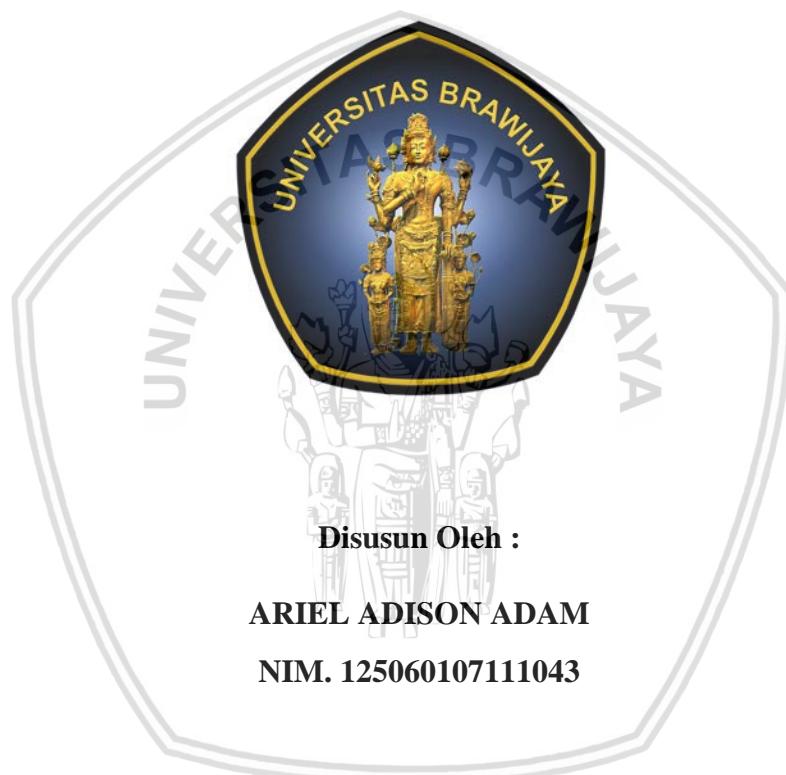


**KARAKTERISTIK FISIK DAN MEKANIK BANGUNAN RUMAH
TINGGAL SATU LANTAI DALAM MEMENUHI PERSYARATAN
TAHAN GEMPA**

SKRIPSI

Diajukan untuk memenuhi persyaratan
memperoleh gelar Sarjana Teknik



**UNIVERSITAS BRAWIJAYA
FAKULTAS TEKNIK
JURUSAN TEKNIK SIPIL
2018**

SKRIPSI
TAHAN GEMPA
KARAKTERISTIK FISIK DAN MEKANIK BANGUNAN RUMAH
TINGGAL SATU LANTAI DALAM MEMENUHI PERSYARATAN
LEMBAR PENGESAHAN

Skrripsi ini telah direvisi dan disetujui oleh dosen pembimbing
Pada tanggal 29 Mei 2018

NIM. 125060107111043

ARIEL ADISON ADAM



memperoleh gelar Sarjana Teknik
Dijaukan untuk memenuhi persyaratan

Dosen Pembimbing I
Dr. Ir. Wisnumurti, MT.

NIP. 19751122 199903 1 003
Dr. Eng. Achrafas Zacoeb, ST, MT

NIP. 19641207 199002 1 001
Dr. Ir. Wisnumurti, MT.

Mengetahui,
Ketua Program Studi SI

Dr. Eng. Mardadi Wijayamiko, ST, M.Eng (Prac)
NIP. 19810220 200604 1 002

HALAMAN IDENTITAS TIM PENGUJI SKRIPSI

Judul Skripsi:

Karakteristik Fisik dan Mekanik Bangunan Rumah Tinggal Satu Lantai dalam Memenuhi persyaratan Tahan Gempa

Nama Mahasiswa : Ariel Adison Adam

NIM : 125060107111043

Program Studi : Teknik Sipil

Konsentrasi : Struktur

TIM DOSEN PENGUJI

Dosen Penguji I : Prof. Dr. Ir. Agoes SMD, MT

Dosen Penguji II : Dr. Ir. Edhi Wahyuni Setyowati, MT.

Tanggal Ujian : 9 Mei 2018

SK Penguji : 924/UN10.F07/PP/2018

LEMBAR PERNYATAAN ORISINALITAS

Saya menyatakan dengan sebenar-benarnya bahwa sepanjang pengetahuan saya dan berdasarkan hasil penelusuran berbagai karya ilmiah, gagasan dan masalah ilmiah yang diteliti dan diulas di dalam Naskah Skripsi ini adalah asli dari pemikiran saya. Tidak terdapat karya ilmiah yang pernah diajukan oleh orang lain untuk memperoleh gelar akademik di suatu Perguruan Tinggi, dan tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan oleh orang lain, kecuali yang secara tertulis dikutip dalam naskah ini dan disebutkan dalam sumber kutipan dan daftar pustaka.

Apabila ternyata didalam skripsi ini dapat dibuktikan terdapat unsur-unsur penjiplakan, saya bersedia Skripsi ini untuk dibatalkan, serta diproses sesuai dengan peraturan perundang-undangan yang berlaku (UU No. 20 Tahun 2003, pasal 25 ayat 2 dan pasal 70).

Malang, Mei 2018

Mahasiswa,

Ariel Adison Adam
NIM. 125060107111043



UNIVERSITAS BRAWIJAYA
FAKULTAS TEKNIK
PROGRAM SARJANA



SERTIFIKAT BEBAS PLAGIASI

Nomor : 029 /UN10.F07.11.11/PP/2018

Sertifikat ini diberikan kepada :

ARIEL ADISON ADAM

Dengan Judul Skripsi :

KARAKTERISTIK FISIK DAN MEKANIK BANGUNAN RUMAH TINGGAL

SATU LANTAI DALAM MEMENUHI PERSYARATAN TAHAN GEMPA

Telah dideteksi tingkat plagiiasinya dengan kriteria toleransi $\leq 20\%$, dan
dinyatakan Bebas dari Plagiasi pada tanggal 25 Mei 2018

Ketua Jurusan Teknik Sipil

Dr. Eng. Alwafiq Pujirahario, ST, MT
NIP. 19700829 200012 1 001

Ketua Program Studi S1 Teknik Sipil

Dr. Eng. Indradi Wijatmiko, ST, M.Eng (Prac)
NIP. 19810220 200604 1 002

RIWAYAT HIDUP

Ariel Adison Adam lahir di Surabaya, 29 November 1996. Anak ketiga dari empat bersaudara dari Bapak Ridolf Adam dan Ibu Hosianni In Rantau. Menjalani pendidikan dasar di SDK Don Bosco I kota Kupang pada tahun 2000 hingga tahun 2006. Lalu melanjutkan pendidikan di SMP dan SMA Kristen Mercusuar pada tahun 2008 hingga 2012. Kemudian melanjutkan pendidikan S1 di Universitas Brawijaya Malang pada tahun 2012 dan lulus pada tahun 2018.

Selama perkuliahan pernah berpartisipasi dalam kegiatan kepanitiaan yang dilaksanakan oleh Himpunan Mahasiswa Sipil. Selain itu, juga pernah menjadi anggota organisasi Himpunan Mahasiswa Sipil.

Malang, Mei 2018

Penulis

RINGKASAN

Ariel Adison Adam, Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Universitas Brawijaya, April 2018, *Karakteristik Fisik dan Mekanik Bangunan Rumah Tinggal Satu Lantai dalam Memenuhi Persyaratan Tahan Gempa*, Dosen Pembimbing : Achfas Zacoeb dan Wisnumurti

Indonesia merupakan salah satu negara yang hampir setiap wilayahnya memiliki tingkat resiko gempa bumi yang tinggi. Setiap tahunnya dapat dipastikan terjadi gempa bumi yang mengakibatkan kerusakan yang cukup parah. Sebagai salah satu wilayah rawan terhadap gempa, perencanaan struktur bangunan rumah tahan gempa di Kota Malang merupakan suatu hal yang mutlak. Sebagian besar rumah tinggal di kota Malang merupakan bangunan yang menggunakan struktur beton dan bata merah sebagai dinding. Oleh karena itu penting untuk dilakukan kajian untuk menganalisis rumah tinggal dengan dinding bata sebagai elemen struktural.

Pada penelitian ini dilakukan proses analisis pada rumah dengan material dinding bata dari Turen, Godanglegi dan Wajak. Dilakukan perhitungan untuk mengetahui tegangan yang terjadi pada bangunan akibat beban gempa dan beban gravitasi. Data bangunan rumah dan beban gempa yang digunakan mengikuti data yang telah di atur oleh PPURG 1987 dan SNI 1726-2012 serta perhitungan dilakukan secara manual dengan menggunakan aplikasi Autocad, Microsoft Word dan Microsoft Excel.

Pengaruh fisik dari bata khususnya massa jenis merupakan salah satu faktor yang menentukan besaran gaya geser dasar seismik (V). Nilai berat pasangan bata yang didapat dari PPURG 1987 sebesar 250 kg/m^2 lebih besar dari nilai ketiga sampel yang ada. Sehingga gaya geser dasar seismik yang terjadi lebih kecil dari perhitungan di penelitian ini. Dari hasil perhitungan didapat tegangan tekan maksimal yang terjadi ($30,56 \text{ kg/cm}^2$) lebih kecil dari nilai kuat tekan sampel yang paling kecil ($32,25 \text{ kg/cm}^2$). Tegangan geser maksimal yang terjadi ($0,64511 \text{ kg/cm}^2$) lebih kecil dari nilai kuat geser sampel yang paling kecil ($2,56 \text{ kg/cm}^2$). Namun, tegangan tarik lentur maksimal yang terjadi adalah sebesar ($30,56 \text{ kg/cm}^2$) lebih besar daripada nilai kuat tarik lentur dari ketiga sampel (kekuatan maksimum sampel sebesar $2,13 \text{ kg/cm}^2$). Pada penilitian ini, kolom beton bertulang dianggap sebagai dinding bata. Untuk penelitian selanjutnya, disarankan perhitungan dilakukan dengan menganggap dinding bata dan kolom bekerja sebagai struktur komposit.

Kata kunci : gempa, dinding bata, dinding penumpu, statis ekuivalen.

SUMMARY

Ariel Adison Adam, Departement of Civil Engineering, Faculty of Engineering Brawijaya University, April 2018, *Physical and Mechanical Characteristic One Floor Dwelling in Fulfilling of Earthquake Resistance Requirement*, Academic Supervisor : Achfas Zacoeb and Wisnumurti

Indonesia is a country where almost every region has a high level of earthquake risk. Every year there were always earthquake that causes severe damage. As one of the areas prone to earthquake, earthquake resistant building structure in Malang is an absolute thing. Most of the houses in Malang are buildings using concrete and red brick structures as walls. Therefore it is important to do a study to analyze the dwelling house with brick wall as a structural element.

This research is analyze building with brick wall material from Turen, Godanglegi and Wajak. This research conducted calculations to determine the stresses that occur in buildings due to earthquake and gravity loads. Building data and earthquake loads are used in according to the standard that has been set by PPURG 1987 and SNI 1726-2012 and calculations are done manually using the application Autocad, Microsoft Word and Microsoft Excel.

The physical property of brick, especially the density of the brick, is one of the factors determining the magnitude of the seismic base shear force (V). The weight value of brick wall obtained from PPURG 1987 of 250 kg/m^2 is greater than the value of the three samples. So the seismic base shear force that occurs is smaller than the calculation in this study. From the calculation results obtained the maximum compressive stress that occurs (30.56 kg/cm^2) is smaller than the compressive strength value of the smallest sample (32.25 kg/cm^2). The maximum shear stress that occurs (0.64511 kg/cm^2) is smaller than the smallest shear strength value (2.56 kg/cm^2). However, the maximum tensile stress that occurs is (30.56 kg/cm^2) greater than the tensile strength of the three samples (the maximum sample strength of 2.13 kg/cm^2). In this study, reinforced concrete column is considered as a brick wall. For further research, it is recommended that the calculation be done by considering the brick walls and columns working as composite structures.

Keywords: earthquake, brick wall, bearing wall, equivalent static

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur kehadirat Allah SWT, yang telah melimpahkan rahmat dan karunia-Nya kepada penulis dalam menyusun Laporan Tugas Akhir yang berjudul **“KARAKTERISTIK FISIK DAN MEKANIK BANGUNAN RUMAH TINGGAL SATU LANTAI DALAM MEMENUHI PERSYARATAN TAHAN GEMPA”**. Laporan Tugas Akhir ini disusun guna memenuhi persyaratan akademis untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik (ST) di Fakultas Teknik Jurusan Sipil Universitas Brawijaya Malang.

Tersusunnya laporan ini tidak lepas dari bantuan berbagai pihak yang telah membantu dan mendukung penulis. Pada kesempatan kali ini, penulis ingin mengucapkan terima kasih kepada:

1. Ridolf Adam dan Hosianni In Rantau sebagai orang tua yang tiada lelah mendoakan, membantu, dan menyemangati penulis setiap hari karena tanpa bantuan kedua orang tua penulis tidak akan bisa berhasil seperti sekarang ini.
2. Azaria, Aditya dan Abraham sebagai saudara yang tiada lelah membantu, menyemangati dan mendoakan penulis karena tanpa bantuan mereka penulis tidak akan bisa berhasil seperti sekarang ini.
3. Bapak Dr. Ir. Wisnumurti, MT. sebagai pembimbing yang tiada lelah membimbing dan menyemangati penulis sampai terselesaiannya tugas akhir ini.
4. Bapak Dr. Eng. Achfas Zacoeb, ST, MT sebagai pembimbing yang tiada lelah membimbing dan menyemangati penulis sampai terselesaiannya tugas akhir ini.
5. Dosen pengaji, Dosen kompre, seluruh Dosen serta civitas akademika Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Brawijaya.
6. Dimas Herly Andinna dan Dito Muhammad sebagai partner skripsi yang selalu menyemangati, membantu dan mengingatkan penulis dalam penyelesaian tugas akhir ini.
7. Keluarga Besar Mahasiswa Sipil Universitas Brawijaya khususnya angkatan 2012.
8. Teman-teman PMK Yehezkiel yang tiada henti menayakan kapan lulus.
- 9.

Penulis menyadari bahwa penulisan laporan tugas akhir ini masih jauh dari kata sempurna dan terdapat banyak sekali kekurangan. Oleh karena itu, penulis sangat mengharapkan adanya masukan, baik saran maupun kritik yang bersifat membangun dari semua pihak. Semoga laporan ini dapat bermanfaat, khususnya bagi penulis sendiri dan umumnya bagi para pembaca.

Malang, Mei 2018

Penulis



DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR.....	i
DAFTAR ISI.....	iii
DAFTAR TABEL	vi
DAFTAR GAMBAR.....	viii
RINGKASAN	x
SUMMARY	xii

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang Masalah.....	1
1.2 Identifikasi Masalah.....	1
1.3 Rumusan Masalah.....	2
1.4 Batasan Masalah	2
1.5 Maksud dan Tujuan.....	2
1.6 Manfaat	3

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Dinding Bata Merah	5
2.1.1 Bata Merah	6
2.1.2 Mortar.....	6
2.2 Dinding Bata Terkekang.....	7
2.3 Bukaan.....	8
2.4 Kriteria Perhitungan	8
2.4.1 Beban-beban yang bekerja	8
2.4.2 Kombinasi Beban Terfaktor	9
2.4.3 Wilayah Gempa.....	10
2.4.4 Konfigurasi Struktur Gedung	10
2.4.5 Sistem Struktur	11
2.5 Desain Beban Gempa	13

2.5.1	Kategori resiko gedung	13
2.5.2	Parameter Percepatan Spektrum Desain.....	18
2.5.3	Perioda Fundamental Pendekatan	18
2.5.4	Spektrum Respons Desain	19
2.5.5	Geser Dasar seismik.....	20
2.6	Karakteristik Penampang.....	21
2.6.1	Luas Penampang	21
2.6.2	Momen Statis	22
2.6.3	Titik Berat Penampang	23
2.6.4	Momen Inersia Penampang.....	23
2.6.5	Tegangan Tegangan yang terjadi pada Dinding Bata Terkekang.....	24
BAB III METODE PENELITIAN		
3.1	Data perencanaan.....	27
3.1.1	Data umum bangunan	27
3.1.2	Data teknis bangunan	28
3.1.3	Mutu Bahan yand digunakan	31
3.2	Tahapan Perhitungan	31
3.2.1	Analisis pembebanan	31
3.2.2	Analisis gempa.....	31
3.2.3	Desaian statika	31
3.2.4	Diagram Alur Pengerjaan.....	32
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN		
4.1	Pembebanan	33
4.2	Perhitungan momen inersia	35
4.2.1	Momen Inersia sumbu x (I_x).....	35
4.2.2	Momen Inersia sumbu y (I_y)	37
4.3	Analisis Beban Gempa	39
4.4	Letak Beban Gempa	41
4.4.1	Pusat massa beban tembok	41

4.4.2 Pusat massa beban kolom.....	43
4.4.3 Pusat massa balok ring	45
4.4.4 Pusat massa akibat beban hidup, penutup atap, plafon kuda-kuda dan gording.....	47
4.4.5 Pusat massa akibat seluruh beban	48
4.5 Perhitungan tegangan geser dinding bata	49
4.5.1 Tegangan geser akibat torsi.....	49
4.5.2 Tegangan geser akibat gaya geser gempa	52
4.5.3 Tegangan geser total.....	52
4.6 Tegangan lentur dan normal.....	53
4.6.1 Tegangan lentur keseluruhan.....	53
4.6.2 Tegangan lentur dan normal masing-masing dinding	56
BAB V Penutup	
5.1 Kesimpulan	59
5.2 Saran	59
DAFTAR PUSTAKA	61

DAFTAR TABEL

NO	Judul	Halaman
Tabel 2.1	Kategori risiko bangunan gedung dan non-gedung untuk beban gempa	13
Tabel 2.2	Faktor Keutamaan Gempa	15
Tabel 2.3	Faktor R untuk sistem penahan gaya gempa	15
Tabel 2.4	Klasifikasi Situs	16
Tabel 2.5	Koefisien situs, F_a	17
Tabel 2.6	Koefisien situs F_v	17
Tabel 3.1	Data kekuatan dinding bata	31
Tabel 4.1	Massa jenis sampel Bata	35
Tabel 4.2	Perhitungan I_x	36
Tabel 4.3	Perhitungan I_y	38
Tabel 4.4	faktor keutamaan gempa	39
Tabel 4.5	Perhitungan pusat massa dinding bata	43
Tabel 4.6	Perhitungan pusat massa kolom	44
Tabel 4.7	Perhitungan pusat massa balok ring	46
Tabel 4.8	Perhitungan pusat massa semua beban	48
Tabel 4.9	Perhitungan gaya geser pada masing-masing dinding	50
Tabel 4.10	Perhitungan gaya geser pada masing-masing dinding	52
Tabel 4.11	Perhitungan gaya geser total pada dinding elemen y	53
Tabel 4.12	Perhitungan gaya geser total pada dinding elemen x	53

Tabel 4.13	Tegangan normal akibat beban gravitasi pada elemen y	55
Tabel 4.14	Tegangan normal akibat beban gravitasi pada elemen x	55
Tabel 4.15	Tegangan lentur pada elemen dinding sejajar sumbu y	56
Tabel 4.16	Tegangan lentur pada elemen dinding sejajar sumbu x	57



DAFTAR GAMBAR

NO	Judul	Halaman
Gambar 2.1	Aturan Penyusunan Batu Bata Merah	5
Gambar 2.2	Contoh bangunan dengan dinding bata terkekang	7
Gambar 2.3	Sistem struktur penahan gempa	13
Gambar 2.4	Spektrum respons desain	20
Gambar 2.5	Profil Wide Flange Koefisien resiko terpetakan, perioda respons spektrum 0,2 detik	21
Gambar 2.6	Profil Wide Flange Koefisien resiko terpetakan, perioda respons spektrum 1 detik	21
Gambar 2.7	Area bidang untuk bentuk sembarang dengan pusat berat	22
Gambar 2.8	Dinding bata terkekang yang mendapat beban aksial dan vertical	24
Gambar 3.1	Tampak rumah	27
Gambar 3.2	Denah rumah lokasi A	28
Gambar 3.3	Baja profil Light Lip Channel 150.75.20.4,5	29
Gambar 3.4	Profil siku ganda 50.50.7	29
Gambar 3.5	Letak dan Rangka kuda-kuda	30
Gambar 3.6	Diagram Alur Penggerjaan	32
Gambar 4.1	Area pembebanan kuda-kuda dan potongan kuda-kuda	34

Gambar 4.2	partisi profil untuk perhitungan I_x	35
Gambar 4.3	Letak pusat massa dan panjang dinding satu	36
Gambar 4.4	partisi profil untuk menghitung I_y	37
Gambar 4.5	Letak pusat massa dan panjang dinding satu	37
Gambar 4.6	Grafik Respons Spektral Percepatan Permukaan	40
Gambar 4.7	Partisi dinding bata	41
Gambar 4.8	Letak pusat massa dan panjang dinding dua	42
Gambar 4.9	Letak pusat massa dan panjang dinding lima belas	42
Gambar 4.10	Penamaan kolom	44
Gambar 4.11	Letak pusat massa kolom satu	44
Gambar 4.12	Partisi Balok Ring	45
Gambar 4.13	Letak pusat massa balok ring satu	46
Gambar 4.14	Letak pusat massa beban hidup, penutup atap, gording, kuda-kuda dan plafon	47
Gambar 4.15	Letak beban gempa dan pusat massa penampang	49
Gambar 4.16	Gaya geser pada masing-masing dinding akibat torsi M_x	50
Gambar 4.17	Gaya geser pada masing-masing dinding akibat torsi M_y	51
Gambar 4.18	Letak pusat massa untuk menghitung tegangan lentur	54

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang Masalah

Indonesia adalah negara yang hampir seluruh wilayahnya memiliki tingkat resiko gempa bumi yang tinggi. Setiap tahunnya dapat dipastikan terjadi gempa bumi yang mengakibatkan kerusakan yang cukup parah. Gempa bumi merupakan salah satu bencana alam yang paling berbahaya karena bencana alam ini selalu terjadi secara tiba-tiba dan tidak dapat diprediksi akan kemunculannya. Ketika gempa bumi terjadi, tanah bisa kehilangan stabilitasnya sehingga mampu merusak bangunan dan lingkungan bahkan sampai menelan korban jiwa terhadap semua kehidupan yang berada di atasnya.

