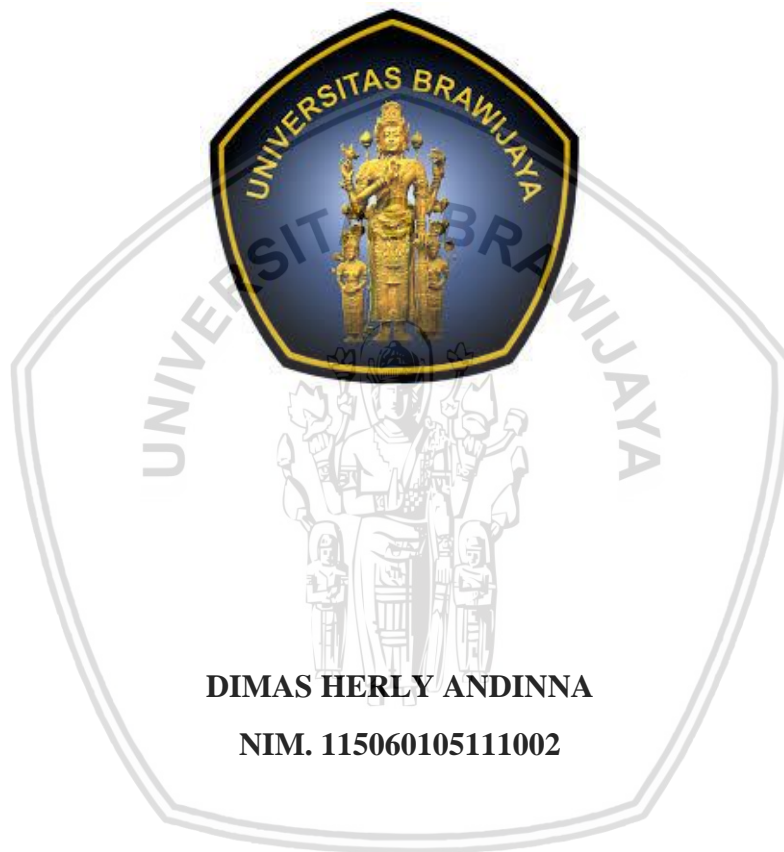


**PENGARUH LETAK BUKAAN PADA BANGUNAN RUMAH SATU
LANTAI DALAM MENAHAN BEBAN GEMPA DI KOTA MALANG**

SKRIPSI

Diajukan untuk memenuhi persyaratan
memperoleh gelar Sarjana Teknik



DIMAS HERLY ANDINNA
NIM. 115060105111002

UNIVERSITAS BRAWIJAYA

FAKULTAS TEKNIK

MALANG

2018



LEMBAR PENGESAHAN

**PENGARUH LETAK BUKAAN PADA BANGUNAN RUMAH SATU
LANTAI DALAM MENAHAN BEBAN GEMPA DI KOTA MALANG**

SKRIPSI

Diajukan untuk memenuhi persyaratan
memperoleh gelar Sarjana Teknik



DIMAS HERLY ANDINNA

NIM. 115060105111002

Skripsi ini telah direvisi dan disetujui oleh dosen pembimbing

Pada tanggal 30 Mei 2018

Dosen Pembimbing I

Dosen Pembimbing II

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

Prof. Dr. Ir. Agoes Soehardjono, MS
NIP. 19560412 198303 1005

Mengetahui,
Ketua Program Studi S1

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

HALAMAN IDENTITAS TIM PENGUJI SKRIPSI

Judul Skripsi:

Pengaruh Letak Bukaannya pada Bangunan Rumah Satu Lantai dalam Menahan Beban Gempa di Kota Malang.

Nama Mahasiswa : Dimas Herly Andinna

NIM : 115060105111002

Program Studi : Teknik Sipil

Konsentrasi : Struktur

TIM DOSEN PENGUJI

Dosen Penguji I : Dr. Ir. Wisnumurti, MT.

