGKANG	D10 - 100	D10 - 150	-	-						

PEMILIK	PERENCANA	REVISI	PROYEK	BANGUNAN :	SKALA :	DIGAMBAR :	KODE - GAMBAR	LEMBAR NO.
				SITE PLAN	1 : 150			
			NARIBA SUITE	JUDUL GAMBAR :	DIPERIKSA :	DISTUJUI :	STR	ST-II-07
			JL. MAMPANG PRAPATAN RAYA No. 39, JAKARTA SELATAN	DETAIL KOLOM LT.1				

DETAIL BALOK LT. 2

TYPE BALOK	TYPE BALOK B8		TYPE BALOK B9		TYPE BALOK B10		TYPE BALOK B11		TYPE BALOK B12	
	TUPSIKAN	LAPANGAN	TUPSIKAN	LAPANGAN	TUPSIKAN	LAPANGAN	TUPSIKAN	LAPANGAN	TUPSIKAN	LAPANGAN
DIMENSI	300 x 500		300 x 500		300 x 500		550 x 850		300 x 600	
TUL. ATAS	9 D19	3 D19	9 D19	3 D19	5 D19	3 D19	12 D19	5 D19	16 D19	5 D19
TUL. BAWAH	6 D19	6 D19	5 D19	5 D19	3 D19	3 D19	7 D19	7 D19	9 D19	9 D19
TUL. TENGAH	2 D13	2 D13	2 D13	2 D13	2 D13	2 D13	4 D13	4 D13	2 D13	2 D13
TUL. SENGKANG	D10 - 100	D10 - 150	D10 - 100	D10 - 150	D10 - 100	D10 - 150	D10 - 100	D10 - 150	D10 - 100	D10 - 150

TYPE BALOK	TYPE BALOK B13		TYPE BALOK B14		TYPE BALOK B15		TYPE BALOK B16		TYPE BALOK B17	
	TUPSIKAN	LAPANGAN	TUPSIKAN	LAPANGAN	TUPSIKAN	LAPANGAN	TUPSIKAN	LAPANGAN	TUPSIKAN	LAPANGAN
DIMENSI	300 x 500		300 x 500		300 x 600		300 x 600		300 x 500	
TUL. ATAS	10 D19	3 D19	16 D19	5 D19	10 D19	3 D19	9 D19	3 D19	7 D19	3 D19
TUL. BAWAH	6 D19	6 D19	7 D19	7 D19	6 D19	6 D19	6 D19	6 D19	6 D19	6 D19
TUL. TENGAH	2 D13	2 D13	2 D13	2 D13	2 D13	2 D13	2 D13	2 D13	2 D13	2 D13
TUL. SENGKANG	D10 - 100	D10 - 100	D10 - 100	D10 - 100	D10 - 100	D10 - 150	D10 - 100	3D19 - 100	D10 - 100	D10 - 150

TYPE BALOK	TYPE BALOK B18		TYPE BALOK B19		TYPE BALOK B19A		TYPE BALOK WF-1		TYPE BALOK B20A	
	TUPSIKAN	LAPANGAN	TUPSIKAN	LAPANGAN	TUPSIKAN	LAPANGAN	TUPSIKAN	LAPANGAN	TUPSIKAN	LAPANGAN
DIMENSI	300 x 500		300 x 600		300 x 600		200 x 100 x 5.5 x 8		600 x 800	
TUL. ATAS	3 D19	3 D19	10 D19	3 D19	10 D19	3 D19	-	-	16 D19	5 D19
TUL. BAWAH	3 D19	3 D19	6 D19	6 D19	6 D19	6 D19	-	-	7 D19	7 D19
TUL. TENGAH	2 D13	2 D13	2 D13	2 D13	2 D13	2 D13	-	-	2 D13	2 D13
TUL. SENGKANG	D10 - 100	D10 - 100	D10 - 100	D10 - 150	D10 - 100	D10 - 150	-	-	D10 - 100	D10 - 150

PEMILIK	PERENCANA	REVISI	PROYEK	BANGUNAN: SITE PLAN	SKALA: 1: 150	DICAMBAR:	KODE - CAMBAR		LEMBAR NO.
							JUDUL GAMBAR: DETAIL BALOK LT. 2	DIPERIKSA:	
			JL. MAMPANG PRAPATAN RAYA No. 39, JAKARTA SELATAN						

