

**ANALISIS KETAHANAN STRUKTUR MASJID MADINAH
TGK. JAPAKEH TERKAIT PERUBAHAN
PETA GEMPA INDONESIA**

TUGAS AKHIR

Untuk Memenuhi Sebagian dari Syarat-syarat
yang Diperlukan untuk Memperoleh
Ijazah Sarjana Teknik

Oleh

MUHAMMAD ZAKI
NIM: 1703120168



PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH ACEH
BATHOH – BANDA ACEH
2022

LEMBAR PENGESAHAN FAKULTAS

Tugas Akhir dengan judul “Analisis Ketahanan Struktur Masjid Madinah Tgk.Japakeh Terkait Perubahan Peta Gempa Indonesia”, disusun oleh:

Nama Mahasiswa : Muhammad Zaki
NIM : 1703120168
Program Studi : Teknik Sipil

Diajukan untuk memenuhi sebagian dari syarat-syarat yang diperlukan guna memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Aceh, telah lulus pada tanggal 22 Febuari 2022.

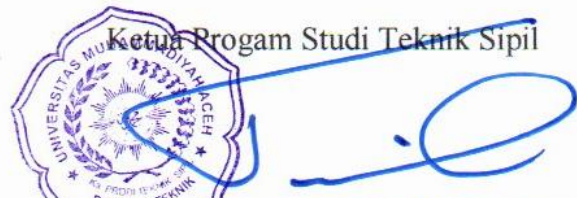
Banda Aceh, 22 Febuari 2022

Disetujui Oleh,

Dosen Pembimbing



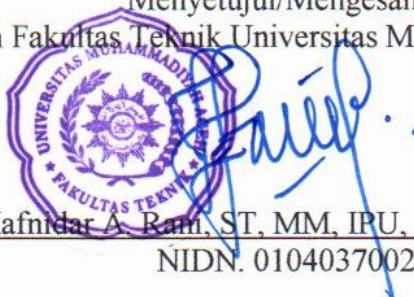
Ir. Munawir, ST, MT, IPM,
ASEAN Eng
NIDN. 0129068303



Ketua Progam Studi Teknik Sipil

Ir. Tamalkhani, ST, M.Eng. Sc, IPM,
ASEAN,Eng
NIDN. 1327108201

Menyetujui/Mengesahkan
Dekan Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Aceh



Dr. Ir. Hafnidar A. Rani, ST, MM, IPU, ASEAN Eng, ACPE
NIDN. 0104037002

LEMBAR PENGESAHAN PROGRAM STUDI

Analisis Ketahanan Struktur Masjid Madinah Tgk.Japakeh
Terkait Perubahan Peta Gempa Indonesia,
Disusun oleh

Nama Mahasiswa : Muhammad Zaki
NIM : 1703120168
Program Studi : Teknik Sipil

Tugas Akhir ini merupakan salah satu persyaratan untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik Strata-1 (S-1) di Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Aceh.

Tugas Akhir ini telah diperiksa dan disetujui oleh Dosen Pembimbing dan Dosen Penguji untuk disahkan.

Banda Aceh, 22 Febuari 2022

Dosen Pembimbing



Ir. Munawir, ST, MT, IPM, ASEAN Eng
NIDN. 0129068303

Dosen Penguji I



Agustrar, ST, MT, IPM
NIDN. 0018087003

Dosen Penguji II



Akmal, ST, M.Eng, IPM
NIDN. 1308068301

Mengetahui,
Ketua Program Studi Teknik Sipil



Ir. Tamal Khani, ST, M.Eng.Sc, IPM, ASEAN Eng
NIDN. 1327108201

PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : Muhammad Zaki

Nim : 1703120168

Dengan ini menyatakan dengan sesungguhnya bahwa:

1. Di dalam tugas akhir saya tidak terdapat bagian atau satu kesatuan yang utuh dari tugas akhir/skripsi, tesis, disertasi, buku, atau bentuk lain yang saya kutip dari karya orang lain tanpa saya sebutkan sumbernya yang dapat dipandang sebagai tindakan penjiplakan.
2. Sepanjang pengetahuan saya juga tidak terdapat reproduksi karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan oleh orang lain yang dijadikan seolah-olah karya asli saya sendiri.
3. Apabila ternyata terdapat dalam tugas akhir saya bagian-bagian yang memenuhi unsur penjiplakan, maka saya menyatakan kesediaan untuk dibatalkan sebagian atau seluruhnya.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya untuk dapat dipergunakan seperlunya.

Banda Aceh, 22 Februari 2022
Saya yang membuat pernyataan,



Muhammad Zaki
NIM:1703120168

KATA PENGANTAR

“Bismillahirrahmanirrahim”

Syukur Alhamdulillah penulis panjatkan kehadiran Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat serta hidayah-Nya sehingga dengan seizin-Nya penulisan tugas akhir ini dapat diselesaikan pada waktunya. Shalawat dan salam semoga selalu tercurah kepada junjungan Nabi besar Muhammad SAW beserta keluarga dan sahabat-sahabat beliau yang telah seiring langkah membimbing umat manusia dari alam jahiliyah kealam islamiah, dan dari alam kebodohan kealam yang berilmu pengetahuan.

Tugas akhir yang berjudul “Analisis Ketahanan Struktur Masjid Madinah Tgk.Japakeh Terkait Perubahan Peta Gempa Indonesia” ditulis dalam rangka melengkapi dan memenuhi salah satu syarat yang diperlukan untuk menyelesaikan pendidikan pada Program Studi Teknik Sipil pada Universitas Muhammadiyah Aceh.

Dalam pelaksanaan penelitian dan penulisan tugas akhir ini, penulis memperoleh bantuan dan bimbingan dari berbagai pihak terutama Pembimbing. Untuk itu penulis menyampaikan ucapan terimakasih yang tulus kepada Bapak Ir. Munawir, ST, MT, IPM, ASEAN Eng selaku pembimbing tugas akhir ini.

Selanjutnya pada kesempatan ini, penulis mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Ibu Dekan Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Aceh, Ibu Dr. Ir. Hafnidar A. Rani, ST, MM, IPU, ASEAN Eng.
2. Bapak Ketua Prodi Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Aceh, Bapak Ir. Tamalkhani, ST, M. Eng.Sc, IPM, ASEAN Eng.
3. Sekretaris Prodi Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Aceh, Ibu Cut Nawalul Azka, S.ST, MT, IPP.
4. Bapak Agustiar, ST, MT, IPM selaku Penguji I dan Bapak Akmal, ST, M.Eng, IPM selaku Penguji II yang telah memberikan banyak masukan untuk perbaikan buku ini.

5. Tenaga Pengajar Pada Prodi Teknik Sipil/Teknik Universitas Muhammadiyah Aceh.
6. Ayahanda dan Ibunda tercinta yang senantiasa memberikan doa serta dorongan semangat yang tinggi untuk keberhasilan dalam menyelesaikan tugas akhir ini.
7. Rekan-rekan yang telah banyak membantu, memberikan dukungan serta doa dalam proses penelitian dan penulisan tugas akhir ini, dan teman seperjuangan leting 2017 serta semua pihak yang telah membantu penulis sehingga mampu menyelesaikan tugas akhir ini.

Penulis menyadari sepenuhnya bahwa penulisan tugas akhir ini masih jauh dari kesempurnaan, oleh karena itu, dengan kerendahan hati penulis sangat mengharapkan kritik dan saran yang membangun dari kesempurnaan penulisan kedepannya. Semoga Allah SWT memberikan balasan yang setimpal atas jasa dan baik budi dari semua pihak.

Akhirnya kepada Allah SWT jugalah penulis berserah diri dan berharap semoga tulisan ini dapat berguna bagi pembaca, Amin.

Banda Aceh, 22 Februari 2022
Penulis

Muhammad Zaki
NPM : 1703120168

ANALISIS KETAHANAN STRUKTUR MASJID MADINAH TGK. JAPAKEH TERKAIT PERUBAHAN PETA GEMPA INDONESIA

Oleh :

Muhammad Zaki
NIM: 1703120168

Pembimbing
Ir. Munawir, ST, MT, IPM, ASEAN Eng

ABSTRAK

Bangunan masjid memiliki fungsi penting bagi kehidupan umat muslim terutama dalam melakukan ibadah sehari-hari. Konstruksi masjid harus mampu menahan beban dan gaya-gaya yang bekerja pada konstruksi, sehingga bangunan atau struktur aman dalam jangka waktu yang direncanakan. Bangunan Masjid Madinah Tgk.Japakeh dibangun pada tahun 2018 dengan merujuk kepada SNI sebelumnya. Masjid yang dibangun tersebut berada pada lokasi bangunan masjid lama yang telah rusak akibat gempa Pidie Jaya (2016). Lokasi penelitian Masjid Madinah Tgk.Japakeh berlokasi di Desa Dayah Kruet,Kecamatan Meurah Dua,Kabupaten pidie jaya.Tujuan penelitian adalah mengetahui pengaruh perubahan nilai koefisien peta gempa 2019 terkait ketentuan gempa berdasarkan persyaratan SNI 2847-2019 terkait struktur Bangunan tahan gempa. Manfaat penelitian ini adalah dapat diketahui apakah hasil desain bangunan masjid berdasarkan data *detail engineering design* (DED) sudah memenuhi persyaratan sesuai pada SNI 1729:2019 dan SNI 2847:2019. Lingkup penelitian ini meliputi Beban yang diperhitungkan merujuk kepada Standar Nasional Indonesia (SNI) tahun 2019. Kapasitas struktur yang dievaluasi dibatasi terkait gaya dalam (aksial, lentur dan geser) berdasarkan SNI 2847:2019. Nilainya bervariasi pada setiap element struktur sesuai dimensi, panjang bentang, posisi dan besarnya pembebanan yang dipikul. Variasi nilai tersebut menyebabkan perbedaan luasan tulangan perlu pada elemen struktur balok (beam) dan besarnya rasio kapasitas penampang kolom. Langkah-langkah perhitungan menggunakan analisis dinamis. Bangunan gedung di analisis menggunakan SAP2000. Kombinasi pembebanan yang diperhitungkan sesuai *SNI 1726 2019*. Berdasarkan nilai hasil perhitungan yang dilakukan diperoleh kesimpulan Aman terhadap lentur. Sedangkan pada kolom diperoleh nilai sebesar 0,355 dan disimpulkan rasio kolom pada portal sudah memenuhi, dimana syaratnya $r < 1,00$. Adapun hasil analisa pada balok dapat disimpulkan bahwa keseluruhan dari elemen struktur pada bangunan masjid Madinah untuk kapasitas balok dan sloof sudah aman dan memenuhi syarat dimana as terpasang $>$ as perlu. Seperti pada balok 30 cm x 50 cm ,tulangan lentur perlu maksimum 361 mm dan tulangan lentur yang terpasang 1134,115 mm. Adanya beberapa bagian balok dan sloof yang mengalami kegagalan di beri tanda “V” pada perhitungan SAP2000, yang menandakan bahwa kegagalannya berupa keruntuhan geser.

Kata kunci : beban gempa ,ketahanan struktur, masjid,peta gempa , SNI-1726-2019

DAFTAR ISI

	Hal
PENGESAHAN FAKULTAS	i
PENGESAHAN PROGAM STUDI	ii
PERNYATAAN.....	iii
KATA PENGANTAR.....	iv
ABSTRAK	v
ABSTRACT.....	vi
DAFTAR ISI.....	vii
DAFTAR GAMBAR	ix
DAFTAR TABEL.....	x
DAFTAR LAMPIRAN	xii
BAB 1 PENDAHULUAN.....	1
BAB II TINJAUAN KEPUSTAKAAN.....	4
2.1 Stuktur Beton Bertulang	4
2.2 Elemen-elemen struktur	4
2.2.1 Pelat	4
2.2.2 Balok.....	5
2.2.3 Kolom	7
2.3 Sistem rangka pemikul momen khusus (SRPMK).....	8
2.4 Faktor reduksi kekuatan	9
2.5 Beban	10
2.5.1 Beban Gravitasi	10
2.5.2 Beban Gempa.....	11
2.6 Kombinasi Pembebanan	11
2.7 Metode Analisa Gempa	12
2.7.1 Analisa Statis Ekvivalen	13
2.7.2 Analisa Dinamis	14

2.7.3 Wilayah Gempa dan Kelas Situs Tanah	15
2.7.4 Faktor Keutamaan Gempa dan Kategori Resiko Bangunan dan Faktor Keutamaan Gempa	15
2.8 Sap2000	16
BAB III METODOLOGI PENELITIAN	18
3.1 Data bangunan	18
3.2 Pemodelan Struktur	19
3.3 Pembebanan	20
3.2.1 Beban mati	20
3.2.2 Beban hidup.....	21
3.2.3 Beban Gempa	21
3.4 Kombinasi Beban	22
3.5 Analisis gaya dalam	23
3.6 Analisis Kapasitas Elemen Struktur.....	24
BAB IV HASIL PEMBAHASAN	25
4.1 Hasil analisa struktur	25
4.2 Gaya aksial	25
4.3 Gaya geser	27
4.4 Momen	31
4.5 Torsi.....	33
4.6 Analisa kapasitas	36
4.6.1 Analisa kapasitas kolom	36
4.6.2 analisa kapasitas balok.....	40
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	46
5.1 Simpulan	46
5.2 Saran	47
DAFTAR KEPUSTAKAAN.....	48

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Tulangan lentur dan tulangan geser	6
Gambar 3.1 Pemodelan struktur bangunan masjid Madinah tkg.japakeh	19
Gambar 3.2 <i>properties define load pattern</i>	21
Gambar 3.3 Grafik spektra tanah sedang	22
Gambar 4.1 Gaya aksial pengaruh kombinasi beban mati (U1) dan kombinasi beban gempa (U4y)	25
Gambar 4.2 Perbandingan gaya aksial pengaruh kombinasi beban	26
Gambar 4.3 gaya geser pengaruh kombinasi beban mati (U1) dan kombinasi beban gempa (U5y)	28
Gambar 4.4 Perbandingan gaya geser beban kombinasi gempa dan kombinasi beban mati pada portal as $y = 0$	29
Gambar 4.5 Momen yang timbul akibat pengaruh kombinasi beban mati (U1) dan kombinasi beban gempa (U5y)	31
Gambar 4.6 Perbandingan gaya momen kombinasi beban mati dan kombinasi beban gempa	32
Gambar 4.7 Torsi akibat pengaruh kombinasi beban gempa (U1) dan kombinasi beban mati (U5y)).....	34
Gambar 4.8 Torsi akibat pengaruh kombinasi beban gempa (U1) dan kombinasi beban mati (U5y)).....	35
Gambar 4.9 Perbandingan rasio kolom portal as $y = 0$ dan as $y = 3,5$	37
Gambar 4.10 Perbandingan rasio kolom portal as $y = 24.5$ dan as $y = 28$	39
Gambar 4.11 Perbandingan rasio kolom portal as $y = 24,5$ dan as $y = 28$	40
Gambar 4.12 Hasil tulangan perlu elevasi $z = 0.1$	41
Gambar 4.13 hasil tulangan perlu elevasi $z = 6$	42
Gambar 4.14 Hasil tulangan perlu elevasi $z = 8.5$	43
Gambar 4.15 kegagalan akibat gaya geser pada sloof E -0,1 dan E + 6,1	44

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1	Tebal minimum balok prategang ataupun satu arah	5
Tabel 2.2	Faktor kekuatan reduksi	9
Tabel 2.3	Kategori resiko bangunan SNI (2019)	16
Tabel 2.4	faktor keutamaan gempa SNI (2019)	16
Tabel 3.1	Mutu bahan yang digunakan	18
Tabel 3.3	Definisi kombinasi	23
Tabel 4.1	Hasil gaya aksial	27
Tabel 4.2	Hasil gaya geser	30
Tabel 4.3	Hasil dari gaya momen	33
Tabel 4.4	Hasil gaya torsi	36
Tabel 4.5	Cek kapasitas tulangan balok	43

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran A 3.1 Diagram Alir Penelitian Tugas Akhir.....	50
Lampiran A 3.2 Peta Provinsi Aceh	51
Lampiran A 3.3 Ss, Gempa maksimum yang dipertimbangkan risiko tertarget (MCER), SNI 03- 1726-2019.	52
Lampiran A 3.4 S1, Gempa maksimum yang dipertimbangkan risiko tertarget (MCER), SNI 03- 1726-2019.....	52
Lampiran A 3.5 S1, Grafik Respon Spectrum lokasi Masjid di Pidie Jaya	53
Lampiran A 3.6 Grafik Respon Spectrum Tanah sedang lokasi Masjid di Pidie Jaya	54
Lampiran A. 3.7 Pemodelan Struktur 3D space Frame	55
Lampiran A.3.8 Pemodelan Struktur 3D space Frame Grid	55
Lampiran A 3.9 Gambar Model 3D Section	56
Lampiran A.3.10 Gambar 3D Model Join	56
Lampiran A.3.11 Tampak atas Elevasi $Z= 6$ Model 2D Masjid Madinah di Pidie Jaya	57
Lampiran A.3.12 Tampak atas Elevasi $Z= 0.1$ Model 2D Masjid Madinah di Pidie Jaya	58
Lampiran A.3.13 Tampak atas Elevasi $Z= 8,5$ Model 2D Masjid Madinah di Pidie Jaya	59
Lampiran A.3.14 Tampak atas Elevasi $Z= 19,25$ Model 2D Masjid Madinah di Pidie Jaya	59
Lampiran A.3.15 Tampak atas Elevasi $Z= 22$ Model 2D Masjid Madinah di Pidie Jaya	60
Lampiran A.3.16 Portal As koordinat $Y = 0$ Model 2D Masjid Madinah di Pidie Jaya	60
Lampiran A.3.17 Tampak atas koordinat $Y = 3.5$ Model 2D Masjid Madinah di Pidie Jaya.....	61
Lampiran A.3.18 Beban kubah koordinat $X = 8.5$ Model 2D Masjid Madinah di Pidie Jaya.....	61

Lampiran A.3.19	Beban kuda-kuda koordinat $X = 8.5$ Model 2D Masjid Madinah di Pidie Jaya.....	62
Lampiran A.3.20	Beban plat Elevasi $Z = 6$ Model 2D Masjid Madinah di Pidie Jaya	62
Lampiran A.3.21	Beban dinding koordinat $y = 10.5$ Model 2D Masjid Madinah di Pidie Jaya.....	63
Lampiran A.3.22	Beban dinding koordinat $y = 28$ Model 2D Masjid Madinah di Pidie Jaya	63
Lampiran A.3.23	<i>Define material</i>	64
Lampiran A.3.24	<i>Load Pattern</i>	64
Lampiran A.3.25	<i>Load Case</i>	65
Lampiran A.3.26	<i>frame properties</i>	65
Lampiran A 3.27	3D model gaya aksial pengaruh beban	66
Lampiran A.3.28	Perbandingan gaya aksial pengaruh beban	66
Lampiran A.3.29	Perbandingan 3D model gaya aksial beban mati dan beban gempa.....	67
Lampiran A.3.30	Model momen akibat beban.....	67
Lampiran A.3.31	Momen pada portal As $y = 0$	68
Lampiran A.3.32	As perlu pada balok elevasi $E + 6$	69
Lampiran A.3.33	As perlu pada balok elevasi $E -0.1$	70
Lampiran A.3.34	Rasio Kapasitas Kolom portal As $x= 24$ e -0.1	71
Lampiran A.3.35	Rasio Kapasitas Kolom Portal As $x = 0$	71
Lampiran B.1	Tabel Tebal minimum balok prategang atau pelat satu	72
Lampiran B.2	Tabel faktor kekuatan reduksi	72
Lampiran B.3	Tabel Faktor keutamaan gempa dan kategori risiko struktur bangunan.....	73
Lampiran B.4	Tabel Faktor keutamaan gempa.....	75
Lampiran B.5	Tabel– Faktor R, Cd, dan $\square\square\square$ untuk sistem pemikul gaya seismik (lanjutan).....	76
Lampiran B.6	Mutu bahan yang digunakan.....	80

Lampiran B.7	Tabel Faktor keutamaan gempa dan kategori risiko struktur bangunan.....	81
Lampiran B.8	Tabel Definisi Kombinasi	82
Lampiran B.9	Tabel Rekap Gaya-Gaya Dalam	82
Lampiran B.10	Tabel koefisien respon spectra pidie jaya	83
Lampiran B.11	Hasil gaya aksial	84
Lampiran B.12	Tabel Hasil gaya geser	85
Lampiran B.13	Tabel Hasil gaya momen	85
Lampiran B.14	Tabel Hasil gaya Torsi.....	86
Lampiran B.15	Tabel Cek Kapasitas Tulangan Balok.....	87
Lampiran C1	Perhitungan gaya dalam maksimum dan minimum.....	88
Lampiran C2	Perhitungan cek kapasitas Balok	89
Lampiran D1	Denah Rencana	90
Lampiran D2	Tampak Timur	91
Lampiran D3	Tampak Selatan	92
Lampiran D4	Potongan A-A	93
Lampiran D5	Potongan B-B.....	94
Lampiran D6	Denah Rencana Sloof	95
Lampiran D7	Denah Rencana Kolom	96
Lampiran D8	Detail Penulangan 1	97
Lampiran D9	Detail Penulangan 2	98

BAB I

PENDAHULUAN

Bangunan masjid memiliki fungsi penting bagi kehidupan umat muslim terutama dalam melakukan ibadah sehari-hari. Sebuah bangunan masjid dituntut dapat digunakan sesuai fungsi dan mampu bertahan sesuai dengan yang direncanakan. Dalam perencanaan sebuah masjid harus memperhatikan beberapa aspek dari unsur kekuatan, kenyamanan, serta aspek ekonomis. Konstruksi masjid harus mampu menahan beban dan gaya-gaya yang bekerja pada konstruksi, sehingga bangunan atau struktur aman dalam jangka waktu yang direncanakan. Perlu disadari pula bahwa keadaan atau kondisi lokasi bangunan masjid mempengaruhi kekuatan gempa yang ditimbulkan dan berakibat pada bangunan itu sendiri.

Indonesia merupakan salah satu negara yang dikategorikan rawan terhadap gempa. Kondisi ini memberikan pengaruh besar dalam proses perencanaan struktur bangunan gedung. Maka dari itu, Badan Standarisasi Nasional mengeluarkan Standar Nasional Indonesia (SNI) terbaru berkaitan dengan perencanaan gedung. SNI 1726:2019, merupakan SNI terbaru yang mengatur tentang tata cara perencanaan ketahanan gempa untuk struktur bangunan gedung dan non gedung. Selain itu, Badan Standarisasi Nasional juga melakukan pembaruan peraturan agar lebih efektif dan efisiensi dalam perencanaan maupun pembangunan suatu gedung. SNI 2847:2019 merupakan SNI terbaru yang mengatur tentang persyaratan beton struktural untuk bangunan gedung. Pembaruan SNI tersebut guna menyempurnakan beberapa parameter pada SNI sebelumnya.

Bangunan Gedung Masjid Madinah Tgk.Japakeh dibangun pada tahun 2018 dengan merujuk kepada peraturan Standar Nasional Indonesia sebelumnya. Masjid yang dibangun tersebut berada pada lokasi bangunan masjid lama yang telah rusak akibat gempa Pidie Jaya (2016). Secara detail Masjid Madinah Tgk. Japakeh berlokasi di Desa Dayah Kruet, Kecamatan Meurah Dua, Kabupaten

Pidie Jaya. Berdasarkan data rekaman peristiwa gempa yang terjadi, maka pada lokasi masjid ini terjadi peningkatan nilai koefisien beban gempa yang berpengaruh terhadap bangunan gedung yang ditinjau. Perubahan koefisien gempa ini merujuk kepada data SNI 03-1726-2013 dan SNI 03-1726-2019 terkait penentuan wilayah gempa, koefisien gempa dan faktor keutamaannya.

Bangunan Masjid Madinah Tgk.Japakeh yang menjadi objek dalam penelitian ini, dimodelkan sebagai struktur portal ruang (space frame). Dimensi elemen struktur dan mutu bahannya (*data properties*) merujuk kepada *Detail Engineering Design* (DED). Adapun beban yang diperhitungkan merujuk kepada Standar Nasional Indonesia (SNI) tahun 2019. Beban yang diperhitungkan mencakup beban mati, beban hidup (baik di lantai maupun di atap) dan beban gempa.

Beban mati yang diperhitungkan pada bangunan gedung adalah berat beton bertulang, berat dinding pasangan bata merah, berat plat lantai, dan berat plafond dan penggantung. Perhitungan beban mati diperoleh dengan mengalikan volume beban dengan nilai berat jenisnya yang dikalkulasikan secara otomatis oleh SAP2000 dan diberikan beban mati tambahan sebesar: (a) Beban mati pada plat lantai atap = 105 kg/m^2 , (b) Beban kubah = $991,235 \text{ kg/m}^2$ dan (c) Beban mati dinding yang diuraikan sebagai beban dinding tinggi 6,1 m = 1525 kg/m^2 ; Beban dinding tinggi 0,5 = 125 kg/m^2 dan Beban dinding tinggi 1,2 m = 300 kg/m^2 . Sedangkan beban hidup dibagi menjadi beban terpusat dan terbagirata. Beban hidup atap akibat beban kuda-kuda diperhitungkan sebagai beban terpusat sebesar 616,87 kg. dan beban hidup pelat diperhitungkan sebagai beban terbagi rata pada lantai (area load) sebesar 100 kg/m^2 .

Adapun muatan gempa diperhitungkan senilai pengaruh suatu gaya horizontal yang bekerja pada konstruksi. Pada perhitungan ditetapkan nilai koefisien intensitas gempa berdasarkan pada daerah gempa dimana gedung yang ditinjau berada dihitung sesuai dengan menggunakan beban gempa dinamis. beban gempa dinamis tersebut diperhitungkan dengan menggunakan koefisien gempa yang dikalikan dengan massa bangunan. koefisien gempa diperoleh dari website <http://puskim.pu.go.id/> berdasarkan wilayah bangunan Masjid Tgk.

Japakeh, dengan PGA (g) = 0,336; Ss= 0,786 dan S1= 0,392. Pada analisa di SAP2000, koefisien gempa ini diuraikan dalam bentuk grafik spektra.

Berdasarkan hasil analisa struktur yang dilakukan diperoleh nilai gaya dalam (*internal force*) untuk setiap element struktur yang ditinjau berupa gaya aksial, gaya lintang dan momen serta torsi. Nilainya bervariasi pada setiap element struktur sesuai dimensi, panjang bentang, posisi dan besarnya pembebanan yang dipikul. Variasi nilai tersebut menyebabkan perbedaan luasan tulangan perlu pada elemen struktur balok (beam) dan besarnya rasio kapasitas penampang kolom akibat M-P diagram. Berdasarkan nilai hasil perhitungan yang dilakukan, luasan tulangan perlu dibandingkan dengan luasan tulangan yang tersedia berdasarkan data gambar DED dan diperoleh kesimpulan aman terhadap lentur. Seperti pada balok 30 cm x 50 cm, tulangan lentur perlu maksimum 361 mm² dan tulangan lentur yang terpasang 1134,115 mm². Sedangkan pada kolom diperoleh nilai rasio maksimum sebesar 0,355 terkait pengaruh momen dan gaya aksial dan disimpulkan rasio kolom pada portal sudah memenuhi, dimana syaratnya $r < 1,00$.

Lebih lanjut, berdasarkan analisa pola kegagalan dapat disimpulkan bahwa ada beberapa bagian balok dan sloof mengalami kegagalan. Dari hasil analisa SAP2000, bahwa balok dan sloof yang mengalami kegagalan di beri tanda “V” pada perhitungan SAP2000, yang menandakan bahwa kegagalannya berupa keruntuhan geser. Keruntuhan geser ini terjadi pada balok yang panjangnya pendek dan dominan dipengaruhi oleh pengaruh kombinasi gaya geser dan momen yang diperhitungkan.

BAB II

TINJAUAN KEPUSTAKAAN

2.1 Struktur Beton Bertulang

Mulyono (2005) berpendapat beton bertulang adalah beton yang menggunakan tulangan dengan jumlah dan luas tulangan tidak kurang dari nilai minimum yang disyaratkan, dengan atau tanpa pratekan dan direncanakan berdasarkan asumsi bahwa kedua material bekerja bersama-sama dalam menahan gaya yang bekerja.

Nawy dan Tawio (2010) balok didefinisikan sebagai salah satu dari elemen struktur portal dengan bentang yang arahnya horizontal, sedangkan kolom ialah suatu struktur yang mendukung beban aksial dengan atau tanpa momen lentur. Selanjutnya balok dan kolom ini menjadi satu kesatuan yang kokoh dan sering disebut sebagai kerangka (portal) dari suatu gedung.

McCormac (2004) menyebutkan beton bertulang adalah suatu kombinasi antara beton dan baja di mana tulangan baja berfungsi menyediakan kuat tarik yang tidak dimiliki oleh beton. Tulangan baja juga dapat menahan gaya tekan sehingga digunakan pada kolom dan pada berbagai kondisi lain yang akan dijelaskan kemudian.

2.2 Elemen-elemen struktur

Konstruksi bangunan merupakan suatu kerangka pokok fisik bangunan yang dirancang untuk dapat menahan beban-beban bangunan. Dalam konstruksi bangunan terdapat komponen struktur seperti balok, kolom dan pelat lantai.

2.2.1 Pelat

Kembuan et al., (2018) berdasarkan perbandingan antara panjang dan lebar, pelat dapat di klasifikasikan menjadi dua macam, yaitu pelat satu arah (*one way slab*) jika perbandingannya lebih besar atau sama dengan 2 dan pelat dua arah (*two way slab*) jika perbandingan lebih kecil dari pada 2. Pelat satu arah lazim dirancang sebagai balok dengan lebar tertentu dan diberi tulangan susut dan suhu pada arah tegak lurus tulangan lentur. Untuk pelat dua arah dapat

digunakan beberapa metode yaitu pendekatan semi elastis, metode garis leleh, metode jalur, atau dengan sembarang prosedur yang memenuhi syarat keseimbangan dan kompatibilitas geometris yang dapat dipertanggungjawabkan.

Asroni (2017) Pelat adalah komponen struktur bangunan yang berfungsi untuk menjaga agar beban hidup tetap lurus. Dimana perbandingan untuk catatan Partai langsung menahan beban hidup. Untuk pelat tempat Rasio sisi panjang (l_y) dan sisi pendek (l_x) ke lebih dari 2 dapat dikategorikan sebagai sistem pelat satu arah sementara rasio sisi panjang (l_y) dan sisi pendek (l_x) kurang dari 2, maka dapat menggunakan sistem pelat dua arah.