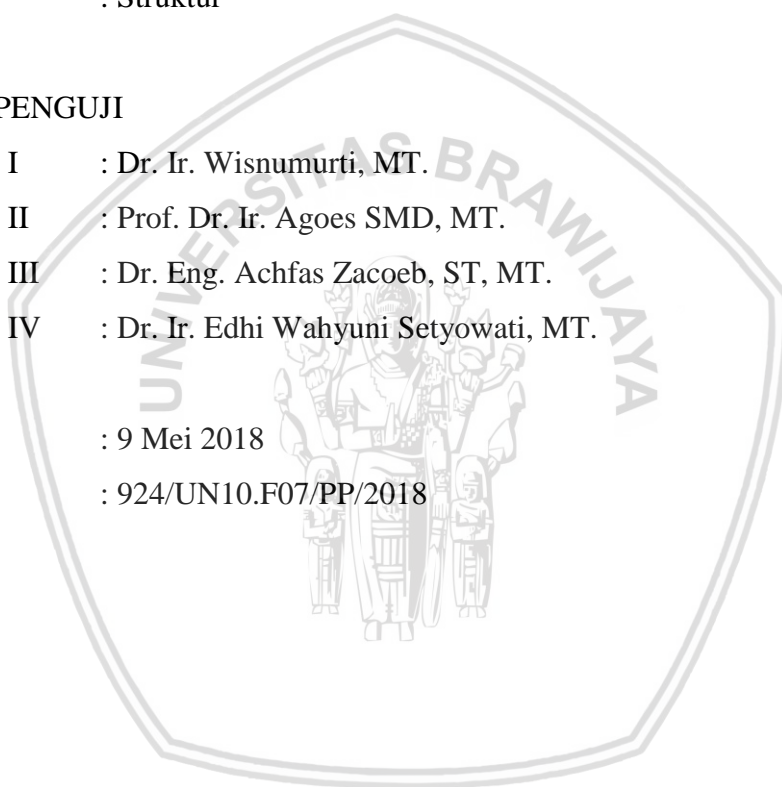
Dosen Penguji II : Prof. Dr. Ir. Agoes SMD, MT.

Dosen Penguji III : Dr. Eng. Achfas Zacoeb, ST, MT.

Dosen Penguji IV : 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).

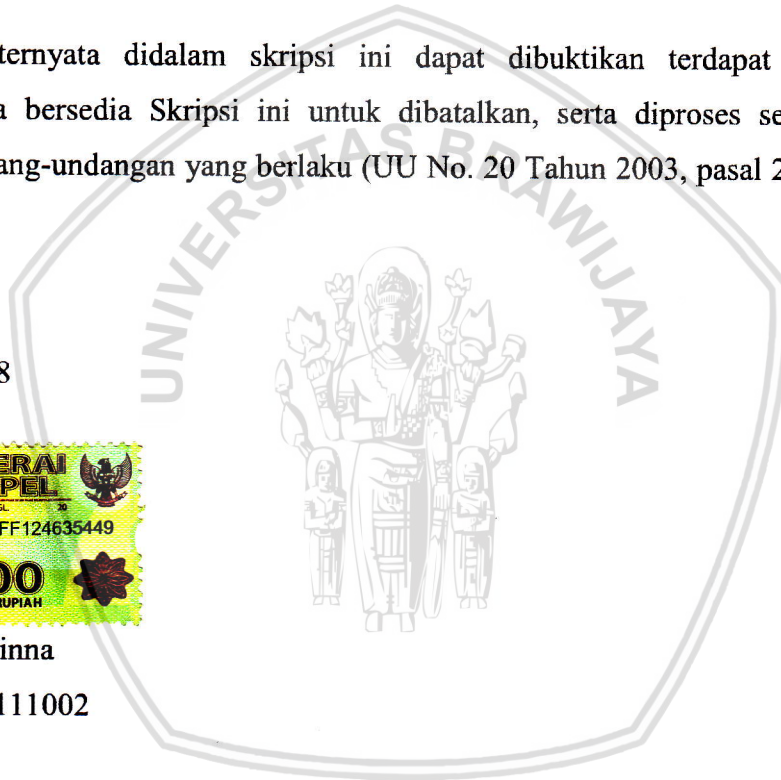
Malang, Mei 2018

Mahasiswa,



Dimas Herly Andinna

NIM. 115060105111002





**UNIVERSITAS BRAWIJAYA
FAKULTAS TEKNIK
PROGRAM SARJANA**



SERTIFIKAT BEBAS PLAGIASI

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

Sertifikat ini diberikan kepada :

