

**ANALISIS KETAHANAN GEMPA BANGUNAN
GEDUNG SMAN 12 BANDA ACEH
BERDASARKAN SNI 1726-2019**

TUGAS AKHIR

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

Oleh :

**AULIA RAHMAT
NIM 1803120075**



**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH ACEH
BATHOH - BANDA ACEH
2022**

LEMBAR PENGESAHAN FAKULTAS

Tugas Akhir dengan judul “Analisis Ketahanan Gempa Bangunan Gedung SMAN 12 Banda Aceh Berdasarkan SNI 1726-2019”, disusun oleh:

Nama Mahasiswa : Aulia Rahmat
NIM : 1803120075
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 21 Februari 2022.

Banda Aceh, 21 Februari 2022

Disetujui Oleh,

Dosen Pembimbing


Agustiadi, ST., MT., IPM
NIDN : 0018087003

Ketua Program 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 Gempa Bangunan Gedung SMAN 12 Banda Aceh
Berdasarkan SNI 1726-2019

Disusun oleh

Nama Mahasiswa : Aulia Rahmat
NIM : 1803120075
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.

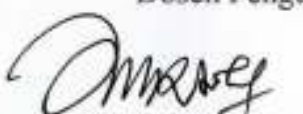
Tugas Akhir ini telah diperiksa dan disetujui oleh Dosen Pembimbing dan Dosen Penguji untuk disahkan.

Banda Aceh, 21 Februari 2022

Dosen Pembimbing


Agustia, ST., MT, IPM
NIDN : 0018087003

Dosen Penguji I


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

Dosen Penguji II


Cut Nawalul Azka, S.ST., MT, IPP
NIDN : 1330019301

Mengetahui,

Ketua Program Studi Teknik Sipil



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

PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

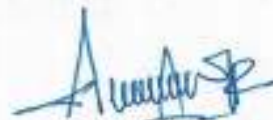
Nama : Aulia Rahmat
NIM : 1803120075

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 penciplakan.
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.

Bathoh, 21 Februari 2022
Saya yang membuat pernyataan,



Aulia Rahmat
NIM. 1803120075

KATA PENGANTAR

BISMILLAHIRRAHMANIRRAHIM

Segala puji dan syukur penulis panjatkan kehadirat ALLAH SWT yang telah melimpahkan karunia-NYA sehingga penulis tugas akhir ini dapat diselesaikan pada waktunya. Tugas akhir ini berjudul “Analisis Ketahanan Gempa Bangunan Gedung SMAN 12 Banda Aceh Berdasarkan SNI 1726-2019”, ditulis dalam rangka melengkapi dan memenuhi salah satu syarat yang diperlukan untuk menyelesaikan pendidikan pada Program Studi Sarjana Teknik Sipil pada Universitas Muhammadiyah Aceh.

Dalam pelaksanaan penelitian dan penulisan tugas akhir ini, penulis telah memperoleh bantuan dan bimbingan dari berbagai pihak terutama Pembimbing. Untuk itu penulis menyampaikan terimakasih yang tulus kepada Bapak Agustiar, ST.,MT,IPM sebagai Pembimbing. Selanjutnya pada kesempatan ini penulis juga menyampaikan terimakasih kepada:

1. Ibu Dekan Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Aceh Dr. Ir. Hafnidar A. Rani, ST, MM, IPU, ASEAN Eng.ACPE
2. Bapak Ketua Prodi Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Aceh Ir. Tamalkhani, ST, M. Eng, Sc, IPM ASEAN Eng.
3. Tenaga pengajar pada Prodi Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Aceh.
4. Bapak Pembahas I Ir. Munawir, ST, MT, IPM, ASEAN Eng dan Bapak Pembahas II Cut Nawalul Azka, S.ST.,MT,IPP, yang telah memberikan banyak masukan untuk perbaikan tulisan ini.
5. Ayahanda Anwar dan ibunda Arlaini, Muhammad Irfan Suhardie, T. Agus Munandar, Fakhurrazi M, Mindo Kurniawan, yang telah memberikan dukungan, perhatian, semangat dan kasih sayang, serta do'anya.
6. Rekan-rekan mahasiswa pada Prodi Teknik Sipil yang telah banyak membantu penulis hingga selesainya penulisan ini.

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

Bathoh, 21 Februari 2022
Penulis,

Aulia Rahmat
NIM. 180312075

ANALISIS KETAHANAN GEMPA BANGUNAN GEDUNG SMAN 12 BANDA ACEH BERDASARKAN SNI 1726-2019

Oleh:
Aulia Rahmat
NIM : 1803120075

Pembimbing
Agustiar, ST.,MT,IPM

ABSTRAK

Bangunan Gedung SMAN 12 Banda Aceh yang berlokasi di Kota Banda Aceh. Berdasarkan hasil peraturan gempa 1726-2019 diketahui bahwa gedung dibangun diatas kelas situs tanah lunak dan termasuk dalam kategori desain seismik D sehingga perencanaan struktur menggunakan metode Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus (SRPMK). Perhitungan struktur dan gempa mengacu pada peraturan yang berlaku. Peraturan yang digunakan adalah standar desain yang berlaku di Indonesia yaitu SNI 2847-2013 (Persyaratan Beton Struktural untuk Bangunan Gedung); SNI 1727-2013 (Beban Minimum untuk Perancangan Bangunan Gedung dan Struktur Lain); SNI 1726-2019 (Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non Gedung). Mutu beton $f'_c = 21,75$ MPa dan mutu baja tulangan $f_y = 420$ MPa. Metode yang digunakan analisis statik ekuivalen. Studi ini bertujuan untuk menganalisis terhadap rasio tulangan dengan menggunakan *software* Etabs v17. Pada hasil analisis perhitungan maka didapat hasil untuk tulangan pokok pada balok lantai 30/40 mm untuk desain Awal pada lantai 1 menggunakan tulangan pokok 12Ø14, tulangan sengkang tumpuan Ø8-100 dan tulangan lapangan Ø8-150, maka didapatkan hasil untuk tulangan pokok 12Ø14, tulangan sengkang tumpuan Ø10-100 dan tulangan lapangan Ø8-170 maka balok aman. Untuk balok balok lantai 30/60 mm untuk desain Awal pada lantai 1 menggunakan tulangan pokok 14Ø14, tulangan sengkang tumpuan Ø8-100 dan tulangan lapangan Ø8-150, maka didapatkan hasil untuk tulangan pokok 13Ø14, tulangan sengkang tumpuan Ø8-100 dan tulangan lapangan Ø8-270 maka balok aman. Untuk kolom 40x40 cm desain Awal pada lantai 1 menggunakan tulangan pokok pokok 9D16, tulangan sengkang Ø8-100, maka didapatkan hasil untuk tulangan pokok 13D16, tulangan sengkang Ø8-100, maka kolom tidak aman terhadap terhadap tulangan pokok.

Kata kunci : Balok, kolom, SRPMK, ETABS v17, SNI 1726-2019

EARTHQUAKE RESISTANCE ANALYSIS OF SMAN 12 BANDA ACEH BUILDING BASED ON SNI 1726-2019

Written by: Aulia
Rahmat NIM:
1803120075

Supervisor
Agustiar, ST.MT,IPM

ABSTRACT

SMAN 12 Banda Aceh building is located in Banda Aceh City. Based on the results of the 1726-2019 earthquake regulation, it is known that the building was built on a soft soil site class and is included in the seismic design category D so that the structural planning uses the Special Moment Resistant Frame System (SRPMK) method. Calculation of structures and earthquakes refers to the applicable regulations. The regulations used are design standards that apply in Indonesia, namely SNI 2847-2013 (Requirements for Structural Concrete for Buildings); SNI 1727-2013 (Minimum Load for Design of Buildings and Other Structures); SNI 1726-2019 (Earthquake Resistance Planning Procedures for Building and Non-Building Structures). The quality of concrete $f_c = 21.75$ MPa and the quality of reinforcing steel $f_y = 420$ MPa. The method used is equivalent static analysis. This study aims to analyze the ratio of reinforcement using Etabs v17 *software*. In the calculation analysis, the results obtained for the basic reinforcement on the floor beams of 30/40 mm for the Initial design on the 1st floor using 12O14 main reinforcement, 8-100 support stirrup reinforcement and 8-150 field reinforcement, then the results obtained for 12O14 main reinforcement, reinforcement support stirrups 10-100 and field reinforcement 8-170 then the beam is safe. For floor beams 30/60 mm for the Initial design on the 1st floor using 14O14 main reinforcement, 8-100 support hoop reinforcement and 8-150 field reinforcement, the results obtained for 13O14 main reinforcement, 8-100 support hoop reinforcement and 8 field reinforcement -270 then beam is safe. For the 40x40 cm column, the Initial design on the first floor uses 9D16 staple reinforcement, 8-100 stirrup reinforcement, the results obtained for 13D16 main reinforcement, 8-100 hoop reinforcement, then the column is not safe against the main reinforcement.

Keywords: Beams, columns, SRPMK, ETBAS v17, SNI 1726-2019



Suci Fitriani

Written by:
Agila Hilmant
NIM 1803120022

Abstrak ini telah diterjemahkan oleh Prodi Teknik Sipil UNMUHA
pada Tanggal 27 April 2022

ABSTRACT

STAY 12 Banda Aceh building is located in Banda Aceh City. Based on the results of the 1730-2019 earthquake regulation, it is known that the building was built on a soft soil and the class that is included in the seismic design category is II so that the structural planning uses the Special Moment Resistant Frame System (SMPMR). Method: Calculation of structures and earthquake refers to the earthquake regulation. The regulation used the design standards that apply in Indonesia, namely SNI 2847-2013 (Requirements for Structural Concrete for Buildings), SNI 1725-2013 (Minimum Load for Design of Buildings and Other Structures), SNI 1726-2019 (Earthquake Resistance Planning Procedures for Building and Non-Building Structures). The quality of concrete is $f_c = 21.75 \text{ MPa}$ and the quality of reinforcing steel is $f_y = 420 \text{ MPa}$. The method used is equivalent static analysis. This study aims to analyze the ratio of reinforcement using Ayala V17 software. In the calculation analysis, the results obtained for the basic reinforcement on the floor beams of 30-40 mm for the initial design on the 1st floor using 15014 main reinforcement, 8-100 support stirrup reinforcement and 8-150 field reinforcement. Also the results obtained for 15014 main reinforcement, reinforcement support stirrups 10-100 and field reinforcement 8-170 then the beam is safe. For floor beams 1050 mm for the initial design on the 1st floor using 14014 main reinforcement, 8-100 support hoop reinforcement and 8-150 field reinforcement, the results obtained for 15014 main reinforcement, 8-100 support hoop reinforcement and 8 field reinforcement 270 then beam is safe. For the 40x40 cm column, the initial design on the first floor uses 8D16 stirrup reinforcement, 8-100 hoop reinforcement, the results obtained for 13D16 main reinforcement, 8-100 hoop reinforcement, then the column is not safe against the main reinforcement.

Keywords: Beam, column, SMPMR, ETBAS v17, SNI 1726-2019

DAFTAR ISI

	<i>Halaman</i>
PENGESAHAN.....	i
PERNYATAAN.....	ii
KATA PENGANTAR.....	iii
ABSTRAK	iv
ABSTRACT	v
DAFTAR ISI.....	vii
DAFTAR LAMPIRAN	x
 BAB I. PENDAHULUAN.....	 1
 BAB II. TINJAUAN KEPUSTAKAAN	 4
2.1 Sistem Struktur.....	4
2.1.1 Kolom.....	4
2.1.2 Balok	4
2.2 Pengertian Sistem Rangka Pemikul Momen.....	5
2.3 Pembebanan	6
2.3.1 Beban Mati (<i>Dead Load</i>).....	6
2.3.2 Beban Hidup (<i>Live Load</i>)	6
2.3.3 Beban Gempa (<i>Earthquake</i>).....	6
2.3.3.1 Menentukan Kelas Situs.....	7
2.3.3.2 Menentukan Kategori Resiko Bangunan	7
2.3.3.3 Menentukan Parameter Percepatan Tanah	7
2.3.3.4 Koefisien Situs F_a dan F_v	7
2.3.3.5 Koefisien S_{MS} dan S_{M1}	8
2.3.3.6 Menentukan Parameter Percepatan Terpetakan	8
2.3.3.7 Kategori Desain Seismik.....	8
2.3.3.8 Menentukan Sistem Struktur Terhadap Resiko Gempa...	8
2.3.3.9 Pembatasan Waktu Getar Alami Fundametal	9

2.3.3.10	Parameter Percepatan Spektral Desain	9
2.3.3.11	Menghitung Koefisien Respon Seismik.....	11
2.3.3.12	Analisis Gempa Dinamik.....	11
2.4	Kontrol Pemodelan Struktur	11
2.4.1	Kontrol Partisipasi Massa.....	11
2.4.2	Kontrol Waktu Getar Alami Fundametal	12
2.4.3	Kontrol Skala Gaya Dinamis.....	12
2.4.4	Kontrol Simpangan Bangunan (<i>Drift</i>)	12
2.4.5	Kontrol Pengaruh P-Delta	13
2.4.6	Kombinasi Pembebanan	14
2.5	Kuat Rencana	16
2.6	Perencanaan Balok.....	16
2.6.1	Perhitungan Tulangan Utama.....	16
2.6.2	Perhitungan Tulangan Geser	18
2.7	Perencanaan Kolom	19
2.7.1	Perhitungan Tulangan Utama.....	19
2.7.2	Perhitungan Tulangan Geser	19
2.8	Penelitian Terdahulu	20
BAB III.	METODOLOGI PENELITIAN	21
3.1	Lokasi Penelitian.....	21
3.2	Data Teknis Gedung.....	21
3.3	Pembebanan Struktur	23
3.4	Kombinasi Pembebanan.....	24
3.5	Analisis Struktur	25
BAB IV.	HASIL DAN PEMBAHASAN	27
4.1	Rekapitulasi Pembebanan Gedung	27
4.2	Kontrol Partisipasi Massa	28
4.3	Kontrol Waktu Getal Alami Fundametal	28
4.4	Kontrol Gaya Geser Dasar (<i>Base Shear</i>)	29
4.5	Kontrol Waktu Getal Alami Fundametal	30

4.6	Kontrol Pengaruh P-Delta	32
4.7	Perbandingan DED dan Re-Desain	33
BAB V.	KESIMPULAN DAN SARAN	36
5.1	Kesimpulan	36
5.2	Saran.....	36
DAFTAR PUSTAKA.....		38

DAFTAR LAMPIRAN

LAMPIRAN A

Lampiran A.1 Bagan Alir	39
Lampiran A.2 Peta Nanggroe Aceh Darussalam.....	40
Lampiran A.3 Peta Wilayah Indonesia Berdasarkan Parameter S1	41
Lampiran A.4 Peta Wilayah Indonesia Berdasarkan Ss.....	41
Lampiran A.5 Gambar <i>Detail engineering Design</i> (DED)	42
Lampiran A.6 Diagram Aksial	48
Lampiran A.7 Diagram Momen	48
Lampiran A.8 Diagram Gaya Geser	49
Lampiran A.9 Diagram Momen	49
Lampiran A.10 Diagram Batang Aman/tidak	50
Lampiran A.11 Diagram Batang Aman/tidak	50

LAMPIRAN B

Lampiran Tabel B.1 Kategori Resiko Bangunan Gedung dan Nongedung	51
Lampiran Tabel B.2 Faktor Keutamaan Gempa (I_e).....	51
Lampiran Tabel B.3 Koefisien Situs, F_a	51
Lampiran Tabel B.4 Koefisien Situs, F_v	52
Lampiran Tabel B.5 Interpolasi F_a dan F_v	52
Lampiran Tabel B.6 Kategori Desain Seismik Berdasarkan Respon Pendek	52
Lampiran Tabel B.7 Kategori Desain Seismik Berdasarkan Respon 1 detik	53
Lampiran Tabel B.8 Kategori Desain Seismik (K_{DS}) dan Resiko Gempa	53
Lampiran Tabel B.9 Faktor R , C_d dan Ω_0 untuk Sistem Pemikul Seismik	53
Lampiran Tabel B.10 Nilai Parameter Periode Pendekatan C_t dan x	54
Lampiran Tabel B.11 Koefisien untuk Batas Atas ada Periode yang dihitung	54
Lampiran Tabel B.12 Simpang Ijin Struktur	55
Lampiran Tabel B.13 Syarat Perlindungan Beton.....	55

LAMPIRAN C

Lampiran C	Perhitungan Beban Gedung SNI 1726-2019.....	56
------------	---	----

BAB I

PENDAHULUAN

Pada dunia konstruksi, gempa bumi dapat mengakibatkan bangunan mengalami pergerakan dalam arah vertikal dan horizontal. Pergerakan pada bangunan ini dapat menimbulkan beban dinamis yang berubah-ubah terhadap waktu sehingga bangunan mengalami kerusakan, seperti timbulnya beberapa gaya yang dapat menyebabkan masalah pada suatu elemen struktur khususnya pada balok kolom. Mengakibatkan gaya lentur dan geser pada suatu balok kolom tidak bertepatan dengan pusat massanya.

Pada umumnya, dalam perhitungan rekayasa gempa pada struktur bangunan dibagi menjadi 2 macam, diantaranya adalah analisis statik dan analisis dinamik. Pada bangunan bertingkat, tidak beraturan, serta bangunan-bangunan yang memerlukan ketelitian yang sangat besar, perlu digunakan perencanaan analisis dinamik. Untuk analisis dinamik juga terdiri dari 2 bagian, diantaranya adalah analisis dinamik Respon Spektrum dan analisis dinamik Time History. Analisis dinamik Respon Spektrum merupakan metode yang lebih sederhana dan cepat dibanding dengan analisis dinamik Time History. Dengan memakai Respon Spektrum yang telah ada pada tiap-tiap daerah gempa, maka respons-respons maksimum dapat dicari dengan waktu yang jauh relatif lebih singkat dibanding dengan analisis dinamik Time History.

Gedung SMAN 12 Banda Aceh terdiri dari 2 lantai dengan struktur beton bertulang dengan tinggi bangunan secara keseluruhan adalah 9,40 m. Dalam menentukan objek dari penelitian ini, teknik sampling yang penulis gunakan adalah purposive sampling. Penulis hanya meninjau balok kolom lantai 2, dikarenakan gaya yang bekerja pada balok kolom tersebut diprediksi cukup besar, disebabkan karena berdasarkan gambar denah pada tingkat tersebut dianggap mengalami aktivitas manusia yang lebih besar dibandingkan dengan tingkat yang lain. Selanjutnya, penulis mengharapkan dapat meninjau perilaku torsi dari beberapa model penampang balok yang berbeda. Oleh karena itu, jika dilihat dari gambar

denah balok lantai, pada dimensi B1-B2 terdiri dari 2 jenis balok dengan penampang yang berbeda, di antaranya adalah balok ukuran 30/40 cm, balok ukuran 30/60 cm. Pada kolom memiliki satu jenis yaitu 40x40 cm.

Berdasarkan pada latar belakang di atas, maka dapat dirumuskan beberapa permasalahan yang di antaranya adalah perlu dilakukan analisa balok kolom disebabkan adanya beban gempa yang menjadi salah satu faktor yang paling berperan terhadap timbulnya gaya pada elemen struktur. Kemudian beban yang bekerja dalam arah horizontal juga dapat menyebabkan gaya aksial yang terjadi pada balok kolom akan lebih besar sehingga berpengaruh terhadap luas penampangnya. Adapun tujuan dari penulisan ini adalah untuk menganalisa perilaku pada balok kolom yang diakibatkan oleh beban gempa berdasarkan analisis dinamik Respon Spektrum. Kemudian untuk mengetahui pengaruh luas penampang terhadap besarnya gaya aksial dan momen yang terjadi pada balok kolom yang diakibatkan oleh beban gempa. Sedangkan manfaat dari penelitian ini di antaranya adalah dapat memberikan informasi terhadap dimensi penampang balok kolom pada bangunan eksisting, serta memberikan pemahaman tentang prosedur analisis dinamik Respons Spektrum sesuai dengan SNI 1626:2019 dan juga pengetahuan tentang pemodelan struktur bangunan gedung secara pemodelan 3D dengan menggunakan ETABS versi 17.

Adapun ruang lingkup pada penelitian ini di antaranya adalah perhitungan pembebanan mengacu pada SNI 1727:2013 tentang Beban Minimum Untuk Perancangan Bangunan Gedung dan Struktur Lain, dan untuk beban gempa mengacu pada SNI 1726:2019 tentang Tata Cara Pelaksanaan Ketahanan Gempa Untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non Gedung. Kemudian untuk tinjauan penelitian ini hanya berfokus pada balok kolom dengan penampang yang berbeda berdasarkan gambar denah dapat dilihat pada Lampiran A. Selanjutnya perhitungan analisa struktur dilakukan secara komputasi dengan bantuan *software* ETABS v.17.

Tujuan penelitian ini adalah untuk menganalisis apakah kapasitas balok kolom yang memikul beban yang bekerja terkait perubahan peraturan pembebanan

gempa mengacu pada SNI 1726:2019 serta melakukan *Re-desain* terkait kapasitas balok kolom aman untuk memikul beban yang bekerja pada gedung.

Pembebanan gedung merujuk kepada peraturan dimana beban yang diperhitungan dikelompokkan menjadi beban mati, beban mati tambahan, beban hidup dan beban angin. Berdasarkan beban yang diperhitungan tersebut dilakukan perhitungan kombinasi beban yang dikelompokkan menjadi Comb1, Comb2, Comb3a, Comb3b, Comb3c, Comb3d, Comb4a, Comb4b, Comb4c, Comb4d, Comb5a, Comb5b, Comb5c, Comb5d, Comb6a, Comb6b, Comb6c, Comb6d, Comb7a, Comb7b, Comb7c, Comb7d. Untuk menghitung kekuatan dukung elemen struktur terhadap beban-beban yang bekerja.

Bersadarkan hasil analisis struktur terhadap tulangan pokok pada balok lantai 30/40 mm untuk desain Awal pada lantai 1 menggunakan tulangan pokok 12Ø14, tulangan sengkang tumpuan Ø8-100 dan tulangan lapangan Ø8-150, maka didapatkan hasil untuk tulangan pokok 12Ø14, tulangan sengkang tumpuan Ø10-100 dan tulangan lapangan Ø8-170 maka balok aman. Untuk balok balok lantai 30/60 mm untuk desain Awal pada lantai 1 menggunakan tulangan pokok 14Ø14, tulangan sengkang tumpuan Ø8-100 dan tulangan lapangan Ø8-150, maka didapatkan hasil untuk tulangan pokok 13Ø14, tulangan sengkang tumpuan Ø8-100 dan tulangan lapangan Ø8-270 maka balok aman. Untuk kolom 40x40 cm desain Awal pada lantai 1 menggunakan tulangan pokok pokok 9D16, tulangan sengkang Ø8-100, maka didapatkan hasil untuk tulangan pokok 13D16, tulangan sengkang Ø8-100, maka kolom tidak aman terhadap terhadap tulangan pokok.

BAB II

TINJAUAN KEPUSTAKAAN

Tinjauan ini membahas tentang landasan teori yang digunakan dalam penelitian tentang analisis ketahanan gempa Gedung SMAN 12 Banda Aceh berdasarkan SNI 1726:2019.

2.1. Sistem Struktur

Suatu struktur dapat tersusun dari beberapa elemen dengan sifat atau karakteristik yang berlainan, struktur dapat dibedakan menjadi 4 yaitu Struktur Balok-Kolom, Struktur Trusses (Struktur Rangka Batang), Struktur Frame (Struktur Rangka Kaku), dan Struktur Shell (meliputi plate, Shell dan Membrane).

2.1.1. Kolom

Menurut Nawy (1998) berpendapat, kolom adalah batang tekan vertikal dari rangka atau *frame* struktural yang memikul beban dari balok. Kolom meneruskan beban-beban dari elevasi atas ke elevasi yang lebih bawah hingga akhirnya sampai ke tanah melalui pondasi. Karena kolom merupakan komponen tekan, maka keruntuhan pada suatu kolom merupakan lokasi kritis yang dapat menyebabkan (*collapse*) atau runtuhnya lantai yang bersangkutan dan juga runtuh batas total (*ultimate total collapse*) seluruh strukturnya.

Menurut Setiawan (2016) berpendapat, kolom adalah salah satu komponen struktur vertikal yang secara khusus difungsikan untuk memikul beban aksial tekan (dengan atau tanpa adanya momen lentur) dan memiliki rasio tinggi/panjang terhadap dimensi terkecilnya sebesar 3 atau lebih. Kolom memikul beban vertikal yang berasal dari pelat lantai atau atap dan menyalurkannya ke pondasi.

2.1.2. Balok

Menurut Schodek (1999) berpendapat, bahwa struktur yang dibentuk dengan cara meletakkan elemen kaku horizontal di atas elemen kaku vertikal

adalah struktur yang umum dijumpai. Elemen horizontal (balok) memikul beban yang bekerja secara transversal dari panjangnya dan mentransfer beban tersebut ke kolom vertikal yang menumpunya. Kolom tersebut dibebani secara aksial oleh balok, kemudian mentransfer beban itu ke tanah. Kolom-kolom menerima gaya terpusat, umumnya dari ujung-ujung balok. Jadi jelas ada hubungan yang erat antara pola dari sistem tumpuan yang membentang vertikal dan sistem tumpuan yang membentang horizontal.

Menurut Setianwan (2016) berpendapat, balok merupakan elemen dalam struktur gedung yang akan menopang beban horizontal yang kemudian beban tersebut disalurkan dari lantai ke kolom. Kuat tarik beton polos lebih kecil dari kuat tekannya, sehingga dapat dikatakan bahwa balok beton polos umumnya tidak efisien sebagai kegunaannya pada struktur bangunan. Karena itu, tulangan baja disarankan untuk digunakan pada penampang yang mengalami tulangan tarik. Pada struktur balok beton bertulang, tulangan baja berfungsi sebagai penahan gaya tarik akibat momen lentur dan beton sendiri berfungsi sebagai penahan gaya tekan.