Sebagai salah satu wilayah rawan terhadap gempa, perencanaan struktur bangunan rumah tahan gempa di Kota Malang merupakan suatu hal yang mutlak. Hal ini bertujuan untuk mengurangi resiko keruntuhan bangunan dan korban jiwa saat gempa terjadi mengingat Kota Malang merupakan wilayah yang jumlah penduduknya cukup tinggi.

Sebagian besar rumah tinggal di kota Malang merupakan bangunan yang menggunakan struktur beton dan bata merah sebagai dinding. Pada struktur rumah tinggal tingkat rendah, dinding bata memiliki peran signifikan dalam menahan beban. Baik itu beban gempa maupun beban gravitasi.

Kualitas bata sangat mempengaruhi kekuatan rumah tingkat rendah di Malang. Namun kualitas bata khususnya bata merah yang diproduksi di sekitar kota malang mutunya berbeda-beda. Kualitas bata merah yang bervariasi akan menimbulkan ketahanan struktur yang berbeda-beda pula terhadap beban khususnya beban gempa

Berdasarkan latar belakang diatas, tulisan ini akan menganalisis rumah tinggal di Malang dengan dinding bata sebagai elemen struktural, khususnya untuk rumah tinggal satu lantai dalam memenuhi persyaratan tahan gempa.

1.2 Identifikasi Masalah

Pada bangunan rumah tinggal tingkat rendah, gaya gempa merupakan beban yang signifikan dalam menentukan menentukan integritas struktur bangunan. Struktur bangunan rumah harus kuat menahan beban gempa tersebut.

Bata merah yang sering dipakai diproduksi tidak dengan menggunakan metode pabrikasi melainkan dengan metode tradisional, sehingga mutu bata yang dihasilkan tidak seragam.

1.3 Rumusah Masalah

Berdasarkan uraian diatas, maka berikut rumusan masalah yang akan dibahas pada skripsi ini

1. Apakah struktur bangunan rumah tinggal satu lantai yang terdapat di kota Malang memiliki karakteristik fisik dan mekanis yang sesuai dengan SNI sehingga struktur tersebut dapat memenuhi persyaratan tahan gempa.
2. Skripsi ini juga ingin menganalisis pengaruh mutu bahan khususnya bata merah dalam struktur rumah tinggal satu lantai.

1.4 Batasan Masalah

Adapun untuk batasan-batasan masalah di dalam penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Objek struktur bangunan yang diteliti merupakan salah satu rumah tinggal satu lantai yang terdapat di Kota Malang.
2. Beban horizontal yang ditinjau adalah beban gempa.
3. Seluruh dinding dan kolom diasumsikan terjepit pada pondasi.
4. Perhitungan yang dilakukan hanya struktur bagian atas saja, yaitu dinding bata terkekang sehingga perhitungan rumah tidak diikuti dengan perhitungan pondasi.
5. Dinding dianggap sebagai bagian struktural.
6. Dinding bata yang hanya berfungsi sebagai pagar pembatas tidak dimasukan dalam perhitungan

1.5 Maksud dan Tujuan

Adapun maksud dan tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui apakah struktur bangunan rumah tinggal satu lantai yang berada di kota Malang telah memenuhi persyaratan tahan gempa sesuai dengan SNI yang ada.

1.6 Manfaat

Adapun beberapa manfaat yang diharapkan dari penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Mengetahui persyaratan karakteristik fisik dan mekanis pada struktur bangunan rumah tinggal satu lantai.
2. Mengetahui perilaku bangunan rumah tinggal satu lantai akibat beban gempa.
3. Dapat dijadikan referensi dalam perhitungan struktur bangunan tahan gempa.
4. Dapat dijadikan sebagai sumber referensi pada penelitian yang lebih lanjut.



(Halaman ini sengaja dikosongkan)



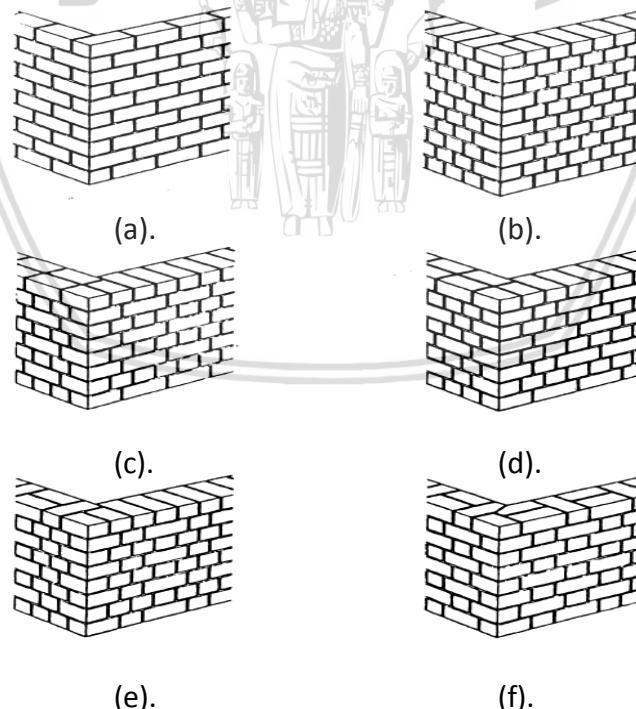
BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Dinding Bata Merah

Jenis dinding yang umum banyak digunakan oleh masyarakat Indonesia salah satunya adalah dinding bata merah. Hal ini terkait dengan kemudahan proses penggerjaannya serta ketersediaan material batu bata yang sangat banyak. Untuk karena itu, mayoritas pembuatan dinding di Indonesia terdiri atas bata merah dan mortar sebagai perekat antara bata yang satu dengan bata yang lainnya.

Menurut (Frick, 1980:134) aturan penyusunan batu bata merah dapat dibedakan melalui pengaturannya. Untuk (Gambar 2.1 a) yaitu batu bata memanjang atau setengah bata, (Gambar 2.1 b) aturan batu melintang, (Gambar 2.1 c) aturan batu memanjang-melintang bersilang, (Gambar 2.1 d) aturan batu silang, (Gambar 2.1 e) aturan Belanda, dan (Gambar 2.1 f) aturan batu Gothic.



Gambar 2.1 Aturan Penyusunan Batu Bata Merah
Sumber: Frick (1980:134)

2.1.1 Bata Merah

Batu bata adalah bahan bangunan yang diperuntukkan untuk konstruksi, dibuat dari tanah liat atau tanpa campuran bahan lain, dibakar dengan suhu yang tinggi sehingga tidak mudah hancur bila direndam (NI-10, SII-0021-78).

Masyarakat Indonesia telah lama mengenal bata merah sebagai bahan penyusun dinding, baik untuk bangunan gedung bertingkat maupun bangunan rumah sederhana. Untuk Indonesia sendiri pembuatan bata merah mayoritas masih dibuat oleh masyarakat pedesaan (*home industry*). Bata merah dibuat dengan mencampurkan tanah liat, air, kotoran hewan dan sekam padi (Frick, 1980:122).

Untuk saat ini ukuran batu bata yang beredar di kalangan masyarakat memiliki ukuran dimensi yang beragam baik dari hasil pekerjaan lokal (*home industry*) ataupun hasil pabrikasi. Menurut NI-10 ukuran standard yang biasa digunakan untuk bangunan adalah:

1. (Panjang x Lebar x Tinggi) = (240 mm x 115 mm x 52 mm)
2. (Panjang x Lebar x Tinggi) = (230 mm x 110 mm x 50 mm)

Penyimpangan yang diijinkan untuk ukuran batu bata di atas adalah:

1. Panjang maksimum 3%
2. Lebar maksimum 4%
3. Tebal maksimum 5%

2.1.2 Mortar

Mortar atau spesi adalah campuran dari bahan pengikat (semen atau kapur), bahan pengisi (pasir) dan air yang berfungsi untuk mengikat batu bata merah di dalam komponen elemen dinding. Menurut (Frick, 1980:133), campuran mortar dapat dibuat dengan perbandingan 4 pasir : 1 semen : 0.5 kapur dan dengan penambahan air secukupnya. Mortar memiliki sifat-sifat yang penting yaitu sifat penyusutan (*shrinkage*) yang kecil, *workability*, serta kekuatan yang cukup.

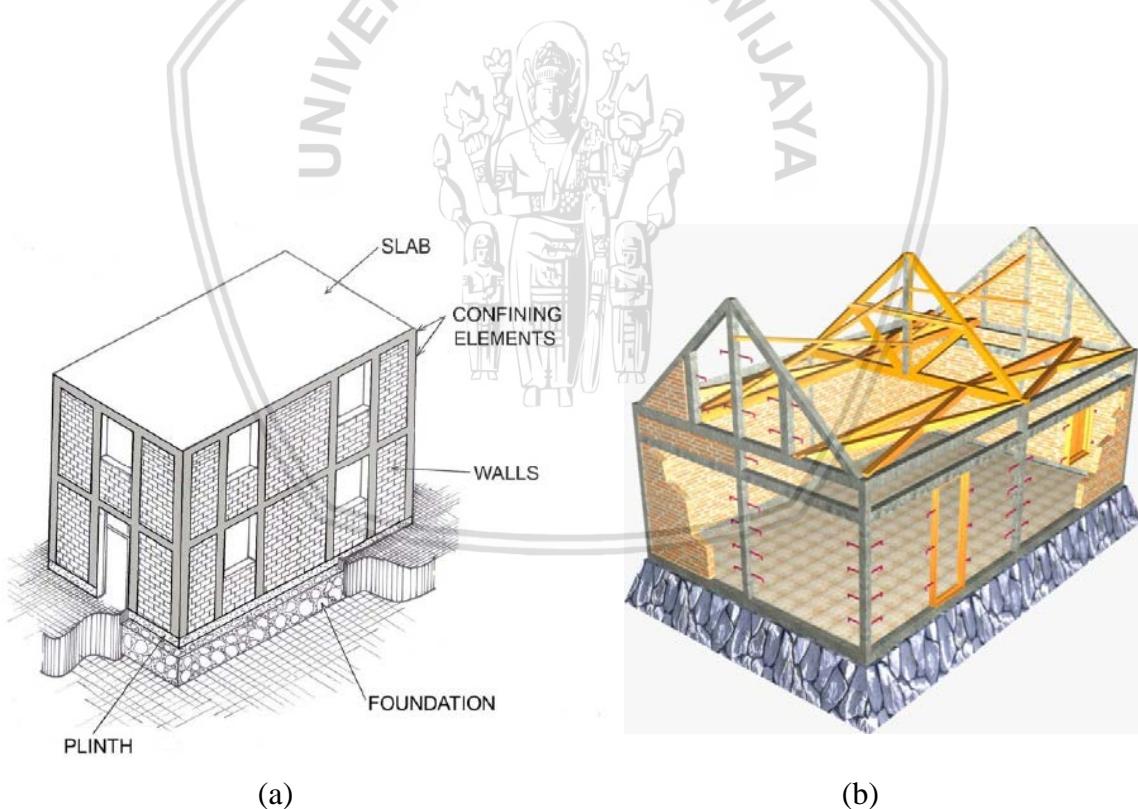
Berdasarkan kekuatannya, menurut SNI 03-6882-2002, standard mortar dibedakan menjadi 4 jenis, yaitu:

1. Mortar tipe M adalah mortar dengan kuat tekan tinggi, lebih diperuntukkan pada bagian yang mengalami beban lateral atau tekan tinggi, dinding bata bertulang, dinding dekat tanah, pasangan pondasi, dinding penahan. Kuat tekan minimumnya adalah 17,25 MPa.

2. Mortar tipe S adalah mortar dengan kuat tekan sedang, diperuntukkan apabila diperlukan daya ikat lentur yang tinggi serta adanya gaya tekan normal. Kuat tekan minimumnya adalah 12,15 MPa.
3. Mortar tipe N adalah mortar dengan kuat tekan sedang, diperuntukkan pada pasangan terbuka di atas tanah. Kuat tekan minimumnya adalah 5,17 MPa.
4. Mortar tipe O adalah mortar dengan kuat tekan rendah, biasanya digunakan untuk dinding yang tidak menahan beban lebih dari 7 kg/cm^2 . Kuat tekan minimumnya adalah 2,4 MPa.

2.2 Dinding Bata Terkekang (*Confined Masonry*)

Dinding bata terkekang adalah konstruksi yang terdiri dari dinding batu bata yang dikekang keempat sisinya oleh elemen horizontal maupun vertikal yang terbuat dari beton bertulang seperti gambar 2.2.



Gambar 2.2 Contoh bangunan dengan dinding bata terkekang: (a) *flat reinforced concrete roof* dan (b) *pitched timber roof*.

Sumber: (a) Brzev (2008) ; (b) Boen (2009).



Di dalam dinding bata terkekang, ikatan yang kuat terjadi antara kolom-balok pengekang dengan dinding bata, dimana hal ini terjadi karena tidak adanya celah di antara keduanya (Iyer *dkk*, 2013:10). Pada kejadian gempa (*seismic*), ikatan yang kuat tersebut membuat dinding batu bata dapat bertindak sebagai dinding geser, sehingga terjadi peningkatan kemampuan dinding di dalam menerima beban lateral (Meli *dkk*, 2011:6).

2.3 Bukaan

Bukaan merupakan suatu elemen yang tidak terpisahkan dengan fungsi bangunan. Bukaan dapat didefinisikan sebagai luasan berlubang pada elemen dinding dengan ukuran tertentu yang berfungsi sebagai akses keluar-masuk manusia maupun sirkulasi udara. Di dalam elemen dinding, bukaan dapat berupa lubang angin, jendela dan pintu.

Menurut (Ching & Adams, 2008) ukuran dan letak bukaan, khususnya bukaan berupa pintu ditentukan berdasarkan keperluan akses fisik dan keterbatasan modular material dinding yang digunakan.

2.4 Kriteria Perhitungan

2.4.1 Beban-beban yang bekerja

Beban merupakan gaya luar yang bekerja pada suatu bidang struktur. Beberapa jenis beban yang sering ditemukan adalah sebagai berikut (Setiawan, 2008:3):

1. Beban Hidup (*Live Loads*)

Beban hidup adalah semua beban yang bersifat dapat berpindah-pindah (beban berjalan) atau beban yang bersifat sementara yang ditempatkan pada suatu tempat tertentu.

Beberapa contoh beban hidup antara lain kelengkapan meja atau kursi kantor, manusia, beban air pada kolam renang, dinding partisi, dan lain sebagainya.

2. Beban Mati (*Dead Loads*)

Beban mati adalah segala sesuatu bagian struktur yang bersifat tetap termasuk di dalam hal ini adalah berat sendiri struktur tersebut. Beberapa contoh beban mati antara lain berat sendiri balok, kolom, pelat lantai dan dinding. Contoh lain adalah jendela, dinding, peralatan elektrikal, dan lain sebagainya.

3. Beban Gempa

Beban gempa merupakan beban yang bekerja pada suatu struktur akibat dari pergerakan tanah yang disebabkan karena adanya gempa bumi (baik itu merupakan gempa tektonik atau vulkanik) yang mempengaruhi struktur tersebut.

Gempa mengakibatkan beban pada struktur karena interaksi tanah dengan struktur dan karakteristik respons struktur. Beban gempa adalah beban yang merupakan fungsi dari waktu, sehingga respons yang terjadi pada suatu struktur juga tergantung dari riwayat waktu pembebanan tersebut.

Beban gempa adalah beban percepatan tanah yang berupa suatu rekaman percepatan tanah untuk suatu gempa tertentu, sehingga untuk setiap waktu tertentu akan memiliki harga percepatan tanah tertentu.

4. Beban Angin

Beban angin adalah beban yang bekerja pada suatu struktur, akibat dari pengaruh struktur yang memblok aliran angin sehingga energy kinetik angina akan dikonversi menjadi tekanan energi potensial yang menyebabkan terjadinya beban angin.

Efek dari beban angin pada suatu struktur bergantung pada berat jenis dan kecepatan udara, sudut luas angina, bentuk dankekakuan struktur begitu juga dengan faktor-faktor lainnya.

2.4.2 Kombinasi Beban Terfaktor

Tahanan rencana diharuskan untuk melampaui nilai dari total beban kerja yang dikalikan dengan faktor beban. Penjumlahan beban-beban kerja ini yang disebut dengan kombinasi pembebanan. Menurut SNI 1726 (2012:15) struktur, komponen elemen struktur dan elemen-elemen pondasi wajib dirancang agar kuat rencananya sama atau melebihi nilai beban-beban terfaktor dengan kombinasi-kombinasi dibawah ini:

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

Keterangan :

- D = beban mati yang disebabkan oleh berat konstruksi permanen.
- L = beban hidup yang disebabkan oleh penggunaan gedung.
- Lr = beban hidup yang disebabkan oleh pembebanan atap.
- R = beban hujan.
- W = beban angin.
- E = beban gempa.

2.4.3 Wilayah Gempa

Parameter percepatan gempa ditentukan berdasarkan dua hal yakni, Parameter percepatan terpetakan dan Kelas Situs. Parameter S_s (percepatan batuan dasar pada periode pendek) dan S_1 (percepatan batuan dasar pada perioda 1 detik) harus ditetapkan masing-masing dari respons spectral percepatan 0,2 detik dan 1 detik dalam peta gerak tanah seismik pada pasal 14 dengan kemungkinan 2% terlampaui dalam waktu 50 tahun (MCE_R , 2% dalam 50 tahun) dan dinyatakan dalam bilangan desimal terhadap percepatan gravitasi. Bila $S_1 \leq 0,04g$ dan $S_s \leq 0,15g$, maka struktur bangunan boleh dimasukkan ke dalam kategori desain seismik A. (SNI 1726, 2012:21)

Untuk kelas situs mengatur klarifikasi berdasarkan sifat-sifat tanah pada situs, maka situs harus diklarifikasikan sebagai kelas situs SA, SB, SC, SD, SE, atau SF. Bila sifat-sifat tanah tidak teridentifikasi secara jelas sehingga tidak bias ditentukan kelas situsnya, maka kelas situs SE dapat digunakan kecuali jika dinas atau pemerintah yang berwenang memiliki data geoteknik yang dapat menentukan kelas situs SF. (SNI-1726, 2012:21)

2.4.4 Konfigurasi Struktur Gedung

Struktur gedung dapat dibedakan menjadi 2 golongan, yaitu beraturan dan tidak beraturan. Menurut SNI 1726 mengatur 9 syarat yang kemudian dapat menentukan suatu gedung beraturan atau tidak.

Analisis bangunan gedung beraturan dapat dilakukan berdasarkan analisis statik ekivalen. Sedangkan untuk bangunan gedung yang tidak beraturan, pengaruh gempa rencana harus ditinjau sebagai pengaruh pembebanan dinamik sehingga analisinya harus dilakukan berdasarkan analisis respon dinamis.

2.4.5 Sistem Struktur

Filosofi bangunan tahan gempa adalah jika bangunan mengalami gempa ringan, bangunan tidak boleh mengalami kerusakan pada komponen struktural (misal kolom, balok ataupun pelat) dan pada komponen non-strukturalnya (plester, genteng dan plafon jatuh, dll). Bila mengalami gempa sedang, bangunan boleh mengalami kerusakan pada komponen non-strukturalnya, akan tetapi komponen strukturalnya tidak boleh rusak. Bila bangunan mengalami gempa besar, bangunan boleh mengalami kerusakan baik pada komponen non-struktural maupun komponen strukturalnya, akan tetapi keselamatan pemakai bangunan harus tetap aman, dalam artian sebelum bangunan runtuh, masih ada cukup waktu untuk pemakai bangunan untuk evakuasi dari bangunan.

Menurut SNI-1726 (2012:34) terdapat beberapa system dan subsistem struktur gedung penahan gempa yaitu sebagai berikut:

1. Sistem Dinding Penumpu

Sistem struktur yang tidak memiliki rangka ruang pemikul beban gravitasi secara lengkap, yang beban gravitasinya dipikul oleh dinding penumpu dan sistem bresing, sedangkan beban lateral akibat gaya gempa dipikul oleh dinding geser atau rangka bresing.

2. Sistem Rangka Gedung

Sistem struktur dengan rangka ruang pemikul beban gravitasi secara lengkap, sedangkan beban lateral yang diakibatkan oleh gempa dipikul dinding geser ataupun oleh rangka bresing.

