

**LAPORAN AKHIR
PENELITIAN DOSEN PEMULA**



**ANALISIS SAMBUNGAN BALOK KOLOM BETON BERTULANG PADA DAERAH
RAWAN GEMPA (Studi Kasus: Gedung Pasar Inpres Blok IV Kota Padang)**

Oleh :

RITA ANGGRAINI, S.T., M.T. ; NIDN 1017078401

Dibiayai Oleh :

**LPPM Universitas Bung Hatta Sesuai dengan S.K Rektor Universitas Bung Hatta
No. 1041/SK-2/KP/I-2018 tanggal 30 Januari 2018 dan Surat Perjanjian Pelaksanaan
Penelitian No. 012-24/LPPM-Penelitian/Hatta/II-2018**

UNIVERSITAS BUNG HATTA PADANG

JULI 2018

HALAMAN PENGESAHAN

Judul Penelitian

Analisis Sambungan Balok Kolom Beton Bertulang Pada Daerah Rawan Gempa (Studi Kasus : Gedung Pasar Inpres Blok IV Kota Padang)

Ketua Peneliti:

a. Nama Lengkap : Rita Anggraini, S.T., M.T.
b. NIDN : 1017078401
c. Jabatan Fungsional : Asisten Ahli
d. Program Studi : Teknik Sipil
e. Nomor HP : +6282388112112
f. Alamat surel (e-mail) : ritaanggraini22@gmail.com

Anggota Peneliti (1):

a. Nama Lengkap : -
b. NIDN : -
c. Perguruan Tinggi : -
Tahun Pelaksanaan : Tahun ke-1 dari rencana 1 tahun
Biaya Tahun Berjalan : -
Biaya Keseluruhan : Rp 9.000.000,-

Padang, 16 Juli 2018

Mengetahui,

Dekan FTSP

Peneliti,

(Dr.Nengah Tela, S.T.,M.Sc)
NIK 970800378

(Rita Anggraini, S.T., M.T)
NIDN 1017078401

Menyetujui,
Ketua LPPM,

(Dr. Ir. Abdullah Munzir, M.Si)
NIP/NIK 19600511 198612 1001

HALAMAN PENGESAHAN

Judul Penelitian

Analisis Sambungan Balok Kolom Beton Bertulang Pada Daerah Rawan Gempa (Studi Kasus : Gedung Pasar Inpres Blok IV Kota Padang)

Ketua Peneliti:

a. Nama Lengkap : Rita Anggraini, S.T., M.T.
b. NIDN : 1017078401
c. Jabatan Fungsional : Asisten Ahli
d. Program Studi : Teknik Sipil
e. Nomor HP : +6282388112112
f. Alamat surel (e-mail) : ritaanggraini22@gmail.com

Anggota Peneliti (1):

a. Nama Lengkap : -
b. NIDN : -
c. Perguruan Tinggi : -
Tahun Pelaksanaan : Tahun ke-1 dari rencana 1 tahun
Biaya Tahun Berjalan : -
Biaya Keseluruhan : Rp 9.000.000,-

Padang, 16 Juli 2018

Mengetahui,

Dekan FTSP

Peneliti,

(Dr.Nengah Tela, S.T.,M.Sc
NIDN 1007036601

(Rita Anggraini, S.T., M.T.)
NIDN 1017078401

Menyetujui,
Ketua LPPM,

(Dr. Ir. Abdullah Munzir, M.Si)
NIP/NIK 19600511 198612 1001

DAFTAR ISI

HALAMAN PENGESAHAN	i
DAFTAR ISI	ii
DAFTAR TABEL	iv
DAFTAR GAMBAR	v
RINGKASAN	vi
BAB 1 PENDAHULUAN	
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Batasan Masalah.....	3
1.4 Sistematika Penulisan	3
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA	
2.1 Sambungan Balok - Kolom	4
2.1.1 Umum.....	4
2.1.2 Jenis Sambungan Balok Kolom	5
2.1.3 Jenis Keruntuhan Balok Kolom	6
2.2 Perencanaan Penampang terhadap Geser	7
2.2.1 Kekuatan Geser yang disumbangkan oleh beton	7
2.2.2 Kekuatan Geser yang disumbangkan oleh tulangan	7
2.2.3 Mekanisme Geser pada Sambungan Balok – Kolom	8
2.2.4 Kekuatan Geser pada Sambungan Balok – Kolom	9
2.3 Peraturan Sambungan Balok Kolom	11
2.4 Pembebanan	15
2.5 Kombinasi Pembebanan	16
BAB 3 TUJUAN DAN MANFAAT PENELITIAN	
3.1 Tujuan Penelitian	17
3.2 Manfaat Penelitian	17
BAB 4 METODOLOGI PENELITIAN	
4.1 Standar Yang Digunakan Dalam Analisis	18
4.2 Prosedur Penelitian	18

4.3	Lokasi Penelitian	20
4.4	Pemodelan Struktur Gedung	20
4.5	Metode Perhitungan	20

BAB 5 HASIL DAN LUARAN YANG DICAPAI

5.1	Pendahuluan	22
5.2	Data Gedung Eksisting	22
5.2.1	Data Gedung Tinjauan	23
5.2.2	Gambar Eksisting Gedung	26
5.2.3	Portal dan Dimensi Elemen Struktur	33
5.3	Perhitungan Pembebanan	38
5.3.1	Beban Yang di Perhitungkan & Faktor Reduksi	38
5.3.2	Perhitungan Beban Gravitasi Pada Komponen Struktur	39
5.3.3	Perhitungan Gaya Gempa.....	42
5.3.4	Kombinasi Pembebanan	54
5.4	Pemodelan Struktur dengan Program ETABS	55
5.5	Hasil Analisis Struktur dan Pembahasan	56
5.5.1	Hasil Analisis Struktur Bangunan dengan Program Etabs	56
5.5.2	Hasil Analisis Sambungan Balok kolom	62

BAB 6 KESIMPULAN DAN SARAN

6.1	Kesimpulan	65
6.2	Saran	65

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1	Kombinasi Pembebanan	16
Tabel 5.1	Faktor Keutamaan Gempa	42
Tabel 5.2	Perhitungan Nilai SPT Rata-rata	44
Tabel 5.3	Klasifikasi Situs.....	45
Tabel 5.4	Koefisien Situs, F_a	46
Tabel 5.5	Koefisien Situs, F_a	46
Tabel 5.6	Parameter Percepatan Gempa	48
Tabel 5.7	Parameter Kurva Respon Spektrum	49
Tabel 5.8	Kategori desain seismik berdasarkan parameter respons percepatan pada periode pendek.....	50
Tabel 5.9	Kategori desain seismik berdasarkan parameter respons percepatan pada periode 1 detik	50
Tabel 5.10	Faktor R , C_d , dan Ω_0 untuk sistem penahan gaya gempa	50
Tabel 5.11	Batasan simpangan antar lantai	53
Tabel 5.12	Resume simpangan antar lantai	55
Tabel 5.13	Rasio Perbandingan Partisipasi Massa	56
Tabel 5.14	Gaya – Gaya Dalam yang terjadi pada balok	59
Tabel 5.15	Gaya – Gaya Dalam yang terjadi pada kolom	60
Tabel 5.16	Hasil gaya aksial dengan Program ETABS	60
Tabel 5.17	Hasil perbandingan gaya geser	61
Tabel 5.18	Gaya Geser dalam Sambungan Balok Kolom	61
Tabel 5.19	Tegangan Geser dalam Sambungan Balok Kolom.....	62
Tabel 5.20	Tegangan Geser yang dipikul Beton pada Sambungan Balok Kolom	62
Tabel 5.21	Luas Tulangan pada Sambungan Balok Kolom	62

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Tipe Sambungan Balok	6
Gambar 2.2	Mekanisme pergerakan geser	8
Gambar 2.3	Gaya -gaya pada Sambungan Balok – Kolom	9
Gambar 2.4	Gaya Geser pada Sambungan Balok - Kolom	10
Gambar 2.5	Ilustrasi sambungan balok kolom SNI 2847-2013	12
Gambar 4.1	Diagram Alir Penelitian	19
Gambar 5.1	Geometris dan Denah Bangunan Existing : Denah Lantai 1	25
Gambar 5.2	Geometris dan Denah Bangunan Existing : Denah Lantai 2	26
Gambar 5.3	Geometris dan Denah Bangunan Eksisting : Denah Lantai 3	27
Gambar 5.4	Geometris dan Denah Bangunan Existing : Denah Plat Dak	28
Gambar 5.5	Potongan Bangunan	29
Gambar 5.6	Tampak Depan dan Tampak Belakang	30
Gambar 5.7	Tampak S.Kiri dan S. Kanan	32
Gambar 5.8	Denah Perletakan Kolom L1	32
Gambar 5.9	Denah Perletakan Kolom L2	33
Gambar 5.10	Denah Perletakan Kolom L3	34
Gambar 5.11	Denah Pembalokan : Denah Balok L2	35
Gambar 5.12	Denah Pembalokan : Denah Balok L3	36
Gambar 5.13	Distribusi beban dari plat lantai ke balok : Plat Lantai 3	40
Gambar 5.14	Detail A-A	40
Gambar 5.15	Menentukan nilai spectral percepatan pada lokasi Inpres Pasar IV Kota Padang.....	42
Gambar 5.16	Kurva Spectral Percepatan pada lokasi Inpres Pasar IV, Kota Padang	42
Gambar 5.17	Nilai spektral percepatan periode pendek 0,20 detik (S_s) dan spektral percepatan periode panjang 1,0 detik (S_1)	43
Gambar 5.18	Grafik Respon Spektrum Tanah Lunak Pasar Inpres Blok IV, Kota Padang	47
Gambar 5.19	Pemodelan beban ortogonal	54
Gambar 5.20	Pemodelan Struktur Gedung Pasar Inpres Blok IV Kota Padang	55

Gambar 5.21	Perioda Fundamental Struktur Komputer Tc dengan inersia penampang efektif (direduksi); Portal Eksisting	58
Gambar 5.21	Grafik Perbandingan Gaya Geser	61
Gambar 5.22	Grafik Gaya Geser dalam Sambungan Balok Kolom	62
Gambar 5.23	Grafik Tegangan Geser dalam Sambungan Balok Kolom	62
Gambar 5.24	Tegangan Geser yang dipikul Beton pada Sambungan Balok Kolom	63
Gambar 5.25	Luas Tulangan pada Sambungan Balok Kolom	64

RINGKASAN PENELITIAN

Struktur bangunan merupakan komponen utama dari bangunan yang mampu memikul beban secara bersama-sama dan meneruskan beban tersebut ke bagian struktur. Kolom, balok dan pelat merupakan komponen utama struktur bangunan yang berperan dalam menahan dan menyalurkan beban. Komponen struktur yang paling berpengaruh dalam menahan kestabilan suatu bangunan selain kolom, balok, dan pelat lantai adalah sambungan balok-kolom. Sambungan balok-kolom didefinisikan sebagai bagian dari kolom dengan kedalaman balok terdalam terhadap kolom. Sambungan adalah gabungan antara kolom, balok, dan pelat yang berdekatan dengan sendi. Oleh sebab itu Pada penelitian ini bertujuan untuk menganalisis desain sambungan balok kolom beton bertulang pada Gedung Pasar Inpres Blok IV Kota Padang dengan Metode SNI 2847-2013. Dimana Kota Padang yang mengalami gempa bumi pada tahun 2009 mengakibatkan banyaknya bangunan hancur dan korban jiwa. Karena kerugian materi maupun jatuhnya korban jiwa yang terjadi akibat gempa pada umumnya diakibatkan rusaknya bangunan, maka kerusakan-kerusakan bangunan yang terjadi akibat gempa perlu mendapatkan perhatian yang khusus.

Dari hasil yang didapat gaya geser dengan SNI 2847:2013 untuk tinjauan interior, roof interior, eksterior, roof eksterior, corner, dan roof corner secara berurutan sebagai berikut : 1425.626 KN, 1227.889 KN, 715.640 KN, 715.875 KN, 957.627 KN, 716.010 KN. Gaya geser maksimum yang bekerja pada daerah hubungan balok kolom berada pada tipe joint interior.

Untuk merencanakan bangunan gedung tersebut haruslah dijamin bahwa sambungan balok kolom tidak mengalami kerusakan berat akibat beban yang besar. sejalan dengan perubahan yang terjadi pada metode perencanaan, panduan dan peraturan pun berubah mengikutinya. Perubahan metode perencanaan dari metode elastik ke metode kekuatan batas secara drastis dapat mengurangi dimensi dari kolom dan balok. Akibatnya sambungan balok-kolom dapat menjadi lebih lemah. Pengetahuan mengenai beban batas dan perilaku struktur yang dibebani dapat dilakukan dengan metode analitis yang digunakan.

Diharapkan dari penelitian ini dapat memberikan kontribusi tentang perilaku geser pada sambungan balok-kolom beton bertulang kepada akademisi, pemilik bangunan dan praktisi perencanaan gedung agar kerusakan berat dapat dihindari.

Kata Kunci : *Sambungan Balok-Kolom, Gaya Geser, Beban Gempa, SNI 2847-2013*

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Gempa bumi mengakibatkan banyaknya bangunan hancur dan korban jiwa. Karena kerugian materi maupun jatuhnya korban jiwa yang terjadi akibat gempa pada umumnya diakibatkan rusaknya bangunan, maka kerusakan-kerusakan bangunan yang terjadi akibat gempa perlu mendapatkan perhatian yang khusus.

Struktur bangunan merupakan komponen utama dari bangunan yang mampu memikul beban secara bersama-sama dan meneruskan beban tersebut ke bagian struktur. Kolom, balok dan pelat merupakan komponen utama struktur bangunan yang berperan dalam menahan dan menyalurkan beban. Komponen struktur yang paling berpengaruh dalam menahan kestabilan suatu bangunan selain kolom, balok, dan pelat lantai adalah sambungan balok-kolom.

Kegagalan struktur pada umumnya banyak disebabkan pada sambungan balok-kolom yang diakibatkan adalah karena terjadi akibat lemahnya kemampuan menahan geser dan rendahnya daktilitas yang direncanakan. Sambungan balok - kolom merupakan bagian penting pada struktur bangunan gedung bertingkat.

Pada proses perencanaan struktur bangunan gedung haruslah dijamin bahwa sambungan balok kolom tidak mengalami kerusakan berat akibat beban yang besar. Kerusakan sambungan balok-kolom biasanya disebabkan oleh berkurangnya kemampuan sambungan menahan gaya geser dan rendahnya daktilitas yang diakibatkan oleh kurangnya jumlah tulangan geser yang dipasang serta kurangnya kemampuan menahan beban lentur dan aksial.

Beberapa dekade terakhir, penelitian intensif dalam bidang rekayasa struktur telah memberikan pemahaman yang baik terhadap perilaku struktur khususnya perilaku struktur beton bertulang akibat beban lentur maupun geser. Pada saat yang sama, kemajuan teknologi komputer memberikan banyak kemudahan bagi pereayasa struktur untuk mendesain dan menganalisis berdasarkan peraturan yang baru lebih mudah dan lebih cepat yaitu metode elemen hingga (*finite element methode*). Metode elemen hingga merupakan suatu metode numerik yang dapat

dimanfaatkan untuk menghasilkan penyelesaian berupa pendekatan. Maka itu diperlukan berbagai teknik untuk memperoleh nilai yang paling mendekati dengan nilai eksaknya. Dalam hal tersebut pada penelitian ini dilakukan studi analitis yaitu perangkat lunak (*software*) Etabs.

Sejalan dengan perubahan yang terjadi pada metode perencanaan, panduan dan peraturan pun berubah mengikutinya. Perubahan metode perencanaan dari metode elastik ke metode kekuatan batas secara drastis dapat mengurangi dimensi dari kolom dan balok. Akibatnya sambungan balok-kolom dapat menjadi lebih lemah. Pengetahuan mengenai beban batas dan perilaku struktur yang dibebani dapat dilakukan dengan metode analitis yang digunakan.

Guna mendapatkan suatu struktur bangunan yang aman dan tahan terhadap bencana, terutama akibat gempa bumi, struktur harus didesain sedemikian rupa mematuhi kaidah atau aturan konstruksi yang sudah ada. Untuk peraturan dalam menganalisis pertemuan sambungan balok kolom meliputi : Persyaratan Beton Struktural untuk Bangunan Gedung SNI-2847-2013.

Oleh sebab itu, maka dilakukan penelitian ini tentang “Analisis Sambungan Balok Kolom Beton Bertulang pada daerah rawan gempa, studi kasus di Gedung Pasar Inpres Blok IV Kota Padang dengan Metode SNI 2847-2013”.

1.2 Rumusan masalah

Pada umumnya kegagalan struktur banyak disebabkan pada sambungan balok-kolom yang diakibatkan adalah adanya perubahan peraturan, perencanaan yang kurang tepat dan pelaksanaan yang tidak benar. Rumusan masalah Penelitian ini adalah bagaimanakah sebaiknya detail sambungan balok-kolom beton bertulang itu dapat direncanakan, agar kerusakan pada bangunan gedung dapat dihindari.

1.3 Batasan Masalah

Batasan masalah pada penelitian ini adalah :

1. Data yang diperlukan untuk analisis sesuai dengan gambar rencana Pasar Inpres Blok IV.

2. Data gambar yang digunakan buat analisis sambungan balok kolom ini difokuskan pada bangunan zona B.
3. Software yang digunakan menggunakan program etabs.

1.4 Sistematika Penulisan

BAB I PENDAHULUAN

Terdiri dari latar belakang, rumusan masalah dan batasan masalah yang menjadi alasan pengambilan masalah penelitian.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

Menguraikan tentang tinjauan pustaka yang menjadi landasan dasar-dasar dalam penyelesaian masalah.

BAB III TUJUAN DAN MANFAAT PENELITIAN

Berisikan tujuan dan manfaat dari penelitian.

BAB IV METODOLOGI PENELITIAN

Berisikan kajian dan uraian analisis serta yang merupakan tahapan-tahapan dalam penyelesaian masalah.

BAB V HASIL DAN LUARAN YANG DICAPAI

Berisikan uraian analisis dan pembahasan terhadap hasil yang dapat berupa tabel, grafik dan gambar yang diperoleh.

BAB VI KESIMPULAN

Berisikan tentang kesimpulan dan saran dari hasil penelitian yang dilakukan.

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Sambungan Balok - Kolom

2.1.1 Umum

Sambungan balok-kolom didefinisikan sebagai bagian dari kolom dengan kedalaman balok terdalam terhadap kolom. Oleh karena itu, maka istilah sendi digunakan mengacu pada sambungan balok-kolom. Sambungan adalah gabungan antara kolom, balok, dan pelat yang berdekatan dengan sendi. Sebuah balok yang melintang merupakan salah satu *frame* ruang berada dalam sendi dengan arah yang tegak lurus dengan arah geser yang sedang diperhitungkan.

Berdasarkan konsep desain kapasitas, diharapkan sambungan berperilaku daktail terhadap beban yang besar, seperti gempa. Perilaku yang diharapkan dari sambungan balok kolom adalah daktail dengan respon inelastik pada saat mengalami beban gempa kuat.

Untuk mencapai kondisi struktur yang daktail, maka perlu dijaga kegagalan pada struktur beton agar tidak terjadi dengan mudah kegagalan geser dan kegagalan tekan yang bersifat getas. Kegagalan ini terjadi pada titik pertemuan antara balok dan kolom.

Daktalitas adalah kemampuan struktur untuk menahan respon inelastic sambil mempertahankan sebagian besar dari kekuatan awalnya dalam memikul beban. Daktalitas merupakan perbandingan antara kondisi ultimate dengan kondisi leleh baja.

Pada pertemuan antara balok dan kolom adalah bagian yang rawan pada struktur tahan gempa karena bersifat pemencaran energinya yang spesifik. Sebagai contoh kegagalan pada gempa El Asnam 1980, Gempa Meksiko 1985, Gempa San Salvador 1986 dan Loma Prieta 1989. Kegagalan struktur diawali dengan kegagalan pada sambungan balok – kolom. Oleh karena itu, sambungan harus dirancang dengan baik sehingga kerusakan lekatan dan retakan dapat dilindungi semaksimal mungkin, karena akan menyebabkan degradasi kekakuan dan kekuatan sambungan (*joint*) pada gaya bolak – balik dan deformasi elastik.

2.1.2 Jenis Sambungan Balok – Kolom

Sambungan struktural balok–kolom diklasifikasikan kedalam dua kategori berdasarkan pada kondisi pertemuan koneksi dan deformasi diantisipasi dari terhubung anggota *frame* ketika melawan beban lateral.

- a. Tipe 1 sambungan terdiri dari anggota *frame* yang dirancang untuk memenuhi persyaratan ACI318-02, tidak termasuk bagian tanpa signifikan inelastik deformasi. Tipe 1 adalah sambungan momen menolak dirancang pada dasar kekuatan sesuai standar ACI318-02
- b. Tipe 2 anggota *frame* dirancang untuk memiliki kekuatan berkelanjutan dibawah deformasi pembalikan ke kisaran inelastik. Persyaratan untuk koneksi tergantung pada anggota deformasi di sendi tersirat oleh desain kondisi beban. Tipe 2 adalah sambungan memiliki bagian yang diperlukan untuk mengusir energi melalui pembalikan deformasi ke inelastic jangkauan. Koneksi di saat menolak *frame* dirancang sesuai standar ACI 318-02.