DIMAS HERLY ANDINNA

Dengan Judul Skripsi :

PENGARUH LETAK BUKAAN PADA BANGUNAN RUMAH SATU LANTAI

DALAM MENAHAN BEBAN GEMPA DI KOTA MALANG

Telah dideteksi tingkat plagiasinya dengan kriteria toleransi ≤ 20 %, dan dinyatakan Bebas dari Plagiasi pada tanggal 24 Mei 2018

Ketua Jurusan Teknik Sipil

Dr. Eng. Alwafi Pujirohario, 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

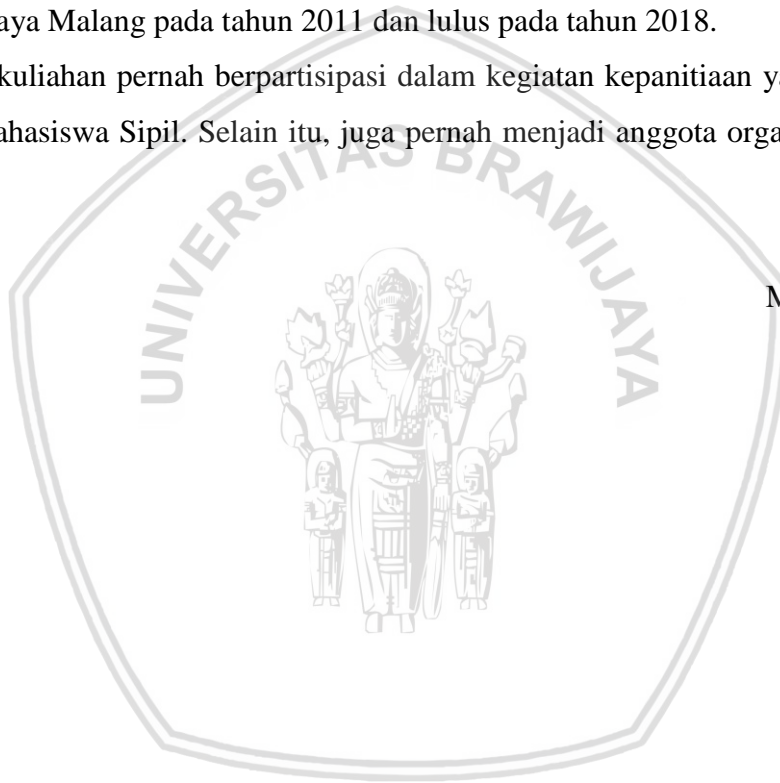
RIWAYAT HIDUP

Dimas Herly Andinna lahir di Sangatta, 29 Juni 1994. Anak pertama dari tiga bersaudara dari Bapak Heru Mashudi dan Ibu Ade Yuliana. Menjalani pendidikan dasar di SD YPPSB 2 Sangatta Kabupaten Kutai Timur pada tahun 2000 hingga tahun 2006. Lalu melanjutkan pendidikan madrasah tsanawiyah dan sekolah menengah atas di Pondok Pesantren Modern Islam Assalaam Surakarta Solo pada tahun 2006 hingga 2011. Kemudian melanjutkan pendidikan S1 di Universitas Brawijaya Malang pada tahun 2011 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