DETAIL BALOK LT. 3, 4

TYPE BALOK	TYPE BALOK B8		TYPE BALOK B9		TYPE BALOK B10		TYPE BALOK B11		TYPE BALOK B12	
	TUJUAN	LAPANGAN	TUJUAN	LAPANGAN	TUJUAN	LAPANGAN	TUJUAN	LAPANGAN	TUJUAN	LAPANGAN
DIPENGI	300 x 500		300 x 500		300 x 500		550 x 850		300 x 600	
TUL. ATAS	9 D19	3 D19	9 D19	3 D19	5 D19	3 D19	12 D19	5 D19	16 D19	5 D19
TUL. BAWAH	6 D19	6 D19	5 D19	5 D19	3 D19	3 D19	7 D19	7 D19	9 D19	9 D19
TUL. TENGAH	2 D13	2 D13	2 D13	2 D13	2 D13	2 D13	4 D13	4 D13	2 D13	2 D13
TUL. SENGKANG	D10 - 90	D10 - 90	D10 - 90	D10 - 90	D10 - 90	D10 - 90	D10 - 90	D10 - 90	D10 - 90	D10 - 90
TYPE BALOK	TYPE BALOK B13		TYPE BALOK B14		TYPE BALOK B15		TYPE BALOK B16		TYPE BALOK B17	
	TUJUAN	LAPANGAN	TUJUAN	LAPANGAN	TUJUAN	LAPANGAN	TUJUAN	LAPANGAN	TUJUAN	LAPANGAN
DIPENGI	300 x 500		300 x 500		300 x 600		300 x 600		300 x 500	
TUL. ATAS	10 D19	3 D19	14 D19	5 D19	10 D19	3 D19	9 D19	3 D19	7 D19	3 D19
TUL. BAWAH	6 D19	6 D19	7 D19	7 D19	6 D19	6 D19	6 D19	6 D19	6 D19	6 D19
TUL. TENGAH	2 D13	2 D13	2 D13	2 D13	2 D13	2 D13	2 D13	2 D13	2 D13	2 D13
TUL. SENGKANG	D10 - 90	D10 - 90	D10 - 90	D10 - 90	D10 - 90	D10 - 90	D10 - 90	3D10 - 90	D10 - 90	D10 - 90
TYPE BALOK	TYPE BALOK B18		TYPE BALOK B19		TYPE BALOK B20		TYPE BALOK WF-1		TYPE BALOK B20A	
	TUJUAN	LAPANGAN	TUJUAN	LAPANGAN	TUJUAN	LAPANGAN	TUJUAN	LAPANGAN	TUJUAN	LAPANGAN
DIPENGI	300 x 500		300 x 600		300 x 500		200 x 100 x 5,5 x 8		400 x 800	
TUL. ATAS	3 D19	3 D19	10 D19	3 D19	3 D19	3 D19	-	-	16 D19	5 D19
TUL. BAWAH	3 D19	3 D19	6 D19	6 D19	3 D19	3 D19	-	-	7 D19	7 D19
TUL. TENGAH	2 D13	2 D13	2 D13	2 D13	2 D13	2 D13	-	-	2 D13	2 D13
TUL. SENGKANG	D10 - 90	D10 - 90	D10 - 90	D10 - 90	D10 - 90	D10 - 90	-	-	D10 - 90	D10 - 90

PEMILIK	PERENCANA	REVISI	PROYEK	BANGUNAN: SITE PLAN	SKALA: 1: 150	DICAMBAR:	KODE - CAMBAR		LEMBAR NO.
							STR		
<p>NARIBA SUITE JL. MAMPANG PRAPATAN RAYA No. 39, JAKARTA SELATAN</p>				<p>JUDUL GAMBAR: DETAIL BALOK LT. 3, 4</p>		DIPERIKSA:	DSETUJUI:		

DETAIL BALOK LT. 5, 6

TYPE BALOK	TYPE BALOK B8		TYPE BALOK B9		TYPE BALOK B10		TYPE BALOK B11		TYPE BALOK B12	
	TUPPUAN	LAPANGAN	TUPPUAN	LAPANGAN	TUPPUAN	LAPANGAN	TUPPUAN	LAPANGAN	TUPPUAN	LAPANGAN
DPENGI	300 x 500		300 x 500		300 x 500		550 x 850		300 x 500	
TUL. ATAS	9 D19	3 D19	7 D19	3 D19	5 D19	3 D19	10 D19	5 D19	10 D19	4 D19
TUL. BAWAH	6 D19	6 D19	5 D19	5 D19	3 D19	3 D19	4 D19	6 D19	6 D19	6 D19
TUL. TENGAH	2 D13	2 D13	2 D13	2 D13	2 D13	2 D13	4 D13	4 D13	2 D13	2 D13
TUL. SENGKANG	D10 - 100	D10 - 150	D10 - 100	D10 - 150	D10 - 100	D10 - 150	D10 - 100	D10 - 150	D10 - 100	D10 - 150