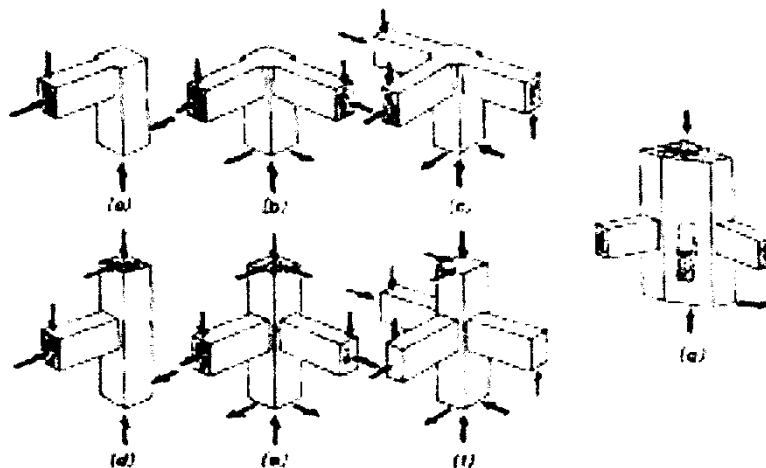
Berdasarkan model sambungan yang direncanakan dalam menahan beban mulai dari kondisi elastik hingga inelastik maka sambungan dibedakan :

- a. Sambungan kolom balok “*Elastik*” dan “*Inelastik*”

Sambungan sedapat mungkin diusahakan dalam keadaan elastis. Sendi plastis balok diperkirakan terjadi pada muka balok apabila struktur dilanda gempa. Setelah beberapa kali terjadi siklus deformasi inelastik pada balok maka tidak dapat dihindarkan deformasi juga akan terjadi pada sambungan balok-kolom. Hal ini disebabkan karena adanya penetrasi regangan leleh pada baja tulangan balok yang melintas pada sambungan balok kolom khususnya apabila baja tulangan mencapai “perkuatan regangan” (*strain hardening*) pada sendi plastis yang berbatasan dengan muka kolom dan diklasifikasi sebagai sambungan balok kolom yang “*inelastis*”. Jika deformasi inelastis tidak terjadi pada balok dan kolom yang berbatasan dengan sambungan balok – kolom dan memiliki tulangan yang cukup maka diklasifikasikan sebagai sambungan balok-kolom yang “*elastis*”.

b. Sambungan balok-kolom khusus

Pada sambungan balok-kolom ini dibutuhkan tulangan yang rapat, namun sering menimbulkan kesulitan dalam pelaksanaannya, terutama pada sambungan balok-kolom sebelah dalam (*interior*). Yang dilintasi oleh 3 jurusan tulangan serta penjangkaran pada sambungan portal tepi dan sambungan pada balok – kolom bagian pojok (*ekterior*). Pembesaran balok (*Voute*) dalam arah horizontal pada sekeliling sambungan balok – kolom dengan penerusan sebagian balok pada portal tepi dari kolom balok bagian pojok dilakukan untuk mengatasi hal itu.



Gambar 2.1 Tipe Sambungan Balok

2.1.3 Jenis Keruntuhan Balok - Kolom

Suatu sambungan balok – kolom harus mampu menahan beban yang diberikan di bagian kritis. Bagian kritis dalam penyaluran beban adalah titik koneksi yang berada di sendi antar frame. Rekomendasi desain didasarkan pada asumsi bahwa bagian kritis yang berbatasan langsung dengan sendi. Pengecualian dibuat untuk geser bersama dan penguatan *anchorage*. Gambar 2.1 menunjukkan sendi sebagai badan dengan gaya yang bekerja pada bagian kritis. Gaya geser yang masuk kedalam sambungan balok kolom menjadi lebih besar akibat gaya gempa.

Besarnya gaya gempa ini menyebabkan keruntuhan pada sambungan balok – kolom. Ada dua macam keruntuhan pada sambungan yaitu :

- a. Keruntuhan yang berhubungan dengan keruntuhan geser

Gaya geser ini dapat menyebabkan keruntuhan diagonal tarik, jika di dalam sambungan balok – kolom tersebut tidak terdapat penulangan geser yang cukup. Keruntuhan ini dapat terjadi sebelum daktilitas di dalam sendi-sendi plastis pada balok struktur rangka terjadi.

- b. Keruntuhan ikatan (*Bond*)

Keruntuhan penjangkaran akibat penarikan tulangan pada sambungan balok – kolom luar dapat mengakibatkan keruntuhan total. Pada sambungan bagian dalam, slip tulangan yang lewat di sambungan balok ini mengakibatkan penurunan kekuatan yang cukup dratis dan berkurangnya kemampuan struktur rangka beton bertulang untuk memancarkan energi.

2.2 Perencanaan Penampang terhadap Geser

2.2.1 Kekuatan Geser yang disumbangkan oleh beton

Kuat geser beton adalah kekuatan geser yang dapat ditahan oleh beton sampai batas timbulnya retak pertama kali. Berdasarkan SNI 2847:2013 ketentuan kekuatan tegangan geser beton (V_c) untuk komponen struktur yang hanya dibebani oleh geser dan lentur, yaitu :

$$V_c = \frac{1}{6} \sqrt{f_c' b_w \cdot d} \text{ (Mpa)} \quad (2.1)$$

Dimana :

f_c' = Kuat tekan beton (Mpa)

b_w = Lebar balok

d = Tinggi efektif balok

2.2.2 Kekuatan Geser yang disumbangkan oleh tulangan

Dalam perencanaan kuat geser maka berlaku persamaan berikut :

$$V_n = V_c + V_s \quad (2.2)$$

Dimana :

V_n = Gaya geser terfaktor penampang yang ditinjau

V_c = Kuat geser nominal yang disumbangkan beton

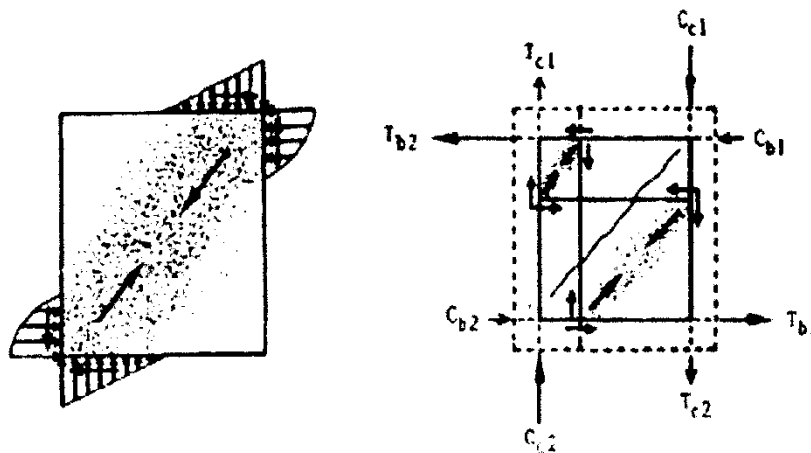
V_s = Kuat geser yang disumbangkan tulangan geser

2.2.3 Mekanisme Geser pada Sambungan Balok – Kolom

Berdasarkan SNI 2847:2013, dalam menentukan kuat geser harus dipenuhi :

- Dalam penentuan kuat geser V_n , pengaruh dari setiap bukaan pada komponen struktur harus diperhitungkan.
- Dalam penentuan kuat geser V_c , pengaruh tarik aksial yang disebabkan oleh rangkai dan susut pada komponen struktur yang dikekang deformasinya harus diperhitungkan. Pengaruh tekanan lentur miring pada komponen struktur yang tingginya bervariasi boleh diperhitungkan.

Mekanisme geser sambungan balok-kolom menurut pulay mengemukakan mekanisme perpindahan geser pada sambungan, ditentukan pada gambar 2.2, dimana dinamakan mekanisme penopang diagonal dan mekanisme penyangga.



(a) Mekanisme Diagonal Strut

(b) Mekanisme Truss

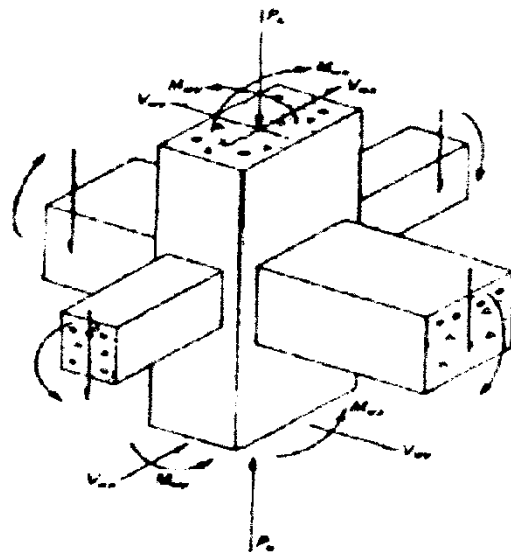
Gambar 2.2. Mekanisme pergerakan geser

Dalam sambungan balok-kolom, titik kunci dari kinerja seismik sambungan tersebut adalah untuk memastikan dan mempertahankan kapasitas peresapan energi dari sambungan plastis akibat geser atau kegagalan dari sambungan tersebut. Sedangkan penahan sendi, merupakan peningkatan kapasitas penahan momen kolom efektif untuk meningkatkan kemampuan seismik.

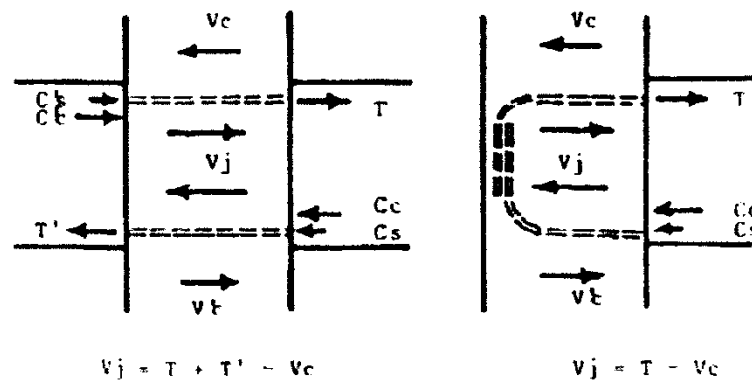
2.2.4 Kekuatan Geser pada Sambungan Balok – Kolom

Gaya geser dalam komponen struktur yang berbatasan seperti balok dan kolom akan menghasilkan gaya geser *joint* dan berbagai tegangan baik arah horizontal ataupun vertikal yang dapat mengakibatkan retak diagonal pada panel pertemuan tersebut.

Sambungan balok-kolom perlu dirancang untuk semua jenis kekuatan yang bekerja, seperti beban aksial, lentur, torsi geser serta efek dari rangkai, susut suhu atau penyelesaian pendukung lainnya. Dengan asumsi bahwa sambungan balok-kolom tersebut didesain dengan baik. Faktor kritis dari desain sambungan berupa penyebaran gaya – gaya yang diberikan pada bagian ujung, melalui sambungan. Pada gambar 2.3 memperlihatkan interior sambungan dengan rangka dalam yang berasal dari sisi kolom.



Gambar 2.3. Gaya -gaya pada Sambungan Balok – Kolom



Gambar 2.4. Gaya Geser pada Sambungan Balok - Kolom

Pada gambar 2.4 menjelaskan batas tertinggi kekuatan harus digunakan pada evaluasi gaya tarik, T dan T' pada tulangan. Gaya T' dan C_c menggambarkan arah negatif pada rangka balok di sambungan yang berasal dari sisi kanan, gaya T dan C_s menggambarkan arah positif pada rangka sambungan berasal dari sisi kiri, Gaya V_c (kolom) menggambarkan geser dari sambungan hanya bagian terluar sambungan yang diambil dari rata-rata kolom yang tertinggi dan terendah. Geser pada sambungan mungkin berpotensi karena retak geser yang diperlihatkan.

$$V_j = T + T' - V_c \quad (2.3)$$

$$V_u = f_y \cdot A_{st} + f_y \cdot A_{st} - V_c \quad (2.4)$$

Dimana :

V_j = kapasitas sambungan balok kolom (N)

F_y = Kuat leleh yang disyaratkan (Mpa)

$A_{st} \cdot A_{sb}$ = Luas tulangan tarik (mm^2)

V_c = gaya geser terfaktor kolom (N)

Adapun jenis-jenis keruntuhan yang dapat terjadi pada balok beton bertulang adalah sebagai berikut:

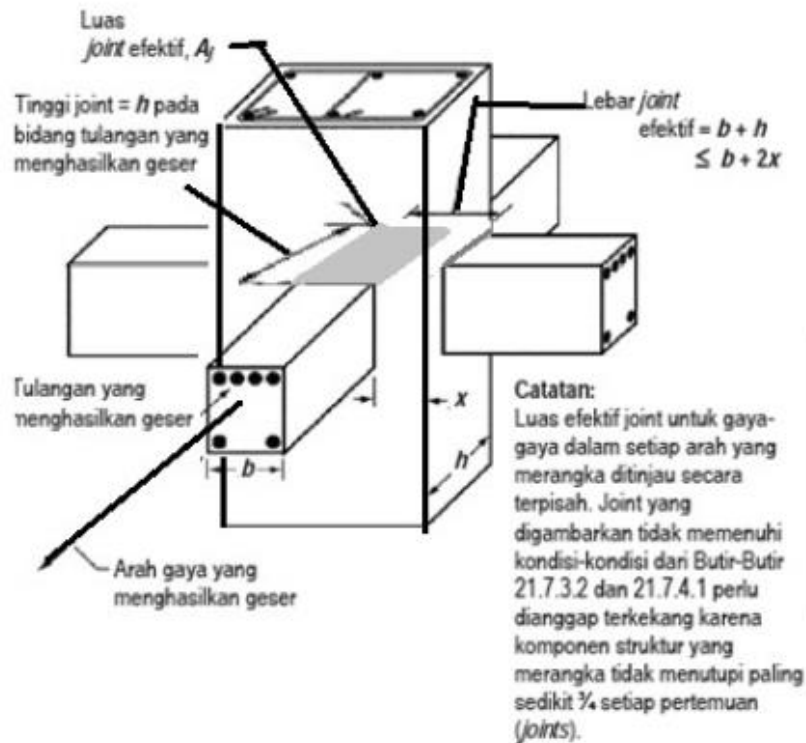
1. Keruntuhan Tarik (*Under Reinforced*), jenis tulangan ini terjadi pada balok dengan rasio tulangan kecil (jumlah tulanganannya sedikit), sehingga pada

saat beban yang bekerja maksimum, baja tulangan sudah mencapai regangan lelehnya sedangkan beton belum hancur (beton belum mencapai regangan maksimumnya = 0.003). Balok dengan kondisi keruntuhan ini bersifat *ductile*.

2. Keruntuhan Tekan (*Over Reinforced*), jenis tulangan ini terjadi pada balok dengan rasio tulangan besar (jumlah tulanganannya banyak), sehingga pada saat beban yang bekerja maksimum, baja tulangan belum mencapai regangan lelehnya sedangkan beton sudah hancur (beton sudah mencapai regangan maksimumnya = 0.003). Balok dengan kondisi keruntuhan ini bersifat getas.
3. Keruntuhan Seimbang (*balance*), jenis tulangan ini terjadi pada balok dengan rasio tulangan yang seimbang, sehingga pada saat beban yang bekerja maksimum, baja tulangan dan beton hancur secara bersamaan. Baja tulangan sudah mencapai regangan lelehnya dan beton sudah mencapai regangan maksimumnya = 0.003, Balok dengan kondisi keruntuhan ini bersifat getas.

2.3 Peraturan Sambungan Balok Kolom dengan Pedoman Persyaratan Beton Struktural untuk Bangunan Gedung SNI 2847:2013

Berdasarkan SNI 2847:2013 memberikan suatu penjelasan bahwa gaya geser desain, V_e , harus ditentukan dari peninjauan gaya statis pada bagian komponen struktur antar muka joint. Harus diasumsikan bahwa momen-momen dengan tanda berlawanan yang berhubungan dengan kekuatan momen lentur yang mungkin, M_{pr} , bekerja pada muka- muka joint dan bahwa komponen struktur dibebanin dengan beban gravitasi terfaktor sepanjang batangnya. Adapun ilustrasinya sebagai berikut:



Gambar 2.5 Ilustrasi sambungan balok kolom SNI 2847-2013

Gaya geser terfaktor yang bekerja pada hubungan balok-kolom, V_u , dihitung sebagai berikut :

Untuk joint interior

$$V_u = 1,25(A_s + A_s) f_y - V_{kol}$$

Untuk joint eksterior (ambil nilai terbesar dari)

$$V_u = 1,25 \cdot A_s \cdot f_y - V_{kol}$$

$$V_u = 1,25 \cdot A_s \cdot f_y' - V_{kol}$$

Gaya geser pada kolom, V_{kolom} , dapat dihitung berdasarkan nilai M_{pr-} dan M_{pr+} dibagi dengan setengah tinggi kolom atas (h_1) ditambah setengah tinggi kolom bawah (h_2). Jika dituliskan dalam bentuk persamaan adalah :

$$V_{kol} = \frac{M_{pr}^{+} + M_{pr}^{-}}{\frac{h_1}{2} + \frac{h_2}{2}}$$

Menghitung Tegangan Geser Nominal dalam joint

$$v_n = \frac{V_u}{b_j \cdot h_c}$$

dengan:

v_n = Tegangan geser nominal joint

V_u = Gaya geser terfaktor

b_j = Lebar efektif hubungan balok kolom

h_c = Tinggi efektif kolom pada hubungan balok kolom

Lebar efektif dapat dihitung berdasarkan persamaan berikut :

$$b_j = b + h_j$$

$$b_j \leq b + 2x$$

dengan:

b_j = Lebar efektif hubungan balok kolom

h_j = Tinggi joint

b = Lebar Balok

x = selisih antara sisi terluar balok ke sisi terluar kolom

Nilai gaya geser V_n tidak boleh lebih besar dari persyaratan berikut ini:

1. Untuk hubungan balok kolom yang terkekang pada keempat sisinya maka

$$1,7\sqrt{f_c' A_j (Mpa)}$$

2. Untuk hubungan yang terkekang pada ketiga sisinya atau dua sisi yang berlawanan maka :

$$1,25\sqrt{f_c' A_j (Mpa)}$$

3. Untuk hubungan lainnya maka

$$1\sqrt{f_c' A_j (Mpa)}$$

Menghitung tegangan geser yang dipikul oleh beton (v_c)

$$v_c = \frac{2}{3} \sqrt{\left(\left(\frac{N_{n,k}}{A_g} \right) - 0,1 f_c' \right)}$$

dengan:

v_c = Tegangan geser yang dipikul beton

$N_{n,k}$ = Gaya aksial kolom

A_g = Luas Penampang kolom

f_c' = kuat tekan beton

Tulangan transversal pada hubungan balok-kolom diperlukan untuk memberikan kekangan yang cukup pada beton, sehingga mampu menunjukkan perilaku yang duktail dan tetap dapat memikul beban vertikal akibat gravitasi meskipun telah terjadi pengelupasan pada selimut betonnya. Merencanakan penulangan geser :

Bila $V_n \leq V_c$ digunakan tulangan geser minimum

Bila $V_n > V_c$ perlu tulangan geser

Luas total tulangan transversal tertutup persegi tidak boleh kurang dari pada :

$$A_{sh} = 0,09 \frac{S bc f_c'}{f_y t}$$

$$A_{sh} = 0,03 \left(\frac{A_g}{A_{ch}} - 1 \right) \frac{S bc f_c'}{f_y}$$

dengan:

A_{sh} = luas tulangan transversal yang disyaratkan

bc = lebar inti kolom yang diukur dari as tulangan longitudinal kolom

A_g = luas penampang kolom

A_{ch} = luas inti penampang kolom

f_c' = Kuat tekan beton

f_y = kuat leleh tulangan baja

s = jarak antar tulangan transversal

Sesuai SNI 03-2847-2002 pasal 23.4.4. disyaratkan bahwa tulangan transversal diletakkan dengan spasi tidak lebih dari: (1) 0,25 kali dimensi terkecil struktur,; (2) 6 kali diameter tulangan longitudinal, (3) sesuai persamaan :

$$S_x = 100 + \frac{350 - h_x}{3}$$

dengan h_x dapat diambil sebesar 1/3 kali dimensi inti kolom, disyaratkan bahwa nilai s_x tidak lebih besar dari 150 mm dan tidak perlu lebih kecil dari 100 mm.

Panjang penyaluran batang tulangan pada beton normal tidak boleh kurang dari 8 d_b , 150 mm dan panjang dapat didekati dengan persamaan :

$$L_{dh} = \frac{f_y d_b}{5,4 \sqrt{f_c'}}$$

dimana:

ldh = Panjang Penyaluran

f_y = Tegangan leleh baja tulangan

db = diameter tulangan

f_c' = Kuat tekan beton

2.4 Pembebanan

Perhitungan besar beban yang bekerja pada struktur terdiri dari beban tetap dan beban sementara, dimana nilai bebannya ditentukan berdasarkan jenis dan fungsi bangunan yang akan dikerjakan.

2.4.1. Beban Mati (*Dead Load*)

Merupakan berat dari semua bagian suatu gedung yang bersifat tetap, termasuk segala berat tambahan, dan peralatan atau mesin-mesin yang tidak dapat dipisahkan dari gedung tersebut atau bisa dikatakan beban yang intensitasnya tetap dan posisinya tidak berubah selama usia bangunan, seperti : berat dinding, balok, kolom, lantai, plafond dan sebagainya. Beban mati dari bangunan dapat dihitung secara akurat berdasarkan bentuk, ukuran dan jenis materialnya. Untuk beban mati diambil berdasarkan berdasarkan Beban Minimum untuk Perencanaan Gedung dan Struktur Lain, SNI 1727:2013.

2.4.2. Beban Hidup

Merupakan semua beban yang terjadi akibat pemakaian dari suatu gedung, termasuk beban-beban pada lantai yang berasal dari barang-barang yang dapat berpindah dan atau beban akibat air hujan pada atap. Contohnya : beban hunian, *furniture*, lalu lintas orang, lalu lintas kendaraan (pada jembatan).

Besarnya beban hidup yang bekerja pada struktur diambil berdasarkan Beban Minimum untuk Perencanaan Gedung dan Struktur Lain, SNI 1727:2013.

2.4.3. Beban Gempa

Merupakan semua beban yang bekerja pada bangunan atau bagian bangunan dari pergerakan tanah akibat gempa itu. Pengaruh gempa pada struktur ditentukan berdasarkan analisa dinamik, maka yang diartikan dalam beban gempa itu gaya-gaya di dalam struktur tersebut yang terjadi oleh tanah akibat gempa itu sendiri.

Beban gempa disebabkan oleh terjadinya gempa bumi (tektonik atau vulkanik). Akibat gempa bumi terjadi percepatan tanah (*ground acceleration*) yang menimbulkan gaya inersia dengan arah horizontal. Besarnya beban gempa yang terjadi tergantung pada massa bangunan, tinggi bangunan, intensitas gerakan tanah, intensitas struktur terhadap tanah dan lain-lain.