KATA PENGANTAR

Puji dan syukur kehadiran Allah SWT, yang telah melimpahkan rahmat dan karunia-Nya kepada penulis dalam menyusun Laporan Tugas Akhir yang berjudul **“PENGARUH LETAK BUKAAN PADA BANGUNAN RUMAH SATU LANTAI DALAM MENAHAN BEBAN GEMPA DI KOTA MALANG”**. 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. **Heru Mashudi** dan **Ade Yuliana** 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. **Febryan Hernanda Mashudi** dan **Ghefira Azzahra** sebagai adik yang tiada lelah membantu, menyemangati dan mendoakan penulis karena tanpa bantuan kedua adik-adik penulis tidak akan bisa berhasil seperti sekarang ini.
3. Bapak **Dr. Ir. Wisnumurti, MT.** sebagai pembimbing yang tiada lelah membimbing dan menyemangati penulis sampai terselesaikannya tugas akhir ini.
4. Bapak **Prof. Dr. Ir. Agoes SMD, MT.** sebagai pembimbing yang tiada lelah membimbing dan menyemangati penulis sampai terselesaikannya tugas akhir ini.
5. **Dosen penguji, Dosen kompre, seluruh Dosen serta civitas akademika** Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Brawijaya.
6. **Ariel Adison Adam** 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 2011.
8. **Keluarga Besar Alumni Assalaam** khususnya region Malang.
9. **Kak Hayes** dan **Gengs Terlanjur Sayang** yang terdiri dari mba Ipah, Riphoo, Abs Monel yang tiada henti menyemangati dan menceramahi penulis.
10. **Teman-teman kost leli** yang tiada henti menyemangati penulis.
11. **Teman-teman otaku** yang berbahagia.

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	vii
DAFTAR GAMBAR	ix
RINGKASAN	xii
SUMMARY	xiii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang Masalah	1
1.2 Identifikasi Masalah	2
1.3 Rumusan Masalah	2
1.4 Batasan Masalah	2
1.5 Maksud dan Tujuan	3
1.6 Manfaat	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 Dinding Bata Merah	5
2.1.1 Bata merah	6
2.1.2 Beton bertulang	6
2.2 Dinding Bata Terkekang (<i>Confined Masonry</i>)	7
2.3 Bukaan	7
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	9
2.4.4 Konfigurasi struktur gedung	10
2.4.5 Sistem struktur	10
2.5 Metode Analisis dan Desain	11
2.5.1 Konsep perencanaan dan desain	11
2.5.2 Bagian-bagian dinding bata terkekang	14
2.5.3 Dinding bata terkekang dengan bukaan	15
2.5.4 Karakteristik penampang	18
2.5.5 Kategori resiko gedung	19



2.5.6 Parameter percepatan spektrum desain	24
2.5.7 Perioda fundamental pendekatan	24
2.5.8 Spektrum respons desain	25
2.5.9 Geser dasar seismik	26
BAB III METODE PENELITIAN	29
3.1 Data Perencanaan.....	29
3.1.1 Data umum denah	29
3.1.2 Data teknis bangunan.....	32
3.1.3 Mutu bahan yang digunakan.....	38
3.2 Tahapan Perhitungan	38
3.2.1 Analisis pembebanan	38
3.2.2 Analisis statika.....	38
3.2.3 Analisis gempa.....	38
3.2.4 Diagram alur pengerjaan.....	39
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....	41
4.1 Pembebanan Denah A.....	41
4.1.1 Beban mati denah A.....	41
4.1.2 Beban hidup denah A.....	41
4.1.3 Beban atap denah A	42
4.2 Perhitungan Momen Inersia.....	43
4.2.1 Mencari titik berat denah A terhadap sumbu x.....	43
4.2.2 Mencari momen inersia A terhadap sumbu x	45
4.2.3 Mencari titik berat denah A terhadap sumbu y.....	46
4.2.4 Mencari momen inersia denah A terhadap sumbu y.....	47
4.3 Pembebanan Gempa	49
4.3.1 Pembebanan gempa denah A	49
4.4 Letak Beban Gempa	51
4.4.1 Pusat massa beban tembok denah A	51
4.4.2 Pusat massa beban kolom denah A.....	55
4.4.3 Pusat massa beban balok ring denah A.....	57
4.4.4 Pusat massa akibat beban hidup, penutup atap, plafon, dan kuda-kuda denah A	60
4.4.5 Pusat massa akibat seluruh beban denah A	61
4.5 Perhitungan Tegangan Geser Dinding Bata	62