3. Sistem Rangka Pemikul Momen

Sistem struktur yang pada dasarnya memiliki rangka ruang pemikul beban gravitasi secara lengkap, sedangkan beban lateral yang diakibatkan oleh gempa dipikul oleh rangka pemikul momen melalui mekanisme lentur. sistem ini terbagi menjadi 3, yaitu SRPMB (Sistem Rangka Pemikul Momen Biasa), SRPMM (Sistem Rangka Pemikul Momen Menengah), dan SRPMK (Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus).

4. Sistem Ganda

Sistem struktur dengan rangka ruang pemikul beban gravitasi secara lengkap, sedangkan beban lateral yang diakibatkan oleh gempa dipikul oleh sistem rangka pemikul momen dan dinding geser ataupun oleh rangka pemikul momen dan rangka bresing.

5. Sistem Interaksi Dinding Geser dengan Rangka

Sistem struktur yang menggunakan kombinasi dinding geser dan sistem rangka beton bertulang biasa.

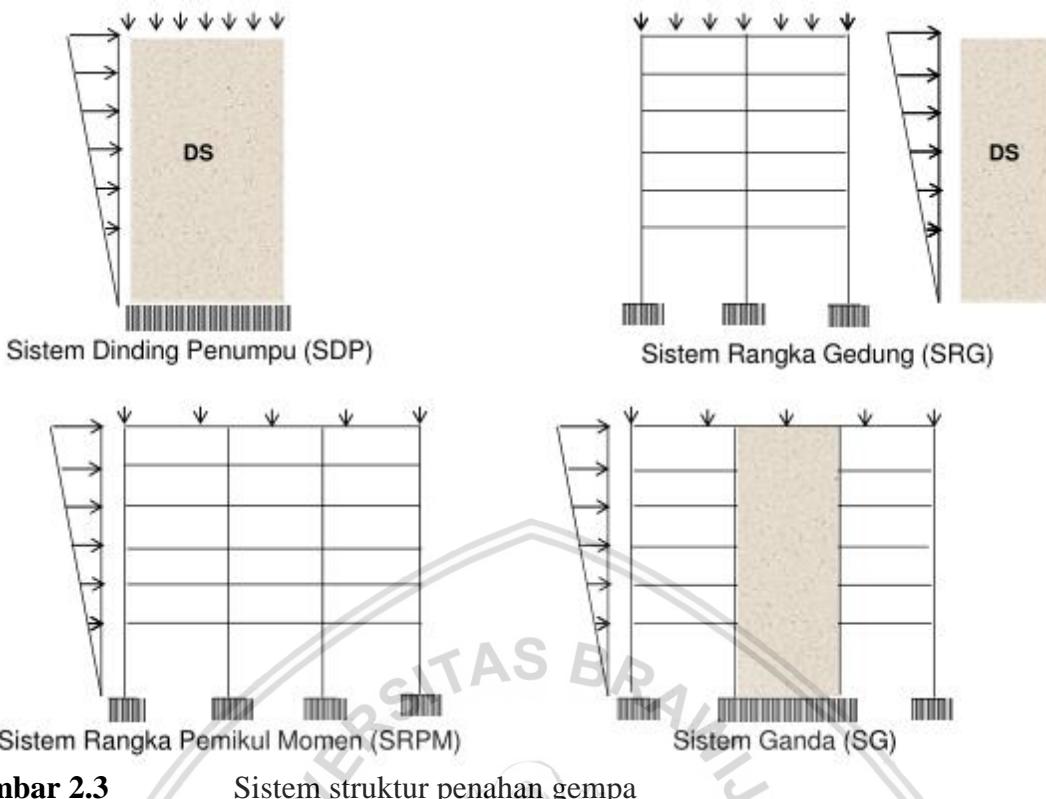
6. Sistem Kolom Kantilever

Sistem struktur penahan gaya gempa, di mana gaya lateral yang diakibatkan oleh gempa disalurkan ke kolom yang berperilaku sebagai kolom kantilever yang terjepit di bagian dasar gedung.

7. Sistem Baja tidak didetail

Sistem yang tidak didetail secara khusus untuk ketahanan seismic dan tidak termasuk sistem kolom kantilever.





Gambar 2.3 Sistem struktur penahan gempa

2.5 Desain Beban Gempa

2.5.1 Kategori Resiko Gedung

Untuk berbagai kategori risiko struktur bangunan gedung dan non gedung, pengaruh gempa rencana terhadapnya harus dikalikan dengan suatu faktor keutamaan I_e . Khusus untuk struktur bangunan dengan kategori risiko IV, bila dibutuhkan pintu masuk untuk operasional dari struktur bangunan yang bersebelahan, maka struktur bangunan yang bersebelahan tersebut harus didesain sesuai dengan kategori risiko IV (SNI-1726, 2012:13). Berdasarkan fungsinya gedung akan di klarifikasi seperti dalam tabel 2.1

Tabel 2.1 Kategori risiko bangunan gedung dan non-gedung untuk beban gempa

Jenis Pemanfaatan	Kategori Resiko
Gedung dan non gedung yang memiliki resiko rendah terhadap jiwa manusia pada saat terjadi kegagalan, termasuk, tapi tidak dibatasi untuk, antara lain: <ul style="list-style-type: none"> - Fasilitas pertanian, perkebunan, peternakan, dan perikanan - Fasilitas sementara - Gudang penyimpanan - Rumahjaga dan struktur kecil lainnya 	I
Semua gedung dan struktur lain, kecuali yang termasuk dalam kategori risiko I,III,IV, termasuk, tapi tidak dibatasi untuk:	II

Sumber: SNI-1726 (2012:14).

Tabel 2.1 Kategori risiko bangunan gedung dan non-gedung untuk beban gempa (lanjutan)

Jenis Pemanfaatan	Kategori Resiko
<ul style="list-style-type: none"> - Perumahan - Rumah toko dan rumah kantor - Pasar - Gedung perkantoran - Gedung apartemen/ rumah susun - Pusat perbelanjaan/ mall - Bangunan industri - Fasilitas manufaktur - Pabrik 	II
Gedung dan non gedung yang memiliki risiko tinggi terhadap jiwa manusia pada saat terjadi kegagalan, termasuk, tapi tidak dibatasi untuk:	
<ul style="list-style-type: none"> - Bioskop - Gedung pertemuan - Stadion - Fasilitas kesehatan yang tidak memiliki unit bedah dan unit gawat darurat - Fasilitas penitipan anak - Penjara - Bangunan untuk orang jempo 	III
Gedung dan non gedung, tidak termasuk kedalam kategori risiko IV, yang memiliki potensi untuk menyebabkan dampak ekonomi yang besar dan/atau gangguan massal terhadap kehidupan masyarakat sehari-hari bila terjadi kegagalan, termasuk, tapi tidak dibatasi untuk:	
<ul style="list-style-type: none"> - Pusat pembangkit listrik biasa - Fasilitas penanganan air - Fasilitas penanganan limbah - Pusat telekomunikasi 	
Gedung dan non gedung yang tidak termasuk dalam kategori risiko IV, (termasuk, tetapi tidak dibatasi untuk fasilitas manufaktur, penanganan, penyimpanan, penggunaan, proses atau tempat pembuangan bahan kimia berbahaya, bahan bakar berbahaya, bahan yang mudah meledak, atau limbah berbahaya) yang mengandung bahan beracun atau peledak di mana jumlah kandungan bahannya melebihi nilai batas yang diisyaratkan oleh instansi yang berwenang dan cukup menimbulkan bahaya bagi masyarakat jika terjadi kebocoran.	
Gedung dan non gedung yang ditunjukkan sebagai fasilitas yang penting, termasuk, tetapi tidak dibatasi untuk:	
<ul style="list-style-type: none"> - 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 	IV

Sumber: SNI-1726 (2012:14).

Tabel 2.1 Kategori risiko bangunan gedung dan non-gedung untuk beban gempa (lanjutan)

Jenis Pemanfaatan	Kategori Resiko
<ul style="list-style-type: none"> - 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 diisyaratkan untuk beroperasi pada saat keadaan darurat 	IV
Gedung dan non gedung yang dibutuhkan untuk mempertahankan fungsi struktur bangunan lain yang masuk ke dalam kategori risiko IV.	

Sumber: SNI-1726 (2012:14).

Tabel 2.2 Faktor Keutamaan Gempa

Kategori Risiko	Faktor keutamaan gempa, I_e
I atau II	1,0
III	1,25
IV	1,50

Sumber: SNI-1726 (2012:15).

Tabel 2.3 Faktor R untuk sistem penahan gaya gempa

Sistem penahan-gaya seismik	Koefisien modifikasi respons, R^a	Faktor kuat-lebih sistem, Ω_0^g	Faktor pembebasan defleksi, C_d^b	Batasan sistem struktur dan batasan tinggi struktur, h_n (m) ^c				
				Kategori desain seismik				
				B	C	D ^c	E ^c	F ^c
A. Sistem dinding penumpu	7.1.1	7.12	7.1.3	7.1.4	7.1.5	7.1.6	7.1.7	7.1.8
1. Dinding geser beton bertulang khusus	5	$2\frac{1}{2}$	5	TB	TB	48	48	30
2. Dinding geser beton bertulang biasa	4	$2\frac{1}{2}$	4	TB	TB	TI	TI	TI
3. Dinding geser beton polos didetail	2	$2\frac{1}{2}$	2	TB	TI	TI	TI	TI
4. Dinding geser beton polos biasa	$1\frac{1}{2}$	$2\frac{1}{2}$	$1\frac{1}{2}$	TB	TI	TI	TI	TI
5. Dinding geser pracetak menengah	4	$2\frac{1}{2}$	4	TB	TB	12^k	12^k	12^k
6. Dinding geser pracetak biasa	3	$2\frac{1}{2}$	3	TB	TI	TI	TI	TI
7. Dinding geser batu bata bertulang khusus	5	$2\frac{1}{2}$	$3\frac{1}{2}$	TB	TB	48	30	30
8. Dinding geser batu bata bertulang menengah	$3\frac{1}{2}$	$2\frac{1}{2}$	$2\frac{1}{4}$	TB	TB	TI	TI	TI
9. Dinding geser batu bata bertulang biasa	2	$2\frac{1}{2}$	$1\frac{3}{4}$	TB	48	TI	TI	TI
10. Dinding geser batu bata polos didetail	2	$2\frac{1}{2}$	$1\frac{3}{4}$	TB	TI	TI	TI	TI
11. Dinding geser batu bata polos biasa	$1\frac{1}{2}$	$2\frac{1}{2}$	$1\frac{1}{4}$	TB	TI	TI	TI	TI

Sumber: SNI-1726 (2012:35).

Tabel 2.3 Faktor R untuk sistem penahan gaya gempa (lanjutan)

Sistem penahan-gaya seismik	Koefisien modifikasi respons, R^a	Faktor kuat-lebih sistem, Ω_0^g	Faktor pembebasan defleksi, C_d^b	Batasan sistem struktur dan batasan tinggi struktur, h_n (m) ^c				
				Kategori desain seismik				
A. Sistem dinding penumpu	7.1.1	7.1.2	7.1.3	7.1.4	7.1.5	7.1.6	7.1.7	7.1.8
12. Dinding geser batu bata prategang	$1\frac{1}{2}$	$2\frac{1}{2}$	$1\frac{3}{4}$	TB	TI	TI	TI	TI
13. Dinding geser batu bata prategang	2	$2\frac{1}{2}$	2	TB	10	TI	TI	TI
14. Dinding geser batu bata ringan (AAC) polos biasa	$1\frac{1}{2}$	$2\frac{1}{2}$	$1\frac{1}{2}$	TB	TI	TI	TI	TI
15. Dinding rangka ringan (kayu) dilapisi dengan panel struktur kayu yang ditujukan untuk tahanan geser, atau dengan lembaran baja	$6\frac{1}{2}$	3	4	TB	TB	20	20	20
16. Dinding rangka ringan (baja canai dingin) yang dilapisi dengan panel struktur kayu yang ditujukan untuk tahanan geser, atau dengan lembaran baja	$6\frac{1}{2}$	3	4	TB	TB	20	20	20
17. Dinding rangka ringan dengan panel geser dari semua material lainnya	2	$2\frac{1}{2}$	2	TB	10	TI	TI	TI
18. Sistem dinding rangka ringan (baja canai dingin) menggunakan bresing strip datar	4	2	$3\frac{1}{2}$	TB	20	20	20	20

Sumber: SNI-1726 (2012:35).

Tabel 2.4 Klasifikasi Situs

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

Atau setiap profil tanah yang mengandung lebih dari 3m tanah dengan karakteristik sebagai berikut :

1. Indeks plastisitas, $PI > 20$,
2. Kadar air, $w \geq 40\%$,
3. Kuat geser niralir $\bar{S}_u < 25$ kPa

SF (tanah khusus, yang membutuhkan investigasi geoteknik spesifik dan analisis respons spesifik-situs yang mengikuti 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

Sumber: SNI-1726 (2012:17)

Tabel 2.4 Klasifikasi Situs (lanjutan)

Kelas situs	\bar{V}_s (m/detik)	\bar{N} atau \bar{N}_{ch}	\bar{S}_u (kPa)
SF (tanah khusus, yang membutuhkan investigasi geoteknik spesifik dan analisis respons spesifik-situs yang mengikuti 6.10.1)	–	Lempung sangat organik dan/atau gambut (ketebalan $H > 3$ m) Lembung 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	–

Sumber: SNI-1726 (2012:17)

CATATAN: N/A = tidak dapat dipakai**Tabel 2.5** Koefisien situs, F_a

Kelas Situs	Parameter respons spektral percepatan gempa (MCE_R) terpetakan pada periode pendek, $T=0,2$ detik, S_s				
	$S_s \leq 0,25$	$S_s = 0,5$	$S_s = 0,75$	$S_s = 1,0$	$S_s \geq 0,25$
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-1726 (2012:22)

CATATAN:

- Untuk nilai-nilai antara S_s dapat dilakukan interpolasi linier.
- SS = Situs yang memerlukan investigasi geoteknik spesifik dan analisis respons situs-spesifik.

Tabel 2.6 Koefisien situs F_v

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-1726 (2012:22).

CATATAN:

- Untuk nilai-nilai antara S_1 dapat dilakukan interpolasi linier.

- b) SS = Situs yang memerlukan investigasi geoteknik spesifik dan analisis respons situs-spesifik.

2.5.2 Parameter Percepatan Spektrum Desain

Parameter percepatan spectrum desain untuk periode pendek, S_{DS} dan pada periode 1 detik. S_{D1} harus ditentukan melalui persamaan sebagai berikut:

$$S_{DS} = \frac{2}{3} S_{MS} \quad (2-8)$$

$$S_{D1} = \frac{2}{3} S_{M1} \quad (2-9)$$

2.5.3 Periode Fundamental Pendekatan

Periode fundamental pendekatan (T_a), dalam detik untuk struktur dinding geser batu bata atau beton dapat diijinkan untuk ditentukan dari persamaan sebagai berikut:

$$T_a = 0,0488 h_n^{0,75} \quad (2-10)$$

$$T_a = \frac{0,0062}{\sqrt{C_w}} h_n \quad (2-11)$$

$$C_w = \frac{100}{A_B} \sum_{n=1}^x \left(\frac{h_n}{h_i} \right)^2 \frac{A_i}{[1 + 0,83 \left(\frac{h_i}{D_i} \right)^2]} \quad (2-12)$$

Dimana:

- T_a : periode fundamental pendekatan.
- h_n : ketinggian struktur dari atas dasar sampai tingkat tertinggi struktur (m).
- C_w : faktor fundamental pendekatan.
- A_B : luas dasar struktur (m^2).
- A_i : luas badan dinding geser i (m^2).
- D_i : panjang dinding geser i (m).
- h_i : tinggi dinding geser i (m).
- x : jumlah dinding geser dalam bangunan yang efektif dalam menahan gaya lateral dalam arah yang ditinjau.

2.5.4 Spektrum Respons Desain

Bila spektrum respons desain diperlukan oleh tata cara ini dan prosedur gerak tanah dari spesifik-situs tidak digunakan, maka kurva spectrum respons desain harus dikembangkan dengan mengacu SNI-1726-2012 dan mengikuti ketentuan di bawah ini :

- Untuk perioda yang lebih kecil dari T_o , spektrum respons percepatan desain, S_a harus diambil dari persamaan:

$$S_a = S_{DS} \left(0,4 + 0,6 \frac{T}{T_0} \right) \quad (2-13)$$

- Untuk perioda lebih besar dari atau sama dengan T_o dan lebih kecil dari atau sama dengan T_s , spektrum respons percepatan desain, S_a , sama dengan S_{DS} .
- Untuk perioda lebih besar dari T_s , spektrum respons percepatan desain, S_a , diambil berdasarkan persamaan:

$$S_a = \frac{S_{D1}}{T} \quad (2-14)$$

Keterangan:

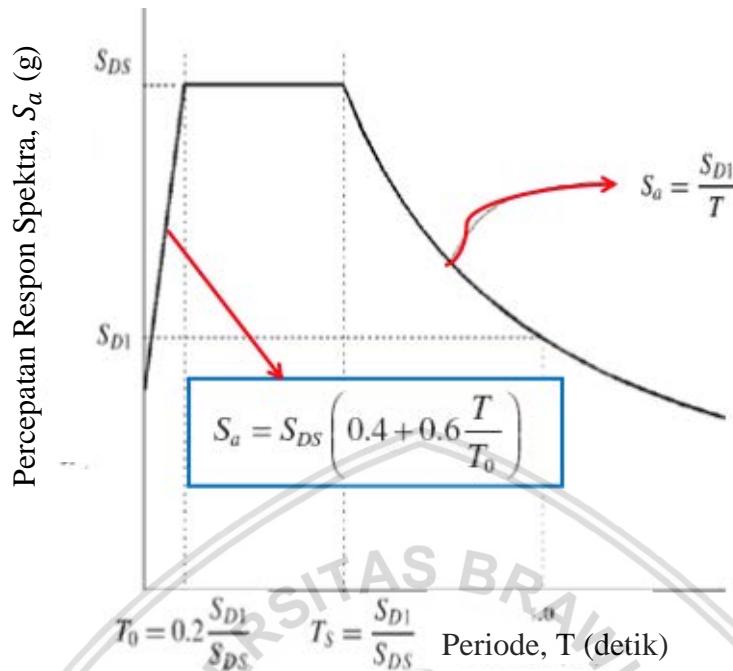
S_{DS} : parameter respons spektral percepatan desain pada perioda pendek.

S_{D1} : parameter respons spektral percepatan desain pada perioda 1 detik.

T : perioda getar fundamental struktur.

$$T_o = 0,2 \frac{S_{D1}}{S_{DS}} \quad (2-15)$$

$$T_s = \frac{S_{D1}}{S_{DS}} \quad (2-16)$$



Gambar 2.4 Spektrum respons desain
Sumber: SNI-1726 (2012:31).

2.5.5 Geser Dasar Seismik

Geser dasar seismik V dalam arah yang ditetapkan harus ditentukan sesuai dengan persamaan berikut:

$$V = C_s \cdot W_{tot} \quad (2-17)$$

Dimana:

C_s : koefisien respons seismik.

W_{tot} : berat seismik efektif gedung.