2.5 Kombinasi Pembebanan

Berdasarkan Beban Minimum untuk Perencanaan Bangunan Gedung dan Struktur Lain SNI 1727:2013 menjelaskan konsep kombinasi pembebanan antara lain:

Tabel 2.1 Kombinasi Pembebanan

Beban Kombinasi
1. $U = 1,4 D$
2. $U = 1,2 D + 1,6 L + 0,5 (L_r \text{ atau } R)$
3. $U = 1,2 D + 1,6(L_r \text{ atau } R) + (L \text{ atau } 0,5W)$
4. $U = 1,2 D + 1,0 W + L + 0,5 (L_r \text{ atau } R)$
5. $U = 1,2 D + 1,0E + L$
6. $U = 0,9 D + 1,0 W$
7. $U = 0,9 D + 1,0 E$

Keterangan:

D = beban mati

L = beban hidup

L_r = beban hidup atap

R = beban hujan

E = beban gempa

W = beban angin

BAB III

TUJUAN DAN MANFAAT PENELITIAN

3.1. Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk menganalisis desain sambungan balok kolom beton bertulang pada daerah rawan gempa, Gedung Pasar Inpres Blok IV Kota Padang dengan Metode SNI 2847-2013.

3.2. Manfaat Penelitian

Penelitian ini lebih ditekankan kepada observasi yaitu metode penelitian ke lapangan, dimana penelitian ini dilakukan pada Gedung Pasar Inpres Blok IV, Kota Padang dan studi literatur yang diambil dari buku atau sumber yang sesuai dengan penelitian.

Diharapkan dari penelitian ini dapat memberikan kontribusi tentang perilaku geser pada sambungan balok-kolom beton bertulang kepada akademisi, praktisi perencanaan gedung agar kerusakan berat dapat dihindari.

Luaran penelitian ini secara langsung dapat dijadikan rekomendasi bagi pemilik proyek pekerjaan umum. Sehingga pembangunan dapat lebih terarah sesuai dengan peraturan-peraturan dan ketentuan-ketentuan yang telah ditetapkan. Sebagai langkah awal diseminasi hasil penelitian, luaran dari penelitian ini akan dipublikasikan pada jurnal yang memiliki ISSN dan akan digunakan sebagai bahan pengajaran untuk mata kuliah “*Struktur Beton Bertulang dan Perencanaan Struktur Bangunan Tahan Gempa*” pada program studi Teknik Sipil.

BAB IV

METODOLOGI PENELITIAN

4.1. Standar Yang Digunakan Dalam Analisis

Untuk melakukan analisis pada sebuah struktur gedung diperlukan acuan dan pedoman atau standar dalam melakukan analisis tersebut, hal itu akan menjadi dasar utama dalam pedoman analisis. Adapun standar analisis yang peneliti gunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. SNI 03-2847:2013 tentang Persyaratan Beton Struktural Untuk Bangunan Gedung.
2. SNI1727 : 2013 tentang Beban Minimum Untuk Perancangan Bangunan Gedung dan Struktur Lain
3. SNI 03-1726:2012 tentang Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Struktur Gedung dan Non Gedung
4. PPPURG 1987 tentang Pedoman Perencanaan untuk Rumah dan Gedung.

4.2. Prosedur Penelitian

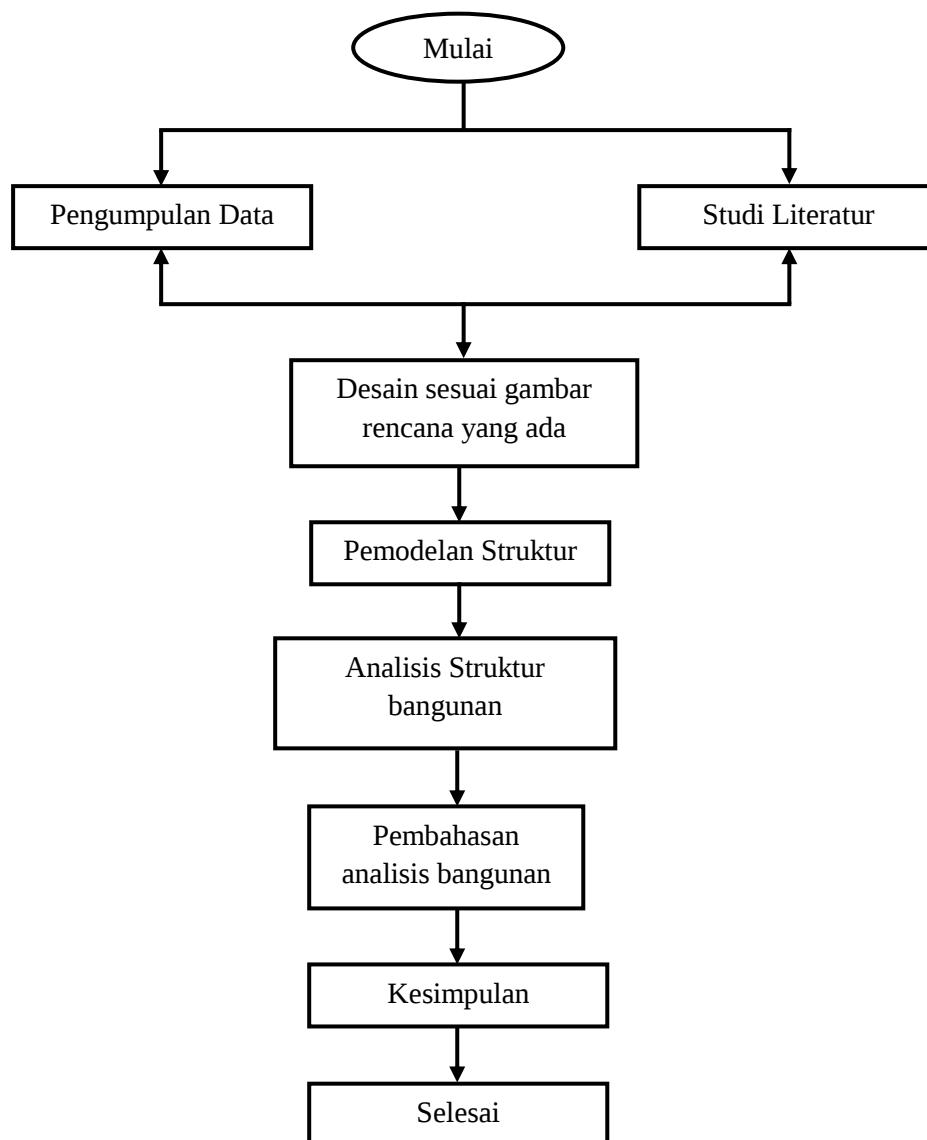
Dalam penelitian ini akan membahas mengenai tentang analisis sambungan balok – kolom pada Gedung Pasar Inpres Blok IV Kota Padang. Dimana tahap awal dari penelitian ini yaitu tinjauan pustaka, dimana penulis mencari dan memahami dasar-dasar teori yang berhubungan dengan topik pembahasan penelitian dalam bentuk artikel, buku, jurnal dan informasi yang berasal dari internet.

Untuk tahap analisis, khususnya terhadap suatu gedung/bangunan adalah melakukan pengumpulan data berupa data perencanaan terhadap objek/gedung yang akan ditinjau, dalam hal ini data perencanaan struktur adalah data yang diprioritaskan. Setelah standar dan literatur beserta data gedung tinjauan terlengkapi maka langkah selanjutnya yaitu melakukan pemodelan, perhitungan dan analisis pada struktur tersebut. Kemudian dilakukan analisis dinamik 3

dimensi dimana modelnya akan diberikan beban-beban rencana yang sama, meliputi beban mati, beban hidup dan beban gempa.

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui perilaku sambungan balok-kolom beton bertulang pada daerah rawan gempa yang diakibatkan oleh kuat geser.

Adapun langkah-langkah dalam menganalisis ini secara singkat dapat dilihat pada diagram alir sebagai berikut :



Gambar 4.1 Diagram Alir Penelitian

4.3. Lokasi Penelitian

Lokasi penelitian merupakan tempat dilakukannya penelitian. Dalam hal ini, penelitian dilakukan di daerah Kota Padang, tepatnya pada bangunan Gedung Pasar Inpres Blok IV.

4.4. Pengumpulan Data dan Studi Literatur

Proses pengumpulan data dan informasi gedung Pasar Inpres Blok IV yang ditinjau, baik data primer maupun data sekunder. Data yang didapat adalah data gambar baik *shop drawing* maupun *as built drawing* dari gedung pasar inpres IV berupa gambar struktur seperti denah struktur, portal, dimensi penampang elemen struktur, detail pembesian dan mutu material yang digunakan, gambar arsitektur seperti denah, tampak, potongan dll sebagai penunjang dalam analisis perhitungan struktur. Data ini digunakan untuk pemodelan struktur 3D yang selanjutnya dianalisis dengan bantuan program ETABS. Studi literatur yang digunakan diambil dari peraturan atau standar-standar yang terkait yang ditetapkan di Indonesia (Standar Nasional Indonesia) seperti Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Struktur Gedung dan Non Gedung (SNI 1726:2012), Persyaratan Beton Struktural Untuk Bangunan Gedung dan Struktur Lain (SNI 2847:2013), dan jurnal yang terkait dengan penelitian ini.

4.5. Pemodelan Struktur Gedung

Dalam pemodelan ini struktur yang ditinjau adalah keseluruhan struktur gedung Pasar Inpres IV berlantai 4 (empat). Pemodelan akan dilakukan dengan program ETABS. Sistem struktur yang akan dimodelkan ke dalam ETABS adalah berupa rangka ruang (*space frame*).

Dalam analisis akan dimodelkan struktur portal 3 dimensi. Tahap ini diawali dengan pemasukan data-data existing yang telah disediakan pada tahap pertama yang berupa model struktur, dimensi elemen-elemen, mutu dan material yang digunakan, dan beban-beban yang telah dihitung secara manual ke dalam program ETABS. Pemodelan sama-sama dilakukan dengan sistem struktur rangka ruang (*space frame*) bentuk portal 3 dimensi dan pembebanan yang sama yang berlaku

pada struktur. Namun demikian, proses pemasukan data-data material dan pembebanan ke dalam program ETABS tetap dilakukan secara manual.

Kombinasi pembebanan yang dimasukkan ke dalam program ETABS, dimana kombinasi maksimum akan menghasilkan gaya-gaya dalam dan reaksi tumpuan yang menentukan dalam analisis rasio perbandingan respon yang dihasilkan oleh struktur yang dianalisis.

4.6. Metode Perhitungan

Perhitungan dan analisis dilakukan secara bertahap, dimana tahap awal yang dilakukan yaitu menyediakan literatur/acuan yang terkait dengan pembahasan, melakukan pengumpulan data untuk perhitungan, lalu melakukan tahapan perhitungan berupa :

1. Pemodelan struktur;
2. Pemasukan data;
3. Analisis struktur; dan
4. Pembahasan output dari analisis struktur.

Pemodelan dilakukan dengan sistem struktur rangka ruang (*space frame*) bentuk portal 3 dimensi dengan program ETABS input data dari elemen struktur existing serta menginput pembebanan kedalam program ETABS secara manual.

Setelah melakukan pemodelan struktur dan pemasukan data struktur yang ditinjau berdasarkan material dan spesifikasi yang digunakan, beserta pembebanan yang telah diinput, maka tahapan selanjutnya yaitu melakukan analisis struktur (*run analisis*) untuk melakukan perhitungan dalam menentukan gaya-gaya dalam dan respon struktur yang terjadi. Perhitungan dilakukan berdasarkan standar masing-masing yang berkaitan seperti hitungan untuk pengaruh beban gempa didasarkan pada Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Struktur Gedung dan Non Gedung (SNI 1726:2012). Berdasarkan hasil hitungan, analisis data dan pembahasan, maka dapat dibuat kesimpulan yang sesuai dengan tujuan penulisan.

BAB V

HASIL DAN LUARAN YANG DICAPAI

5.1. Pendahuluan

Analisis struktur akan dilakukan dengan pemodelan menggunakan program ETABS. Tahapan awal dalam menganalisis struktur yaitu menentukan jenis sistem pemodelan yang digunakan. Sistem struktur yang akan dimodelkan ke dalam ETABS adalah berupa rangka ruang (*space frame*) portal 3 dimensi. Diawali dengan pembuatan material struktur dan pembuatan dimensi eksisting penampang struktur berupa kolom, balok, dan plat.

Setelah dimensi eksisting tersebut di input, maka langkah selanjutnya yaitu menentukan pembebanan yang akan bekerja pada struktur bangunan, melakukan kombinasi pembebanan dan menghitung beban-beban yang bekerja. Selanjutnya setelah pembuatan material, penampang struktur, dan pembebanan, dan langkah akhir yaitu melakukan analisis (*run analisis*) untuk mendapatkan hasil hitungan gaya-gaya dalam struktur dan perilaku struktur terhadap beban yang bekerja tersebut. Dari hasil hitungan gaya-gaya dalam dan respon struktur tersebut akan diambil sambungan balok kolom pada sistem pemodelan yang direncanakan sebelumnya.

5.2. Data Gedung Eksisting

Sebelum menganalisis suatu struktur gedung, ada beberapa data yang harus disiapkan untuk menganalisis gedung yang ditinjau dan data yang terkait dengan pembahasan tersebut. Data-data eksisting yang akan digunakan yaitu berupa data umum gedung, material atau mutu bahan yang digunakan pada konstruksi, beban yang bekerja sesuai dengan fungsi bangunan, dan dimensi eksisting elemen struktur berupa kolom, balok dan tebal plat.

5.2.1. Data Gedung Tinjauan

Dalam tinjauan ini penulis mengambil studi tinjauan pada Gedung Pasar Inpres Blok IV yang berlokasi di Kota Padang Sumatera Barat, dengan data gedung sebagai berikut :

1. Lokasi Bangunan : Kota Padang

2. Kordinat
 - Lintang : -0.9492°
 - Bujur : 100.3625°
3. Fungsi Bangunan : Pasar
4. Bentuk Bangunan
 - Jumlah lantai : 3 Lantai
 - Tinggi Perlantai : L1 = 4,80 Meter
L2 s/d L3 = 4,00 Meter
Latap = 3,00 Meter
 - Tinggi Total Struktur : 12,80 Meter
 - Panjang Gedung : 57,20 Meter
 - Lebar Gedung : 31,50 Meter
 - Luas Rata-Rata Perlantai : 1288 M²
 - Luas Total Rata-Rata : 3864 M²
 - Bentang arah melintang : 4,5, 8,0 M & 6,0 M
 - Bentang arah memanjang : 8,0 M
5. Pondasi Konstruksi Bore Pile. (Tidak dibahas dalam analisis).
6. Tipe Struktur Eksisting (SRPMK) Beton Bertulang
7. Kriteria Material

Jenis material struktur yaitu Beton Bertulang dengan spesifikasi sebagai berikut :

A. Beton Struktur

- a. Jenis material = Beton
- b. Berat Jenis Beton, λ_c = 2400 kg./ m³
- c. Modulus Elastisitas, E_c = 4700 $\sqrt{f_c'}$ = 25743 MPa
- d. Poisson Ratio, ν_c = 0,2
- e. Kuat tekan karakteristik beton :
 - Pelat = f_c' 29,05 MPa
 - Balok = f_c' 29,05 MPa
 - Kolom = f_c' 29,05 MPa

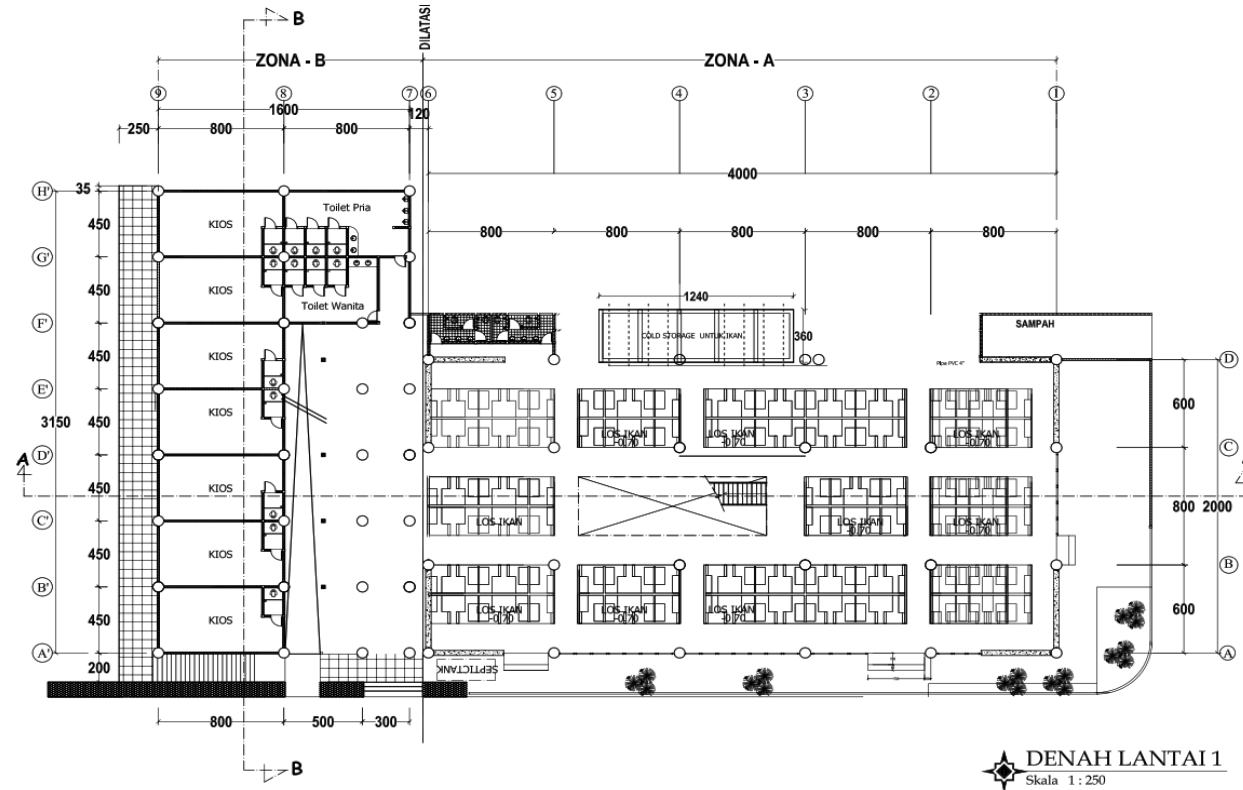
Pengecekan : Berdasarkan SNI 2847: 2013 (Persyaratan beton struktural untuk bangunan gedung) membatasi material untuk konstruksi beton bertulang sebagai berikut : "*Beton pada rangka momen khusus dan dinding struktur khusus: "Kekuatan tekan beton $f_c' \geq 20 \text{ MPa}$ ".Ok !*

B. Baja Tulangan

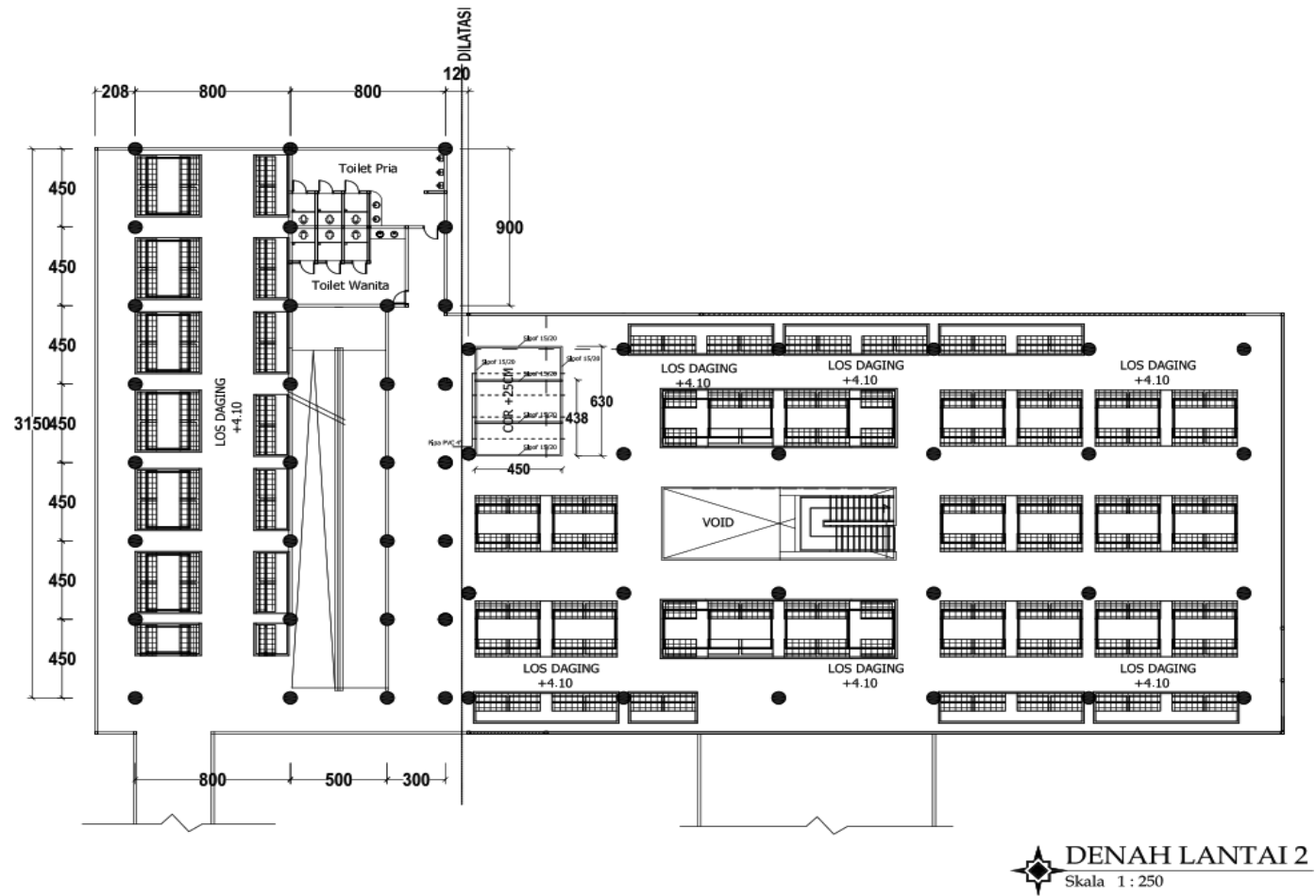
- a. Jenis material = Baja
- b. Berat jenis baja, λ_s = 7850 kg./m^3
- c. Modulus Elastisitas, E_s = 200.000 MPa
- d. Poisson ratio baja, ν_s = 0,3
- e. Kuat tarik karakteristik baja tulangan :
 - Tulangan $\leq \emptyset 10$ menggunakan baja tulangan polos BJTP 24 dengan tegangan leleh, $f_y = 240 \text{ MPa}$.
 - Tulangan $\geq \emptyset 10$ menggunakan baja tulangan ulir BJTD 40 dengan tegangan leleh, $f_y = 400 \text{ MPa}$.