Pada tabel dibawah, dijelaskan tabel untuk tebal minimum balok non-prategang atau pelat satu arah bila lendutan tidak perlu diperhitungkan berdasarkan SNI 2847:2019.

Tabel 2.1 Tebal minimum balok prategang atau pelat satu arah

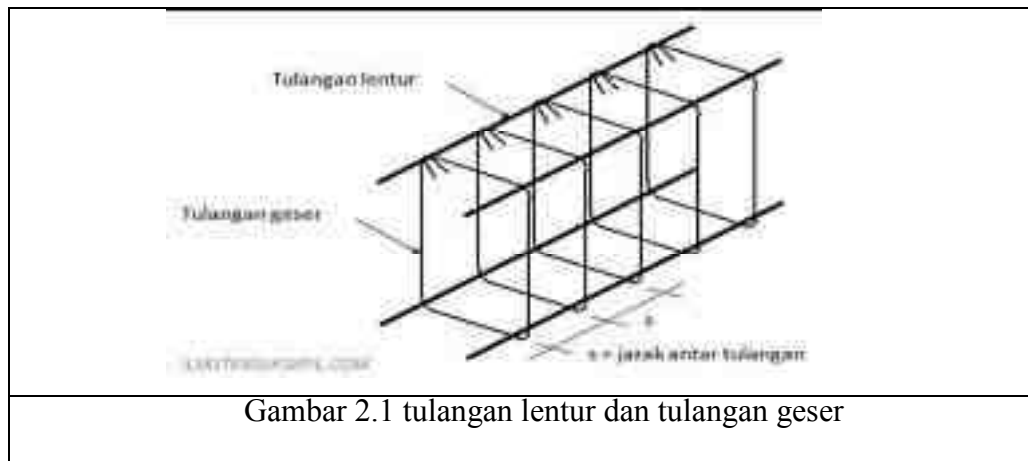
Komponen struktur	Tebal minimum, h			
	Tertumpu sederhana	Satu ujung menerus	Kedua ujung menerus	Kantilever
	Komponen struktur tidak menumpu atau tidak dihubungkan dengan partai atau konstruksi lainnya yang mungkin rusak oleh lendutan yang besar			
Pelat masif satu-arah	$\ell/20$	$\ell/24$	$\ell/28$	$\ell/10$
Balok atau pelat rusuk satu-arah	$\ell/16$	$\ell/16,5$	$\ell/21$	$\ell/8$
CATATAN: Panjang bentang dalam mm. Nilai yang diberikan harus digunakan langsung untuk komponen struktur dengan beton normal dan tulangan tulangan Mutu 420 MPa. Untuk kondisi lain, nilai di atas harus dimodifikasi sebagai berikut: (a) Untuk struktur beton ringan dengan berat jenis (equilibrium density), w_c , di antara 1440 sampai 1940 kg/m ³ , nilai tadi harus dikalikan dengan $(1,65 - 0,0003w_c)$ tetapi tidak kurang dari 1,09. (b) Untuk f_y selain 420 MPa, nilai-nilai harus dikalikan dengan $(0,8 + f_y/700)$.				

Tebal pelat dengan balok yang membentang di antara tumpuan pada semua sisinya, tebal minimumnya (h) harus memenuhi ketentuan termuat di SNI 2847:2019 pasal 8.3.2.1

2.2.2 Balok

Asroni (2017) menyampaikan bahwa balok merupakan bagian struktur yang digunakan sebagai dudukan lantai dan pengikat kolom lantai atas. Balok dapat didefinisikan sebagai salah satu dari elemen struktur portal dengan bentang yang arahnya horizontal, sedangkan portal merupakan kerangka utama dari struktur bangunan, khususnya bangunan Gedung (Suku, Y.L., 2018). Sebuah pendapat lain

dikemukakan oleh Nur (2009) menyatakan bahwa tinggi balok cukup diperkirakan sebesar 1/15 sampai 1/10 kali panjangnya. Tulangan lendutan maksimal tebal minimum selimut beton beserta jarak spasi tulangan yang semuanya termuat dalam SNI (2019^a) tentang balok sebagai berikut .



Gambar 2.1 tulangan lentur dan tulangan geser

Nawy (2010) dapat disimpulkan bahwa keruntuhan yang dialami, balok dapat dikelompokkan kedalam tiga kelompok sebagai berikut:

a. Penampang bertulang seimbang (*balance reinforced*)

Keruntuhan ditandai pada saat tulangan tarik mulai leleh tepat pada saat beton mencapai regangan batasnya. Pada awal keruntuhan, regangan tekan yang diizinkan pada serat tepi yang tertekan adalah 0,003 sedangkan regangan baja sama dengan regangan lelehnya, yaitu $\epsilon_s = f_y/E_s$.

b. Penampang beton bertulang (*over reinforced*)

Kondisi ini ditandai dengan hancurnya beton yang tertekan. Pada saat awal keruntuhan, regangan baja yang terjadi masih lebih kecil dari pada regangan lelehnya. Kondisi ini terjadi apabila tulangan yang digunakan lebih banyak dari pada yang diperlukan dalam keadaan *balance*.

c. Penampang bertulang kurang (*under reinforced*)

Keruntuhan ditandai dengan terjadinya leleh pada tulangan baja. Tulangan baja ini terus bertambah panjang dengan bertambahnya regangan diatas ϵ_y . Kondisi penampang demikian dapat terjadi apabila tulangan tarik yang dipakai pada balok kurang dari yang diperlukan untuk kondisi seimbang, jadi tulangan tarik yang dipakai harus lebih besar dari tulangan yang diperlukan.

Dewobroto (2005) berpendapat bahwa keruntuhan *over reinforced* harus dihindari dalam perencanaan beton bertulang karena keruntuhannya dimulai dari beton terlebih dahulu sedangkan tulangan baja masih dalam batas elastis. Jenis keruntuhan seperti ini sifatnya getas tiba-tiba tanpa didahului oleh lendutan yang cukup besar, khususnya bila beton tidak diberikan tulangan pengekang yang cukup

2.2.3 Kolom

Sebuah pendapat lain dikemukakan oleh Asroni (2010) dapat disimpulkan kolom adalah suatu struktur yang mendukung beban aksial dengan/tanpa memon lentur. Komponen struktur yang paling penting diperhatikan, karena apabila kolom ini mengalami kegagalan, maka dapat berakibat keruntuhan struktur bangunan atas dari gedung secara keseluruhan.

Apabila P_n adalah besar aksial dan P_b adalah beban aksial pada kondisi *balance*, maka:

- Jika $P_n < P_b$ disebut keruntuhan tarik
- Jika $P_n = P_b$ disebut keruntuhan *balance*
- Jika $P_n > P_b$ disebut keruntuhan tekan

Besarnya beban aksial pada kondisi *balance* ditentukan oleh persamaan berikut:

$$P_b = 0,85 f'_c \alpha_b \cdot b + A'_s f'_s - A_s f_y \quad (2.1)$$

$$\alpha_b = \beta_1 \cdot c_b \quad (2.2)$$

$$c_b = \frac{600 d}{600 + f_y} \quad (2.3)$$

dimana:

P_b = Beban aksial pada kondisi seimbang (N)

A_s = Luas tulangan tarik (mm^2)

A'_s = Luas tulangan tekan (mm^2)

α_b = Tinggi balok tegangan tekan beton segi empat ekuivalen pada keadaan seimbang (mm)

b = Lebar penampang (mm)

C_b = Jarak dari serat tekan terluar ke garis netral (mm)

f_s = Tegangan luluh tulangan (MPa)

β_l = Faktor reduksi tinggi balok tegangan tekan ekuivalen beton

Besarnya beban aksial maksimum tidak boleh melebihi nilai $\phi P_{n(max)}$, yaitu sebesar:

$$\phi P_{n(max)} = \phi \cdot 0,80 \cdot \{0,85 \cdot f_c \cdot (A_g - A_{st}) + f_y \cdot A_{st}\} \dots\dots\dots (2.4)$$

dimana:

A_g = Luas penampang kotor kolom (mm²)

A_{st} = Luas total tulangan longitudinal (mm²)

Berdasarkan SNI (2019) menetapkan bahwa untuk komponen struktur di mana f_y tidak meliputi 390 MPa, dengan tulangan simetris dan $(h-d-d_s)/h$ tidak kurang dari 0,7 maka nilai ϕ boleh ditingkatkan secara linier menjadi 0,8 seiring dengan berkurang nilai ϕP_n dari $0,10 f_c A_g$ ke nol..

2.3 Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus (SRPMK)

Jenis sistem rangka pemikul momen khusus Memiliki perilaku struktur dengan nilai daktilitas yang besar. Yang mana perilaku daktil yang besar memiliki keuntungan berupa tingkat resistensi gempa yang sangat tinggi. Sistem rangka pemikul momen khusus cocok digunakan untuk bangunan yang memiliki kategori desain seismik D, yang mana memiliki tingkat intensitas gempa yang tinggi dan kerawanan akan gaya gempa yang tinggi pula.

Sistem rangka pemikul momen khusus memiliki aturan yang cukup banyak untuk dipenuhi dalam segi tulangan pada tiap-tiap komponen struktur nya titik. Hal tersebut dikarenakan agar tingkat daktilitas yang tinggi dapat tercapai. Faktor reduksi dari sistem rangka pemikul momen khusus adalah sebesar 9 untuk jenis sistem rangka pemikul momen khusus beton bertulang. Selain faktor deformasi inelastis dari sisem rangka pemikul momen pada bangunan gedung dapat juga mempengaruhi dari perbedaan perilaku kinerja struktur gedung dalam mengalami daktilitas yang berbeda-beda .

2.4 Faktor Reduksi Kekuatan

Berdasarkan SNI (2019^a) menyampaikan bahwa kuat rencana suatu komponen struktur hanya diperhitungkan sebesar hasil kali kuat nominal dengan faktor reduksi kekuatan (ϕ). Besarnya faktor reduksi kekuatan untuk masing-masing kondisi komponen struktur rencana adalah sebagai berikut:

Tabel 2.2 faktor kekuatan reduksi

No	Gaya atau elemen struktur	ϕ	Pengecualian
1.	Momen, gaya aksial, atau kombinasi momen dan gaya aksial	0,65 – 0,90	Di dekat ujung komponen pratarik (<i>pretension</i>) dimana <i>strand</i> belum sepenuhnya bekerja, ϕ harus sesuai dengan
2.	Geser	0,75	Persyaratan tambahan untuk struktur tahan gempa terdapat pada 21.2.4
3.	Torsi	0,75	-
4.	Tumpu (<i>bearing</i>)	0,65	-
5.	Zona angkur pascatarik (<i>post-tension</i>)	0,85	-
6.	<i>Bracket</i> dan korbel	0,75	-
7.	<i>Strut, ties</i> , zona nodal, dan daerah tumpuan yang dirancang dengan <i>strut- and-tie</i> di Pasal 23	0,75	-
8.	Komponen sambungan beton pracetak terkontrol leleh oleh elemen baja dalam tarik	0,90	-
9.	Beton polos	0,60	-
10	Angkur dalam elemen beton	0,45 – 0,75	-

2.5 Beban

Beban yang biasa digunakan dalam struktur bangunan gedung meliputi beban gravitasi (beban mati dan beban hidup) dan beban lateral (beban gempa dan beban angin). Pembebanan struktur tersebut mengacu berdasarkan SNI 1727-2013 dan SNI 1727-2017 tentang Beban desain minimum dan kriteria terkait untuk bangunan gedung dan struktur lain

2.5.1 Beban Gravitasi

Pembebanan gravitasi yang digunakan berdasarkan SNI (2013^a) yaitu Beban Minimum untuk Perencanaan Bangunan Gedung dan Struktur Lain. Beban gravitasi dalam analisis bangunan Mesjid Madinah Tgk.Japakeh ini meliputi : beban mati (*dead load*) dan beban hidup (*live load*).

a. Beban Mati

Saputra et al. (2020) menyebutkan beban mati adalah seluruh bahan konstruksi bangunan gedung yang terpasang, termasuk dinding, lantai, atap, plafon, tangga, dinding partisi tetap, *finishing*, klading gedung dan komponen gedung arsitektural dan struktural lainnya serta peralatan layan terpasang lain termasuk berat derek dan sistem pengangkut material. Beban mati yang diperhitungkan dalam penelitian ini terdiri dari:

1. Berat kolom sendiri.
2. Berat sendiri balok induk, balok anak.
3. Berat pelat lantai

b. Beban Hidup

Keputusan SNI (2019^a), beban hidup adalah semua beban yang terjadi akibat penghunian atau penggunaan suatu gedung, dan kedalamnya termasuk beban-beban pada lantai yang berasal dari barang-barang yang dapat berpindah, mesin-mesin serta peralatan yang tidak permanen merupakan bagian yang tidak terpisahkan dari gedung dan dapat diganti selama masa hidup dari gedung itu, sehingga besarnya sesuai nilai-nilai pada tabel 2.5 pada lampiran .

Beban hidup yang digunakan dalam perencanaan bangunan gedung dan struktur lainnya harus merupakan beban maksimum yang diperkirakan akan terjadi akibat

hunian dan penggunaan bangunan tersebut. Intensitas beban hidup umumnya tidak selalu sama. Ada kalanya suatu bangunan mengalami peningkatan jumlah penghuni pada siang hari dan menurun pada malam hari.

2.5.2 Beban Gempa

Dalam prosedur perencanaan beban gempa untuk desain seagai gempa kuat berdasarkan SNI Gempa struktur bangunan tahan gempa pada prinsipnya oleh direncanakan terhadap beban yang direduksi dengan suatu factor modifikasi respon struktur (R), yang merupakan representasi tingkat daktilitas yang dimiliki struktur.

Dalam perencanaan dan evaluasi struktur bangunan Gedung dan non Gedung serta berbagai bagian dan peralatan secara umum.Gempa rencana ditetapkan sebagai gempa dengan mungkin terlewati besarnya selama umur struktur bangunan 50 tahun adalah sebesar 2%.penelitian ini berdasarkan SNI (2019^a)

2.6 Kombinasi Pembebanan

Struktur, komponen, dan fondasi harus dirancang sedemikian rupa sehingga kekuatan desainnya sama atau melebihi efek dari beban terfaktor dalam kombinasi berikut Berdasarkan SNI (2019^a).Berikut adalah persamaan kombinasi pembebanan :

$$U1 = 1.4D \dots\dots\dots (2.5)$$

$$U2 = 1,2D+1.6L+0.5(Lr \text{ atau } R)\dots\dots\dots (2.6)$$

$$U3 =1.2D+1.6 (Lr \text{ atau } R) + (L \text{ atau } 0.5W) \dots\dots\dots (2.7)$$

$$U4= 1.2D+1.0W + L+0.5 (Lr \text{ atau } R) \dots\dots\dots (2.8)$$

$$U5= 1.2D+1.0E+L \dots\dots\dots (2.9)$$

$$U6 = 0.9D+1.0W \dots\dots\dots (2.10)$$

$$U7= 0.9D-1.0E\dots\dots\dots (2.11)$$

$$E = Eh + Ev\dots\dots\dots (2.12)$$

$$E = Eh - Ev \dots\dots\dots (2.13)$$

$$Eh = \rho QE \dots\dots\dots (2.14)$$

$$E_v = 0.2S_d s D \dots\dots\dots (2.15)$$

Dimana

U= kuat perlu

D= beban mati

L= beban hidup

L_r= beban hidup atap

R= beban hujan

W= beban angin

E= beban gempa

E_h= pengaruh beban gempa horizontal

E_v= pengaruh beban gempa vertical

ρ = factor redudansi

Q_E = pengaruh beban gempa horizontal dari V atau F_p

S_d = parameter percepatan spektrum respons desain pada periode pendek

Pengaruh Beban Gempa (E), dimana pada persamaan 2.9 atau pada kombinasi beban U5 nilai beban gempa ditentukan dengan menggunakan rumus persamaan 2.12 . Pada persamaan 2.11 atau pada kombinasi beban U7 nilai beban gempa ditentukan menggunakan rumus persamaan 2.13.pada perhitungan beban gempa terdapat nilai pengaruh beban gempa horizontal dan pengaruh beban gempa vertical dimana nilai tersebut ditentukan menggunakan rumus persamaan 2.14 dan 2.15.

2.7 Metode Analisa Gempa

Respons yang terjadi pada struktur yang diakibatkan oleh gempa bumi yang terjadi dapat dianalisis dengan menggunakan analisa beban gempa yang sesuai dengan SNI 1726:2019. Pada SNI 1726:2019 ini terdapat perubahan seperti pembaharuan peta gempa untuk wilayah Indonesia serta berbagai besaran yang telah dikoreksi.analisis yang dilakukan berdasarkan lokasi wilayah peta gempa Indonesia 2019.

Analisis beban gempa dapat dilakukan dengan berbagai metode di antara lain: analisa statik ekuivalen, analisa respon spektrum, dan analisa riwayat waktu (*Time History*). Menurut Widodo (2001) analisis riwayat waktu (*Time History*) merupakan metode yang paling mendekati besarnya beban gempa aktual. Untuk itu, penyederhanaan dilakukan oleh para ahli gempa sehingga menjadikan efek beban dinamik oleh gempa menjadi gaya statis arah horizontal yang bekerja pada pusat massa, metode ini disebut dengan metode analisis statik ekuivalen.

2.7.1 Analisa Statis Ekuivalen

Analisa metode statik ekuivalen merupakan suatu analisis yang hanya mempertimbangkan getar mode atau ragam pertama. Ragam mode pertama tersebut dapat diasumsikan mengikuti sebuah garis lurus. Respons struktur yang diakibatkan gempa sangat dipengaruhi oleh bentuk geometri bangunan itu sendiri. Menurut Pauly dan Priestley, Bangunan yang memiliki bentuk yang beraturan memiliki ketahanan atas gempa lebih tinggi daripada bangunan yang memiliki bentuk geometris yang tidak beraturan.

Berdasarkan pendapat Asroni (2010) dapat disimpulkan bahwa untuk struktur gedung beraturan, beban gempa nominal yang bekerja pada struktur gedung boleh dihitung berdasarkan analisis beban gempa *statik ekuivalen* sebagai berikut :

1. Beban geser dasar nominal *statik ekuivalen* (V)

$$V = \frac{C_1 \cdot I}{R} \cdot W_t \dots\dots\dots(2.16)$$

dimana:

V = Beban (gaya) geser dasar nominal *statik ekuivalen* akibat pengaruh gempa rencana yang bekerja di tingkat dasar struktur, kN

C₁ = Nilai faktor respon gempa yang diperoleh dari *spectrum respon* gempa rencana untuk waktu getar alami *fundamental* dari struktur gedung

I = Faktor keutamaan gedung

R = Faktor reduksi gempa

W_t = Berat total gedung

2. Waktu getar alami *fundamental* (T_1)

Berdasarkan SNI (2019^b) dapat disimpulkan pedoman Perencanaan Ketahanan Gempa untuk rumah dan gedung, waktu getar yang dialami gedung dihitung dengan rumus 2.17 dan 2.18 yang dibedakan sesuai bahan atau material yang digunakan.

- Pada konstruksi Portal baja

$$T_1 = 0,085.H^{3/4} \dots\dots\dots(2.17)$$

- Pada konstruksi Portal beton

$$T_1 = 0,06.H^{3/4} \dots\dots\dots(2.18)$$

Dimana

H = tinggi Gedung (meter)

T = waktu getar (detik)

2.7.2 Analisis Dinamis

Harahap dan Fauzan (2019) Pada analisa dinamis perhitungan analisa gaya gempa memperhitungkan juga aspek khusus yang tidak terdapat dalam analisa statis. analisa ini cukup sering digunakan pada bangunan yang memiliki bentuk geometris yang tidak beraturan. Dari segi analisis dinamik, hal ini bukan menjadi masalah, dengan adanya berbagai program komputer canggih saat ini yang memiliki kemampuan tinggi menganalisis struktur rumit, sejatinya juga dipakai juga untuk mengontrol perilaku struktur tersebut dalam responnya terhadap gempa. Pada analisa beban gempa dinamis dapat menggunakan software analisa struktur seperti SAP2000 dan STAAD Pro.

Pait et al. (2021) Analisis dinamis dapat dilakukan dengan menggunakan metode elastis maupun inelastis. Pada metode elastis dibedakan Analisis Riwayat Waktu dimana pada cara ini diperlukan rekaman percepatan gempa dan Analisis Ragam Spektrum Respons , yang mana pada cara ini respons maksimum dari tiap ragam getar yang terjadi didapat dari Spektrum Respons Rencana Sedangkan pada analisis dinamis inelastis, metode yang digunakan untuk mendapatkan nilai respons struktur akibat pengaruh gempa yang kuat dengan menggunakan cara integrasi langsung.

2.7.3 Wilayah Gempa dan Kelas Situs Tanah

Berdasarkan SNI 03-1726-2019 menunjukan peta gempa maksimum (MCER) parameter gerak tanah S_s dan S_1 . Dimana untuk peta gempa S_s dan S_1 dapat dilihat di lampiran A.23 dan A.2.4 Untuk mendapatkan data Respons Spektrum yang digunakan dalam merencanakan gempa, dapat mengunjungi *website* Pusat Penelitian dan Pengembangan Pemukiman yaitu [puskim.pu.go.id/aplikasi desain spektra indonesia](http://puskim.pu.go.id/aplikasi-desain-spektra-indonesia).

Penetapan kelas situs tanah harus melalui penyelidikan tanah di lapangan dan di laboratorium, yang dilakukan oleh otoritas yang berwenang atau ahli desain geoteknik bersertifikat. Berdasarkan sifat-sifat tanah pada situs, maka situs harus diklasifikasi sebagai kelas situs SA, SB, SC, SD, SE, atau SF. Berikut persamaannya.

$$S_{MS} = F_a S_s \dots\dots\dots (2.19)$$

$$S_{M1} = F_v S_1 \dots\dots\dots (2.20)$$

Dimana :

S_s = parameter respons spektral percepatan gempa MCER terpetakan untuk periode pendek

S_1 = parameter respons spektral percepatan gempa MCER terpetakan untuk periode 1,0 detik

2.7.4 Faktor Keutamaan Gempa dan Kategori Resiko Bangunan

Untuk berbagai kategori risiko struktur bangunan gedung dan non gedung sesuai Tabel 2.3. pengaruh gempa rencana terhadapnya harus dikalikan dengan faktor keutamaan gempa I_e menurut Tabel 2.4 .Dimana faktor keutamaan gempa dan kategori resiko bangunan merupakan bagian penting dalam perancangan dan analisis pada struktur bangunan. gempa rencana didefinisikan sebagai gempa dengan kemungkinan melebihi besarnya selama umur struktur bangunan 50 tahun adalah 2 persen dengan periode ulang 2500 tahun. Bisa dilihat di bawah ini merupakan tabel kategori resiko bangunan dan tabel faktor keutamaan gempa sesuai dengan SNI (2019^b).

Tabel 2.3 Kategori resiko bangunan SNI (2019^b)

Jenis Pemanfaatan	Kategori Risiko
Gedung dan non gedung yang ditunjukkan sebagai fasilitas yang penting, termasuk, tetapi tidak dibatasi untuk : - Bangunan-bangunan monumental - Gedung sekolah dan fasilitas pendidikan - Rumah ibadah - Rumah sakit dan fasilitas kesehatan lainnya yang memiliki fasilitas bedah dan unit gawat darurat - Fasilitas pemadam kebakaran, ambulans, dan kantor polisi, serta garasi kendaraan darurat - Tempat perlindungan terhadap gempa bumi, angin badai, dan tempat perlindungan darurat lainnya - Fasilitas kesiapan darurat, komunikasi, pusat operasi dan fasilitas lainnya untuk tanggap darurat - 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 non gedung yang dibutuhkan untuk mempertahankan fungsi struktur bangunan lain yang masuk ke dalam kategori risiko IV.	IV

Berdasarkan jenis pemanfaatan nya sesuai tabel 2.3 ,berikutnya ditetapkan faktor keutamaan gempa (I_e) sesuai kategori resiko bangunan pada tabel 2.4.

Tabel 2.4 Faktor keutamaan gempa SNI (2019^b)

Kategori Risiko	Faktor Keutamaan Gempa, I_e
I atau II	1,0
III	1,25
IV	1,5

2.8 SAP2000

Alkhaly (2012) berpendapat, SAP (*Structural Analysis Program*) merupakan perangkat lunak komputer yang diperuntukkan bagi analisis dan desain struktur bangunan sipil. Program ini merupakan hasil kerja riset pada Universitas Barkeley, California, USA, oleh Prof. Edward L. Wilson beserta koleganya yang dimulai sejak tahun 1970an.

Program ini akan sangat membantu menyelesaikan perhitungan-perhitungan struktur teknik sipil dalam waktu yang relatif singkat. Program dapat menganalisis beban statik dan beban dinamik secara bersamaan. Namun demikian, perlu dicatat bahwa tidak ada satupun program komputer yang dapat menggantikan pendapat atau pertimbangan dan pengalaman seorang ahli struktur.

BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

Metodologi ini menguraikan metode dan cara menggunakan data berdasarkan teori dan rumus-rumus yang telah diuraikan pada tinjauan pustaka. Tujuan dari metodologi perencanaan ini adalah untuk menentukan tahapan-tahapan perhitungan yang dimulai dari perhitungan beban sampai dengan desain elemen struktur pada konstruksi gedung. Tahapan pekerjaan yang dilakukan dalam perencanaan struktur Bangunan Masjid Madinah TGK. Japakeh Pidie Jaya ini sesuai dengan SNI (2019)

3.1 Data Bangunan

Bangunan Mesjid yang direncanakan adalah Bangunan Masjid Madinah TGK. Japakeh Pidie Jaya berlokasi di Jalan Iskanda Muda Kecamatan Meurah Dua Kabupaten Pidie Jaya bagian elemen struktur dibatasi pada tinjauan portal yang terdiri dari balok dan kolom. Bangunan gedung tersebut mempunyai luas bangunan gedung 672 m^2 dengan tinggi lantai 6 m. Fungsi bangunan gedung ini sebagai sarana dan prasarana orang muslim untuk beribadah. Dimensi kolom Dan balok sudah diketahui untuk dimensinya diambil dari data DED. Denah, tampak, potongan dan denah portal dapat dilihat pada lampiran A.3.5 sampai dengan lampiran A.3.6.

Dalam perencanaan struktur beton bertulang perlu diketahui mutu bahan yang digunakan untuk menghitung kekakuan struktur tersebut. Masjid Madinah TGK. Japakeh Pidie Jaya ini direncanakan dengan data mutu bahan berdasarkan RKS adalah sebagai berikut:

Tabel 3.1 Mutu bahan yang digunakan

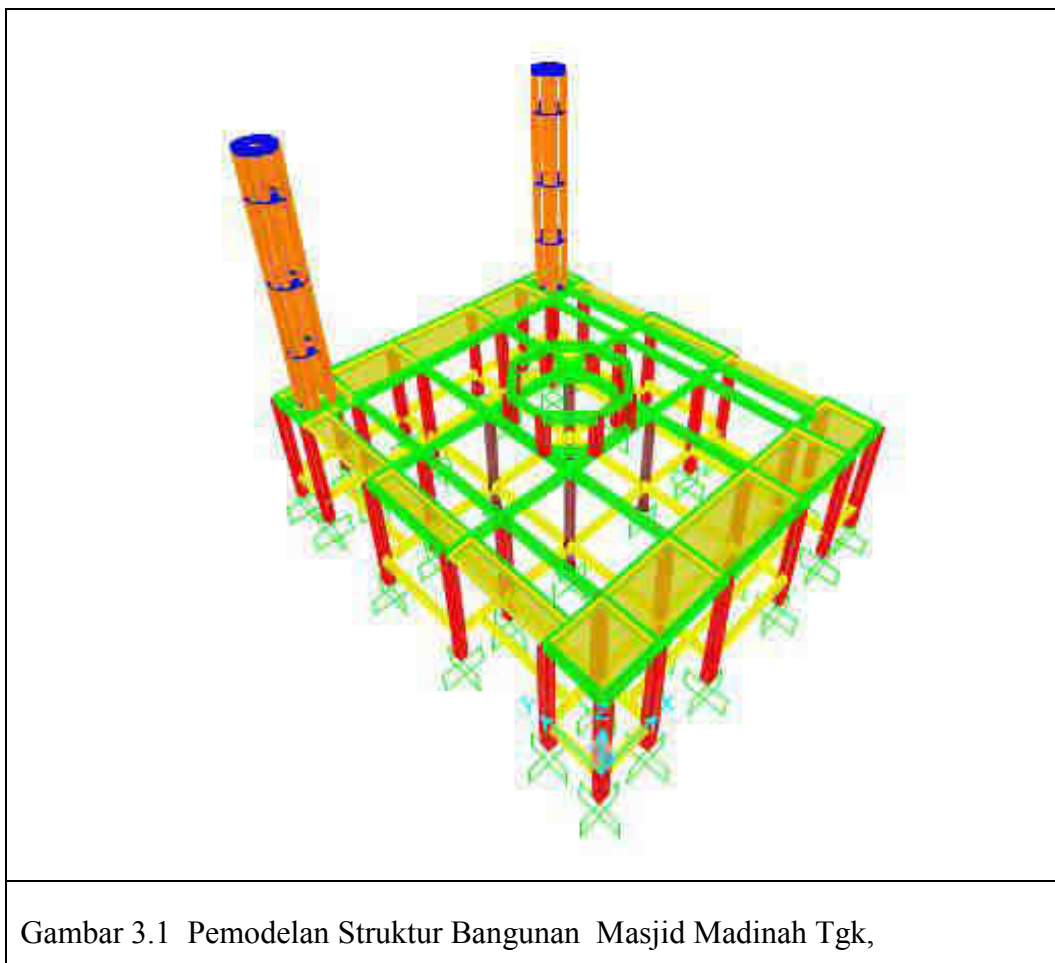
Keterangan	Mutu bahan (MPa)
Kuat tekan beton (f'_c)	21.15
Kuat tekan beton untuk geser (f'_{cs})	21,15
Tegangan leleh baja tulangan utama (f_y)	390

Tabel 3.1 Mutu bahan yang digunakan (lanjutan)

Keterangan	Mutu bahan
Tetgangan leleh tulangan geser (f_{ys})	240
Modulus elastisitas beton (E_c)	21614,890
Modulus elastisitas tulangan baja (E_s)	2×10^5

3.2 Pemodelan Struktur

Bangunan gedung dimodelkan sebagai bidang *portal ruang space* yang terdiri dari rangkaian balok dan kolom. Pemodelan struktur pada sap2000 dapat dilihat pada gambar dibawah ini.