TYPE BALOK	TYPE BALOK B13		TYPE BALOK B14		TYPE BALOK B15		TYPE BALOK B16		TYPE BALOK B17	
	TUPPUAN	LAPANGAN	TUPPUAN	LAPANGAN	TUPPUAN	LAPANGAN	TUPPUAN	LAPANGAN	TUPPUAN	LAPANGAN
DPENGI	300 x 500		300 x 500		300 x 600		300 x 600		300 x 500	
TUL. ATAS	9 D19	3 D19	12 D19	5 D19	10 D19	3 D19	9 D19	3 D19	7 D19	3 D19
TUL. BAWAH	5 D19	5 D19	6 D19	6 D19	6 D19	6 D19	6 D19	6 D19	3 D19	3 D19
TUL. TENGAH	2 D13	2 D13	2 D13	2 D13	2 D13	2 D13	2 D13	2 D13	2 D13	2 D13
TUL. SENGKANG	D10 - 100	D10 - 100	D10 - 100	D10 - 100	D10 - 100	D10 - 150	D10 - 100	320 - 150	D10 - 100	D10 - 150

TYPE BALOK	TYPE BALOK B18		TYPE BALOK B19		TYPE BALOK B20		TYPE BALOK WF-1		TYPE BALOK B20A	
	TUPPUAN	LAPANGAN	TUPPUAN	LAPANGAN	TUPPUAN	LAPANGAN	TUPPUAN	LAPANGAN	TUPPUAN	LAPANGAN
DPENGI	300 x 500		300 x 600		300 x 500		200 x 100 x 5.5 x 8		400 x 800	
TUL. ATAS	3 D19	3 D19	10 D19	3 D19	3 D19	3 D19	-	-	16 D19	5 D19
TUL. BAWAH	3 D19	3 D19	6 D19	6 D19	3 D19	3 D19	-	-	7 D19	3 D19
TUL. TENGAH	2 D13	2 D13	2 D13	2 D13	2 D13	2 D13	-	-	2 D13	2 D13
TUL. SENGKANG	D10 - 100	D10 - 100	D10 - 100	D10 - 150	D10 - 100	D10 - 100	-	-	D10 - 100	D10 - 150

FEMILIK	PERENCANA	REVISI	PROYEK	BANGUNAN :	SKALA :	DIGAMBAR :	KODE - GAMBAR	LEMBAR NO.
			<p>NARIBA SUITE JL. MAMPANG PRAPATAN RAYA No. 39, JAKARTA SELATAN</p>	SITE PLAN	1 : 150		STR	ST-III-12
				JUDUL GAMBAR :	DIPERIKSA :	DSETUJUI :		
				DETAIL BALOK LT. 5, 6				

DETAIL BALOK LT. 7

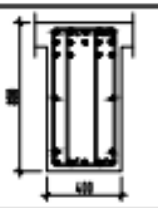
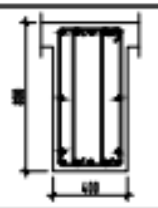
TYPE BALOK	TYPE BALOK B8A		TYPE BALOK B9A		TYPE BALOK B10A		TYPE BALOK B11A		TYPE BALOK B12A	
	TUMPUAN	LAPANGAN	TUMPUAN	LAPANGAN	TUMPUAN	LAPANGAN	TUMPUAN	LAPANGAN	TUMPUAN	LAPANGAN
DIMENSI	300 x 500		300 x 500		300 x 500		550 x 800		300 x 500	
TUL. ATAS	7 D18	3 D18	7 D18	5 D18	5 D18	3 D18	10 D18	5 D18	10 D18	5 D18
TUL. BAWAH	3 D18	4 D18	5 D18	5 D18	3 D18	3 D18	6 D18	6 D18	5 D18	8 D18
TUL. TENGAH	2 D13	2 D13	2 D13	2 D13	2 D13	2 D13	4 D13	4 D13	2 D13	2 D13
TUL. SENGKANG	D10 - 100	D10 - 150	D10 - 100	D10 - 150	D10 - 100	D10 - 150	D10 - 100	D10 - 150	D10 - 100	D10 - 150