5.2.2. Gambar Eksisting Gedung

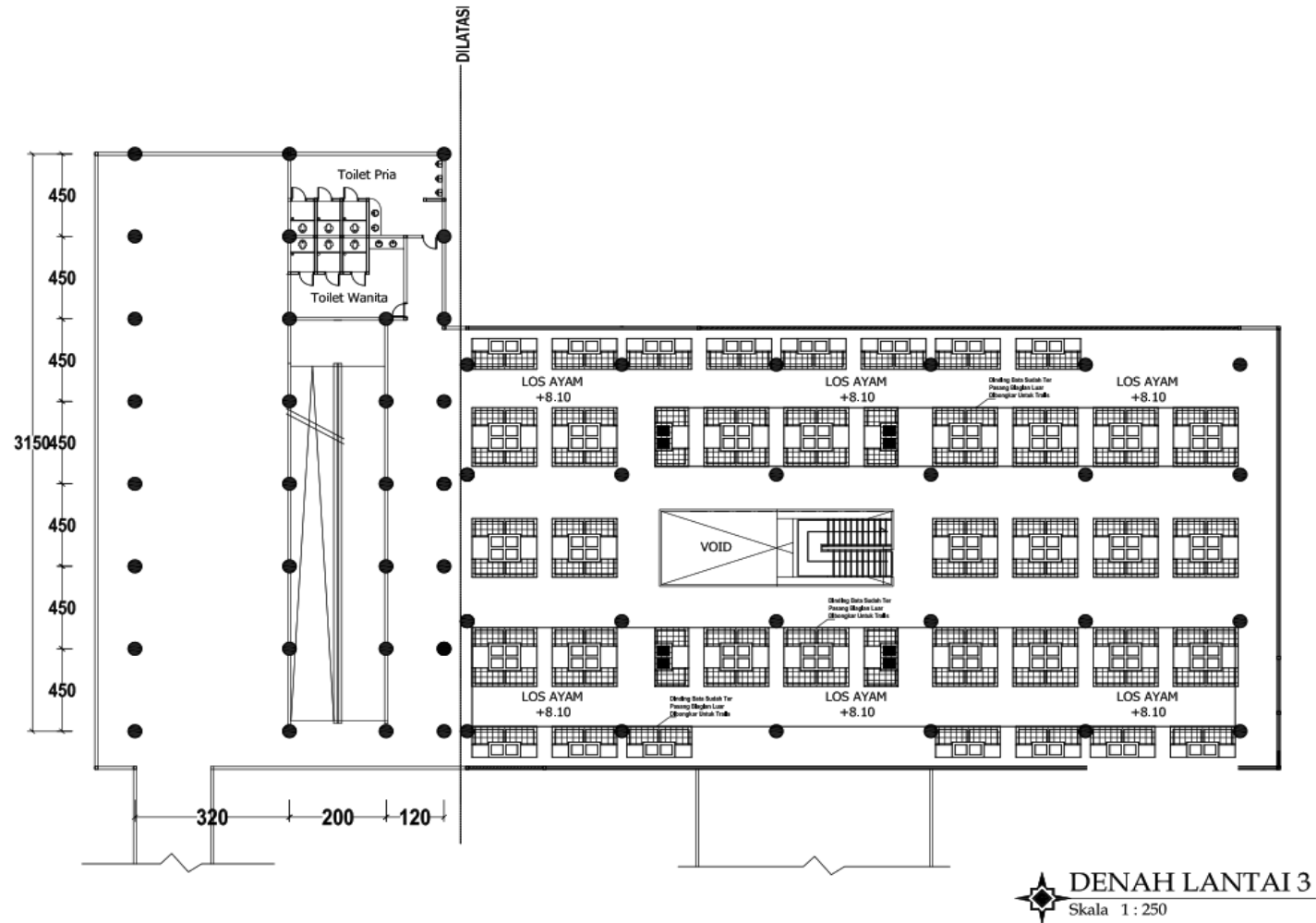
Berikut adalah gambar eksisting gedung, berupa gambar denah, potongan, portal, tampak, dan gambar pendukung lainnya. Gambar arsitektur dan gambar penunjang lainnya akan penulis lampirkan dalam lampiran di halaman belakang.



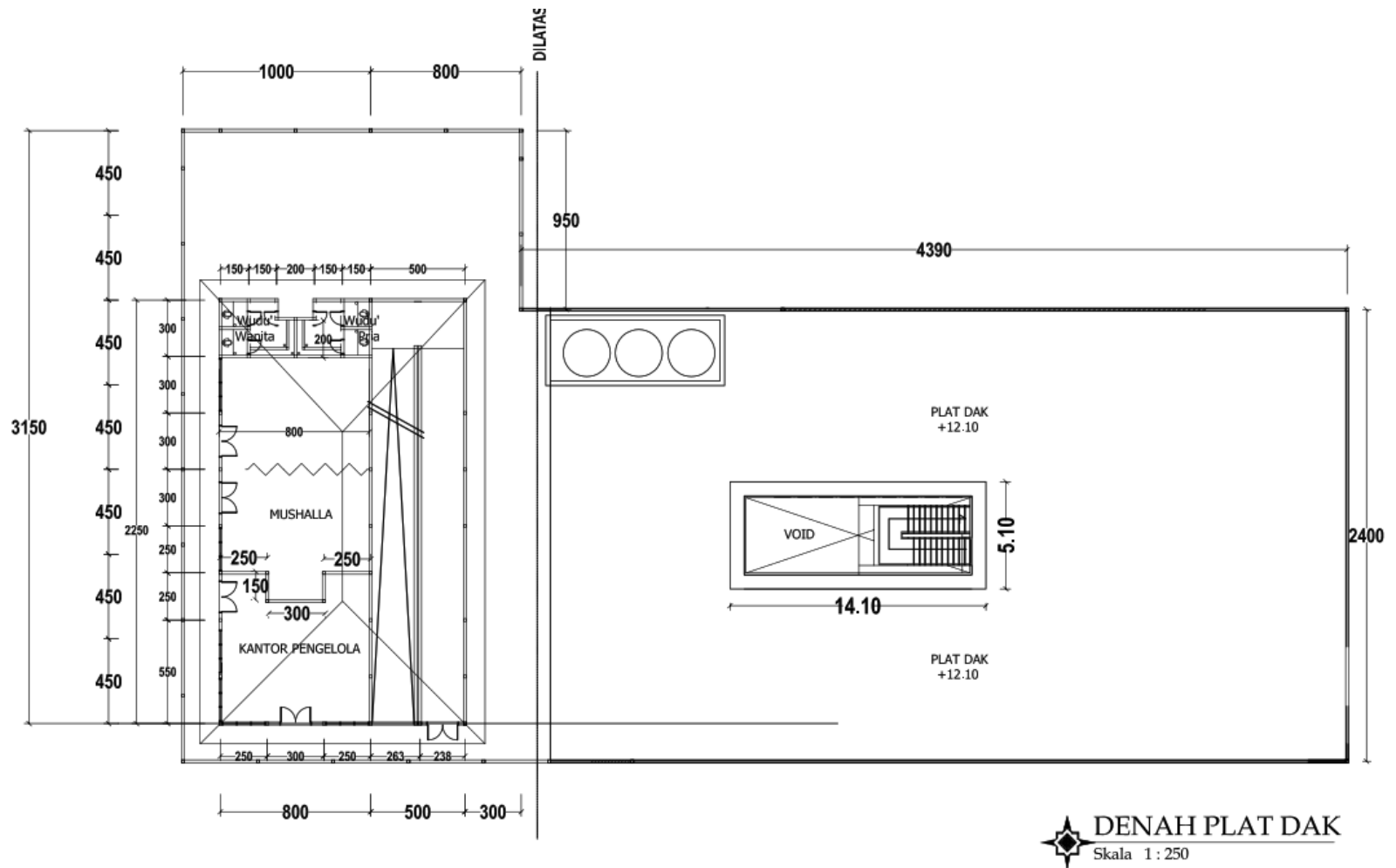
Gambar 5.1. Geometris dan Denah Bangunan Eksisting : *Denah Lantai 1.*
(Sumber : *Data Proyek*)



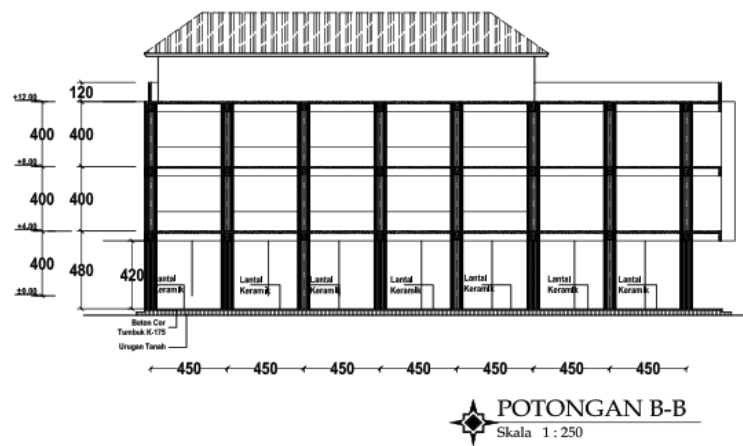
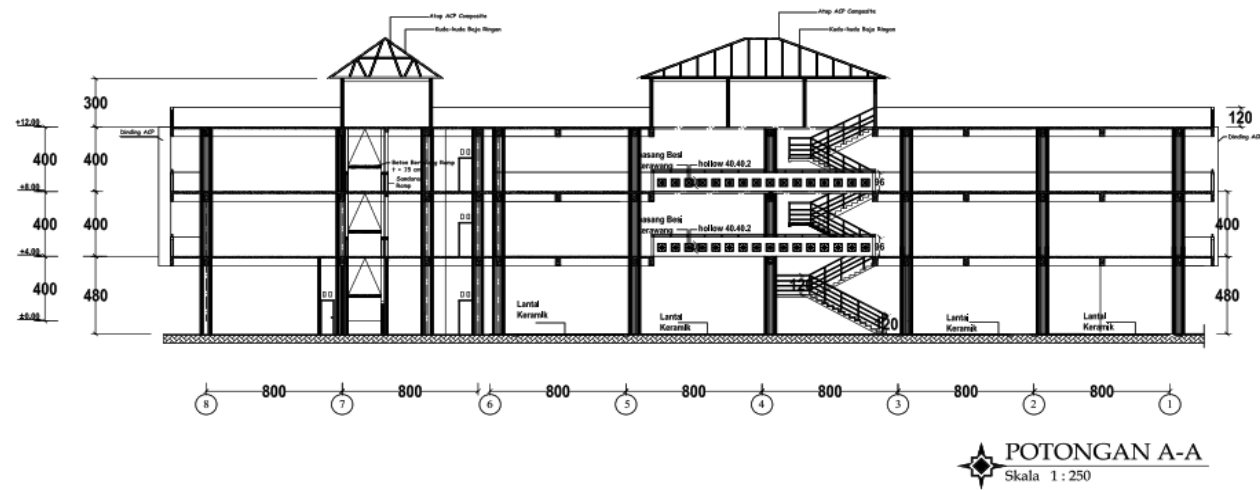
Gambar 5.2. Geometris dan Denah Bangunan Eksisting : *Denah Lantai 2.*
(Sumber : *Data Proyek*)



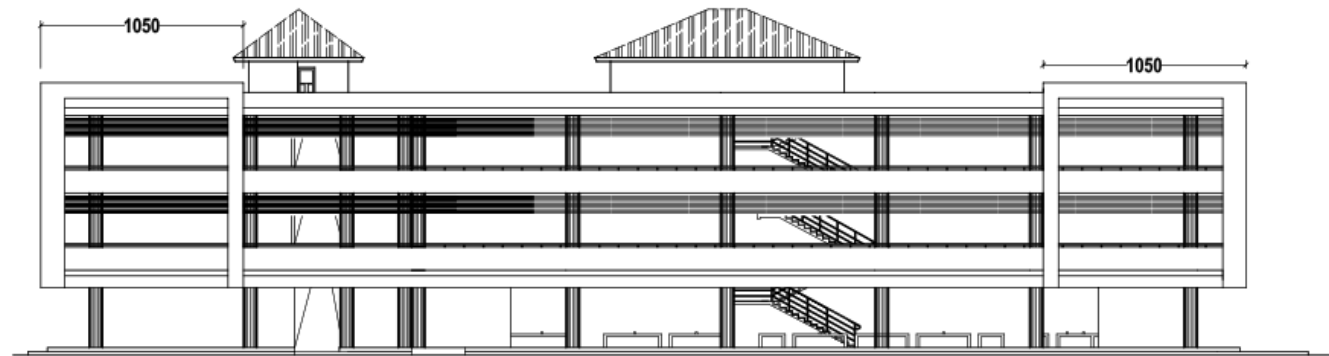
Gambar 5.3. Geometris dan Denah Bangunan Eksisting : *Denah Lantai 3.*
(Sumber : *Data Proyek*)



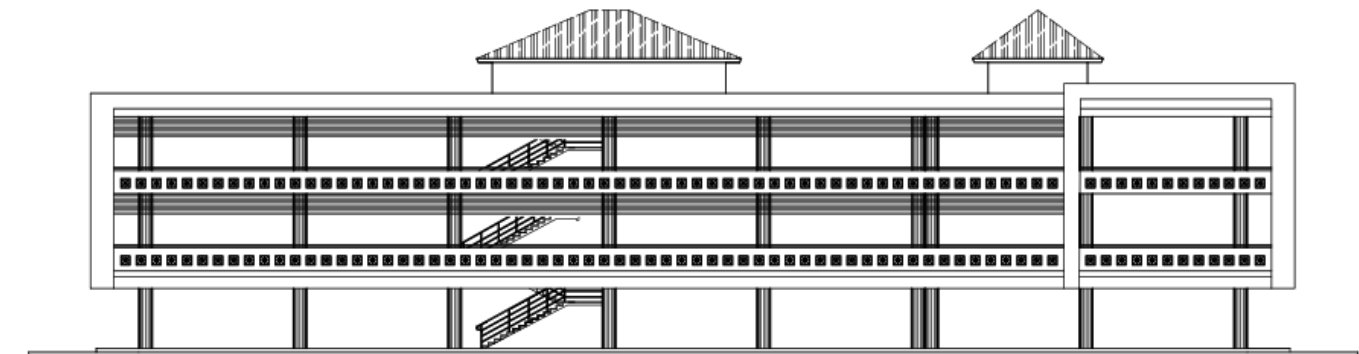
Gambar 5.4. Geometris dan Denah Bangunan Eksisting : *Denah Plat Dak.*
(Sumber : *Data Proyek*)



Gambar 5.5 Potongan Bangunan (*Sumber : Data Proyek*)

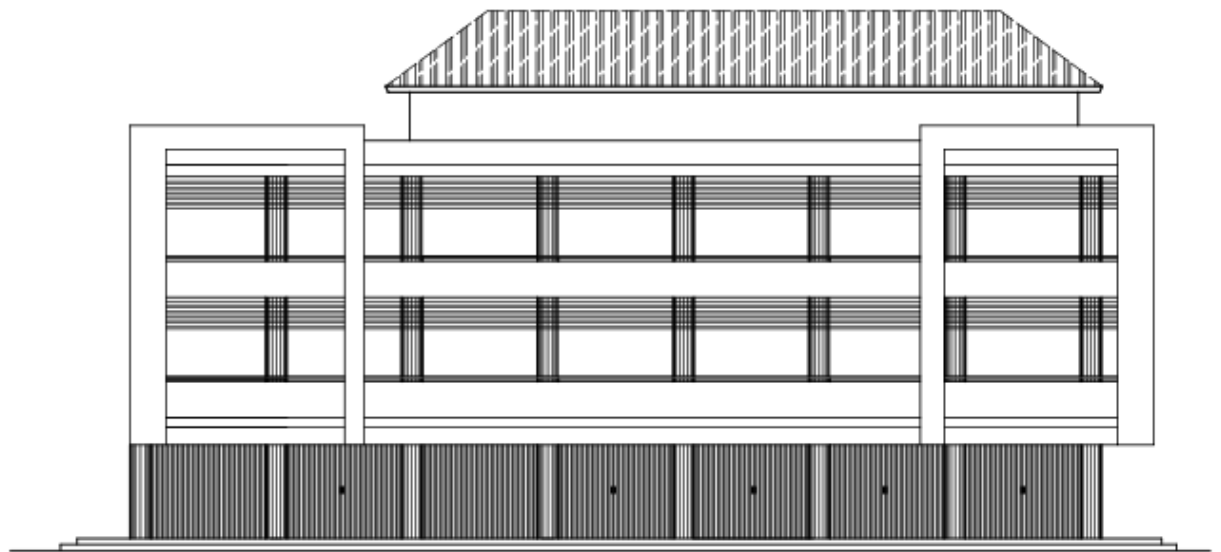


TAMPAK DEPAN
Skala 1 : 250

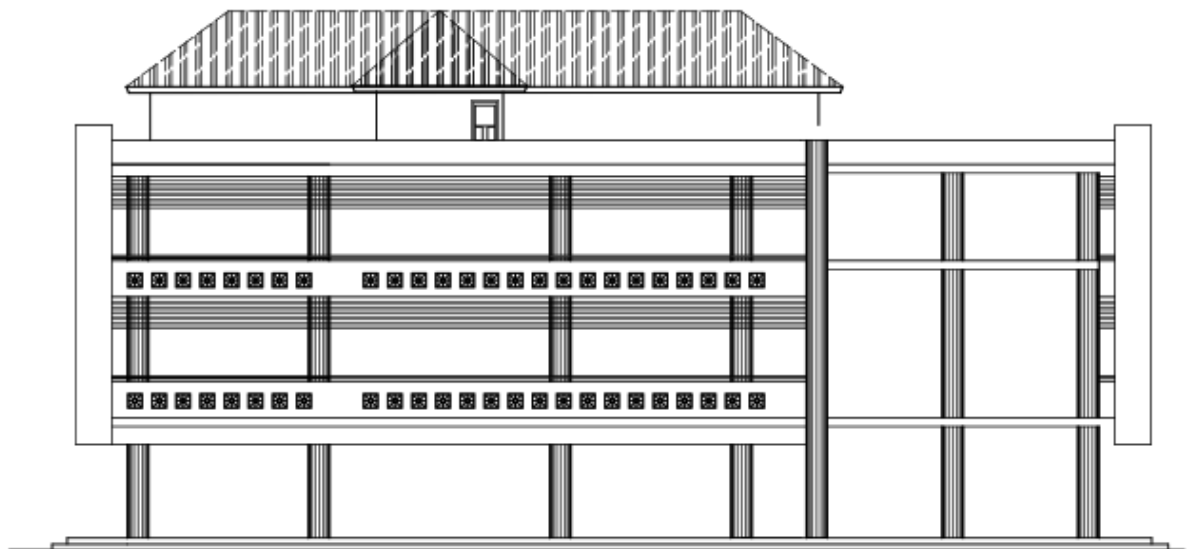


TAMPAK BELAKANG
Skala 1 : 250

Gambar 5.6 Tampak Depan dan Tampak Belakang (*Sumber : Data Proyek*)