Koefisien respons seismik, C_s harus ditentukan dengan persamaan sebagai berikut:

- $C_{s(hitungan)} = S_a / (R / I_e) \quad (2-18)$

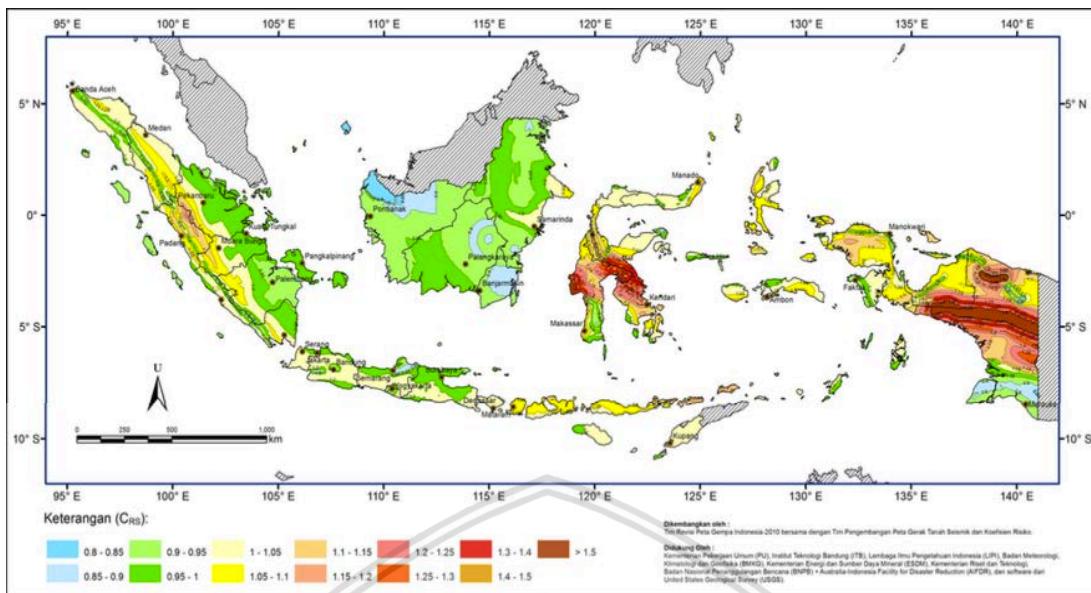
b. Nilai C_s , yang dihitung tidak perlu melebihi hasil persamaan berikut:

$$C_{s(maks)} = S_1 / (T(R/I_e)) \quad (2-19)$$

c. Dan juga nilai C_s yang dihitung tidak kurang dari hasil persamaan berikut:

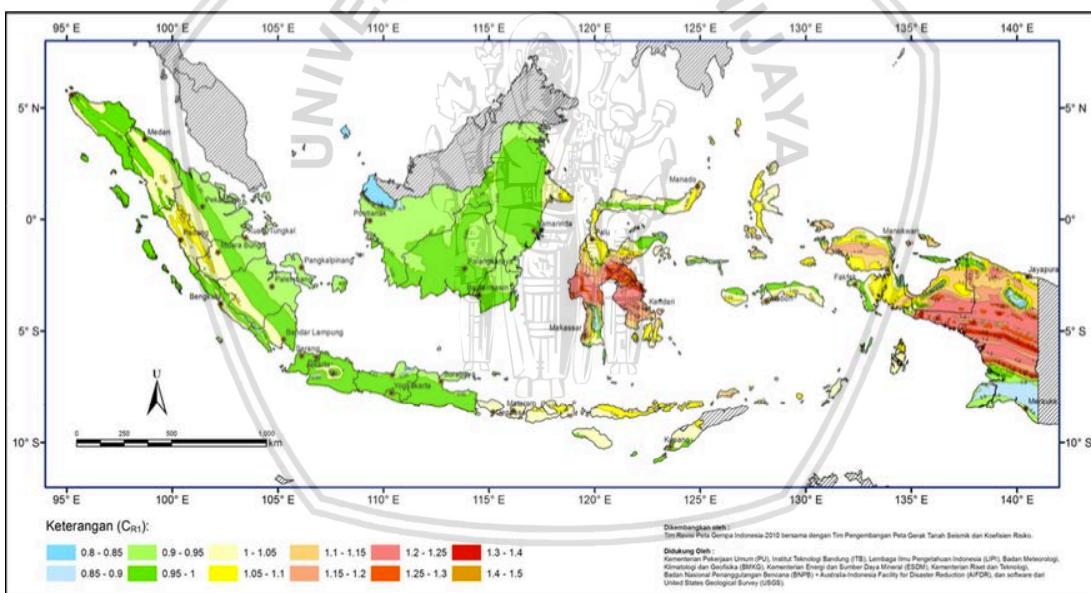
$$C_{s(min)} = 0,044 \cdot S_{DS} \cdot I_e \geq 0,01 \quad (2-19)$$

Gambar 2.5 C_{RS} , Koefisien resiko terpetakan, perioda respons spektrum 0,2 detik



Sumber: SNI-1726 (2012:137)

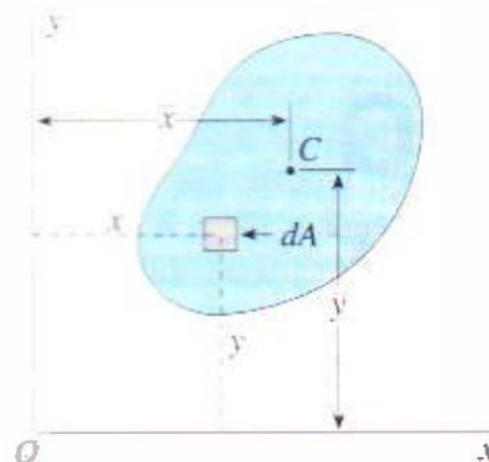
Gambar 2.6 C_{R1} , Koefisien resiko terpetakan, perioda respons spektrum 1 detik



Sumber: SNI-1726 (2012:137)

2.6 Karakteristik Penampang

2.6.1 Luas Penampang



Gambar 2.7 Area bidang untuk bentuk sembarang dengan pusat berat di C

Sumber: Gere&Timoshenko (2000:296)

Luas penampang didefinisikan sebagai integral dari luas elemen diferensial dA .

$$A = \int dA \quad (2-22)$$

Dimana:

A : Luas Penampang Keseluruhan (mm^2)

dA : Luas elemen diferensial = $dx \cdot dy$

dx : Lebar elemen

dy : Tinggi elemen

Koordinat xy ditentukan secara bebas dengan titik pusat O sembarang, luas penampang tidak bergantung pada letak titik pusat O.

2.6.2 Momen Statis

Momen pertama (momen statis) dari area gambar 2.6 terhadap sumbu x dan y masing-masing didefinisikan sebagai berikut:

- a. Terhadap sumbu x :

$$M_{sx} = \int y \cdot dA \text{ (in}^3 \text{ atau } mm^3\text{)} \quad (2-23)$$

- b. Terhadap sumbu y :

$$M_{sy} = \int x \cdot dA \text{ (in}^3 \text{ atau } mm^3\text{)} \quad (2-24)$$

Momen statis bisa bertanda positif dan bisa bertanda negatif, tergantung pada posisi sumbu x.y. Momen statis suatu penampang sama dengan nol, bila momen statis tersebut dihitung terhadap garis netral yang melalui titik pusat berat penampang.

2.6.3 Titik Berat Penampang

Koordinat \bar{x} dan \bar{y} dari pusat berat C (Gambar 2.6) sama dengan momen pertama dibagi dengan luasnya :

$$\bar{x} = \frac{M_{sy}}{A} = \frac{\int x \cdot dA}{\int dA} \quad (2-25)$$

$$\bar{y} = \frac{M_{sx}}{A} = \frac{\int y \cdot dA}{\int dA} \quad (2-26)$$

Titik pusat berat suatu penampang dapat dinyatakan sebagai titik tangkap resultante gaya dalam arah horizontal dan vertikal atau suatu titik dimana semua berat terpusat pada titik tersebut.

2.6.4 Momen Inersia Penampang

Momen inersia suatu area bidang terhadap sumbu x dan y dapat didefinisikan dengan integral:

- a. Momen inersia terhadap sumbu x:

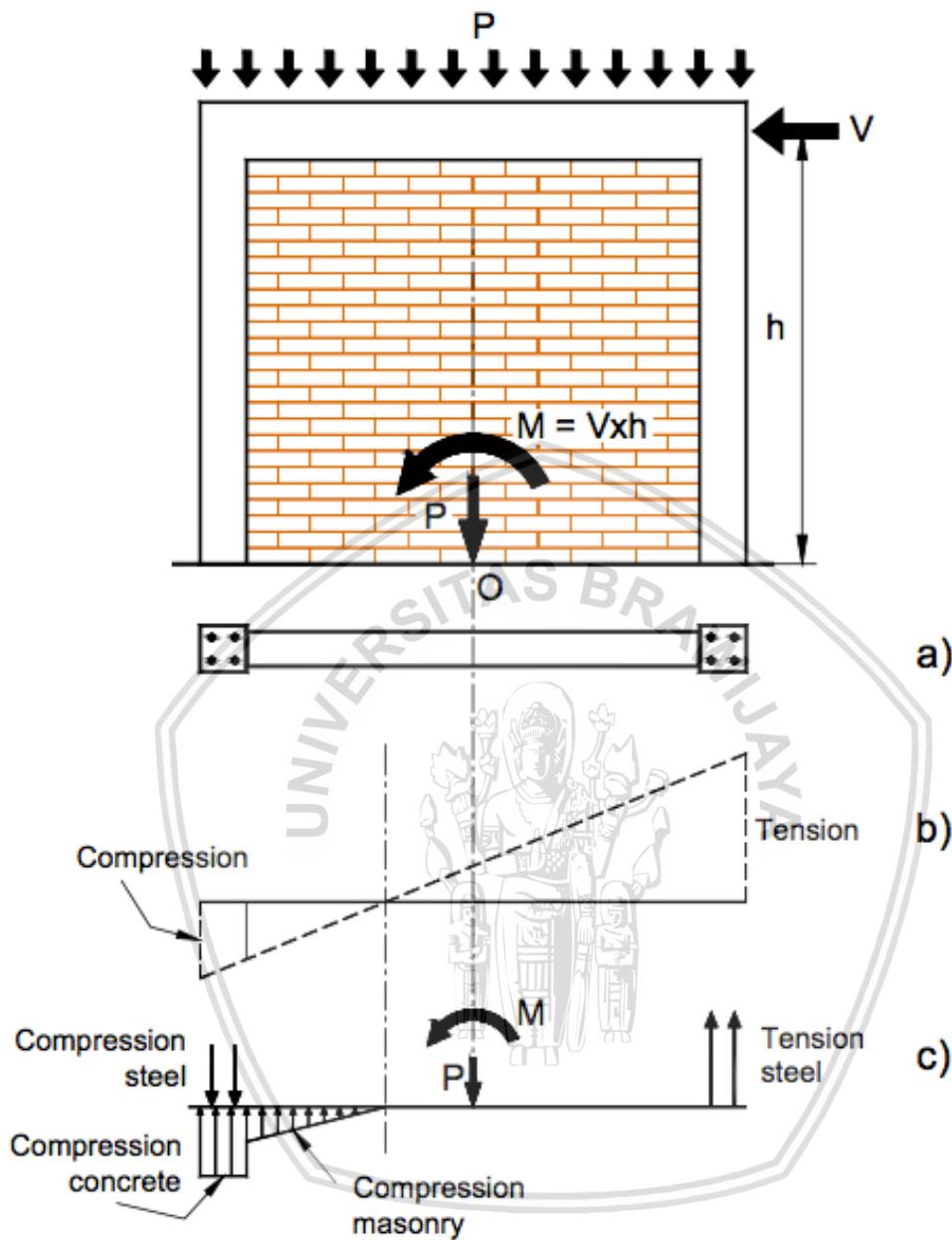
$$I_x = \int y^2 dA \text{ (cm}^4\text{)} \quad (2-27)$$

- b. Momen inersia terhadap sumbu y:

$$I_y = \int x^2 dA \text{ (cm}^4\text{)} \quad (2-28)$$

Kedua momen inersia ini dapat disebut juga sebagai momen inersia kartesian

2.6.5 Tegangan yang terjadi pada Dinding Bata Terkekang



Gambar 2.8 Dinding bata terkekang yang mendapat beban aksial dan vertikal (a) potongan penampang dinding bata (b) distribusi tegangan (c) distribusi tegangan

Sumber: Meli dkk (2011:15)

Untuk mencari tegangan yang terjadi pada dinding bata terkekang, maka digunakan:

$$\sigma = \frac{P}{A} \pm \frac{M.y}{I} \quad (2-29)$$

$$\sigma = \frac{P}{A} \pm \frac{V.h.y}{I} \quad (2-30)$$



(halaman ini sengaja dikosongkan)



BAB III

METODE PENELITIAN

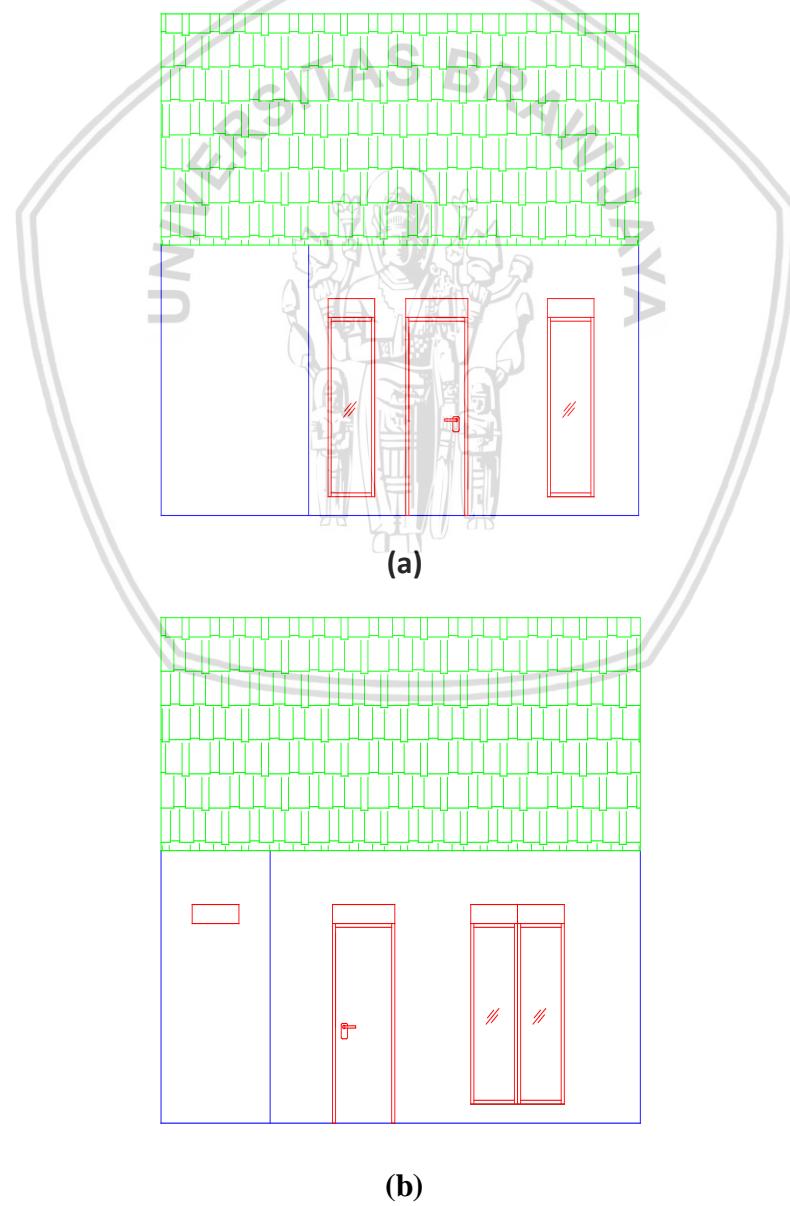
3.1 Data perencanaan

3.1.1 Data umum bangunan

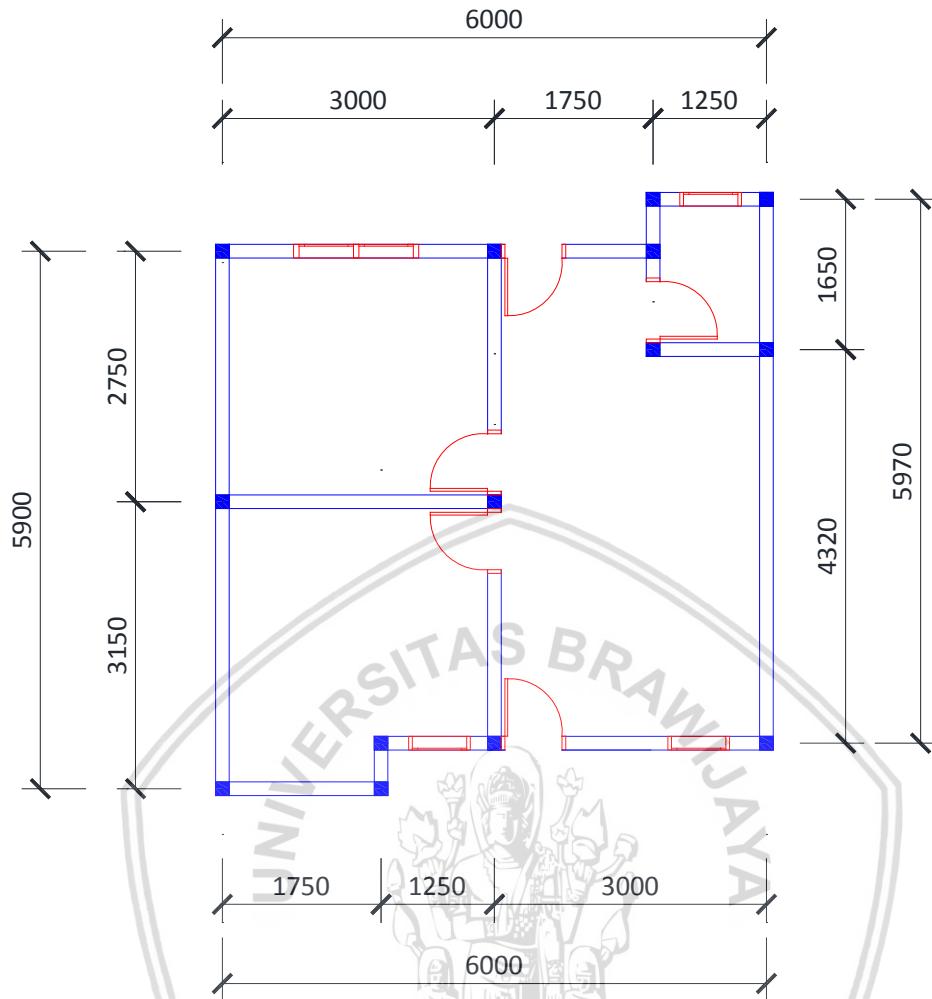
Denah bangunan yang digunakan merupakan denah dari lokasi A yang berfungsi sebagai rumah tinggal

Lokasi : Kec. Lowokwaru Kota Malang

Fungsi : Rumah Hunian



Gambar 3.1 (a) Tampak Depan Rumah lokasi A, (b) Tampak Belakang Rumah Lokasi A



Gambar 3.2 Denah Rumah lokasi A

3.1.2 Data Teknis Bangunan

Struktur Bangunan : Struktur dinding bata terkekang (*confined measonry*)

Jenis Tanah di Lokasi : Tanah Sedang

Jumlah Lantai : 1 Lantai

Pondasi : Batu kali

Kolom : Beton bertulang (15cm x 15cm)

Balok ring : Beton bertulang (25cm x 15cm)

Dinding : Bata Merah, Diplester dan Dicat

Lantai : Keramik (40cm x 40cm)

Atap : Genteng Tanah liat,
Rangka baja

Plafon : Gipsum Board

Kusen	: Kayu Kalimantan
Kamar Mandi	: Keramik 20 x 20 Keramik Dinding 20 x 25 Klosed Duduk Type 45
Pintu	: Pintu Panil Meranti (ukuran 2,1m x 0,8m) Pintu kamar mandi Angzdoor (ukuran 2,1m x 0,7m)
Jendela	: ukuran 1,9m x 0,6m
Listrik	: 1300 Watt
Air	: PDAM

Gording menggunakan baja profil Light Lip Channel 150.75.20.4,5

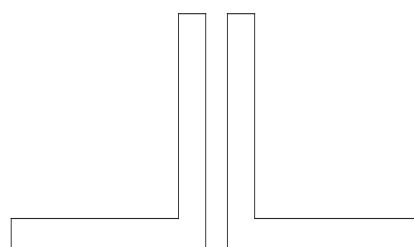


Gambar 3.3 Baja profil Light Lip Channel 150.75.20.4,5

Data profil (Gunawan, 1988:50-51).

$$\begin{array}{ll}
 Ag = 13,97 \text{ cm}^2 & W = 11 \text{ kg/m} \\
 Cx = 0 \text{ cm} & ix = 5,92 \text{ cm} \\
 Cy = 2,5 \text{ cm} & iy = 2,66 \text{ cm} \\
 Ix = 489 \text{ cm}^4 & Zx = 65,2 \text{ cm} \\
 Iy = 99,2 \text{ cm}^4 & Zy = 19,8 \text{ cm}
 \end{array}$$

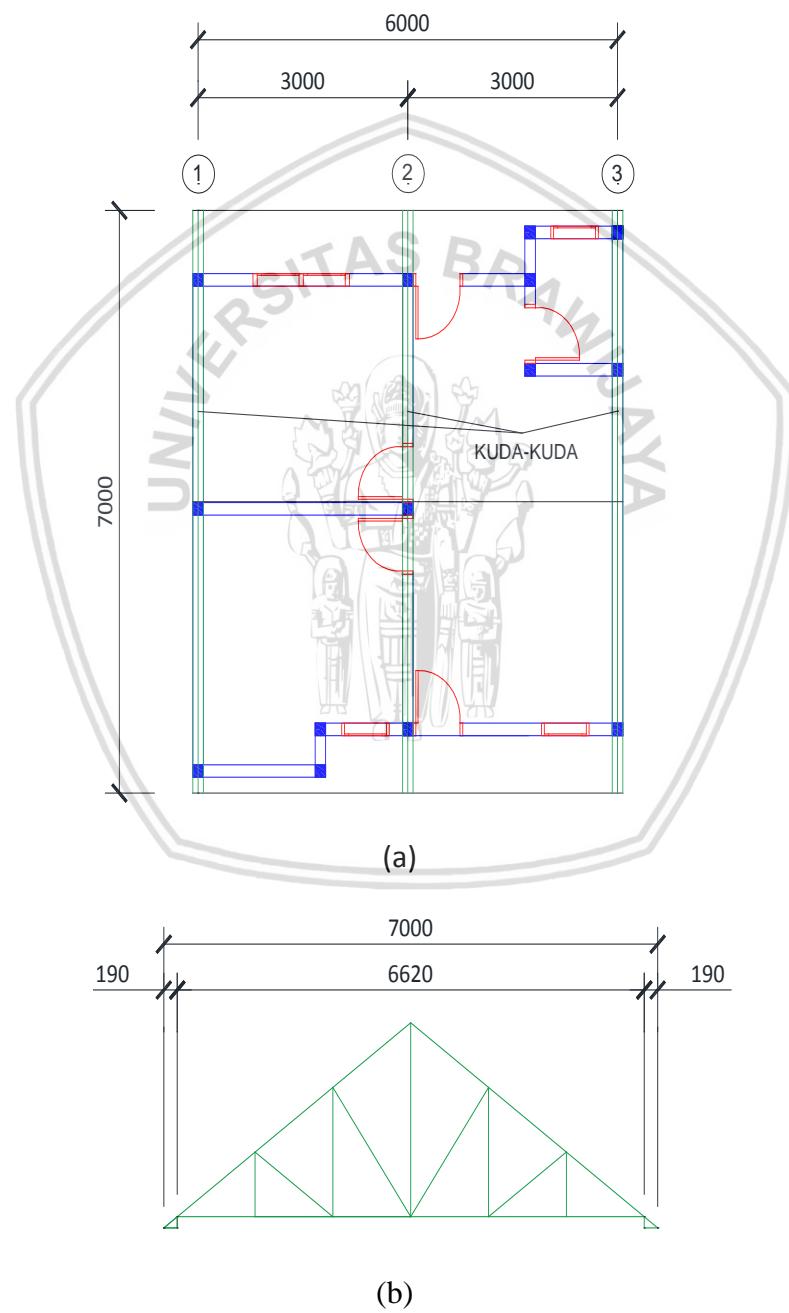
Kuda-kuda menggunakan profil siku ganda 50.50.7 L L