4.5.1 Tegangan geser akibat torsi denah A	62
4.5.2 Tegangan geser akibat gaya geser gempa denah A.....	65
4.5.3 Tegangan geser total denah A	65
4.6 Pembebanan Denah B	67
4.6.1 Beban mati denah B	67
4.6.2 Beban hidup denah B	67
4.6.3 Beban atap denah B.....	67
4.7 Perhitungan Momen Inersia	69
4.7.1 Mencari titik berat denah B terhadap sumbu x	69
4.7.2 Mencari momen inersia denah B terhadap sumbu x	70
4.7.3 Mencari titik berat denah B terhadap sumbu y	71
4.7.4 Mencari momen inersia denah B terhadap sumbu y	72
4.8 Pembebanan Gempa.....	73
4.8.1 Pembebanan gempa denah B	73
4.9 Letak Beban Gempa.....	76
4.9.1 Pusat massa beban tembok denah B.....	76
4.9.2 Pusat massa beban kolom denah B	78
4.9.3 Pusat massa beban balok ring denah B	79
4.9.4 Pusat massa akibat beban hidup, penutup atap, plafon, dan kuda-kuda denah B	81
4.9.5 Pusat massa akibat seluruh beban denah B	82
4.10 Perhitungan Tegangan Geser Dinding Bata.....	83
4.10.1 Tegangan geser akibat torsi denah B	83
4.10.2 Tegangan geser akibat gaya geser gempa denah B.....	85
4.10.3 Tegangan geser total denah B	86
4.11 Pembebanan Denah C	87
4.11.1 Beban mati denah C	87
4.11.2 Beban hidup denah C	87
4.11.3 Beban atap denah C.....	87
4.12 Perhitungan Momen Inersia	89
4.12.1 Mencari titik berat denah C terhadap sumbu x	89
4.12.2 Mencari momen inersia denah C terhadap sumbu x	90
4.12.3 Mencari titik berat denah C terhadap sumbu y	91

4.12.4 Mencari momen inersia denah C terhadap sumbu y	92
4.13 Pembebanan Gempa	93
4.13.1 Pembebanan gempa denah C	93
4.14 Letak Beban Gempa	96
4.14.1 Pusat massa beban tembok denah C	96
4.14.2 Pusat massa beban kolom denah C	98
4.14.3 Pusat massa beban balok ring denah C	99
4.14.4 Pusat massa akibat beban hidup, penutup atap, plafon, dan kuda-kuda denah C	100
4.14.5 Pusat massa akibat seluruh beban denah C	101
4.15 Perhitungan Tegangan Geser Dinding Bata	102
4.15.1 Tegangan geser akibat torsi denah C	102
4.15.2 Tegangan geser akibat gaya geser gempa denah C	104
4.15.3 Tegangan geser total denah C	105
4.16 Perhitungan Persentase Bukaan	106
4.16.1 Persentase bukaan denah A	106
4.16.2 Persentase bukaan denah B	110
4.16.3 Persentase bukaan denah C	113
BAB V PENUTUP	119
5.1 Kesimpulan	119
5.2 Saran	121
DAFTAR PUSTAKA	123

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Kategori risiko bangunan gedung dan non gedung untuk beban gempa	20
Tabel 2.2 Faktor keutamaan gempa	21
Tabel 2.3 Faktor R untuk sistem penahan gaya gempa	22
Tabel 2.4 Klasifikasi situs	23
Tabel 2.5 Koefisien situs, F_a	23
Tabel 2.6 Koefisien situs, F_v	24
Tabel 3.1 Hasil uji kuat karakteristik bata lokal	38
Tabel 4.1 Hasil perhitungan statis momen denah A terhadap sumbu x	44
Tabel 4.2 Hasil perhitungan momen inersia denah A terhadap sumbu x	46
Tabel 4.3 Hasil perhitungan statis momen denah A terhadap sumbu y	47
Tabel 4.4 Hasil perhitungan momen inersia denah A terhadap sumbu y	48
Tabel 4.5 Hasil perhitungan pusat massa dinding bata denah A	54
Tabel 4.6 Hasil perhitungan pusat massa kolom beton denah A	56
Tabel 4.7 Hasil perhitungan pusat massa beban balok ring denah A	59
Tabel 4.8 Hasil perhitungan pusat massa semua beban denah A	61
Tabel 4.9 Hasil perhitungan gaya geser pada elemen dinding denah A searah sumbu y	63
Tabel 4.10 Hasil perhitungan gaya geser pada elemen dinding denah A searah sumbu x	64
Tabel 4.11 Hasil perhitungan gaya geser total elemen dinding denah A searah sumbu y	65
Tabel 4.12 Hasil perhitungan gaya geser total elemen dinding denah A searah sumbu x	66
Tabel 4.13 Hasil perhitungan statis momen denah B terhadap sumbu x	70
Tabel 4.14 Hasil perhitungan momen inersia denah B terhadap sumbu x	71
Tabel 4.15 Hasil perhitungan statis momen denah B terhadap sumbu y	72
Tabel 4.16 Hasil perhitungan momen inersia denah B terhadap sumbu y	73
Tabel 4.17 Hasil perhitungan pusat massa dinding bata denah B	77