TAMPAK KIRI
 Skala 1 : 200

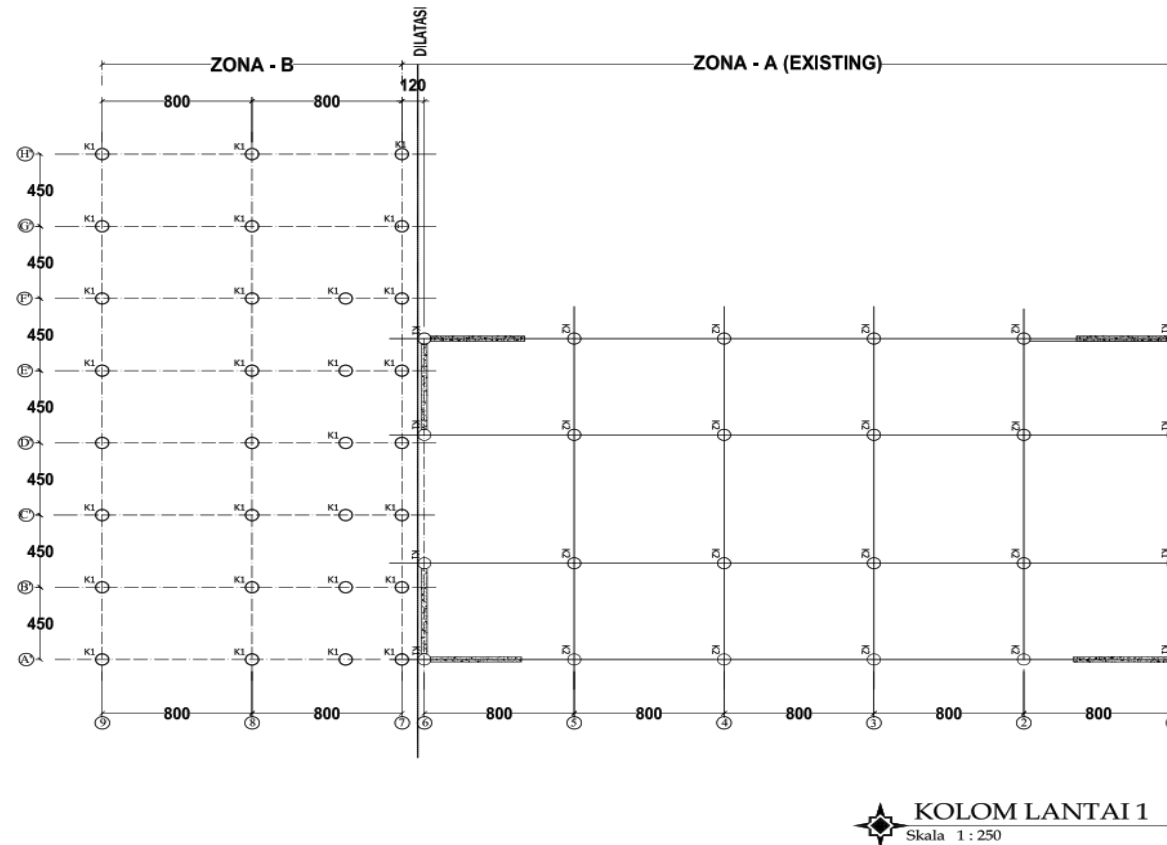



TAMPAK SAMPING KANAN
 Skala 1 : 200

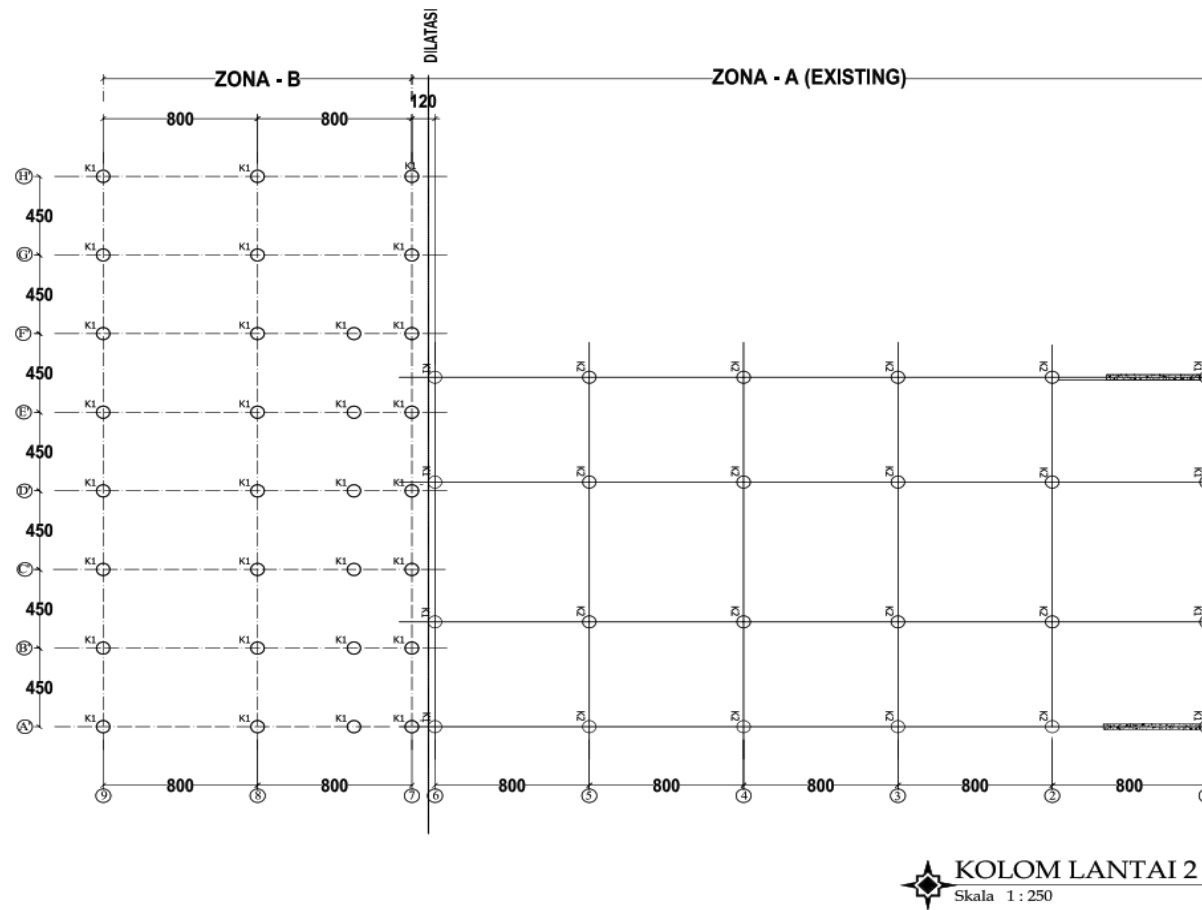
Gambar 5.7 Tampak S.Kiri dan S. Kanan (*Sumber : Data Proyek*)

5.2.3. Portal dan Dimensi Elemen Struktur

Adapun gambar struktur eksisting berupa denah kolom, pembalokan, portal dan penampang elemen struktur diantaranya sebagai berikut :

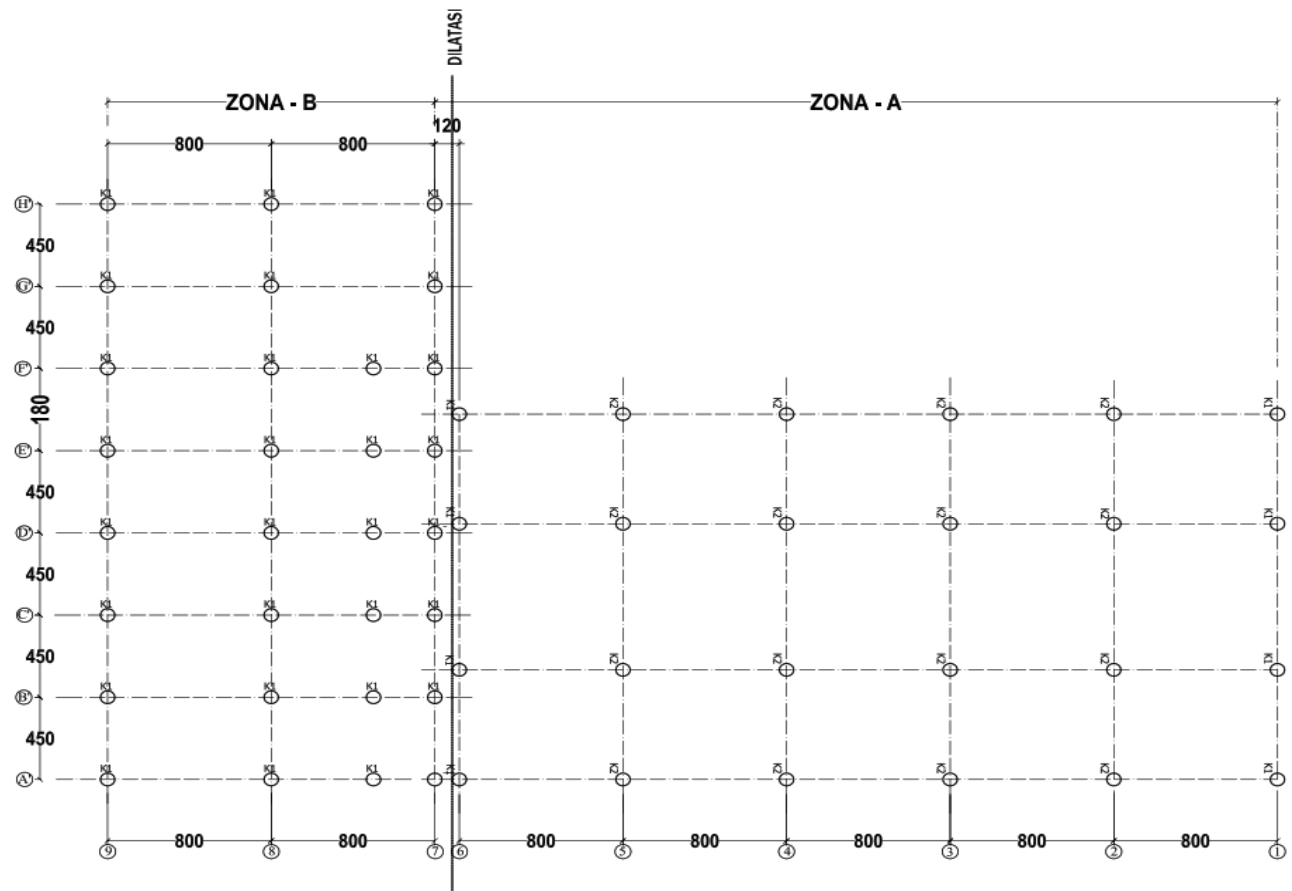


Gambar 5.8 Denah Perletakan Kolom L1
Denah kolom lantai 1. (Sumber : Data Proyek)



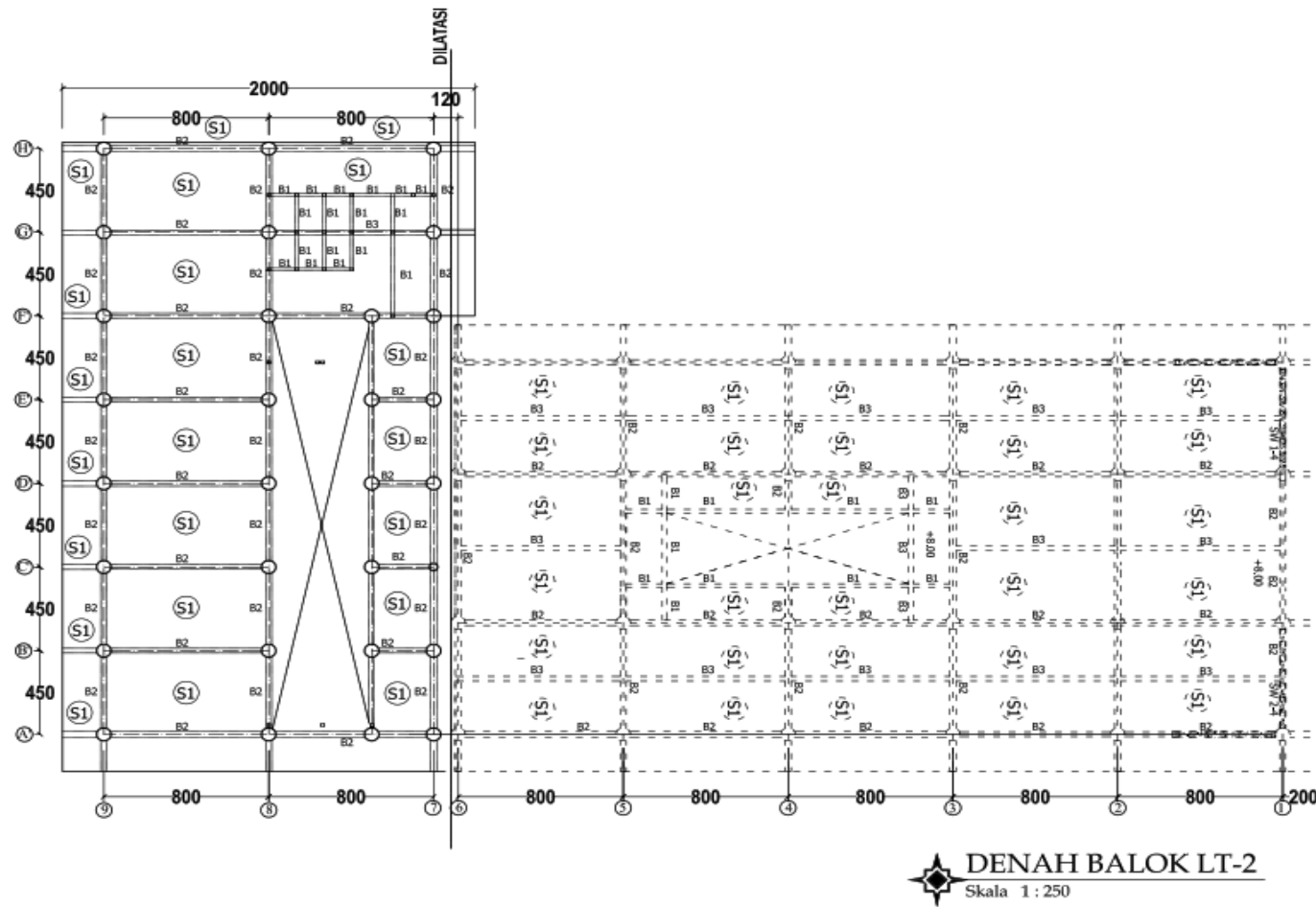
Gambar 5.9 Denah Perletakan Kolom L2

Denah kolom lantai 2. (Sumber : Data Proyek)

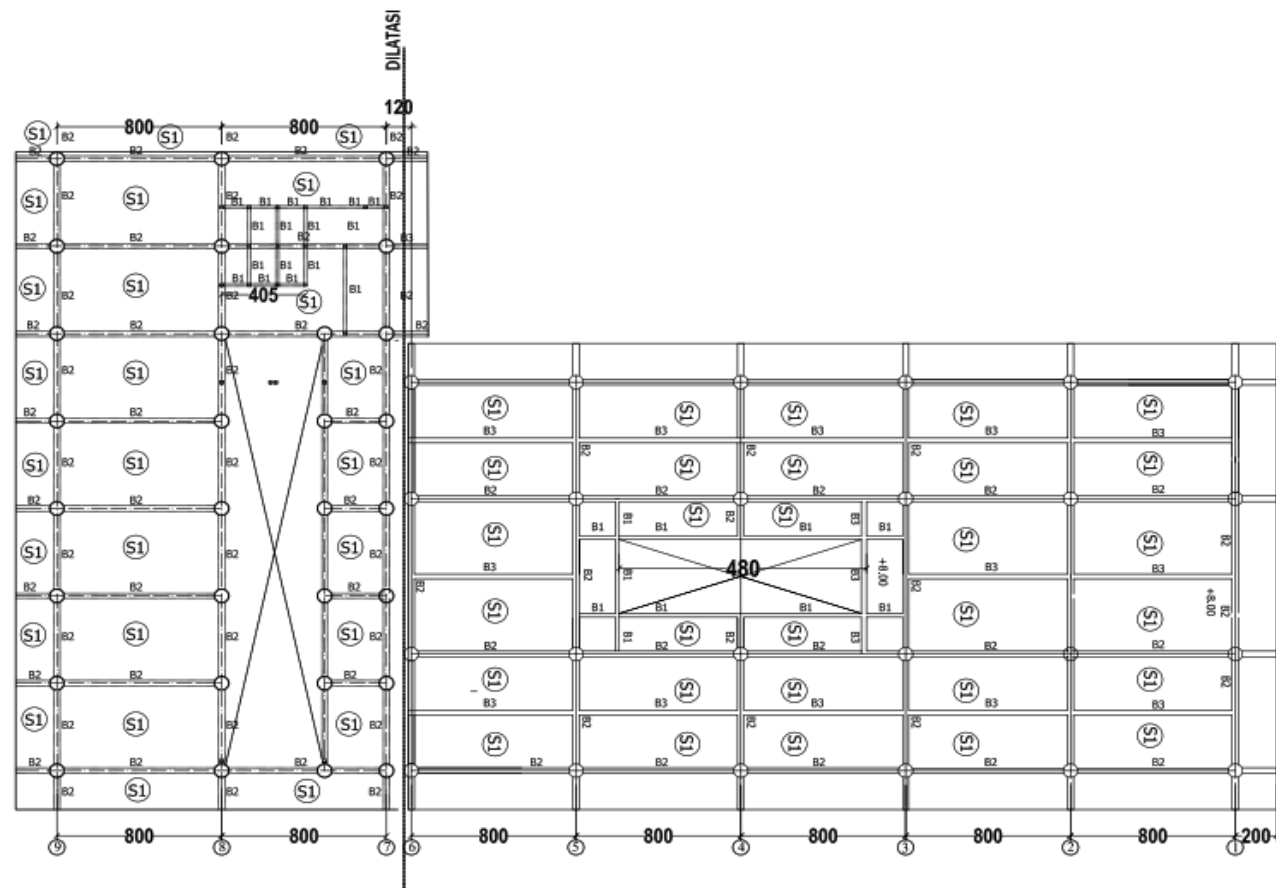


KOLOM LANTAI 3
Skala 1 : 250

Gambar 5.10 Denah Perletakan Kolom L3
Denah kolom lantai 3. (Sumber : Data Proyek)



Gambar 5.11 Denah Pembalokan : *Denah Balok L2.*
(Sumber : Data Proyek)



DENAH BALOK LT-3
Skala 1 : 250

Gambar 5.12 Denah Pembalokan : *Denah Balok L3.*
(Sumber : Data Proyek)

Berikut merupakan dimensi dari elemen penampang struktur berupa kolom, balok dan tebal plat :

Dimensi Kolom Struktur :

1. Kolom 1, 2, dan 3 Ukuran Ø 700 mm

Dimensi Balok Struktur :

1. Balok 1 (B1) Ukuran 150 x 600 mm
2. Balok 2 (B2) Ukuran 300 x 600 mm
3. Balok 3 (B3) Ukuran 250 x 600 mm

Tebal Plat :

1. Plat Lantai : 120 mm
2. Plat Atap : 120 mm

Untuk detail tulangan, gambar arsitektur dan gambar penunjang lainnya akan peneliti lampirkan dalam lampiran A dihalaman terakhir.

5.3. Perhitungan Pembebanan

Berikut akan diuraikan beban-beban yang bekerja dan diperhitungkan pada komponen struktur. Adapun Beban yang dihitung secara manual yaitu beban hidup (LL) sesuai fungsi bangunan dan beban mati tambahan (SIDL), sedangkan beban mati elemen struktur secara otomatis dihitung dengan software ETABS dengan memberikan faktor pengali berat 1 pada penetapan beban yang akan bekerja pada struktur.

5.3.1. Beban Yang di Perhitungkan & Faktor Reduksi

Beban-beban yang diperhitungkan yaitu berupa :

- beban mati / berat sendiri : (DL/SW = SELF WEIGHT),
- beban mati tambahan : (SIDL) = SUPER IMPOSED DEAD LOAD)
- beban hidup : (LL = LIVE LOAD),
- beban angin : (WL = WIND LOAD),
- beban gempa : (E = EARTHQUAKE)
- dan beban-beban lainnya yang diatur dalam PMI 1727-2013.

Beban-beban tersebut yaitu :

a) Beban Mati (DL)

Beban mati / berat sendiri (SW) struktur seperti plat, balok dan kolom dihitung secara otomatis oleh program ETABS.

b) Beban mati tambahan (SIDL)

Terdiri dari ME, keramik, spesi semen, dll :

1. lantai 1 s/d Lantai 3, **SIDL = 1,49 kN/m²**
2. lantai dak atap, **SIDL = 1,01 kN/m²**

c) Beban hidup (LL)

1. *lantai 1 s/d lantai 3, :* **LL = 6,00 kN/m²**

2. *lantai dak atap:* **LL = 0,96 kN/m²** (Roof Deck)

d) Beban Angin (WL)

Beban angin tiup minimum $WL = 0,25 \text{ kN/m}^2$. Beban angin untuk sebagian tempat di Indonesia dan bangunan yang relatif rendah tidaklah signifikan jika dibandingkan dengan beban gempa. Koefisien tiup angin 0,9 dan koefisien hisap angin 0,4. (Peraturan Muatan Indonesia).

e) Beban Gempa (E)

Gaya gempa merupakan gaya inersia pada struktur yang bergantung pada massa struktur dan percepatan tanah yang bekerja pada struktur (*Hukum Newton II*, $F = m.a$). Secara lebih detail, pembebanan gempa pada struktur diatur dalam SNI 1726-2012. Khusus beban gempa akan diuraikan lebih lanjut pada subbab 5.4.3 berikutnya dengan menggunakan analisis *Dinamik Ragam Respon Spectrum*.

Ctt : Berdasarkan *PPIUG 1937* dapat dipahami bahwa untuk kondisi terjadinya gempa maka beban hidup (LL, misalnya manusia) akan berkurang daripada saat gedung dalam kondisi layan.

5.3.2. Perhitungan Beban Gravitasi Pada Komponen Struktur

a. Lantai 4 (Pelat Atap)

1. Beban Mati Tambahan (SDL)

$$\begin{aligned} & - \text{Adukan spesi (t= 3 cm)} & = 3 \times 21 = 63 \text{ kg/m}^2 \end{aligned}$$

- Instalasi listrik dan plumbing	= 20 kg/m ²	
- Penggantung	= 7 kg/m ²	
- Plafond	= 11 kg/m ²	+
SDL = 101 kg/m² = 1,01 kN/ m²		

2. Beban Hidup (LL)

- Beban hidup dak atap (<i>Roof Deck</i>)	= 0,96 kN/m²
---	--------------------------------

b. Lantai 1-3 (Pelat Lantai)

1. Beban Mati Tambahan

- Penutup lantai dari ubin (t=2cm)	= 2 x 24 = 48 kg/m ²	
- Adukan spesi (t= 3 cm)	= 3 x 21 = 63 kg/m ²	
- Instalasi listrik dan plumbing	= 20 kg/m ²	
- Penggantung + Plafond	= 18 kg/m ²	+
SDL = 149 kg/m² = 1,49 kN/ m²		

2. Beban Mati Tambahan Pada Balok

Beban dinding 1/2 bata = (250 kg/m² x tinggi dinding m). Beban dinding dipisahkan karena pemodelan struktur bersifat open frame sehingga dinding dianggap sebagai beban garis pada balok.

$$\text{Beban Dinding} = 250 \text{ kg/m}^2 \times 3,5 \text{ m} = 875 \text{ kg/m} = \mathbf{8,75 \text{ kN/m}}$$

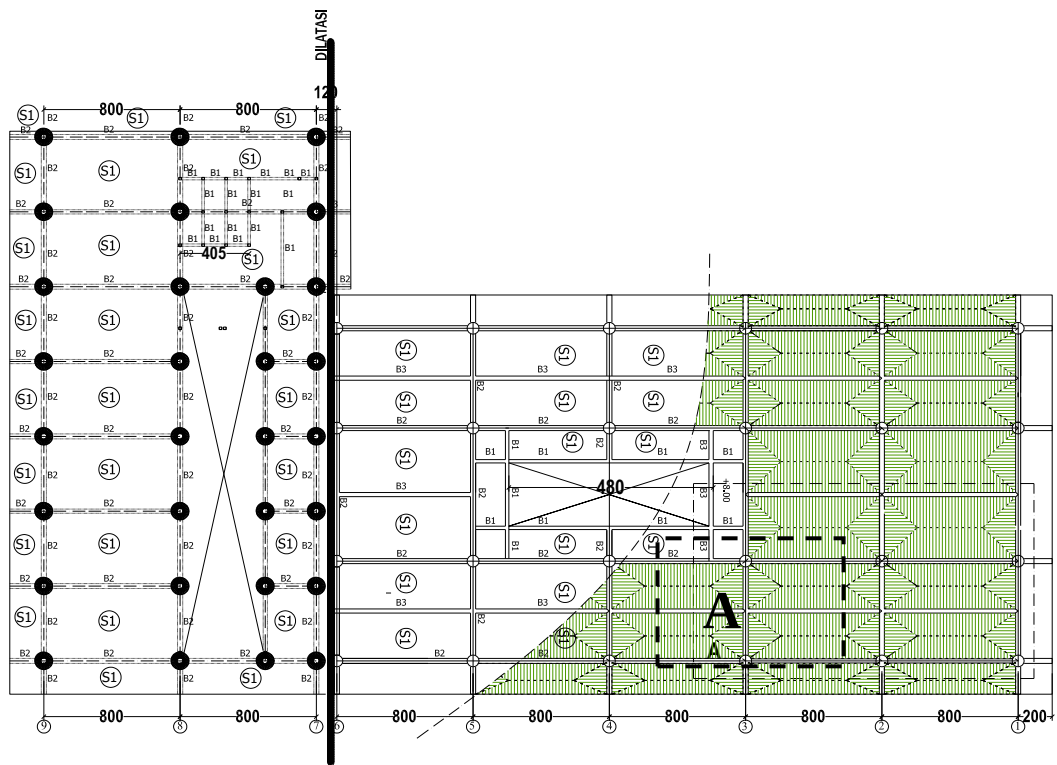
$$\text{Ket: Tinggi dinding rata-rata} = 3,5 \text{ M}$$

$$\text{Tebal dinding} = 0,15 \text{ M}$$

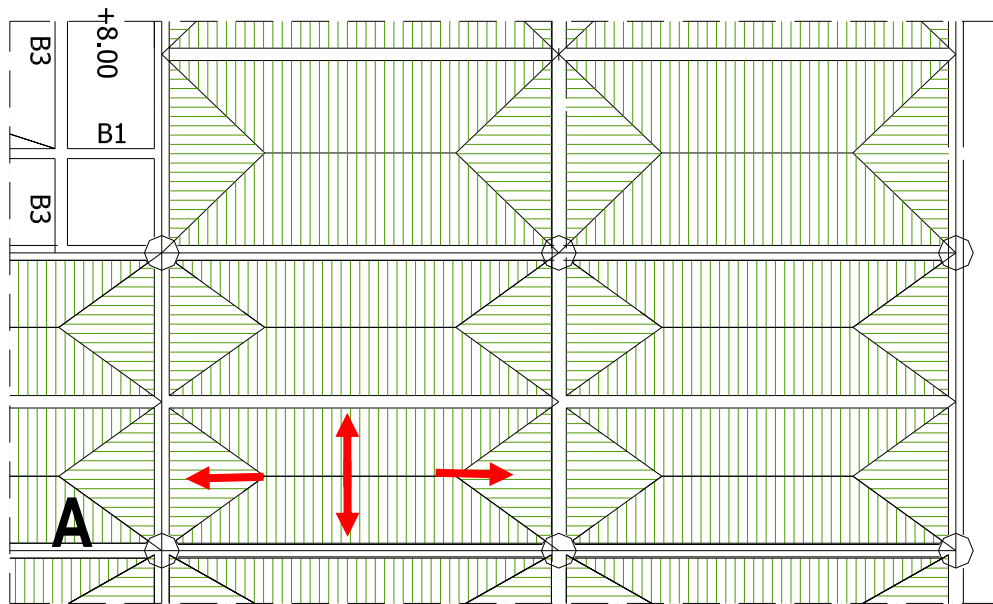
3. Beban Hidup (LL)

- Beban Hidup (Ruang Publik)	: 6,00 kN/m²
------------------------------	--------------------------------

c. Distribusi Beban Plat



Gambar 5.13 Distribusi beban dari plat lantai ke balok : *Plat Lantai 3.*



Gambar 5.14 Detail A-A

Gambar diatas yaitu visualisasi distribusi beban plat kebalok dengan metoda amplap.