Gambar 3.1 Pemodelan Struktur Bangunan Masjid Madinah Tgk,

3.3 Pembebanan

Struktur dan komponen struktur harus direncanakan hingga semua penampang mempunyai kuat rencana minimum sama dengan kuat perlu, yang dihitung berdasarkan kombinasi beban dan gaya terfaktor yang sesuai dengan ketentuan yang sedang berlaku. Kombinasi pembebanan yang diperhitungkan dalam perencanaan ini adalah beban-beban yang terdiri dari beban primer yang terbagi atas beban mati (*dead load*), beban hidup (*live load*), beban gempa (*earthquake load*). Sedangkan beban angin diabaikan karena lebih dominan pengaruh besar gempa.

3.3.1 Beban mati

Beban mati yang diperhitungkan pada bangunan gedung adalah berat beton bertulang, berat dinding pasangan bata merah, berat plat lantai, dan berat plafond dan penggantung. Berat mati pada setiap elemen struktur yang ada pada bangunan masjid madinah tdk.japakeh tidak perlu dihitung lagi dikarenakan sudah dikalkulasikan secara otomatis melalui program SAP2000. tetapi untuk berat mati tambahan harus dihitung. Perhitungan beban mati tambahan diperoleh dengan mengalikan volume beban dengan nilai berat jenisnya.

- Beban mati pada plat lantai atap

1. Beban mati finishing 2 cm = $0,025 \times 2500 = 62.5 \text{ kg/m}^2$
2. Plafon penggantung = $11 + 18 = 18 \text{ kg/m}^2$
3. Me / Ac = 25 kg/m^2

Berat total = 105 kg/m^2

- Beban kubah = 991.235 kg/m^2

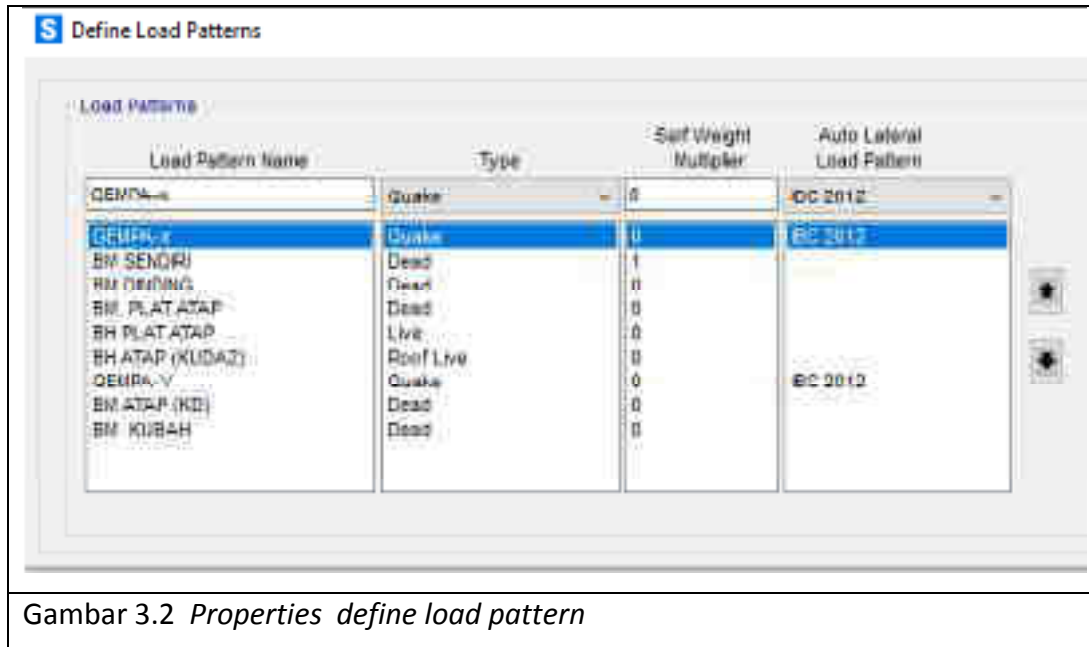
- Beban Atap kuda-kuda

1. P1 = 580.7 kg/m^2
2. P2 = 580.24 kg/m^2

- Beban mati dinding pada lantai

1. Beban dinding tinggi 6.1 m = 1525 kg/m^2
2. Beban dinding tinggi 0.5 = 125 kg/m^2
3. Beban dinding tinggi 1.2 = 300 kg/m^2

Input beban mati pada SAP2000 ke load pattern dapat dilihat pada gambar 3.2 di bawah ini.



Gambar 3.2 Properties define load pattern

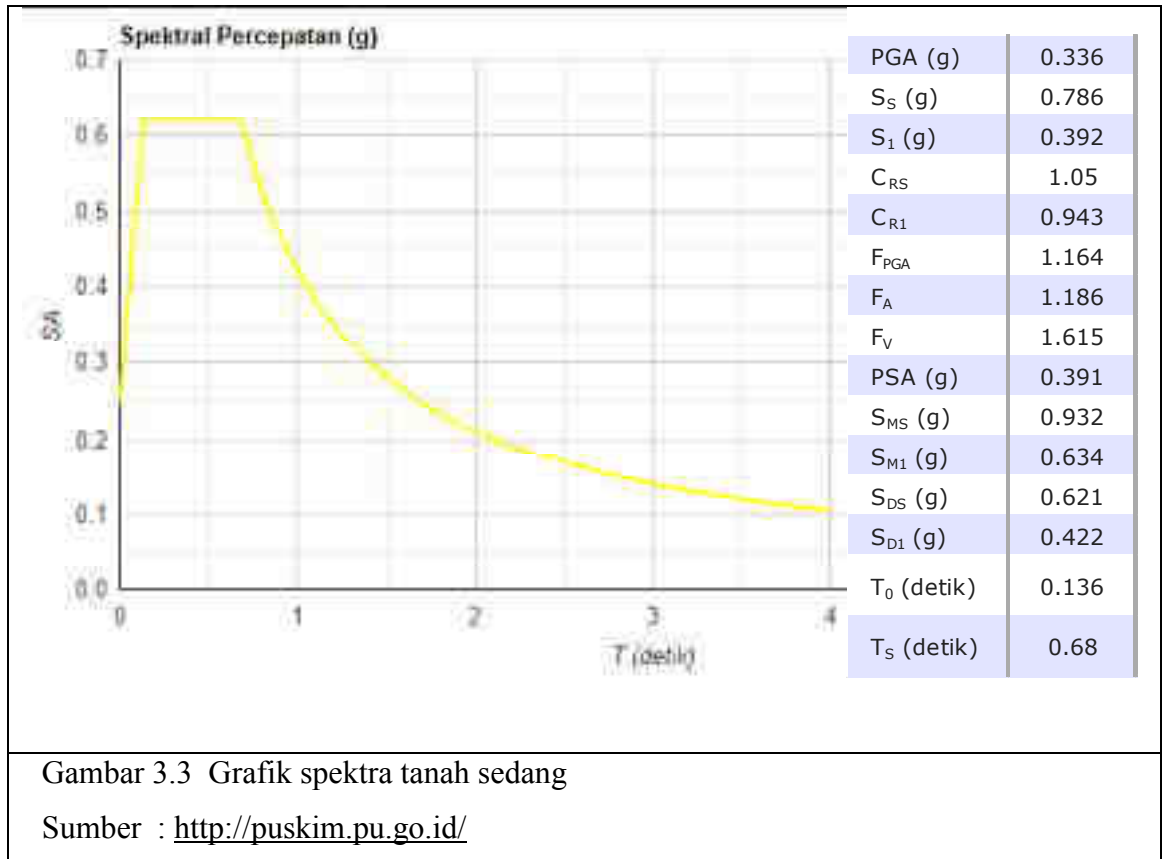
3.3.2 Beban Hidup

Beban hidup yang dipakai dalam perencanaan ini adalah beban yang merupakan beban terpusat untuk balok dan kolom untuk digunakan perhitungan beban-beban hidup yang bekerja pada struktur gedung tersebut . Beban hidup atap akibat beban kuda-kuda diperhitungkan sebagai beban terpusat sebesar 616.87 kg. dan beban hidup pelat diperhitungkan sebagai beban tebagi rata pada lantai (area load) sebesar 100 kg/m².

3.3.3 Beban Gempa

Muatan gempa diperhitungkan senilai pengaruh suatu gaya horizontal yang bekerja pada konstruksi. Pada perhitungan diperlukan nilai koefisien intensitas gempa berdasarkan pada daerah gempa dimana gedung yang ditinjau berada dihitung sesuai dengan menggunakan beban gempa dinamis . beban gempa dinamis terserbut diperhitungkan dengan menggunakan koefisien gempa yang dikalikan dengan massa bangunan .Koefisien gempa diperoleh dari website <http://puskim.pu.go.id/> berdasarkan wilayah bangunan Masjid Tgk. Japakeh.

diperoleh grafik respon spektra yang diperhitungkan tersebut dapat dilihat pada gambar dibawah ini.



3.4 Kombinasi Beban

Kombinasi beban didihitung berdasarkan menjadi dua bagian yaitu, berdasarkan Standar Nasional Indonesia (SNI 03-1726-2019) dan Berdasarkan Rancangan Standar Nasional Indonesia (RSNI 03-2847-2019). Sesuai rumus pada tinjauan pustaka untuk perhitungan kombinasi beban yang bekerja pada elemen struktur portal (balok dan kolom). Untuk kombinasi beban yang digunakan ada 5 kombinasi berdasarkan dari persamaan 2.5, 2.6, 2.7, 2.9 dan 2.11. Pada *software* SAP2000 kombinasi beban tersebut di input sesuai penjelasan pada tabel 3.3. Untuk penginputan kombinasi beban sesuai peraturan Standar Nasional Indonesia (SNI 03-2847-2019), dimana pada SAP2000 dinput pada fitur *load combination* dengan dikalkulasikan secara otomatis melalui program SAP2000

dan disesuaikan dengan persamaan kombinasi beban yang ada pada peraturan SNI 2019. Berdasarkan kombinasi yang ada pada bab 2 dapat dilihat pada tabel dibawah ini .

Tabel 3.3 Definisi Kombinasi

ComboName	ComboType	CaseName	ScaleFactor
U1	Linear Add	DL	1.4
U2	Linear Add	DL	1.2
U2		LL	1.6
U2		LLr	0.5
U3	Linear Add	DL	1.2
U3		LLr	1.6
U3		LL	1.
U4X	Linear Add	GEMPA rsx	1.
U4X		DL	1.2
U4X		LL	1.
U5 x	Linear Add	GEMPA rsx	1.
U5 x		DL	0.9
U5 y	Linear Add	GEMPA rsy	1.
U5 y		DL	0.9
U4Y	Linear Add	GEMPA rsx	1.
U4Y		DL	1.2
U4Y		LL	1.

Kombinasi beban tersebut menjadi dasar penentuan gaya rencana pada desain atau analisis elemen batang.

3.5 Analisis Gaya Dalam (*internal force*)

Pada tahap ini keseluruhan dari perhitungan dilakukan secara komputasi dengan bantuan program rekayasa komputer, yaitu SAP2000 versi 22. Setelah memasukkan data-data yang telah ditetapkan seperti data mutu bahan, tipe dan dimensi elemen struktur, beban-beban yang bekerja, serta data-data lain yang diperlukan pada saat perhitungan. Hasilnya dapat dilihat pada bab 4 dan lampiran.

Adapun keluaran (*output*) data analisis gaya berupa aksial momen gayageser dan torsi .untuk gaya- gaya dalam di output dalam bentuk tabel untuk masing-masing elemen,dimana diperoleh hasil gaya dalam maksimum dan minimum dari elemen balok dan kolom.

3.6 Analisis Kapasitas Elemen Struktur

Elemen yang telah direncanakan (*desain*) pada gambar dilakukan analisis kapasitasnya berupa kapasitas balok dan kolom. Analisis dilakukan secara komputansi dengan software SAP2000. . Hasil secara detail dapat dilihat pada bab 4 dan lampiran.pada analisis ini dilakukan perbandingan antara gaya dalam timbul pada balok dan kolom berdasarkan kombinasibeban terhadap kapasitas penampangnya .pada kolom di cek berdasarkan rasio kapasitas nya berdasarkan M-P diagram ,sedangkan balok dicek berdasarkan kebutuhan tulangnya dan dibandingkan dengan kestabilan yang tersedia.

BAB IV

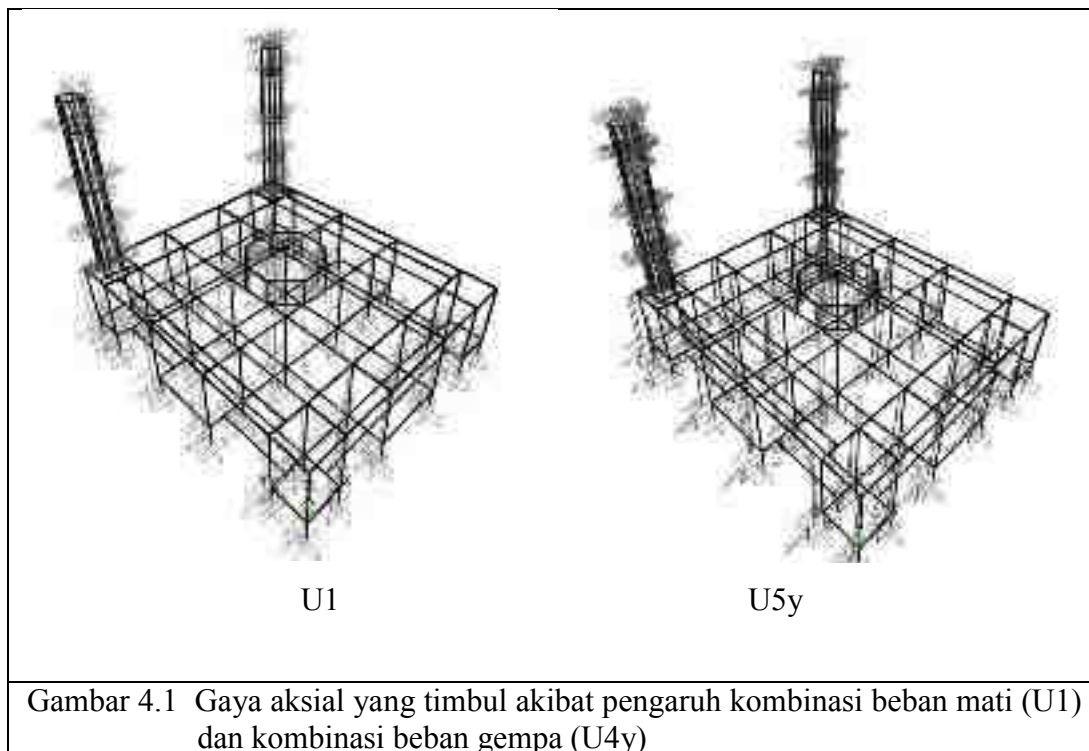
HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Hasil Analisa Struktur

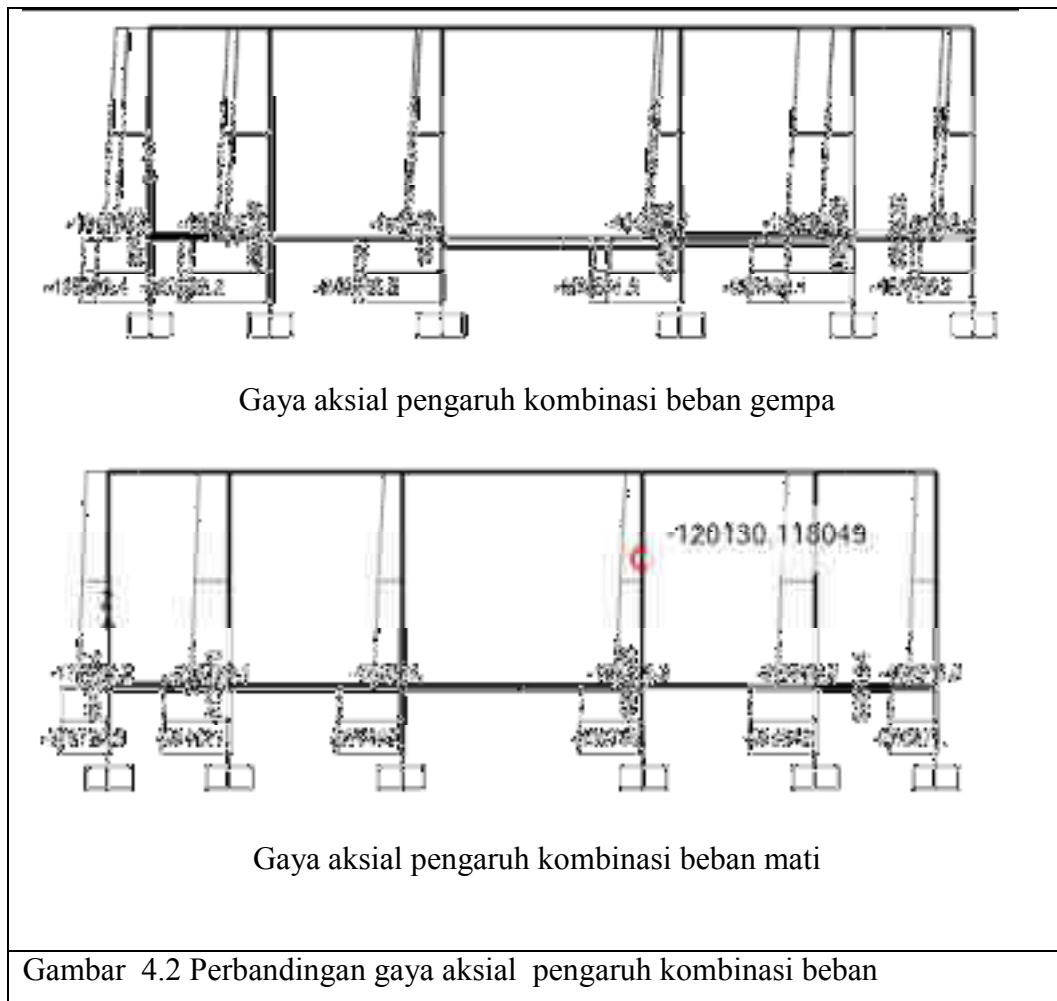
Dari pemodelan struktur pada bab 3 setelah dilakukan analisis diperoleh hasil berupa gaya aksial ,momen dan gaya lintang serta torsi . Hasil tersebut dapat ditampilkan dalam bentuk tabel dan diagram gaya batang tampilan 3D atau dalam bentuk portal bidang .hasil detail dapat dilihat pada lampiran dari gaya batang .Pada SAP2000 juga dapat menampilkan output berupa nilai rasio kapasitas pada kolom yang ditimbulkan akibat beban yang di input. Sehingga dari output tersebut sudah menjawab hasil penelitian ini.

4.2 Gaya Aksial

Hasil dari analisis pada SAP2000 terdapat gaya-gaya dalam termasuk gaya aksial pada bangunan ini , untuk melihat hasil gaya aksial Pada bangunan ini dapat dilihat pada gambar di bawah ini.



Perbandingan antara gaya aksial kombinasi beban gempa dan gaya aksial kombinasi beban mati .untuk perbandingannya secara 3D model dapat dilihat pada gambar 4.1 dan untuk perbandingan portal dapat dilihat pada gambar dibawah ini.



Perbandingan antara gaya aksial akibat pengaruh kombinasi beban gempa dan gaya aksial akibat pengaruh kombinasi beban mati ini bisa di dapat setelah melakukan analisis dengan SAP2000 .berdasarkan dari gambar diatas dapat dilihat besar pengaruh kombinasi beban gempa terhadap gaya aksial pada kolom dan balok secara keseluruhan. Dimana pada portal as $y = 0$ gaya aksial yang terjadi dapat kita lihat seperti di gambar ada gaya aksial yang terjadi akibat pengaruh dari kombinasi beban mati dan gaya aksial yang terjadi akibat pengaruh kombinasi beban gempa. Dapat disimpulkan bahwa gaya aksial yang terjadi pada portal as

y=0 lebih besar terhadap kombinasi beban gempa. Gaya aksial pada bangunan ini setelah analisis dan dapat di rekap gaya aksial maksimum dari setiap elemen batang dapat dilihat pada tabel 4.1 dibawah ini .

Tabel 4.1 Hasil Gaya Aksial

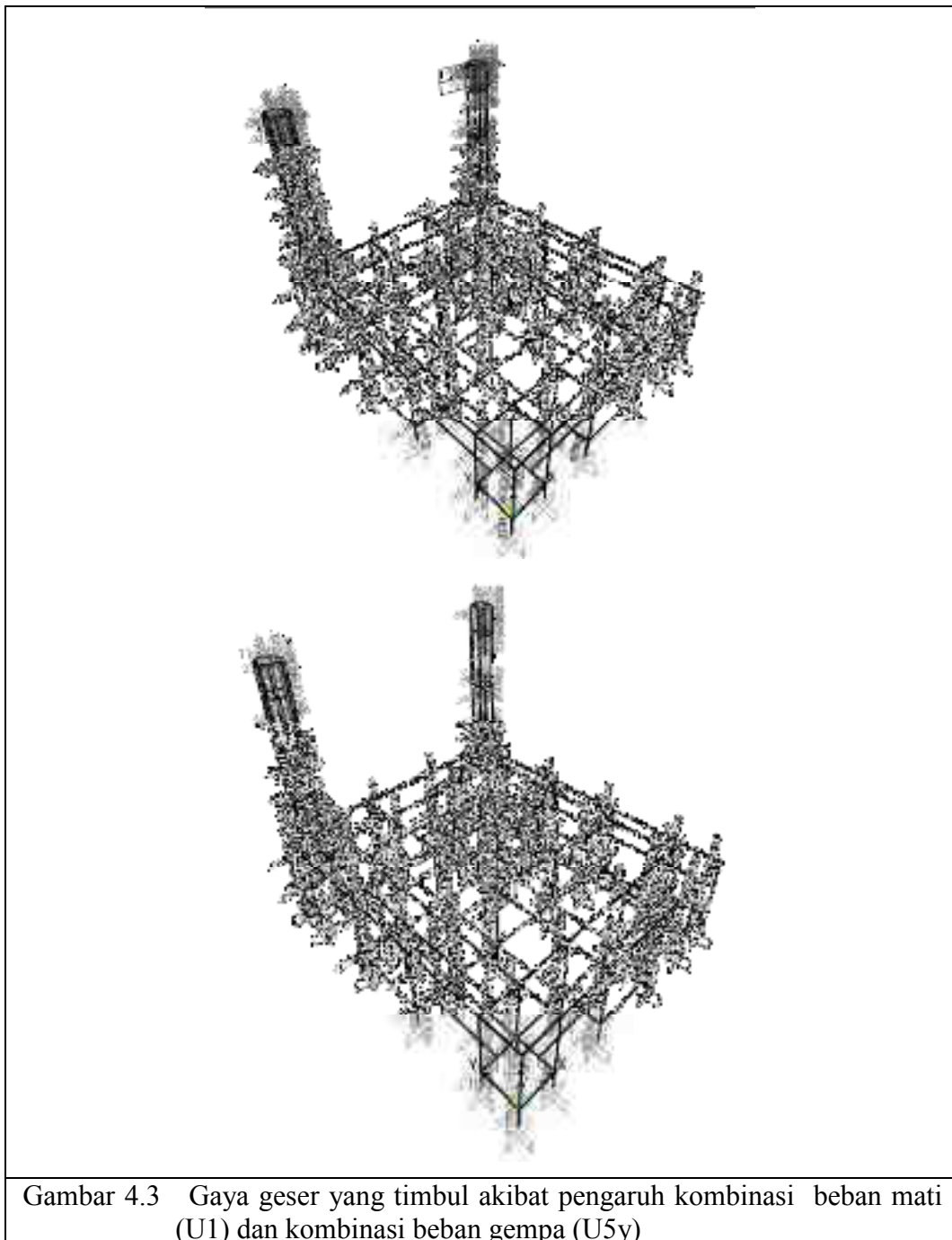
No	Elemen struktur	Tipe	Gaya aksial (Pu) kN
1	KL 50X 50	max	116,221
		min	-100,874
2	KL D70	max	49,022
		min	-228,515
3	KL 20 X 30	max	228,516
		min	-269,756

Berdasarkan hasil analisis gaya dalam terhadap gaya aksial pada bangunan masji Madinah tgk.japakeh ,bahwa gaya aksial maksimum pada balok dengan dimensi 50 cm x 50 cm sebesar 116,221 kN dan gaya aksial minimum sebesar -100,874 kn ,pada kolom dengan diameter 70cm hasil gaya aksial maksimum adalah 49,022 kn dan gaya aksial minimum sebesar -228,515 dan pada kolom dimensi 20 cm x 30 cm gaya aksial maksimum sebesar 228,516 dan gaya aksial minimum sebesar -269,756 .

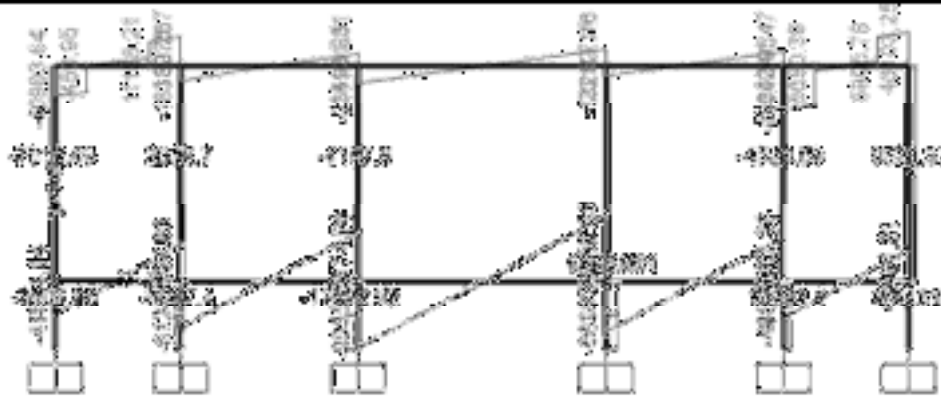
4.3 Gaya Geser

Gaya geser yang terjadi pada bangunan majid Madinah tgk. Japakeh yang berlokasi di pidie jaya dimana dilihat berdasarkan output analisis struktur menggunakan SAP2000 . hasil output berdasarkan kombinasi beban mati terhadap gaya geser bangunan dan kombinasi beban gempa terhadap gaya geser. Pengaruh gaya geser yang terjadi pada bangunan masjid Madinah tgk.japakeh ditinjau berdasarkan kombinasi beban mati dan kombinasi beban hidup.Gaya geser pada balok merupakan gaya yang bekerja tegak lurus dengan bidang struktur dan vertical.Gaya geser merupakan gaya yang menyebabkan suatu penampang pada bangunan masjid madinah tgk.japakeh ini akan bergeser bergerak ke atas atau ke-

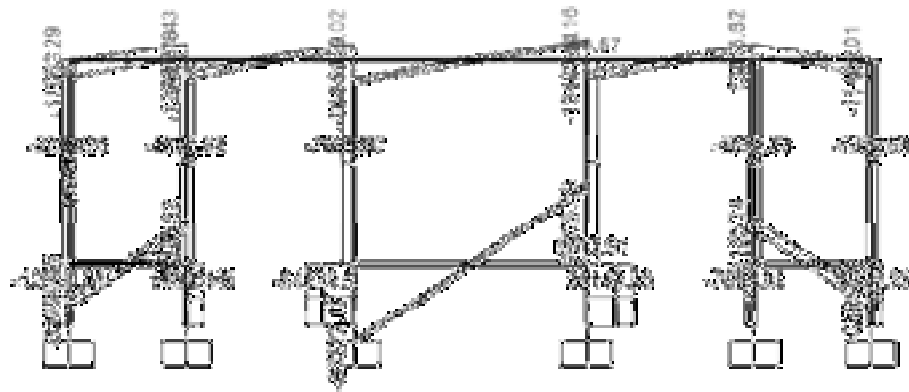
bawah satu sama lain. Perjanjian tanda adalah positif jika ujung bagian kiri bergerak ke atas terhadap bagian kanan atau ujung bagian kanan bergeser ke bawah, negatif bila ujung bagian kiri bergeser ke bawah terhadap bagian kanan atau ujung bagian kanan bergeser ke atas terhadap bagian kiri. Dimana ada gaya geser maksimum dan gaya geser minimum. Untuk melihat gaya geser dengan tampilan 3D view pada SAP2000 dapat dilihat pada gambar dibawah ini.



Untuk melihat lebih jelas perbandingan hasil dari gaya geser pada bangunan ini dapat dilihat dalam bentuk portal . gaya geser yang akan ditampilkan dari portal as $y = 0$ dimana portal ini dapat dijadikan perbandingan untuk melihat gaya geser yang terjadi akibat kombinasi beban gempa dan kombinasi beban mati. Untuk itu dapat dilihat pada gambar di bawah ini.



Gaya geser beban kombinasi beban mati pada portal as $y=0$



Gaya geser beban kombinasi gempa pada portal as $y=0$

Gambar 4.4 Perbandingan gaya geser beban kombinasi gempa dan kombinasi beban mati pada portal as $y = 0$

Pada gaya geser yang terjadi pada portal as $y = 0$ besarnya nilai lebih minimum saat pengaruh nya terhadap kombinasi beban mati . dan saat terjadinya kombinasi beban terhadap gempa gaya geser tersebut bertambah nilai nya gaya geser terhadap beban mati. bisa dilihat pada gambar portal diatas perpindahan nya

cukup signifikan antara gaya geser terhadap beban mati dan gaya geser terhadap beban gempa. Pada as $y=0$ dimana saat beban mati nilai gaya geser sebesar -44,42 kN dan pada saat beban gempa gaya geser sebesar -39,535 kN. Untuk melihat hasil dari gaya geser pada bangunan ini dapat dilihat pada tabel dibawah ini .