Gambar 3.4 Profil siku ganda 50.50.7

Data profil L 50.50.5 (Gunawan, 1988:36-37).

$$\begin{array}{ll} b = 50 \text{ mm} & i_y = 1,51 \text{ cm} \\ d = 50 \text{ mm} & Z_x = 3,05 \text{ cm}^3 \\ t_w = 5 \text{ mm} & Z_y = 3,05 \text{ cm}^3 \\ I_x = 11,0 \text{ cm}^4 & A = 4,8 \text{ cm}^2 \\ I_y = 11,0 \text{ cm}^4 & W = 3,77 \text{ kg/m} \\ i_x = 1,51 \text{ cm} & \end{array}$$



Gambar 3.5 (a) Letak kuda-kuda atap, (b) rangka kuda-kuda

3.1.3 Mutu Bahan Yang Digunakan

Untuk data-data bahan yang digunakan adalah sebagai berikut:

Tabel 3.1 Data kekuatan dinding bata

Asal Daerah		Kuat tekan	Kuat Geser	Kuat Tarik
		SNI		Lentur
	Rata-rata (kg/cm^2)	35,73	3,30	2,13
Malang	Std-deviasi (kg/cm^2)	2,71	0,64	0,13
(Turen)	Koef. Variasi (%)	7,57	19,39	6,00
	Rata-rata (kg/cm^2)	33,35	3,04	2,03
Malang	Std-deviasi (kg/cm^2)	1,14	0,40	0,09
(Gondanglegi)	Koef. Variasi (%)	3,41	13,16	4,28
	Rata-rata (kg/cm^2)	32,25	2,56	1,89
Malang	Std-deviasi (kg/cm^2)	1,41	0,27	0,08
(Wajak)	Koef. Variasi (%)	4,37	10,65	4,31

Dimensi bata : (Panjang x Lebar x Tinggi) = (230 mm x 110 mm x 50 mm)

Sumber: Wisnumurti (2010)

3.2 Tahapan perhitungan

3.2.1 Analisis pembebanan

Pembebanan yang diperhitungkan secara garis besar adalah sebagai berikut:

1. Beban Hidup
2. Beban Mati
3. Beban Gempa

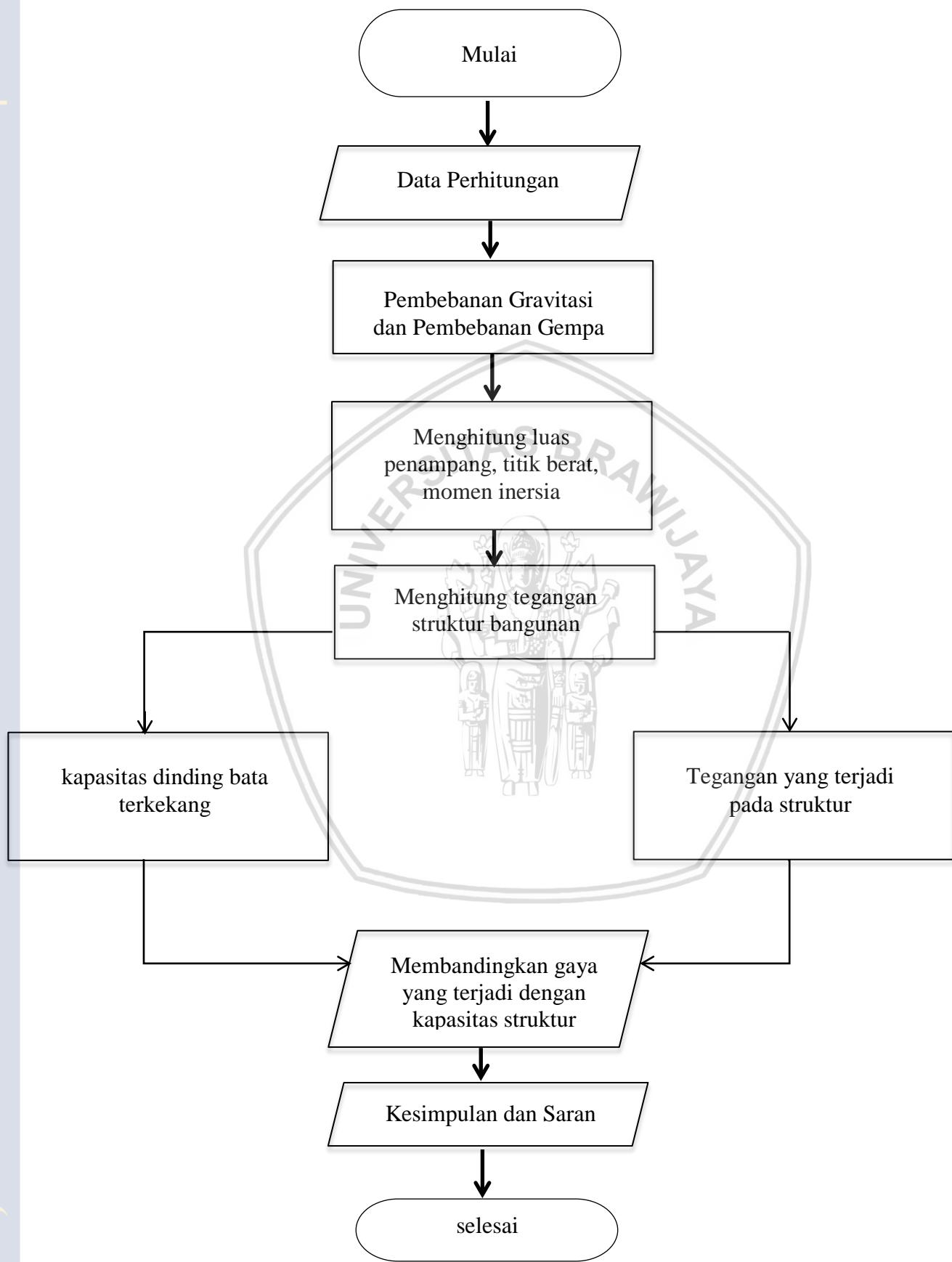
3.2.2 Analisis gempa

Dalam perencanaan tugas akhir ini, gaya gempa yang direncanakan dapat ditinjau dengan menggunakan metode statik ekivalen dan tegangan-tegangan yang terjadi akibat gempa dianalisis dengan menggunakan ilmu mekanika bahan. Untuk mendapatkan nilai respons spektrum, faktor angka tertentu, dan peta gempa dapat menggunakan peraturan gempa SNI-1726-2012.

3.2.3 Analisis statika

Untuk mendapatkan besarnya tegangan-tegangan yang terjadi pada struktur bangunan rumah maka perhitungan dilakukan secara manual menggunakan aplikasi microsoft excel.

3.2.4 Diagram Alur Pengerjaan



Gambar 3.6 Diagram Alur Pengerjaan

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Pembebaan

1. Beban mati

Sesuai dengan pedoman pembebaan untuk rumah dan gedung 1987 (PPURG, 1987:), beban mati diatur sebagai berikut:

Berat isi beton (γ_{beton})	= 2400 kg/m ³
Berat pasangan bara merah $\frac{1}{2}$ batu	= 250 kg/m ²
Berat langit-langit	= 11 kg/m ²
Berat penutup atap genting	= 50 kg/m ²

Beban mati akibat gording dan kuda-kuda diambil dari tabel profil konstruksi baja (Gunawan, 1988:36,50).

Berat gording	= 11 kg/m
Berat kuda-kuda	= 3,77 . 2 = 7,54 kg/m

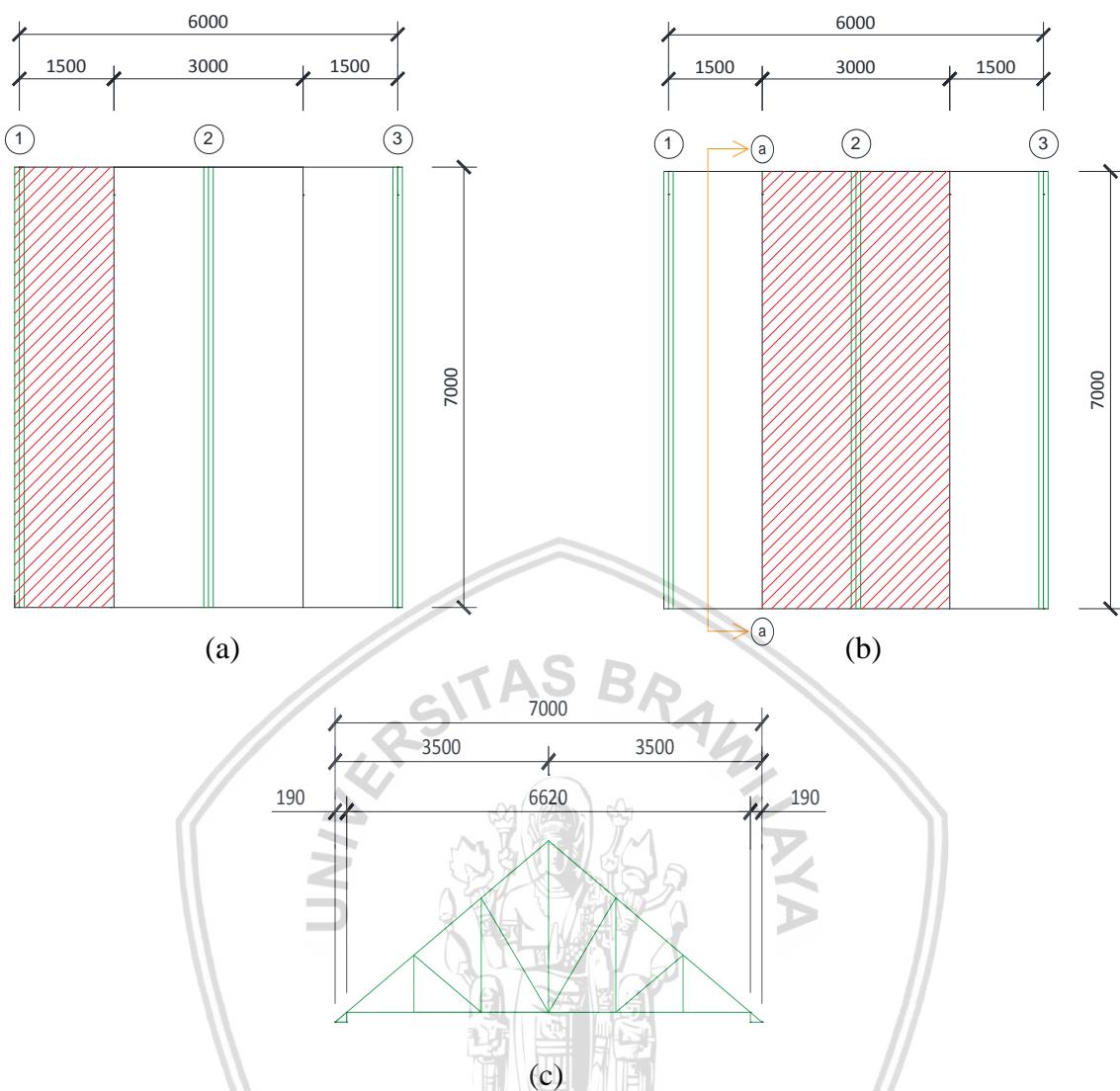
2. Beban hidup

Sesuai dengan peraturan pembebaan Beton Bertulang Indonesia untuk Gedung Tahun 1983 (PPIUG 1983), beban hidup diatur sebagai berikut:

Beban air hujan	= 40 - 0,8 x 35	= 12 kg/m ²
Angin Tiup		= 25 kg/m ²
Beban angin tekan	= (0,02 . 35 - 0,4) 25	= 7,5 kg/m ²
Beban angin hisap	= 0,4 . 25	= 10 kg/m ²

3. Beban Atap

Sebagian dinding bata menahan beban akibat beban hidup atap, penutup atap, gording, kuda-kuda dan plafon. Masing-masing kuda-kuda menahan beban seperti yang ditunjukan oleh gambar 4.1



Gambar 4.1 (a) Area pembebatan kuda-kuda satu dan tiga, (b) area pembebatan kuda-kuda dua dan (c) potongan a-a (rangka kuda-kuda)

- Beban yang ditahan kuda-kuda satu dan tiga

$$W_1 = W_3 = 1,5 (50 \cdot 2 \cdot 7/2 \cdot \sec 35^\circ + 2 \cdot 7/2 \cdot 12 + 11 \cdot 8 + 2 \cdot 7/2 \cdot 11) + 7,54 \cdot 29,26$$

$$W_1 = W_3 = 1235,03 \text{ kg}$$

- Beban yang ditahan kuda-kuda dua

$$W_2 = 3 (50 \cdot 2 \cdot 7/2 \cdot \sec 35^\circ + 2 \cdot 7/2 \cdot 12 + 11 \cdot 8 + 2 \cdot 7/2 \cdot 11) + 7,54 \cdot 29,26$$

$$W_2 = 2249,43 \text{ kg}$$

4. Dinding Bata

Berikut adalah massa jenis masing-masing sampel bata

Tabel 4.1 Massa jenis sampel Bata

Asal Daerah	Berat Bata (gr/cm ³)	Berat Bata (kg/m ²)
Turen	1,5	150,7
Gondanglegi	1,45	159,5
Wajak	1,37	165

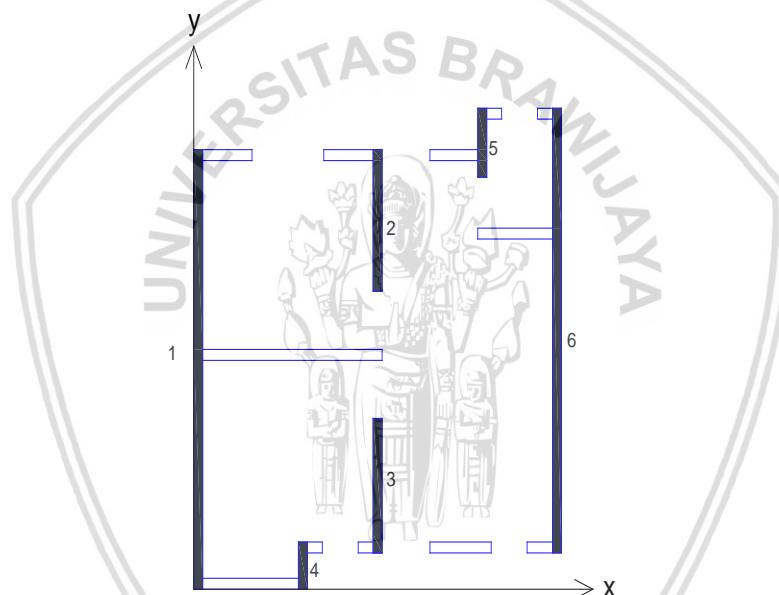
Sumber : Wisnumurti (2013)

4.2 Perhitungan Momen Inersia

4.2.1 Momen Inersia terhadap sumbu x (I_x)

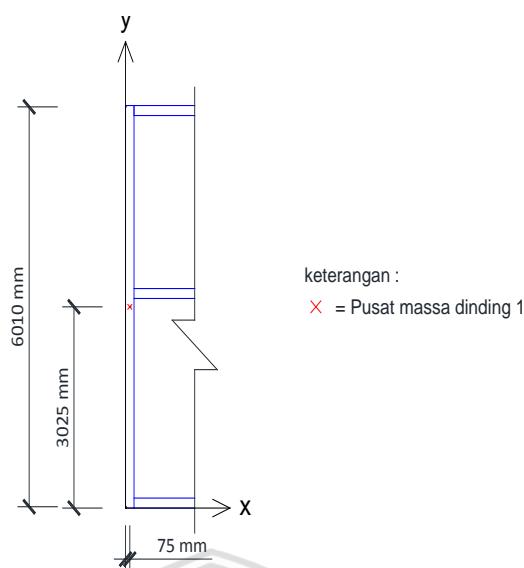
Tidak semua elemen dinding efektif dalam menahan gaya gempa searah sumbu y.

Gambar 4.2 menunjukan elemen dinding yang efektif dalam menahan gaya gempa searah sumbu y.



Gambar 4.2 Partisi profil untuk perhitungan I_x

- Perhitungan dinding satu



Gambar 4.3 Letak pusat massa dan panjang dinding satu

Dari gambar 4.3 , didapat panjang dinding bata satu dan pusat massa dari dinding satu (x_1 dan y_1).

$$\text{tebal dinding bata (b)} = 110 \text{ mm} = 0,11 \text{ m}$$

$$\text{panjang dinding bata satu (L)} = 6010 \text{ mm} = 6,01 \text{ m}$$

$$\text{luas dinding satu (A}_1)$$

$$A_1 = \text{panjang dinding bata} \times \text{tebal dinding bata} = 6,01 \cdot 0,11 = 0,661 \text{ m}^2$$

$$y_1 = 3025 \text{ mm} = 3,025 \text{ m}$$

$$x_1 = 75 \text{ mm} = 0,075 \text{ m}$$

$$A_1 y_1 = 0,611 \cdot 3,025 = 1,9998 \text{ m}^3$$

$$A_1 x_1 = 0,611 \cdot 0,075 = 0,0496 \text{ m}^3$$

$$A_1(y_1 - \bar{Y}_x)^2 = 0,661(3,025 - 3,34275)^2 = 0,0667 \text{ m}^4$$

$$I_{x1} = \frac{b \cdot L^3}{12} = \frac{0,11 \cdot 6,01^3}{12} = 1,9899 \text{ m}^4$$

Perhitungan selengkapnya dapat dilihat dalam tabel 4.2

Tabel 4.2 Perhitungan I_x

Partisi dinding	L_i (m)	A_i (m^2)	y_i (m)	x_i (m)	$A_i y_i$ (m^3)	$A_i x_i$ (m^3)	$A_i(y_i - \bar{Y}_x)^2$ (m^4)	I_{xi} (m^4)
1	6,01	0,661	3,025	0,075	1,9998	0,0496	0,0667	1,9899
2	1,93	0,212	5,065	3,075	1,0753	0,6528	0,6297	0,0659
3	1,83	0,201	1,435	3,075	0,2889	0,6190	0,7326	0,0562
4	0,61	0,067	0,325	1,825	0,0218	0,1225	0,6111	0,0021
5	0,93	0,102	6,135	4,825	0,6276	0,4936	0,7976	0,0074
6	6,08	0,669	3,560	6,075	2,3809	4,0630	0,0316	2,0603
Σ		1,913			6,3943	6,0004	2,8693	4,1817

Pusat massa profil

Pusat massa sumbu y

$$\bar{Y}_x = \frac{\sum A_i y_i}{\sum A_i} = \frac{6,3943}{1,913} = 3,34275 \text{ m}$$

Pusat massa sumbu x

$$\bar{X}_x = \frac{\sum A_i x_i}{\sum A_i} = \frac{6,0004}{1,913} = 3,13682 \text{ m}$$

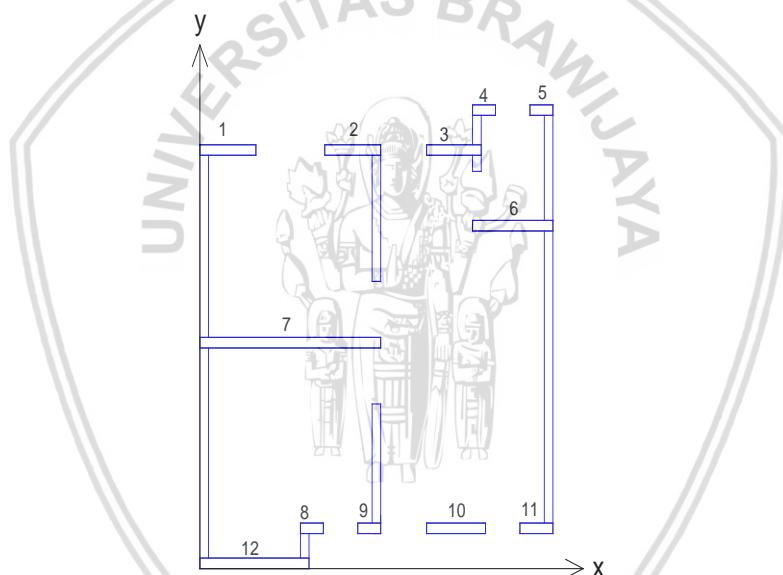
Momen inersia profil

Momen inersia profil terhadap sumbu x

$$I_x = \sum A_i (y_i - \bar{Y})^2 + \sum I_{x_i} = 2,8693 + 4,1817 = 7,051 \text{ m}^4$$

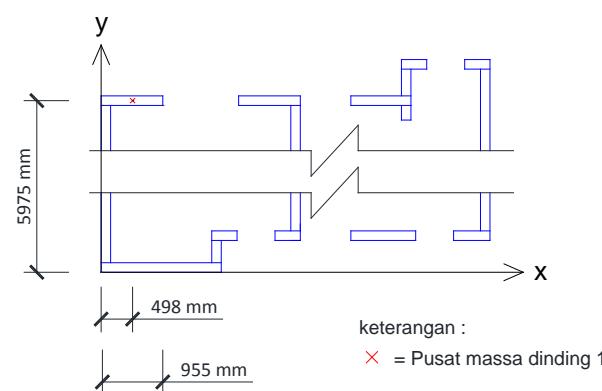
4.2.2 Momen Inersia terhadap sumbu y (I_y)

Gambar 4.4 menunjukkan elemen dinding yang efektif dalam menahan gaya gempa searah sumbu x.