5.3.3. Perhitungan Gaya Gempa

Selanjutnya yaitu menentukan gaya gempa yang bekerja pada struktur berdasarkan SNI 1726:2012. Pada perhitungan beban gempa, analisis dilakukan dengan metode analisis dinamik *modal response spectrum* dengan tahapan sebagai berikut :

5.3.3.1. Menentukan Kategori Resiko Bangunan Gedung

Berdasarkan tabel 1 SNI 1726:2012 tentang kategori risiko bangunan gedung dan non gedung untuk beban gempa dengan jenis pemanfaatan bangunan sebagai pasar maka bangunan tersebut ditetapkan kategori risiko II.

5.3.3.2. Menentukan Faktor Keutamaan Bangunan Terhadap Gempa

Berdasarkan SNI 03-1726:2012 tentang Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Struktur Gedung dan Non Gedung, karena bangunan gedung hotel dengan kategori risiko II maka ditetapkan faktor keutamaan gempa I_e sebesar 1,00.

Tabel 5.1 Faktor Keutamaan Gempa

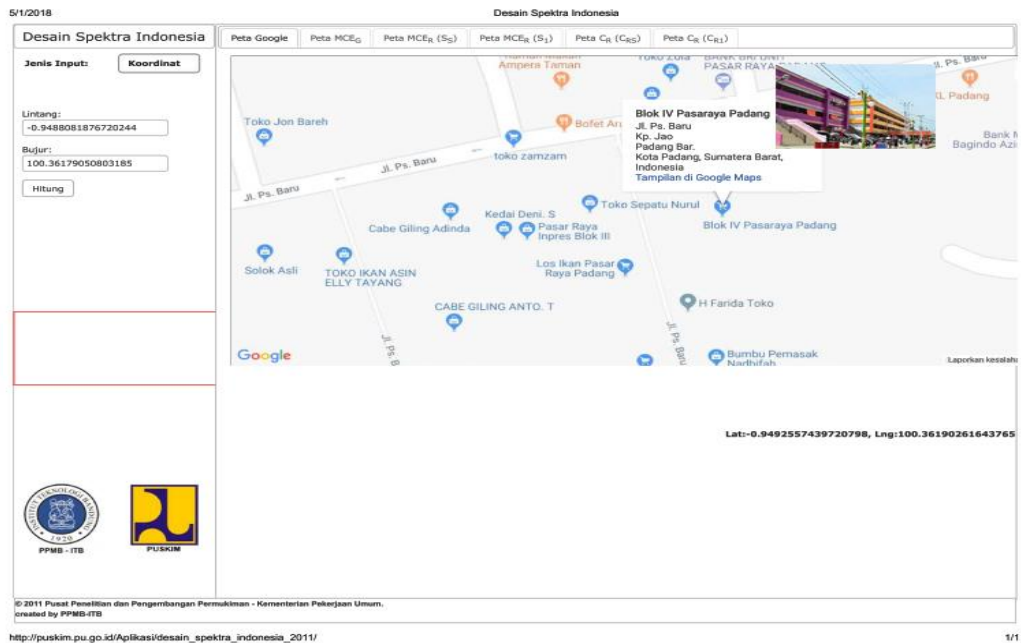
Tabel 2- Faktor keutamaan gempa	
Kategori risiko	Faktor keutamaan gempa, I_e
I atau II	1,0
III	1,25
IV	1,50

Sumber : SNI 03-1726-2012, tabel-2, pasal 4.1.2

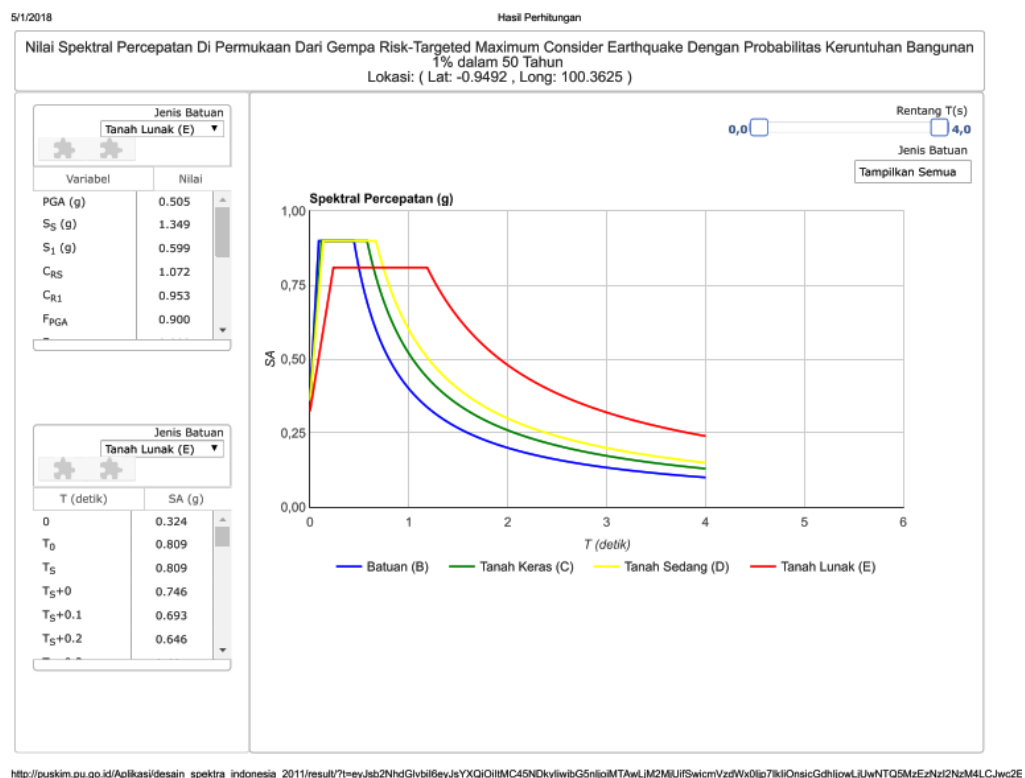
5.3.3.3. Menentukan Nilai Spektral Percepatan

Berdasarkan peta zonasi gempa Indonesia seperti yang terlihat di bawah ini maka didapatkan nilai spektral percepatan periode pendek 0,20 detik (S_s) dan spektral percepatan periode panjang 1,0 detik (S_1). Untuk mencari nilai S_s , S_1 , dan parameter percepatan spektral desain tsb diperoleh dengan menggunakan bantuan website resmi puskim yaitu :

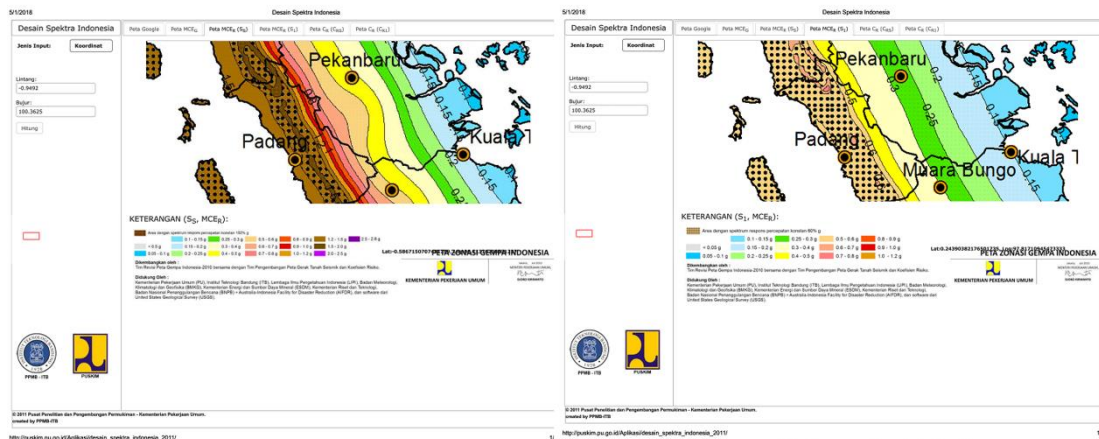
http://puskim.pu.go.id/Aplikasi/desain_spektra_indonesia_2011/



Gbr.5.15 Menentukan nilai spectral percepatan pada lokasi Inpres Pasar IV, Kota Padang. (Sumber : *Puskim PU*)



Gbr.5.16 Kurva Spectral Percepatan pada lokasi Inpres Pasar IV, Kota Padang. (Sumber : *Puskim PU*)



Ss - 1,349 g

Padang

S1 - 0.599 g

Gambar 5.17 Nilai spektral percepatan periode pendek 0,20 detik (S_s) dan spektral percepatan perioda panjang 1,0 detik (S_1).

Berdasarkan perhitungan Melalui situs Resmi Puskim PU diatas maka didapat : $S_s = 1.349 \text{ g}$, $S_1 = 0.599 \text{ g}$ dan $PGA = 0.505$

5.3.3.4. Menentukan Klasifikasi Situs

Untuk menentukan jenis tanah atau klasifikasi situs dilakukan mengacu pada data penyelidikan tanah boring log hingga kedalaman 30 m.

Dari hasil perhitungan didapat nilai Test Penetrasi Standar rata-rata yaitu : **8,3799**.

Jadi, nilai $SPT \bar{N} = 8,3799 < 15$.

Berdasarkan SNI 03-1726 2012 (Gempa) :

Tabel 5.3 Klasifikasi Situs

Kelas situs	$\bar{v}_s$ (m/detik)	$\bar{N}$ atau $\bar{N}_{ch}$	$\bar{s}_u$ (kPa)
SA (batuan keras)	>1500	N/A	N/A
SB (batuan)	750 sampai 1500	N/A	N/A
SC (tanah keras, sangat padat dan batuan lunak)	350 sampai 750	>50	≥ 100
SD (tanah sedang)	175 sampai 350	15 sampai 50	50 sampai 100

Tabel 3 Klasifikasi situs (lanjutan)

Kelas situs	$\bar{v}_s$ (m/detik)	$\bar{N}$ atau $\bar{N}_{ch}$	$\bar{s}_u$ (kPa)
-------------	-----------------------	-------------------------------	-------------------

SE (tanah lunak)	< 175	< 15	< 50
	Atau setiap profil tanah yang mengandung lebih dari 3 m tanah dengan karakteristik sebagai berikut : 1. Indeks plastisitas, $PI > 20$, 2. Kadar air, $w \geq 40 \%$, 3. Kuat geser niralis $\bar{s}_u < 25$ kPa		
SF (tanah khusus, yang membutuhkan investigasi geoteknik spesifik dan analisis respons spesifik-situs yang mengikuti 6.10.1)	Setiap profil lapisan tanah yang memiliki salah satu atau lebih dari karakteristik berikut: - Rawan dan berpotensi gagal atau runtuh akibat beban gempa seperti mudah likuifaksi, lempung sangat sensitif, tanah tersementasi lemah - Lempung sangat organik dan/atau gambut (ketebalan $H > 3$ m) - Lempung berplastisitas sangat tinggi (ketebalan $H > 7,5$ m dengan Indeks Plastisitas $PI > 75$) Lapisan lempung lunak/setengah teguh dengan ketebalan $H > 35$ m dengan $\bar{s}_u < 50$ kPa		

CATATAN: N/A = tidak dapat dipakai

Sumber : SNI 03-1726 2012

Maka Klasifikasi situs pada proyek tersebut termasuk kelas situs **SE (Tanah Lunak)**

: $\bar{N} \leq 15$.

5.3.3.5. Menentukan Koefisien Situs

Berdasarkan tabel 4 dan tabel 5 SNI 1726:2012 dengan nilai $S_s = 1,349$, $S_1 = 0,599$ dan kelas situs SE (tanah lunak) maka didapatkan nilai :

Tabel 5.4 Koefisien Situs, F_a

Kelas situs	Parameter respons spektral percepatan gempa (MCE_R) terpetakan pada periode pendek, $T=0,2$ detik, S_s				
	$S_s \leq 0,25$	$S_s = 0,5$	$S_s = 0,75$	$S_s = 1,0$	$S_s \geq 1,25$
SA	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
SB	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
SC	1,2	1,2	1,1	1,0	1,0
SD	1,6	1,4	1,2	1,1	1,0
SE	2,5	1,7	1,2	0,9	0,9
SF	SS ^b				

Sumber : SNI 03-1726 2012

Tabel 5.5 Koefisien Situs, F_a

Kelas situs	Parameter respons spektral percepatan gempa MCE_R terpetakan pada periode 1 detik, S_1				
	$S_1 \leq 0,1$	$S_1 = 0,2$	$S_1 = 0,3$	$S_1 = 0,4$	$S_1 \geq 0,5$
SA	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
SB	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
SC	1,7	1,6	1,5	1,4	1,3
SD	2,4	2	1,8	1,6	1,5
SE	3,5	3,2	2,8	2,4	2,4
SF	SS ^b				

Sumber : SNI 03-1726 2012

didapat : **$F_a = 0,9$** , dan **$F_v = 2,4$**

5.3.3.6. Menentukan Percepatan Spektral Desain

Parameter spectrum respons percepatan pada periode pendek (S_{MS}) dan periode 1,0 detik (S_{M1}) yang disesuaikan dengan pengaruh klasifikasi situs seperti di bawah ini.

- a) Parameter spektrum respon percepatan pada periode pendek yaitu :

$$\begin{aligned} S_{MS} &= F_a \cdot S_s \\ &= 0,9 \times 1,349 = 1,2141 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} S_{DS} &= \frac{2}{3} S_{MS} \\ &= \frac{2}{3} \times 1,211 = 0,8094 \end{aligned}$$

- b) Parameter percepatan spektral desain untuk periode 1,0 detik ditentukan dari *Pasal 6.3* seperti di bawah ini :

$$\begin{aligned} S_{M1} &= F_v \cdot S_1 \\ &= 2,4 \times 0,599 \\ &= 1,438 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} S_{D1} &= \frac{2}{3} S_{M1} \\ &= \frac{2}{3} \times 1,438 \\ &= 0,959 \end{aligned}$$

- c) Menentukan T_0 dan T_s Berdasarkan *Pasal 6.4*

$$\begin{aligned} T_0 &= 0,2 \times \frac{S_{D1}}{S_{DS}} \\ &= 0,2 \times \frac{0,959}{0,809} \\ &= 0,237 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} T_s &= \frac{S_{D1}}{S_{DS}} \\ &= \frac{0,959}{0,809} \\ &= 1,185 \end{aligned}$$

- d) Menentukan spectra percepatan S_a (g) *Pasal 6.4*

$$\text{Jika } T < T_0, \text{ maka } S_a = S_{DS} \left(0,4 + 0,6 \frac{T}{T_0} \right)$$

$$\text{Jika } T_0 \leq T \leq T_s, \text{ maka } S_a = S_{DS}$$

$$\text{Jika } T > T_s, \text{ maka } S_a = \frac{S_{D1}}{T}$$

Keterangan :

SD_s = parameter respons spektral percepatan desain pada perioda pendek;

SD_1 = parameter respons spektral percepatan desain pada perioda 1 detik;

T = perioda getar fundamental struktur

e) Resume paramater percepatan gempa

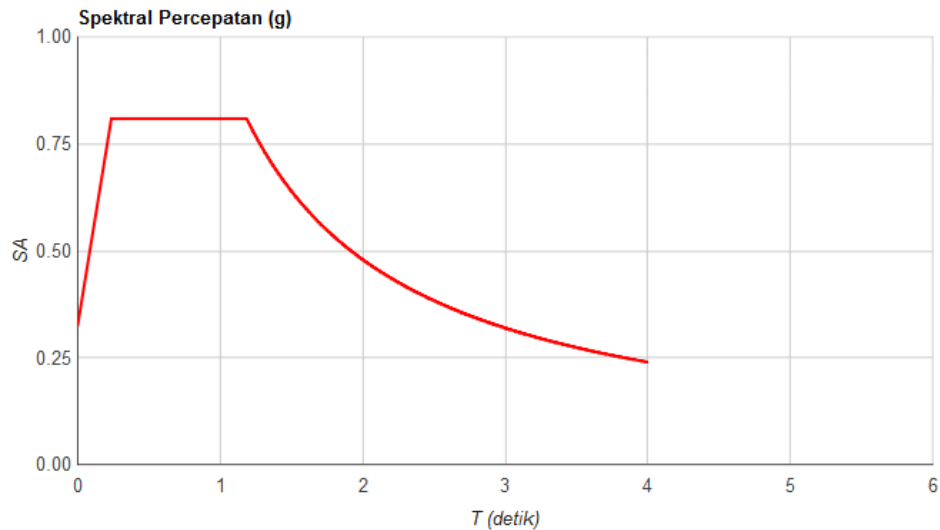
Berikut adalah variabel parameter percepatan gempa yang didapat dari situs resmi puskim untuk mendapatkan kurva respon spektrum.

Tabel 5.6 Parameter Percepatan Gempa

Tanah Lunak	
Variabel	Nilai
PGA (g)	0,505
S_s (g)	1,349
S_1 (g)	0,599
C_{RS}	1,072
C_{R1}	0,953
F_{PGA}	0,900
F_A	0,900
F_V	0,240
PSA (g)	0,455
S_{MS} (g)	1,214
S_{M1} (g)	1,438
S_{DS} (g)	0,809
S_{D1} (g)	0,959
T_0 (detik)	0,237
T_s (detik)	1,185

Tabel 5.7 Parameter Kurva Respon Spektrum

Variabel	Nilai	Variabel	Nilai
0	0,324	$T_S+1.3$	0,371
T_0	0,809	$T_S+1.4$	0,357
T_S	0,809	$T_S+1.5$	0,344
T_S+0	0,746	$T_S+1.6$	0,332
$T_S+0.1$	0,693	$T_S+1.7$	0,321
$T_S+0.2$	0,646	$T_S+1.8$	0,311
$T_S+0.3$	0,605	$T_S+1.9$	0,301
$T_S+0.4$	0,569	T_S+2	0,292
$T_S+0.5$	0,537	$T_S+2.1$	0,283
$T_S+0.6$	0,509	$T_S+2.2$	0,275
$T_S+0.7$	0,483	$T_S+2.3$	0,268
$T_S+0.8$	0,460	$T_S+2.4$	0,260
$T_S+0.9$	0,439	$T_S+2.5$	0,253
T_S+1	0,420	$T_S+2.6$	0,247
$T_S+1.1$	0,402	$T_S+2.7$	0,241
$T_S+1.2$	0,386	4	0,240



Gambar 5.18 Grafik Respon Spektrum Tanah Lunak Pasar Inpres Blok IV, Kota Padang (Sumber : *Puskim PU*)

5.3.3.7. Menentukan Kategori Desain Seismik – KDS

Berdasarkan tabel 6 dan tabel 7 dalam SNI 1726:2012 maka dapat ditentukan kategori desain seismik pada lokasi gedung tersebut.

Tabel 5.8 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 03-1726 2012

Tabel 5.9 Kategori desain seismik berdasarkan parameter respons percepatan pada periode 1 detik

Nilai S_{D1}	Kategori risiko	
	I atau II atau III	IV
$S_{D1} < 0,167$	A	A
$0,067 \leq S_{D1} < 0,133$	B	C
$0,133 \leq S_{D1} < 0,20$	C	D
$0,20 \leq S_{D1}$	D	D

Sumber : SNI 03-1726 2012

Dengan nilai $S_{DS} = 0,807$ untuk perioda pendek, $S_{D1} = 0,959$ untuk perioda 1,0 detik dan dengan kategori risiko II maka didapatkan **Kategori Desain Seismik D (KDS-D)**.