TYPE BALOK	TYPE BALOK B13A		TYPE BALOK B14A		TYPE BALOK B15A		TYPE BALOK B16A		TYPE BALOK B17A	
	TUMPUAN	LAPANGAN	TUMPUAN	LAPANGAN	TUMPUAN	LAPANGAN	TUMPUAN	LAPANGAN	TUMPUAN	LAPANGAN
DIMENSI	300 x 500		300 x 500		300 x 600		300 x 600		300 x 500	
TUL. ATAS	9 D18	3 D18	10 D18	4 D18	9 D18	6 D18	9 D18	6 D18	5 D18	3 D18
TUL. BAWAH	6 D18	6 D18	6 D18	10 D18	6 D18	6 D18	6 D18	6 D18	3 D18	3 D18
TUL. TENGAH	2 D13	2 D13	2 D13	2 D13	2 D13	2 D13	2 D13	2 D13	2 D13	2 D13
TUL. SENGKANG	D10 - 100	D10 - 150	D10 - 100	D10 - 150	D10 - 100	D10 - 150	D10 - 100	30B - 150	D10 - 100	D10 - 150

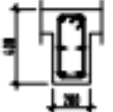
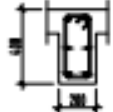
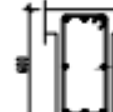

TYPE BALOK	TYPE BALOK B18		TYPE BALOK B19A		TYPE BALOK B19A		TYPE BALOK B20		TYPE BALOK WF-1	
	TUMPUAN	LAPANGAN	TUMPUAN	LAPANGAN	TUMPUAN	LAPANGAN	TUMPUAN	LAPANGAN	TUMPUAN	LAPANGAN
DIMENSI	300 x 500		300 x 500		300 x 600		300 x 500		200 x 100 x 5.5 x 8	
TUL. ATAS	3 D18	3 D18	3 D18	3 D18	12 D18	4 D18	3 D18	3 D18	-	-
TUL. BAWAH	3 D18	3 D18	3 D18	3 D18	6 D18	8 D18	3 D18	3 D18	-	-
TUL. TENGAH	2 D13	2 D13	2 D13	2 D13	2 D13	2 D13	2 D13	2 D13	-	-
TUL. SENGKANG	D10 - 100	D10 - 100	D10 - 100	D10 - 150	D10 - 100	D10 - 150	D10 - 100	D10 - 100	-	-

PEMILIK	PERENCANA	REVISI	PROYEK	BANGUNAN :	SKALA :	DIGAMBAR :	KODE - GAMBAR	LEMBAR NO.
				SITE PLAN	1 : 150			
			NARIBA SUITE JL. MAMPANG PRAPATAN RAYA No. 39, JAKARTA SELATAN	JUDUL GAMBAR :	DIPERIKSA :	DISETJUI :	STR	ST-III-13
				DETAIL BALOK LT. 7				

DETAIL BALOK LT. 7 (LANJUTAN)

TYPE BALOK	TYPE BALOK B20A	
	TUJUAN	LAPANGAN
		
DIMENSI	400 X 800	
TUL. ATAS	6 D19	5 D19
TUL. BAWAH	3 D19	3 D19
TUL. TENGAH	2 D13	2 D13
TUL. SENGKANG	D18 - 100	D18 - 150

DETAIL BALOK LT. ATAP TANGGA

TYPE BALOK	TYPE BALOK B21		TYPE BALOK B22	
	TUJUAN	LAPANGAN	TUJUAN	LAPANGAN
				
DIMENSI	300 X 400		300 X 400	
TUL. ATAS	2 D19	2 D19	3 D19	3 D19
TUL. BAWAH	2 D19	2 D19	3 D19	3 D19
TUL. TENGAH	2 D13	2 D13	2 D13	2 D13
TUL. SENGKANG	D18 - 150	D18 - 200	D18 - 100	D18 - 150

PEMILIK	PERENCANA	REVISI	PROYEK	BANGUNAN :	SKALA :	DIGAMBAR :	KODE - GAMBAR	LEMBAR NO.
				SITE PLAN	1 : 150			
			<p>NARIBA SUITE</p> <p>JL. MAMPANG PRAPATAN RAYA No. 39, JAKARTA SELATAN</p>	JUDUL GAMBAR :	DIPERIKSA :	DISETUIJ :	STR	ST-III-14
				DETAIL BALOK LT. ATAP TANGGA				