Gambar 4.4 Partisi profil untuk menghitung I_y

- Perhitungan dinding satu



Gambar 4.5 Letak pusat massa dan panjang dinding satu

Dari gambar 4.5 , didapat panjang dinding bata satu dan pusat massa dari dinding satu (x_1 dan y_1).

$$\text{panjang dinding bata satu } (L_1) = 955 \text{ mm} = 0,955 \text{ m}$$

$$\text{tebal dinding bata } (h) = 110 \text{ mm} = 0,11 \text{ m}$$

luas dinding satu (A_1)

$$A_1 = L_1 \cdot h = 0,955 \cdot 0,11 = 0,105 \text{ m}^2$$

$$y_1 = 5975 \text{ mm} = 5,975 \text{ m}$$

$$x_1 = 498 \text{ mm} = 0,498 \text{ m}$$

$$A_1 y_1 = 0,105 \cdot 5,975 = 0,6277 \text{ m}^3$$

$$A_1 x_1 = 0,105 \cdot 0,498 = 0,0523 \text{ m}^3$$

$$A_1(x_1 - \bar{X}_y)^2 = 0,105(5,975 - 3,26937)^2 = 0,5833 \text{ m}^4$$

$$I_{y1} = \frac{b \cdot h^3}{12} = \frac{0,955^3 \cdot 0,11}{12} = 0,0001 \text{ m}^4$$

Perhitungan selengkapnya dapat dilihat dalam tabel 4.3

Tabel 4.3 perhitungan I_y

Partisi dinding	L_i (m)	A_i (m^2)	y_i (m)	x_i (m)	$A_i y_i$ (m^3)	$A_i x_i$ (m^3)	$A_i(x_i - \bar{X}_y)^2$ (m^4)	I_{yi} (m^4)
1	0,955	0,105	5,975	0,498	0,6277	0,0523	0,5833	0,0080
2	0,955	0,105	5,975	2,653	0,6277	0,2786	0,0043	0,0080
3	0,930	0,102	5,975	4,415	0,6112	0,4517	0,2493	0,0047
4	0,380	0,042	6,545	4,960	0,2736	0,2073	0,1854	0,0005
5	0,380	0,042	6,545	5,940	0,2736	0,2483	0,3981	0,0005
6	1,360	0,150	4,895	5,450	0,7323	0,8153	1,0082	0,0179
7	3,110	0,342	3,225	1,575	1,1033	0,5388	0,5596	0,2122
8	0,380	0,042	0,575	1,960	0,0240	0,0819	0,0334	0,0005
9	0,380	0,042	0,575	2,940	0,0240	0,1229	0,0003	0,0005
10	1,025	0,113	0,575	4,463	0,0648	0,5031	0,2917	0,0099
11	0,555	0,061	0,575	5,853	0,0351	0,3573	0,5489	0,0016
12	1,860	0,205	0,075	0,950	0,0153	0,1944	0,7417	0,0375
Σ		1,350			4,4127	3,8519	4,6042	0,3018

Pusat massa profil

Pusat massa sumbu y

$$\bar{Y}_y = \frac{\sum A_i y_i}{\sum A_i} = \frac{4,4127}{1,350} = 3,26937 \text{ m}$$

Pusat massa sumbu x

$$\bar{X}_y = \frac{\sum A_i x_i}{\sum A_i} = \frac{3,8519}{1,350} = 2,85392 \text{ m}$$

Momen inersia profil terhadap sumbu y

$$I_y = \sum A_i (x_i - \bar{X})^2 + \sum I_{y_i} = 4,6042 + 0,3018 = 4,906 \text{ m}^4$$

4.3 Pembeban Gempa

Untuk menghitung beban gempa, diperlukan data berat total bangunan (W_{total}) berikut perhitungan bera total bangunan.

Luas atap	$= (7 \cdot \sec 35^\circ) \cdot 6$	$= 51,27 \text{ m}^2$
Luas langit langit	$= 7 \cdot 6$	$= 42 \text{ m}^2$
Panjang total balok	$= 35,22 \text{ m}$	
Panjang total bukaan	$= (0,6 \cdot 4) + 0,7 + (0,8 \cdot 4)$	$= 6,3 \text{ m}$
Panjang total tembok	$= 35,22 - 6,3 - (0,15 \cdot 14)$	$= 26,82 \text{ m}$
Panjang kuda-kuda	$= 29,26 \text{ m}$	

Beban mati :

• Penutup atap	$= 50 \cdot 51,27$	$= 2564 \text{ kg}$
• Gording	$= 11 \cdot 6 \cdot 8$	$= 528 \text{ kg}$
• Kuda-kuda	$= 7,54 \cdot 29,26 \cdot 3$	$= 662 \text{ kg}$
• Plafon	$= 42 \cdot 11$	$= 462 \text{ kg}$
• Balok ring	$= 2400 \cdot 0,25 \cdot 0,15 \cdot 35,67$	$= 3170 \text{ kg}$
• Kolom	$= 14 \cdot 2400 \cdot 1,5 \cdot 0,15 \cdot 0,15$	$= 1134 \text{ kg}$
• Tembok	$= 250(1,5 \cdot 26,82 + 0,7 \cdot 6,3)$	$= \underline{11160 \text{ kg}} +$
		$W_1 = 19680 \text{ kg}$

Beban hidup :

Beban hidup untuk menghitung gaya gempa dapat dikalikan suatu koefisien yang bergantung pada fungsi bangunan (PPIUG 1981 Pasal 3.5, tabel 3.3). Fungsi bangunan adalah sebagai rumah tinggal sehingga dapat dikalikan koefisien 0,3

$$W_2 = 0,3 \cdot (12 \cdot 42) = 152 \text{ kg}$$

$$W_{total} = W_1 + W_2 = 19680 + 152 = 19831 \text{ kg}$$

Faktor Keutamaan Gempa (I_e) dan koefisien modifikasi respons diperlukan untuk menentukan koefisien respons seismik. Meurut tabel 1 SNI-1726-2012, rumah tinggal masuk dalam kategori resiko II.

Tabel 4.4 faktor keutamaan gempa

Kategori resiko	Faktor keutamaan gempa (I_e)
I atau II	1,0
III	1,25
IV	1,50

Sumber : SNI 1726 (2012:15)

Menurut tabel 4.4, nilai faktor keutamaan gempa untuk gedung dengan kategori resiko II adalah sebesar 1.

Bangunan Rumah yang dibahas menggunakan sistem dinding penumpu khususnya sistem dinding geser batu bata polos biasa dengan nilai koefisien modifikasi respons sebesar 1,5 (tabel 9 SNI-1726-2012).

Selanjutnya dilakukan perhitungan periode fundamental pendekatan struktur (T_a)

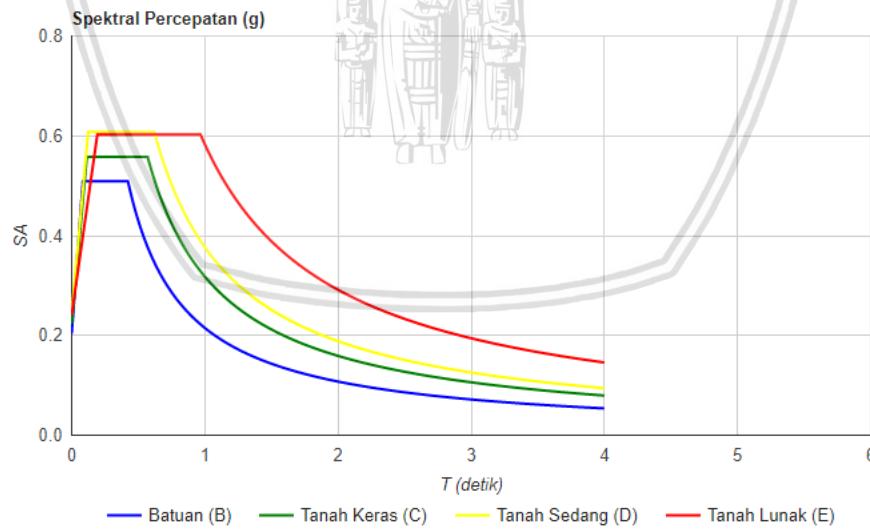
$$T_a = 0,0488 \cdot h_n^{0,75} = 0,0488 \cdot 3^{0,75} = 0,11124 \text{ detik}$$

Menurut SNI 1726-2012 pasal 7.8.2, perioda fundamental pendekatan struktur dapat dijadikan alternatif terhadap nilai perioda fundamental struktur (T). sehingga

$$T_a = T = 0,11124 \text{ detik}$$

Dengan menggunakan aplikasi dari yang telah disediakan oleh PU, Penulis mendapatkan grafik Respons Spektrum Permukaan pada lokasi Rumah tinggal. koordinat rumah tinggal berada di $7^\circ 55' 20,29''$ Lintang Selatan, dan $112^\circ 37' 11,06''$ Bujur Timur.

Periode ulang gempa yang dipakai dalam perhitungan respons spektrum aplikasi PU adalah gempa dengan periode ulang 5000 tahun atau gempa dengan probabilitas 1% dalam 50 tahun.



Gambar 4.6 Grafik Respons Spektral Percepatan Permukaan

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

Jenis tanah lokasi bangunan adalah tanah sedang. Nilai S_a dicari dengan menggunakan metode interpolasi. Dari grafik 4.3, didapat

$$S_{0,11} = 0,568 \text{ g}$$

$$S_{0,12} = 0,597 \text{ g}$$

$$T = 0,11124 \text{ detik},$$

$$S_a = S_{0,11} + (S_{0,12}-S_{0,11})(T-0,11) \cdot 100$$

$$S_a = 0,568 + (0,597 - 0,568)(0,11124 - 0,11) \cdot 100$$

$$S_a = 0,5716 \text{ g}$$

$$C_s (\text{hitungan}) = \frac{S_a \cdot I_e}{R} = \frac{0,5716 \cdot 1}{1,5} = 0,3811$$

$$C_s (\text{min}) = 0,044 \cdot S_{DS} \cdot I_e = 0,044 \cdot 0,609 \cdot 1 = 0,0268 \geq 0,01 \text{ (ok!)}$$

$$C_s (\text{maks}) = \frac{S_1 \cdot I_e}{T \cdot R} = \frac{0,323 \cdot 1}{0,11124 \cdot 1,5} = 1,9358$$

$$\therefore C_s = 0,3811$$

Gaya geser dasar seismik (V)

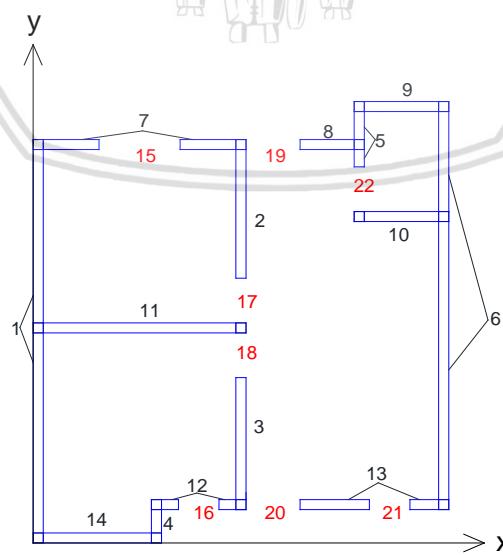
Gaya geser gempa total yang terjadi pada bangunan sesuai dengan ketentuan SNI 1726-2012 adalah sebagai berikut.

$$V = C_s \cdot W_{\text{total}} = 0,3811 \cdot 19831 = 7557 \text{ kg}$$

4.4 Letak Beban Gempa

4.4.1 Pusat massa beban tembok

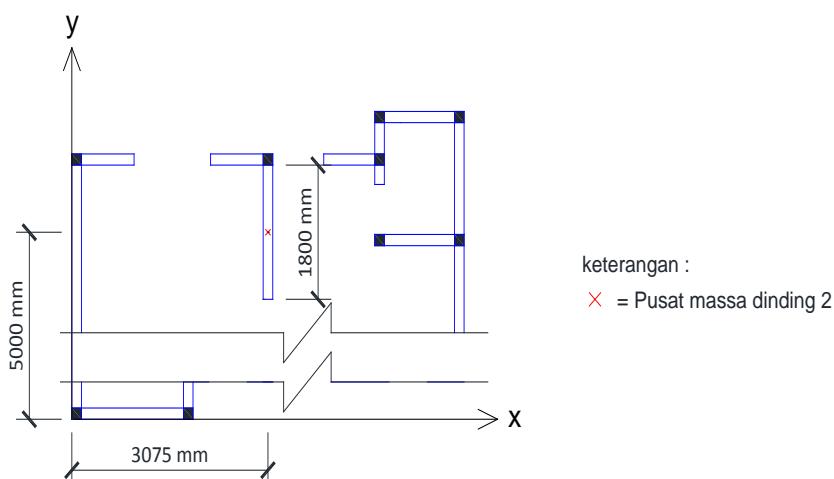
Berikut adalah perhitungan pusat massa beban dari tembok, yang terdiri dari pasangan bata merah dan acian. Gambar 4.4 menunjukkan penamaan masing-masing partisi dari dinding bata.



Gambar 4.7 Partisi Dinding Bata

- Perhitungan pusat massa dinding bata dua

Perhitungan pusat massa bata dua dapat mewakili perhitungan pusat massa dinding bata satu sampai dinding bata empat belas



Gambar 4.8 Letak pusat massa dan panjang dinding dua

Dari gambar 4.8 didapat nilai pusat massa (x_2 dan y_2) serta panjang dinding (L_2)

$$\text{Berat pasangan bata merah } \frac{1}{2} \text{ batu} = 250 \text{ kg/m}^2$$

$$\text{Tinggi dinding bata} = \frac{3}{2} = 1,5 \text{ m}$$

$$x_2 = 3075 \text{ mm} = 3,075 \text{ m}$$

$$y_2 = 5000 \text{ mm} = 5 \text{ m}$$

$$L_2 = 1800 \text{ mm} = 1,8 \text{ m}$$

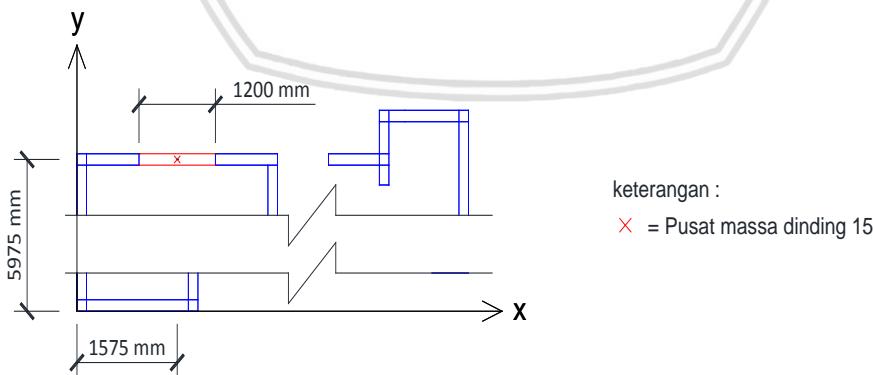
$$W_2 = 250 \cdot 1,5 \cdot 1,8 = 675 \text{ kg}$$

$$W_2y_2 = 675 \cdot 5 = 3375 \text{ kgm}$$

$$W_2x_2 = 675 \cdot 3,075 = 2076 \text{ kgm}$$

- Perhitungan pusat massa dinding bata lima belas

Perhitungan pusat massa bata lima belas dapat mewakili perhitungan pusat massa dinding bata enam belas sampai dinding bata dua puluh dua.



Gambar 4.9 Letak pusat massa dan panjang dinding lima belas

Berat pasangan bata merah $\frac{1}{2}$ batu = 250 kg/m²

$$\text{Tinggi dinding bata} = 0,7 \text{ m}$$

Dari gambar 4.11 didapat letak pusat massa (x_1 dan y_1) serta panjang kolom satu (L_1)

$$x_{15} = 1575 \text{ mm} = 1,575 \text{ m}$$

y_{15}	= 5975 mm	= 5,975 m
L_{15}	= 1200 mm	= 1,2 m
W_{15}	= $250 \cdot 0,7 \cdot 1,8$	= 210 kg
$W_{15}y_{15}$	= $210 \cdot 5,975$	= 1255 kgm
$W_{15}x_{15}$	= $210 \cdot 1,575$	= 331 kgm

Perhitungan selengkapnya untuk menghitung pusat massa dinding terdapat dalam tabel 4.5

Tabel 4.5 Perhitungan pusat massa dinding bata

No.	W_i (kg)	y_i (m)	x_i (m)	$W_i y_i$ (kgm)	$W_i x_i$ (kgm)
1	2100	3,025	0,075	6353	158
2	675	5,000	3,075	3375	2076
3	638	1,500	3,075	956	1960
4	131	0,325	1,825	43	240
5	244	6,092	4,825	1485	1176
6	2126	3,560	6,075	7569	12917
7	619	5,975	1,575	3697	975
8	300	5,975	4,350	1793	1305
9	413	6,545	5,450	2700	2248
10	413	4,895	5,450	2019	2248
11	1069	3,225	1,575	3447	1683
12	188	0,575	2,450	108	459
13	544	0,575	4,851	313	2638
14	600	0,075	0,950	45	570
15	210	5,975	1,575	1255	331
16	105	0,575	2,450	60	257
17	140	3,700	3,075	518	431
18	140	2,750	3,075	385	431
19	140	5,975	3,550	837	497
20	140	0,575	3,550	81	497
21	105	0,575	5,275	60	554
22	123	5,320	4,825	652	591
Σ	11160			37749	34240

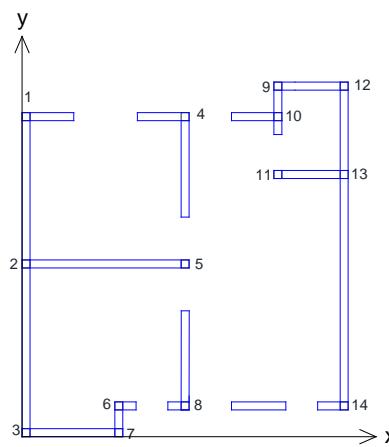
$$\bar{Y}_1 = \frac{\sum W_i y_i}{\sum W_i} = \frac{37749}{11160} = 3,382 \text{ m}$$

$$\bar{X}_1 = \frac{\sum W_i x_i}{\sum W_i} = \frac{34240}{11160} = 3,068 \text{ m}$$

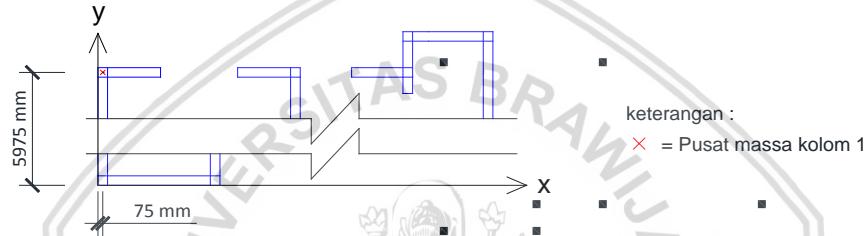
$$W_1 = 11160 \text{ kg}$$

4.4.2 Pusat Massa Beban Kolom

Berikut adalah perhitungan pusat massa beban dari kolom beton bertulang. Kolom berukuran 15 cm x 15 cm. gambar 4.10 menunjukan penamaan masing-masing kolom.