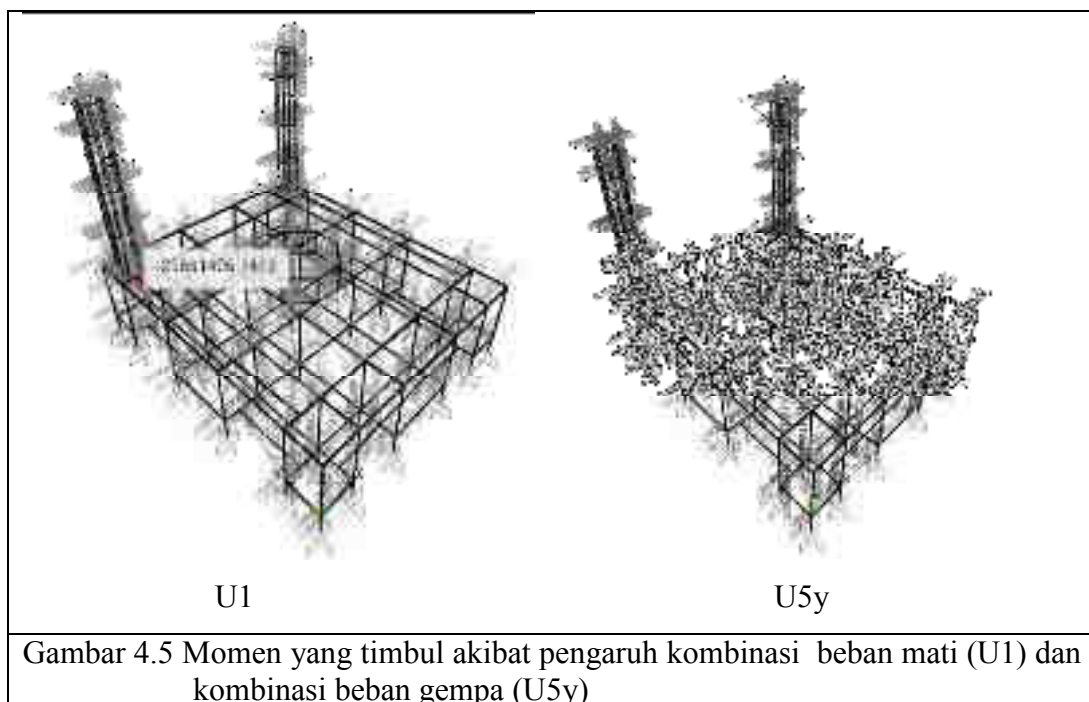
Tabel 4.2 Hasil gaya geser

No	Elemen struktur	Tipe	Gaya geser (V2) kN	Gaya geser (V3) kN
1	KL 50X 50	max	116,221	110,125
		min	-100,874	-125,671
2	KL D70	max	49,022	77,474
		min	-482,606	-75,254
3	KL 20 X 30	max	577,499	3129,72
		min	-577,499	-3129,72
4	BL 20X 30	max	327,008	24,29
		min	-329.023	-23,955
5	BL 30 X 50	max	142,207	9,126
		min	-124,007	-10,409
6	SL 30 X 50	max	96,96	31,77
		Min	-95,088	-39,8165

Berdasarkan tabel diatas dapat disimpulkan bahwa gaya geser maksimum berada pada elemen struktur balok 20 x 30 sebesar 577,499 kN .dan gaya geser minimum sebesar -577,499 kN

4.4 Momen

Hasil dari analisis terdapat gaya momen dimana pada SAP2000 output berupa tampilan secara 3D dan portal. Dimana pada hasil momen ini dapat dilihat berupa 3D model view dan portal. Momen yang timbul akibat pengaruh kombinasi beban mati dan kombinasi beban gempa dapat dilihat pada gambar dibawah ini



Dilihat dari 3d model diatas dapat dibandingkan bahwa ada momen akibat beban mati dengan kombinasi $U = 1.4 DL$ dan ada momen akibat pengaruh kombinasi beban. besar pengaruh nya momen saat di kombinasi beban dengan beban mati dan saat di kombinasi dengan beban gempa .oleh karena itu hasil dari analisis bangunan masjid Madinah tgk.japakeh ini menghasilkan gaya-gaya dalam termasuk gaya momen dimana gaya momen ada dua pengaruh yang dapat dilihat pada hasil ini . untuk hasil momen pada bangunan ini akan terlihat jelas dengan tampilan dalam bentuk portal as $y = 0$ dimana momen yang terjadi pada portal ini sudah terdapat pada gambar tersebut untuk melihat dan membandingkan nya dapat dilihat nilai momen saat terjadi beban mati dan saat terjadi beban

[illegible]

32

Hasil dari analisis gaya momen yang ada pada elemen struktur bangunan masjid Madinah . untuk gaya momen yang terjadi pada bangunan ini dapat dilihat pada tabel dibawah ini.

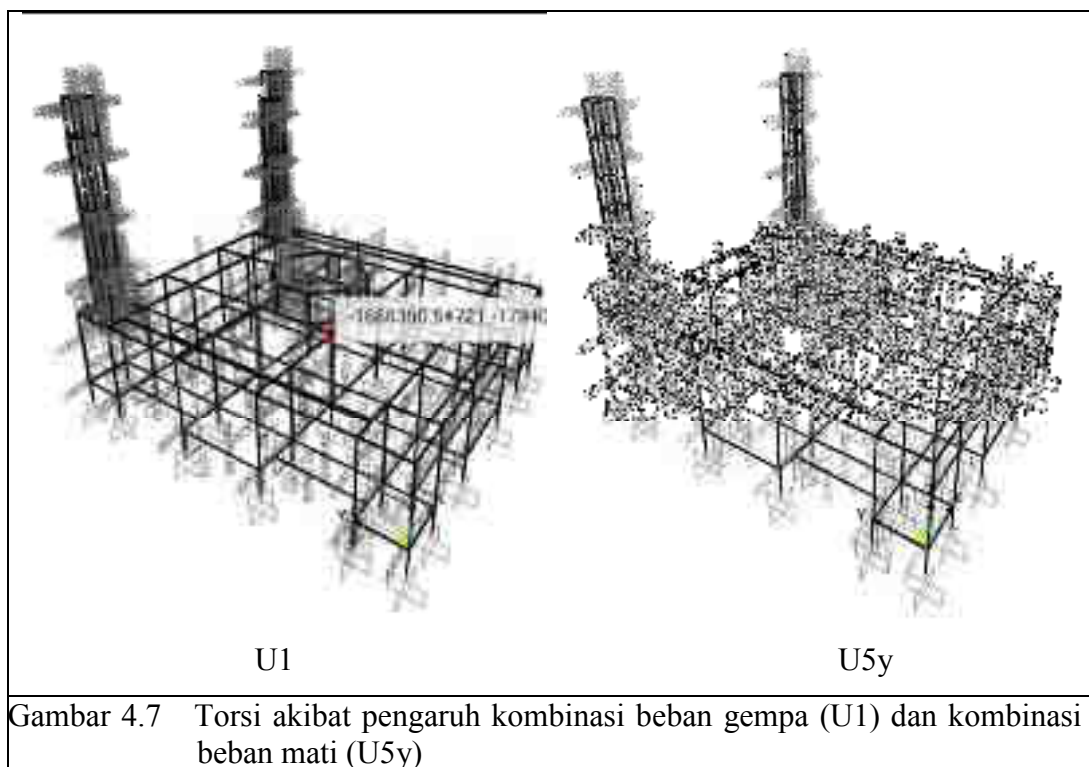
Tabel 4. 3 Hasil dari gaya momen

No	Elemen struktur	Tipe	Momen (M2) kN	Momen (M3) kN
1	KL 50X 50	max	164,9807	185,1818
		min	-193,836	-139.368
2	KL D70	max	101,6609	89,3679
		min	-81,345	-100,727
3	KL 20 X 30	max	6259,441	1446,342
		min	-6259,44	-1446,34
4	BL 20X 30	max	13,0965	159,7691
		min	-13,0281	-164,274
5	BL 30 X 50	max	15,6962	151,7646
		min	-13,4151	-127,933
6	SL 30 X 50	max	26,6104	94,6036
		Min	-27,1392	-103,185

4.5 Torsi

Torsi pada struktur beton hampir selalu disertai dengan geser dan lentur. Kapasitas beton sederhana dalam menahan torsi apabila dikombinasikan dengan beban – beban lain dapat dalam banyak hal lebih kecil daripada hanya menahan momen torsi luar rencana yang sama tanpa dikombinasikan dengan gaya lainnya. Sebagai kibatnya harus diberikan penulangan untuk menahan kelebihan torsi hasil

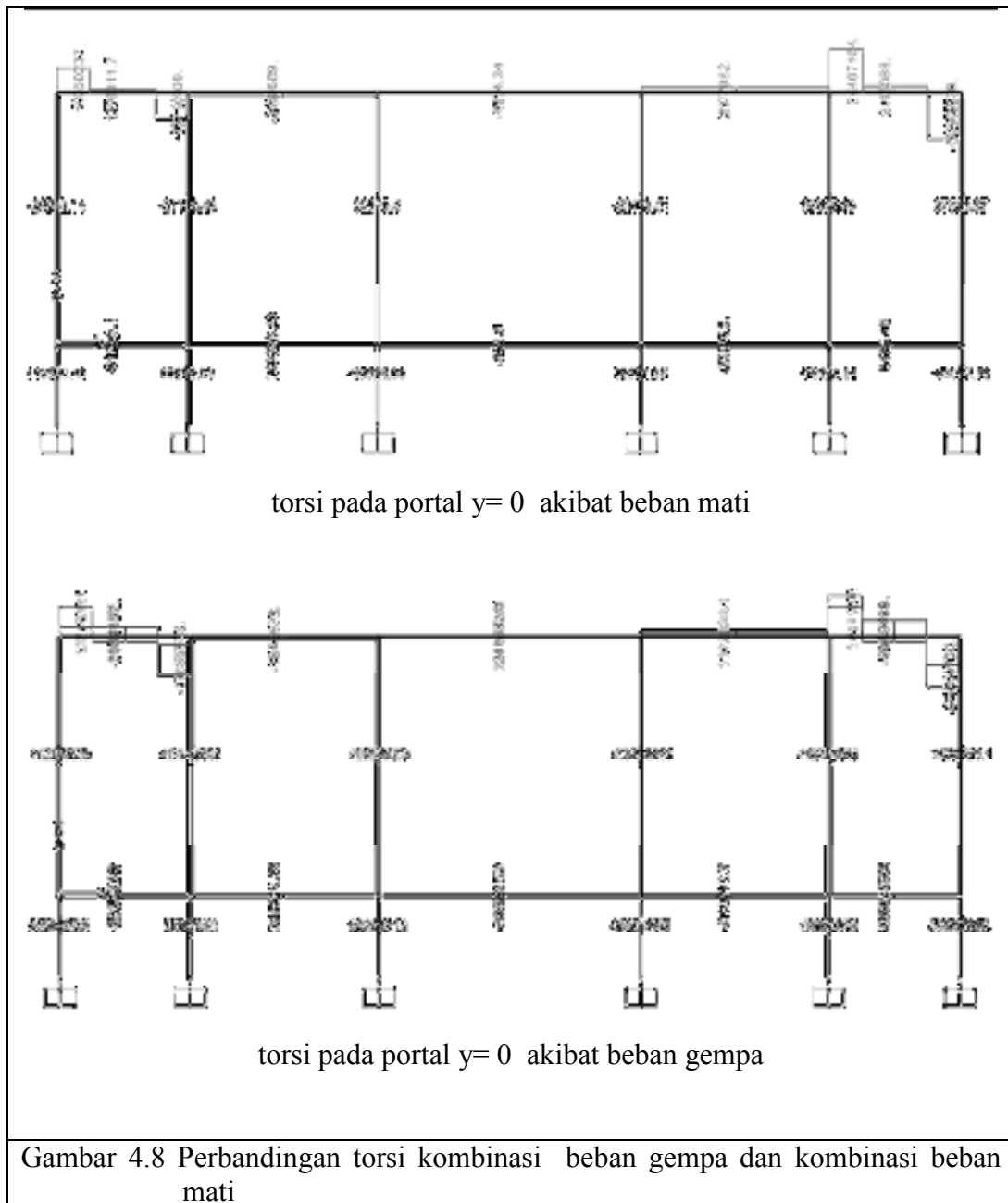
dari analisis menggunakan kombinasi beban mati dan kombinasi beban gempa arah x dan y maka dapat dilihat bentuk 3D Model dari hasil nilai torsi bangunan Masjid Madinah Tgk.Japakeh pada gambar dibawah ini.



Gambar 4.7 Torsi akibat pengaruh kombinasi beban gempa (U1) dan kombinasi beban mati (U5y)

Bagaimana pengaruh torsi pada bangunan saat diberi kombinasi beban mati dan torsi pada bangunan saat diberi kombinasi beban gempa .pada portal as $y=0$ nilai torsi akibat pengaruh kombinasi beban mati lebih kecil atau minimum daripada pengaruh akibat kombinasi beban gempa yang nilai torsi mencapai maksimum . dimana pada gambar diatas dpat kita lihat perbedaan atau perbandingan antara kombinasi beban mati (U1) dan kombinasi beban gempa (U5y) .

Torsi yang terjadi pada balok pada bangunan masjid Madinah tgk.japakeh merupakan gaya yang bekerja tegak lurus dengan sumbu simetris ,maka dari itu hasil dari gaya torsi yang terjadi pada bangunan ini sangat berpengaruh terhadap dimensi penampang dan bentuk balok.oleh karena itu untuk melihat lebih jelas gaya-gaya torsi pada balok bangunan ini dapat dilihat pada gambar di bawah ini.



Dapat dilihat pada gambar diatas merupakan hasil nilai torsi . perbandingan nilai torsi antara torsi terhadap beban mati dan torsi terhadap beban gempa .hasil yang ditampilkan merupakan bagian dari portal as $y = 0$.dimana dapat dilihat bagaimana pengaruh torsi pada bangunan saat diberi kombinasi beban mati dan torsi pada bangunan saat diberi kombinasi beban gempa .pada portal as $y= 0$ nilai torsi pada saat diberi beban mati lebih kecil atau minimum daripada pengaruh

yang diberikan beban gempa pada portal as $y=0$.untuk hasil dari torsi yang ada pada elemen struktur ini dapat dilihat pada tabel dibawah ini.

Tabel 4.4 Hasil Gaya Torsi

No	Elemen struktur	Tipe	Torsi (kN)
1	KL 50 X 50	max	16,5426
		min	-14,8329
2	KL D70	max	8,267
		min	-8,2413
3	KL 20 X 30	max	24,2786
		min	-24,284
4	BL 20X 30	max	25,9735
		min	-25,5879
5	BL 30 X 50	max	69,6629
		min	-72,7537
6	SL 30 X 50	max	39,7731

Berdasarkan tabel diatas dapat disimpulkan bahwa gaya torsi maksimum berada pada elemen struktur balok 30 x 50 sebesar 69,6629 kN .dan gaya torsi minimum sebesar -72,7537 kN

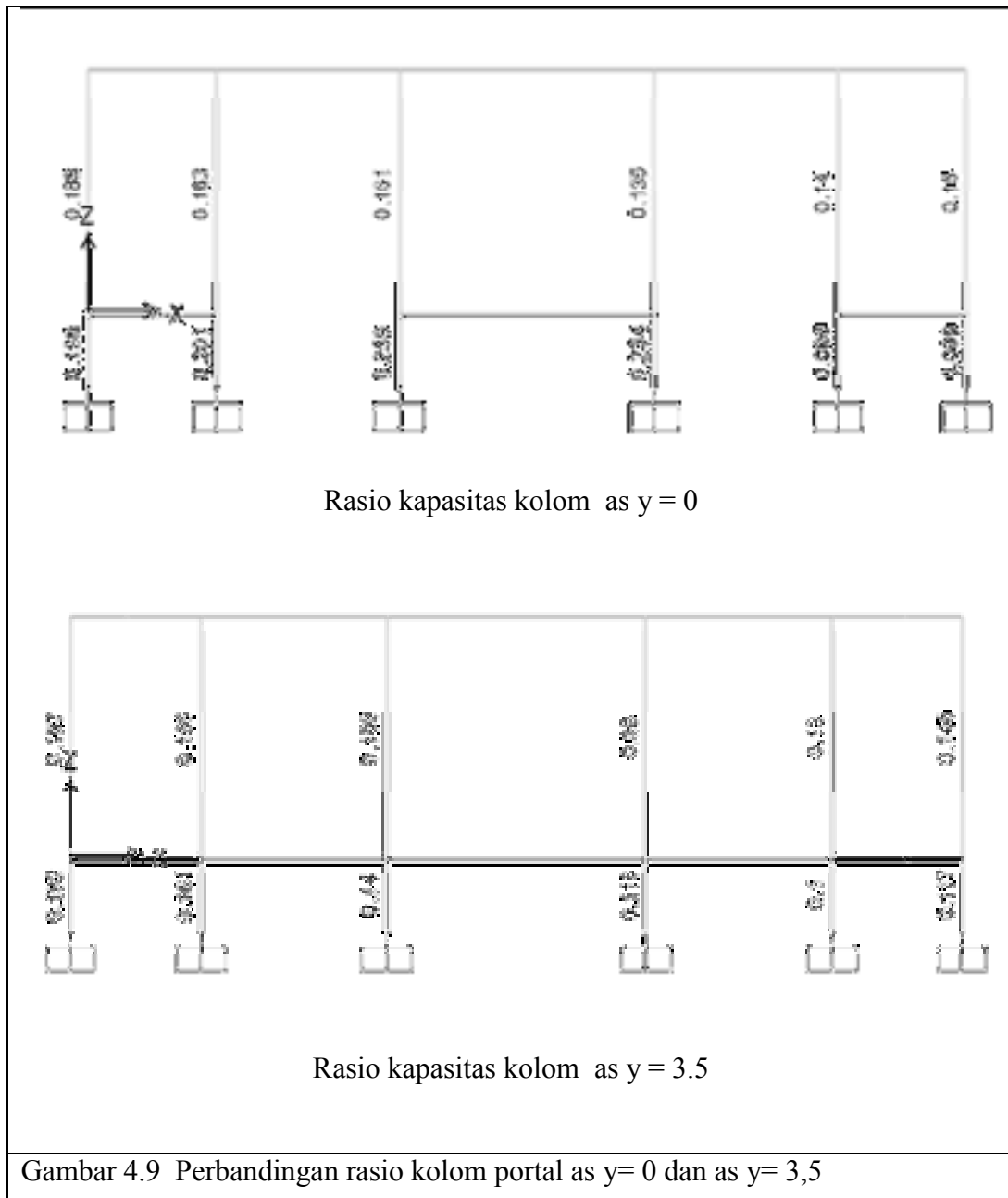
4.6 Analisa Kapasitas

Analisa kapasitas yang dilakukan setelah analisis dapat dibedakan menjadi dua bagian dimana ada kapasitas kolom dan Analisa kapasitas balok .untuk kapasitas kolom dilihat dari hasil analisis berupa rasio kapasitas kolom .

4.6.1 Analisa Kapasitas Kolom

Pada Analisa kapasitas kolom yang dilihat merupakan berapa rasio dari keseluruhan kolom yang ada pada elemen struktur yang telah di analisis dimana ada kolom ukuran 50 cm x 50 cm dan kolom diameter 70 cm . hasil yang di dapat

dari rasio kapasitas kolom merupakan dimensi dari kolom dengan ukuran 50 cm x 50 cm dan kolom diameter 70 cm . dibawah ini hasil dari rasio kapasitas kolom ditinjau dari arah as $y = 0$ sampai dengan as $y=8$

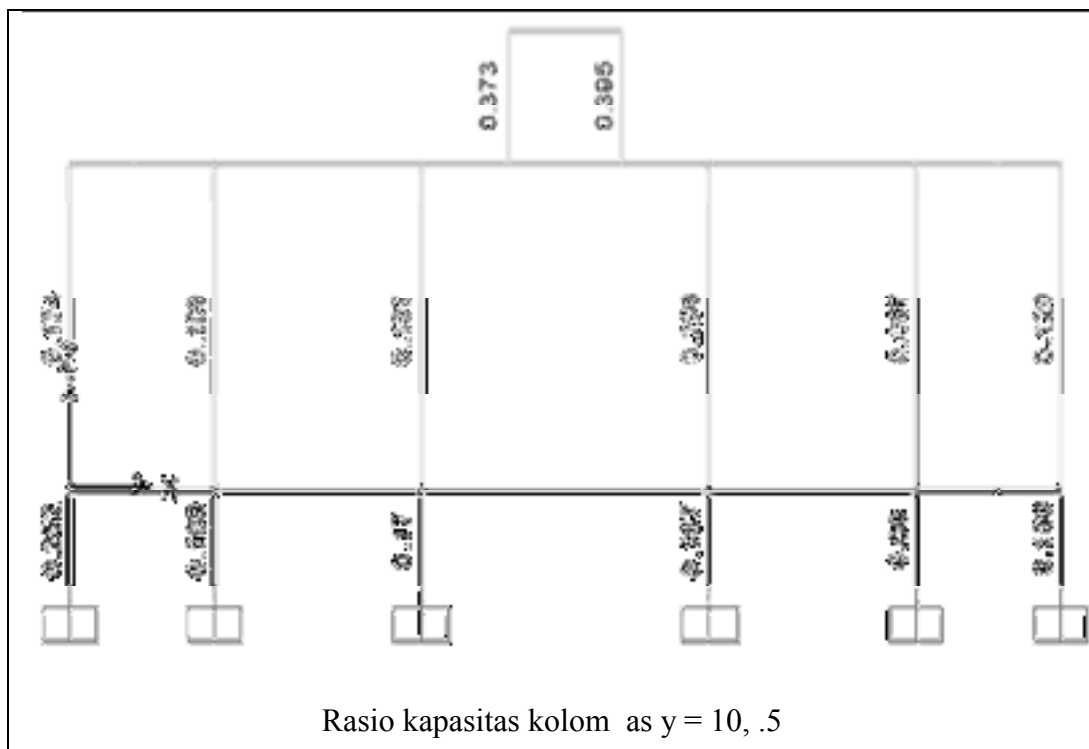


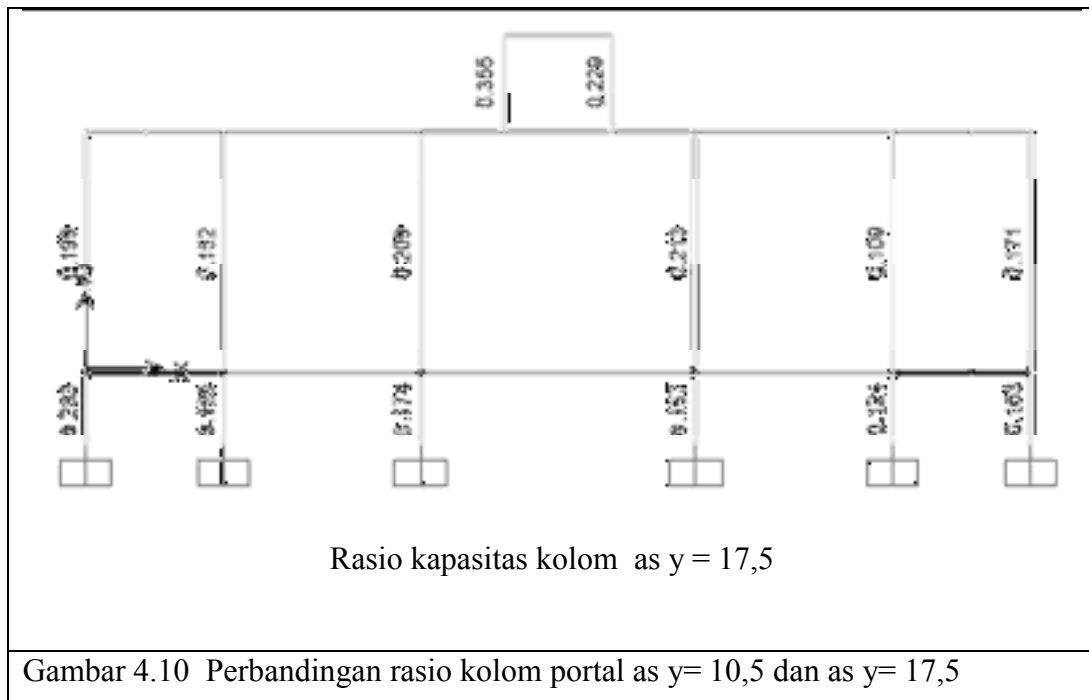
Dapat dilihat pada gambar diatas untuk rasio kapasitas kolom as $y=0$ sampai dengan as $y=3.5$ kolom sudah memenuhi syarat ,dan tidak ada kendala yang terlalu berat dan fatal dimana rasio maksimum dari portal as $y= 0$ dan as $y = 3.5$

dapat diambil sebesar 0,259. berdasarkan nilai pengecekan nilai rasio sudah dikategorikan aman apabila nilai rasio < 1 . untuk bagian portal as $y=0$ memiliki nilai rasio maksimum sebesar 0,259, dimana dengan pengecekan nilai kapasitas rasio $0,259 < 1$ sudah memenuhi syarat nilai rasio kapasitas aman. adapun pada portal as $y=3,5$ ini nilai rasio yang di dapat dari hasil analisis sebesar 0,192 dimana dengan nilai $0,192 < 1$ sudah memenuhi syarat aman pada kolom.

Untuk rasio pada portal as $y=10,5$ dan portal as $y=17,5$ perlu di cek kembali hasil dari nilai rasio pada portal tersebut. untuk hasil dari rasio pada kapasitas kolom portal as $y=10,5$ dan as $y=17,5$ dapat disesuaikan hasil nilai rasio kapasitas kolom dengan nilai maksimum yaitu sebesar 0,385 pada portal as $y=10,5$ dengan nilai rasio tersebut dapat dikatakan bahwa portal as $y=10,5$ dan portal as $y=17,5$ sudah memenuhi syarat rasio kapasitas kolom dengan nilai $0,385 < 1$.

Adapun nilai rasio maksimum yang ada pada portal as $y=17,5$ adalah 0,355 dengan nilai rasio maksimum dari hasil *ouput* program SAP2000. Untuk itu portal as $y=17,5$ sudah tergolong aman dan memenuhi persyaratan rasio $0,355 < 1$. oleh karena itu hasil daripada rasio kolom pada kedua portal ini sudah memenuhi. Untuk tampilan hasil dari nilai rasio dapat dilihat pada gambar dibawah ini.



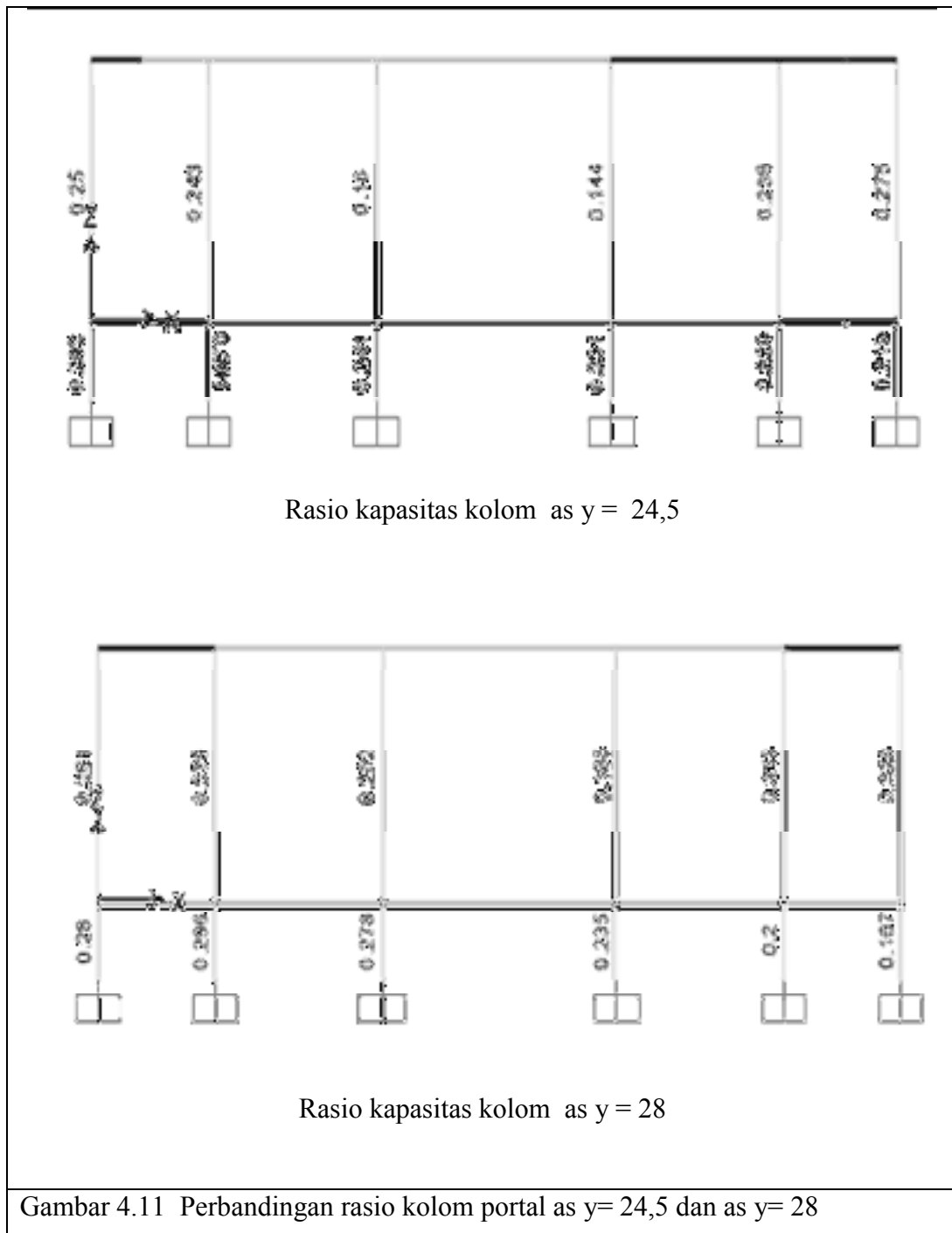


Gambar 4.10 Perbandingan rasio kolom portal as y= 10,5 dan as y= 17,5

Untuk rasio pada portal as y= 24,5 dan portal as y = 28 perlu di cek kembali hasil dari nilai rasio pada portal tersebut . untuk hasil dari rasio pada kapasitas kolom portal as y=24.5 dan as y= 28 dapat disesuaikan hasil nilai rasio kapasitas kolom.

Pada portal yang ditinjau ini dapat dilihta untuk nilai maksimum yaitu sebesar 0,355 pada portal as y= 28 dengan nilai rasio tersebut dapat dikatakan bahwa portal as y = 28 sudah memenuhi syarat rasio kapasitas kolom dengan nilai $0,355 < 1$.dikarenakan syarat keamanan sebuah bangunan pada kapsitas kolom diatur dengan $R < 1$ atau nilai rasio kapasitas rasio maksimum pada setiap kolom harus kurang dari satu untuk menyimpulkan bahwa kapasitas kolom pada bangunan tersebut aman.