2.2. Pengertian Sistem Rangka Pemikul Momen

Menurut Iswandi (2014) berpendapat, sistem rangka pemikul momen (SRPM) adalah sistem rangka ruang dimana komponen-komponen struktur balok, kolom dan join-joinnya menahan gaya-gaya yang bekerja melalui aksi lentur, geser dan aksial. Sistem rangka pemikul momen dapat dibagi menjadi 3 bagian yaitu sebagai berikut :

1. Sistem Rangka Pemikul Momen Biasa (SRPMB), sistem ini pada dasarnya memiliki tingkat daktilitas terbatas dan hanya cocok digunakan di daerah dengan resiko gempa yang rendah, untuk daerah yang berada di wilayah gempa dengan kategori desain seismik SRPMB (KDS) A dan B.
2. Sistem Rangka Pemikul Momen Menengah (SRPMM), sistem ini memiliki tingkat daktilitas sedang dan digunakan pada daerah dengan tingkat resiko gempa sedang, SRPMM diharapkan dapat menahan gaya-gaya yang ada lebih

hususnya untuk kolom agar dapat menahan geser, untuk daerah yang berada di wilayah gempa dengan kategori desain seismik SRPMM (KDS) B dan C.

3. Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus (SRPMK), sistem ini memiliki tingkat daktilitas penuh, sistem ini harus digunakan pada daerah dengan tingkat resiko gempa tinggi, prinsip dari sistem ini yaitu strong kolom weak beam, untuk daerah yang berada di wilayah gempa dengan kategori desain seismik SRPMM (KDS) D,E dan F.

2.3. Pembebanan

Pembebanan gravitasi yang digunakan berdasarkan SNI1727:2013 yaitu (beban minimum untuk perencanaan bangunan gedung dan struktur lain). Beban gravitasi dalam analisis bangunan gedung ini meliputi : beban mati sendiri (*dead load*), beban mati tambahan (*super dead load*), beban hidup (*live load*), dan beban atap.

2.3.1. Beban Mati (*Dead Load*)

Beban mati (*dead load*) adalah berat seluruh komponen elemen struktural bangunan yang terdiri atas pelat, balok, kolom, dan dinding struktural. Beban mati akan dihitung secara otomatis oleh perangkat lunak ETABS dengan menggunakan jenis material beton bertulang 24 kN/m^3 .

2.3.2. Beban hidup (*Live Load*)

Beban hidup (*Live Load*) adalah beban yang diakibatkan oleh pengguna dan penghuni bangunan gedung atau struktur lain yang tidak termasuk beban konstruksi dan beban lingkungan, seperti beban angin, beban hujan, beban gempa.

2.3.3. Beban Gempa (*Earthquake*)

Menurut SNI 1726:2019, terdapat 2 metode analisa gempa dinamik, yaitu analisis respon spektrum dan analisis respon dinamik riwayat gempa (*time history*). Analisis gempa dengan menggunakan respon spektrum. Berikut

merupakan tahapan perhitungan analisa respon spektrum untuk mendapatkan nilai gaya gempa lateral yang timbul di semua tingkat.

2.3.3.1. Menentukan Kelas Situs

Berdasarkan sifat-sifat tanah pada situs, maka situs harus diklasifikasi sebagai kelas situs *SA*, *SB*, *SC*, *SD*, dan *SE*. Bila sifat-sifat tanah tidak teridentifikasi secara jelas sehingga tidak bisa ditentukan kelas situs-nya, maka kelas situs *SE* dapat digunakan kecuali jika pemerintah/dinas yang berwenang memiliki data geoteknik yang dapat menentukan kelas situs *SE*. Jadi tanah dimana struktur Gedung tersebut diasumsikan sebagai jenis tanah sedang *SD*.

2.3.3.2. Menentukan Kategori Risiko Bangunan dan Faktor Keutamaan Gempa

Untuk kategori resiko bangunan termasuk dalam kategori IV dapat dilihat pada Lampiran B Tabel B.1 halaman 44 dan pengaruh gempa rencana terhadapnya harus dikalikan dengan suatu faktor keutamaan (*I_e*) sebesar 1,50 dapat dilihat pada Lampiran B Tabel B.2 halaman 44.

2.3.3.3. Menentukan Parameter Percepatan Tanah

Parameter percepatan terpetakan berdasarkan SNI 1726:2019 pasal 6.1.2, menyebutkan bahwa parameter percepatan tanah untuk respon spektral percepatan 0.2 detik di batuan dasar untuk probabilitas terlampaui 2% dalam 50 tahun (*S_s*) dan parameter percepatan 1.0 detik di batuan dasar untuk probabilitas terlampaui 2% dalam 50 tahun (*S₁*). Untuk nilai *S₁* dan *S_s* dapat dilihat pada Lampiran A Gambar A.3 dan A4 halaman 44.

2.3.3.4. Koefisien Situs *F_a* dan *F_v*

Untuk menentukan respon spektra percepatan gempa MCER di permukaan tanah, diperlukan faktor aplikasi sesmik pada periode 0.2 detik dan 1 detik. Faktor amplikasi meliputi faktor amplikasi getaran terkait percepatan pada getaran periode pendek (*F_a*) dan faktor aplikasi terkait percepatan yang mewakili

getaran periode 1 detik (F_v). Untuk nilai (F_a) dan (F_v) dapat dilihat pada Lampiran B Tabel B.3 dan B.4 halaman 44.

2.3.3.5. Menentukan S_{MS} dan S_{M1}

Berdasarkan SNI 1726:2019 pasal 6.2, parameter spektrum respons percepatan pada perioda pendek (S_{MS}) dan perioda 1 detik (S_{M1}) yang disesuaikan dengan pengaruh klasifikasi situs, harus ditentukan dari persamaan berikut:

$$S_{MS} = F_a \cdot S_s \dots\dots\dots (2.1)$$

$$S_{M1} = F_v \cdot S_1 \dots\dots\dots (2.2)$$

2.3.3.6. Menentukan Parameter Percepatan Terpetakan

Berdasarkan SNI-1726-2019 Pasal 6.2 Tabel 6, maka untuk parameter percepatan spectra desain untuk perioda pendek S_{DS} dan pada periode 1 detik S_{D1} , ditentukan menggunakan persamaan rumus di bawah ini :

$$S_{DS} = \frac{2}{3} S_{MS} \dots\dots\dots (2.3)$$

$$S_{D1} = \frac{2}{3} S_{M1} \dots\dots\dots (2.4)$$

S_{DS} = parameter percepatan respon spectral pada perioda pendek

S_{D1} = parameter percepatan respon spectral pada perioda 1 detik

S_{MS} = parameter percepatan respon spectral MCE pada perioda pendek yang sudah disesuaikan terhadap pengaruh kelas situs

S_{M1} = parameter percepatan respon spectral MCE pada perioda 1 detik yang sudah disesuaikan terhadap pengaruh kelas situs

2.3.3.7. Katageri Desain Seismik

Penentuan kategori desain seismik (K_{DS}) ditentukan pada pasal 6.5. Untuk nilai S_{DS} dan S_{D1} dapat dilihat pada Lampiran B Tabel B.6 dan B.7 halaman 45.

2.3.3.8. Menentukan Sistem Struktur Terhadap Tingkat Resiko Gempa

Sistem struktur yang digunakan berdasarkan K_{DS} dan SNI 1726-2012 adalah Sistem Ganda yaitu Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus (SRPMK)

beton bertulang khusus dapat dilihat pada Lampiran B Tabel B.8 halaman 46. Dari kategori desain seismik D mempunyai koefisien faktor R, Cd, dan Ω_0 dapat dilihat pada Lampiran B Tabel B.9 halaman 46.

2.3.3.9. Pembatasan Waktu Getar Alami Fundamental

Waktu getar atau periode alami fundamental struktur merupakan waktu yang dibutuhkan struktur untuk menempuh satu siklus gerakan yang nilainya dipengaruhi oleh fungsi massa dan kekakuan. Nilai perioda desain akan digunakan untuk mendapatkan beban gempa rencana. Penentuan periode didasarkan pada peraturan SNI 1726:2019 pasal 7.8.2.1, maka diperoleh periode fundamental pendekatan sebagai berikut:

$$T_a = C_t \times h_n^x \dots\dots\dots (2.5)$$

Dimana

h_n = ketinggian struktur dalam m

C_t = dari table koefisien parameter periode pendekatan

x = dari table koefisien parameter periode pendekatan

0,0466 = Parameter dan pendekatan perioda C_t dan x , dapat dilihat pada Lampiran B Tabel B.10 halaman 47 dan koefisien untuk batas atas pada periode yang dihitung pada Lampiran B Tabel B.11 halaman 47.

Setelah dilakukan perhitungan periode fundamental pendekatan, selanjutnya dilakukan perhitungan waktu getar alami fundamental dengan nilai C_u diperoleh berdasarkan SNI 1726:2019 Tabel 17. Untuk waktu getar alami fundamental dapat dilihat pada Lampiran B Tabel B.11 halaman 47.

$$T = C_u \times T_a \dots\dots\dots (2.6)$$

2.3.3.10. Parameter Percepatan Spektral Desain

- a. Untuk periode yang lebih kecil dari T_0 , spektrum respons percepatan desain (S_a) harus diambil dari persamaan :

$$S_a = S_{DS} \left(0,4 + 0,6 \frac{T}{T_0} \right) \dots\dots\dots (2.7)$$

b. Untuk perioda lebih besar dari atau sama dengan T_0 dan lebih kecil dari atau sama dengan T_s , spektrum respon percepatan desain S_a sama dengan S_s .

c. Untuk perioda lebih besar dari T_s , spektrum respons percepatan desain S_a , diambil berdasarkan persamaan :

$$S_a = \frac{S_{D1}}{T} \dots\dots\dots (2.8)$$

d. Untuk perioda lebih besar dari T_L , respons spektra percepatan desain S_a diambil dengan persamaan :

$$S_a = \frac{S_{D1}T_L}{T^2} \dots\dots\dots (2.9)$$

Dimana :

S_{DS} = Parameter respons spektral percepatan desain pada periode pendek

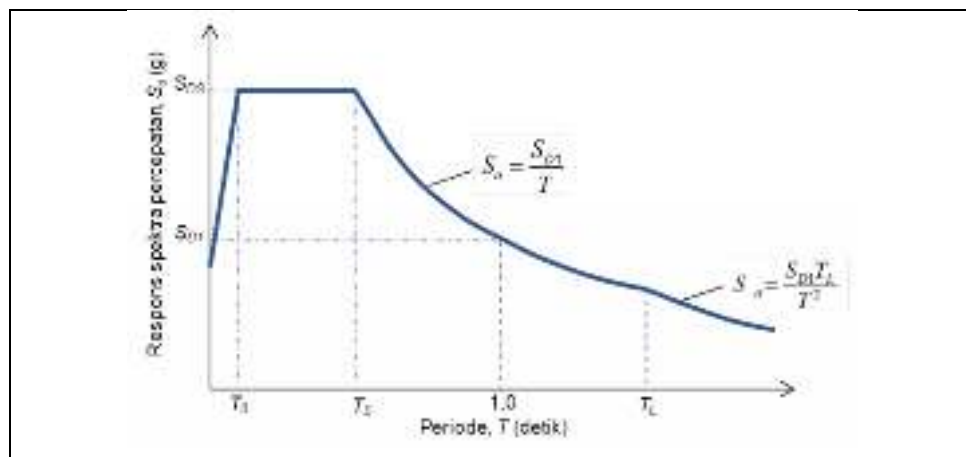
S_{D1} = Parameter respons spektral percepatan desain pada periode 1 detik

T = Periode getar fundamental struktur

$$T_0 = 0,2 \frac{S_{D1}}{S_{DS}}$$

$$T_x = \frac{S_{D1}}{S_{DS}}$$

T_L = Peta transisi periode panjang



Gambar 2.1 : Spektrum Respons Desain

Sumber : SNI 1726:2019, Hal.36

2.3.3.11. Menghitung Koefisien Respon Seismik

Nilai koefisien respons seismik (C_s) berdasarkan SNI 1726:2019 Pasal 7.8.1.1 terdapat nilai C_s Max dan C_s min , dihitung menggunakan persamaan rumus sebagai berikut :

$$C_s = \frac{S_{DS}}{\left(\frac{R}{I_e}\right)} \dots\dots\dots (2.10)$$

$$C_s \max = \frac{S_{D1}}{\left(\frac{R}{I_e}\right)} \dots\dots\dots (2.11)$$

C_s harus tidak kurang dari

$$C_s = 0.044 S_{DS} I_e \geq 0.01 \dots\dots\dots (2.12)$$

2.3.3.12. Analisis Gempa Dinamik

Analisi gempa dinamik dilakukan dengan memasukkan parameter respons spektrum dan menentukan faktor skala gaya. Perhitungan faktor skala yang digunakan dengan rumus sebagai berikut :

$$\text{Faktor skala} = g \frac{I_e}{R} \dots\dots\dots (2.13)$$

2.4. Kontrol Permodelan Struktur

Permodelan yang dibuat harus memenuhi beberapa kriteria di bawah agar gaya gempa yang terjadi pada permodelan dapat digunakan saat perencanaan. Di antaranya adalah kontrol partisipasi massa, kontrol periode fundamental struktur, kontrol gaya skala dinamis, kontrol *drift* dan kontrol pengaruh p-delta.

2.4.1 Kontrol Partisipasi Massa

Berdasarkan SNI 1726:2019 pasal 7.9.1, nilai partisipasi massa harus sekurang-kurangnya mencapai 90% dari massa aktual struktur. Analisis harus dilakukan untuk menentukan ragam getar alami suatu struktur. Analisis harus menyertakan jumlah ragam yang cukup untuk mendapatkan partisipasi massa ragam terkombinasi paling sedikit 90% dari massa aktual masing-masing arah horizontal ortogonal dari respons yang ditinjau oleh model.

2.4.2 Kontrol Waktu Getar Alami Fundamental

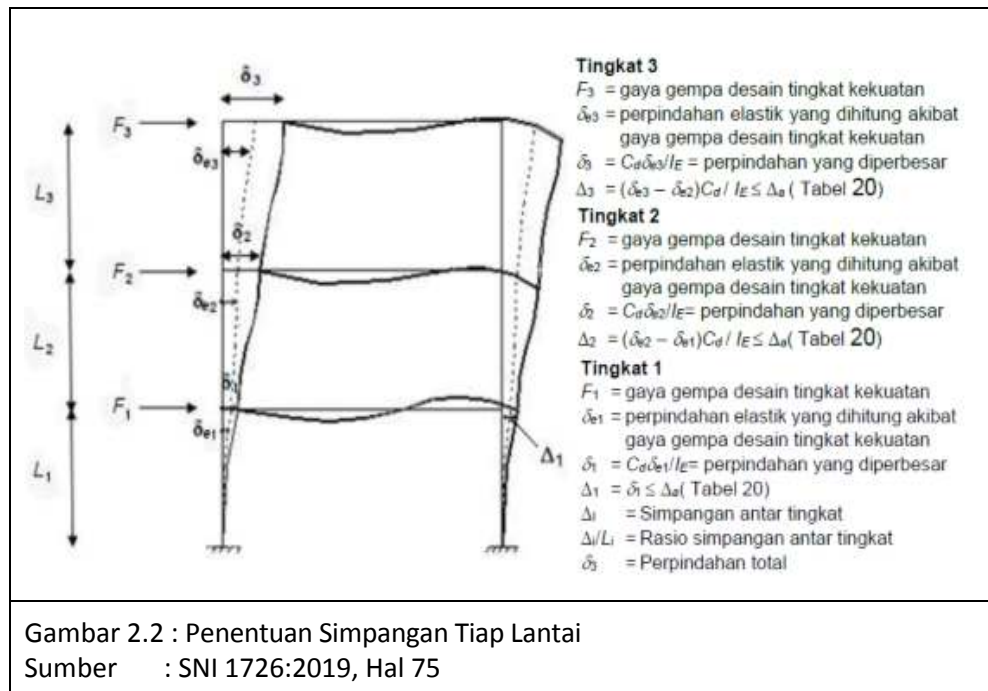
Waktu getar atau periode alami fundamental struktur merupakan waktu yang dibutuhkan struktur untuk menempuh satu siklus gerakan yang nilainya dipengaruhi oleh fungsi massa dan kekakuan. Nilai perioda desain akan digunakan untuk mendapatkan beban gempa rencana. Penentuan periode didasarkan pada peraturan SNI 1726:2019 pasal 7.8.2.1.

2.4.3 Kontrol Skala Gaya Dinamis

Sesuai dengan SNI 1726:2019 pasal 7.9.1.4.1, gaya dinamis $>$ gaya statis. Bila perioda fundamental struktur (T) yang dihitung melebihi nilai $C_u \times T_a$, maka $C_u \times T_a$ harus digunakan sebagai pengganti T dalam arah itu. Kombinasi respons untuk geser dasar ragam (V_t) kurang dari 100% dari geser dasar yang dihitung (V) melalui metode statik ekuivalen, maka gaya harus dikalikan dengan V/V_t .

2.4.4 Kontrol Simpangan Bangunan (*Drift*)

Penentuan simpangan antar lantai tingkat desain harus dihitung sebagai perbedaan defleksi pada pusat massa di tingkat teratas dan terbawah yang ditinjau. Apabila pusat massa terletak tidak segaris dalam arah vertikal, diizinkan untuk menghitung defleksi di dasar tingkat berdasarkan proyeksi vertikal dari pusat massa tingkat di atasnya. Jika desain tegangan ijin digunakan, defleksi harus dihitung menggunakan gaya gempa dengan tingkat kekuatan yang ditetapkan tanpa reduksi untuk desain tegangan ijin. Penentuan simpangan izin pada struktur dijelaskan pada Lampiran B Tabel B.12 halaman 48.



2.4.5 Kontrol Pengaruh P-Delta

Pada struktur gedung umumnya, khususnya bangunan tinggi, pengaruh P-Delta dapat mungkin terjadi khususnya untuk kolom langsing terhadap pembebanan gravitasi, termasuk beban mati maupun beban hidup. Pengaruhnya dapat menyebabkan kolom tersebut semakin lentur terhadap pembebanan lateral. Sehingga efek P-Delta tidak dapat diabaikan dalam perencanaan dan desain struktur.

Pengaruh P-Delta pada geser tingkat dan momen, gaya dan momen elemen struktur yang dihasilkan, dan simpangan antar tingkat yang diakibatkannya tidak perlu diperhitungkan bila koefisien stabilitas (θ) seperti yang ditentukan oleh persamaan berikut sama dengan atau kurang dari 0,10:

$$\theta = \frac{P_x \Delta e}{V_x h_{sx} C_d} \dots \dots \dots (2.14)$$

Dimana:

- P_x : beban desain vertikal total pada dan di atas tingkat-x (kN)
- Δ : simpangan antar tingkat desain akibat gaya seismik (mm)
- I_e : faktor keutamaan gempa
- V_x : gaya geser seismik yang bekerja antara tingkat x dan x-1 (kN)

hsx : tinggi tingkat di bawah tingkat x (mm)

Cd : faktor pembesaran defleksi Koefisien stabilitas tidak boleh melebihi persamaan

Koefisien stabilitas tidak boleh melebihi persamaan berikut :

$$\theta = \frac{0,5}{\beta \cdot Cd} \dots\dots\dots (2.15)$$

Dimana β adalah rasio kebutuhan geser terhadap kapasitas geser. Rasio ini diizinkan secara konservatif diambil sebesar 1,0.

Jika $0,10 < \theta \leq \theta_{max}$, gaya komponen struktur harus dikalikan oleh faktor peningkatan yaitu sebesar $1,0/(1 - \theta)$. Jika $\theta \geq \theta_{max}$, struktur berpotensi tidak stabil dan harus didesain ulang.

2.4.6 Kombinasi Pembebanan

Struktur dan komponen-elemen struktur sedemikian hingga kuat rencananya sama atau melebihi pengaruh bebanbeban terfaktor dengan kombinasi kombinasi sesuai SNI 1726:2019 Pasal 4.2.2 dan 7.4.2 dengan nilai reduksi $\phi=1,3$, sebagai berikut sebagai berikut :

1. 1,4D
2. 1,2D + 1,6L + 0,5 (Lr atau R)
3. 1,2D + 1,6 (Lr atau R) + (1,0L atau 0,5W)
4. 1,2D + 1,0W + 1,0L + 1,6 (Lr atau R)
5. 1,2D + 1,0Ex + 0,3Ey + 1,0L
6. 0,9D + 1,0W
7. 0,9D + 1,0Ex + 0,3Ey

Perbedaan mendasar dalam perhitungan beton untuk mendesain bangunan adalah sebagai berikut:

Tabel 2.1 Perbedaan SNI 1726:2012 dan SNI 1726:2019

No.	Perbedaan	SNI 1726:2012	SNI 1726:2019
1.	Perioda getar fundamental struktur	Mendapatkan partisipasi massa ragam terkombinasi paling sedikit 90% dari massa aktual dalam masing-masing arah orthogonal dari respons yang ditinjau oleh model	Mendapatkan partisipasi massa ragam terkombinasi paling sedikit 100% dari massa aktual dalam masing-masing arah orthogonal dari respons yang ditinjau oleh model
2.	Spektrum respon desain	$T_0 = 0,2 \frac{SD1}{SDS}$ $T_s = \frac{SD1}{SDS}$ $S_a = \frac{SD1}{T}$	$T_0 = 0,2 \frac{SD1}{SDS}$ $T_s = \frac{SD1}{SDS}$ $S_a = \frac{SD1}{T}$ $S_a = \frac{SD1 \cdot T_L}{T^2}$
3.	Kombinasi Pembebanan	1. 1,4 D 2. 1,2 D + 1,6 L + 0,5 (Lr atau R) 3. 1,2 D + 1,6 (Lr atau R) + (L atau 0,5 W) 4. 1,2 D + 1,0 W + L + 0,5 (Lr atau R) 5. 1,2 D + 1,0 E + L 6. 0,9 D + 1,0 W 7. 0,9 D + 1,0 E	1. 1,4D 2. 1,2 D + 1,6 L + 0,5 (Lr atau R) 3. 1,2D + 1,6 (Lr atau R) + (1,0 L atau 0,5 W) 4. 1,2 D + 1,0 W + 1,0 L + 1,6 (Lr atau R) 5. 1,2 D + 1,0 Ex + 0,3 Ey + 1,0 L 6. 0,9 D + 1,0 W 7. 0,9 D + 1,0 Ex + 0,3 Ey

2.5. Kuat Rencana

Kuat rencana suatu komponen struktur, sambungannya dengan komponen struktur lain, dan penampangnya, sehubungan dengan perilaku lentur, beban normal, geser, dan torsi, harus diambil sebagai hasil kali kuat nominal, yang dihitung berdasarkan ketentuan dan asumsi dari SNI 2847:2013, yang dikalikan dengan faktor reduksi kekuatan ϕ dalam pasal 9.3.2.1 sampai 9.3.2.7.