**Gambar 4.10** Penamaan kolom

- Perhitungan pusat massa kolom satu

**Gambar 4.11** Letak pusat massa kolom satu

Dari gambar 4.11 didapat letak pusat massa kolom satu (x_1 dan y_1)

$$\text{Tinggi kolom} = 0,5 \cdot 3 = 1,5 \text{ m}$$

$$A_1 = 15 \text{ cm} \times 15 \text{ cm} = 225 \text{ cm}^2 = 0,0225 \text{ m}^2$$

$$\gamma_{\text{beton}} = 2400 \text{ kg/m}^3$$

$$y_1 = 5975 \text{ mm} = 5,975 \text{ m}$$

$$x_1 = 75 \text{ mm} = 0,075 \text{ m}$$

$$W_1 = A_1 \cdot \text{tinggi kolom} \cdot \gamma_{\text{beton}} = 0,0225 \cdot 1,5 \cdot 2400 = 81 \text{ kg}$$

$$W_1 y_1 = 81 \cdot 5,975 = 483,98 \text{ kgm}$$

$$W_1 x_1 = 81 \cdot 0,075 = 6,08 \text{ kgm}$$

Perhitungan selengkapnya untuk menghitung pusat massa kolom terdapat dalam tabel 4.6

Tabel 4.6 Perhitungan pusat massa kolom

No.	W_i (kg)	y_i (m)	x_i (m)	$W_i y_i$ (kgm)	$W_i x_i$ (kgm)
1	81	5,975	0,075	483,98	6,08
2	81	3,225	0,075	261,23	6,08
3	81	0,075	0,075	6,08	6,08
4	81	5,975	3,075	483,98	249,08
5	81	3,225	3,075	261,23	249,08
6	81	0,575	1,825	46,58	147,83

Tabel 4.4 Perhitungan pusat massa kolom (lanjutan)

No.	W_i (kg)	y_i (m)	x_i (m)	$W_i y_i$ (kgm)	$W_i x_i$ (kgm)
7	81	0,075	1,825	6,08	147,83
8	81	0,575	3,075	46,58	249,08
9	81	6,545	4,825	530,15	390,83
10	81	5,975	4,825	483,98	390,83
11	81	4,895	4,825	396,50	390,83
12	81	6,545	6,075	530,15	492,08
13	81	4,895	6,075	396,50	492,08
14	81	0,575	6,075	46,58	492,08
Σ	1134			3979,53	3709,80

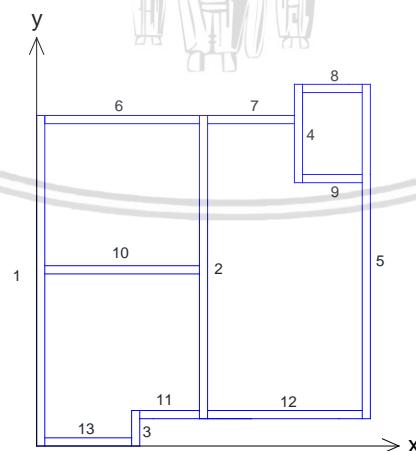
$$\bar{Y}_2 = \frac{\sum W_i y_i}{\sum W_i} = \frac{3979,53}{1134} = 3,509 \text{ m}$$

$$\bar{X}_2 = \frac{\sum W_i x_i}{\sum W_i} = \frac{3709,80}{1134} = 3,271 \text{ m}$$

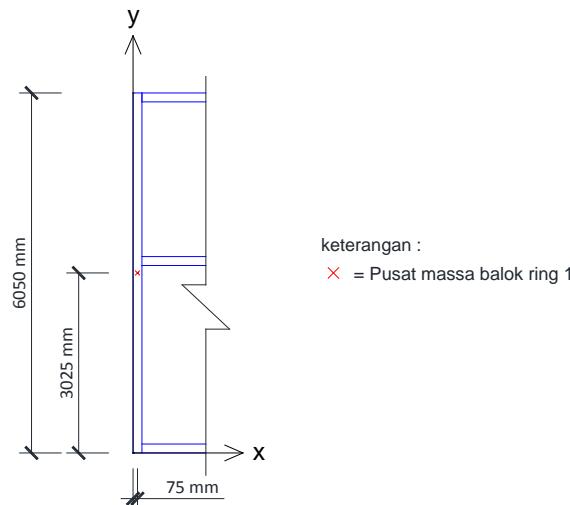
$$W_2 = 1134 \text{ kg}$$

4.4.3 Pusat Massa Beban Balok Ring

Berikut adalah perhitungan pusat massa dari balok ring yang terbuat dari beton bertulang. balok ring berukuran 25 cm x 15 cm. Gambar 4.12 menunjukkan penamaan masing-masing balok ring.

**Gambar 4.12** Partisi Balok Ring

- Perhitungan pusat massa balok ring satu

**Gambar 4.13** Letak pusat massa balok ring satu

Dari gambar 4.13 didapat letak pusat (x_1 dan y_1) serta panjang massa balok ring satu (L_1)

$$L_1 = 6050 \text{ mm} = 6,05 \text{ m}$$

$$A_1 = 15 \text{ cm} \times 25 \text{ cm} = 375 \text{ cm}^2 = 0,0375 \text{ m}^2$$

$$\gamma_{\text{beton}} = 2400 \text{ kg/m}^3$$

$$y_1 = 3025 \text{ mm} = 3,025 \text{ m}$$

$$x_1 = 75 \text{ mm} = 0,075 \text{ m}$$

$$W_1 = L_1 \cdot A_1 \cdot \gamma_{\text{beton}} = 6,05 \cdot 0,0375 \cdot 2400 = 545 \text{ kg}$$

$$W_1 y_1 = 545 \cdot 3,025 = 1647 \text{ kgm}$$

$$W_1 x_1 = 545 \cdot 0,075 = 41 \text{ kgm}$$

Perhitungan selengkapnya untuk menghitung pusat massa balok ring terdapat dalam tabel 4.7

Tabel 4.7 Perhitungan pusat massa balok ring

No.	W_i (kg)	y_i (m)	x_i (m)	$W_i y_i$ (kgm)	$W_i x_i$ (kgm)
1	545	3,025	0,075	1647	41
2	500	3,275	3,075	1636	1536
3	59	0,325	1,825	19	107
4	162	5,720	4,825	927	782
5	551	3,560	6,075	1961	3346
6	257	5,975	1,575	1533	404
7	144	5,975	3,950	860	569
8	99	6,545	5,450	648	540
9	99	4,895	5,450	485	540
10	257	3,225	1,575	827	404
11	99	0,575	2,450	57	243

Tabel 4.5 Perhitungan pusat massa balok ring (lanjutan)

No.	W_i (kg)	y_i (m)	x_i (m)	$W_i y_i$ (kgm)	$W_i x_i$ (kgm)
12	257	0,575	4,575	147	1173
13	144	0,575	0,950	83	137
Σ	3170			10829	9820

$$\bar{Y}_3 = \frac{\sum W_i y_i}{\sum W_i} = \frac{10829}{3170} = 3,416 \text{ m}$$

$$\bar{X}_3 = \frac{\sum W_i x_i}{\sum W_i} = \frac{9820}{3170} = 3,098 \text{ m}$$

$$W_3 = 3170 \text{ kg}$$

4.4.4 Pusat massa akibat beban hidup, penutup atap, plafon, kuda-kuda dan gording

Besar beban hidup, penutup atap, gording, kuda-kuda dan plafon telah dihitung pada sub-bab 4.3.

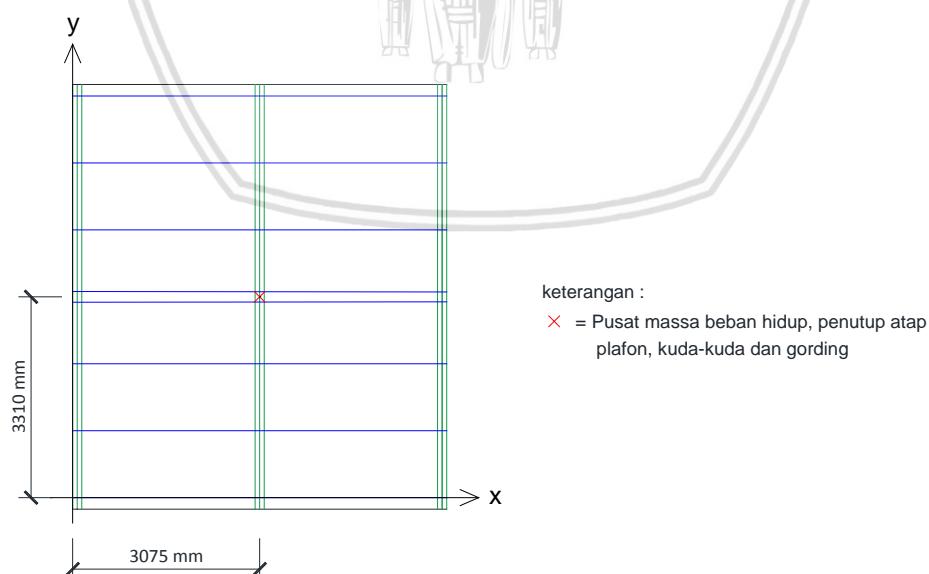
Beban hidup = 152 kg

Penutup atap = 2564 kg

Gording = 528 kg

Kuda-kuda = 662 kg

Plafon = 462 kg



Gambar 4.14 Letak pusat massa beban hidup, penutup atap, gording, kuda-kuda dan plafon

Dari gambar 4.14 didapat pusat massa beban hidup, penutup atap, gording, kuda-kuda dan plafon.

$$\bar{X}_4 = 3,075 \text{ m}$$

$$\bar{Y}_4 = 3,31 \text{ m}$$

$$W_4 = 152 + 2564 + 528 + 662 + 462 = 4367 \text{ kg}$$

4.4.5 Pusat Massa akibat Seluruh Beban

Letak beban gempa didapat dari resultan dari pusat massa masing-masing beban yang telah dihitung di sub-bab 4.4.1 sampai dengan sub-bab 4.4.4. Perhitungan pusat massa beban dapat dilihat di tabel 4.8.

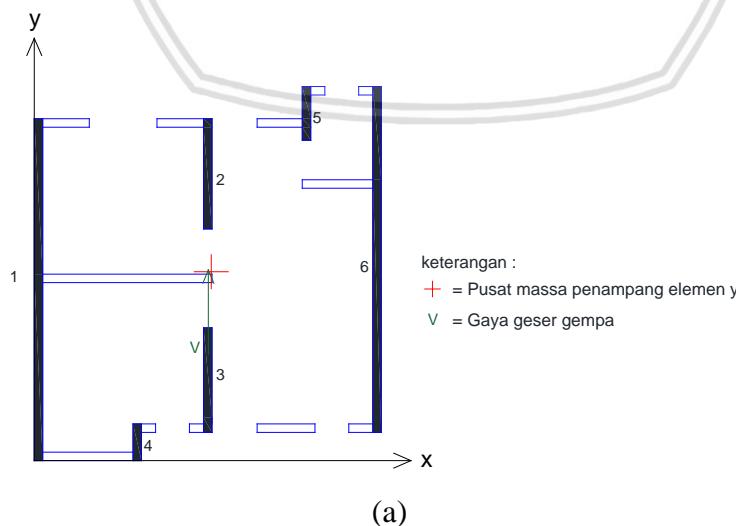
Tabel 4.8 Perhitungan pusat massa semua beban

Beban	W_i (kg)	X_i (m)	Y_i (m)	$W_i X_i$ (kgm)	$W_i Y_i$ (kgm)
Tembok	11160	3,068	3,382	34240	37749
Kolom	1134	3,271	3,509	3710	3980
Balok ring	3170	3,098	3,416	9820	10829
Beban hidup, penutup atap, plafon, kuda-kuda dan gording	4367	3,075	3,310	13427	14453
Σ	19831			61197	67011

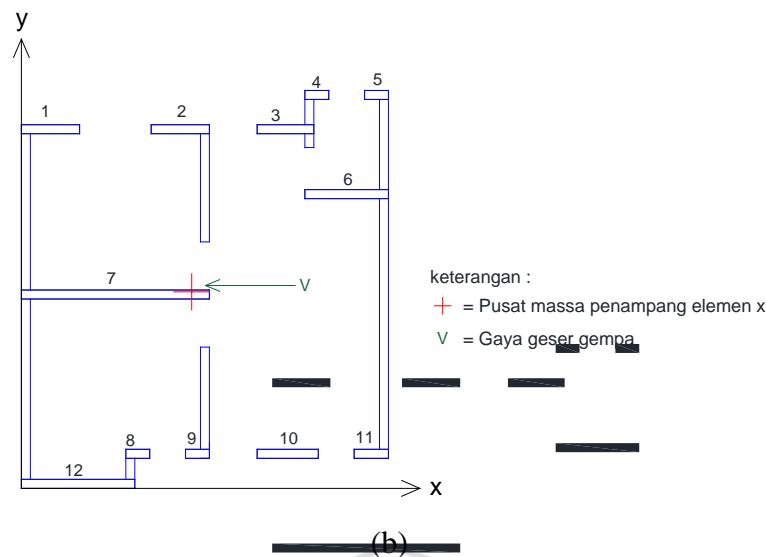
$$\bar{X}_V = \frac{\sum W_i x_i}{\sum W_i} = \frac{61197}{19831} = 3,08603 \text{ m}$$

$$\bar{Y}_V = \frac{\sum W_i y_i}{\sum W_i} = \frac{67011}{19831} = 3,37921 \text{ m}$$

$$W_{\text{total}} = 19831 \text{ kg}$$



(a)



Gambar 4.15 Letak beban gempa dan pusat massa penampang (a) elemen y dan (b) elemen x

4.5 Perhitungan tegangan geser dinding bata

4.5.1 Tegangan geser akibat torsi

Gaya geser gempa (V) sebesar 7557 kg bekerja pada koordinat (3,08603 , 3,37921).

- Torsi pada penampang elemen y
- Mencari momen torsi M_x

Pusat massa penampang elemen y yang didapat dari sub-bab 4.2.1 adalah

$$\bar{Y}_x = 3,34275 \text{ m}$$

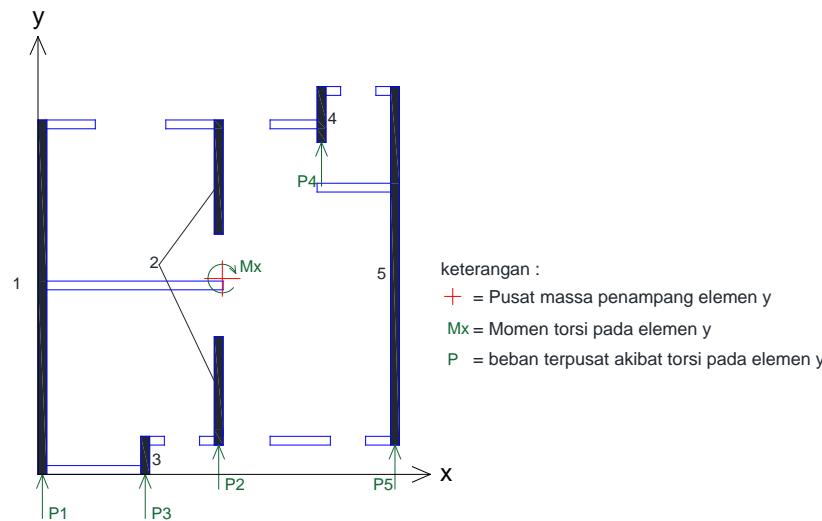
$$\bar{X}_x = 3,13682 \text{ m}$$

Momen torsi pada penampang elemen y (M_x)

$$M_x = V \cdot (\bar{X}_x - \bar{X}_V) = 7557 \cdot (3,13682 - 3,08603) = 383,79 \text{ kgm (searah jarum jam)}$$

Momen torsi M_x bekerja pada pusat massa penampang elemen y.

- Menghitung gaya geser pada masing-masing dinding akibat momen torsi M_x .



Gambar 4.16 Gaya geser pada masing-masing dinding akibat torsi M_x

Perhitungan beban geser P_1 akibat momen torsi M_x

Dari tabel 4.2 didapat nilai A_1 dan x_1

$$A_1 = 0,661 \text{ m}^2$$

$$x_1 = 0,075 \text{ m}$$

$$\bar{X}_x - x_1 = 3,13682 - 0,075 = 3,0618 \text{ m}$$

$$(\bar{X}_x - x_i)^2 = 3,0618^2 = 9,3747 \text{ m}^2$$

$$P_1 = \frac{M_x (\bar{X}_x - x_1)}{\sum (\bar{X}_x - x_i)^2} = \frac{416,46 \cdot 3,0618}{22,5823} = 56,47 \text{ kg}$$

$$\tau_1 = \frac{P_1}{A_1} = \frac{56,47}{0,661 \times 10^4} = 0,00854 \text{ kg/cm}^2$$

Perhitungan selengkapnya dapat dilihat di tabel 4.9

Tabel 4.9 Perhitungan gaya geser pada masing-masing dinding

No.	x_i (m)	$(\bar{X}_x - x_i)$ (m)	$(\bar{X}_x - x_i)^2$ (m^2)	P_i (kg)	A_i (m^2)	τ_i (kg/cm^2)
1	0,075	3,0618	9,3747	52,02	0,661	0,00787
2	3,025	0,1118	0,0125	1,90	0,414	0,00046
3	1,825	1,3118	1,7209	22,29	0,067	0,03321
4	4,825	-1,6882	2,8500	-28,68	0,102	-0,02803
5	6,075	-2,9382	8,6329	-49,92	0,669	-0,00746
Σ			22,5910			

- Torsi pada penampang elemen x

Pusat massa penampang elemen x yang didapat dari sub-bab 4.2.2 adalah

$$\bar{Y}_y = 3,26937 \text{ m}$$

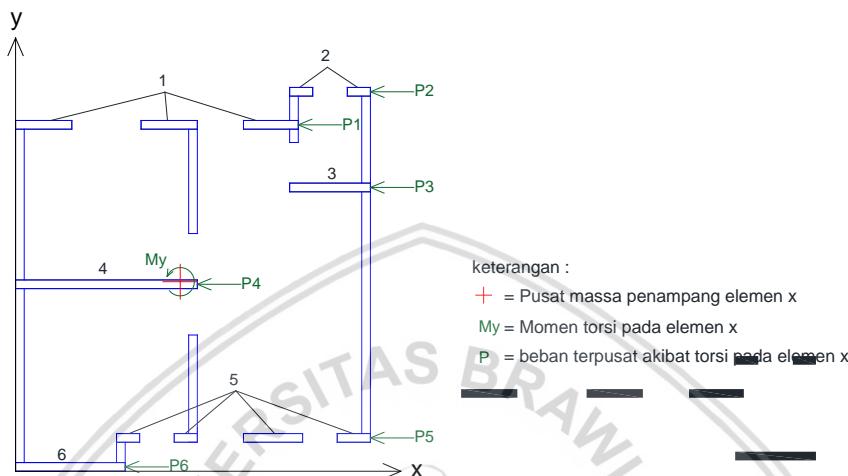
$$\bar{X}_y = 2,85392 \text{ m}$$

Momen torsi pada penampang elemen x (M_y)

$$M_y = V \cdot (\bar{Y}_y - \bar{Y}_V) = 7557 \cdot (3,26937 - 3,37921) = 830,04 \text{ kgm} \text{ (berlawanan arah jarum jam)}$$

Momen torsi M_y bekerja pada pusat massa penampang elemen x.