Pada portal as y = 24,5 sudah memenuhi syarat rasio kapasitas kolom dengan nilai $0,385 < 1$. Adapun nilai rasio maksimum yang ada pada portal as y=17.5 adalah 0,355 untuk itu portal as y = 17.5 juga tergolong aman dan memenuhi rasio $0,355 < 1$. oleh karena itu hasil daripada rasio kolom pada kedua portal ini sudah memenuhi. Untuk tampilan hasil dari nilai rasio dapat dilihat pada gambar dibawah ini .



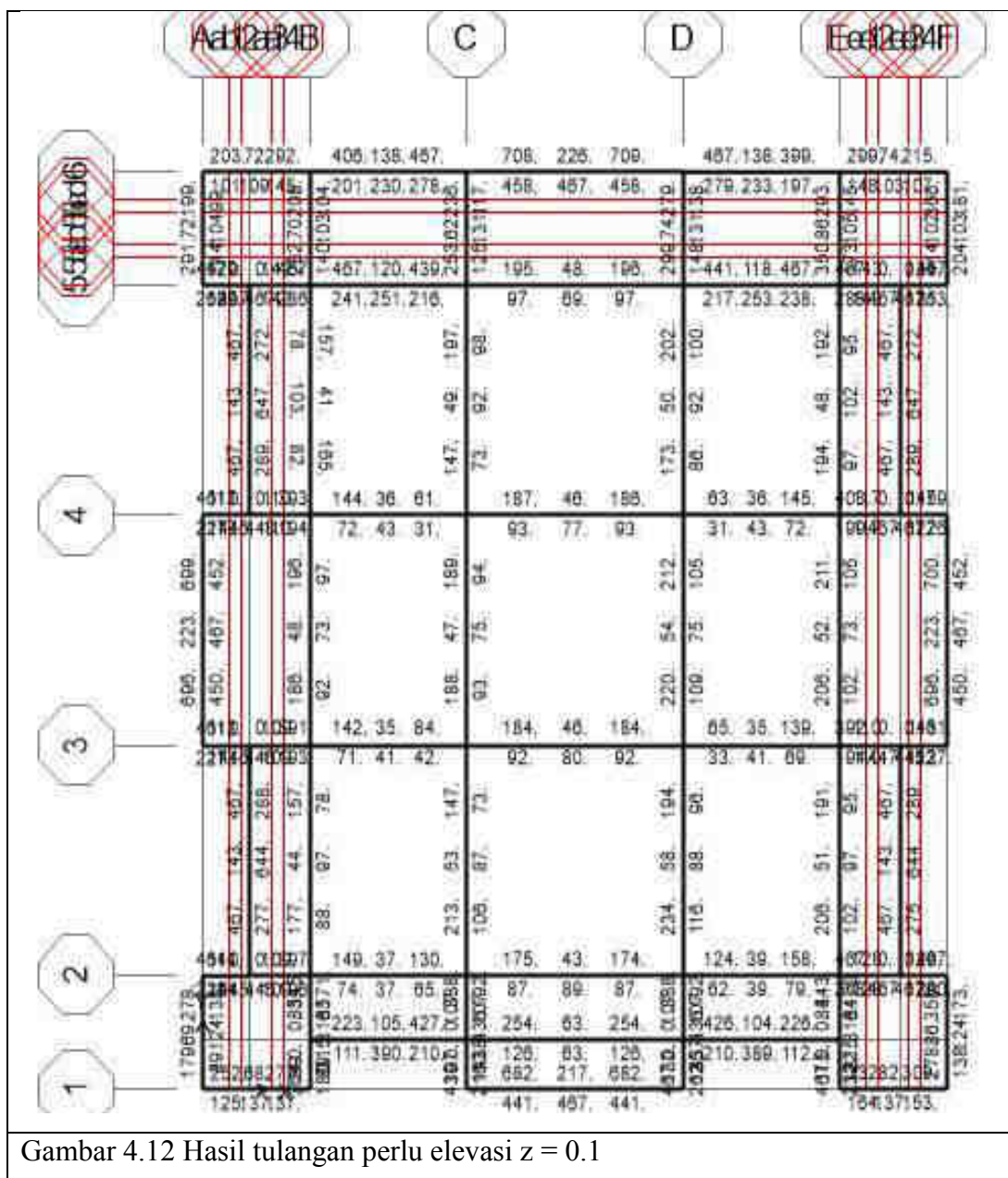
4.6.2 Kapasitas Balok

Pada Analisa kapasitas balok yang dilihat merupakan berapa tulangan perlu dari keseluruhan balok yang ada pada elemen struktur yang telah di analisis ,hasil

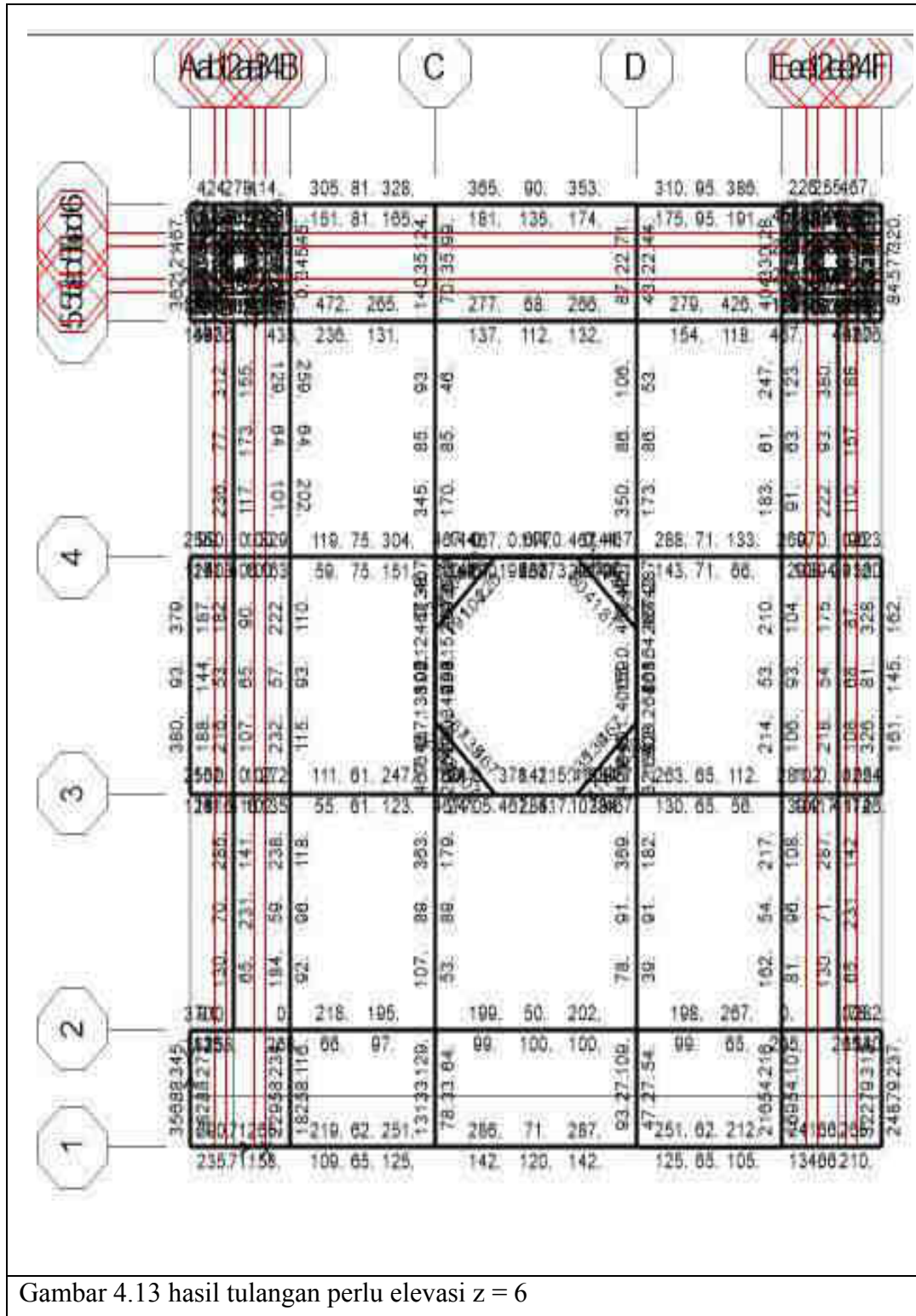
Analisa yang telah dihitung dapat dilihat pada tabel 4.5 dibawah ini .

Pada struktur bangunan ini memiliki balok ukuran 30 cm x 50 cm berdasarkan elevasi bangunan Masjid Madinah Tgk. Japakeh . hasil yang di dapat dari tulangan kapasitas balok merupakan besarnya tulangan perlu pada balok dan pengaruh kegagalan pada balok akibat gaya momen dan gaya geser yang di dapat dari analisis.

Analisa kapasitas tulangan perlu pada balok dilihat dari hasil running SAP2000 diperoleh data seperti gambar dibawah ini.

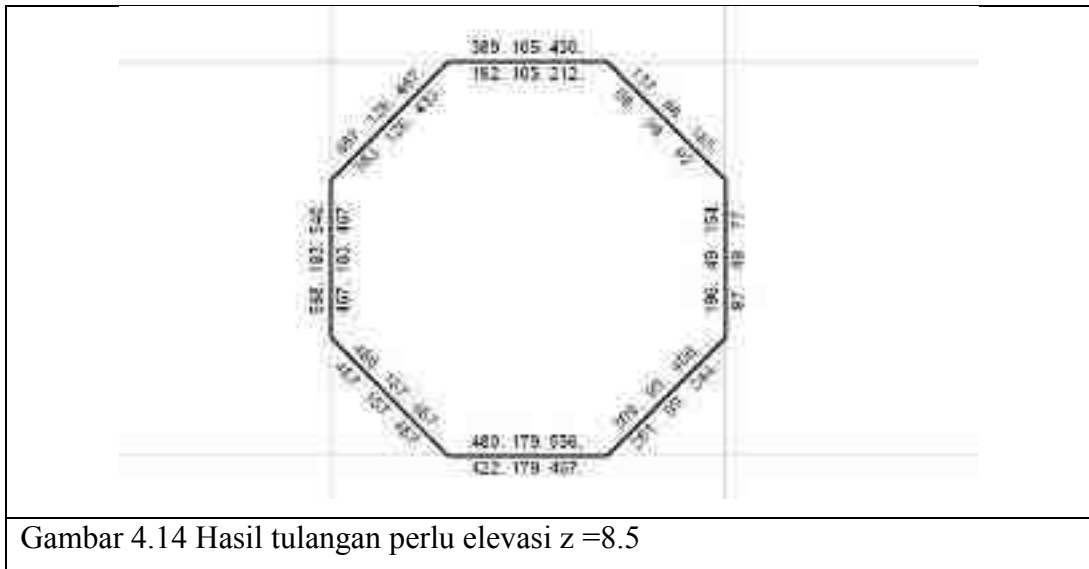


Setelah melihat hasil dari output elevasi $z = 0.1$ atau area base sudah memenuhi keperluan tulangan perlu untuk tulangan perlu pada elevasi $z = 6$ itu untuk output data tulangan perlu dapat kita lihat pada gambar di bawah ini.



Gambar 4.13 hasil tulangan perlu elevasi $z = 6$

Setelah melihat hasil dari output elevasi $z = 6$ atau area atap sudah memenuhi keperluan tulangan perlu untuk tulangan perlu pada elevasi $z = 6$ itu untuk output data tulangan perlu dapat kita lihat pada gambar di bawah ini.



Hasil dari output tulangan perlu pada balok di elevasi $z = 6$ atau area kubah sudah memenuhi keperluan tulangan perlu. untuk melihat hasil analisis tulangan perlu dapat dilihat dari tabel dibawah ini.

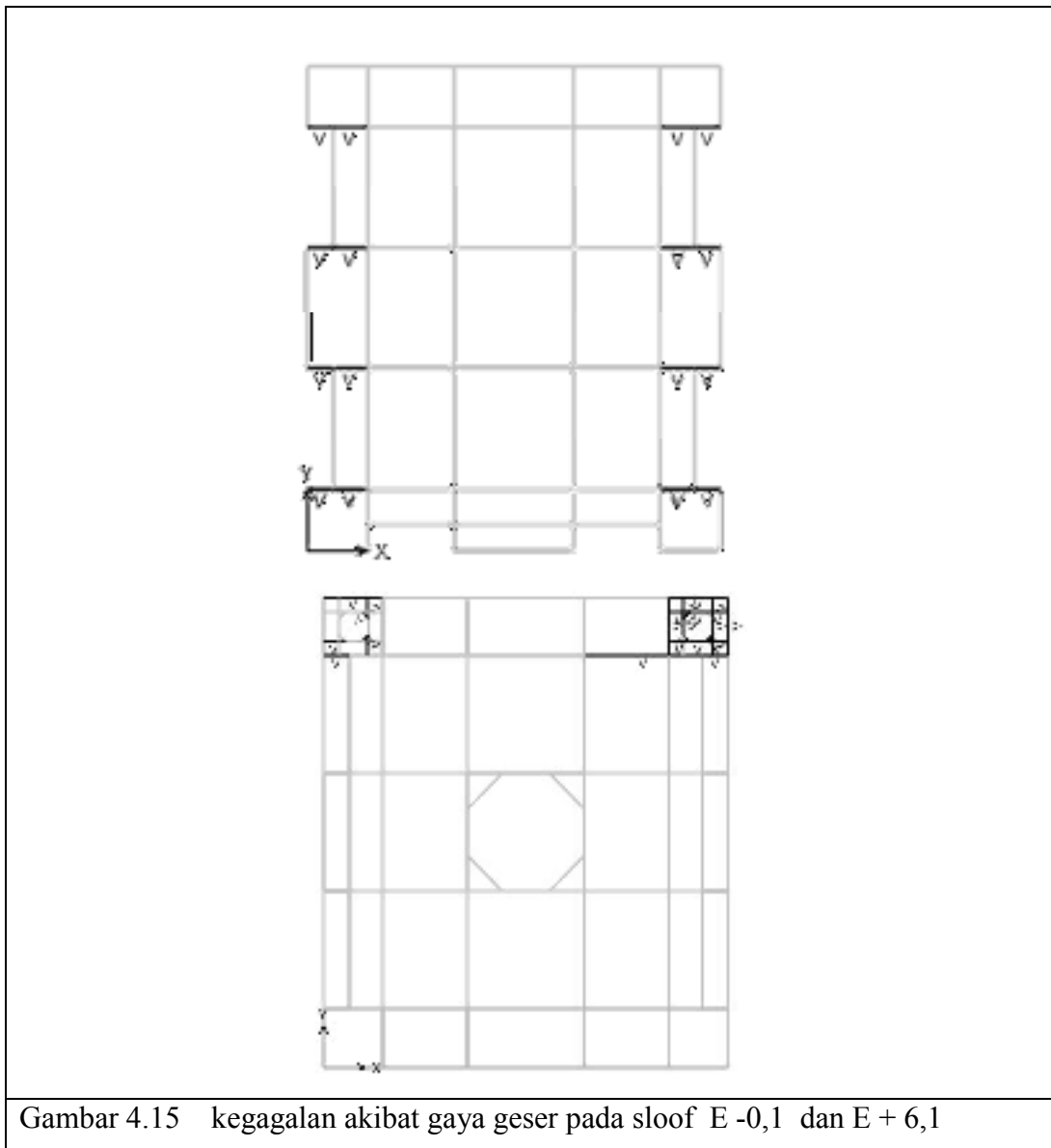
Tabel 4.5 Cek Kapasitas Tulangan Balok

Nama	Daerah	Letak Tulangan	As perlu	As Terpasang	Syarat As terpasang > As perlu
Bl 30 x 50	tumpuan	Atas	365	1134.115	Ok
		Bawah	181	850.586	Ok
	lapangan	Atas	241	850.586	Ok
		bawah	241	1134.115	Ok
Bl 20 x 30	Tumpuan	Atas	541	804.248	Ok
		Bawah	551	603.186	Ok
	Lapangan	Atas	169	603.186	Ok
		Bawah	170	603.186	Ok
Sl 30 x 50	Tumpuan	Atas	709	1417.644	Ok
		Bawah	458	1134.115	Ok
	Lapangan	Atas	226	850.586	Ok
		Bawah	467	850.586	Ok

Berdasarkan tabel diatas dapat disimpulkan bahwa keseluruhan dari elemen struktur pada bangunan masjid Madina untuk kapasitas balok dan sloof sudah aman dan memenuhi syarat dimana $\sigma_{terpasang} > \sigma_{perlu}$.

- Pola kegagalan

Untuk melihat Analisa kapasitas kegagalan pada balok akibat pengaruh gaya momen dan gaya geser dapat dilihat pada gambar dibawah ini.



Gambar 4.15 kegagalan akibat gaya geser pada sloof E -0,1 dan E + 6,1

Berdasarkan analisa pola kegagalan dapat disimpulkan bahwa ada beberapa bagian balok dan sloof mengalami kegagalan. seperti terlihat pada gambar 4.15

bahwa balok dan sloof yang mengalami kegagalan di beri tanda v. yang menandakan bahwa kegagalannya berupa keruntuhan geser. permasalahan tersebut hanya muncul pada elemen balok (beam).yang dalam hal ini terdeteksi pada elemen sloof (e- 0,10)dan balok (e+ 6.00).kegagalan struktur tersebut pada dasarnya bukan merupakan akibat gaya geser murni .tetapi akibat pengaruh momen yang menyebabkan penambahan gaya geser pada analisis struktur balok sebagai elemen daktail (special momen frame) dalam analisis struktur bangunan tahan gempa.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Dari hasil perhitungan dan analisa struktur menggunakan SAP2000 versi 20 beton bertulang pada bangunan Masjid Madinah Tgk.Japakeh tersebut, dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

1. Berdasarkan hasil yang telah di analisis pada struktur bangunan diperoleh ada beberapa balok yang tidak aman terhadap gaya geser akibat beban mati, beban hidup, dan beban gempa. Sedangkan pada kolom seluruhnya aman dan sudah memenuhi rasio kapasitas pada kolom akibat Beban gempa dan beban mati dihitung menggunakan dinamis Respon spektrum. Adanya elemen struktur yang tidak aman tersebut tersebut karena nilai koefisien gempa yang dihitung lebih besar dari dari perencanaan awal yang terlampir di data DED.
2. Pada Analisa struktur ini ada beberapa hal yang berbeda terkait data acuan detail engineering design (DED) dan perhitungan kembali (*reanalysis*) yang dilakukan,diantaranya adalah peta gempa yang dijadikan acuan penentuan koefisien gempa yang diperhitungkan bekerja pada bangunan. Data DED mengacu kepada ketentuan peta gempa Indonesia 2010 dengan acuan perhitungan merujuk kepada sni 1726-2012 tata cara perencanaan ketahanan gempa untuk bangunan Gedung dan non Gedung),sedangkan data reanalysis struktur mengacu kepada sni 2016-2019 yang nilai koefisien gempanya lebih besar .
3. Koefisien gempa untuk untuk wilayah pidie jaya dimana lokasi masjid Madinah tgk.japakeh berada merujuk kepada sni terbaru mengalami kenaikan secara signifikan .hal ini disebabkan karena pada peta gempa terbaru ini munculnya garis patahan (sesar) yang baru yang merujuk kepada data perubahan pada peta wilayah gempa Indonesia sesuai SNI 2019 dan nilai koefisien gempanya.

4. Kegagalan yang terjadi pada bangunan struktur bangunan yang dianalisis diakibatkan oleh gaya geser (*shearforce*) yang diberi tanda 'V' pada hasil analisis SAP2000 dan permasalahan tersebut hanya muncul pada elemen balok (*beam*). yang dalam hal ini terdeteksi pada elemen sloof (e- 0,10) dan balok (e+ 6,00). kegagalan struktur tersebut pada dasarnya bukan merupakan akibat gaya geser murni .tetapi akibat pengaruh momen yang menyebabkan penambahan gaya geser pada analisis struktur balok sebagai elemen daktail (*special momen frame*) dalam analisis struktur bangunan tahan gempa.

5.2 Saran

Dari kesimpulan dan hasil perhitungan pada bangunan Masjid tersebut dapat disarankan sebagai berikut.

1. Analisis kembali ketahanan struktur bangunan ini masih berupa kajian dasar (*basic study*) dengan merujuk kepada data detail engeneering design (DED), maka untuk lebih detailnya dapat dirujuk kepada existing berdasarkan data dimensi elemen struktur dan mutu material sesuai data konstruksi nya .
2. Data gempa yang diperhitungkan berupa data acuan respon spectra merujuk kepada hasil Analisa dari sni 2019 sesuai lokasi dan koefisien getar di batuan dasar nya .Guna mendapatkan hasil yang lebih akurat dapat digunakan data gempa pidie jaya 2016 dan di perhitungkan dengan Analisa riwayat waktu (*time story*).
3. Elemen struktur balok yang tidak aman berdasarkan hasil Analisa struktur dapat dilakukan perkuatan (*strengthening*) .analisa perkuatan tersebut dapat menerapkan metode pembesaran elemen (*enlargement*) atau *jacketing*.

DAFTAR KEPUSTAKAAN

- Alkhaly, Yulius Rief, 2012. *Dasar-dasar SAP2000*. Modul 1. JTS-Unimal
- Asroni, A., 2017. Teori dan Desain Balok Plat Beton Bertulang Berdasarkan SNI 2847-2013. *Surakarta.(Indonesian)*.
- Asroni, A., 2010, *Kolom Fondasi dan Balok T beton Bertulang*, cetakan pertama, edisi pertama, PT. Graha Ilmu.
- Badan Standardisasi Nasional. 2013, *tentang Tatacara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non-gedung* SNI 03-1727-2013. Bandung
- Badan Standardisasi Nasional. 2019. SNI 03-2847-2019, *Tata Cara Perhitungan Struktur Beton untuk Bangunan Gedung*. Jakarta : Badan Standardisasi Nasional.
- Badan Standardisasi Nasional, 2019. *Pedoman Perencanaan Pembebanan Untuk Rumah dan Gedung* SNI 03-1726-2019. Jakarta
- Dewobroto, W. (2005). Simulasi keruntuhan balok beton bertulang tanpa sengkang dengan ADINATM. In Prosiding Seminar Nasional “*Rekayasa Material dan Konstruksi Beton 2005*.”
- Harahap, M.F. and Fauzan, M., 2019. Perilaku dinamik pada struktur Apartemen Metro Galaxy Park terhadap beban gempa. *Jurnal Teknik Sipil dan Lingkungan*, 4(3), pp.195-206.
- Pait, S.S., Shulhan, M.A. and Sulistyorini, D., 2021. Analisis Perilaku Dinamik Struktur Gedung Perkantoran Empat Lantai Di Daerah Istimewa Yogyakarta Terhadap Beban Gempa SNI 1726: 2019.
- Kembuan, P., Wallah, S.E. and Dapas, S.O., 2018. Desain Praktis Pelat Konvensional Dua Arah Beton Bertulang. *Jurnal Sipil Statik*, 6(9).
- Mulyono, 2004. *Teknologi Beton*. Andi offist: Yogyakarta
- Nur, O., 2009, *Kajian Ekperimental Perilaku Balok Beton Tulangan Tunggal berdasarkan Tipe Keruntuhan Balok*. Padang:Jurnal Rekayasa Sipil, Vol.5, No.2:39-52
- Nawy, E.G. and Tavio, B.K., 2010. *Beton Bertulang*, Surabaya.

Purwono, Rachmat. 2005. *Perencanaan Struktur Beton Bertulang Tahan Gempa Sesuai SNI 1726 dan SNI 2847 Terbaru*. Surabaya: ITS Press.

Saputra, A.A., Nugroho, D. and Muwafiqudinulhaq, A., 2020. Analisis Struktur dan Perencanaan Ketahanan Gempa (SNI 1726: 2012) Warehouse PT. X di Gresik. *Wahana Teknik*, 9(2).

Suku, Y.L., 2018. Pemodelan dan Analisis Perilaku Balok Beton Bertulang yang Berbeda Diameter Akibat Variasi Tata Letak Tulangannya. *Media Komunikasi Teknik Sipil*, 24(1), pp.20-28.

Widodo. 2001. *Respons Dinamik Struktur Elastik*. Penerbit UII Press. Yogyakarta

Lampiran B.1 Tabel Tebal Minimum Balok Prategang atau Pelat Satu Arah

Komponen struktur	Tebal minimum, h			
	Tertumpu sederhana	Satu ujung menerus	Kedua ujung menerus	Kantilever
Komponen struktur tidak bertumpu atau tidak dihubungkan dengan partisi atau konstruksi lainnya yang mungkin rusak oleh lendutan yang besar				
Pelat masif satu-arah	$\ell/20$	$\ell/24$	$\ell/28$	$\ell/10$
Balok atau pelat rusak satu-arah	$\ell/16$	$\ell/18,5$	$\ell/21$	$\ell/8$

CATATAN:
 Panjang bentang dalam mm.
 Nilai yang diberikan harus digunakan langsung untuk komponen struktur dengan beton normal dan tulangan tulangan kelas 420 MPa. Untuk kondisi lain, nilai ℓ atas harus dimodifikasi sebagai berikut:
 (a) Untuk struktur beton ringan dengan berat jenis (ρ_{beton}) antara 1440 sampai 1840 kg/m³, nilai ℓ harus dikalikan dengan $(1,65 - 0,0003w_c)$ tetapi tidak kurang dari 1,09.
 (b) Untuk f_y selain 420 MPa, nilainya harus dikalikan dengan $(0,4 + f_y/700)$.

Lampiran B.2 Tabel Faktor Kekuatan Reduksi

Gaya atau elemen struktur		ϕ	Pengecualian
a)	Momen, gaya aksial, atau kombinasi momen dan gaya aksial	0,65 – 0,90	Di dekat ujung komponen pratarik (<i>pretension</i>) dimana <i>strand</i> belum sepenuhnya bekerja, ϕ harus sesuai dengan 21.2.3
b)	Geser	0,75	Persyaratan tambahan untuk struktur tahan gempa terdapat pada 21.2.4
c)	Torsi	0,75	-
d)	Tumpu (<i>bearing</i>)	0,65	-
e)	Zona angkur pascatarik (<i>post-tensioning</i>)	0,85	-
f)	<i>racket</i> dan korbél	0,75	-
g)	<i>Strut, ties</i> , zona nodal, dan daerah tumpuan yang dirancang dengan <i>strut- and-tie</i> di Pasal 23	0,75	-
h)	Komponen sambungan beton pracetak terkontrol leleh oleh elemen baja dalam tarik	0,90	-
i)	Beton polos	0,60	-
j)	Angkur dalam elemen beton	0,45 – 0,75	

Lampiran B.3 Tabel Faktor Keutamaan Gempa dan Kategori Risiko Struktur Bangunan

no	Jenis pemanfaatan	Kategori risiko
1	Gedung dan nongedung yang memiliki risiko rendah terhadap jiwa manusia pada saat terjadi kegagalan, termasuk, tapi tidak dibatasi untuk, antara lain: - Fasilitas pertanian, perkebunan, perternakan, dan perikanan - Fasilitas sementara - Gudang penyimpanan - Rumah jaga dan struktur kecil lainnya	I
2	Semua gedung dan struktur lain, kecuali yang termasuk dalam kategori risiko I,III,IV, termasuk, tapi tidak dibatasi untuk: - Perumahan - Rumah toko dan rumah kantor - Pasar - Gedung perkantoran - Gedung apartemen/ rumah susun - Pusat perbelanjaan/ mall - Bangunan industri - Fasilitas manufaktur - Pabrik	II
3	Gedung dan nongedung yang memiliki risiko tinggi terhadap jiwa manusia pada saat terjadi kegagalan, termasuk, tapi tidak dibatasi untuk: - Bioskop - Gedung pertemuan - Stadion - Fasilitas kesehatan yang tidak memiliki unit bedah dan unit gawat darurat - Fasilitas penitipan anak - Penjara - Bangunan untuk orang jompo Gedung dan nongedung, tidak termasuk kedalam kategori risiko IV, yang memiliki potensi untuk menyebabkan dampak ekonomi yang besar dan/atau gangguan massal terhadap kehidupan masyarakat sehari-hari bila terjadi kegagalan, termasuk, tapi tidak dibatasi untuk: - Pusat pembangkit listrik biasa - Fasilitas penanganan air - Fasilitas penanganan limbah - Pusat telekomunikasi Gedung dan nongedung yang tidak termasuk dalam kategori risiko IV, (termasuk, tetapi tidak dibatasi untuk fasilitas manufaktur, proses, penanganan, penyimpanan, penggunaan atau	III

	tempat pembuangan bahan bakar berbahaya, bahan kimia berbahaya, limbah berbahaya, atau bahan yang mudah meledak) yang mengandung bahan beracun atau peledak di mana jumlah kandungan bahannya melebihi nilai batas yang disyaratkan oleh instansi yang berwenang dan cukup menimbulkan bahaya bagi masyarakat jika terjadi kebocoran.	
4	Gedung dan nongedung yang dikategorikan sebagai fasilitas yang penting, termasuk, tetapi tidak dibatasi untuk: - Bangunan-bangunan monumental - Gedung sekolah dan fasilitas pendidikan - Rumah ibadah - Rumah sakit dan fasilitas kesehatan lainnya yang memiliki fasilitas bedah dan unit gawat darurat - Fasilitas pemadam kebakaran, ambulans, dan kantor polisi, serta garasi kendaraan darurat - Tempat perlindungan terhadap gempa bumi, tsunami, angin badai, dan tempat perlindungan darurat lainnya - Fasilitas kesiapan darurat, komunikasi, pusat operasi dan fasilitas lainnya untuk tanggap darurat - 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

Lampiran B.4 Tabel Faktor Keutamaan Gempa

No	Kategori risiko	Faktor keutamaan gempa, Ie
1	I atau II	1,0
2	III	1,25
3	IV	1,50

Lampiran B.5 Tabel– Faktor R , C_d , dan Ω_0 untuk Sistem Pemikul Gaya Seismik (lanjutan)