- Penampang terkendali tarik $\phi = 0,90$
- Penampang terkendali tekan : Bertulang spiral $\phi = 0,75$
Bertulang persegi lainnya $\phi = 0,65$
- Geser dan torsi $\phi = 0,75$
- Tumpuan dan beton $\phi = 0,65$
- Daerah angkur pasca tarik $\phi = 0,85$

2.6. Perencanaan Balok

2.6.1. Perhitungan Tulangan Utama

Tahapan perhitungan tulangan balok induk adalah sebagai berikut :

- Tinggi efektif balok

$$d = h - \text{decking} - \phi_{\text{tul. sengkang}} - \frac{1}{2} \phi_{\text{tul. lentur}} \quad (2.16)$$

$$d' = h - d \quad (2.17)$$

- Momen lentur nominal (M_n)

$$M_n = \frac{M_u}{\phi} \quad (2.18)$$

- Rasio tulangan

$$R_n = \left(\frac{M_n}{d \times d^2} \right) \quad (2.19)$$

$$m = \left(\frac{f_y}{0,85 \times f'_{c}} \right) \quad (2.20)$$

$$\rho_{\text{perlu}} = \frac{1}{m} \left[1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot m \cdot R_n}{f_y}} \right] \quad (2.21)$$

$$\rho_{\text{min}} = \frac{1,4}{f_y} \quad (2.22)$$

$$\rho_{balance} = \frac{0,85 \times \beta \times f'c}{f_y} \left[\frac{600}{600 + f_y} \right] \dots\dots\dots (2.23)$$

$$\rho_{maks} = 0,75 \times \rho_{balance} \dots\dots\dots (2.24)$$

$$\rho_{min} < \rho_{perlu} < \rho_{maks}$$

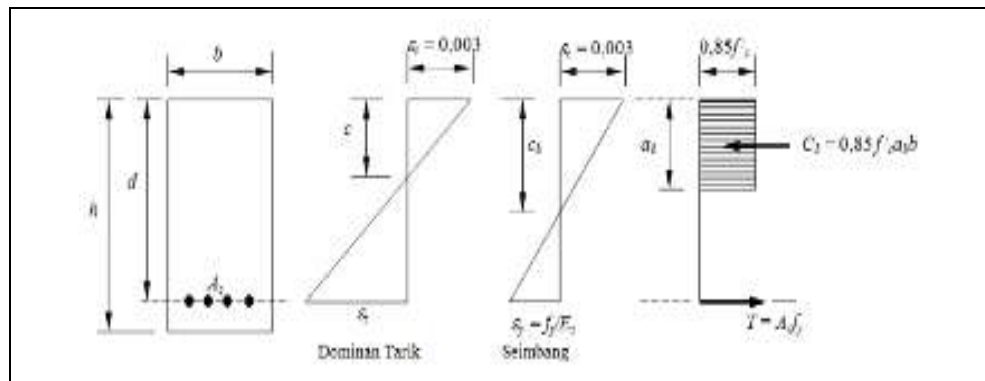
$$A_{s_{perlu}} = \rho \times b \times d \dots\dots\dots (2.25)$$

d. Jumlah tulangan

$$n = \frac{A_{s_{perlu}}}{\frac{1}{4} \times \pi \times D^2} \dots\dots\dots (2.26)$$

e. Analisa perhitungan tulangan tarik dan tekan

Diagram regangan - tegangan pada balok yang ditinjau ditunjukkan pada gambar



Gambar 2.3 : Regangan–Tegangan Balok

Sumber : Setiawan (2016)

$$a = \frac{A_{sterpasang} \times f_y}{0,85 \times f'c \times b} \dots\dots\dots (2.27)$$

$$c = a / \beta_1 \dots\dots\dots (2.28)$$

Syarat :

$$\epsilon_t \geq 0,005$$

Kapasitas momen (ϕM_n)

$$M_n = A_s \times f_y \times \left(d - \frac{a}{2} \right) \dots\dots\dots (2.29)$$

Syarat :

$$M_{n_{pasang}} \geq M_{n_{perlu}}$$

2.6.2. Perhitungan Tulangan Geser

- a. Kuat geser nominal penampang

$$V_c = 0,17 \propto \sqrt{f'c' \cdot b \cdot d} \dots\dots\dots (2.30)$$

- b. Tulangan geser yang diperlukan

$$V_s = \frac{V_c}{\phi} \dots\dots\dots (2.31)$$

$$V_s \text{ max} = 0,66 \sqrt{f'c' \cdot b \cdot d} \dots\dots\dots (2.32)$$

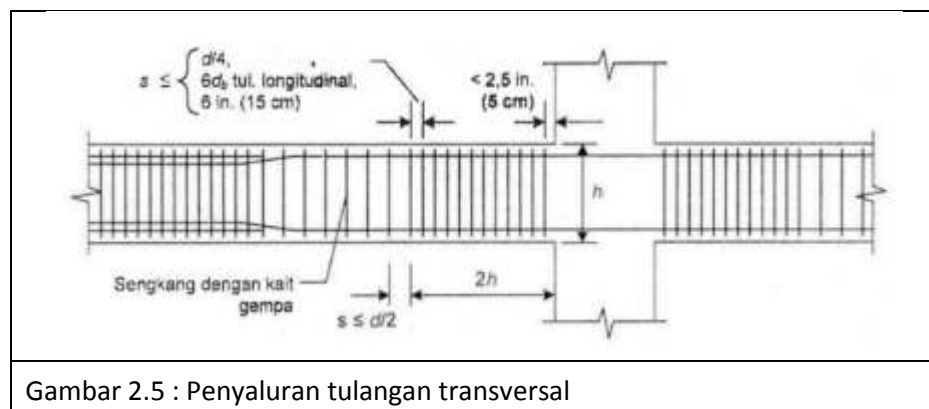
- c. Penulangan Geser Balok

$$A_v = n \times \frac{1}{4} \times \pi \times d^2 \dots\dots\dots (2.33)$$

$$s = \frac{A_v \times f_y \times d}{V_s} \dots\dots\dots (2.34)$$

Spasi sengkang tidak boleh melebihi:

1. Spasi sengkang tumpuan
 - a. $d/4$
 - b. 6 x diameter tulangan longitudinal
 - c. 150 mm
2. Spasi sengkang lapangan $< d/2$ sepanjang balok
3. Cek persyaratan tulangan transversal / geser diluar daerah sendi plastis (SNI 2847:2013 pasal 21.5.3.4).



Gambar 2.5 : Penyaluran tulangan transversal

2.7. Perencanaan Kolom

2.7.1. Perhitungan Tulangan Utama

- a. Gaya tekan aksial terfaktor pada komponen struktur, P_u , tidak boleh melebihi

$$\frac{A_g \times f'_c}{10} \dots\dots\dots (2.35)$$

- b. Rasio tulangan tidak boleh kurang dari

$$b/h > 0,4 \dots\dots\dots (2.36)$$

- c. Rasio tulangan

$$A_{s\text{perlu}} = \rho \times b \times d \dots\dots\dots (2.37)$$

- d. Beban aksial kolom

$$\phi P_n = (\phi \cdot 0,85)[0,85 \cdot f'_c \cdot A_g + A_s(f_y - 0,85 \cdot f'_c)] \dots\dots\dots (2.38)$$

2.7.2. Perhitungan Tulangan Geser

- a. Kekuatan geser pada beton

$$V_c = \frac{\sqrt{f'_c}}{6} \times b \times d \dots\dots\dots (2.39)$$

- b. Tahanan geser kolom

$$V_s = \frac{V_u}{\phi} \dots\dots\dots (2.40)$$

- d. Penulangan Geser Balok

$$A_v = n \times \frac{1}{4} \times \pi \times d^2 \dots\dots\dots (2.41)$$

- e. Jarak sengkang tumpuan 100 mm

- f. Kuat geser sengkang,

$$V_s = A_s \times f_y \times d/s \dots\dots\dots (2.42)$$

Syarat :

$$V_s \text{ pasang} \geq V_c \text{ perlu}$$

Spasi sengkang tidak boleh melebihi:

1. Spasi sengkang tumpuan

- 6 x diameter tulangan longitudinal
- 150 mm

2.8. Penelitian Terdahulu

Sebagai bahan pertimbangan dalam penelitian ini dicantumkan beberapa hasil penelitian terdahulu. Penelitian tersebut diantaranya adalah sebagai berikut :

1. Dede Supriyatna (2019), Perubahan peraturan gempa terbaru SNI 1726:2012 direvisi SNI 1726:2019, maka hal tersebut diperlukan analisis ulang pada bangunan dengan peraturan gempa terbaru. Bangunan ini direncanakan dengan struktur beton bertulang khusus dengan system rangka pemikul momen khusus (SRPMK) yang mengontrol perilaku struktur menghitung rasio tulangan balok dan kolom.

BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

Metodologi penelitian ini menjabarkan secara rinci dan sistematis berkenaan dengan lokasi penelitian, data teknis gedung, pemodelan/pendimensian struktur kolom dan balok, hingga analisis data untuk hasil penelitian. Adapun bagan alir penelitian dapat dilihat pada Lampiran A Gambar 2.1 hal. 34.

3.1 Lokasi Penelitian

Lokasi penelitian Gedung SMAN 12, Kota Banda Aceh yang berbatasan dengan :

1. Sebelah utara berbatasan dengan Banda Aceh Convention Hall
2. Sebelah selatan berbatasan dengan Aula Kantor BPSDM Aceh
3. Sebelah barat berbatasan dengan SMKN 5 Telkom Banda Aceh; dan
4. Sebelah timur berbatasan dengan Gedung PGRI Aceh

3.2 Data Teknis Gedung

Data teknis gedung ini terlebih dahulu ditentukan tipe struktur yang dianalisis dan menentukan spesifikasi komponen material struktur. Data analisa sesuai dengan diantaranya sebagai berikut :

1. Data Teknis Gedung

No.	Tinjauan	Data Teknis Analisis
1	Kolom	40 x 40 cm
2	Sloof	30/40 cm
3	Balok Lantai	30/40 cm
3	Balok Lantai	30/60 cm
4	Plat Lantai	12 cm
5	Ring Balok	20/30 cm

2. Komponen Material Struktur

Material yang direncanakan adalah beton bertulang dengan mutu bahan yang direncanakan:

a. Beton

Kuat Tekan Beton K-250 kg/cm² = f'_c 21 MPa

Modulus elastisitas beton, E_c = $4700\sqrt{f'_c}$

Poisson ratio beton = 0,2

Berat jenis beton = 24 kN/m³

b. Baja

Baja Tulangan Pokok (f_y) = BjTS 420A

Baja Tulangan Sengkang (f_y) = BjTS 280

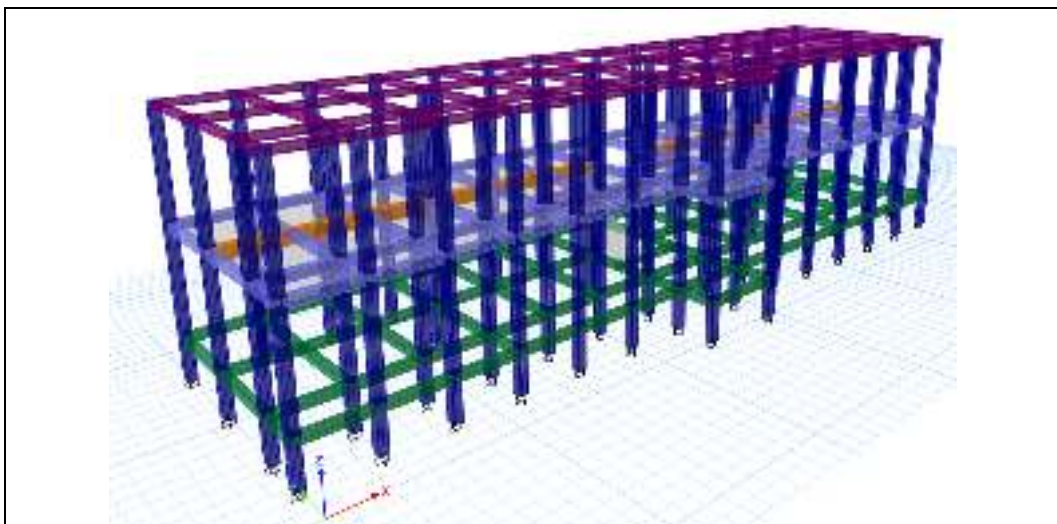
Modulus elastisitas baja = 200000 MPa

Poisson ratio baja = 0,3

Berat jenis baja = 78,5 kN/m³

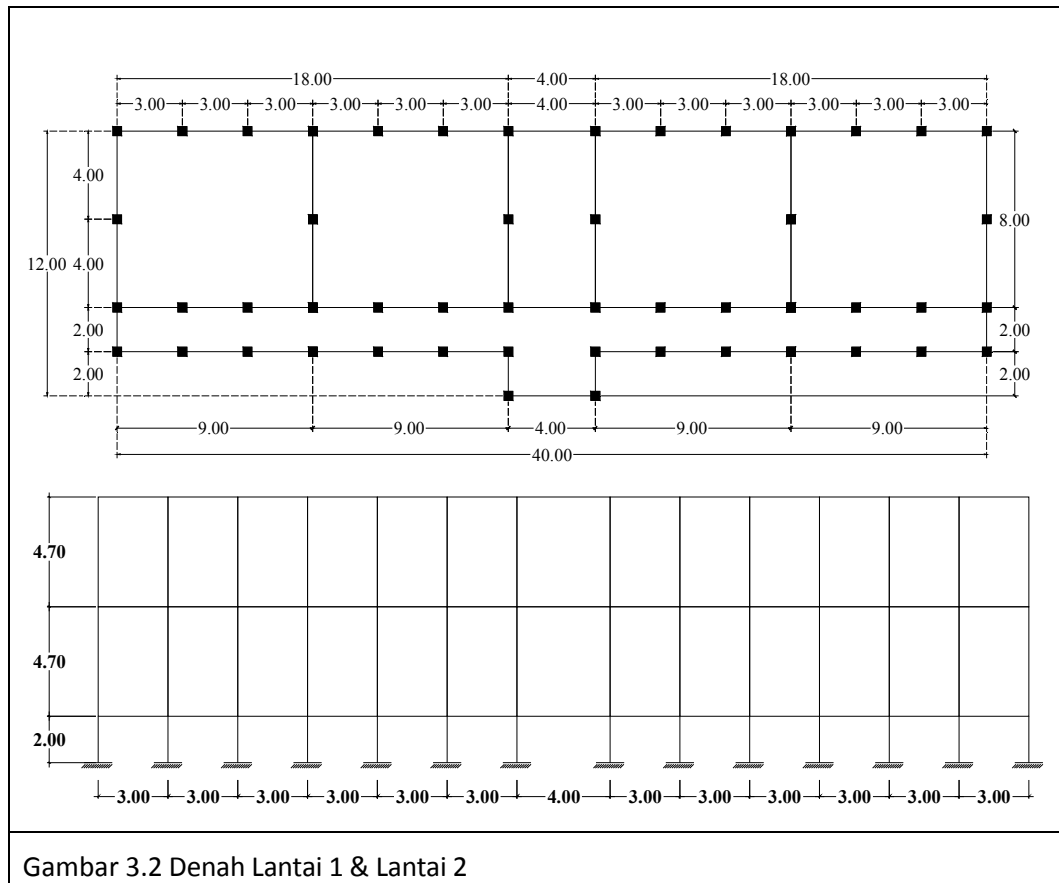
3. Pemodelan Struktur

Pemodelan struktur gedung mencakup visual dari bentuk gedung dimana penempatan kolom, balok, plat dan tangga yang dimodelkan secara 3D. Untuk struktur rangka dapat dilihat pada gambar dibawah ini.



Gambar 3.1 Struktur Rangka 3D

Setelah dilakukan pemodelan grid yaitu menentukan panjang kolom, balok dan tinggi gedung dll. Untuk teknis gedung lebih detailnya panjang dan lebar gedung dapat dilihat pada gambar dibawah ini.



Gambar 3.2 Denah Lantai 1 & Lantai 2

3.3 Pembebanan Struktur

Beban mati, beban hidup dan beban angin dihitung berdasarkan ketentuan SNI 1727:2013. Sedangkan untuk beban gempa dihitung berdasarkan SNI 1726:2019 tentang (Tata Cara Pelaksanaan Ketahanan Gempa Untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non Gedung).

a. Beban Mati (*Dead Load*)

Beban mati adalah beban struktur itu sendiri dan beban perangkat gedung yang permanen. Beban mati akan dihitung secara otomatis oleh perangkat *software* ETABS versi 17.

b. Beban Mati Tambahan (*Super Dead Load*)

Beban mati tambahan dihitung secara manual. Data dan parameternya ditentukan berdasarkan ketentuan pada PPPURG,1987. Selanjutnya data-data ini dimasukkan ke dalam *software* ETABS versi 17.

c. Beban Hidup (*Live Load*)

Beban hidup adalah semua beban yang terjadi akibat penghunian atau penggunaan suatu gedung pada lantai yang berasal dari barang yang dapat berpindah, parameternya ditentukan berdasarkan ketentuan pada SNI 1727:2013.

d. Beban Angin (*Wind Load*)

Beban angin dihitung secara manual. Data dan parameternya ditentukan berdasarkan ketentuan pada SNI 1727:2013. Selanjutnya data-data ini dimasukkan ke dalam *software* ETABS versi 17.

e. Beban Gempa

Menurut SNI 1726:2019, menentukan kategori resiko bangunan dan faktor keutamaan gempa, maka selanjutnya menentukan 2 metode analisa gempa dinamik yang diaplikasikan nilai kategori resiko gempa dan parameternya secara otomatis oleh *software* ETABS versi 17, dan analisis respon dinamik riwayat gempa (*time history*) yang didapatkan dari *software* spektra Indonesia. Nilai parameter tersebut berupa nilai S_s , S_1 dan T_L .

Setelah mendefinisikan beban gempa dari respon spektrum, kemudian mendefinisikan beban dinamis. Selanjutnya dimasukkan ke dalam *software* ETABS v.17, dengan memodelkan dua arah gempa, yaitu gempa dinamis.

3.4 Kombinasi Pembebanan

Dalam perencanaan pembebanan digunakan kombinasi pembebanan sesuai dengan SNI 2847:2019 pasal 5.3.1, sebagai berikut:

1. $1,4 (DL + SDL)$
2. $1,2 (DL + SDL) + 1,6 L$
3. $1,2 (DL + SDL) + 1,6 L + 0,5 W$
 - 3a. $1,20 (DL + SDL) + 1,6 L + 0,5 W_y$ (Depan)

- 3b. $1,20 (DL + SDL) + 1,6 L + 0,5 W_x$ (S. Kanan)
- 3c. $1,20 (DL + SDL) + 1,6 L + 0,5 W_y$ (Belakang)
- 3d. $1,20 (DL + SDL) + 1,6 L + 0,5 W_x$ (S. Kiri)
- 4. $(1,2 + 0,2 SD_s) (DL + SDL) + 1,6 L + (1 \times 1,3) Eqdx + (0,3 \times 1,3) Eqdy$
 - 4a. $1,40 (DL + SDL) + 1,6 L + 1,3 Eqdx + 0,39 Eqdy$
 - 4b. $1,40 (DL + SDL) + 1,6 L + 1,3 Eqdx - 0,39 Eqdy$
 - 4c. $1,40 (DL + SDL) + 1,6 L - 1,3 Eqdx + 0,39 Eqdy$
 - 4d. $1,40 (DL + SDL) + 1,6 L - 1,3 Eqdx - 0,39 Eqdy$
- 5. $(1,2 + 0,2 SD_s) (DL + SDL) + 1,6 L + (1 \times 1,3) Eqdy + (0,3 \times 1,3) Eqdx$
 - 5a. $1,40 (DL + SDL) + 1,6 L + 1,3 Eqdy + 0,39 Eqdx$
 - 5b. $1,40 (DL + SDL) + 1,6 L + 1,3 Eqdy - 0,39 Eqdx$
 - 5c. $1,40 (DL + SDL) + 1,6 L - 1,3 Eqdy + 0,39 Eqdx$
 - 5d. $1,40 (DL + SDL) + 1,6 L - 1,3 Eqdy - 0,39 Eqdx$
- 6. $(0,9 - 0,2 SD_s) (DL + SDL) + (1 \times 1,3) Eqdx + (0,3 \times 1,3) Eqdy$
 - 6a. $0,70 (DL + SDL) + 1,3 Eqdx + 0,39 Eqdy$
 - 6b. $0,70 (DL + SDL) + 1,3 Eqdx - 0,39 Eqdy$
 - 6c. $0,70 (DL + SDL) - 1,3 Eqdx + 0,39 Eqdy$
 - 6d. $0,70 (DL + SDL) - 1,3 Eqdx - 0,39 Eqdy$
- 7. $(0,9 - 0,2 SD_s) (DL + SDL) + (1 \times 1,3) Eqdy + (0,3 \times 1,3) Eqdx$
 - 7a. $0,70 (DL + SDL) + 1,3 Eqdy + 0,39 Eqdx$
 - 7b. $0,70 (DL + SDL) + 1,3 Eqdy - 0,39 Eqdx$
 - 7c. $0,70 (DL + SDL) - 1,3 Eqdy + 0,39 Eqdx$
 - 7d. $0,70 (DL + SDL) - 1,3 Eqdy - 0,39 Eqdx$

3.5 Analisis Struktur

Sebelum menganalisis struktur gedung dilakukan pemodelan terlebih dahulu menggunakan aplikasi *software* ETABS v.17. yang di modelkan menjadi pemodelan 3D, kemudian menentukan ukuran grid terhadap panjang, lebar, tinggi bangunan selanjutnya menentukan mutu dan bahan kemudian pedimensian kolom, balok dan plat dilanjutkan dengan momen inersia penampang

retak. Setelah pemodelan dilanjutkan perhitungan beban-beban berdasarkan ketentuan SNI 2847:2013 (Persyaratan Beton Struktural untuk Bangunan Gedung) sesuai dengan penjabaran pada perhitungan dilampiran C maka dilanjutkan pengelompokan beban kombinasi menggunakan aplikasi *software* ETABS v.17. Hasil analisis didapatkan reaksi dan gaya dalam yang terjadi pada masing-masing elemen struktur kemudian didapatkan output *software* ETABS.v17 berupa kontrol partisipasi massa, kontrol periode fundamental struktur, kontrol gaya skala dinamis, kontrol *drift*, kemudian output berupa momen lentur (M), gaya aksial (P) dan gaya geser (D).

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada bab ini menyajikan tentang hasil dan pembahasan berkenaan dengan pokok permasalahan dan tujuan dari penulisan. Hasil dari penelitian ini adalah pembahasan tentang kekuatan struktur Gedung SMAN 12 Banda Aceh akibat beban gempa berdasarkan SNI 1726-2019 dan kapasitas kolom dan balok yang dipengaruhi oleh beban-beban yang bekerja.

Untuk rekapitulasi nilai momen lentur (M), gaya aksial (P) dan gaya geser (D) dari hasil analisa struktur Etabs v.17 dapat dilihat pada Lampiran A Gambar 5.A hal. 43.

4.1 Rekapitulasi Pembebanan Gedung

Berikut ini merupakan rekapitulasi hasil perhitungan pembebanan pada lampiran C sesuai dengan peraturan SNI 1727-2013. Dari hasil perhitungan diperoleh beban yang bekerja pada gedung seperti diperlihatkan pada tabel 4.1 dibawah ini.

Tabel 4.1 Beban Gedung

No.	Jenis Bahan	Kode beban	Q (kN/m)
1	Beban mati tambahan pada plat lantai (SDL)		1,48
2	Beban mati tambahan pada ring balok atap		0,38
3	Beban mati tambahan dinding pada sloof dan balok Lantai	Lt.1	5,16
		Lt.2	5,28
4	Gata Angin pada Dinding Arah X		-0,24
			-0,20
			0
	Gata Angin pada Dinding Arah Y		-0,59
			-0,51
			0
5	Beban gempa statis ekivalen	Ss	14216 g
		S1	0,5598 g
		TL	20 detik

4.2 Kontrol Partisipasi Massa

Sesuai dengan SNI 1726:2019 pasal 7.9.1, perhitungan respons dinamik struktur harus didasarkan pada partisipasi massa paling kecil sebesar 90%. Hasil partisipasi massa pada struktur diperoleh menggunakan program bantu Etabs v.17 dapat dilihat pada tabel dibawah ini.

Tabel 4.2 Modal Partisipasi Massa Ragam

Case	Mode	Period	Sum UX	Sum UY
Modal	1	0,756	0,0018	0,7109
Modal	2	0,752	0,011	0,7609
Modal	3	0,687	0,7553	0,7612
Modal	4	0,278	0,7553	0,8198
Modal	5	0,27	0,7808	0,8198
Modal	6	0,261	0,8107	0,8198
Modal	7	0,088	0,8847	0,8504
Modal	8	0,087	0,8979	0,9984
Modal	9	0,080	0,9957	0,9985
Modal	10	0,051	0,9998	0,9986

Berdasarkan tabel di atas, diketahui bahwa penjumlahan respon kedua ragam menghasilkan partisipasi massa ragam sebesar lebih dari 90% sehingga struktur telah memenuhi persyaratan partisipasi massa.

4.3 Kontrol Waktu Getar Alami Fundamental

Dari hasil program ETABS v.17, didapatkan nilai periode berdasarkan *mode* untuk masing-masing arah dapat dilihat pada tabel dibawah ini.

Tabel 4.3 Periode Fundamental Struktur

Case	Mode	Period
Modal	1	0,756
Modal	2	0,752

Modal	3	0,687
Modal	4	0,278
Modal	5	0,27
Modal	6	0,261
Modal	7	0,088
Modal	8	0,087
Modal	9	0,080
Modal	10	0,051

$$T_x = 0,752 \text{ (mode 2)} < T_a.C_u = 0,49$$

$$T_y = 0,756 \text{ (mode 1)} < T_a.C_u = 0,49$$

Karena nilai periode T_x dan T_y kurang dari nilai batas atas periode, maka periode struktur menjadi seperti berikut:

$$T_x = 0,752$$

$$T_y = 0,756$$

4.4 Kontrol Gaya Geser Dasar (*Base Shear*)

Berdasarkan gaya seismik program *software* Etabs v.17, perbandingan antara gaya geser statik dan gaya geser dinamik gaya geser V_x dan V_y .

Tabel 4.4 Gaya Geser Dinamik Baru

Kombinasi	F _x	F _y
Eq Dx Max	1692,39	147,45
Eq Dy Max	157,18	1596,24

Selanjutnya gaya geser dinamik dan gaya geser statik dengan hasil dapat dilihat pada tabel dibawah ini.

Tabel 4.5 Rekapitulasi Gaya Geser Statik (V) dan Dinamik (Vi) dengan Koreksi *Scale Factor*

	X	Y	
W (kN)	7283,886	7283,886	kN
C _s	0,236	0,235	

V	1719,00	1711,71	kN
V _i	1692,39	1596,24	kN
V _i /V	98%	93%	
Cek	OK	OK	

Berdasarkan tabel di atas, disimpulkan bahwa perbandingan antara gaya geser statik dan gaya geser dinamik sudah memenuhi 85% sehingga perhitungan gaya gempa desain dapat digunakan.

4.5 Kontrol Waktu Getar Alami Fundamental

Berdasarkan SNI 1726:2012 pasal 7.12.1.1, untuk sistem penahan gaya gempa yang terdiri hanya rangka momen pada struktur yang dirancang untuk kategori desain seismik D, simpangan antar lantai tingkat desain (Δ_{ix}) dan (Δ_{iy}) tidak boleh melebihi Δ_{izin} untuk semua tingkat.

Tabel 4.6 Tabel Simpangan dengan Gempa Arah X

Lantai	h _{sx} (mm)	h (mm)	δ_e (mm)	Δ (mm)	Δ_{ix} (mm)	Δ_{izin} (mm)	Cek
Ring Balok	9400	4700	4,89	8,15	3,15	47	OK
Balok Lantai	4700	4700	3,00	5,01	4,25	47	OK
Sloof	0	4700	0,45	0,75	0,75	47	OK

Tabel 4.7 Tabel Simpangan dengan Gempa Arah Y

Lantai	h _{sx} (mm)	h (mm)	δ_e (mm)	Δ (mm)	Δ_{iy} (mm)	Δ_{izin} (mm)	Cek
Ring Balok	9400	4700	14,06	23,43	9,31	47	OK
Balok Lantai	4700	4700	8,47	14,12	11,84	47	OK
Sloof	0	4700	1,37	2,28	2,28	47	OK

Berdasarkan kedua tabel di atas, dapat disimpulkan bahwa simpangan antar lantai arah X dan Y struktur sudah memenuhi syarat simpangan ijin.