5.3.3.8. Menentukan Sistem dan Parameter Struktur

Dengan didapatkan Kategori Desain Seismik- D dan tergolong kedalam tingkat resiko kegempaan tinggi maka dari tabel 9 SNI 1726:2012 dengan sistem struktur *Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus (SRPMK)* maka didapat parameter penahan gaya gempa pada struktur sebagai berikut :

Tabel 5.10 Faktor R , C_d , dan Ω_0 untuk sistem penahan gaya gempa

Sistem penahan-gaya seismik	Koefisien modifikasi respons, R^a	Faktor kuat-lebih sistem, Ω_0^g	Faktor pembesaran defleksi, C_d^b	Batasan sistem struktur dan batasan tinggi struktur, h_s (m) ^c				
				Kategori desain seismik				
				B	C	D ^d	E ^d	F ^e
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 ^{h,j}	TI ^h	TI ⁱ
4. Rangka baja pemikul momen biasa	3½	3	3	TB	TB	TI ^h	TI ^h	TI ⁱ
5. Rangka beton bertulang pemikul momen khusus	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

Sumber : SNI 03-1726 2012

Berdasarkan tabel diatas didapatkan :

- Parameter kuat lebih sistem (Ω_0) = 3
- Faktor pembesaran defleksi (C_d) = $5^{1/2}$
- Batasan tinggi struktur (h_n) = Tidak dibatasi (TB)
- Koefisien modifikasi respon (R) = 8

Dalam prosedur SNI 1726-2012, struktur bangunan tahan gempa pada prinsipnya direncanakan terhadap beban gempa yang direduksi dengan suatu faktor modifikasi struktur (faktor R) yang merepresentasikan tingkat daktilitas yang dimiliki oleh struktur. Hal ini dimaklumi karena untuk merencanakan bangunan yang tahan terhadap beban gempa elastis merupakan suatu yang mahal. Detailing tulangan yang menjamin daktilitas struktur beton bertulang diatur dalam SNI 2847-2013.

Faktor modifikasi struktur atau bisa dikatakan juga sebagai faktor reduksi gempa (R) untuk Struktur Rangka Pemikul Momen Khusus (SRPMK) maksimum adalah 8. Pada analisis ini digunakan **R = 8**.

5.3.3.9.Menentukan Fleksibilitas Diafragma

Menurut SNI 1726:2012 pasal 7.3.1 dalam menentukan fleksibilitas diafragma, analisis struktur harus memperhitungkan kekakuan relatif diafragma dan elemen vertikal sistem penahan gaya gempa. Kecuali jika diafragma dapat diidealisasikan baik fleksibel ataupun kaku sesuai dengan 7.3.1.1, 7.3.1.2 atau 7.3.1.3, analisis struktur harus secara eksplisit menyertakan peninjauan kekakuan diafragma, yaitu asumsi pemodelan semi kaku.

Dalam SNI 1726:2012 Pada kondisi ini fleksibilitas diafragma terbagi 3 :

1. Kondisi Diafragma Fleksibel, (Pasal. 7.3.1.1)
2. Kondisi Diafragma Kaku. (Pasal. 7.3.1.2)
3. Kondisi Diafragma Fleksibel yang dihitung, (Pasal. 7.3.1.3)

Kondisi diafragma pada tinjauan untuk :

1. Kondisi Eksisting (TD) memenuhi syarat pada kondisi diafragma fleksibel yang dihitung (Kondisi 3). (syarat pada BAB 2.5.2)
2. Kondisi Kajian ulang (DD) memenuhi syarat pada kondisi diafragma kaku (Kondisi 2). (syarat pada BAB 2.5.2)

Menurut SNI 1726:2012 pasal 7.3.1.2 , kondisi diafragma kaku yaitu dimana diafragma pelat beton atau dak metal yang diberi penutup (*topping*) beton dengan perbandingan S/De sebesar 3 atau kurang pada struktur tanpa ketidakberaturan horizontal dapat diidealisasikan sebagai diafragma kaku.

$$S/De \leq 3$$

Ket : S = Panjang bangunan

De = Lebar bangunan

$$S/De = 57,20 / 31,50 < 3 \sim \sim \sim \sim \text{Diafragma Kaku.}$$

5.3.3.10. Menentukan Faktor Redudansi (ρ)

Berdasarkan SNI 1726 : 2012 pada Pasal 7.3.4.2, untuk struktur yang dirancang dengan kategori desain seismik D, maka ditetapkan nilai redundansi (ρ) dengan nilai 1,3.

5.3.3.11. Pemilihan Prosedur Analisis Gaya Lateral

Berdasarkan tabel 13 SNI 1726:2012 untuk prosedur analisis yang boleh digunakan pada katagori risiko II dengan katagori desain seismik D karakteristik struktur yang tidak beraturan dan beraturan maka penulis menggunakan *analisa dinamik modal ragam spektrum* yang berdasarkan *Pasal 7.9. SNI 1726-2012*.

5.3.3.12. Menentukan Perioda Struktur

Menentukan Perioda struktur dilakukan dengan 2 metode, yaitu analisis manual perioda fundamental pendekatan dan Perioda fundamental menggunakan program ETABS :

- Perioda Fundamental Pendekatan (T_a) Izin

Berdasarkan SNI 1726:2002 pasal 7.8.2.1 dikarenakan struktur memiliki ketinggian tidak melebihi 12 tingkat dimana sistem penahan gempa terdiri dari rangka penahan momen beton atau baja secara keseluruhan dan tinggi tingkat paling sedikit 3m, maka T_a izin untuk kondisi gedung TD dan gedung DD adalah :

$$\begin{aligned} T_a \text{ Pendekatan} &= C_t \cdot h_n^x && (\text{SNI 1726-2012 : Pasal 7.8.2}) \\ &= 0,0466 \times 12,8^{0,9} \\ &= 0,4361 \text{ detik} \end{aligned}$$

h^n : Ketinggian struktur dari atas dasar hingga mencapai puncak struktur.

C_t dan x : Parameter perioda pendekatan .

(ditentukan dari tabel 15 SNI 1726-2012)

dimana :

$S_{D1} \geq 0,4$ ($S_{D1} = 0,959$) maka $C_u = 1,4$ dan didapat :

$$\begin{aligned} T_{a \text{ maksimum}} &= C_u T_a && (\text{SNI 1726-2012 pasal 7.8.6.2}) \\ &= 1,4 \times 0,755 \\ &= 1,057 \text{ detik} \end{aligned}$$

5.3.3.13. Menentukan Spektrum respons Desain

$$\begin{aligned} T_o &= 0,20 (S_{D1} / S_{DS}) \\ &= 0,20 (0,959 / 0,809) \\ &= 0,237 \end{aligned}$$

$$T_s = (S_{D1} / S_{DS}) = 1,185$$

Karena nilai Perioda (T) lebih besar dari T_o dan lebih kecil dari T_s :

$$(T_o \leq T \leq T_s)$$

maka nilai respon spektrum percepatan desain. S_a sama dengan $S_{DS} = 0,809$.

5.3.3.14. Menentukan Koefisien Respons Seismik (C_s)

$$\begin{aligned} C_s &= \frac{S_{DS}}{R / I_e} \\ &= \frac{0,809}{8/1} \\ &= 0,101 \end{aligned}$$

Nilai C_s diatas tidak boleh lebih dari :

$$\begin{aligned} C_{smax} &= \frac{S_{D1}}{T_a(R / I)} \\ &= \frac{0,959}{0,6(8/1)} \\ &= 0,200 \end{aligned}$$

Nilai C_s diatas harus lebih dari :

$$\begin{aligned} C_{smin} &= 0,044 \cdot S_{DS} \cdot I_e \\ &= 0,044 \times 0,809 \times 1,5 \end{aligned}$$

$$= 0,053$$

$$C_{smin} \leq C_s \leq C_{smax}$$

$$0,053 \leq 0,101 \leq 0,200$$

Maka nilai C_s yang dipakai adalah 0,101

5.3.3.15. Simpangan Antar Lantai

Berdasarkan SNI 1726:2012 pasal 7.12. Untuk struktur yang dirancang pada kategori desain seismik D,E dan F dengan penahan gaya gempa yang hanya terdiri dari struktur rangka pemikul momen, batasan simpangan antar lantai tingkat desain (Δ) tidak boleh melebihi simpangan antar lantai tingkat izin (Δ_a) seperti dalam tabel 16 SNI (*Tabel 2.3 BAB II* Penulis simpangan antar lantai tingkat desain (Δ)).

Tabel 5.11 Batasan simpangan antar lantai

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 lantai tingkat.	$0,025 h_{xx}^c$	$0,020 h_{xx}$	$0,015 h_{xx}$
Struktur dinding geser kantilever batu bata ^d	$0,010 h_{xx}$	$0,010 h_{xx}$	$0,010 h_{xx}$
Struktur dinding geser batu bata lainnya	$0,007 h_{xx}$	$0,007 h_{xx}$	$0,007 h_{xx}$
Semua struktur lainnya	$0,020 h_{xx}$	$0,015 h_{xx}$	$0,010 h_{xx}$

^a h_{xx} adalah tinggi tingkat di bawah tingkat x .

^b Untuk sistem penahan gaya gempa yang terdiri dari hanya rangka momen dalam kategori desain seismik D, E, dan F, simpangan antar lantai tingkat ijin harus sesuai dengan persyaratan 7.12.1.1.

Lantai 1

$$\begin{aligned}\Delta_{izin} &= 0,020 \cdot 4,8 \text{ m} \\ &= 0,096 \text{ m} \\ &= 96 \text{ mm}\end{aligned}$$

Lantai 2 s/d 3

$$\begin{aligned}\Delta_{izin} &= 0,020 \cdot 4,0 \\ &= 0,080 \text{ m} \\ &= 80 \text{ mm}\end{aligned}$$

Lantai Lantai Atap

$$\Delta_{izin} = 0,020 \cdot 3,0 \text{ m}$$

$$= 0,060 \text{ m}$$

$$= 60 \text{ mm}$$

Tabel 5.12 Resume simpangan antar lantai

Lantai	$\Delta_{izin}(mm)$
Atap	60
3	80
2	96
1	0

5.3.4. Kombinasi Pembebanan

Untuk memperoleh beban ultimate dari beban-beban yang mungkin akan terjadi pada struktur, maka dilakukan kombinasi beban terfaktor .

Kombinasi beban berdasarkan SNI 1726:2012 sebagai berikut:

1. $1,2D$
2. $1,2D + 1,6L$
3. $1,2D + 1,6(L_r \text{ atau } R) + (L \text{ atau } 0,5 W)$
4. $1,2D + 1,0W + 1,0L + 0,5(L_r \text{ atau } R)$
5. $1,2D + 1,0E + 1,0L$
6. $0,9D + 1,0W$
7. $0,9D + 1,0E$

Keterangan :

D = beban mati

L = beban hidup

L_r = beban hidup atap

R = beban hujan

E = beban gempa

W = beban angin

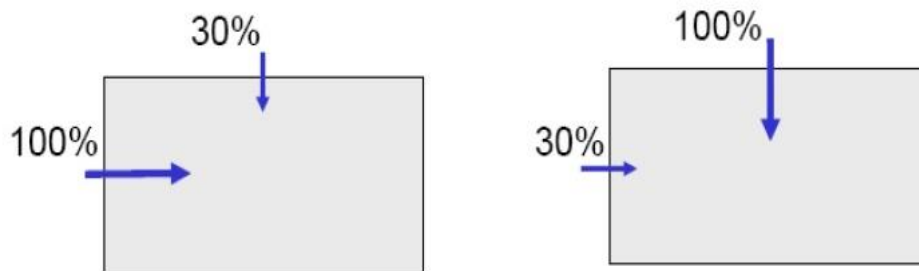
Kombinasi Pembebanan Gravitasi

COMB1	= 1.4	D
COMB2	= 1.2	D + 1.6 L

Dengan faktor pembesaran 40% untuk beban mati pada kombinasi 1 dan 20 % beban mati, serta 60% beban hidup yang diperbesar pada kombinasi 2.

Kombinasi Pembebanan Gempa

Untuk mensimulasikan arah pengaruh gempa rencana yang sembarang terhadap struktur gedung, pengaruh pembebanan gempa dalam arah utama dianggap efektif 100% dan dianggap terjadi bersamaan dengan pengaruh pembebanan gempa dalam arah tegak lurus pada arah utama pembebanan tetapi dengan efektifitas hanya 30%. Pengaruh beban ortogonal :



Sumber: FEMA 451B

Gambar 5.19 Pemodelan beban orthogonal

5.4.Pemodelan Struktur Dengan Program ETABS

Pemodelan dan analisa struktur berbasis komputer dilakukan dengan membagi model menjadi elemen-elemen kecil. Adapun elemen adalah identik dengan unit “pendekatan”, yaitu suatu formulasi matematis dari suatu model struktur yang dianggap sebagai representasi yang paling mendekati sifat struktur real (Dewobroto, 2007:9).

Berdasarkan kondisi eksisting gedung, maka pada analisis ini dilakukan 1 pemodelan, yaitu pemodelan sesuai struktur eksisting, dimana pada perhitungan ini akan dilakukan perhitungan dengan metode yang sama berdasarkan standar terbaru untuk mendapatkan tujuan utama dari analisis.

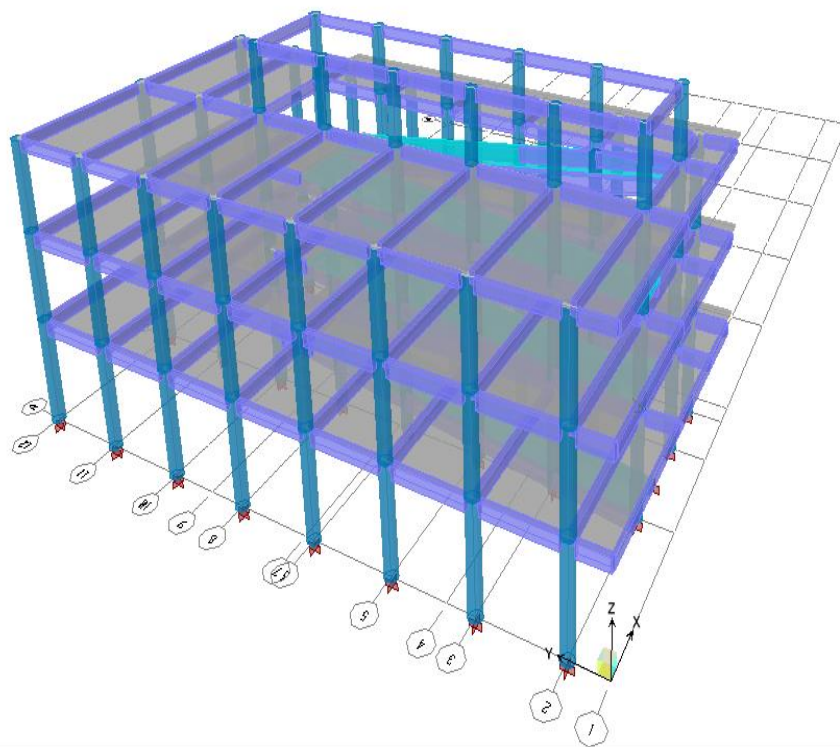
Sistem struktur yang akan dimodelkan ke dalam ETABS adalah berupa rangka ruang (*space frame*), dalam menganalisis gaya gempa pada program dilakukan dengan metode raga *respon spectrum*.

5.5. Hasil Analisis Struktur dan Pembahasan

5.5.1 Hasil Analisis Struktur Bangunan dengan Program Etabs

Selesai pemodelan struktur dengan program komputer, hasil pemodelan tersebut harus diperiksa dan disesuaikan terlebih dahulu berdasarkan standar yang digunakan dalam analisis seperti pengecekan terhadap *Participating Mass Ratio* (Partisipasi Massa), *Modal Periods* (Periode Struktur) dan *Base Shear* (Gaya Geser Dasar), agar pendekatan yang dilakukan dengan pemodelan lebih mendekati hasil yang akurat. Hasil analisis struktur akibat tanpa dilatasi dengan analisis dinamik tiga dimensi dalam pembahasan ini ditinjau terhadap momen, gaya lintang, gaya aksial, torsi, perpindahan nodal, pusat massa dan pusat kekakuan.

Adapun pemodelan struktur Gedung Pasar Inpres Blok IV, Kota Padang sebagai berikut :



Gambar 5.20 Pemodelan Struktur Gedung Pasar Inpres Blok IV Kota Padang
(Capture : Etabs)

5.5.1.1 Partisipasi Massa (*Participating Mass Ratio*)

Analisis dinamik ragam response spectrum yang digunakan adalah metode modal analisis sehingga perlu diketahui apakah analisis telah menyertakan jumlah

ragam yang cukup untuk mendapatkan partisipasi massa ragam terkombinasi sebesar paling sedikit 90% dari massa aktual dalam masing-masing arah horizontal ortogonal dari respon yang ditinjau oleh model. (SNI 1726-2017. Pasal 7.9.1) Berikut nilai partisipasi massa dari struktur yang ditinjau pada kedua kondisi struktur analisis.

Berdasarkan SNI 1726-2017 Pasal 7.9.1 dilakukan pengecekan partisi massa dalam pemodelan guna mengontrol hasil analisis struktur pada pemodelan kondisi existing.

Tabel 5.13 Rasio Perbandingan Partisipasi Massa. (Capture : Etabs)

Modal Participating Mass Ratios					
Outputcase	StepType	StepNum	Period	SumUX	SumUY
MODAL	Mode	1	0.816587	0.803221	0.000006
MODAL	Mode	2	0.724469	0.807475	0.045036
MODAL	Mode	3	0.496255	0.807842	0.856525
MODAL	Mode	4	0.238487	0.943766	0.857223
MODAL	Mode	5	0.217946	0.947648	0.863178
MODAL	Mode	6	0.168778	0.947743	0.957360
MODAL	Mode	7	0.126401	0.947891	0.957853
MODAL	Mode	8	0.114397	0.975232	0.958484
MODAL	Mode	9	0.111407	0.975237	0.958532
MODAL	Mode	10	0.102145	0.977353	0.960120
MODAL	Mode	11	0.098273	0.978722	0.960172
MODAL	Mode	12	0.097854	0.979168	0.961660
MODAL	Mode	13	0.093066	0.979547	0.969074
MODAL	Mode	14	0.091950	0.979566	0.977892
MODAL	Mode	15	0.091532	0.980119	0.980716
MODAL	Mode	16	0.089097	0.980158	0.980735
MODAL	Mode	17	0.087939	0.981144	0.981535
MODAL	Mode	18	0.087160	0.981309	0.981914
MODAL	Mode	19	0.085429	0.982465	0.981914
MODAL	Mode	20	0.080831	0.984176	0.981951
MODAL	Mode	21	0.077879	0.985110	0.981961
MODAL	Mode	22	0.075130	0.985447	0.982015
MODAL	Mode	23	0.071363	0.985647	0.982062
MODAL	Mode	24	0.069464	0.985655	0.983034
MODAL	Mode	25	0.066091	0.985740	0.983431

Dari tabel output yang tampil diatas bisa dicermati kolom *Sum Ux* dan *Sum Uy* untuk mode tertandai (model ini 25 total) pada modal 6 tertera nilai persentase yang sudah mencapai 94% dan 95% yang berarti sudah memenuhi syarat minimal 90%, dengan pengertian pada mode ke 6 syarat analisis rasio partisipasi massa sudah terpenuhi. (Satyaro, Nawangalam, Pratomo P. 2012). Ok !!!

5.5.1.2 Periode struktur (*Modal Periods*)

Berikut akan ditampilkan mode shape, waktu getar atau perioda yang terjadi pada struktur pada kondisi existing dan batasan dari perioda izin yang ditentukan berdasarkan SNI 1726-2012.

a. Pendekatan Perioda Struktur

Berdasarkan bab 5.3.3.12 (peneliti) diatas tentang Perioda struktur yang dilakukan dengan 2 metode, yaitu analisis manual perioda fundamental pendekatan dan perioda fundamental menggunakan program Etabs, dimana T_a izin yang didapat pada kondisi gedung adalah :

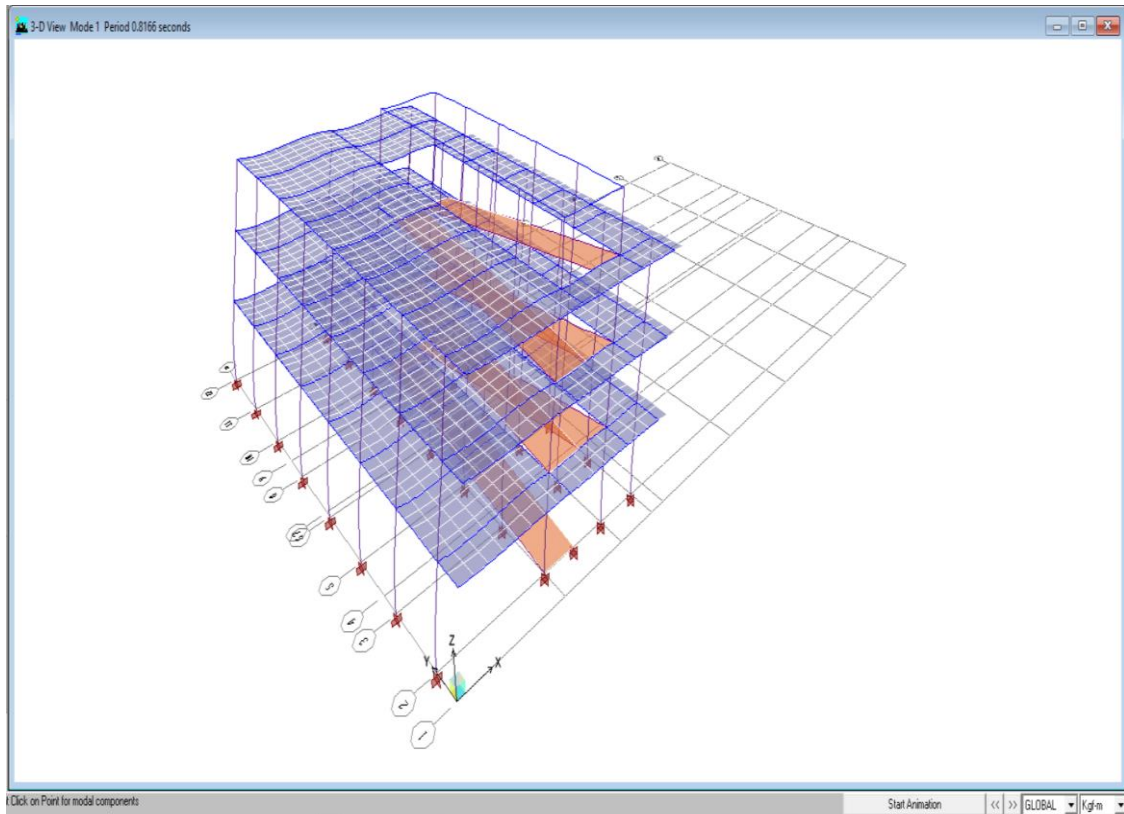
$$\begin{aligned} T_a \text{ Pendekatan} &= C_t \cdot h_n^x && (\text{SNI 1726-2012 : Pasal 7.8.2}) \\ &= 0,0466 \times 12,8^{0,9} \\ &= 0,4361 \text{ detik} \end{aligned}$$

$S_{D1} \geq 0,4$ ($S_{D1} = 0,959$) maka $C_u = 1,4$ dan didapat :

$$\begin{aligned} T_{a \text{ maksimum}} &= C_u T_a && (\text{SNI 1726-2012 pasal 7.8.6.2}) \\ &= 1,4 \times 0,755 \\ &= 1,057 \text{ detik} \end{aligned}$$

b. Pendekatan Perioda Struktur

Analisis periode fundamental dengan desain dinamik 3 dimensi yang dilakukan dengan program SAP2000 (T_c) dengan perencanaan inersia penampang retak (tereduksi, pemodelan awal) maka didapat nilai periode fundamental dari analisis program Etabs sebagai berikut :



Gambar 5.21 Periode Fundamental Struktur Komputer T_c dengan inersia penampang efektif (direduksi); Portal Existing (*Capture : Etabs*)

Didapat Mode $T_c = 0,8166$ Detik. Periode pendekatan yaitu 0,755 detik dan periode maksimum 1,057 detik. Dari rentang batas periode minimum dan periode maksimum pendekatan maka T_c yang didapatkan diantara dari batas periode maksimum yang diizinkan.