Sistem pemikul gaya seismik	Koefisien modifikasi respons, R_a	Faktor kuat lebih sistem,	Faktor pembesaran defleksi, C_d c	Batasan sistem struktur dan batasan tinggi struktur, h_n (m)d				
				Kategori desain seismik				
				B	C	D ^e	E ^E	F ^f
1. Dinding geser beton bertulang khususg,h	5	2½	5	TB	TB	48	48	30
2. Dinding geser beton bertulang biasag	4	2½	4	TB	TB	TI	TI	TI
3. Dinding geser beton polos didetailg	2	2½	2	TB	TI	TI	TI	TI
4. Dinding geser beton polos biasag	1½	2½	1½	TB	TI	TI	TI	TI
5. Dinding geser pracetak menengahg	4	2½	4	TB	TB	12 <i>i</i>	12 <i>i</i>	12 <i>i</i>
6. Dinding geser pracetak biasag	3	2½	3	TB	TI	TI	TI	TI
7. Dinding geser batu bata bertulang khusus	5	2½	3½	TB	TB	48	48	30
8. Dinding geser batu bata bertulang menengah	3½	2½	2¼	TB	TB	TI	TI	TI
9. Dinding geser batu bata bertulang biasa	2	2½	1¾	TB	48	TI	TI	TI
10.Dinding geser batu bata polos	2	2½	1¾	TB	TI	TI	TI	TI

didetail								
11.Dinding geser batu bata polos biasa	1½	2½	1¼	TB	TI	TI	TI	TI
12.Dinding geser batu bata prategang	1½	2½	1¾	TB	TI	TI	TI	TI
13.Dinding geser batu bata ringan (AAC) bertulang biasa	2	2½	2	TB	10	TI	TI	TI
14.Dinding geser batu bata ringan (AAC) polos biasa	1½	2½	1½	TB	TI	TI	TI	TI
15.Dinding rangka ringan (kayu) dilapisi dengan panel struktur kayu yang ditujukan untuk tahanan geser, atau dengan lembaran baja	6½	3	4	TB	TB	20	20	20
16.Dinding rangka ringan (baja canai dingin) yang dilapisi dengan panel struktur kayu yang ditujukan untuk tahanan geser, atau dengan lembaran baja	6½	3	4	TB	TB	20	20	20
17.Dinding rangka ringan dengan panel geser dari semua material lainnya	2	2½	2	TB	TB	10	TI	TI
18.Sistem dinding rangka ringan (baja canai dingin) menggunakan bresing strip datar	4	2	3½	TB	TB	20	20	20
B. Sistem rangka bangunan								
1. Rangka baja dengan bresing eksentris	8	2	4	TB	TB	48	48	30

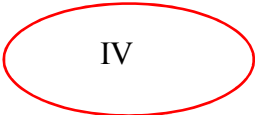
2. Rangka baja dengan bresing konsentris khusus	6	2	5	TB	TB	48	48	30
3. Rangka baja dengan bresing konsentris biasa	3¼	2	3¼	TB	TB	10 <i>j</i>	10 <i>j</i>	TI <i>j</i>
4. Dinding geser beton bertulang khususg,h	6	2½	5	TB	TB	48	48	30
5. Dinding geser beton bertulang biasag	5	2½	4½	TB	TB	TI	TI	TI
6. Dinding geser beton polos detailg	2	2½	2	TB	TI	TI	TI	TI
7. Dinding geser beton polos biasag	1½	2½	1½	TB	TI	TI	TI	TI
8. Dinding geser pracetak menengahg	5	2½	4½	TB	TB	12 <i>i</i>	12 <i>i</i>	12 <i>i</i>
9. Dinding geser pracetak biasag	4	2½	4	TB	TI	TI	TI	TI
10. Rangka baja dan beton komposit dengan bresing eksentris	8	2	4	TB	TB	48	48	30
11. Rangka baja dan beton komposit dengan bresing konsentris khusus	5	2	4½	TB	TB	48	48	30
12. Rangka baja dan beton komposit dengan bresing biasa	3	2	3	TB	TB	TI	TI	TI
13. Dinding geser pelat baja dan beton komposit	6½	2½	5½	TB	TB	48	48	30
14. Dinding geser baja dan beton komposit khusus	6	2½	5	TB	TB	48	48	30
15. Dinding geser baja dan beton komposit biasa	5	2½	4½	TB	TB	TI	TI	TI

16.Dinding geser batu bata bertulang khusus	5½	2½	4	TB	TB	48	48	30
17.Dinding geser batu bata bertulang menengah	4	2½	4	TB	TB	TI	TI	TI
18.Dinding geser batu bata bertulang biasa	2	2½	2	TB	48	TI	TI	TI

Lampiran B.6 Mutu Bahan Yang Digunakan

Keterangan	Mutu bahan
Kuat tekan beton (f'_c)	21.15 Mpa
Kuat tekan beton untuk geser (f'_{cs})	21,15MPa
Tegangan leleh baja tulangan utama (f_y)	390 MPa
Tegangan leleh tulangan geser (f_{ys})	240 MPa
Modulus elastisitas beton (E_c)	$4700 \sqrt{f'_c}$
Modulus elastisitas tulangan baja (E_s)	2×10^5 Mpa
Berat jenis beton bertulang	24 KN/m ³

Lampiran B.7 Tabel Faktor Keutamaan Gempa Dan Kategori Risiko Struktur Bangunan

No	Jenis pemanfaatan	Kategori
4	Gedung dan nongedung yang dikategorikan sebagai fasilitas yang penting, termasuk, tetapi tidak dibatasi untuk: - Bangunan-bangunan monumental - Gedung sekolah dan fasilitas pendidikan - Rumah ibadah - Rumah sakit dan fasilitas kesehatan lainnya yang memiliki fasilitas bedah dan unit gawat darurat - Fasilitas pemadam kebakaran, ambulans, dan kantor polisi, serta garasi kendaraan darurat - Tempat perlindungan terhadap gempa bumi, tsunami, angin badai, dan tempat perlindungan darurat lainnya - Fasilitas kesiapan darurat, komunikasi, pusat operasi dan fasilitas lainnya untuk tanggap darurat - 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

Lampiran B.8 Tabel Definisi Kombinasi

ComboName	ComboType	CaseName	ScaleFactor
U1	Linear Add	DL	1.4
U2	Linear Add	DL	1.2
U2		LL	1.6
U2		LLr	0.5
U3	Linear Add	DL	1.2
U3		LLr	1.6
U3		LL	1.
U4X	Linear Add	GEMPA rsx	1.
U4X		DL	1.2
U4X		LL	1.
U5 x	Linear Add	GEMPA rsx	1.
U5 x		DL	0.9
U5 y	Linear Add	GEMPA rsy	1.
U5 y		DL	0.9
U4Y	Linear Add	GEMPA rsx	1.
U4Y		DL	1.2
U4Y		LL	1.

Lampiran B.9 Tabel Rekap Gaya- Gaya dalam

ELEMEN	TIPE	P	V2	V3	T	M2	M3
		KN	KN	KN	KN-m	KN-m	KN-m
KL 50X 50	MAX	46.797	116.221	110.125	16.5426	164.9807	185.1818
	MIN	-	-100.874	-125.671	-14.8329	-193.836	-139.368
KL D70	MAX	-35.835	49.022	77.474	8.267	101.6609	89.3679
	MIN	-	-482.606	-75.254	-8.2413	-81.345	-100.727
KL 20 X 30	MAX	228.515	577.499	3129.72	24.2786	6259.441	1446.342
	MIN	-	-577.499	-3129.72	-24.284	-6259.44	-1446.34
BL 20X 30	MAX	13.7	327.008	24.29	25.9735	13.0965	159.7691
	MIN	-12.823	-329.023	-23.955	-25.5879	-13.0281	-164.274

BL 30 X 50	MAX	33.782	142.207	9.126	69.6629	15.6962	151.7646
	MIN	-62.041	-124.007	-10.409	-72.7537	-13.4151	-127.933
SL 30 X 50	MAX	49.932	96.96	31.77	39.7731	26.6104	94.6036
	MIN	-62.331	-95.088	-39.8165	-39.8165	-27.1392	-103.185

Lampiran B.10 Tabel Koefisien Respon Spectra Pidie Jaya

T (DETIK)	SA (G)
0	0.248
0.136	0.621
0.68	0.621
0.68	0.542
0.78	0.48
0.88	0.431
0.98	0.391
1.08	0.358
1.18	0.33
1.28	0.306
1.38	0.285
1.48	0.267
1.58	0.251
1.68	0.237
1.78	0.225
1.88	0.213
1.98	0.203
2.08	0.194
2.18	0.185
2.28	0.178
2.38	0.17
2.48	0.164
2.58	0.158
2.68	0.152
2.78	0.147

2.88	0.142
2.98	0.137
3.08	0.133
3.18	0.129
3.28	0.125
3.38	0.121
t (detik)	SA (G)
3.48	0.118
3.58	0.115
3.68	0.112
3.78	0.109
3.88	0.106
4	0.106
-	-
-	-

Lampiran B.11 Hasil Gaya Aksial

No	Elemen struktur	Tipe	Gaya aksial (Pu) kN
1	KL 50X 50	max	116,221
		min	-100,874
2	KL D70	max	49,022
		min	228,515
3	KL 20 X 30	max	228,515
		min	-269,756
4	BL 20X 30	max	-
		min	-
5	BL 30 X 50	max	-
		min	-
6	SL 30 X 50	max	-

Lampiran B.12 Tabel Hasil Gaya Geser

No	Elemen struktur	Tipe	Gaya geser (V2) kN	Gaya geser (V3) kN
1	KL 50X 50	max	116,221	110,125
		min	-100,874	-125,671
2	KL D70	max	49,022	77,474
		min	-482,606	-75,254
3	KL 20 X 30	max	577,499	3129,72
		min	-577,499	-3129,72
4	BL 20X 30	max	327,008	24,29
		min	-329.023	-23,955
5	BL 30 X 50	max	142,207	9,126
		min	-124,007	-10,409
6	SL 30 X 50	max	96,96	31,77
		Min	-95,088	-39,8165

Lampiran B.13 Tabel Hasil Gaya Momen

No	Elemen struktur	Tipe	Momen (M2) kN	Momen (M3) kN
1	KL 50X 50	max	164,9807	185,1818
		min	-193,836	-139.368
2	KL D70	max	101,6609	89,3679
		min	-81,345	-100,727

3	KL 20 X 30	max	6259,441	1446,342
		min	-6259,44	-1446,34
4	BL 20X 30	max	13,0965	159,7691
		min	-13,0281	-164,274
5	BL 30 X 50	max	15,6962	151,7646
		min	-13,4151	-127,933
6	SL 30 X 50	max	26,6104	94,6036
		Min	-27,1392	-103,185

Lampiran B.14 Tabel Hasil Gaya Torsi

No	Elemen struktur	Tipe	Torsi (kN)
1	KL 50 X 50	max	16,5426
		min	-14,8329
2	KL D70	max	8,267
		min	-8,2413
3	KL 20 X 30	max	24,2786
		min	-24,284
4	BL 20X 30	max	25,9735
		min	-25,5879
5	BL 30 X 50	max	69,6629
		min	-72,7537
6	SL 30 X 50	max	39,7731

Lampiran B.15 Tabel Cek Kapasitas Tulangan Balok

Nama	Daerah	Letak Tulangan	As perlu	As Terpasang	Syarat As terpasang >As perlu
Bl 30 x 50	tumpuan	Atas	365	1134.115	Ok
		Bawah	181	850.586	Ok
	lapangan	Atas	241	850.586	Ok
		bawah	241	1134.115	Ok
Bl 20 x 30	Tumpuan	Atas	541	804.248	Ok
		Bawah	551	603.186	Ok
	Lapangan	Atas	169	603.186	Ok
		Bawah	170	603.186	Ok
Sl 30 x 50	Tumpuan	Atas	709	1417.644	Ok
		Bawah	458	1134.115	Ok
	Lapangan	Atas	226	850.586	Ok
		Bawah	467	850.586	Ok

Lampiran C

Tabel 4.6 Perhitungan Gaya Dalam Maksimum Dan Minimum

ELEMEN	TIPE	P	V2	V3	T	M2	M3
		KN	KN	KN	KN-m	KN-m	KN-m
KL 20X 30	MAX	46,797	116,221	110,125	16,5426	164,9807	185,1818
	MIN	-498,454	-100,874	-125,671	14,8329	-193,836	-139,3675

ELEMEN	TIPE	P	V2	V3	T	M2	M3
		KN	KN	KN	KN-m	KN-m	KN-m
BL 30X 50	MAX	49,932	96,96	31,77	39,7731	26,6104	94,6036
	MIN	-62,331	-95,088	-31,085	39,8165	27,1392	103,185

ELEMEN	TIPE	P	V2	V3	T	M2	M3
		KN	KN	KN	KN-m	KN-m	KN-m
KL 20X 30	MAX	33,782	142,207	9,126	69,6629	15,6962	151,7646
	MIN	-62,041	124,007	-10,409	72,7537	13,4151	127,9326

ELEMEN	TIPE	P	V2	V3	T	M2	M3
		KN	KN	KN	KN-m	KN-m	KN-m
KL 20X 30	MAX	13,7	327,008	24,29	25,9735	13,0965	159,7691
	MIN	-12.823	-329,023	-23,955	-25,5879	-13,0281	-164,2739

ELEMEN	TIPE	P	V2	V3	T	M2	M3
		KN	KN	KN	KN-m	KN-m	KN-m
KL D70	MAX	-35,835	49,022	77,474	8,267	101,6609	89,3679
	MIN	-482,606	-50,618	-75,254	-8,2413	-81,345	-100,727

BERITA ACARA SIDANG TUGAS AKHIR

Telah dilaksanakan Sidang Tugas Akhir Periode (Tahun Ajaran 2021/2022)

Hari / Tanggal : Selasa, 22 Februari 2022

Tempat : RKU New Zealand Ruang 7A

Nama Mahasiswa : Muhammad Zaki

Npm : 1703120168

Progran Studi : Teknik Sipil

Judul Tugas Akhir : Analisis Ketahanan Struktur Masjid Madinah Tgk.Japakeh
terkait perubahan peta gempa Indonesia

Dengan hasil Sidang Tugas Akhir (lingkari yang sesuai) :

1. Sidang cukup sekali
- ② Sidang cukup sekali dengan perbaikan

Mengetahui dan menilai :

1. Dosen Pembimbing
Nama : Ir. Munawir, ST, MT, IPM, ASEAN Eng TTD:
2. Dosen Penguji I
Nama : Agustiar, ST, MT, IPM TTD :
3. Dosen Penguji II
Nama : AKMAL, ST, M.Eng, IPM TTD :

Mengetahui,
Ketua Seminar

Ir. Munawir, ST, MT, IPM, ASEAN Eng
NIDN: 0129068303

RESUME SIDANG TUGAS AKHIR

Nama Mahasiswa : Muhammad Zaki
NIM : 1703120168
Program Studi : Teknik Sipil
Judul Tugas Akhir : Analisis Ketahanan Struktur Masjid Madinah Tgk.Japakeh
terkait perubahan peta gempa Indonesia
Dosen Penguji I : Agustiar, ST, MT, IPM

No.	Pertanyaan / Arahkan	Jawaban
1.	Di kata pengantar poin 4 diperbaiki	Sudah diperbaiki
2.	Font coba cek kembali	Sudah diperbaiki .
3.	Apa saja yang di amati dari SAP2000 ?	Hasil dari gaya-gaya dalam yang tedapat pada bangunan Masjid Madinah Tgk.Japakeh .dan apakah hasil analisis berupa tulangan perlu pada elemen struktur dan di cek apakah struktur aman atau tidak
4.	Kombinasi beban di hal 11 , kenapa kombinasi 6 dan 7 tidak dipakai ?	Pada kombinasi beban ,sesuai dengan ruang lingkup penelitian bahwa beban angina tidak di input ke dalam analisis SAP2000.Oleh sebab itu kombinasi 6 dan 7 tidak di hitung
5.	Langkah-langkah penginputan beban gempa ke SAP2000	-Nilai beban gempa di hitung pada website http://puskim.pu.go.id/

		-Nilai respon spektrum yang telah di dapat di input ke SAP2000 - Nilai di input pada menu <i>define material</i> – fuction respon spektrum
6.	Pidie jaya dikategorikan ke dalam zona gempa berapa ?	Wilayah zona 6 dengan nilai PGA sebesar 0,336 g
7.	Berapa hasil tulangan di Menara menurut SAP2000	Untuk tumpuan 796 mm dan lapangan 172 mm

Disetujui Oleh :

Dosen Pembimbing

Dosen Penguji I

Ir.Munawir, ST, MT, IPM, ASEAN Eng
NIDN. 0129068303

Agustiar, ST, MT, IPM
NIDN. 0018087003

RESUME SIDANG TUGAS AKHIR

Nama Mahasiswa : Muhammad Zaki
NIM : 1703120168
Program Studi : Teknik Sipil
Judul Tugas Akhir : Analisis Ketahanan Struktur Masjid Madinah Tgk.Japakeh
terkait perubahan peta gempa Indonesia
Dosen Penguji II : AKMAL, ST, M.Eng, IPM

No.	Pertanyaan / Arahan	Jawaban
1.	Di kata pengantar tidak perlu digaris bawahi	Sudah diperbaiki
2.	Di abstrak tambah tujuan Secara jelas	Sudah diperbaiki abstrak sesuai arahan dan ditambah kan tujuan secara jelas.
3.	Daftar lampiran diberikan keterangan /judul	Sudah diperbaiki
4.	Halaman 26 di perbaiki sesuai margin	Sudah di sesuaikan margin
5.	Halaman 29 diperbaiki sesuai margin	Sudah di sesuaikan margin
6.	Halaman 33 diperbaiki tulisan sub bab	Sudah di perbaiki untuk penulisan sub bab halaman 29
7.	Judul tabel halaman 32 di perbaiki	Sudah diperbaiki
8.	Kesimpulan di cek kembali dan diperbaiki	Sudah diperbaiki

Disetujui Oleh :

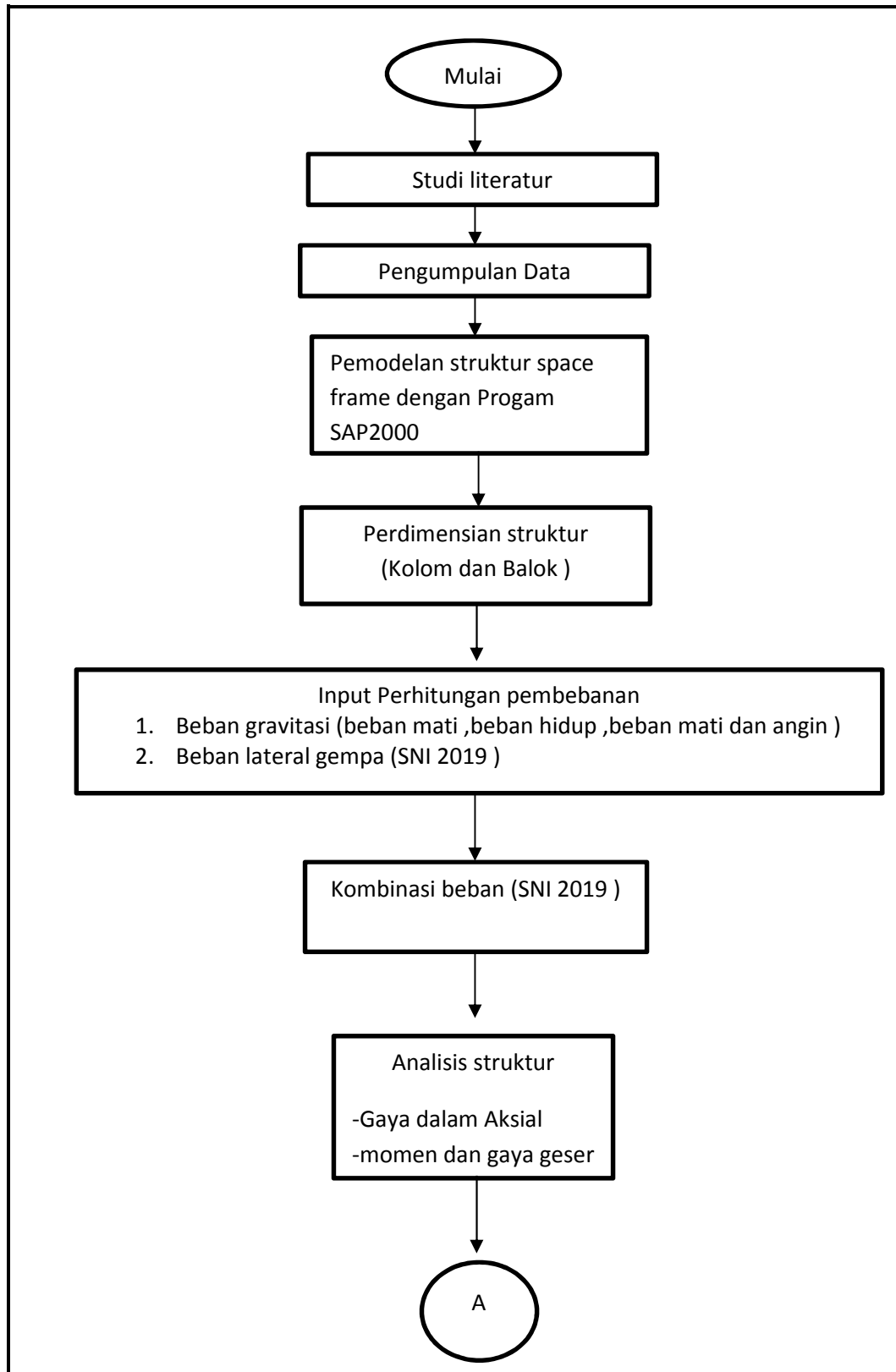
Dosen Pembimbing

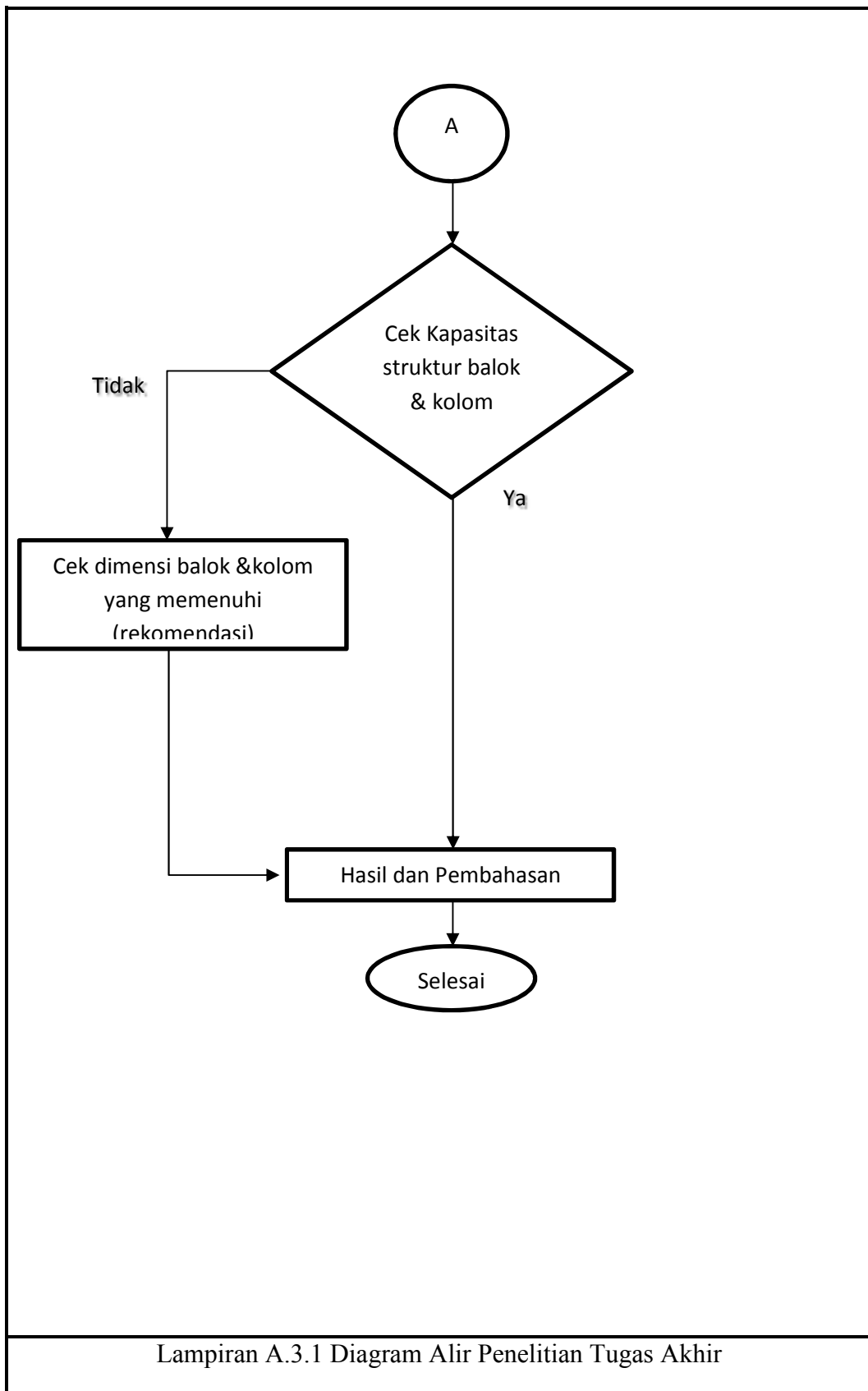
Dosen Penguji II

Ir.Munawir, ST, MT, IPM, ASEAN Eng
NIDN. 0129068303

AKMAL, ST, M.Eng, IPM
NIDN. 1308068301

LAMPIRAN A

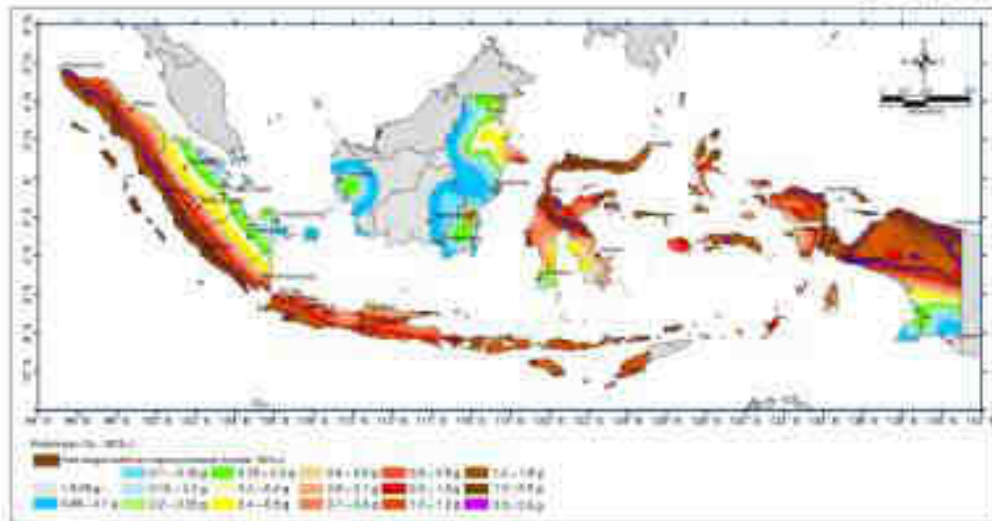




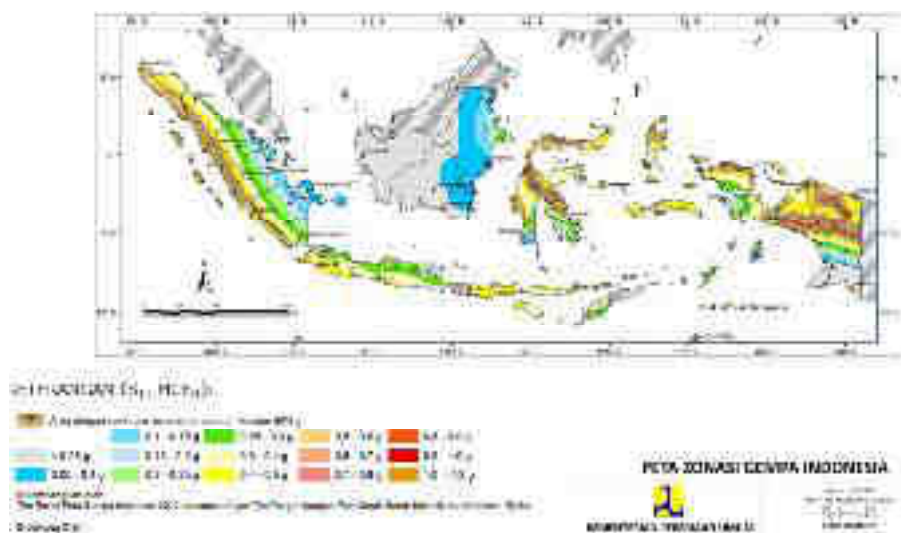
LAMPIRAN A



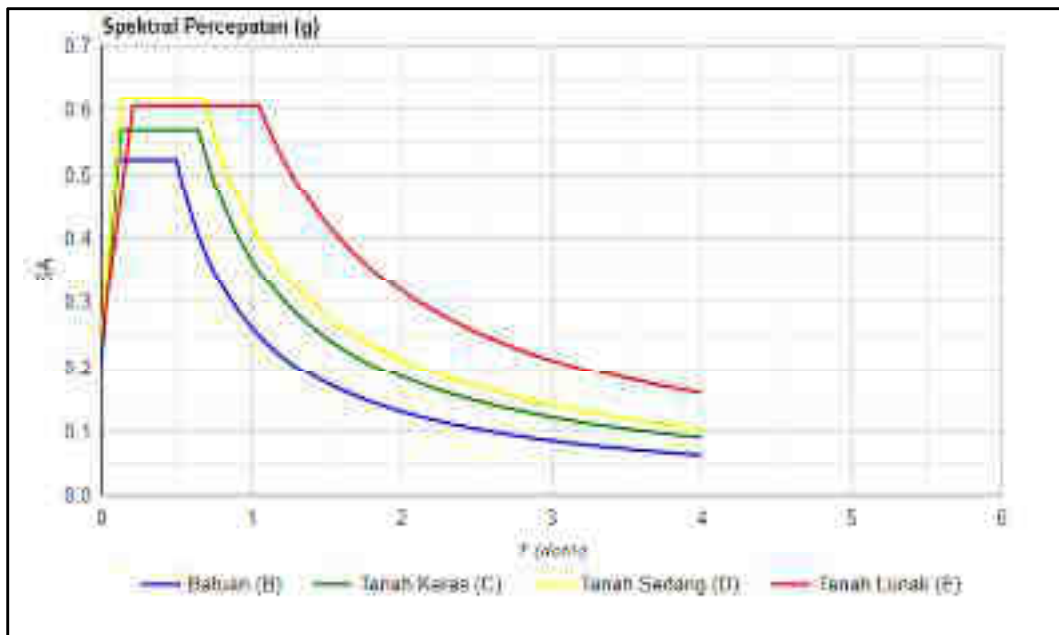
Lampiran A 3.2 Peta Provinsi Aceh
Sumber : Bappeda Provinsi Aceh (2021)



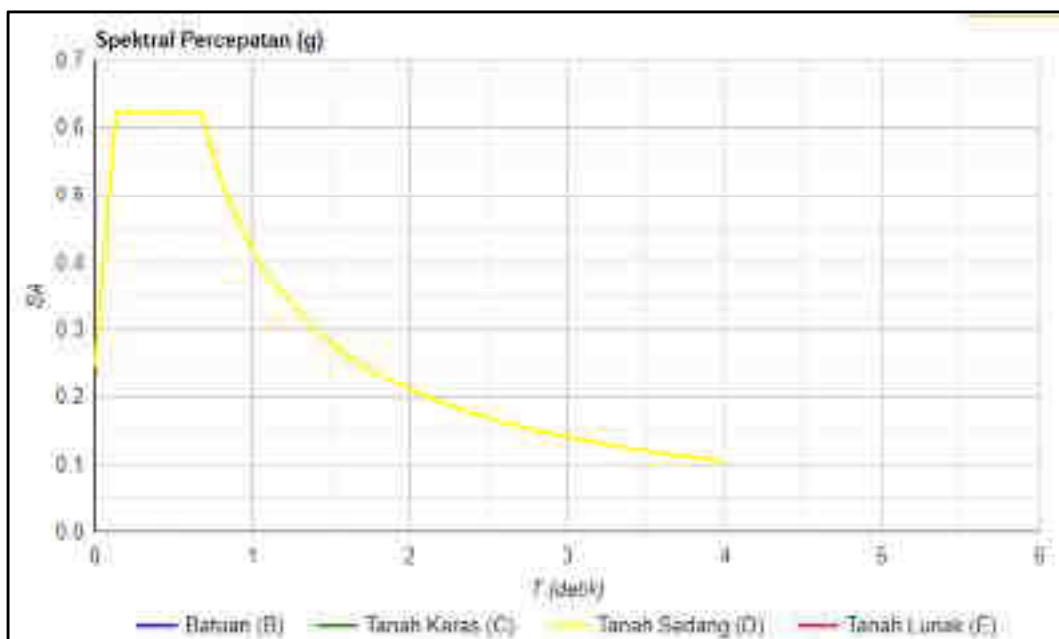
lampiran A 3.3 Ss, Gempa maksimum yang dipertimbangkan risiko tertarget (MCER), SNI 03- 1726-2019.