Waktu getar atau periode alami fundamental struktur merupakan waktu yang dibutuhkan struktur untuk menempuh satu siklus gerakan yang nilainya dipengaruhi oleh fungsi massa dan kekakuan. Nilai perioda desain akan digunakan untuk mendapatkan beban gempa rencana. Penentuan periode didasarkan pada peraturan SNI 1726:2019 pasal 7.8.2.1 dimana untuk sistem struktur dengan tipe sistem ganda merupakan kategori sistem struktur lainnya pada Tabel 18, maka rekapitulasi perhitungan simpangan tiap lantai dapat dilihat pada Tabel 4.7 dan Tabel 4.8

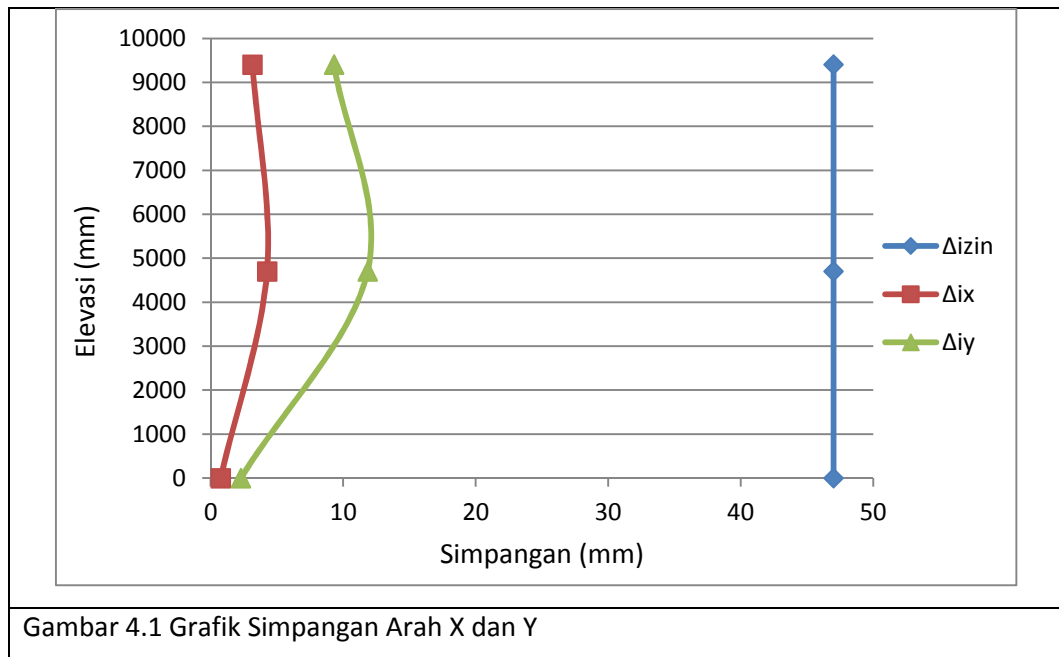
Tabel 4.8 Tabel Simpangan dengan Gempa Arah X

Lantai	hsx (mm)	h (mm)	δ_e (mm)	Δ (mm)	Δ_{ix} (mm)	Δ_{izin} (mm)	Cek
Ring Balok	9400	4700	4,89	8,15	3,15	47	OK
Balok Lantai	4700	4700	3,00	5,01	4,25	47	OK
Sloof	0	4700	0,45	0,75	0,75	47	OK

Tabel 4.9 Tabel Simpangan dengan Gempa Arah Y

Lantai	hsx (mm)	h (mm)	δ_e (mm)	Δ (mm)	Δ_{iy} (mm)	Δ_{izin} (mm)	Cek
Ring Balok	9400	4700	14,06	23,43	9,31	47	OK
Balok Lantai	4700	4700	8,47	14,12	11,84	47	OK
Sloof	0	4700	1,37	2,28	2,28	47	OK

Berdasarkan kedua tabel di atas, dapat disimpulkan bahwa struktur sudah memenuhi syarat simpangan ijin. Simpangan antar lantai terhadap ketinggian bangunan akan diilustrasikan pada gambar dibawah ini.



4.6 Kontrol Pengaruh P-Delta

Pengaruh P-Delta tidak disyaratkan untuk diperhitungkan bila koefisien stabilitas (θ) $< 0,2$.

Tabel 4.3 Tabel Koefisien Stabilitas Arah X

Story	P _x kN	Δ mm	I _e	V _x kN	h _{sx} mm	C _d	θ _{max}	θ	Pengaruh P-DELTA
Ring Balok	506,23	8,15	1,5	435,44	4700	2,5	0,2000	0,0012	Aman
Balok Lantai	4847,22	5,01	1,5	1588,27	4700	2,5	0,2000	0,0020	Aman
Sloof	7213,73	0,75	1,5	1692,39	4700	2,5	0,2000	0,0004	Aman

Tabel 4.4 Tabel Koefisien Stabilitas Arah Y

Story	P _x kN	Δ mm	I _e	V _x kN	h _{sx} mm	C _d	θ _{max}	θ	Pengaruh P-DELTA
Ring Balok	506,23	23,43	1,5	425,2	4700	2,5	0,2000	0,0036	Aman
Balok Lantai	4847,22	14,12	1,5	1477,7	4700	2,5	0,2000	0,0059	Aman
Sloof	7213,73	2,28	1,5	1596,2	4700	2,5	0,2000	0,0013	Aman

Berdasarkan tabel di atas, koefisien stabilitas tiap lantai arah X dan Y yang terjadi (θ) tidak ada yang melebihi koefisien stabilitas maksimal (θ_{max}). Maka pengaruh P-Delta diabaikan.

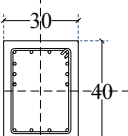
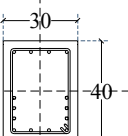
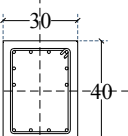
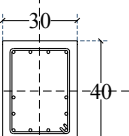
4.7 Perbandingan DED dan Re-Desain Elemen Struktur

Pada bab ini dilakukan analisis perbandingan elemen struktur yang digunakan berdasarkan DED. Langkah pertama semua dianalisis yang dijumlah pada analisis menggunakan dimensi dari DED. Berdasarkan hasil output dari Etabs v.17. Re-desain dilakukan untuk menganalisis balok dan kolom yang aman/tidak. Berdasarkan hasil Etabs v.17 mendapatkan informasi mengenai keamanan dari dimensi yang di lampirkan pada Lampiran A Gambar A.9 hal. 45.

Tabel 4.5 Perhitungan Balok Lantai 30/40 cm

Jumlah Tulangan (Re-Desain)			Jumlah Tulangan (DED)		
Tumpuan	14 D 14	Ø8 - 100	12 D 14	Ø8 - 100	
Lapangan	14 D 14	Ø8 - 170	12 D 14	Ø8 - 150	

Untuk posisi tulangan lentur dapat dilihat pada tabel dibawah ini.

RE-DESAIN						DED						
B A L O K L A N T A I	Tumpuan (BL)			Lapangan (BL)			Potongan BL a.1			Potongan BL a.1'		
												
	Dimensi		300 X 400 MM	Dimensi		300 X 400 MM	Dimensi		300 X 400 MM	Dimensi		300 X 400 MM
	Tulangan	Atas	4 D 14	Tulangan	Atas	4 D 14	Tulangan	Atas	4 D 14	Tulangan	Atas	4 D 14
		Bagi	6 D 14		Bagi	4 D 14		Bagi	4 D 14			
		Bawah	4 D 14			Bawah			4 D 14			
	Beugel		Ø 8 - 100	Beugel			Ø 8 - 150	Beugel		Ø 8 - 100	Beugel	

Gambar 4.1 Detail Pembesian

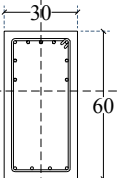
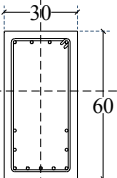
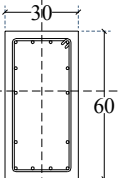
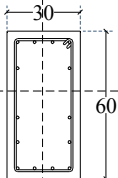
Gambar 4.1 Detail Pembesian

Berdasarkan tabel di atas, balok lantai 30/40 tidak aman terhadap tulangan lentur, dimana jumlah tulangan tumpuan dan lapangan Re-desain berjumlah 14 D14 dan DED 12 D14. Untuk geser dan dimensi penampang aman.

Tabel 4.6 Perhitungan Balok Lantai 30/60 Cm

Jumlah Tulangan (Re-Desain)				Jumlah Tulangan (DED)			
Tumpuan	13	D	14	Ø8	-	100	14 D 14 Ø8 - 100
Lapangan	13	D	14	Ø8	-	270	14 D 14 Ø8 - 150

Untuk posisi tulangan lentur dapat dilihat pada tabel dibawah ini.

RE-DESAIN						DED						
BALOK LANTAI	Potongan BL.2			Potongan BL.2'			Potongan BL.2			Potongan BL.2'		
												
	Dimensi		300 X 600 MM	Dimensi		300 X 600 MM	Dimensi		300 X 600 MM	Dimensi		300 X 600 MM
	Tulangan	Atas	5 D 14	Tulangan	Atas	4 D 14	Tulangan	Atas	4 D 14	Tulangan	Atas	4 D 14
		Bagi	4 D 14		Bagi	6 D 14		Bagi	6 D 14			
		Bawah	4 D 14			Bawah			4 D 14		Bawah	4 D 14
	Beugel		Ø 8 - 100	Beugel			Ø 8 - 150	Beugel		Ø 8 - 100		Beugel

Gambar 4.2 Detail Pembesian

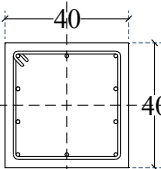
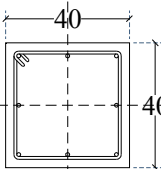
Gambar 4.2 Detail Pembesian

Berdasarkan tabel di atas, balok lantai 30/60 aman terhadap tulangan lentur, geser dan dimensi penampang.

Tabel 4.7 Perhitungan Kolom Lantai I 40 x 40 Cm

Jumlah Tulangan (Re-Desain)				Jumlah Tulangan (DED)			
Tulangan Pokok	14	D	16	8	D	16	
Beugel	Ø	8	- 100	Ø	8	- 100	

Untuk posisi tulangan lentur dapat dilihat pada tabel dibawah ini.

RE-DESAIN				DED			
K O L O M	Potongan K.1			Potongan K.1			
							
	Dimensi		400 X 400 MM	Dimensi		400 X 400 MM	
	Tulangan	Atas	3 D 16	Tulangan	Atas	3 D 16	
		Tengah	4 D 16		Tengah	2 D 16	
		Bawah	3 D 16		Bawah	3 D 16	
	Beugel		Ø 8 - 100	Beugel		Ø 8 - 100	

Gambar 4.3 Detail Pembesian

Berdasarkan tabel di atas, kolom lantai 40x40 cm tidak aman terhadap tulangan longitunidal, dimana jumlah tulangan Re-desain berjumlah 14 D16 dan DED 8 D16. Untuk geser dan dimensi penampang aman.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Dari hasil perhitungan dan analisis pada bab IV, maka penulis dapat mengambil kesimpulan sebagai berikut :

1. Sistem struktur yang digunakan adalah Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus (SRPMK).
2. Balok lantai 30/40 mm untuk desain Awal pada lantai 1 menggunakan tulangan pokok 12Ø14, tulangan sengkang tumpuan Ø8-100 dan tulangan lapangan Ø8-150, maka didapatkan hasil untuk tulangan pokok 12Ø14, tulangan sengkang tumpuan Ø8-100 dan tulangan lapangan Ø8-170 maka balok aman.
3. Balok lantai 30/60 mm untuk desain Awal pada lantai 1 menggunakan tulangan pokok 14Ø14, tulangan sengkang tumpuan Ø8-100 dan tulangan lapangan Ø8-150, maka didapatkan hasil untuk tulangan pokok 13Ø14, tulangan sengkang tumpuan Ø8-100 dan tulangan lapangan Ø8-270 maka balok aman.
4. Kolom 40x40 cm desain Awal pada lantai 1 menggunakan tulangan pokok 9D16, tulangan sengkang Ø8-100, maka didapatkan hasil untuk tulangan pokok 13D16, tulangan sengkang Ø8-100, maka kolom tidak aman terhadap tulangan pokok.

5.2 Saran

Pada penelitian ini mempunyai beberapa hal yang patut dikembangkan sebagai penelitian lanjutan. Diantaranya adalah sebagai berikut :

1. Dari hasil ETABS v.17 beberapa kombinasi mengalami tidak aman yaitu :
 - 5a. $1,40 (DL + SDL) + 1,6 L + 1,3 Eqdy + 0,39 Eqdx$
 - 5b. $1,40 (DL + SDL) + 1,6 L + 1,3 Eqdy - 0,39 Eqdx$

$$5c. \quad 1,40 (DL + SDL) + 1,6 L - 1,3 Eqdy + 0,39 Eqdx$$

$$5d. \quad 1,40 (DL + SDL) + 1,6 L - 1,3 Eqdy - 0,39 Eqdx$$

$$7a. \quad 0,70 (DL + SDL) + 1,3 Eqdy + 0,39 Eqdx$$

$$7b. \quad 0,70 (DL + SDL) + 1,3 Eqdy - 0,39 Eqdx$$

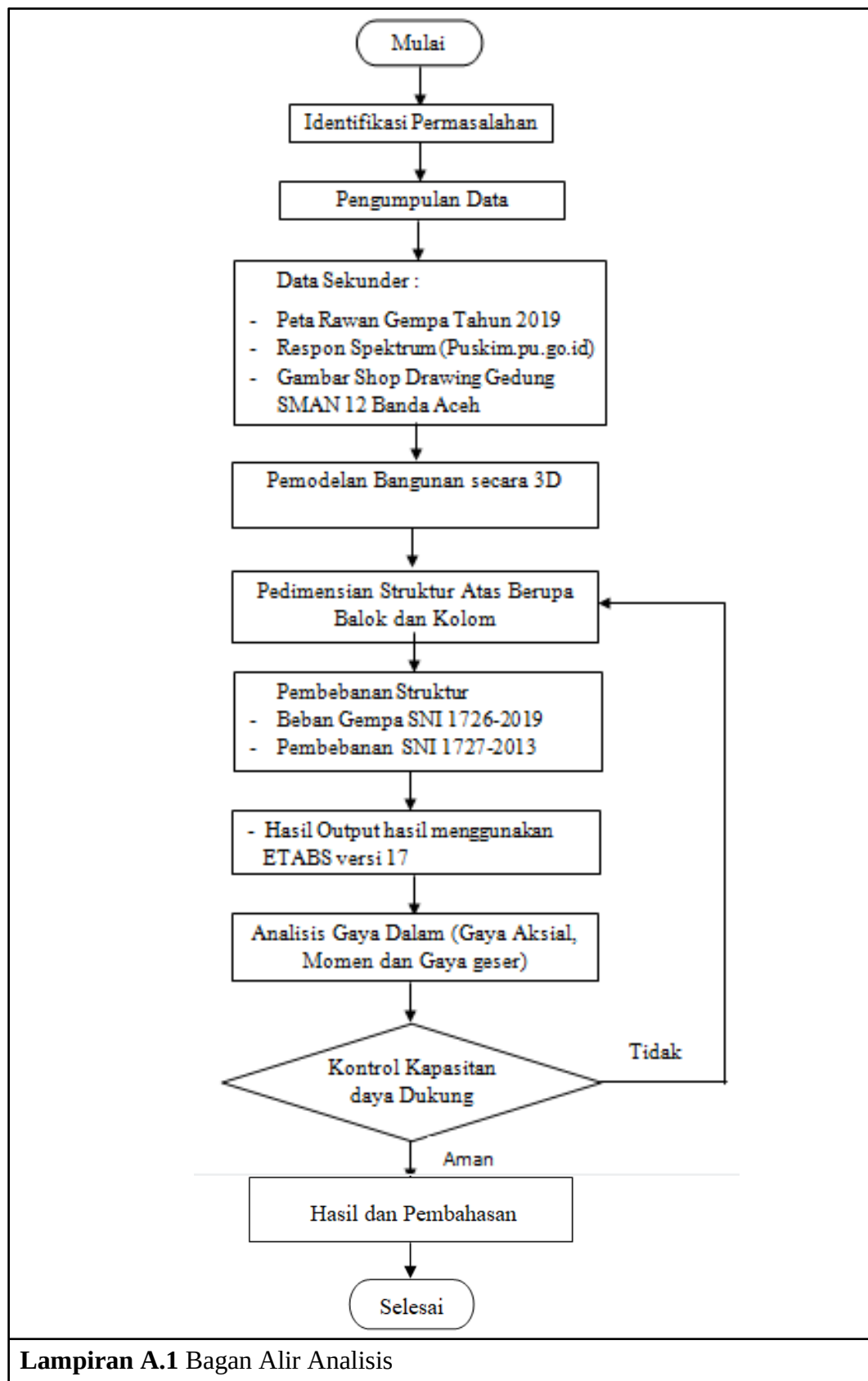
$$7c. \quad 0,70 (DL + SDL) - 1,3 Eqdy + 0,39 Eqdx$$

$$7d. \quad 0,70 (DL + SDL) - 1,3 Eqdy - 0,39 Eqdx$$

Dari hasil kombinasi tersebut ada beberapa elemen lantai yang tidak aman maka disarankan pada elemen balok tersebut dengan pembesaran dimensi balok.

DAFTAR KEPUSTAKAAN

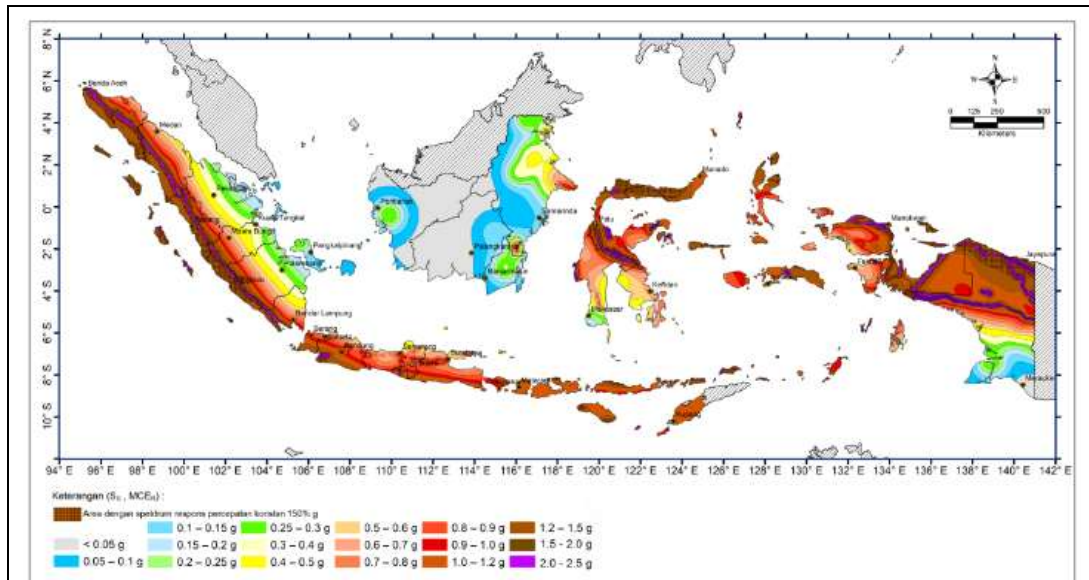
- Beban Minimum untuk Perancangan Bangunan Gedung dan Struktur Lain, SNI 1727:2013*, Badan Standarisasi Nasional, Jakarta.
- Dede Supriyatna. 2019. *Studi Analisis Bangunan Gedung Bertingkat dengan Perbandingan SNI 1726:2012 dan SNI 1726:2019 Berpengaruh Terhadap Rasio Tulangan (Studi Kasus : Bangunan Gedung RNI 15 Lantai di MT. Haryono Jakarta)*. Skripsi. Jakarta : Universitas Persada Indonesia Y.A.I
- Imran, Iswandi, dan Fajar Hendrik, 2010. *Perencanaan Struktur Gedung Beton Bertulang Tahan Gempa*, ITB, Bandung.
- Sudarmoko, 1996, *Perencanaan dan Analisis Kolom Beton Bertulang*. Yogyakarta: Universitas Gajah Mada
- Setiawan A, 2016, *Perancangan Struktur Beton Bertulang (Berdasarkan SNI 2847:2013)*. Erlangga: Jakarta
- Nawy, Edward G., 1998, *Beton Bertulang: Suatu Pendekatan Dasar*, PT. Refika Aditama, Bandung.
- Putri, Yogi. 2016. *Perencanaan Ulang Struktur Beton Bertulang pada Gedung SMP Muhammadiyah 5 Surabaya dengan Metode Sistem Rangka Pemikul Momen Menengah (SRPMM)*. Skripsi. Surabaya : Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- Tata Cara Perencanaan Struktur Beton untuk Bangunan Gedung SNI 03-2847-2013*: Jakarta: BSN.
- Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Bangunan Gedung SNI 03-1726-2019*. Jakarta: BSN.





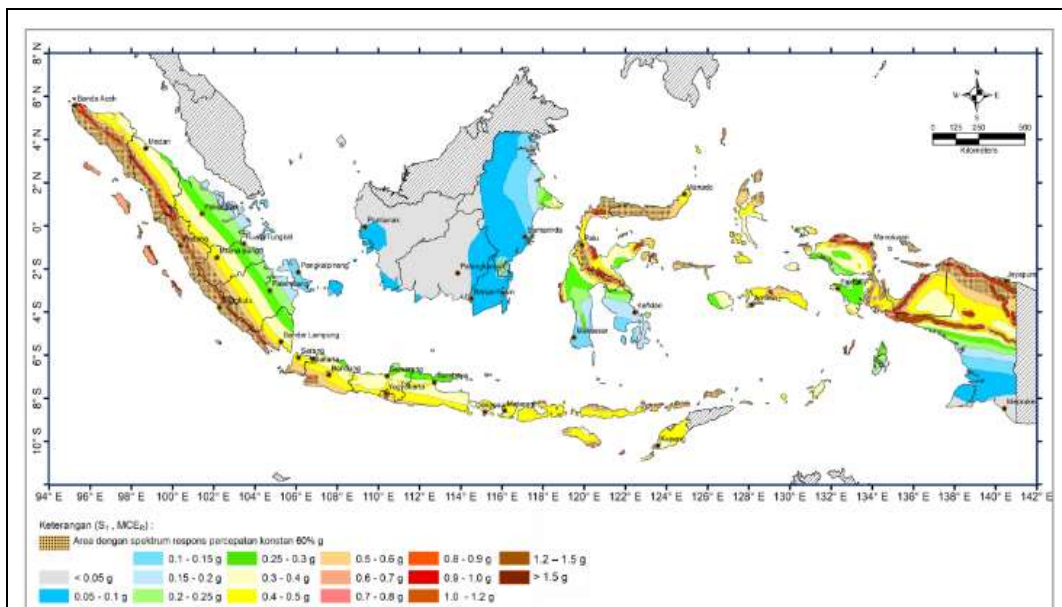
Gambar A.2 : Peta Nangroe Aceh Darussalam

Sumber : www.Googlemap.com (2021)



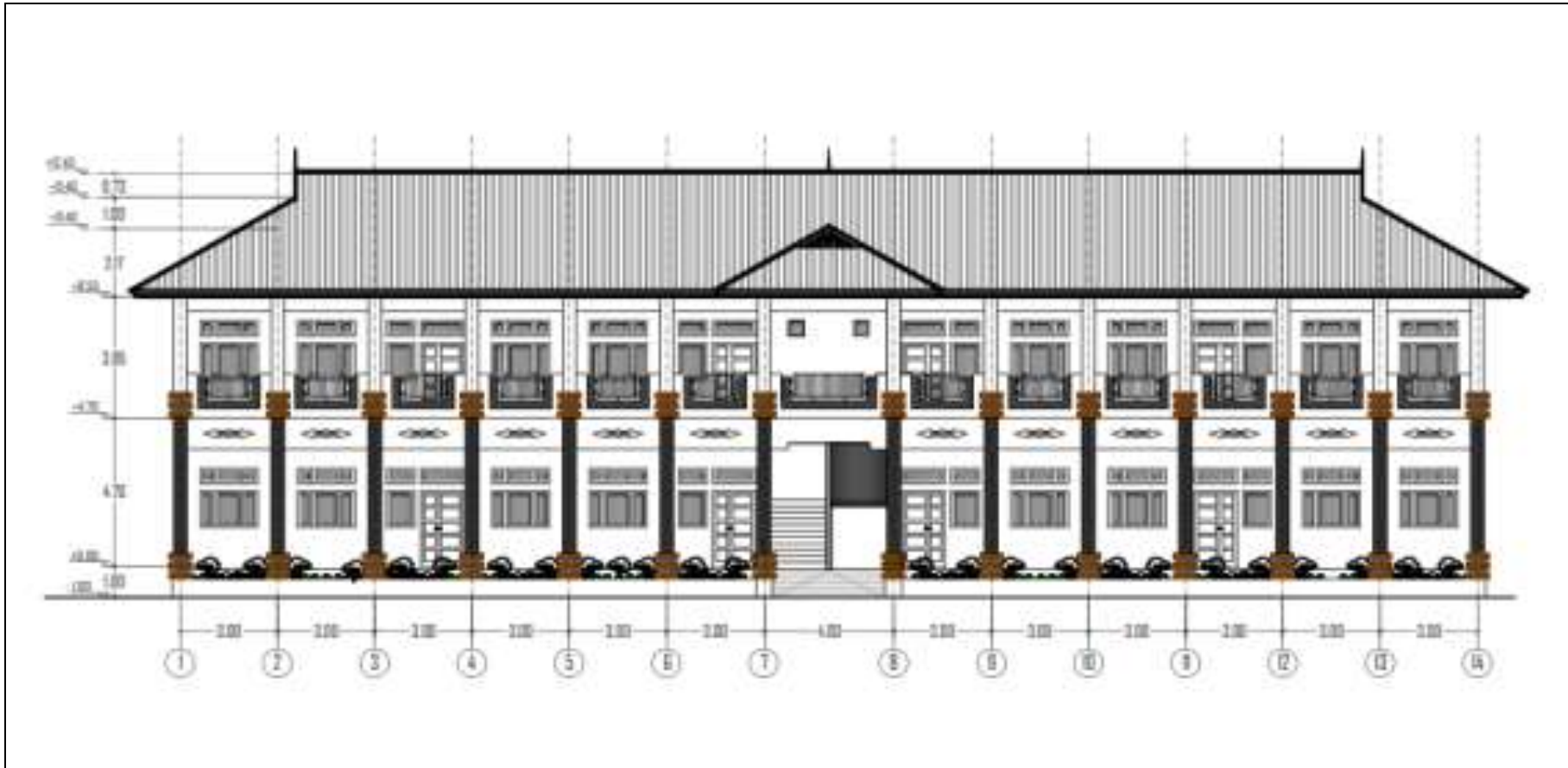
Lampiran A.3 : S1, Gempa maksimum yang dipertimbangkan resiko tertarget (MCER), kelas situs SD (tanah sedang)