Dari perhitungan periode struktur dengan menggunakan program ETABS didapat Deformed Shape T1 Maks, dengan periode = 0,8166 Detik.

Dengan periode pendekatan yang telah ditentukan diatas adalah **0,755** detik dan periode maksimum adalah **1,057** detik, maka periode struktur (T_c) = **0,8166** detik masuk dalam rentang batas periode minimum dan batas periode maksimum. $T = 0,8166 = \text{Ok !!!}$

5.5.1.3 Gaya Geser Dasar (*Base Shear*)

Dalam analisis response spectrum perlu dilakukan pengecekan terhadap gaya geser dasar (*base Shear*) dari hasil analisis tersebut minimal adalah sebesar 80% dari analisis respon dinamik ragam yang pertama. Perlu diketahui untuk pendekatan, pada

struktur beraturan, ragam pertama akan didominasi oleh translasi. (Satyarno, Nawangalam, P. Pratomo. 2012)

Berikut adalah pengecekan gaya geser Dasar pada struktur Pasar Inpres Blok IV Kota Padang.

Arah X:

$$V_{\text{dinamik}} = 2348.343 \text{ kN}$$

$$V_{\text{Statis}} = 2194.633 \text{ kN}$$

$$80 \% \cdot V_{\text{Statis}} = 1755.706 \text{ kN}$$

Syarat : $V_{\text{dinamik}} \geq 80 \% \cdot V_{\text{Statis}}$

$$2348.343 \text{ kN} > 1755.706 \text{ kN} \quad (\text{Ok !!!})$$

Nilai *Base Shear* arah X telah memenuhi syarat.

Arah Y:

$$V_{\text{dinamik}} = 2337.512 \text{ kN}$$

$$V_{\text{Statis}} = 2194.633 \text{ kN}$$

$$80 \% \cdot V_{\text{Statis}} = 1755.706 \text{ kN}$$

Syarat : $V_{\text{dinamik}} \geq 80 \% \cdot V_{\text{Statis}}$

$$2337.512 \text{ kN} > 1755.706 \text{ kN} \quad (\text{Ok !!!})$$

Nilai *Base Shear* arah Y telah memenuhi syarat.

5.5.1.4 Gaya – Gaya Dalam pada Balok

Dari hasil pemodelan dengan bantuan program Etabs maka didapat gaya – gaya dalam sebagai berikut :

Tabel 5.14 Gaya – Gaya Dalam yang terjadi pada balok

Tipe	Panjang (mm)	GAYA DESAIN BALOK											
		TUMPUAN						LAPANGAN					
		P (N)	V2 (N)	V3 (N)	T (Nmm)	M3+ (Nmm)	M3- (Nmm)	P (N)	V2 (N)	V3 (N)	T (Nmm)	M3+ (Nmm)	M3- (Nmm)
B1	8000	399639.9	209663.07	13210.37	45096018	87764555.36	305395528.4	248242.1	156120.63	4855.03	39933287	194946487.4	62598520.2
B2	3000	322602.6	230238.42	23841.73	10197720	227419534	238095617	322602.6	221211.94	23841.73	10197719.51	109595000.5	100861599.9
B3	4500	742957.9	111378.68	27700.52	20528927	89227545.48	137396397.8	521115.3	86303.28	3872.24	17129124.92	69084953	52472662
B4	5000	511053.7	317366.47	34250.22	181049320	146616083.7	334716385	459110.8	280305.6	12292.54	181049320.1	288121690.1	74925099.6
B5	2000	490275.6	153706.64	21438.67	80510801	7764426.35	213158749	490275.6	148125.26	21438.67	80510801.4	292782.998	164120583.2
RB1	8000	399639.9	195543.34	7385.9	41463124	61472515.78	253340378.3	248242.1	150787.03	2274.69	36586300.07	194936299	41098774.3
RB2	2000	104978.1	170426.94	7657.66	10197720	154700059.4	163166427.8	252179.5	159403.53	9611.03	10197719.51	79981529.22	63715277.2
RB3	4500	346949.2	96614.78	26982.08	18994431	87655752.83	111223810.7	466078.2	143890.13	24712.41	17129124.92	54308451.78	143164509.3
RB4	3000	327134.1	200719.89	17597.92	114069085	181990845.1	261823087.5	511053.7	192328.97	16607.15	111750376.5	82425011.13	134525984
RB5	2000	331629.5	149295.42	10122.07	68487168	64791486.37	208164351.9	331629.5	143931.53	10122.07	68487167.6	22880543.26	160523962.9

5.5.1.5 Gaya – Gaya Dalam pada Kolom

Berdasarkan hasil program Etabs gaya-gaya dalam pada kolom sebagai berikut :

Tabel 5.15 Gaya – Gaya Dalam yang terjadi pada kolom

Kolom	B (mm)	P (N)	V2 (N)	V3 (N)	T (N)	M2 (Nmm)	M3 (Nmm)
K1 (EKSTERIOR)	700	2120315.5	194948.7	108456.1	22021391.9	545750931.6	629965656
K1 (INTERIOR)	700	2039999.7	330531.9	563291.4	71532953.7	1006676822	731101014
K1 (CORNER)	700	1032475.4	119851.7	100293	21294081.9	431343360.9	531668954
K2 (EKSTERIOR)	700	601226.02	147531.9	68882.58	21583855.4	123769264	260502643
K2 (INTERIOR)	700	617615.36	293672.1	403676.1	55773321.3	317488932.7	305229330
K2 (CORNER)	700	331164.73	119851.7	48126.42	13313134.3	95488615.1	238272743

5.5.1.5 Gaya – Gaya Dalam pada Sambungan Balok Kolom

Dari hasil pemodelan dengan bantuan Program Etabs maka didapat gaya aksial dari titik yang ditinjau yaitu :

Tabel 5.16 Hasil gaya aksial dengan Program ETABS

Gaya Aksial (KN)	Tipe Pertemuan Sambungan Balok Kolom					
Kombinasi Beban	Interior	Roof Interior	Eksterior	Roof Eksterior	Corner	Roof Corner
COMB 1	1,616.134	497.170	1,616.134	587.820	721.020	237.387
COMB 2	1,984.526	617.615	1,984.526	550.826	1,032.057	331.165
COMB 3	1,572.529	485.980	1,572.529	444.133	747.405	243.378
COMB 4	1,038.943	319.610	1,038.943	481.254	463.513	152.606
COMB5 MAX	1,476.768	490.012	1,476.768	578.937	730.595	245.765
COMB5 MIN	2,040.000	596.298	2,120.315	539.445	1,032.475	302.218
COMB6 MAX	607.157	225.160	572.626	311.343	281.384	100.564
COMB6 MIN	1,135.858	315.933	1,236.570	506.161	734.841	202.274

Berdasarkan hasil diatas diambil nilai gaya aksial yang tertinggi untuk dianalisis pada tinjauan balok kolom. Nilai diatas diperlukan saat menghitung nilai gaya geser yang dipikul oleh beton.

5.5.2 Hasil Analisis Sambungan Balok kolom

Dari hasil perhitungan sambungan balok kolom pada Gedung Pasar Inpres Blok IV Kota Padang dengan menggunakan metode SNI 2847:2013 didapat hasil sebagai berikut :

Tabel 5. 17 Hasil Perbandingan Gaya Geser

Gaya Geser (KN)	Tipe Pertemuan Sambungan Balok Kolom					
	Interior	Roof Interior	Eksterior	Roof Eksterior	Corner	Roof Corner
HBK	4801.633	1482.316	2401.389	720.436	2401.389	720.436
Kolom	724.375	584.953	361.614	361.551	723.229	723.103
Balok	742.957	364.892	514.079	185.265	399.640	125.562



Gambar 5.22 Grafik Perbandingan Gaya Geser

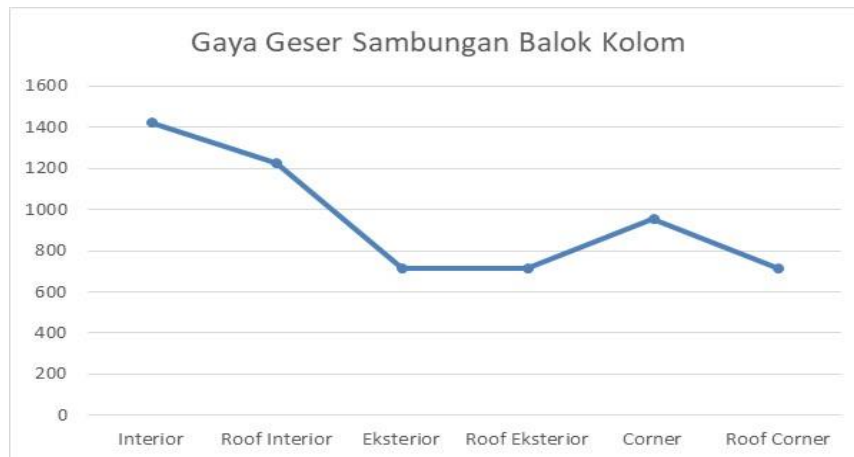
Dari hasil yang digambarkan dari grafik di atas didapat bahwa gaya geser dalam sambungan dengan menggunakan metode SNI 2847:2013 lebih besar dari pada gaya geser yang ditimbulkan balok dan kolom. Oleh karena itu diperhatikan sambungan balok kolom agar tidak terjadi kegagalan struktur yang tidak diinginkan.

Adapun beberapa tipe menggunakan metode SNI 2847:2013 ini dapat disimpulkan pada pembahasan yaitu:

A. Gaya Geser pada Sambungan Balok – Kolom

Tabel 5.18 Gaya Geser dalam Sambungan Balok Kolom

Tipe	Hasil Analisis
	SNI 2847:2013
Interior	1425.626
Roof Interior	1227.889
Eksterior	715.640
Roof Eksterior	715.875
Corner	957.627
Roof Corner	716.011



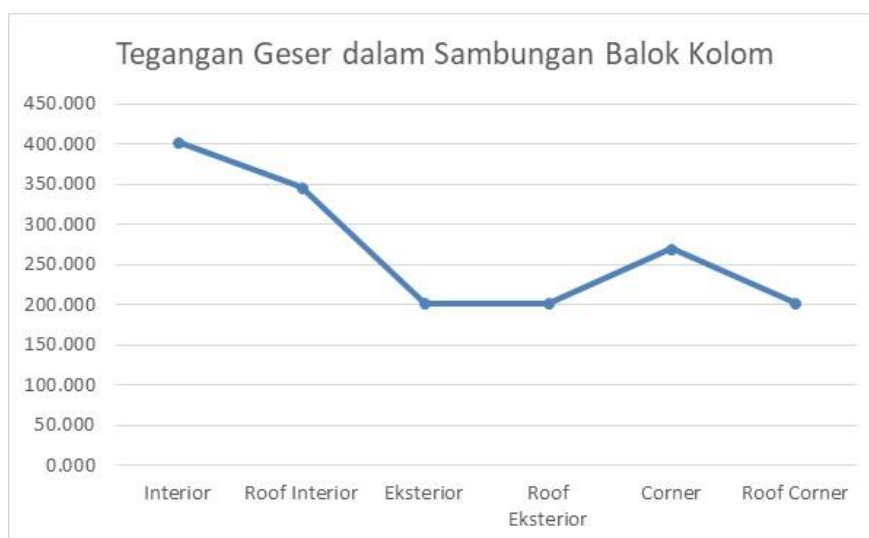
Gambar 5.23 Grafik Gaya Geser dalam Sambungan Balok Kolom

Dari hasil yang didapatkan gaya geser dalam sambungan balok kolom eksterior lebih kecil dibandingkan roof corner.

B. Tegangan Geser dalam Sambungan Balok Kolom

Tabel 5.19 Tegangan Geser dalam Sambungan Balok Kolom

Tipe	Hasil Analisis	
	SNI 2847:2013	
Interior	402.456	N/mm ²
Roof Interior	346.635	N/mm ²
Eksterior	202.026	N/mm ²
Roof Eksterior	202.093	N/mm ²
Corner	270.340	N/mm ²
Roof Corner	202.131	N/mm ²



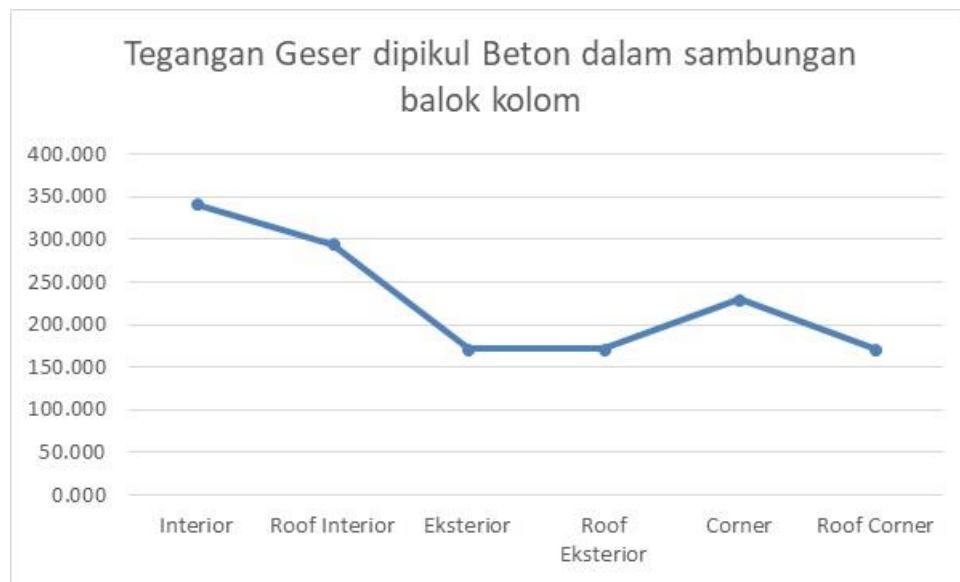
Gambar 5.24 Grafik Tegangan Geser dalam Sambungan Balok Kolom

Dari hasil diatas tegangan geser yang didaerah interior lebih besar dari pada yang lainnya.

C. Tegangan Geser yang dipikul Beton pada Sambungan Balok Kolom

Tabel 5.20 Tegangan Geser yang dipikul Beton pada Sambungan Balok Kolom

Tipe	Hasil Analisis	
	SNI 2847:2013	
Interior	342.088	N/mm ²
Roof Interior	294.640	N/mm ²
Eksterior	171.722	N/mm ²
Roof Eksterior	171.779	N/mm ²
Corner	229.789	N/mm ²
Roof Corner	171.811	N/mm ²

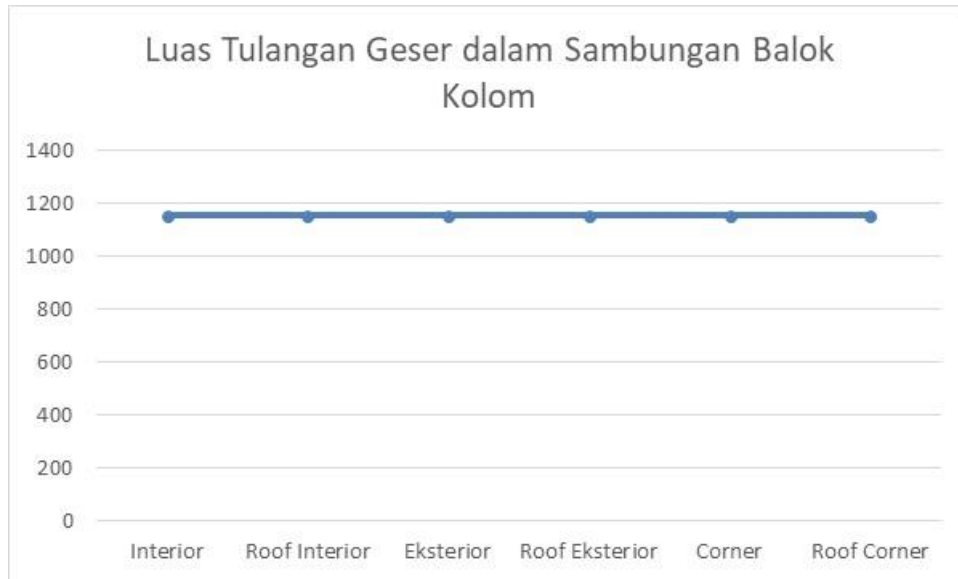


Gambar 5.25 Tegangan Geser yang dipikul Beton pada Sambungan Balok Kolom

D. Luas Tulangan pada Sambungan Balok Kolom

Tabel 5.21 Luas Tulangan pada Sambungan Balok Kolom

Tipe	Hasil Analisis	
	SNI 2847:2013	
Interior	1155	mm ²
Roof Interior	1155	mm ²
Eksterior	1155	mm ²
Roof Eksterior	1155	mm ²
Corner	1155	mm ²
Roof Corner	1155	mm ²



Gambar 5.26 Luas Tulangan pada Sambungan Balok Kolom

E. Jarak Tulangan pada Sambungan Balok Kolom

Dari hasil yang didapat jarak tulangan dalam sambungan balok kolom dengan menggunakan metode SNI 2847:2013 didapat 55 mm. sedangkan di SNI 2847:2013 memberi syarat jarak tulangan tidak perlu lebih besar dari 25 mm dan tidak boleh kurang dari 75 mm.

F. Panjang Penyaluran Tulangan Longitudinal Balok pada Sambungan Balok kolom

Dari hitungan yang didapat Panjang penyaluran tulangan longitudinal balok pada sambungan balok kolom diperoleh 720 mm dengan menggunakan sni 2847:2013 yang sebesar 265 mm. Hal ini dikarenakan factor pembagi dari persyaratan yang ada.

BAB VI

KESIMPULAN DAN SARAN

Berdasarkan hasil dari luaran yang dicapai dalam penelitian tentang "Analisis Sambungan Balok Kolom Beton Bertulang Pada Daerah Rawan Gempa (Studi Kasus : Gedung Pasar Inpres Blok IV Kota Padang)", dengan berpedoman pada SNI 2847:2013 dan SNI 1726:2012 dapat di peroleh kesimpulan dan saran sebagai berikut :

6.1. Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisis yang didapat gaya geser struktur balok dan struktur kolom lebih kecil daripada gaya geser pada elemen sambungan balok kolom. Oleh karena itu perlu adanya perhatian khusus pada sambungan balok kolom dengan diperhatikannya tulangan geser pada sambungan balok kolom tersebut. Dari hasil analisis dengan menggunakan metode SNI 2847:2013 lebih efisien dikarenakan nilainya lebih besar baik dengan gaya geser, tegangan geser dan Panjang penyaluran. Gaya geser maksimum yang bekerja pada daerah hubungan balok kolom berada pada tipe joint interior.

6.2. Saran

Sebaiknya dalam mendesain sambungan balok kolom sebaiknya menggunakan desain peraturan standar yang terbaru, karena diliat dari hasil pembahasan penelitian dengan menggunakan peraturan terbaru nilainya lebih efisien. Dari analisis dilakukan diketahui desain bangunan yang dimodelkan tidak memperhitungkan tulangan spiral pada daerah hubungan balok kolom.

DAFTAR PUSTAKA

- ACI 352-02, 2002, *Recommendations for Design of Beam Column Connection in Monolithic Reinforced Concrete Structures ACI 352-02*, American Concrete Institute, Amerika.
- Eddy Ristanto, Suyadi, Laksmi Irianti. 2015. Analisis Joint Balok Kolom dengan Metode SNI 2847-2013 dan ACI 352R-2002 pada Hotel Serela Lampung. JRSDD, Edisi September 2015, Vol. 3, No. 3, Hal:521 – 540 (ISSN:2303-0011).
- Rita Anggraini, Jafril Tanjung, Jati Sunaryati, Rendy Thamrin, Riza Aryanti, 2016, Studi Eksperimental Perilaku Geser Balok Pada Sambungan Balok Kolom Beton Bertulang. Jurnal Rekayasa Sipil Universitas Andalas Padang. Edisi Februari No. 1 Vol. 12 (ISSN 1858-2133 cetak, 2477-3484 online)
- SNI-1726, 2012, Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Struktur Bangunan Gedung, Departemen Pekerjaan Umum.
- SNI-2847, 2013, Persyaratan Beton Struktural untuk Bangunan Gedung, Departemen Pekerjaan Umum.
- SNI-1727, 2013, Beban Minimum untuk Perencanaan Gedung dan Struktur Lain, Departemen Pekerjaan Umum.