- Menghitung gaya geser pada masing-masing dinding akibat momen torsi M_y



Gambar 4.17 Gaya geser pada masing-masing dinding akibat torsi M_y

Perhitungan beban geser P_1 akibat momen torsi M_y

Dari tabel 4.3 didapat nilai A_1 dan y_1

$$y_1 = 5,975 \text{ m}$$

$$A_1 = 0,105 + 0,105 + 0,102 = 0,312 \text{ m}^2$$

$$\bar{Y}_y - y_1 = 3,26937 - 5,975 = -2,7056 \text{ m}$$

$$(\bar{Y}_y - y_1)^2 = (-2,7056)^2 = 7,3204 \text{ m}^2$$

$$P_1 = \frac{M_y (\bar{Y}_y - y_1)}{\Sigma (\bar{Y}_y - y_i)^2} = \frac{851,52 \cdot 2,7056}{38,1585} = 60,38 \text{ kg}$$

$$\tau_1 = \frac{P_1}{A_1} = \frac{60,38}{0,312 \times 10^4} = 0,01933 \text{ kg/cm}^2$$

Perhitungan selengkapnya dapat dilihat di tabel 4.10

Tabel 4.10 Perhitungan gaya geser pada masing-masing dinding

No	y_i (m)	$(\bar{Y}_y - y_i)$ (m)	$(\bar{Y}_y - y_i)^2$ (m ²)	P_i (kg)	A_i (m ²)	τ_i (kg/cm ²)
1	5,975	-2,7056	7,3204	58,85	0,312	0,01884
2	6,545	-3,2756	10,7298	71,25	0,084	0,08523
3	4,895	-1,6256	2,6427	35,36	0,150	0,02364
4	3,225	0,0444	0,0020	-0,97	0,342	-0,00028
5	0,575	2,6944	7,2596	-58,61	0,257	-0,02277
6	0,075	3,1944	10,2040	-69,49	0,205	-0,03396
Σ			38,1585			

4.5.2 Tegangan geser akibat gaya beban gempa

Dalam perhitungan tegangan geser memakai rumus pendekatan

$$\frac{EI}{l^3} \approx A$$

Sehingga gaya geser gempa dapat langsung dibagikan dengan luasnya

- Tegangan geser akibat gaya geser gempa searah sumbu y

Luas penampang elemen y (ΣA_i) didapat dari tabel 4.2

$$\Sigma A_i = 1,913 \text{ m}^2$$

Tegangan geser gempa akibat gaya gempa searah sumbu x (τ_{Vx})

$$\tau_{Vx} = \frac{V}{\Sigma A_i} = \frac{7557 \text{ kg}}{1,913 \text{ m}^2} = 0,39604 \text{ kg/m}^2$$

- Tegangan geser akibat gaya geser gempa searah sumbu x

Luas penampang elemen x (ΣA_i) didapat dari tabel 4.3

$$\Sigma A_i = 1,35 \text{ m}^2$$

Tegangan geser gempa akibat gaya gempa searah sumbu y (τ_{Vy})

$$\tau_{Vy} = \frac{V}{\Sigma A_i} = \frac{7557 \text{ kg}}{1,35 \text{ m}^2} = 0,55988 \text{ kg/m}^2$$

4.5.3 Tegangan geser total

- Tegangan geser total akibat beban searah sumbu x

Nilai τ_{torsi} didapat dari tabel 4.9 dan nilai τ_V didapat dari perhitungan di sub-bab 4.5.2

$$\tau_{torsi 1} = 0,00787 \text{ kg/cm}^2$$

$$\tau_{Vx} = 0,39604 \text{ kg/m}^2$$

$$\Sigma \tau = \tau_{torsi 1} + \tau_V = 0,00787 + 0,39604 = 0,4029 \text{ kg/cm}^2$$

Perhitungan selengkapnya dapat dilihat di tabel 4.11

Tabel 4.11 Perhitungan gaya geser total pada dinding elemen y

No.	$\tau_{\text{torsi}} (\text{kg/cm}^2)$	$\tau_{Vx} (\text{kg/cm}^2)$	$\Sigma \tau (\text{kg/cm}^2)$
1	0,00787	0,39504	0,40290
2	0,00046	0,39504	0,39550
3	0,00046	0,39504	0,39550
4	0,03321	0,39504	0,42825
5	-0,02803	0,39504	0,36700
6	-0,00746	0,39504	0,38757

- Tegangan geser total akibat beban searah sumbu y

Nilai τ_{torsi} didapat dari tabel 4.10 dan nilai τ_V didapat dari perhitungan di sub-bab 4.5.2

$$\tau_{\text{torsi } 1} = 0,01884 \text{ kg/cm}^2$$

$$\tau_{Vy} = 0,55988 \text{ kg/m}^2$$

$$\Sigma \tau = \tau_{\text{torsi } 1} + \tau_V = 0,01884 + 0,00787 \cdot 0,55988 = 0,57872 \text{ kg/cm}^2$$

Perhitungan selengkapnya dapat dilihat di tabel 4.12

Tabel 4.12 Perhitungan gaya geser total pada dinding elemen x

No.	$\tau_{\text{torsi}} (\text{kg/cm}^2)$	$\tau_{Vx} (\text{kg/cm}^2)$	$\Sigma \tau (\text{kg/cm}^2)$
1	0,01884	0,55988	0,57872
2	0,01884	0,55988	0,57872
3	0,01884	0,55988	0,57872
4	0,08523	0,55988	0,64511
5	0,08523	0,55988	0,64511
6	0,02364	0,55988	0,58351
7	-0,00028	0,55988	0,55959
8	-0,02277	0,55988	0,53711
9	-0,02277	0,55988	0,53711
10	-0,02277	0,55988	0,53711
11	-0,02277	0,55988	0,53711
12	-0,03396	0,55988	0,52591

4.6 Tegangan lentur dan normal

4.6.1 Tegangan lentur keseluruhan

Berikut adalah beban grafitasi dari masing-masing elemen struktur. Beban kuda-kuda diambil dari sub-bab 4.1

$$P_{\text{kuda-kuda satu}} = P_{\text{kuda-kuda tiga}} = 1235,03 \text{ kg}$$

$$P_{\text{kuda-kuda dua}} = 2249,43 \text{ kg}$$

$$q_{\text{dinding bata}} (h = 3 \text{ m}) = 250 \cdot 3 = 750 \text{ kg/m} = 7,5 \text{ kg/cm}$$

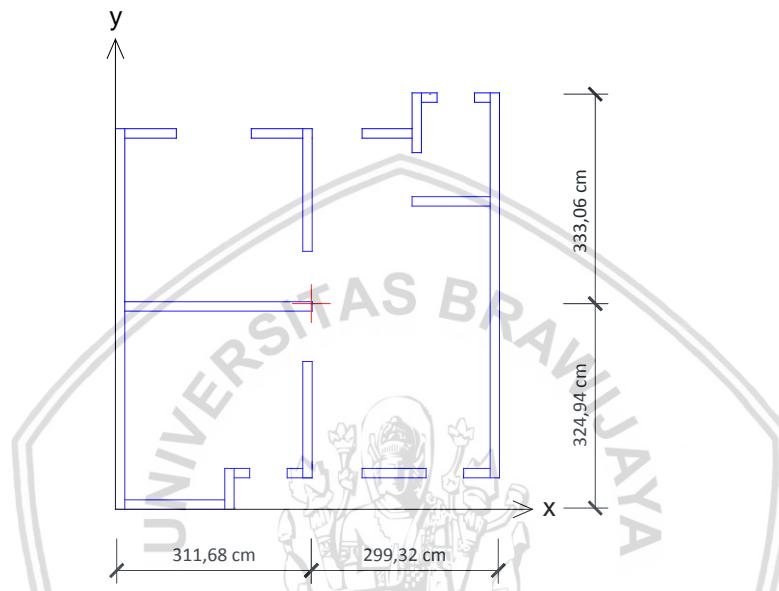
$$q_{\text{dinding bata}} (h = 0,7 \text{ m}) = 250 \cdot 0,7 = 175 \text{ kg/m} = 1,75 \text{ kg/cm}$$

$$q_{\text{balok ring}} = 90 \text{ kg/m}$$

$$V = 7557 \text{ kg}$$

$$h_n (\text{tinggi struktur}) = 3 \text{ m} = 300 \text{ cm}$$

$$M = V \cdot h_n = 7557 \cdot 300 = 2266994 \text{ kgcm}$$



Gambar 4.18 Letak pusat massa untuk menghitung tegangan lentur

Dari gambar 4.18 didapat data y_{atas} , y_{bawah} , x_{kiri} dan x_{kanan}

$$y_{\text{atas}} = 333,06 \text{ cm}$$

$$y_{\text{bawah}} = 324,94 \text{ cm}$$

$$x_{\text{kiri}} = 311,68 \text{ cm}$$

$$x_{\text{kanan}} = 299,32 \text{ cm}$$

dari sub-bab 4.2 didapat nilai momen I_x dan I_y

$$I_x = 705103394 \text{ cm}^4$$

$$I_y = 460550159 \text{ cm}^4$$

Luas dasar dinding (A) didapat dari tabel 4.2. Berikut adalah contoh perhitungan untuk dinding satu.

$$A = 6611 \text{ cm}^2$$

$$\sigma_{\text{Kuda-kuda}} = \frac{P_{\text{kuda-kuda satu}}}{A} = \frac{1235,03}{6611} = 0,19 \text{ kg/cm}^2$$

$$\sigma_{\text{Bata}(h=3m)} = \frac{q_{\text{dinding bata}} (h = 3 \text{ m})}{\text{Lebar bata}} = \frac{7,5}{11} = 0,68 \text{ kg/cm}^2$$

$$\sigma_{\text{Bata}(h = 0,7 \text{ m})} = 0 \text{ (tidak ada bukaan pada dinding satu)}$$

$$\sigma_{\text{Balok ring}} = \frac{q_{\text{balok ring}} \cdot L}{A} = \frac{90 \cdot 6,05}{6611} = 0,08 \text{ kg/cm}^2$$

$$\Sigma \sigma_i = \sigma_{\text{Kuda-kuda}} + \sigma_{\text{Bata}(h=3m)} + \sigma_{\text{Bata}(h=0,7 m)} + \sigma_{\text{Balok ring}} = 0,19 + 0,68 + 0 + 0,08 = 0,95 \text{ kg/cm}^2$$

Perhitungan selengkapnya dapat dilihat di tabel 4.13

Tabel 4.13 tegangan normal akibat beban gravitasi pada elemen y

No.	A (cm ²)	$\sigma_{\text{Kuda-kuda}}$ kg/cm ²	$\sigma_{\text{Bata}(h=3m)}$ kg/cm ²	$\sigma_{\text{bata (h=0,7m)}}$ kg/cm ²	$\sigma_{\text{Balok ring}}$ kg/cm ²	$\Sigma \sigma_i$ kg/cm ²
1	6611	0,19	0,68	0,00	0,08	0,95
2	2123	0,54	0,68	0,07	0,12	1,41
3	2013	0,54	0,68	0,07	0,12	1,42
4	671	0,00	0,68	0,00	0,09	0,77
5	1023	0,00	0,68	0,12	0,15	0,95
6	6688	0,18	0,68	0,00	0,08	0,95

Tegangan lentur elemen x

$$\text{Serat atas} = \frac{M \cdot y \text{ atas}}{I_x} = \frac{2425551,54 \cdot 333,06}{705103394} = 1,14574 \text{ kg/cm}^2$$

$$\text{Serat bawah} = \frac{M \cdot y \text{ bawah}}{I_x} = \frac{2425551,54 \cdot 324,94}{705103394} = 1,11778 \text{ kg/cm}^2$$

Luas dasar dinding (A) didapat dari tabel 4.2.

Tabel 4.14 tegangan normal akibat beban gravitasi pada elemen x

No.	A (cm ²)	$\sigma_{\text{Bata}(h=3m)}$ kg/cm ²	$\sigma_{\text{bata (h=0,7m)}}$ kg/cm ²	$\sigma_{\text{Balok ring}}$ kg/cm ²	$\Sigma \sigma_i$ kg/cm ²
1	1051	0,68	0,10	0,14	0,92
2	1051	0,68	0,17	0,14	0,99
3	1023	0,68	0,07	0,14	0,89
4	418	0,68	0,13	0,15	0,96
5	418	0,68	0,13	0,15	0,96
6	1496	0,68	0,00	0,08	0,77
7	3421	0,68	0,00	0,08	0,76
8	418	0,68	0,13	0,15	0,96
9	418	0,68	0,29	0,15	1,13
10	1128	0,68	0,11	0,15	0,94
11	611	0,68	0,09	0,15	0,92
12	2046	0,68	0,00	0,08	0,77

Tegangan lentur elemen y

$$\text{Serat kiri} = \frac{M \cdot x \text{ kiri}}{I_y} = \frac{2425551,54 \cdot 311,62}{460550159} = 1,64152 \text{ kg/cm}^2$$

$$\text{Serat kanan} = \frac{M \cdot x \text{ kanan}}{I_y} = \frac{2425551,54 \cdot 299,32}{460550159} = 1,57640 \text{ kg/cm}^2$$

4.6.2 Tegangan lentur masing-masing dinding

- Tegangan lentur elemen dinding sejajar sumbu y

Luas dasar dinding (A) , panjang dinding (L) dan inersia dinding (I_{xi}) didapat dari tabel 4.2. Tegangan geser total ($\Sigma\tau$) didapat dari tabel 4.11. tinggi dinding (h_n) adalah tiga meter. Berikut adalah contoh perhitungan untuk dinding satu.

$$A_1 = 0,661 \text{ m}^2 = 6610 \text{ cm}^2$$

$$L_1 = 601 \text{ cm}$$

$$I_{x1} = 198991651 \text{ cm}^4$$

$$\Sigma\tau_1 = 0,4029 \text{ kg/cm}^2$$

$$P_1 = A_1 \cdot \Sigma\tau_1 = 6610 \cdot 0,4029 = 2663,60 \text{ kg}$$

$$M_1 = P_1 \cdot h_n = 2664,6 \cdot 300 = 799080 \text{ kgcm}$$

$$\sigma_{\text{tekan}} = \frac{M_1 \cdot (0,5L_1)}{I_{x1}} = \frac{799080 \cdot (0,5 \cdot 601)}{198991651} = 1,21 \text{ kg/cm}^2$$

$$\sigma_{\text{tarik}} = \frac{M_1 \cdot (-0,5L_1)}{I_{x1}} = \frac{799080 \cdot (-0,5 \cdot 601)}{198991651} = -1,21 \text{ kg/cm}^2$$

Perhitungan selengkapnya dapat dilihat di tabel 4.15

Tabel 4.15 Tegangan lentur pada elemen dinding sejajar sumbu y

No.	A_i (m ²)	L_i (cm)	$\Sigma\tau_i$ (kg/cm ²)	P_i (Kg)	M_i (Kgcm)	I_{yi} (cm ⁴)	σ_{tekan} (kg/cm ²)	σ_{tarik} (kg/cm ²)
1	0,661	601	0,4029	2663,60	799080	198991651	1,21	-1,21
2	0,212	193	0,3955	839,64	251891	6589969	3,69	-3,69
3	0,201	183	0,3955	796,13	238840	5617780	3,89	-3,89
4	0,067	61	0,4283	287,36	86207	208066	12,64	-12,64
5	0,102	93	0,3670	375,44	112633	737327	7,10	-7,10
6	0,669	608	0,3876	2592,09	777626	206026069	1,15	-1,15

- Tegangan lentur elemen dinding sejajar sumbu x

Luas dasar dinding (A) , panjang dinding (L) dan inersia dinding (I_{xi}) didapat dari tabel 4.3. Tegangan geser total ($\Sigma\tau$) didapat dari tabel 4.12. tinggi dinding (h_n) adalah tiga meter. Berikut adalah contoh perhitungan untuk dinding satu.

$$A_1 = 0,105 \text{ m}^2 = 1050 \text{ cm}^2$$

$$L_1 = 95,5 \text{ cm}$$

$$I_{x1} = 798402 \text{ cm}^4$$

$$\Sigma \tau_1 = 0,57872 \text{ kg/cm}^2$$

$$P_1 = A_1 \cdot \Sigma \tau_1 = 1050 \cdot 0,57872 = 607,94 \text{ kg}$$

$$M_1 = P_1 \cdot h_n = 607,94 \cdot 300 = 182382 \text{ kgcm}$$

$$\sigma_{\text{tekan}} = \frac{M_1 \cdot (0,5L_1)}{I_{x1}} = \frac{182382 \cdot (0,5 \cdot 95,5)}{798402} = 10,91 \text{ kg/cm}^2$$

$$\sigma_{\text{tarik}} = \frac{M_1 \cdot (-0,5L_1)}{I_{x1}} = \frac{182382 \cdot (-0,5 \cdot 95,5)}{798402} = -10,91 \text{ kg/cm}^2$$

Perhitungan selengkapnya dapat dilihat di tabel 4.16

Tabel 4.16 Tegangan lentur pada elemen dinding sejajar sumbu x

No.	A _i (m ²)	L _i (cm)	$\Sigma \tau_i$ (kg/cm ²)	P _i (Kg)	M _i (Kgcm)	I _{xi} (cm ⁴)	σ_{tekan} (kg/cm ²)	σ_{tarik} (kg/cm ²)
1	0,105	95,5	0,57872	607,94	182382	798402	10,91	-10,91
2	0,105	95,5	0,57872	607,94	182382	798402	10,91	-10,91
3	0,102	93	0,57872	592,03	177608	469333	17,60	-17,60
4	0,042	38	0,64511	269,65	80896	50299	30,56	-30,56
5	0,042	38	0,64511	269,65	80896	50299	30,56	-30,56
6	0,150	136	0,58351	872,94	261881	1790365	9,95	-9,95
7	0,342	311	0,55959	1914,37	574311	21220031	4,21	-4,21
8	0,042	38	0,53711	224,51	67353	50299	25,44	-25,44
9	0,042	38	0,53711	224,51	67353	50299	25,44	-25,44
10	0,113	102,5	0,53711	605,59	181676	987150	9,43	-9,43
11	0,061	55,5	0,53711	327,90	98371	156708	17,42	-17,42
12	0,205	186	0,52591	1076,02	322806	3754667	8,00	-8,00

(halaman ini sengaja dikosongkan)



BAB V

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Dari penelitian yang dilakukan di bab empat, dapat ditarik kesimpulan berikut:

1. Pengaruh fisik dari bata khususnya massa jenis merupakan salah satu faktor yang menentukan besaran gaya geser dasar seismik (V). Nilai berat pasangan bata yang didapat dari PPURG 1987 sebesar 250 kg/m^2 lebih besar dari nilai ketiga sampel yang ada. Sehingga gaya geser dasar seismik yang terjadi lebih kecil dari perhitungan di penelitian ini.
2. Dari hasil perhitungan di bab empat, tegangan tekan maksimal yang terjadi ($30,56 \text{ kg/cm}^2$) lebih kecil dari nilai kuat tekan sampel yang paling kecil ($32,25 \text{ kg/cm}^2$). Tegangan geser maksimal yang terjadi ($0,64511 \text{ kg/cm}^2$) lebih kecil dari nilai kuat geser sampel yang paling kecil ($2,56 \text{ kg/cm}^2$). Namun, tegangan tarik lentur maksimal yang terjadi adalah sebesar ($30,56 \text{ kg/cm}^2$) lebih besar daripada nilai kuat tarik lentur dari ketiga sampel (kekuatan maksimum sampel sebesar $2,13 \text{ kg/cm}^2$). Sehingga, terhadap kekuatan tarik lentur, perlu ada perhatian.

5.2 Saran

Penelitian ini masih belum sempurna, karena itu disarankan:

1. Struktur kolom beton bertulang masih dianggap sebagai dinding bata. Sehingga perhitungan pada skripsi ini masih kurang akurat. Untuk penelitian selanjutnya, disarankan perhitungan dilakukan dengan menganggap dinding bata dan kolom bekerja sebagai struktur komposit.
2. Sampel yang digunakan dalam penelitian ini masih dalam area malang. sehingga untuk penelitian selanjutnya mengambil sampel dari luar Malang

(halaman ini sengaja dikosongkan)



DAFTAR PUSTAKA

- Anonim. 1978. *NI-10, SII-0021-78 Tentang Definisi Batu Bata Merah*
- [BSN] Badan Standarisasi Nasional. 1989. *SNI 03-0675-1989 Spesifikasi Ukuran Kusen Pintu Kayu untuk Bangunan Rumah dan Gedung*. Jakarta: Badan Standarisasi Nasional.
- _____. 2002. *SNI-03-6825-2002 Tentang Metode Pengujian Kekuatan Tekan Mortar Semen Portland Untuk Pekerjaan Sipil*. Jakarta: Badan Standarisasi Nasional.
- _____. 2002. *SNI-03-2847-2002 Tentang Tata Cara Perhitungan Struktur Beton Untuk Bangunan Gedung*. Jakarta: Badan Standarisasi Nasional.
- _____. 2002. *SNI-1726-2012 Tentang Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non-Gedung*. Jakarta: Badan Standarisasi Nasional.
- Blondet, M. . 2005. *Construction And Maintenance of Masonry Houses - For Masons And Craftsmen*. Lima: Pontificia Universidad Catolica del Peru.
- Boen, Teddy. 2009. *Constructing Seismic Resistant Masonry Houses in Indonesia*. United Nations Centre for Regional Development (UNCRD).
- Brzev, S. 2008. *Earthquake-Resistant Confined Masonry Construction*. Kanpur: National Information Center For Earthquake Engineering, Indian Institute Of Technology Kanpur.
- Ching, F., & Adams, C. 2001. *Ilustrasi Kontruksi Bangunan*. Jakarta: Erlangga.
- Curtin, W. G. dkk. 2006. *Structural Masonry Designers' Manual*. UK: Grananda Publishing.
- Departemen Pekerjaan Umum. 1987. *Pedoman Perencanaan Pembebanan untuk Rumah dan Gedung*. Yayasan Badan Penerbit PU.
- Departemen Pekerjaan Umum. 2018. *Nilai Spektral Percepatan di Permukaan dari Gempa Risk-Targeted Maximum Consider Earthquake dengan Probabilitas Keruntuhan Bangunan 1% dalam 50 Tahun*. puskim.pu.go.id/Aplikasi/desain_spektra_indonesia_2011. (Diakses 1 Februari 2018).

- Dewi, S. M., & Indrawahyuni, H. 2010. *Mekanika Bahan Untuk Teknik Sipil*. Malang: Bargie Media.
- Frick, H. 2001. *Ilmu Kontruksi Bangunan I*. Yogyakarta: Kanisius.
- Gere, J. M., & Timoshenko, S. P. *Mekanika Bahan*. Erlangga.
- Iyer, M. 2013. *Build a Safe House With Confined Masonry*. Gujarat: Gujarat State Disaster Management Authority.
- Gunawan, Rudi. 1988. *Tabel Profil Konstruksi Baja*. Yogyakarta: Kanisius.
- Meli, R., dkk. 2011. *Seismic Design Guide For Low-Rise Confined Masonry Building*. Earthquake Engineering Research Institute. California.
- Setiawan, A. 2008. *Perencanaan Struktur Baja Dengan Metode LRFD (Berdasarkan SNI 03-1729-2002)*. Jakarta: Airlangga.
- Subarkah, I. 2012. *Kontruksi Bangunan Gedung*. Idea Dharma.
- Wisnumurti. 2010. Struktur Dinding Bata Merah Lokal Dengan Perkuatan Bilah Bambu Di Daerah Rawan Gempa. *Disertasi*. Tidak dipublikasikan. Malang: Universitas Brawijaya.