Sumber : SNI 1726:2019, Hal. 233

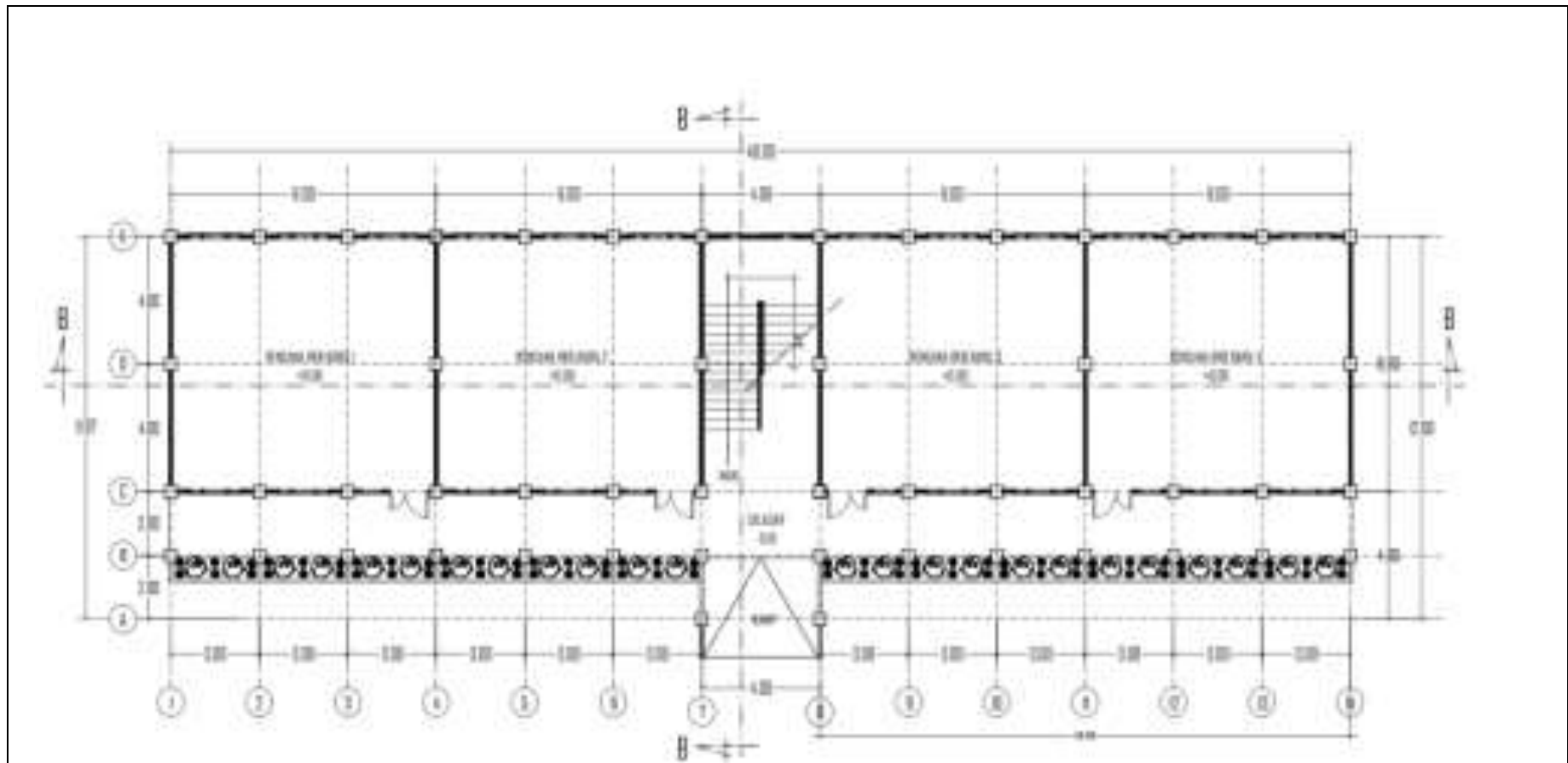


Lampiran A.4 : S1, Gempa maksimum yang dipertimbangkan resiko tertarget (MCER), kelas situs SD (tanah sedang)

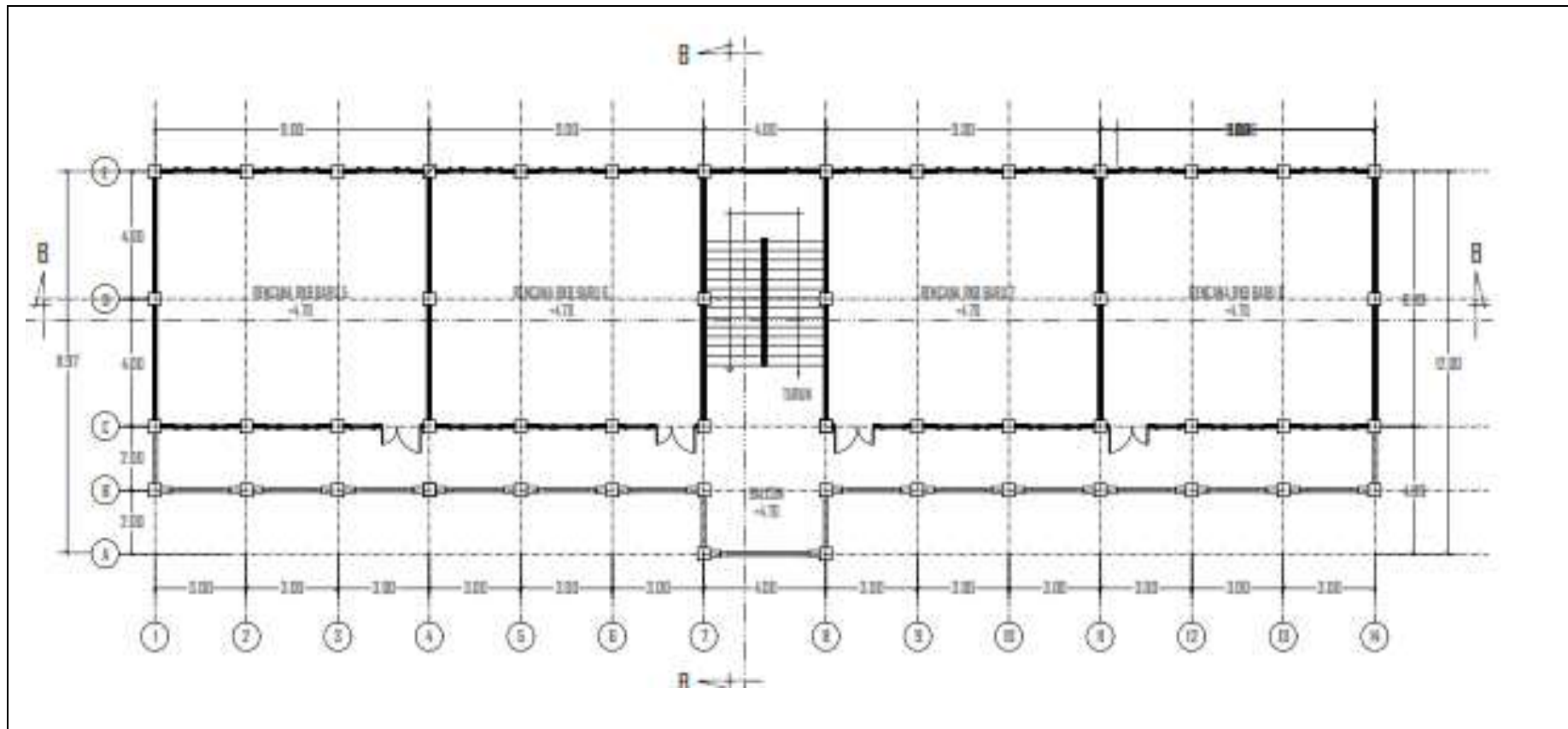
Sumber : SNI 1726:2019, Hal. 233



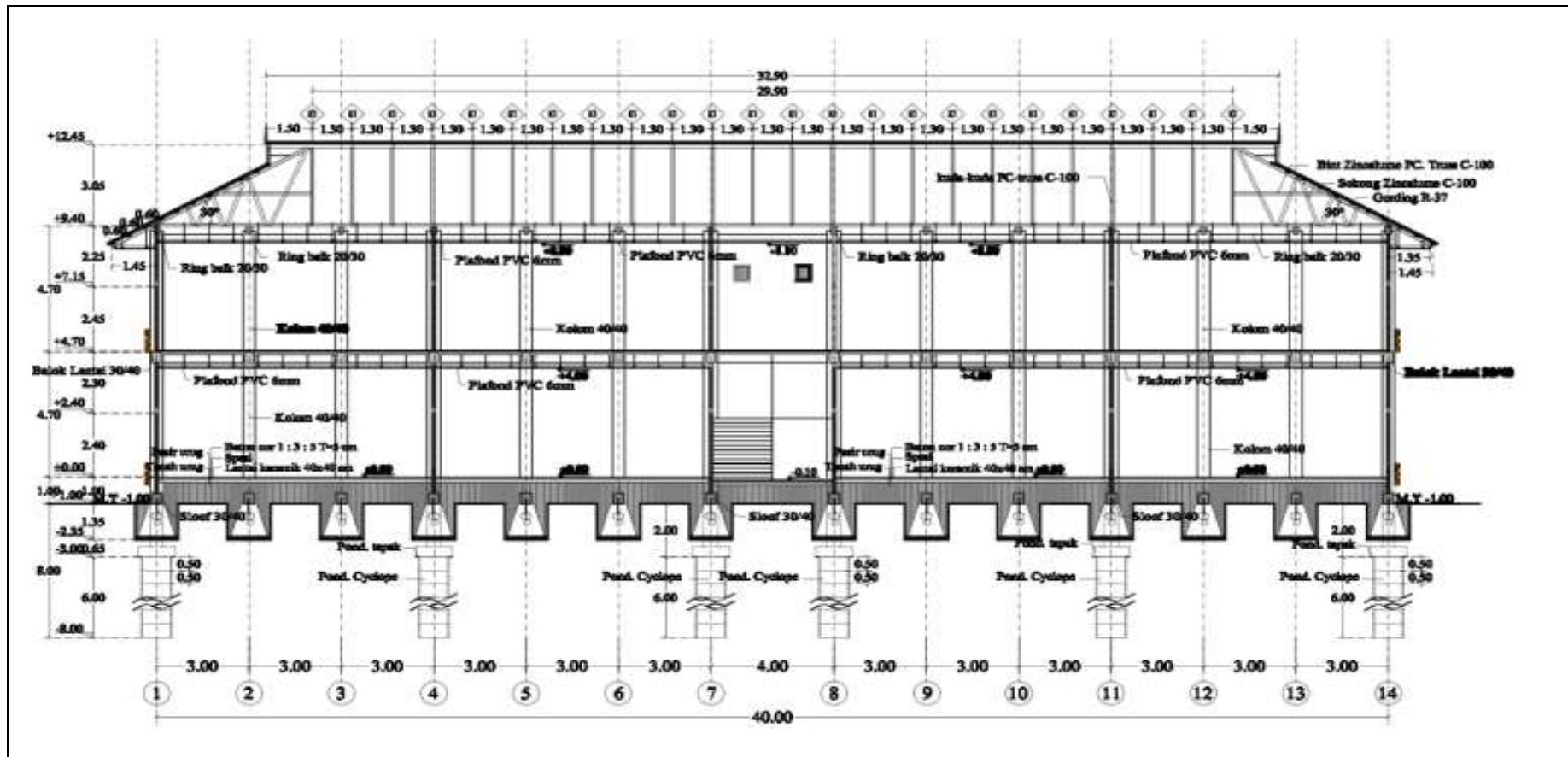
TAMPAK DEPAN



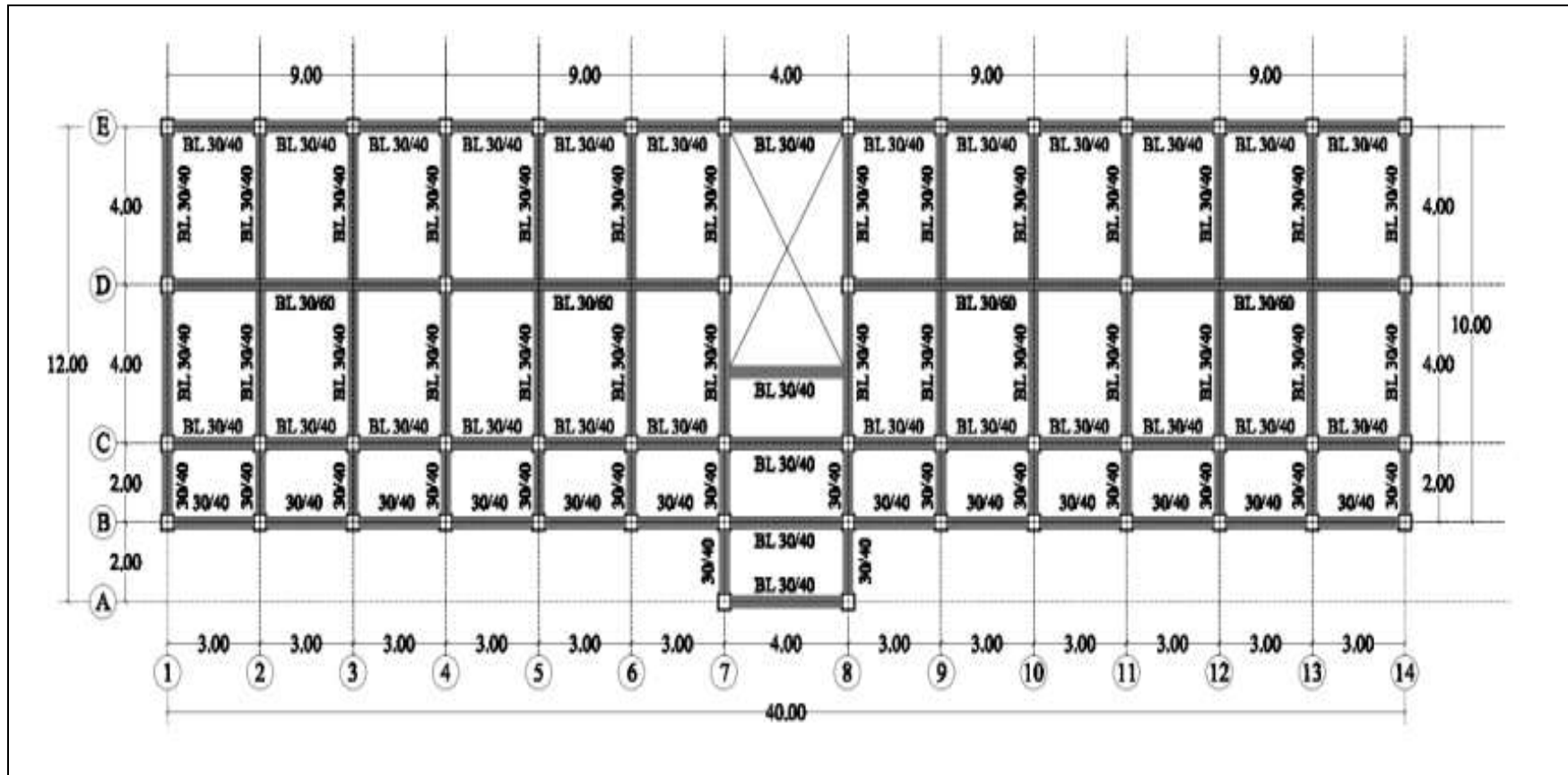
DENAH LANTAI I



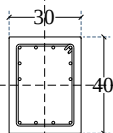
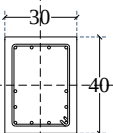
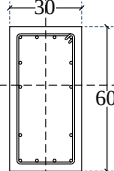
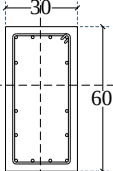
DENAH LANTAI II

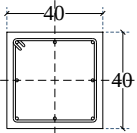


POTONGAN

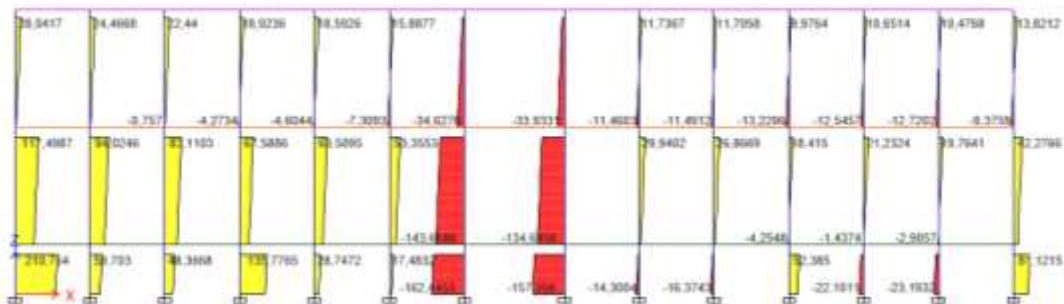


DENAH BALOK LANTAI

B A L O K L A N T A I	Potongan BLa.1		Potongan BLa.1'		B A L O K L A N T A I	Potongan BL.2		Potongan BL.2'	
									
	Dimensi	300 X 400 MM	Dimensi	300 X 400 MM		Dimensi	300 X 600 MM	Dimensi	300 X 600 MM
	Tulangan	Atas 4 D 14	Tulangan	Atas 4 D 14		Tulangan	Atas 4 Ø 14	Tulangan	Atas 4 Ø 14
	Bagi	4 D 14	Bagi	4 D 14		Bagi	6 Ø 14	Bagi	6 Ø 14
	Bawah	4 D 14	Bawah	4 D 14		Bawah	4 Ø 14	Bawah	4 Ø 14
	Beugel	Ø 8 - 100	Beugel	Ø 8 - 150		Beugel	Ø 8 - 100	Beugel	Ø 8 - 150

K O L O M	Potongan K.1	
		
	Dimensi	400 X 400 MM
	Tulangan	Atas 3 D 16
		Tengah 3 D 16
		Bawah 3 D 16
	Beugel	Ø 8 - 100

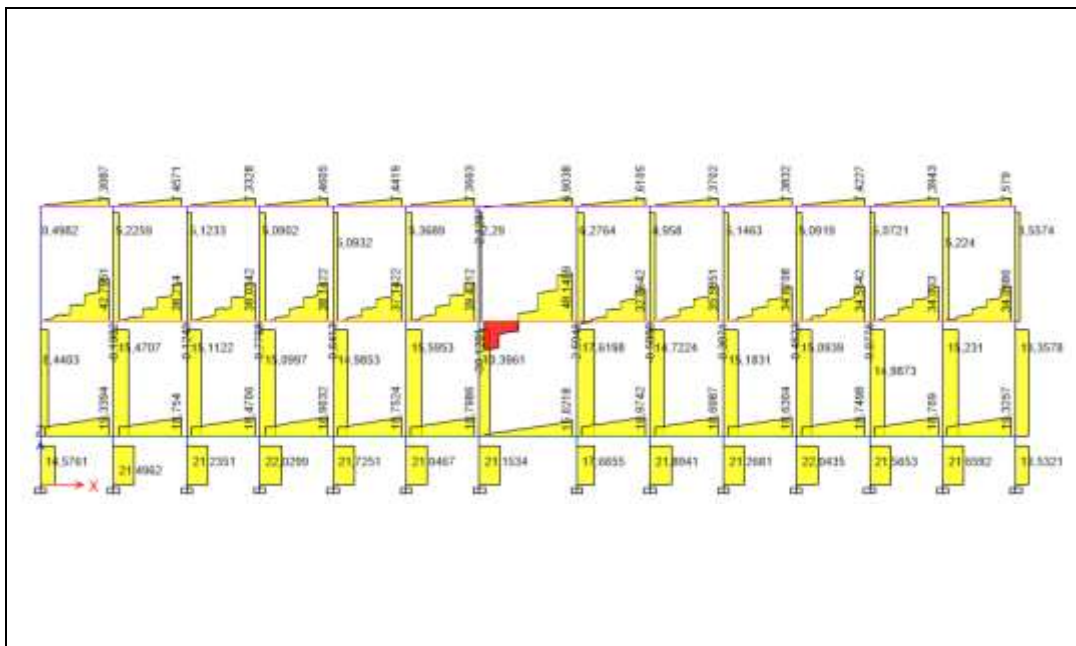
DETAIL PEMBESIAN



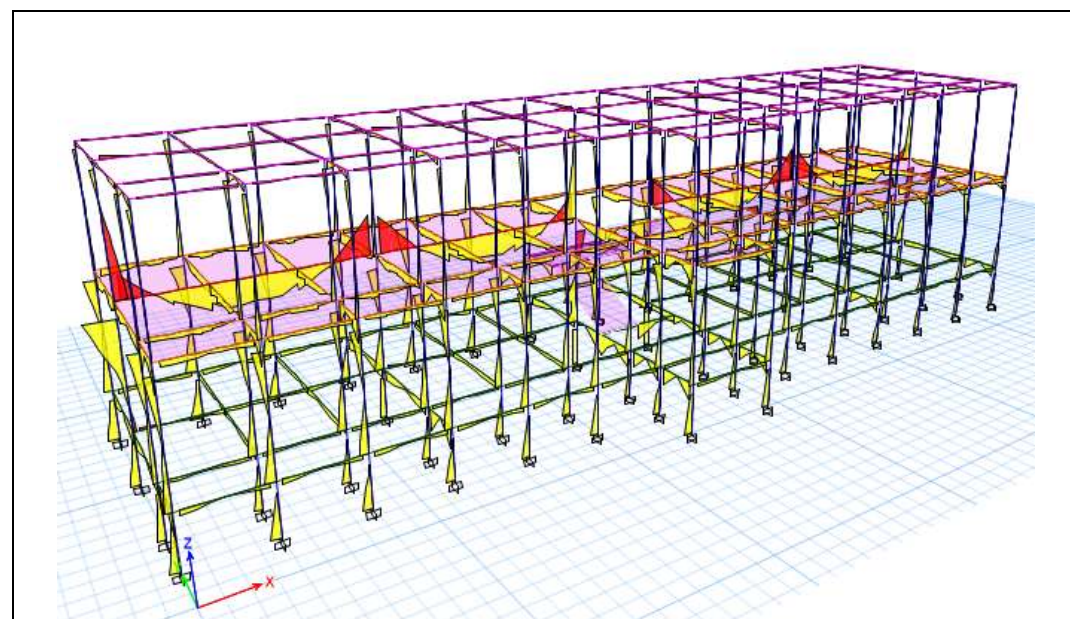
Lampiran A.6 : Diagram Aksial berdasarkan kombinasi pembebanan Comb 5b
(1,40 (DL + SDL) + 1,6 L + 1,3 Eqdy + 0,39 Eqdx)



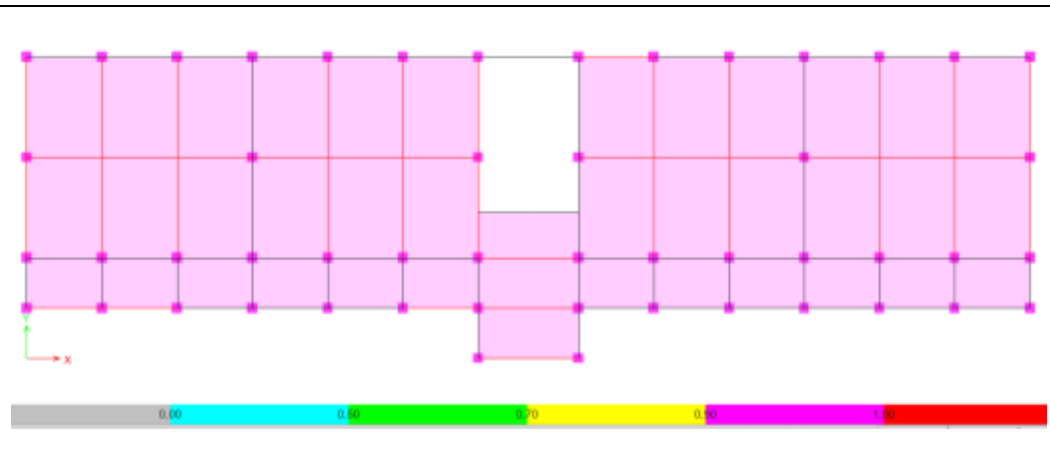
Lampiran A.7 : Diagram Momen berdasarkan kombinasi pembebanan Comb 5b
(1,40 (DL + SDL) + 1,6 L + 1,3 Eqdy + 0,39 Eqdx)



Lampiran A.8 : Diagram Gaya Geser berdasarkan kombinasi pembebanan Comb 5b (1,40 (DL + SDL) + 1,6 L + 1,3 Eqdy + 0,39 Eqdx)



Lampiran A.9 : Diagram Momen berdasarkan kombinasi pembebanan Comb 5b (1,40 (DL + SDL) + 1,6 L + 1,3 Eqdy + 0,39 Eqdx)



Lampiran A.10 : Diagram Batang aman/tidak berdasarkan kombinasi pembebanan Comb 6d (0,70 (DL + SDL) - 1,3 Eqdx - 0,39 Eqdy)