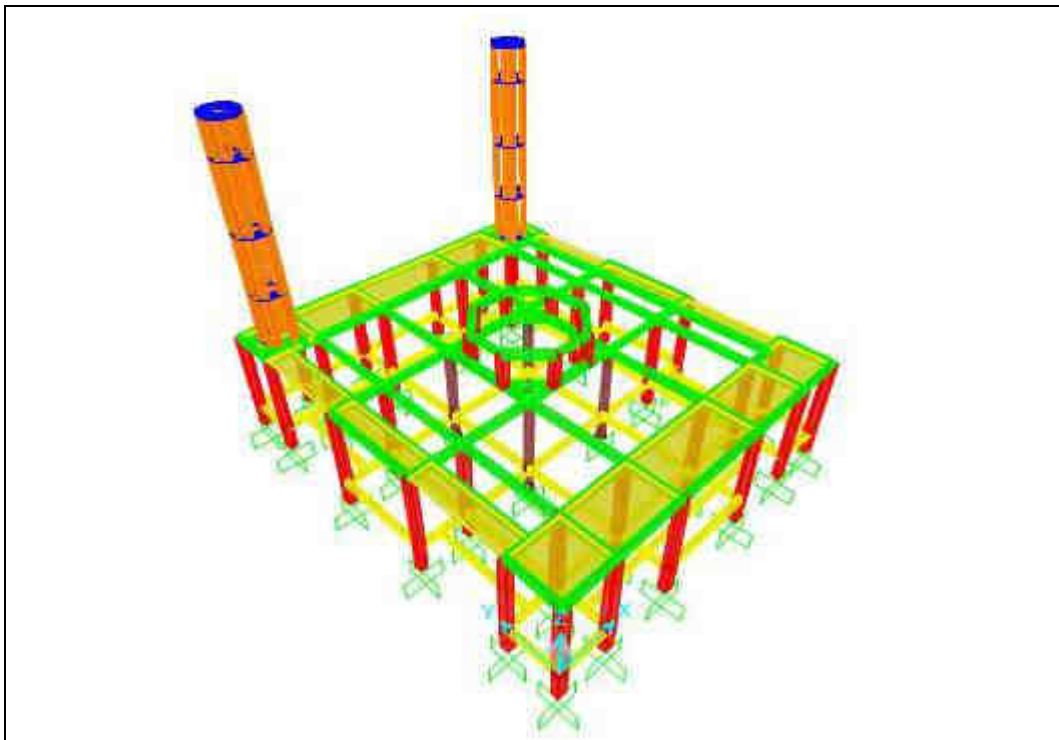
Lampiran A 3.4 S₁, Gempa maksimum yang dipertimbangkan risiko tertarget (MCER), SNI 03- 1726-2019.



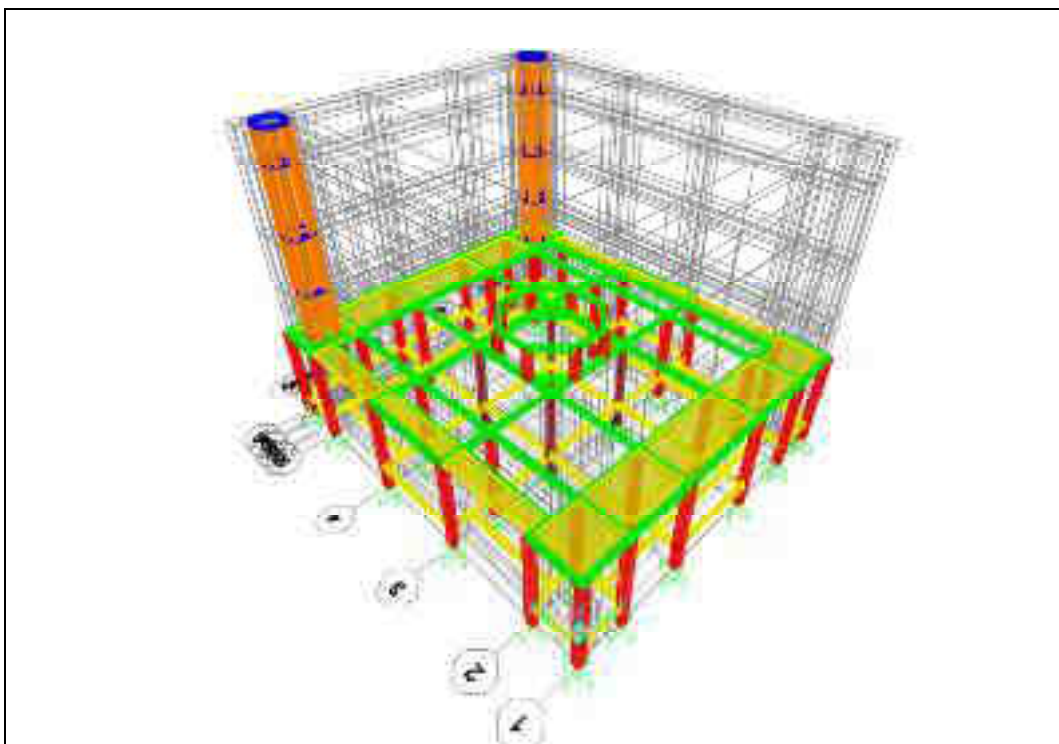
Lampiran A3.5 S_1 , Grafik Respon Spectrum lokasi Masjid di Pidie Jaya



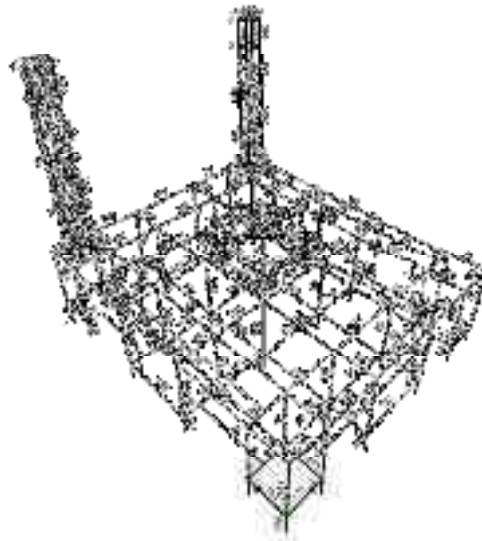
Lampiran A 3.6 Grafik Respon Spectrum Tanah sedang lokasi Masjid di Pidie Jaya



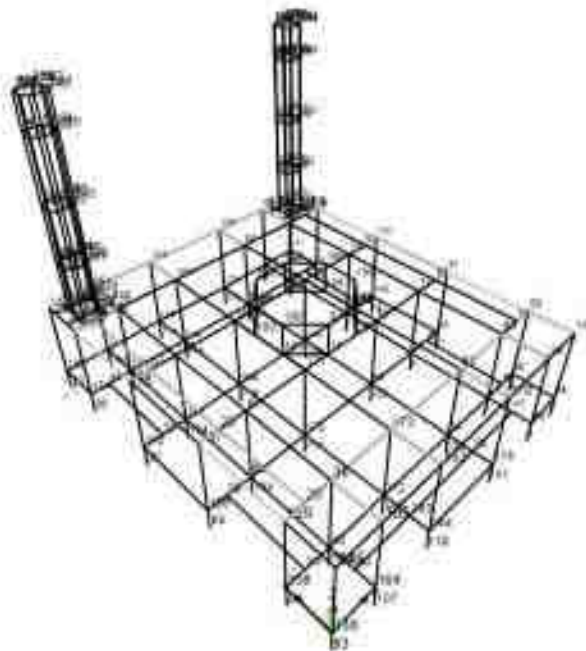
Lampiran A. 3.7 Pemodelan Struktur 3D space Frame



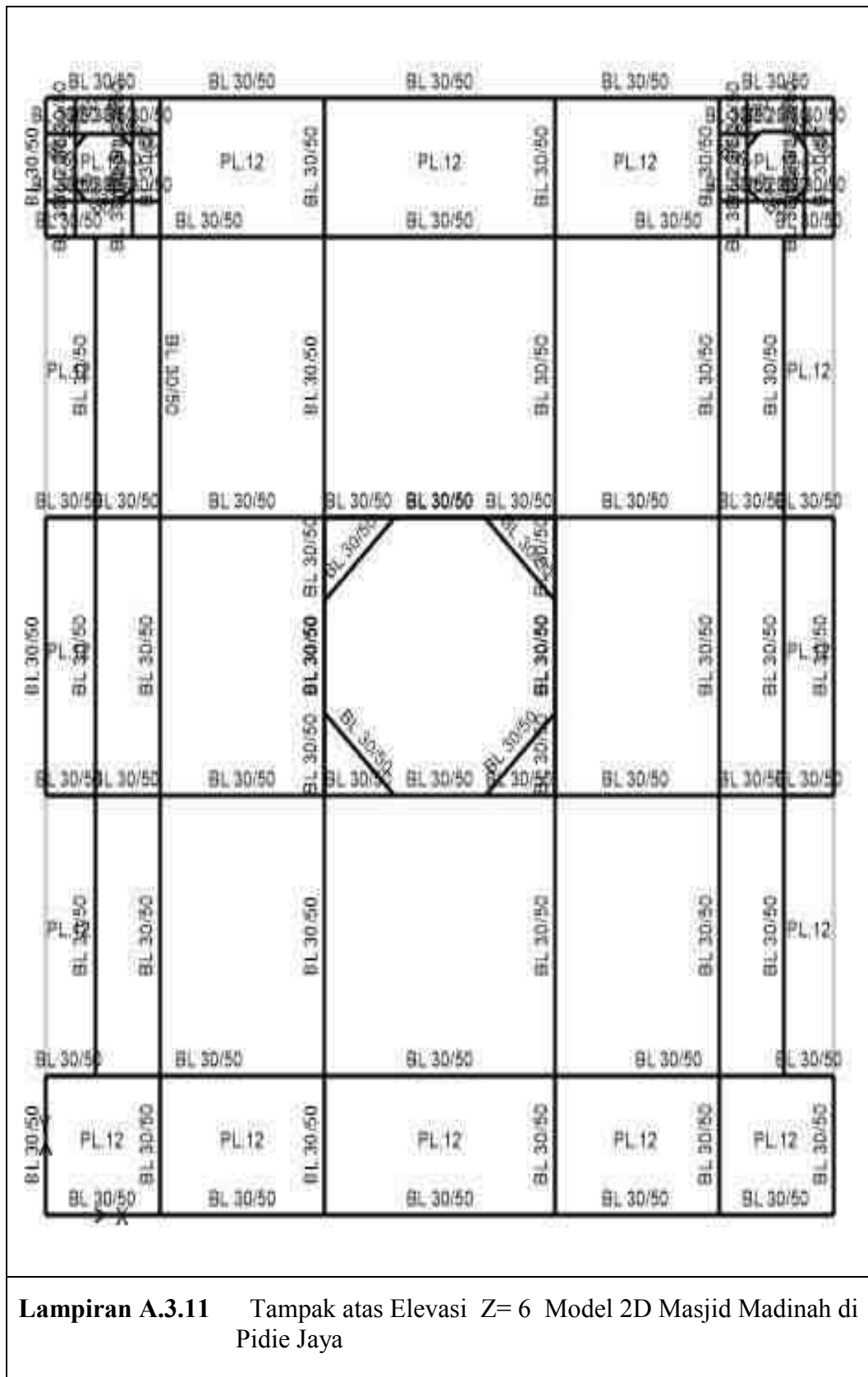
Lampiran A.3.8 Pemodelan Struktur 3D space Frame Grid

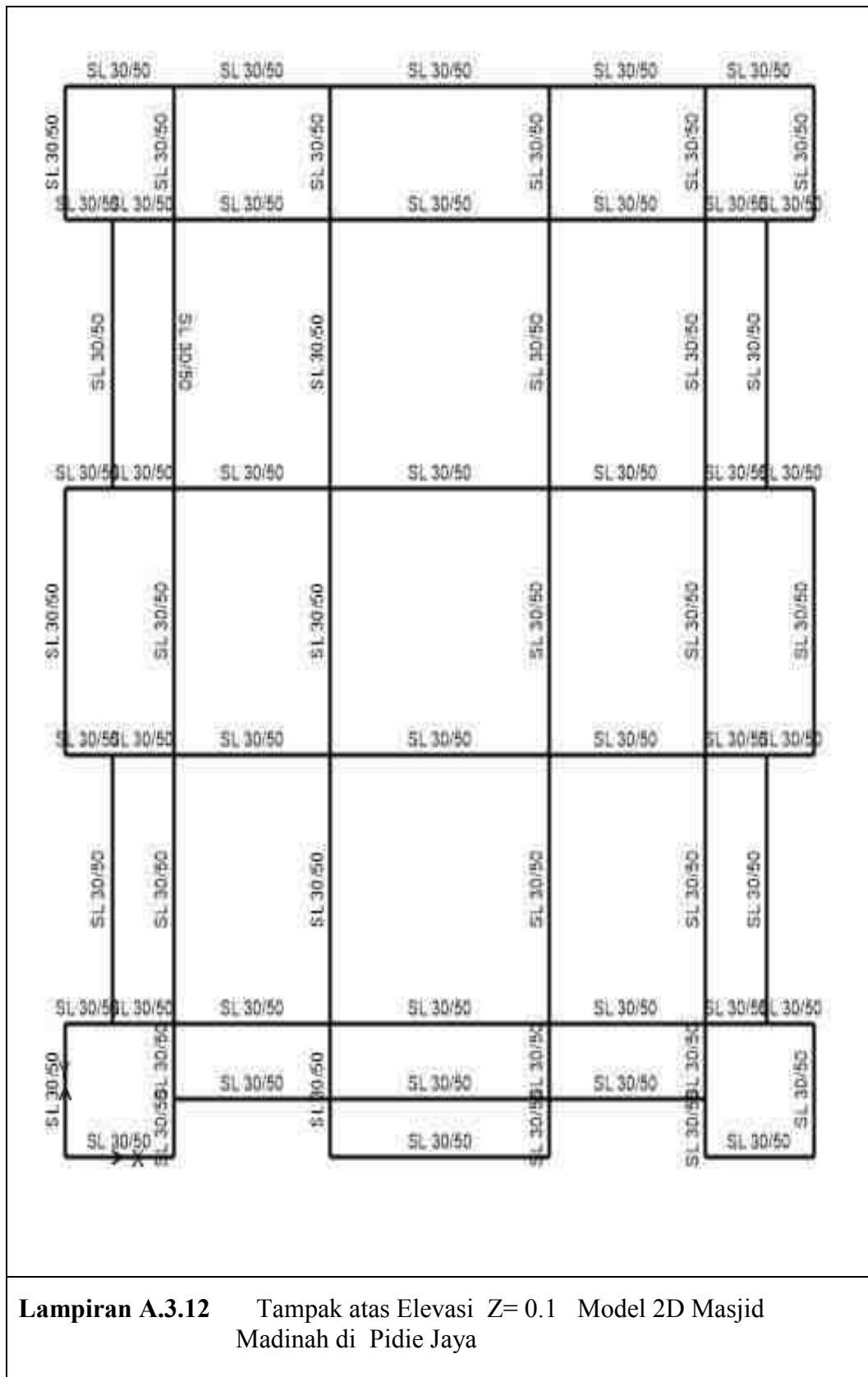


Lampiran A3.9 Gambar Model 3D Section



Lampiran A.3.10 Gambar 3D Model Join



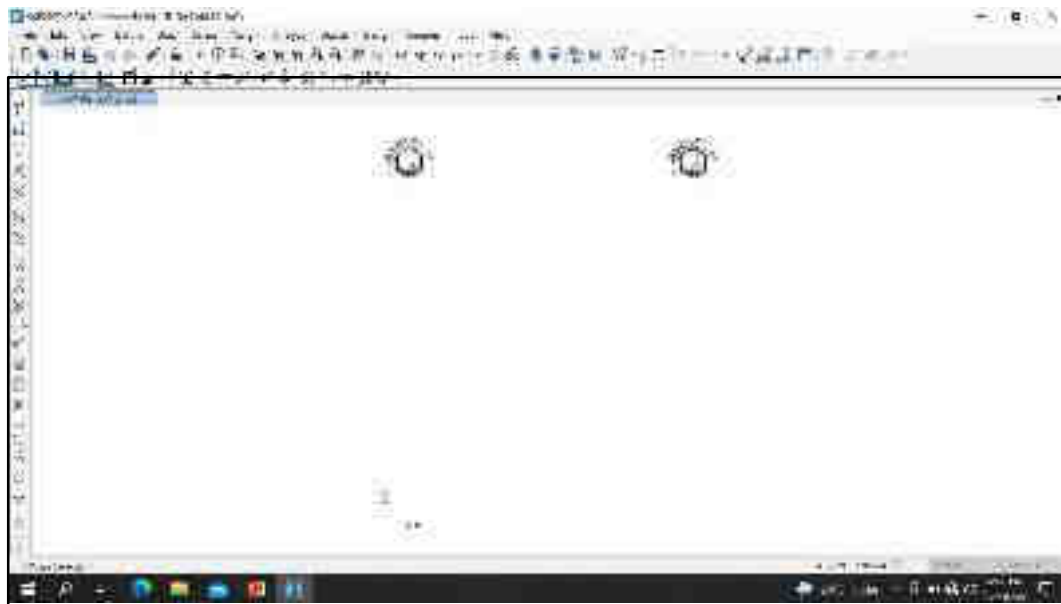




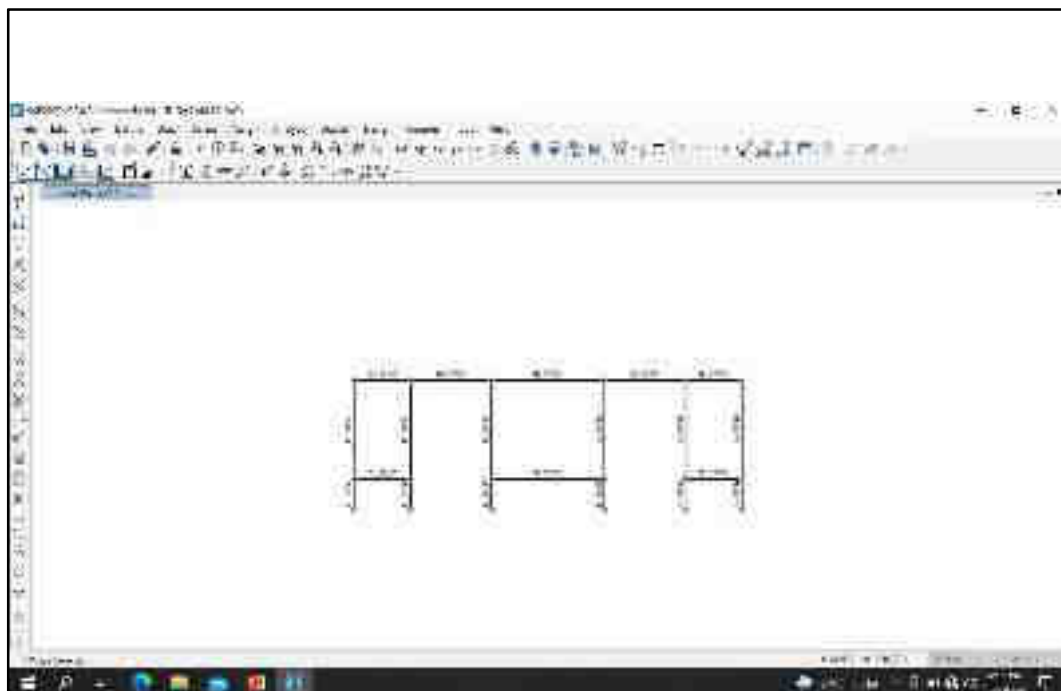
Lampiran A.3.13 Tampak atas Elevasi Z= 8,5 Model 2D Masjid Madinah di Pidie Jaya



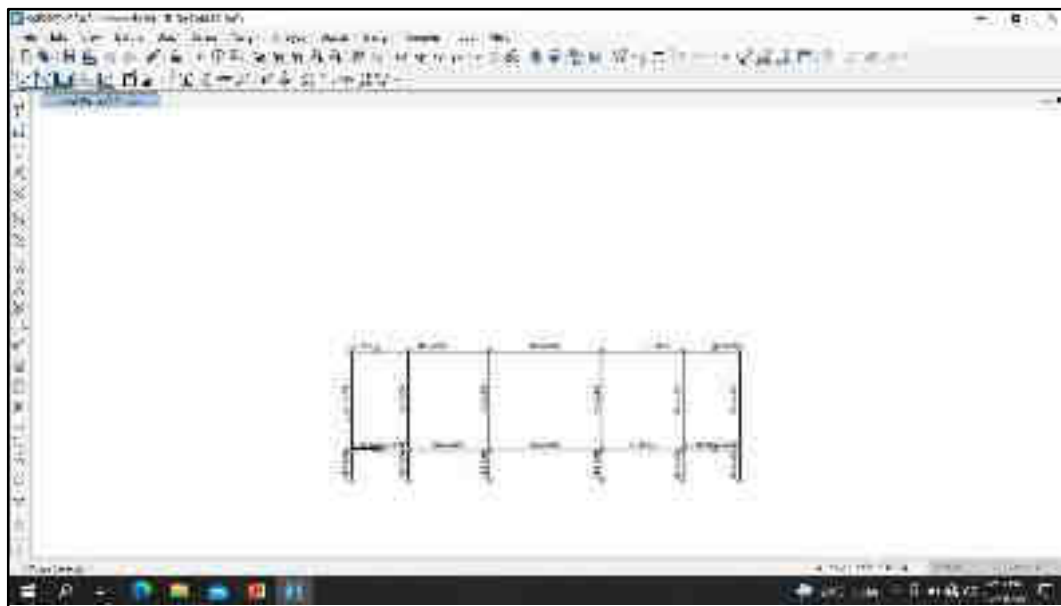
Lampiran A.3.14 Tampak atas Elevasi Z= 19,25 Model 2D Masjid Madinah di Pidie Jaya



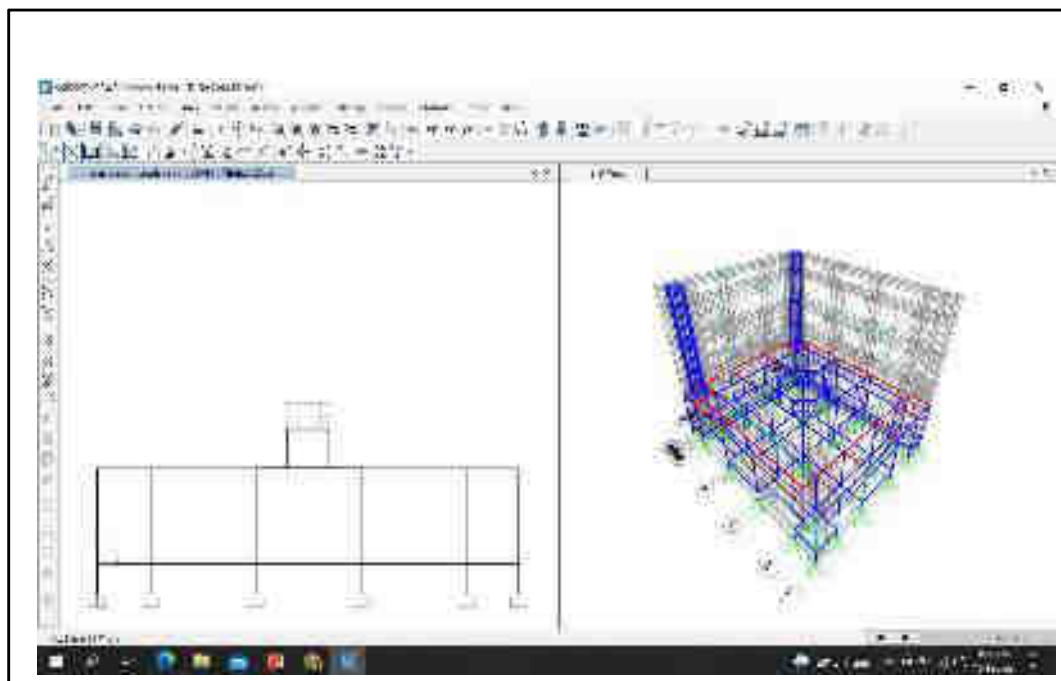
Lampiran A.3.15 Tampak atas Elevasi $Z=22$ Model 2D Masjid Madinah di Pidie Jaya

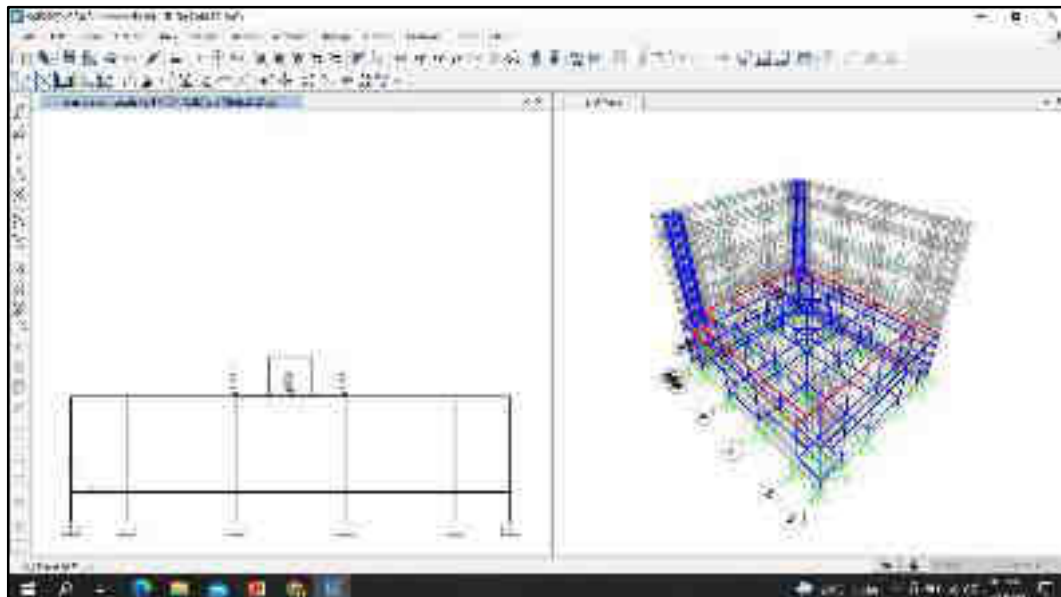


Lampiran A.3.16 Portal As koordinat $Y=0$ Model 2D Masjid Madinah di Pidie Jaya

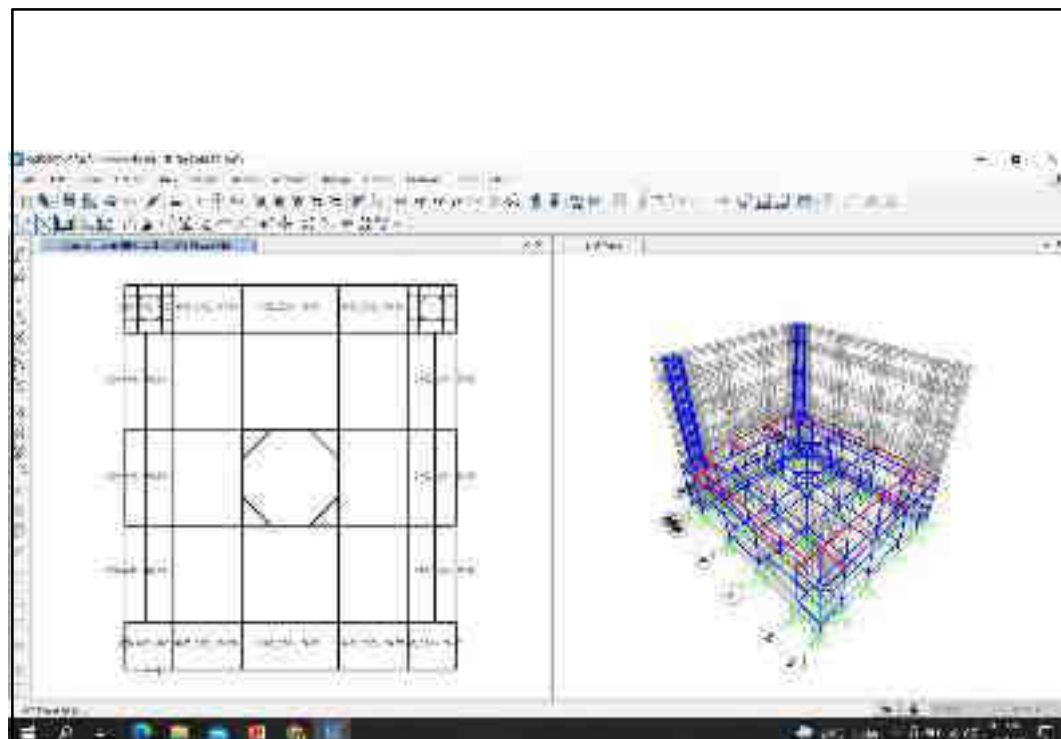


Lampiran A.3.17 Tampak atas koordinat $Y = 3.5$ Model 2D Masjid Madinah di Pidie Jaya