Tabel 4.18 Hasil perhitungan pusat massa kolom beton denah B	78
Tabel 4.19 Hasil perhitungan pusat massa beban balok ring denah B	80
Tabel 4.20 Hasil perhitungan pusat massa semua beban denah B	82
Tabel 4.21 Hasil perhitungan gaya geser pada elemen dinding denah B searah sumbu y	84
Tabel 4.22 Hasil perhitungan gaya geser pada elemen dinding denah B searah sumbu x	85
Tabel 4.23 Hasil perhitungan gaya geser total elemen dinding denah B searah sumbu y	86
Tabel 4.24 Hasil perhitungan gaya geser total elemen dinding denah B searah sumbu x	86
Tabel 4.25 Hasil perhitungan statis momen denah C terhadap sumbu x.....	90
Tabel 4.26 Hasil perhitungan momen inersia denah C terhadap sumbu x	91
Tabel 4.27 Hasil perhitungan statis momen denah C terhadap sumbu y.....	92
Tabel 4.28 Hasil perhitungan momen inersia denah C terhadap sumbu y	93
Tabel 4.29 Hasil perhitungan pusat massa dinding bata denah C	97
Tabel 4.30 Hasil perhitungan pusat massa kolom beton denah C	98
Tabel 4.31 Hasil perhitungan pusat massa beban balok ring denah C	99
Tabel 4.32 Hasil perhitungan pusat massa semua beban denah C	101
Tabel 4.33 Hasil perhitungan gaya geser pada elemen dinding denah C searah sumbu y	103
Tabel 4.34 Hasil perhitungan gaya geser pada elemen dinding denah C searah sumbu x	104
Tabel 4.35 Hasil perhitungan gaya geser total elemen dinding denah C searah sumbu y	105
Tabel 4.36 Hasil perhitungan gaya geser total elemen dinding denah C searah sumbu x	105
Tabel 4.37 Perbandingan persentase bukaan sisi kiri dan kanan untuk semua denah	116
Tabel 4.38 Perbandingan persentase bukaan sisi atas dan bawah untuk semua denah ..	117