ETABS Concrete Frame Design

ACI 318-14 Beam Section Design

Beam Element Details (Summary)

Level	Element	Unique Name	Section ID	Combo ID	Station Loc	Length (mm)	LLRF	Type
Balok Lantai	B48	742	B1 30/40	Comb7d	3800	4000	1	Sway Special

Section Properties

b (mm)	h (mm)	b _r (mm)	d _s (mm)	d _{cs} (mm)	d _{cs} (mm)
300	400	300	0	50	50

Material Properties

E _c (MPa)	F _c (MPa)	LT.Wt Factor (Unitless)	f _y (MPa)	f _{cs} (MPa)
10908,18	21	1	420	280

Design Code Parameters

Φ _s	Φ _{chsd}	Φ _{csent}	Φ _{ms}	Φ _{vs}	Φ _{vcent}
0,9	0,65	0,75	0,75	0,6	0,85

Design Moment and Flexural Reinforcement for Moment, M_{u2}

	Design -Moment kN-m	Design +Moment kN-m	-Moment Rebar mm²	+Moment Rebar mm²	Minimum Rebar mm²	Required Rebar mm²
Top (+Z Axis)	-49,9559		395	0	345	395
Bottom (-Z Axis)		24,9779	0	193	257	257

Shear Force and Reinforcement for Shear, V_{u2}

Shear V _{u2} kN	Shear ΦV _s kN	Shear ΦV _s kN	Shear V _p kN	Rebar A _s /S mm²/m
O/S #45	0	47,528	29,2961	646,64

Torsion Force and Torsion Reinforcement for Torsion, T_u

Φ*T _u kN-m	T _{th} kN-m	T _{cr} kN-m	Area A _n cm²	Perimeter, p _n mm	Rebar A _s /s mm²/m	Rebar A _n mm²
13,4635	2,9354	11,7415	558,2	1044,4	574,25	406

O/S #45 Shear stress due to shear force and torsion together exceeds maximum allowed

Lampiran A.11 : Diagram Batang aman/tidak berdasarkan kombinasi pembebanan Comb 6d (0,70 (DL + SDL) - 1,3 Eqdx - 0,39 Eqdy)

LAMPIRAN B

Tabel B.1 Kategori resiko bangunan gedung dan nongedung untuk beban gempa

Jenis Pemanfaatan	Kategori Resiko
Gedung dan non gedung yang ditunjukan sebagai fasilitas yang penting, termasuk, tetapi tidak dibatasi untuk: - Bangunan-bangunan monumental - Gedung sekolah dan fasilitas pendidikan - 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 kedalam kategori resiko IV.	IV

(Sumber : SNI 1726:2019, Hal. 25)

Tabel B.2 Faktor Keutamaan Gempa (I_e)

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

(Sumber : SNI 1726:2019, Hal. 25)

Tabel B.3 Koefisien situs, F_a

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

(Sumber : SNI 1726:2019, Hal 34)

LAMPIRAN B

Tabel B.4 Koefisien situs, F_v

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

(Sumber : SNI 1726:2019, Hal 34)

Tabel B.5 Interpolasi F_a dan F_v

Dengan cara interpolasi untuk menentukan nilai yang tepat untuk koefisien situs F_a dan F_v :			
Nilai S_s yang diperoleh dari data	=	1,4216	g
Nilai S_s yang diperoleh dari tabel diatas	=	1,0	1,5
Nilai kelas situs	=	1,0	1,25
Maka nilai F_a	=	1,000	g
Nilai S_1 yang diperoleh dari data	=	0,560	g
Nilai S_1 yang diperoleh dari tabel diatas	=	1,7	0,6
Nilai kelas situs	=	1,8	0,5
Maka nilai F_a	=	1,7402	g

Tabel B.6 Kategori desain seismik berdasarkan parameter respons percepatan pada periode pendek

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

(Sumber : SNI 1726:2019, Hal 37)

LAMPIRAN B

Tabel B.7 Kategori desain seismik berdasarkan parameter respons percepatan pada periode 1 detik

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

(Sumber : SNI 1726:2019, Hal 37)

Tabel B.8 Kategori Desain Seismik (KDS) dan Resiko Kegempaan

Tinggi Resiko Kegempaan		
Rendah	Menengah	Tinggi
KDS : A , B	KDS : C	KDS : D, E, F
SRPMB / M / K	SRPMM / K	SRPMK

(Sumber : SNI 1726:2019)

Tabel B.9 Faktor R, Cd, dan Ω_0 untuk sistem pemikul gaya seismik

Sistem pemikul gaya seismik	Koefisien modifikasi respons, R^a	Faktor kuat lebih sistem, Ω_0^b	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
19.Dinding geser batu bata polos didetail	2	2½	2	TB	TI	TI	TI	TI
20.Dinding geser batu bata polos biasa	1½	2½	1½	TB	TI	TI	TI	TI
21.Dinding geser batu bata prategang	1½	2½	1½	TB	TI	TI	TI	TI
22.Dinding rangka ringan (kayu) yang dilapisi dengan panel struktur kayu yang dimaksudkan untuk tahanan geser	7	2½	4½	TB	TB	22	22	22
23.Dinding rangka ringan (baja canal dingin) yang dilapisi dengan panel struktur kayu yang dimaksudkan untuk tahanan geser, atau dengan lembaran baja	7	2½	4½	TB	TB	22	22	22
24.Dinding rangka ringan dengan panel geser dari semua material lainnya	2½	2½	2½	TB	TB	10	TB	TB
25.Rangka baja dengan bresing terkekang terhadap tekuk	8	2½	5	TB	TB	48	48	30
26.Dinding geser pelat baja khusus	7	2	6	TB	TB	48	48	30
C. Sistem rangka pemikul momen								
1. Rangka baja pemikul momen khusus	8	3	5½	TB	TB	TB	TB	TB
2. Rangka batang baja pemikul momen khusus	7	3	5½	TB	TB	48	30	TI
3. Rangka baja pemikul momen menengah	4½	3	4	TB	TB	10 ^g	TI ^h	TI ^h
4. Rangka baja pemikul momen biasa	3½	3	3	TB	TB	TI ⁱ	TI ⁱ	TI ⁱ
5. Rangka beton bertulang pemikul momen khusus ^m	8	3	5½	TB	TB	TB	TB	TB
6. Rangka beton bertulang pemikul momen menengah	5	3	4½	TB	TB	TI	TI	TI
7. Rangka beton bertulang pemikul momen biasa	3	3	2½	TB	TI	TI	TI	TI
8. Rangka baja dan beton komposit pemikul momen khusus	8	3	5½	TB	TB	TB	TB	TB
9. Rangka baja dan beton komposit pemikul momen menengah	5	3	4½	TB	TB	TI	TI	TI
10. Rangka baja dan beton komposit terkekang parsial pemikul momen	6	3	5½	48	48	30	TI	TI

LAMPIRAN B

9. Rangka baja dan beton komposit pemikul momen menengah	5	3	4%	TB	TB	Ti	Ti	Ti
10. Rangka baja dan beton komposit terkekang parsial pemikul momen	6	3	5%	48	48	30	Ti	Ti
11. Rangka baja dan beton komposit pemikul momen biasa	3	3	2%	TB	Ti	Ti	Ti	Ti
12. Rangka baja canal dingin pemikul momen khusus dengan pembautan ⁶	3½	3 ⁶	3½	10	10	10	10	10
D. Sistem ganda dengan rangka pemikul momen khusus yang mampu menahan paling sedikit 25 % gaya seismik yang ditetapkan								
1. Rangka baja dengan bresing eksentris	8	2½	4	TB	TB	TB	TB	TB
2. Rangka baja dengan bresing konsentris khusus	7	2½	5½	TB	TB	TB	TB	TB
3. Dinding geser beton bertulang khusus ¹¹	7	2½	5½	TB	TB	TB	TB	TB
4. Dinding geser beton bertulang biasa ⁶	6	2½	5	TB	TB	Ti	Ti	Ti
5. Rangka baja dan beton komposit dengan bresing eksentris	8	2½	4	TB	TB	TB	TB	TB
6. Rangka baja dan beton komposit dengan bresing konsentris khusus	6	2½	5	TB	TB	TB	TB	TB
7. Dinding geser pelat baja dan beton komposit	7½	2½	6	TB	TB	TB	TB	TB
8. Dinding geser baja dan beton komposit khusus	7	2½	6	TB	TB	TB	TB	TB
9. Dinding geser baja dan beton komposit biasa	6	2½	5	TB	TB	Ti	Ti	Ti
10. Dinding geser batu bata bertulang khusus	5½	3	5	TB	TB	TB	TB	TB
11. Dinding geser batu bata bertulang menengah	4	3	3½	TB	TB	Ti	Ti	Ti
12. Rangka baja dengan bresing terkekang terhadap tekuk	8	2½	5	TB	TB	TB	TB	TB
13. Dinding geser pelat baja khusus	8	2½	6½	TB	TB	TB	TB	TB

(Sumber : SNI 1726:2019, Hal. 50)

Tabel B.10 Nilai parameter periode pendekatan C_t dan x

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

(Sumber : SNI 1726:2019, Hal. 72)

Tabel B.11 Koefisien untuk batas atas pada periode yang dihitung

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

(Sumber : SNI 1726:2019, Hal. 72)

LAMPIRAN B

Tabel B.12 Simpang Ijin Struktur

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

(Sumber : SNI 1726:2012, Hal. 66)

Tabel B.13 Syarat Perlindungan Beton

Keterangan	Tebal selimut minimum
Beton yang dicor diatas dan selalu berhubungan dengan tanah	75
Beton yang berhubungan dengan tanah atau cuaca : Batang D-19 hingga D-57 Batang D-16, kawat M-16 ulir atau polos, dan yang lebih kecil	50 40
Beton yang tidak berhubungan dengan cuaca atau berhubungan dengan tanah : <u>Pelat,dinding,balokusuk</u> : Batang D-44 dan D-57 Batang D-36 dan yang lebih kecil <u>Balok,kolom</u> : Tulangan utama, pengikat, sengkang, spiral <u>Komponen struktur cangkang, pelat lipat</u> : Batang D-19 dan yang lebih besar Batang D-16, kawat M-16 ulir atau polos dan yang lebih kecil	40 20 40 20 13

(Sumber : SNI 2847:2013, Hal 33)

LAMPIRAN C

1. Pembebanan Struktur

Pembebanan struktur berupa beban mati dan beban hidup yang bekerja pada gedung. Berikut merupakan beban mati dan beban hidup yang digunakan dalam perhitungan pembebanan:

a. Beban Hidup (*Live Load*)

1. Ruang Kelas : $1,92 \text{ kN/m}^2$
2. Balcon : $4,79 \text{ kN/m}^2$
3. Tangga : $0,73 \text{ kN/m}^2$

b. Berat Sendiri (*Dead Load*)

➤ Beton

1. Kuat Tekan Beton K-250 kg/cm^2 = f'_c 21 MPa
2. Modulus elastisitas beton, E_c = $4700\sqrt{f'_c}$
3. Poisson ratio beton = 0,2
4. Berat jenis beton = 24 kN/m^3

➤ Baja

1. Baja Tulangan Pokok (f_y) = BjTS 420A
2. Baja Tulangan Sengkang (f_y) = BjTS 280
3. Modulus elastisitas baja = 200000 MPa
4. Poisson ratio baja = 0,3
5. Berat jenis baja = $78,5 \text{ kN/m}^3$

c. Beban Mati Tambahan (*Super Dead Load*)

➤ Beban Mati Tambahan Pada Plat Lantai (SDL)

- | | |
|-----------------------------|--|
| Berat pasir setebal 1 cm | = $0,01 \text{ m} \times 16 \text{ kN/m}^2$ = 0,16 kN/m^2 |
| Berat spesi setebal 3 cm | = $0,03 \text{ m} \times 21 \text{ kN/m}^2$ = 0,63 kN/m^2 |
| Berat keramik setebal 1 cm | = $0,01 \text{ m} \times 24 \text{ kN/m}^2$ = 0,24 kN/m^2 |
| Berat plafond & penggantung | = 0,20 kN/m^2 |

$$\begin{aligned} \text{Berat instalasi ME} &= 0,25 \text{ kN/m}^2 \\ &= 1,48 \text{ kN/m}^2 \end{aligned} \quad +$$

➤ **Beban Mati Tambahan Pada Ring Balok Atap (SDL)**

$$\begin{aligned} \text{Berat plafond \& penggantung} &= 0,11 \text{ kN/m} \\ \text{Berat instalasi ME} &= 0,08 \text{ kN/m} \\ \text{Beban orang \& perlengkapan} &= 0,18 \text{ kN/m} \\ &= 0,38 \text{ kN/m} \end{aligned} \quad +$$

– **Beban Mati Tambahan Pada Sloof dan Balok Lantai**

$$\text{Beban dinding Lt. 1 tinggi 4,30 m} = 4,30 \text{ m} \times 1,2 \text{ kN/m}^2 = 5,16 \text{ kN/m}$$

$$\text{Beban dinding LT. 2 tinggi 4,40 m} = 4,40 \text{ m} \times 1,2 \text{ kN/m}^2 = 5,28 \text{ kN/m}$$

d. Berat Angin (*Wind*)

$$\begin{aligned} \text{Kecepatan angin (V)} &= 30 \text{ m/s} \\ \text{Faktor arah angin (Kd)} &= 0,85 \\ \text{Eksposur} &= C \\ \text{Faktor Topografi (Kzt)} &= 1 \\ \text{Faktor pengaruh tiupan angin (G)} &= 0,85 \\ \text{Zg} &= 274,32 \\ \text{a} &= 9,5 \\ \text{Tinggi Atap} &= 12,30 \text{ m} \\ \text{Tinggi Bangunan} &= 9,40 \text{ m} \\ \text{Tinggi rata-rata Atap} &= 10,85 \text{ m} \\ \text{L Bangunan} &= 40,00 \text{ m} \\ \text{B Bangunan} &= 10,00 \text{ m} \\ \text{L/B Arah X} &= 4,00 \\ \text{B/L Arah Y} &= 0,25 \\ \text{Kz} &= 1,1 \\ \text{Tekanan Velositas (qz)} &= 511 \text{ N/m}^2 \\ &= 52 \text{ kg/m}^2 \end{aligned}$$

Lantai	Z	a	Zg	Kz	Kd	V	qz (N/m ²)	qz (kN/m ²)
Elevasi Ring Balok	9,40	9,50	274,32	0,99	0,85	30,00	463,31	0,46
Lantai 1	4,70	9,50	274,32	0,85	0,85	30,00	400,40	0,40
Sloof	0	9,50	274,32	0	0,85	30,00	0,00	0,00

Gata Angin pada Dinding Arah X

Cp Datang	=	0,80
Cp Pergi	=	-0,20
Jarak Antar kolom	=	3,00 m

(beban angin dikonversikan menjadi beban garis, didesain ke kolom)

$qz \times Cp \text{ Datang} \times (G)$

Lantai	qz (kN/m ²)	P Desak (kN/m ²)	P Hisap (kN/m ²)	P Desak (kN/m)	P Hisap (kN/m)
Elevasi Ring Balok	0,46	0,32	-0,08	0,95	-0,24
Lantai	0,40	0,27	-0,07	0,82	-0,20
Sloof	0	0	0	0	0

Gata Angin pada Dinding Arah Y

$qz \times Cp \text{ Datang} \times (G)$

Lantai	qz (kN/m ²)	P Desak (kN/m ²)	P Hisap (kN/m ²)	P Desak (kN/m)	P Hisap (kN/m)
Elevasi Ring Balok	0,46	0,32	-0,20	0,95	-0,59
Lantai	0,40	0,27	-0,17	0,82	-0,51
Sloof	0	0	0	0	0

2. Beban Gempa (*Earthquake*)

A. Kelas Situs

Penentuan kelas situs tanah yang gedung ini diasumsikan sebagai jenis tanah sedang *SD*.

B. Faktor Keutamaan Gempa

Untuk gedung fasilitas pendidikan termasuk kategori IV dengan faktor keutamaan gempa (*Ie*) sebesar 1,5.

C. Parameter Respons Spektral

Data percepatan respons spektral didapatkan dari *website:rsa.ciptakarya.pu.go.id/2021* atau (*Gambar 15 SNI 1726 : 2019*). Untuk lokasi SMAN 12 Banda Aceh dengan kelas situs *SD* didapatkan data sebagai berikut :

Tabel 4.1 Nilai parameter gempa

Bujur	95,34187773
Lintang	5,56689524
PGA	0,5717
S _s	1,4216
S ₁	0,5598
S _{DS}	0,95
S _{D1}	0,65
T ₀	0,14
T _s	0,68
TL	20

D. Parameter situs Fa dan Fv

Faktor amplifikasi getaran terkait percepatan pada getaran perioda pendek (Fa) bergantung pada nilai situs terdahulu dan nilai S_s, sementara faktor amplifikasi getaran terkait percepatan pada getaran perioda 1 detik (Fv) bergantung pada kelas situs terdahulu dan nilai S₁. Nilai Fa sebesar 1,0 g dan Fv 1,7402 g didapatkan dari hasil nilai interpolasi.

E. Parameter Percepatan Respons Spektral

Parameter spektrum respons percepatan pada perioda pendek (SM_s) dan perioda 1 detik (SM₁) yang disesuaikan dengan pengaruh klasifikasi situs, harus ditentukan dari persamaan berikut:

$$SM_s = F_a \times S_s = 1,00 \times 1,4216 = 1,4216 \text{ g}$$

$$SM_1 = F_v \times S_1 = 1,7402 \times 0,5598 = 0,9742 \text{ g}$$

F. Parameter Nilai SD₁ dan SD_s

Parameter percepatan spektral desain untuk perioda pendek (SD_s) dan pada perioda 1 detik (SD₁) harus ditentukan melalui persamaan berikut ini:

$$S_{DS} = \frac{2}{3} SM_s = \frac{2}{3} 1,4216 = 0,9477 \text{ g}$$

$$S_{D1} = \frac{2}{3} SM_1 = \frac{2}{3} 0,9742 = 0,6494 \text{ g}$$

Dengan nilai S_{DS} sebesar 0,9477 dan nilai S_{D1} sebesar 0,6494. Berdasarkan tabel B.6 dan tabel B.7 maka didapatkan kategori resiko IV yang tergolong K_{DS} D.

Berdasarkan K_{DS} D untuk Sistem Ganda yaitu Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus (SRPMK) dimana komponen-komponen struktur balok, kolom, dan sambungan menahan gaya-gaya yang bekerja melalui aksi lentur, geser. Kategori risiko dari dua kategori desain seismik D dari tabel B.9 didapatkan nilai koefisien faktor R , C_d , dan Ω_o sebagai berikut :

$$R = 8$$

$$\Omega_o = 3$$

$$C_d = 2,5$$

G. Menentukan Periode Fundamental Struktur

Kontrol waktu getar alami fundamental untuk mencegah penggunaan struktur gedung yang terlalu fleksibel, nilai waktu getar alami fundamental (T) dari struktur gedung harus dibatasi. Berdasarkan SNI 1726:2019 pasal 7.8.2.1, periode fundamental struktur harus ditentukan dari:

$$h = 9,40 \text{ m}$$

$$C_t = 0,0466$$

$$x = 0,9$$

$$C_u = 1,4$$

$$T_{a \text{ min}} = C_t \times h^{0,9}$$

$$= 0,0466 \times 9,40^{0,9}$$

$$= 0,35 \text{ s}$$

$$T_{a \text{ max}} = C_u \times T_a$$

$$= 1,4 \times 0,35 \text{ s}$$

$$= 0,49$$

H. Menentukan koefisien Respons Seismik (C_s)

Nilai koefisien respons seismik (C_s) berdasarkan SNI 1726-2019 Pasal 7.8.1.1 terdapat nilai C_s min dan C_s max , dihitung menggunakan persamaan rumus sebagai berikut :

$$C_s = \frac{S_{DS}}{\left(\frac{R}{I_e}\right)} = \frac{0,9477}{\left(\frac{8}{1,5}\right)} = 0,1777$$

$$C_{s \max} = \frac{S_{DS}}{T \left(\frac{R}{I_e}\right)} = \frac{0,6494}{0,49 \left(\frac{8}{1,5}\right)} = 0,2485$$

Karena $S_1 \ 0,5598 < 0,6$, maka nilai C_s min sebagai berikut :

$$\begin{aligned} C_s &= 0,044 S_{ds} I_e \geq 0.01 \\ &= 0,044 \times 0,9477 \times 1,5 \\ &= 0,064 \end{aligned}$$

I. Analisa Gempa Dinamik

Analisa gempa dinamik dilakukan dengan memasukkan parameter respons spektrum dan menentukan factor skala gaya. Perhitungan fator skala awal yang digunakan dengan rumus sebagai berikut :

$$\text{Faktor Skala} = g \frac{I_e}{R} = 9810 \frac{1,5}{8} = 1839,375$$

3. Kontrol Desain

A. Kontrol Partisipasi Massa

Sesuai dengan SNI 1726:2019 pasal 7.9.1, perhitungan respons dinamik struktur harus didasarkan pada partisipasi massa paling kecil sebesar 90%. Hasil partisipasi massa pada struktur diperoleh menggunakan program bantu ETABS v.17 dapat dilihat pada tabel dibawah ini.

Tabel 4.2 Modal Partisipasi Massa Ragam

Case	Mode	Period	Sum UX	Sum UY
Modal	1	0,756	0,0018	0,7109
Modal	2	0,752	0,011	0,7609
Modal	3	0,687	0,7553	0,7612
Modal	4	0,278	0,7553	0,8198

Modal	5	0,27	0,7808	0,8198
Modal	6	0,261	0,8107	0,8198
Modal	7	0,088	0,8847	0,8504
Modal	8	0,087	0,8979	0,9984
Modal	9	0,080	0,9957	0,9985
Modal	10	0,051	0,9998	0,9986

Berdasarkan tabel di atas, diketahui bahwa penjumlahan respon keduabelas ragam menghasilkan partisipasi massa ragam sebesar lebih dari 90% sehingga struktur telah memenuhi persyaratan partisipasi massa.

B. Kontrol Waktu Getar Alami Fundamental

Dari hasil program ETABS v.17, didapatkan nilai periode berdasarkan *mode* untuk masing-masing arah dapat dilihat pada tabel dibawah ini.

Tabel 4.3 Periode Fundamental Struktur

Case	Mode	Period
Modal	1	0,756
Modal	2	0,752
Modal	3	0,687
Modal	4	0,278
Modal	5	0,27
Modal	6	0,261
Modal	7	0,088
Modal	8	0,087
Modal	9	0,080
Modal	10	0,051

$$T_x = 0,752 \text{ (mode 2)} > T_a.C_u = 0,49$$

$$T_y = 0,756 \text{ (mode 1)} > T_a.C_u = 0,49$$

Karena nilai periode T_x dan T_y kurang dari nilai batas atas periode, maka periode struktur menjadi seperti berikut:

$$T_x = 0,752$$

$$T_y = 0,756$$

C. Kontrol Gaya Geser Dasar (*Base Shear*)

Pada kontrol gaya geser dasar atau *base shear* perlu diketahui terlebih dahulu nilai koefisien respons seismik atau C_s , dimana nilai C_s dapat dihitung sebagai berikut:

$$C_s = \frac{S_{DS} \times I_e}{R} = \frac{0,9477 \times 1,5}{8} = 0,178$$

$$C_{sx \max} = \frac{S_{DS} \times I_e}{T_x \times R} = \frac{0,9477 \times 1,5}{0,752 \times 8} = 0,236$$

$$C_{sy \max} = \frac{S_{DS} \times I_e}{T_y \times R} = \frac{0,9477 \times 1,5}{0,756 \times 8} = 0,235$$

$$\begin{aligned} C_{sx \min_1} &= 0,044 \times S_{ds} \times I_e \geq 0,01 \\ &= 0,044 \times 0,9477 \times 1,5 \\ &= 0,063 \end{aligned}$$

Dikarenakan nilai C_s lebih besar dari pada $C_{sx \max}$ dan $C_{sy \max}$, maka nilai C_{sx} dan C_{sy} yang digunakan adalah batas maksimalnya yaitu C_{sx} sebesar 0,236 dan C_{sy} sebesar 0,235. Kemudian perlu diketahui pula nilai berat seismik bangunan dengan kombinasi beban mati dan beban hidup dengan reduksi 0,3 menggunakan program *software* ETABS v.17 dengan hasil perhitungan dapat dilihat pada tabel dibawah ini.

Tabel 4.3 Berat Efektif Struktur

Story	Ux kg	UY kg
Ring Balok	96741,16	96741,16
Balok Lantai	439043,9	439043,9
Sloof	206710,97	206710,97
Total	742496,03	742496,03

Berdasarkan tabel di atas, maka perhitungan *base shear* adalah sebagai berikut:

$$\begin{aligned} V_x &= C_{sx} \times W \\ &= 0,236 \times (742496,03 \times 0,00981) \\ &= 1719,997 \text{ kN} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 V_y &= C_{sy} \times W \\
 &= 0,235 \times (742496,03 \times 0,00981) \\
 &= 1711,713 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

Kedua nilai V_x dan V_y tersebut perlu dibandingkan dengan nilai gaya geser ragam atau V_t yang didapatkan menggunakan program *software* ETABS v.17 dapat dilihat pada tabel dibawah ini.

Tabel 4.4 Gaya Geser Dinamik

Kombinasi	F _x	F _y
Eq Dx Max	994,76	20,48
Eq Dy Max	20,48	929,25

Berdasarkan nilai gaya geser ragam dinamik di atas, selanjutnya dibandingkan dengan nilai gaya geser hitung statis. Apabila gaya geser ragam dinamik di bawah 85%, maka perlu dilakukan penyesuaian pada permodelan gempa ETABS v.17 dengan mengalikan faktor skala pada gaya seismiknya. Analisa perbandingan antara gaya geser statis dan dinamis dapat dilihat pada tabel dibawah ini.