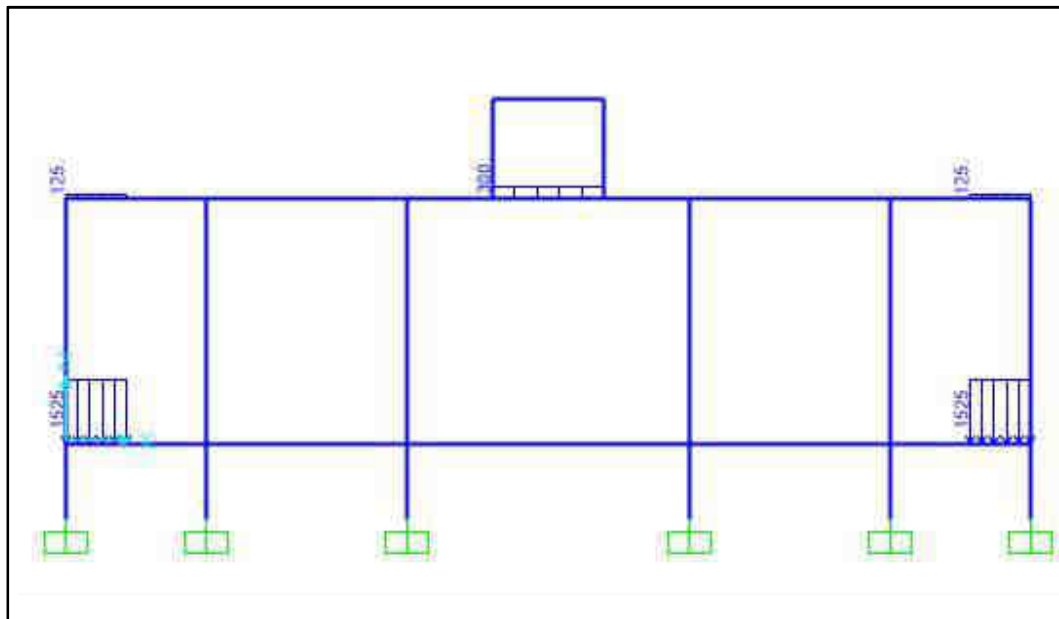




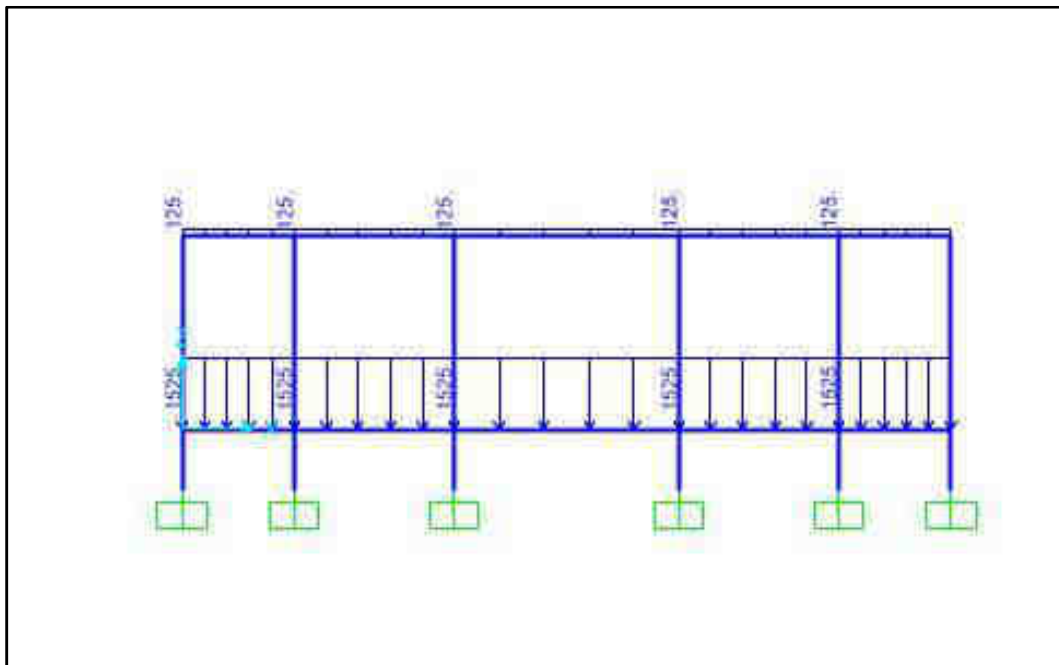
Lampiran A.3.19 Beban kuda-kuda koordinat $X = 8.5$ Model 2D Masjid Madinah di Pidie Jaya



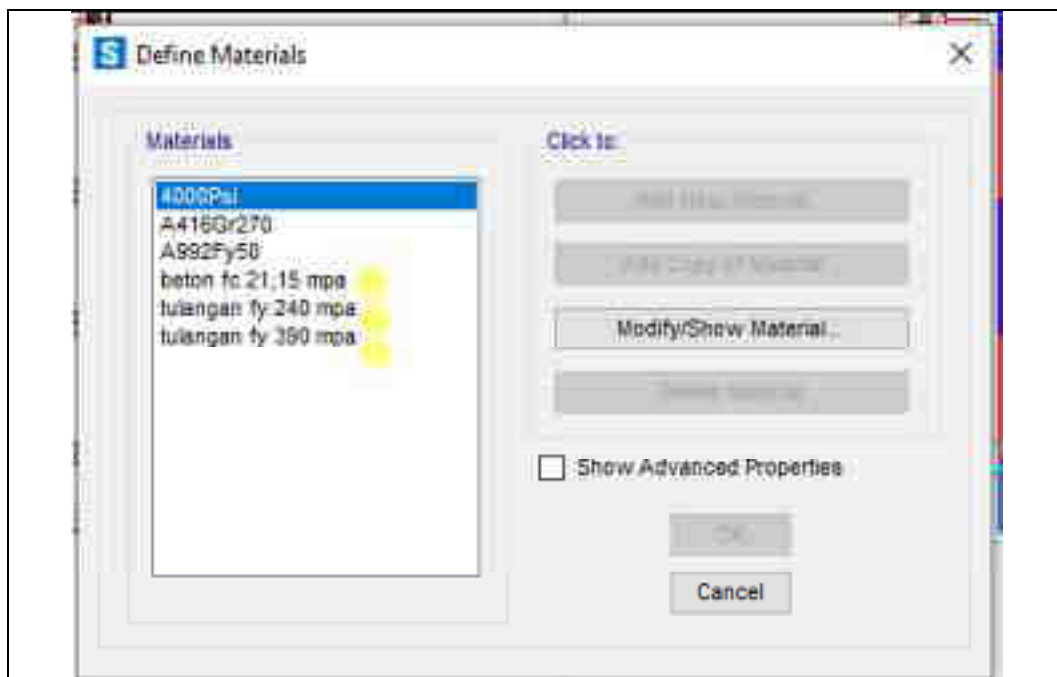
Lampiran A.3.20 beban plat Elevasi $Z = 6$ Model 2D Masjid Madinah di Pidie Jaya



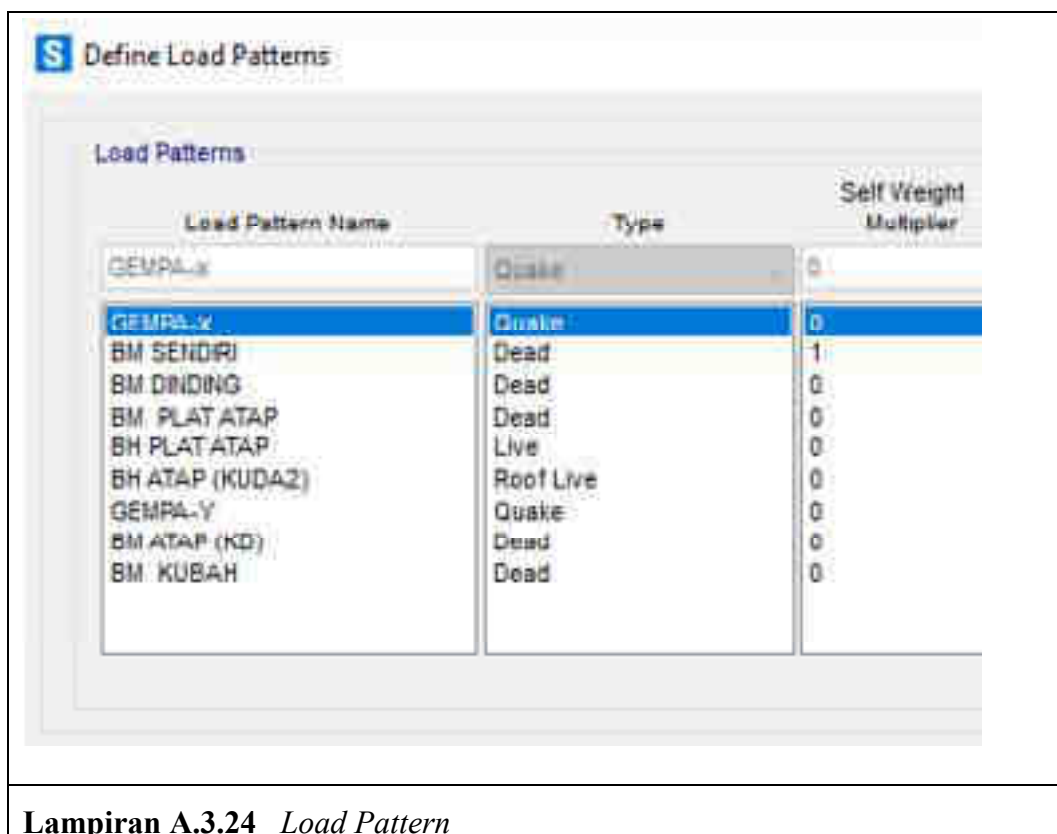
Lampiran A.3.21 Beban dinding koordinat $y = 10.5$ Model 2D Masjid Madinah di Pidie Jaya



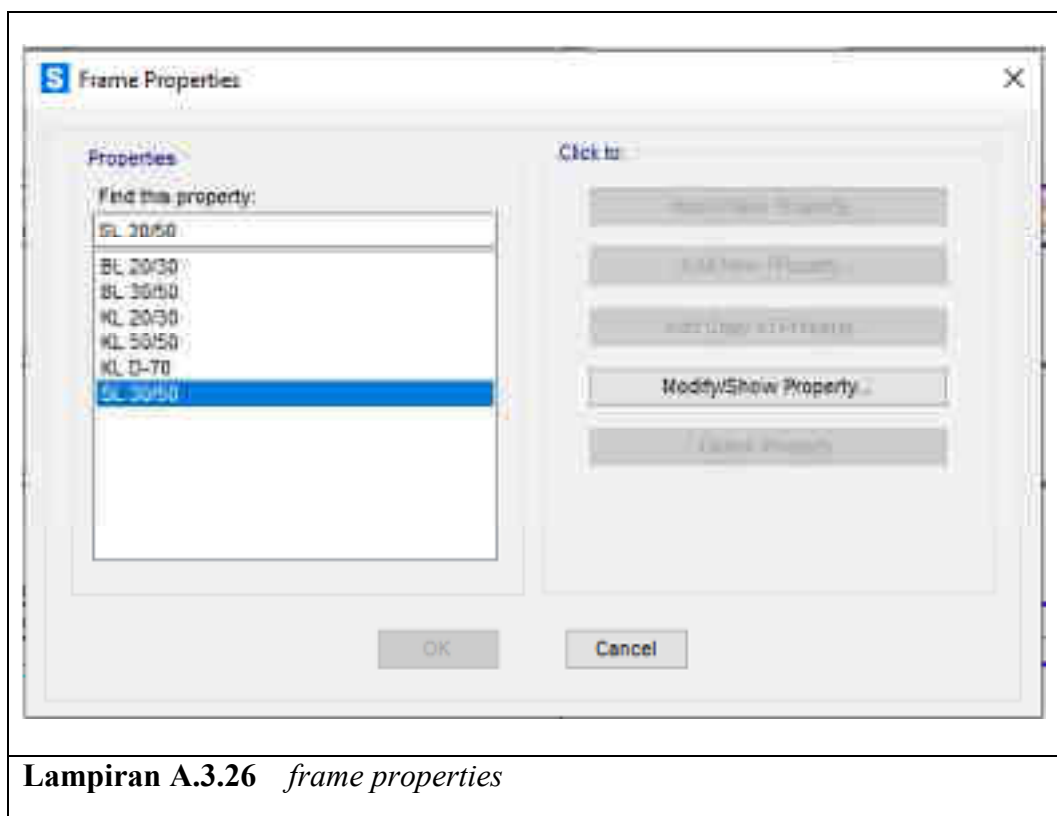
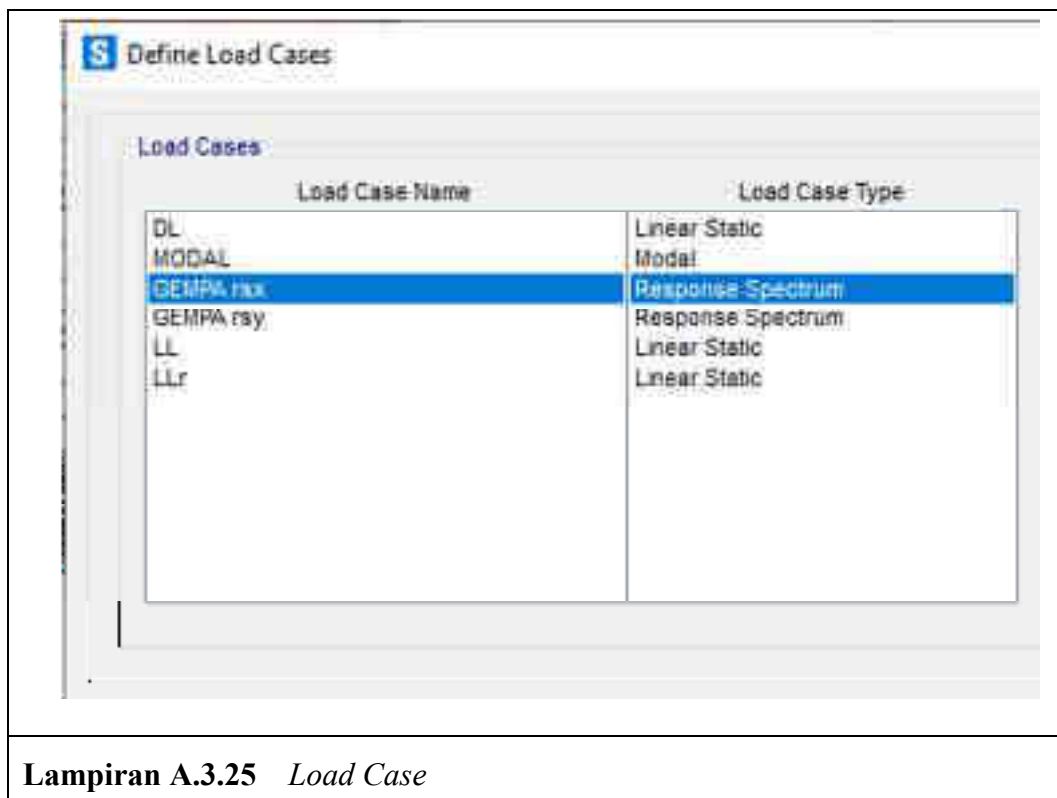
Lampiran A.3. 22 Beban dinding koordinat $y = 28$ Model 2D Masjid Madinah di Pidie Jaya

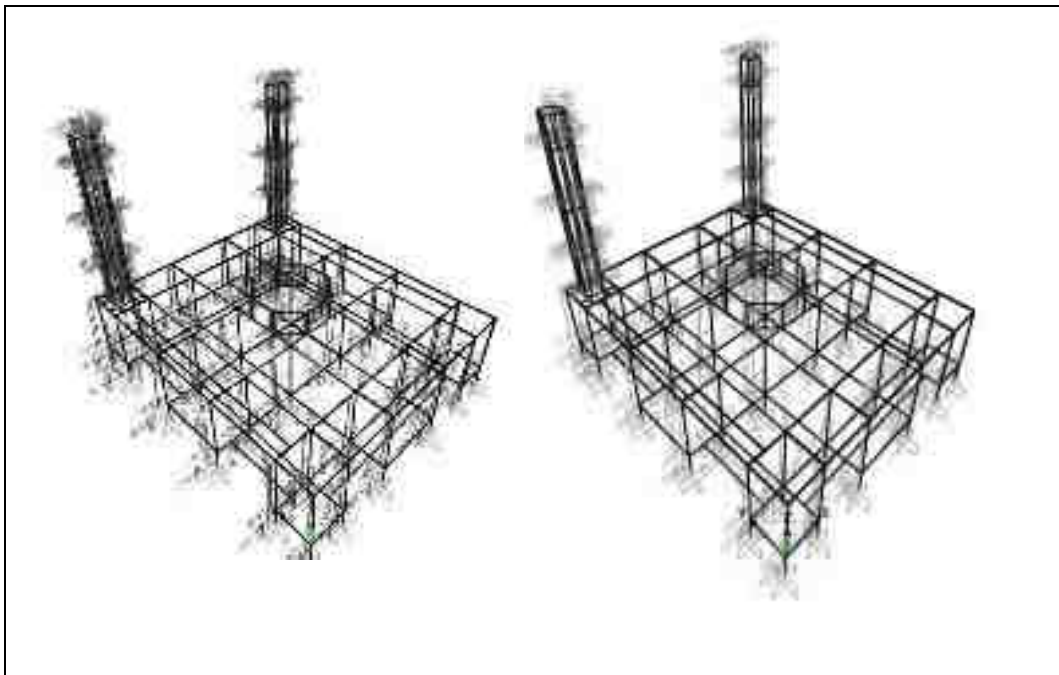


Lampiran A.3.23 *Define material*

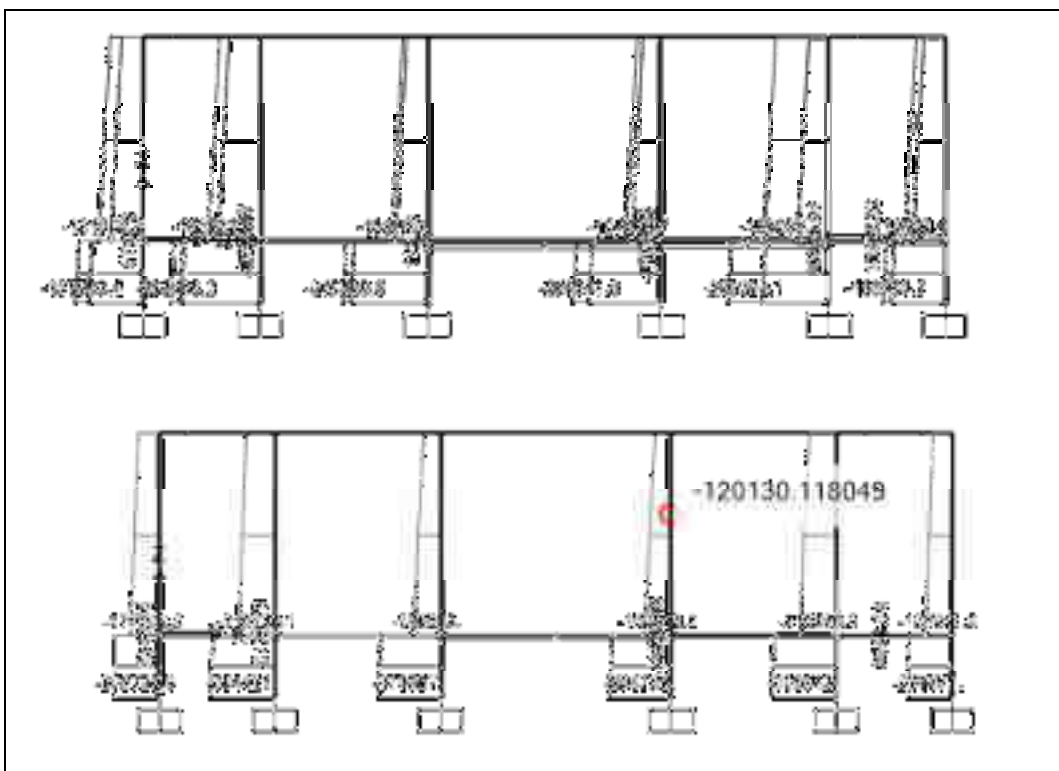


Lampiran A.3.24 *Load Pattern*

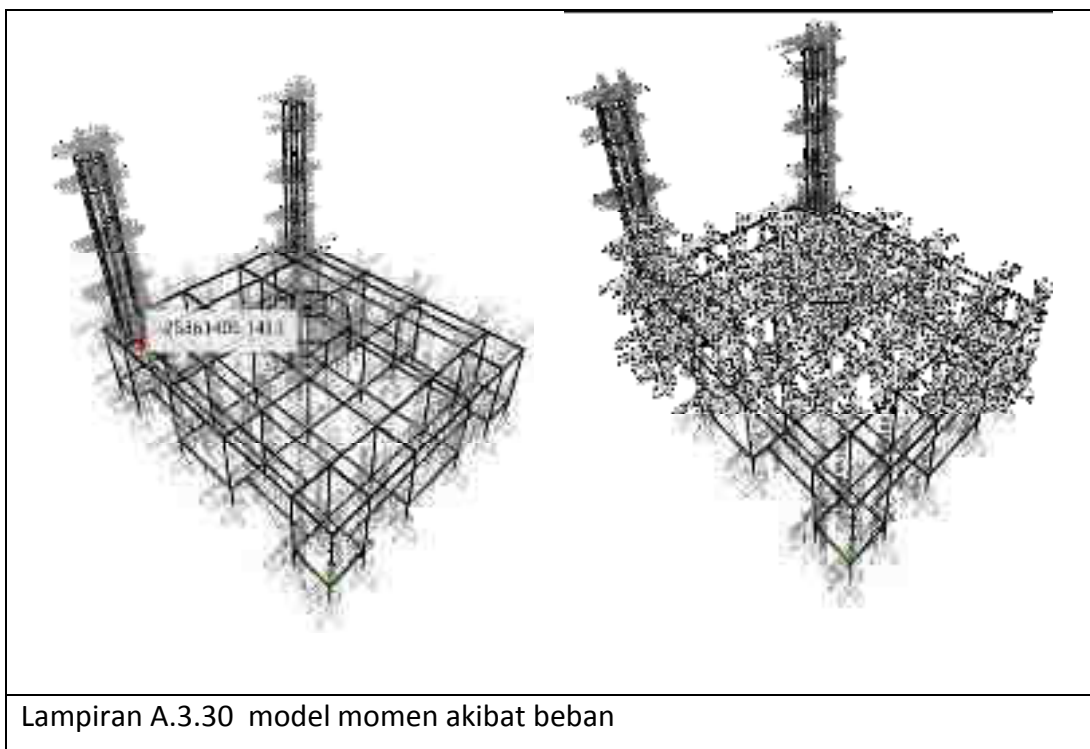
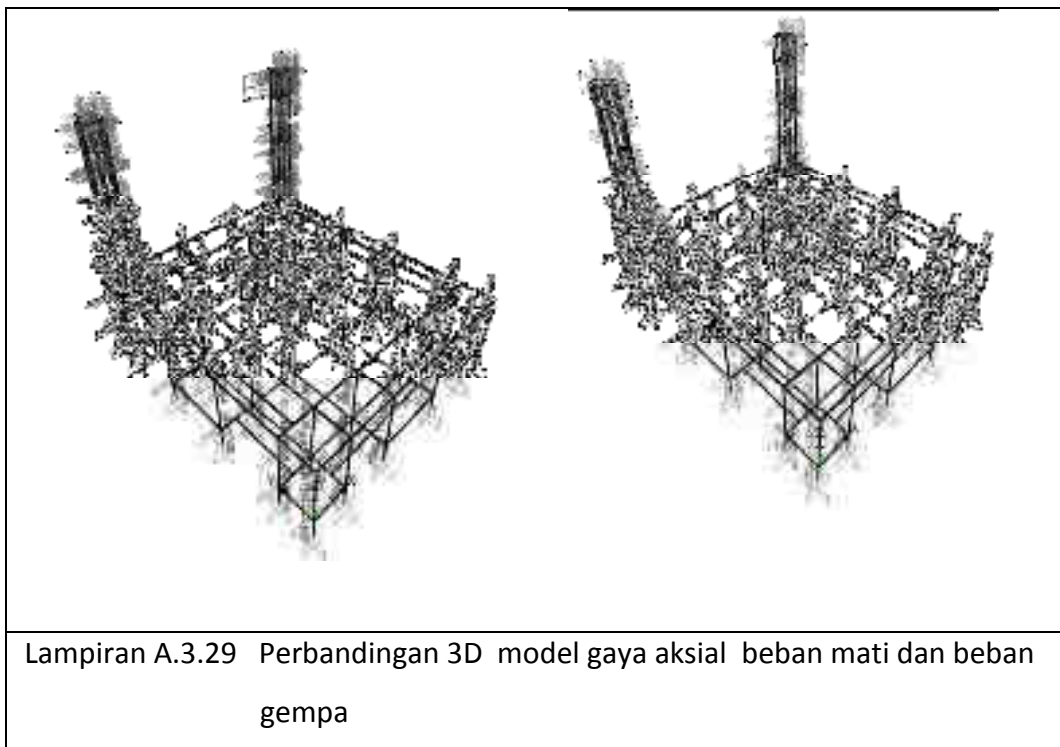


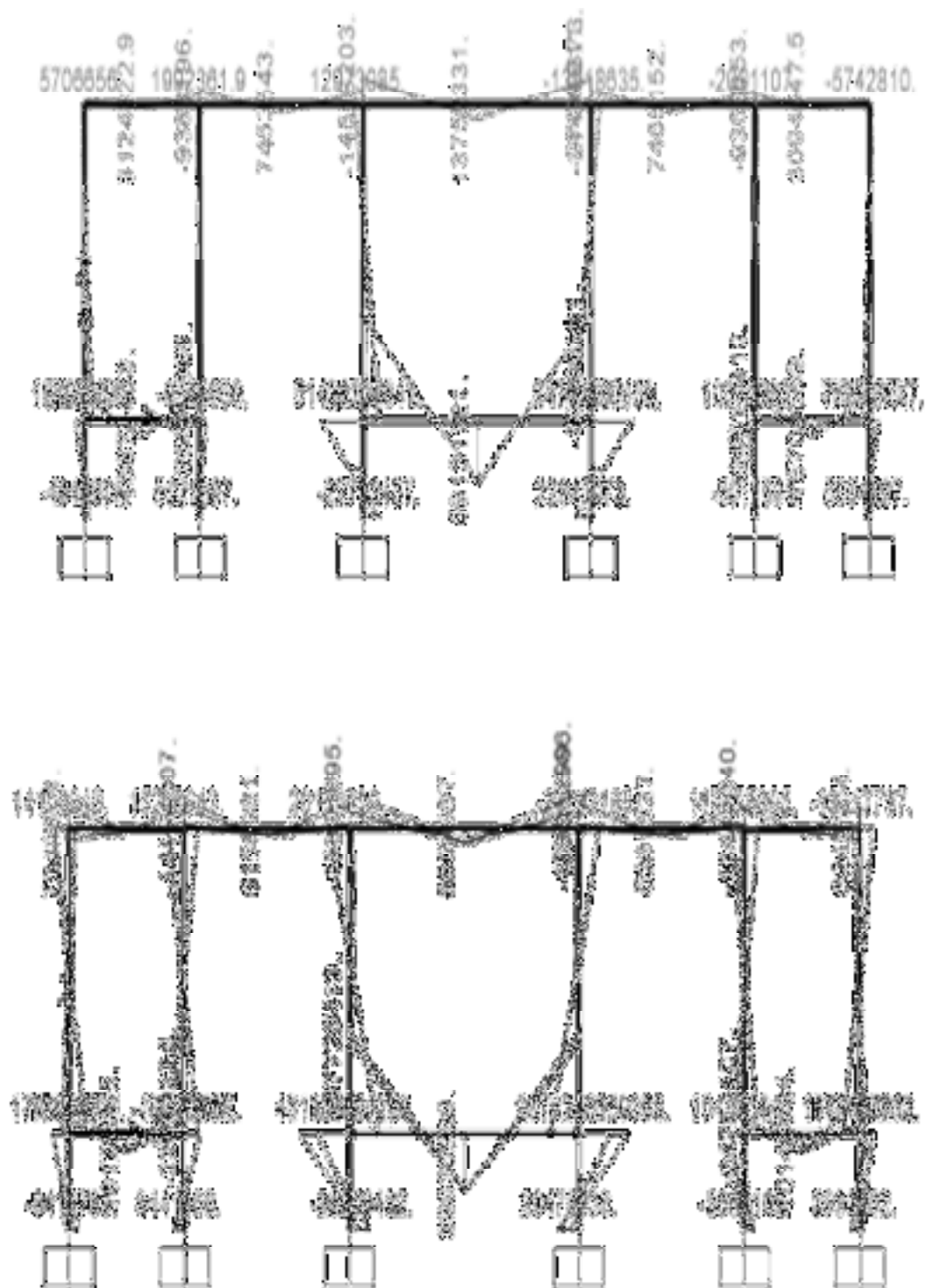


Lampiran A 3.27 3D model gaya aksial pengaruh beban



Lampiran A.3.28 Perbandingan gaya aksial pengaruh beban





Lampiran A.3.31 momen pada portal $As_y = 0$

Lampiran A.33 As perlu pada balok elevasi E -0.1