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Aturan penyusunan batu bata merah	5
Gambar 2.2 Contoh bangunan dinding bata terkekang.....	7
Gambar 2.3 Rencana bangunan sederhana	12
Gambar 2.4 Bangunan dengan aspek rasio panjang x lebar	12
Gambar 2.5 Tata letak dinding.....	13
Gambar 2.6 Distribusi dinding rencana	13
Gambar 2.7 Kontinuitas dinding-dinding antar lantai	14
Gambar 2.8 Lokasi bukaan pada bangunan	14
Gambar 2.9 Parameter indeks kepadatan dinding.....	15
Gambar 2.10 Dinding batu bata terkekang dengan lubang besar	16
Gambar 2.11 Panel dinding batu bata terkekang dengan lubang kecil	17
Gambar 2.12 Area bidang untuk bentuk sembarang dengan pusat berat di C	18
Gambar 2.13 Spektrum respons desain.....	26
Gambar 2.14 C_{RS} , Koefisien resiko terpetakan, perioda respons spektrum 0,2 detik.....	27
Gambar 2.15 C_{RI} , Koefisien resiko terpetakan, perioda respons spektrum 1 detik	27
Gambar 3.1 Denah rumah A	29
Gambar 3.2 Denah rumah B	30
Gambar 3.3 Denah rumah C	31
Gambar 3.4 Letak dan rangka kuda-kuda atap denah rumah A.....	33
Gambar 3.5 Letak dan rangka kuda-kuda atap denah rumah B.....	35
Gambar 3.6 Letak dan rangka kuda-kuda atap denah rumah C.....	37
Gambar 3.7 Diagram alur pengerjaan	39
Gambar 4.1 Area pembebanan kuda-kuda atap denah A.....	42
Gambar 4.2 Pembebanan kuda-kuda 1 dan 9 denah A	42
Gambar 4.3 Pembebanan kuda-kuda 2 sampai 8 denah A.....	43
Gambar 4.4 Partisi profil denah A terhadap sumbu x.....	43
Gambar 4.5 Letak pusat massa dan panjang dinding satu searah sumbu y	44
Gambar 4.6 Titik berat penampang denah A terhadap sumbu x.....	45
Gambar 4.7 Partisi profil denah A terhadap sumbu y.....	46
Gambar 4.8 Letak pusat massa dan panjang dinding satu searah sumbu x	47
Gambar 4.9 Letak titik berat penampang denah A terhadap sumbu y.....	48



Gambar 4.10 Grafik respons spektral percepatan permukaan denah A.....	50
Gambar 4.11 Partisi dinding bata denah A	51
Gambar 4.12 Letak pusat massa dan panjang dinding lima belas	52
Gambar 4.13 Letak pusat massa dan panjang dinding enam belas.....	53
Gambar 4.14 Penamaan kolom beton denah A	55
Gambar 4.15 Letak pusat massa kolom satu	55
Gambar 4.16 Partisi balok ring denah A	57
Gambar 4.17 Letak pusat massa balok ring satu	58
Gambar 4.18 Letak pusat massa beban hidup, penutup atap kuda-kuda plafon denah A	60
Gambar 4.19 Letak beban gempa dan pusat massa penampang elemen dinding denah A searah sumbu y	61
Gambar 4.20 Letak beban gempa dan pusat massa penampang elemen dinding denah A searah sumbu x	62
Gambar 4.21 Gaya geser pada masing-masing dinding denah A akibat torsi M_x	63
Gambar 4.22 Gaya geser pada masing-masing dinding denah A akibat torsi M_y	64
Gambar 4.23 Area pembebanan kuda-kuda atap denah B.....	68
Gambar 4.24 Pembebanan kuda-kuda 1 dan 7 denah B	68
Gambar 4.25 Pembebanan kuda-kuda 2 sampai 6 denah B.....	69
Gambar 4.26 Partisi profil denah B terhadap sumbu x.....	69
Gambar 4.27 Titik berat penampang denah B terhadap sumbu x.....	70
Gambar 4.28 Partisi profil denah B terhadap sumbu y.....	71
Gambar 4.29 Letak titik berat penampang denah B terhadap sumbu y.....	72
Gambar 4.30 Grafik respons spektral percepatan permukaan denah B.....	75
Gambar 4.31 Partisi dinding bata denah B	76
Gambar 4.32 Penamaan kolom beton denah B.....	78
Gambar 4.33 Partisi balok ring denah B.....	79
Gambar 4.34 Letak pusat massa beban hidup, penutup atap kuda-kuda plafon denah B	81
Gambar 4.35 Letak beban gempa dan pusat massa penampang elemen dinding denah B searah sumbu y	82
Gambar 4.36 Letak beban gempa dan pusat massa penampang elemen dinding denah B searah sumbu x	83
Gambar 4.37 Gaya geser pada masing-masing dinding denah B akibat torsi M_x	84