Tabel 4.4 Rekapitulasi Gaya Geser Statik (V) dan Dinamik

	X	Y	
W (kN)	7283,886	7283,886	kN
C _s	0,236	0,235	
V	1719,00	1711,71	kN
V _i	994,76	929,25	kN
V _i /V	58%	54%	
Cek	NOT OK	NOT OK	

Karena V_i/V kurang dari 100% maka perlu dilakukan perhitungan faktor skala untuk koreksi gaya seismik Karena V_i/V kurang dari 85% maka perlu dilakukan perhitungan faktor skala untuk koreksi gaya seismik program *software* ETABS v.17.

$$\text{Scale Factor X} = \frac{1719,00}{994,76} = 1,728$$

$$\text{Scale Factor } Y = \frac{1711,71}{929,25} = 1,842$$

Nilai *scale factor* di atas kemudian diinput pada *scale factor* untuk *Respon Spectra* dan *Load Case Response* pada program *software* ETABS v.17. Kemudian dilakukan *running* kembali sehingga didapatkan gaya geser dinamik baru dapat dilihat pada tabel dibawah ini.

Tabel 4.5 Gaya Geser Dinamik Baru

Kombinasi	Fx	Fy
Eq Dx Max	1692,39	147,45
Eq Dy Max	157,18	1596,24

Selanjutnya seperti langkah yang sebelumnya, dianalisa kembali perbandingan nilai antara gaya geser dinamik dan gaya geser statik dengan hasil dapat dilihat pada tabel dibawah ini.

Tabel 4.6 Rekapitulasi Gaya Geser Statik (V) dan Dinamik (Vi) dengan Koreksi *Scale Factor*

	X	Y	
W (kN)	7283,886	7283,886	kN
Cs	0,236	0,235	
V	1719,00	1711,71	kN
Vi	1692,39	1596,24	kN
Vi/V	98%	93%	
Cek	OK	OK	

Berdasarkan tabel di atas, disimpulkan bahwa perbandingan antara gaya geser statik dan gaya geser dinamik sudah memenuhi 85% sehingga perhitungan gaya gempa desain dapat digunakan.

D. Kontrol Waktu Getar Alami Fundamental

Waktu getar atau periode alami fundamental struktur merupakan waktu yang dibutuhkan struktur untuk menempuh satu siklus gerakan yang nilainya dipengaruhi oleh fungsi massa dan kekakuan. Nilai perioda desain akan digunakan

untuk mendapatkan beban gempa rencana. Penentuan periode didasarkan pada peraturan SNI 1726:2019 pasal 7.8.2.1 dimana untuk sistem struktur dengan tipe sistem ganda merupakan kategori sistem struktur lainnya pada Tabel 18, maka diperoleh periode fundamental pendekatan sebagai berikut:

$$\delta_x = \frac{C_d \times \Delta_{izin}}{I_e}$$

Dimana:

δ_x = defleksi pada lantai ke-x

C_d = faktor pembesaran defleksi 2,5

I_e = faktor keutamaan gedung 1,5

Untuk perhitungan *story drift* ijin, perhitungan mengacu pada SNI 1726:2019 Tabel 20. Untuk struktur dengan system ganda yang termasuk semua struktur lainnya pada tabel tersebut dengan kategori resiko bangunan IV, digunakan batas simpangan ijin dengan persamaan sebagai berikut: Δ ijin = 0,01 x h_{sx} = 0,01 x 4700 mm = 47 mm

Rekapitulasi perhitungan simpangan tiap lantai dapat dilihat pada Tabel 4.7 dan Tabel 4.8

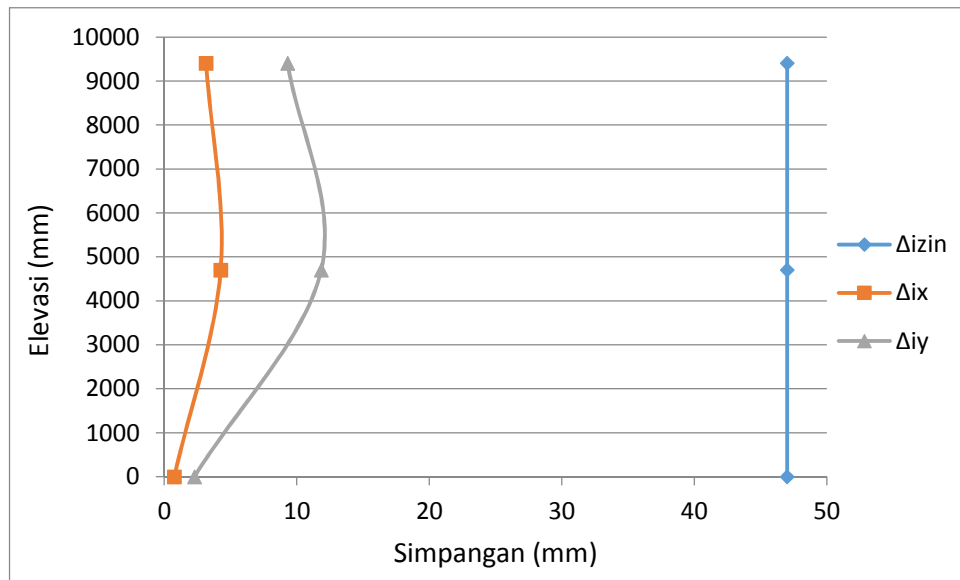
Tabel 4.7 Tabel Simpangan dengan Gempa Arah X

Lantai	h_{sx} (mm)	h (mm)	δ_e (mm)	Δ (mm)	Δ_{ix} (mm)	Δ_{izin} (mm)	Cek
Ring Balok	9400	4700	4,89	8,15	3,15	47	OK
Balok Lantai	4700	4700	3,00	5,01	4,25	47	OK
Sloof	0	4700	0,45	0,75	0,75	47	OK

Tabel 4.8 Tabel Simpangan dengan Gempa Arah Y

Lantai	h_{sx} (mm)	h (mm)	δ_e (mm)	Δ (mm)	Δ_{iy} (mm)	Δ_{izin} (mm)	Cek
Ring Balok	9400	4700	14,06	23,43	9,31	47	OK
Balok Lantai	4700	4700	8,47	14,12	11,84	47	OK
Sloof	0	4700	1,37	2,28	2,28	47	OK

Berdasarkan kedua tabel di atas, dapat disimpulkan bahwa struktur sudah memenuhi syarat simpangan ijin. Simpangan antar lantai terhadap ketinggian bangunan akan diilustrasikan pada gambar dibawah ini.



Gambar 4.1 Grafik Simpangan Arah X dan Y

E. Kontrol Pengaruh P-Delta

Untuk menghitung ada atau tidaknya pengaruh P-Delta, perlu diketahui nilai koefisien stabilitas (θ). Jika:

- $0,1 > \theta \rightarrow$ tidak ada pengaruh P-Delta
- $0,1 < \theta < \theta_{\max} \rightarrow$ ada pengaruh P-Delta
- $\theta \geq \theta_{\max} \rightarrow$ struktur tidak stabil dan perlu desain ulang

Berikut adalah contoh perhitungan pengaruh P-Delta pada lantai atap:

1. Arah X

$$P_x = 506,23 \text{ kN}$$

$$\Delta_x = 8,15 \text{ mm}$$

$$\beta = 1$$

$$I_e = 1,5$$

$$V_x = 435,44 \text{ kN}$$

$$H_{sx} = 4700 \text{ mm}$$

$$C_d = 2,5$$

$$\begin{aligned}\theta_{\max} &= \frac{0,5}{\beta C_d} \\ &= 0,2000 \\ \theta &= \frac{P_x \Delta I_e}{V_x h_{sx} C_d} \\ &= 0,00120\end{aligned}$$

Karena $\theta < 0,1$ maka tidak ada pengaruh P-Delta

Rekapitulasi perhitungan pengaruh P-Delta untuk setiap lantai akan disajikan dalam Tabel 4.9 dan Tabel 4.10.

Tabel 4.9 Tabel Koefisien Stabilitas Arah X

Story	P _x	Δ	I _e	V _x	h _{sx}	C _d	θ _{max}	θ	Pengaruh P-DELTA
	kN	mm		kN	mm				
Ring Balok	506,23	8,15	1,5	435,44	4700	2,5	0,2000	0,0012	Aman
Balok Lantai	4847,22	5,01	1,5	1588,27	4700	2,5	0,2000	0,0020	Aman
Sloof	7213,73	0,75	1,5	1692,39	4700	2,5	0,2000	0,0004	Aman

Tabel 4.10 Tabel Koefisien Stabilitas Arah Y

Story	P _x	Δ	I _e	V _x	h _{sx}	C _d	θ _{max}	θ	Pengaruh P-DELTA
	kN	mm		kN	mm				
Ring Balok	506,23	23,43	1,5	425,2	4700	2,5	0,2000	0,0036	Aman
Balok Lantai	4847,22	14,12	1,5	1477,7	4700	2,5	0,2000	0,0059	Aman
Sloof	7213,73	2,28	1,5	1596,2	4700	2,5	0,2000	0,0013	Aman

4. Hasil Analisa Struktur

A. Balok Lantai 30/40 Cm

1. DATA BALOK

BAHAN STRUKTUR			
Kuat tekan beton,	f'_c	21	MPa
Tegangan leleh baja (deform) untuk tulangan lentur,	f_y	420	MPa
Tegangan leleh baja (polos) untuk tulangan geser,	f_y	280	MPa
DIMENSI BALOK			
Bentang balok	L	3000	mm
Lebar balok	b	300	mm
Tinggi balok	h	400	mm
Diameter tulangan (deform) yang digunakan,	D	14	mm
Diameter sengkang (polos) yang digunakan,	Ø	8	mm
Tebal bersih selimut beton,	t_s	40	mm
FAKTOR REDUKSI			
Faktor β_1	=	0,85	
Faktor reduksi kekuatan lentur (ϕ)	=	0,90	
Faktor reduksi kekuatan geser (ϕ)	=	0,75	

MOMEN DAN GAYA GESER RENCANA			
Momen rencana positif akibat beban terfaktor,	M_u^+	128,78	kNm
Momen rencana negatif akibat beban terfaktor,	M_u^-	107,76	kNm
Gaya geser rencana akibat beban terfaktor, Tumpuan	V_u	140,43	kN

2. PERHITUNGAN TULANGAN LONGITUDINAL

A. TULANGAN TUMPUAN

Perhitungan tinggi efektif balok,

$$d = h - t_s - \phi_{\text{tul.sengkang}} - \frac{1}{2}\phi_{\text{tul.lentur}} = 345,00 \text{ mm}$$

$$d' = h - d = 55,00 \text{ mm}$$

Momen lentur nominal

$$M_n = M_u^- / \phi = 143,085 \text{ kNm}$$

Faktor tahanan momen,

$$R_n = M_n \cdot 10^6 / (b \cdot d^2) = 4,01 \text{ MPa}$$

$$m = f_y / 0,85 \cdot f_c' = 23,53$$

$$\rho_{\text{perlu}} = \frac{1}{m} \left[1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot m \cdot R_n}{f_y}} \right] = 0,01095$$

$$\rho_{\text{min}} = 1,4 / f_y = 0,00333$$

$$\rho_{\text{balance}} = \frac{0,85 \cdot \beta_1 \cdot f_c' / f_y}{f_y \cdot (600 / 600 + f_y)} = 0,02125$$

$$\rho_{\text{max}} = 0,75 \cdot \rho_{\text{balance}} = 0,01594$$

Syarat,

$$\rho_{\text{perlu}} < \rho_{\text{max}}$$

0,011	<	0,016
-------	---	-------

→

MEMENUHI

Luas tulangan yang diperlukan,

$$A_s = \rho * b * d =$$

1134	mm ²
------	-----------------

Jumlah tulangan yang diperlukan,

$$n = A_s / (\pi / 4 * D^2) =$$

7,364	8,00
-------	------

Digunakan tulangan,

8	Ø	14
---	---	----

Luas tulangan terpakai,

$$A_s = n * \pi / 4 * D^2 =$$

1232	mm ²
------	-----------------

Cek momen nominal balok,

$$a = A_s * f_y / 0,85 * f_c' * b =$$

96,59	mm
-------	----

$$c = a / \beta_1 =$$

113,63	mm
--------	----

$$\epsilon_t = d - c / c * 0,003 =$$

0,0061	mm
--------	----

Syarat,

$$\epsilon_t > 0,005$$

0,006	>	0,005
-------	---	-------

→

MEMENUHI

Momen lentur nominal,

$$M_n = A_s * f_y * (d - a / 2) =$$

153,47	kNm
--------	-----

$$\phi M_n =$$

138,12	kNm
--------	-----

Syarat,

$$\phi M_n > M_u^+$$

138,12	>	128,78
--------	---	--------

→

AMAN

B. TULANGAN LAPANGAN

Perhitungan tinggi efektif balok,

$$d = h - t_s - \phi_{\text{tul.sengkan}} - \frac{1}{2} \phi_{\text{tul.lentur}}$$

345,00	mm
--------	----

$$d' = h - d =$$

55,00	mm
-------	----

Momen lentur nominal

$$M_n = M_u^- / \phi =$$

119,733	kNm
---------	-----

Faktor tahanan momen,

$$R_n = M_n \cdot 10^6 / (b \cdot d^2) =$$

3,35	MPa
------	-----

$$m = f_y / 0,85 \cdot f_c' =$$

23,53

$$\rho_{\text{perlu}} = 1 / m \left[1 - \sqrt{1 - (2 \cdot m \cdot R_n) / f_y} \right] =$$

0,00892

$$\rho_{\text{min}} = 1,4 / f_y =$$

0,00333

$$\rho_{\text{balance}} = (0,85 \cdot \beta_1 \cdot f_c' / f_y) / f_y \cdot (600 / 600 + f_y) =$$

0,02125

$$\rho_{\text{max}} = 0,75 \cdot \rho_{\text{balance}} =$$

0,01594

Syarat,

$$\rho_{\text{perlu}} < \rho_{\text{max}}$$

0,009	<	0,016
-------	---	-------

→

MEMENUHI

Luas tulangan yang diperlukan,

Jumlah tulangan yang diperlukan,

Digunakan tulangan,

Luas tulangan terpakai,

$A_s = \rho * b * d =$		923	mm ²
$n = A_s / (\pi / 4 * D^2) =$		5,997	6,00
6	Ø	14	
$A_s = n * \pi / 4 * D^2 =$		924	mm ²

Cek momen nominal balok,

$a = A_s * f_y / 0,85 * f_c' * b =$	72,44	mm
$c = a / \beta_1 =$	85,23	mm
$\epsilon_t = d - c / c * 0,003 =$	0,0091	mm

Syarat,

ϵ_t	>	0,005
0,009	>	0,005

→

MEMENUHI

Momen lentur nominal,

$M_n = A_s * f_y * (d - a / 2) =$	323,28	kNm
$\phi M_n =$	290,95	kNm

Syarat,

ϕM_n	>	M_u
290,95	>	107,76

→

AMAN

3. TULANGAN TRANSVERSAL

A. TULANGAN GESER TUMPUAN

Gaya geser ultimit rencana,

$$V_u = 140,43 \text{ kN}$$

Kuat geser beton,

$$V_c = 0,17 \cdot \lambda \cdot \sqrt{f'_c} \cdot b \cdot d = 80,63 \text{ kN}$$

$$V_s = V_u / \phi - V_c = 187,24 \text{ kN}$$

$$V_{s \text{ max}} = 0,66 \cdot \sqrt{f'_c} \cdot b \cdot d = 313,04 \text{ kN}$$

Jumlah Kaki

2	Ø	8
---	---	---

Luas tulangan terpakai,

$$A_v = n \cdot \pi / 4 \cdot D^2 = 101 \text{ mm}^2$$

Diambil jarak sengkang :

$$s = A_v \cdot f_y \cdot d / V_s = 52 \text{ mm}$$

Jarak sengkang maksimum Tumpuan 1,

$$s_{\text{dipakai}} = d / 4 = 86 \text{ mm}$$

Jarak sengkang maksimum Tumpuan 2,

$$s_{\text{dipakai}} = 6 \cdot \phi_{\text{lentur}} = 84 \text{ mm}$$

Jarak sengkang maksimum 3,

$$s_{\text{dipakai}} = 150 = 150 \text{ mm}$$

Digunakan sengkang,

2 Ø8	100	mm
------	-----	----

B. TULANGAN GESER LAPANGAN

Jarak sengkang maksimum,

$$s_{\text{dipakai}} = d / 2 = 173 \text{ mm}$$

Digunakan sengkang,

Ø8	170	mm
----	-----	----

B. Balok Lantai 30/60 Cm

1. DATA BALOK

BAHAN STRUKTUR			
Kuat tekan beton,	f'_c	21	MPa
Tegangan leleh baja (deform) untuk tulangan lentur,	f_y	420	MPa
Tegangan leleh baja (polos) untuk tulangan geser,	f_y	280	MPa
DIMENSI BALOK			
Bentang balok	L	3000	mm
Lebar balok	b	300	mm
Tinggi balok	h	600	mm
Diameter tulangan (deform) yang digunakan,	D	14	mm
Diameter sengkang (polos) yang digunakan,	Ø	8	mm
Tebal bersih selimut beton,	t_s	40	mm
FAKTOR REDUKSI			
Faktor β_1	=	0,85	
Faktor reduksi kekuatan lentur (ϕ)	=	0,90	
Faktor reduksi kekuatan geser (ϕ)	=	0,75	
MOMEN DAN GAYA GESER RENCANA			
Momen rencana positif akibat beban terfaktor,	M_u^+	251,09	kNm

Momen rencana negatif akibat beban terfaktor,	M_u^-	105,13	kNm
Gaya geser rencana akibat beban terfaktor, Tumpuan	V_u	142,68	kN

2. PERHITUNGAN TULANGAN LONGITUDINAL

A. TULANGAN TUMPUAN

Perhitungan tinggi efektif balok,

$$d = h - t_s - \phi_{tul.sengkang} - \frac{1}{2}\phi_{tul.lentur} = 545,00 \text{ mm}$$

$$d' = h - d = 55,00 \text{ mm}$$

Momen lentur nominal

$$M_n = M_u^- / \phi = 278,984 \text{ kNm}$$

Faktor tahanan momen,

$$R_n = M_n \cdot 10^6 / (b \cdot d^2) = 3,13 \text{ MPa}$$

$$m = f_y / 0,85 \cdot f_c' = 23,53$$

$$\rho_{\text{perlu}} = 1 / m \left[1 - \sqrt{1 - (2 \cdot m \cdot R_n) / f_y} \right] = 0,00826$$

$$\rho_{\text{min}} = 1,4 / f_y = 0,00333$$

$$\rho_{\text{balance}} = (0,85 \cdot \beta_1 \cdot f_c' / f_y) / f_y \cdot (600 / 600 + f_y) = 0,02125$$

$$\rho_{\text{max}} = 0,75 \cdot \rho_{\text{balance}} = 0,01594$$

Syarat,

$$\rho_{\text{perlu}} < \rho_{\text{max}}$$

$$0,008 < 0,016$$

→

MEMENUHI

Luas tulangan yang diperlukan,
 Jumlah tulangan yang diperlukan,
 Digunakan tulangan,
 Luas tulangan terpakai,

$A_s = \rho * b * d =$			1350	mm ²
$n = A_s / (\pi / 4 * D^2) =$			8,769	9,00
9	Ø	14		
$A_s = n * \pi / 4 * D^2 =$			1385	mm ²

Cek momen nominal balok,

$a = A_s * f_y / 0,85 * f_c' * b =$	108,66	mm
$c = a / \beta_1 =$	127,84	mm
$\epsilon_t = d - c / c * 0,003 =$	0,0098	mm

Syarat,

ϵ_t	>	0,005	→	MEMENUHI
0,010	>	0,005		

Momen lentur nominal,

$M_n = A_s * f_y * (d - a / 2) =$	285,51	kNm
$\phi M_n =$	256,96	kNm

Syarat,

ϕM_n	>	M_u^+	→	AMAN
256,96	>	251,09		

B. TULANGAN LAPANGAN

Perhitungan tinggi efektif balok,

$$d = h - t_s - \emptyset_{\text{tul. sengkang}} - \frac{1}{2} \emptyset_{\text{tul. lentur}} = 545,00 \text{ mm}$$

$$d' = h - d = 55,00 \text{ mm}$$

Momen lentur nominal

$$M_n = M_u / \phi = 116,816 \text{ kNm}$$

Faktor tahanan momen,

$$R_n = M_n \cdot 10^6 / (b \cdot d^2) = 1,31 \text{ MPa}$$

$$m = f_y / 0,85 \cdot f_c' = 23,53$$

$$\rho_{\text{perlu}} = 1 / m \left[1 - \sqrt{1 - (2 \cdot m \cdot R_n) / f_y} \right] = 0,00325$$

$$\rho_{\text{min}} = 1,4 / f_y = 0,00333$$

$$\rho_{\text{balance}} = (0,85 \cdot \beta_1 \cdot f_c' / f_y) / f_y \cdot (600 / 600 + f_y) = 0,02125$$

$$\rho_{\text{max}} = 0,75 \cdot \rho_{\text{balance}} = 0,01594$$

Syarat,

$$\rho_{\text{perlu}} < \rho_{\text{max}}$$

$$0,003 < 0,016$$

→

MEMENUHI

Luas tulangan yang diperlukan,

$$A_s = \rho \cdot b \cdot d = 531 \text{ mm}^2$$

Jumlah tulangan yang diperlukan,

$$n = A_s / (\pi / 4 \cdot D^2) = 3,447$$

Digunakan tulangan,

4	$\emptyset$	14	
$A_s = n \cdot \pi / 4 \cdot D^2 =$			616 mm ²

Luas tulangan terpakai,

Cek momen nominal balok,

$$a = A_s \cdot f_y / 0,85 \cdot f_c' \cdot b = \boxed{48,29} \text{ mm}$$

$$c = a / \beta_1 = \boxed{56,82} \text{ mm}$$

$$\epsilon_t = d - c / c \cdot 0,003 = \boxed{0,0258} \text{ mm}$$

Syarat,

$$\epsilon_t > 0,005$$

$$\boxed{0,026} > \boxed{0,005}$$

→

MEMENUHI

Momen lentur nominal,

$$M_n = A_s \cdot f_y \cdot (d - a / 2) = \boxed{432,94} \text{ kNm}$$

$$\phi M_n = \boxed{389,65} \text{ kNm}$$

Syarat,

$$\phi M_n > M_u$$

$$\boxed{389,65} > \boxed{105,13}$$

→

AMAN

3. TULANGAN TRANSVERSAL

A. TULANGAN GESER TUMPUAN

Gaya geser ultimit rencana,

$$V_u = \boxed{142,68} \text{ kN}$$

Kuat geser beton,

$$V_c = 0,17 \cdot \lambda \cdot \sqrt{f'_c} \cdot b \cdot d = 127,37 \text{ kN}$$

$$V_s = V_u / \phi - V_c = 190,23 \text{ kN}$$

$$V_s \text{ max} = 0,66 \cdot \sqrt{f'_c} \cdot b \cdot d = 494,51 \text{ kN}$$

Jumlah Kaki

2	Ø	8	
	$A_v = n \cdot \pi / 4 \cdot D^2 =$	101	mm ²
	$s = A_v \cdot f_y \cdot d / V_s =$	81	mm
	$s_{\text{dipakai}} = d / 4 =$	136	mm
	$s_{\text{dipakai}} = 6 \cdot \phi_{\text{lentur}} =$	84	mm
	$s_{\text{dipakai}} = 150 =$	150	mm
2	Ø8	100	mm

Luas tulangan terpakai,

Diambil jarak sengkang :

Jarak sengkang maksimum Tumpuan 1,

Jarak sengkang maksimum Tumpuan 2,

Jarak sengkang maksimum 3,

Digunakan sengkang,

B. TULANGAN GESER LAPANGAN

Jarak sengkang maksimum,

$$s_{\text{dipakai}} = d / 2 = 273 \text{ mm}$$

Digunakan sengkang,

Ø8	270	mm
----	-----	----

C. Kolom Lantai 1 40/40 Cm

A. DATA KOLOM

BAHAN STRUKTUR			
Kuat tekan beton,	f'_c	21	MPa
Tegangan leleh baja (deform) untuk tulangan lentur,	f_y	420	MPa
Tegangan leleh baja (polos) untuk tulangan geser,	f_y	280	MPa
DIMENSI KOLOM			
Lebar kolom	b	400	mm
Tinggi kolom	h	400	mm
Diameter tulangan (deform) yang digunakan,	D	16	mm
Diameter sengkang (polos) yang digunakan,	$\emptyset$	8	mm
Tebal bersih selimut beton,	t_s	40	mm
FAKTOR REDUKSI			
Faktor reduksi kekuatan lentur (ϕ)	=	0.80	
Faktor reduksi kekuatan geser (ϕ)	=	0.75	
MOMEN DAN GAYA GESER RENCANA			

Gaya aksial akibat beban terfaktor,	P_u	257.69	kN
Momen ultimate akibat beban terfaktor,	M_u	65.03	kNm
Gaya geser rencana akibat beban terfaktor,	V_u	30.43	kN
Rasio tulangan longitudinal,	ρ	1.58%	

B. PERHITUNGAN TULANGAN LONGITUDINAL

1. TULANGAN TUMPUAN

Perhitungan tinggi efektif balok,

$$d = h - t_s - \frac{\phi_{tul.sengkang}}{2} = 344.00 \text{ mm}$$

$$d_s = t_s + \phi + D/2 = 56 \text{ mm}$$

$$A_g * f_c' / 10^{-3} = 336.00 \text{ kN}$$

Beban aksial berfaktor,

Syarat,

$$P_u > A_g * f_c' / 10$$

$$257.687 < 336.00 \rightarrow \text{TIDAK MEMENUHI}$$

Karena $P_u > A_g * f_c' / 10$, maka dipakai $\phi = 218.40$

$$\begin{array}{ccc}
 P_u & > & A_g * f_c' / 10 * 0,65 \\
 \boxed{257.69} & > & \boxed{218.40}
 \end{array}
 \rightarrow \text{MEMENUHI}$$

Rasio tulangan,

$$b / h = \boxed{1.00}$$

Syarat,

$$\begin{array}{ccc}
 b / h & > & 0.4 \\
 \boxed{1.00} & > & \boxed{0.4}
 \end{array}
 \rightarrow \text{MEMENUHI}$$

Luas tulangan yang diperlukan,

$$A_s = \rho * b * d = \boxed{2528} \text{ mm}^2$$

Jumlah tulangan yang diperlukan,

$$n = A_s / (\pi / 4 * D^2) = \boxed{12.57} \quad \boxed{13.00}$$

Digunakan tulangan,

13	D	16
----	---	----

Luas tulangan terpakai,

$$A_s = n * \pi / 4 * D^2 = \boxed{2614} \text{ mm}^2$$

Jarak antara tulangan deform kolom,

$$x = h - 2 * d_s = \boxed{288} \text{ mm}$$

$$A_g = b * h = \boxed{160000} \text{ mm}^2$$

Gaya aksial nominal maximal,

$$\phi P_n = 0.8 \cdot \phi \cdot (0.85 \cdot f_c \cdot (A_g - A_s) + (f_y \cdot A_s)) = 2031.71$$

(SNI 2847:2013 Pasal 10.3.6.2)

Syarat :

$$\begin{array}{ccc} \phi P_n & \geq & P_u \\ 2031.71 & > & 218.40 \end{array} \rightarrow \text{AMAN}$$

C. TULANGAN TRANSVERSAL

1. TULANGAN GESER TUMPUAN

Gaya geser ultimit rencana,

$$V_u = 30.43 \text{ kN}$$

Kuat geser beton,

$$V_c = \sqrt{f'_c} / 6 \cdot b \cdot d = 122.20 \text{ kN}$$

Tahanan geser kolom,

$$V_s = V_u / \phi = 40.57 \text{ kN}$$

Jumlah Kaki

2	Ø	8
---	---	---

Luas tulangan perlu geser per meter,

$$A_s = n \cdot \pi / 4 \cdot D^2 = 101 \text{ mm}^2$$

Jarak sengkang maksimum Tumpuan 1,

$$s = 100 \text{ mm}$$

Kuat geser sengkang,

$$V_s = A_s \cdot f_y \cdot d / s = 96.83 \text{ kN}$$

Syarat :

Vs pasang

>

Vs perlu

96.83

>

40.57

→

AMAN

Jarak sengkang maksimum Tumpuan 2,

$S_{dipakai} = 6 * \varnothing_{lentur} =$

96

mm

Jarak sengkang maksimum 3,

$S_{dipakai} = 150 =$

150

mm

Digunakan sengkang,

2 $\varnothing$

100

mm

BERITA ACARA SIDANG TUGAS AKHIR

Telah dilaksanakan Sidang Tugas Tahun Ajaran 2021/2022,

Hari/Tanggal : Senin / 21 Februari 2022
Tempat : RKU New Zealand – Ruang 7A
Nama Mahasiswa : Aulia Rahmat
NPM : 1803120075
Program Studi : Teknik Sipil
Judul Tugas Akhir : Analisis Ketahanan Gempa Bangunan Gedung SMAN 12 Banda Aceh Berdasarkan SNI 1726-2019

Dengan hasil sidang Tugas Akhir cukup sekali dengan perbaikan selama 3 minggu :

Mengetahui dan menilai :

1. Dosen Pembimbing

Nama : Agustiar, ST.,MT,IPM TTD :

2. Dosen Penguji I

Nama : Ir. Munawir, ST.,MT. IPM, ASEAN Eng TTD :

3. Dosen Penguji II

Nama : Cut Nawalul Azka, S.ST.,MT,IPP TTD :

Mengetahui,
Ketua Seminar

Agustiar, ST.,MT,IPM
NIDN: 0018087003

RESUME SIDANG TUGAS AKHIR

Penguji I : Ir. Munawir, ST, MT, IPM, ASEAN Eng

No.	PERTANYAAN	JAWABAN
1.	Pada Bab IV pembahasan terlalu sedikit	Sudah diperbaik yaitu rekapitulasi pembebanan gedung dan detail pembesian
2.	Untuk Bab IV harus dibaut detail pembesian	Sudah diperbaiki yaitu detail pembesian
3.	Untuk lampiran gambar DED harus dibuat kertas A3	Sudah diperbaiki sesuai arahan
4.	Apa solusi untuk balok yang tidak aman ?	Untuk solusi balok yang tidak aman yaitu memperbesar dimensi balok dan menambahkan tulangan sesuai dengan SNI 2847-2013
5.	Apa kelebihan dari SRPMK yang telah kamu analisis ?	Struktur yang dirancang untuk elemen lentur pada balok menahan beban gempa yang mana sistem SRPMK memiliki skala daktil penuh yang didesain lebih kuat agar mampu mengalami deformasi.

Mengetahui,
Dosen Pembimbing

Mengetahui,
Dosen Penguji I

Agustiar, ST.,MT,IPM
NIDN. 0018087003

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

RESUME SIDANG TUGAS AKHIR

Penguji II : Cut Nawalul Azka, S.ST.,MT,IPP

No.	PERTANYAAN	JAWABAN
1.	Bagaimana hasil yang didapatkan jelaskan secara umum dan khusus ?	Sudah diperbaiki sesuai arahan
2.	Apakah hasil perhitungan DED dengan Re-Desain ada yang berbeda ?	Untuk hasil desain DED dan Re-desain ada perbedaannya yaitu balok lantai 30/40 cm tidak aman terhadap tulangan lentur, dimana jumlah tulangan tumpuan dan lapangan Re-desain berjumlah 14 D14 dan DED 12 D14, untuk kolom tidak aman terhadap tulangan lentur, dimana jumlah tulangan tumpuan dan lapangan Re-desain berjumlah 14 D14 dan DED 12 D14
3.	Bagaimana penentuan KDS tanah sedang D di lokasi Gedung SMAN 12 Banda Aceh ?	Struktur Gedung tersebut diasumsikan sebagai jenis tanah sedang <i>SD</i> , Untuk kategori resiko bangunan termasuk dalam kategori IV. Selanjutnya parameter percepatan tanah untuk respon spektral percepatan 0.2 detik di batuan dasar untuk probabilitas terlampaui 2% dalam 50 tahun (<i>Ss</i>) dan parameter percepatan 1.0 detik di batuan dasar untuk probabilitas

		terlampau 2% dalam 50 tahun (S1) didapatkan Respon Spektrum didapatkan dari aplikasi Puskim, kemudian konversikan dengan SNI 1726-2019 sehingga didapatkan kategori KDS D.
4.	Bagaimana cara mengecek ketahanan gempa aman atau tidak aman dengan menggunakan aplikasi Etabs ?	Setelah selesai pemodelan (grid) dan penentuan dimensi kolom, balok, plat dan penentuan material, kemudian dilanjutkan dengan input beban mati, beban hidup dan beban gempa kemudian di analisis menggunakan Etabs dengan cara di RAN kemudian di dapatkan hasil batang-batang aman/tidak.
5.	Bagaimana menentukan kategori bangunan dan faktor keutamaan gempa ?	Untuk menentukan kategori resiko bangunan didapatkan dari tabel SNI 1726-2019 yang berkategori gedung sekolah dan fasilitas pendidikan dengan kategori resiko IV.

Mengetahui,
Dosen Pembimbing

Mengetahui,
Dosen Penguji II

Agustiar, ST.,MT,IPM
NIDN. 0018087003

Cut Nawalul Azka, S.ST.,MT,IPP
NIDN. 1330019301



UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH ACEH

Jln. Muhammadiyah No.91 Bathoh, Lueng Bata

TELP. (0651) 31583 FAKS. 34091-34092

BANDA ACEH 23245

KARTU KENDALI KEGIATAN PENULISAN TUGAS AKHIR

Nama : Aulia Rahmat
Nim : 1803120075
Fakultas : Teknik Sipil
Pembimbing : Agustiar, ST., MT. IPM
Judul Tugas Akhir : Analisis Ketahanan Gempa Bangunan Gedung SMAN 12
Banda Aceh Berdasarkan SNI 1726-2019

No	Tanggal	Uraian Kegiatan	Paraf
1	28-11-2021	Penulisan buku diharapkan sesuai dengan buku Panduan- Disarankan untuk mempelajari penelitian/perhitungan terkait	A
2	1-12-2021	Hasil dan pembahasan hasil melayak apa yang telah disampaikan pada bab I	A
3	8-12-2021	Perhitungan beban terkait dengan Lokasi / zona seismik beban gempa. tambahkan data primer jika ada.	A
4	13-12-2021	Dicek kembali untuk beban akibat sendu pada struktur dan dibuatkan uraian perhitungan.	A



UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH ACEH

Jln. Muhammadiyah No.91 Bathoh, Lueng Bata

TELP. (0651) 31583 FAKS. 34091-34092

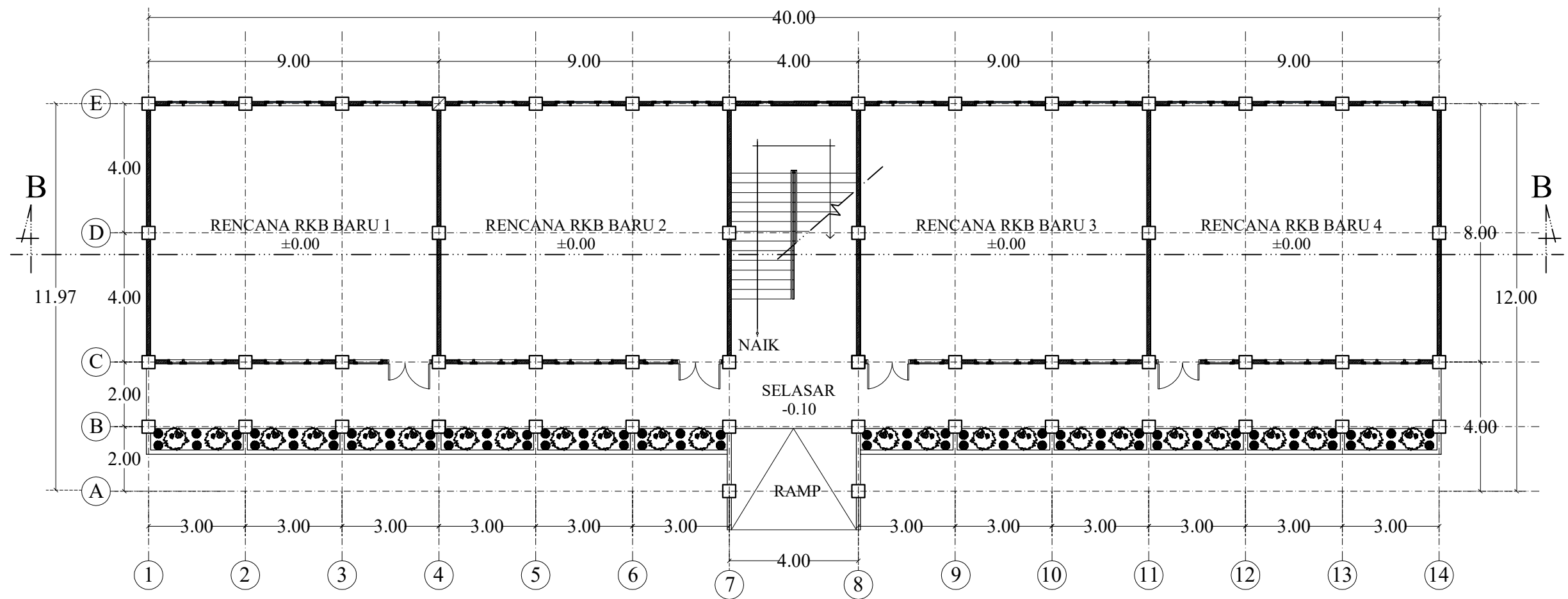
BANDA ACEH 23245

No	Tanggal	Uraian Kegiatan	Paraf
5	23-12-2021	+ Didek kembali terkait batasan jumlah halaman untuk 1,2 dan 3 setor dengan buku panduan. - Spasi antar margin didek kembali	A
6	5-1-2022	Pada Lampiran C, Seharusnya ada informasi pengerjaan yang lebih detail baik dari batasan portal sampai dengan penentuan pengurangan pada program.	A
7	8-1-2022	pada Lampiran A tambahkan tampak potongan, dimensi elemen / detail dari balok dan kolom.	A
8	20-1-2022	pada Rekapitan hasil desain dari M.D.N dan hasil yang didapatkan.	A
9	14-2-2022	biaya untuk seminar mobil.	A



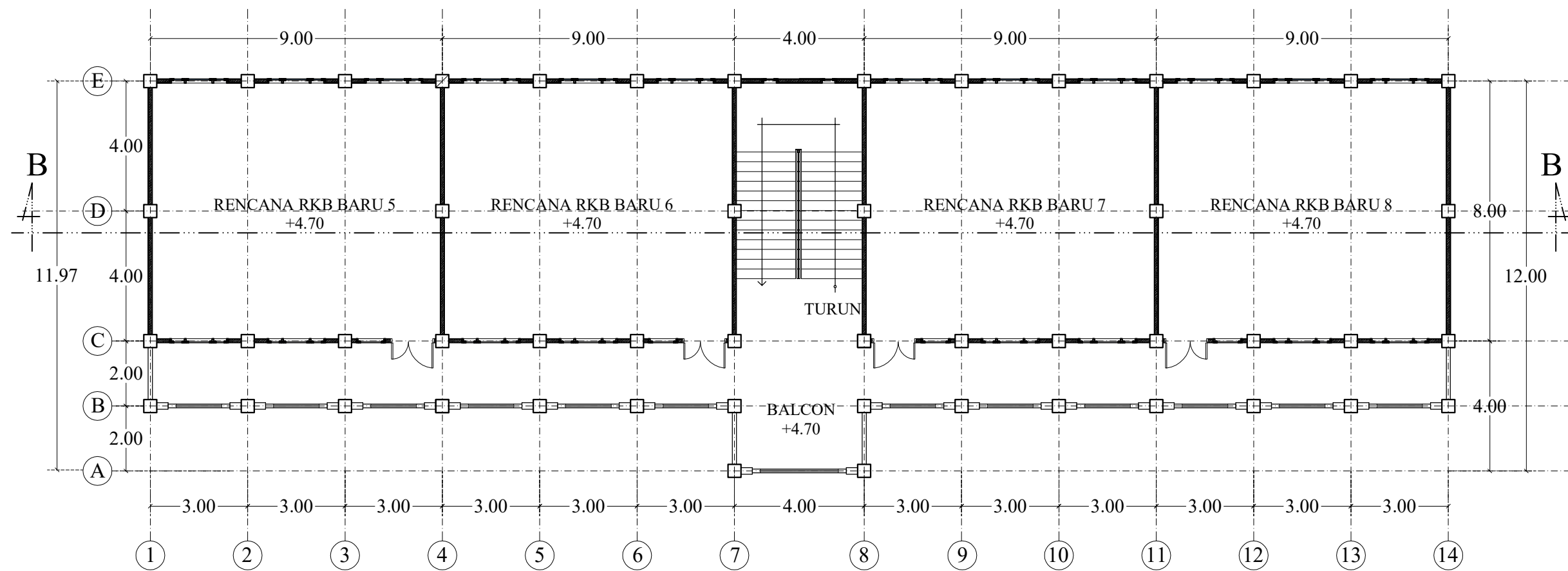
TAMPAK DEPAN

1 : 100



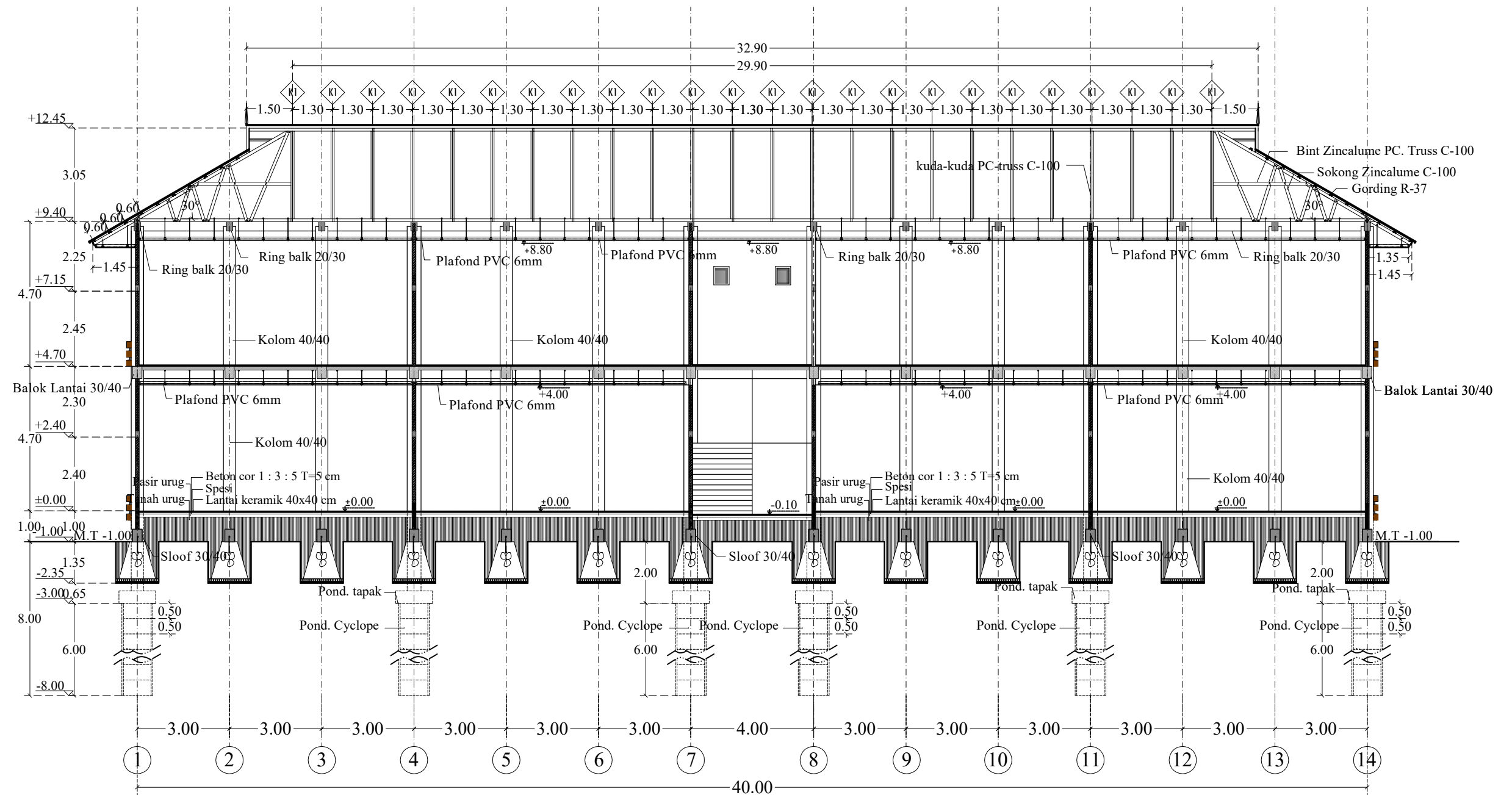
DENAH RENCANA LT -I

1 : 100

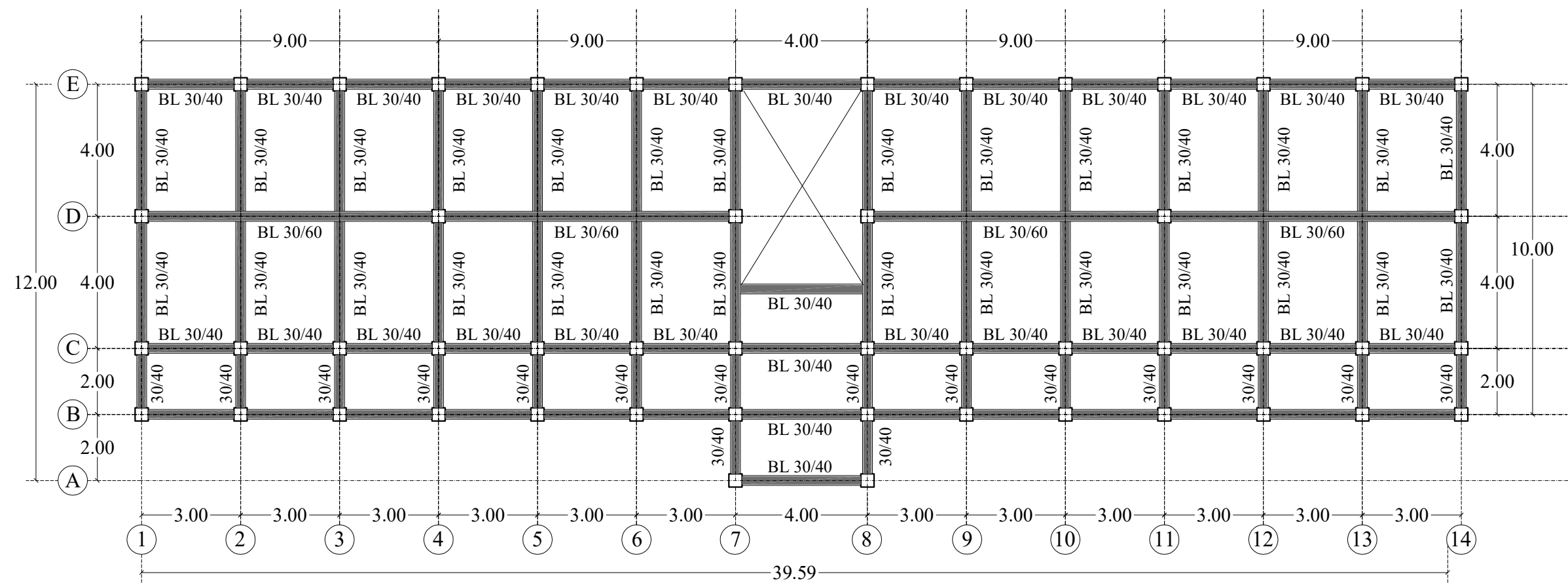


DENAH RENCANA LT -II

1 : 100



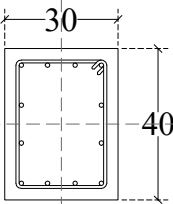
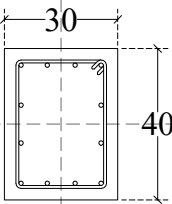
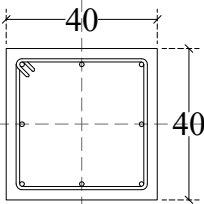
 **POTONGAN B-B**
1 : 100

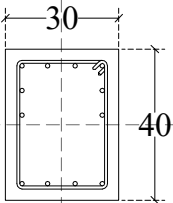
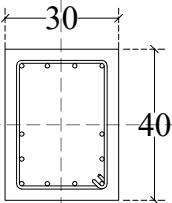
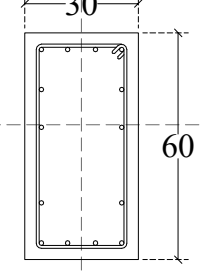
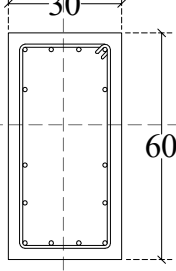


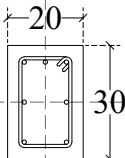
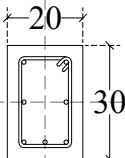
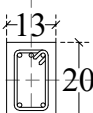
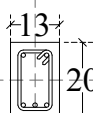
DENAH BALOK LANTAI ELEV + 4.70

1 : 100

DETAIL PEMBESIAN

S L O O F	Potongan SLa.1			Potongan SLa.1'			K O L O M	Potongan K.1		
										
	Dimensi		300 X 400 MM	Dimensi		300 X 400 MM		Dimensi		400 X 400 MM
	Tulangan	Atas	4 D 14	Tulangan	Atas	4 D 14		Tulangan	Atas	3 D 16
		Bagi	4 D 14		Bagi	4 D 14			Tengah	3 D 16
		Bawah	4 D 14		Bawah	4 D 14			Bawah	3 D 16
	Beugel		Ø 10 - 100	Beugel		Ø 10 - 150		Beugel		Ø 10 - 100

B A L O K L A N T A I	Potongan BLa.1			Potongan BLa.1'			B A L O K L A N T A I	Potongan BL.2			Potongan BL.2'		
													
	Dimensi		300 X 400 MM	Dimensi		300 X 400 MM		Dimensi		300 X 600 MM	Dimensi		300 X 600 MM
	Tulangan	Atas	4 D 14	Tulangan	Atas	4 D 14		Tulangan	Atas	4 Ø 14	Tulangan	Atas	4 Ø 14
		Bagi	4 D 14		Bagi	4 D 14			Bagi	6 Ø 14		Bagi	6 Ø 14
		Bawah	4 D 14		Bawah	4 D 14			Bawah	4 Ø 14		Bawah	4 Ø 14
	Beugel		Ø 10 - 100	Beugel		Ø 10 - 150		Beugel		Ø 8 - 100	Beugel		Ø 8 - 150

R I N G B A L O K	Potongan RBa.1			Potongan RBa.1'			B A L O K L A T A I	Potongan L 1			Potongan L 1		
													
	Dimensi		200 X 300 MM	Dimensi		200 X 300 MM		Dimensi		130x200 MM	Dimensi		130x200 MM
	Tulangan	Atas	3 Ø 12	Tulangan	Atas	2 Ø 12		Tulangan	Atas	3 Ø 12	Tulangan	Atas	2 Ø 12
		Bagi	4 Ø 12		Bagi	2 Ø 12			Bagi	-		Bagi	-
		Bawah	2 Ø 12		Bawah	3 Ø 12			Bawah	2 Ø 12		Bawah	3 Ø 12
	Beugel		Ø 8 - 100	Beugel		Ø 8 - 150		Beugel		Ø 8 - 100	Beugel		Ø 8 - 100