Gambar 4.38 Gaya geser pada masing-masing dinding denah B akibat torsi M_y	85
Gambar 4.39 Area pembebanan kuda-kuda atap denah C.....	88
Gambar 4.40 Pembebanan kuda-kuda 1 dan 7 denah C	88
Gambar 4.41 Pembebanan kuda-kuda 2 sampai 6 denah C.....	89
Gambar 4.42 Partisi profil denah C terhadap sumbu x	89
Gambar 4.43 Titik berat penampang denah C terhadap sumbu x.....	90
Gambar 4.44 Partisi profil denah C terhadap sumbu y	91
Gambar 4.45 Letak titik berat penampang denah C terhadap sumbu y.....	92
Gambar 4.46 Grafik respons spektral percepatan permukaan denah C.....	95
Gambar 4.47 Partisi dinding bata denah C	96
Gambar 4.48 Penamaan kolom beton denah C.....	98
Gambar 4.49 Partisi balok ring denah C.....	99
Gambar 4.50 Letak pusat massa beban hidup, penutup atap kuda-kuda plafon denah C	100
Gambar 4.51 Letak beban gempa dan pusat massa penampang elemen dinding denah C searah sumbu y.....	101
Gambar 4.52 Letak beban gempa dan pusat massa penampang elemen dinding denah C searah sumbu x.....	102
Gambar 4.53 Gaya geser pada masing-masing dinding denah C akibat torsi M_x	103
Gambar 4.54 Gaya geser pada masing-masing dinding denah C akibat torsi M_y	104
Gambar 4.55 Distribusi gaya geser pada elemen dinding denah A searah sumbu y	106
Gambar 4.56 Distribusi gaya geser pada elemen dinding denah A searah sumbu x	108
Gambar 4.57 Distribusi gaya geser pada elemen dinding denah B searah sumbu y	110
Gambar 4.58 Distribusi gaya geser pada elemen dinding denah B searah sumbu x	111
Gambar 4.59 Distribusi gaya geser pada elemen dinding denah C searah sumbu y	113
Gambar 4.60 Distribusi gaya geser pada elemen dinding denah C searah sumbu x	114
Gambar 4.61 Diagram grafik perbandingan persentase bukaan sisi kiri dan kanan.....	116
Gambar 4.62 Diagram grafik perbandingan luas dinding sisi kiri dan kanan	116
Gambar 4.63 Diagram grafik perbandingan gaya gempa sisi kiri dan kanan	117
Gambar 4.64 Diagram grafik perbandingan persentase bukaan sisi atas dan bawah	117
Gambar 4.65 Diagram grafik perbandingan luas dinding sisi atas dan bawah.....	118
Gambar 4.64 Diagram grafik perbandingan gaya gempa sisi atas dan bawah	118

RINGKASAN

Dimas Herly Andinna, Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Universitas Brawijaya, April 2018, *Pengaruh Letak Bukaannya pada Bangunan Rumah Satu Lantai dalam Menahan Beban Gempa di Kota Malang*, Dosen Pembimbing : Wisnumurti dan Agoes Soehardjono MD

Gempa bumi merupakan salah satu bencana alam yang paling berbahaya bagi umat manusia dikarenakan bencana alam ini selalu terjadi secara tiba-tiba dan tidak dapat diprediksi akan kemunculannya. Kota Malang merupakan salah satu wilayah di Indonesia yang rawan terhadap gempa sehingga diperlukan perencanaan dan perhitungan struktur agar bangunan rumah tinggal yang ditempati masyarakat tahan terhadap goncangan gempa.

Pada penelitian ini dilakukan proses analisis dan perbandingan pada rumah satu lantai yang diberi penamaan denah A, B, dan C. Struktur rumah tinggal sederhana ini dihitung untuk mengetahui kemampuan rumah khususnya dinding dan bukaan yang meliputi pintu dan jendela dalam menerima gaya gempa. Denah yang ditinjau terdiri dari 3 denah dan masing-masing dibagi menjadi sisi kiri dan kanan untuk meninjau distribusi gaya gempa searah sumbu y, sisi atas dan bawah untuk meninjau distribusi gaya gempa searah sumbu x. 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.

Hasil proses perhitungan menunjukkan bahwa luas dinding dan posisi letak bukaan pada masing-masing denah sangat mempengaruhi distribusi gaya gempa yang terjadi. Untuk distribusi gaya gempa searah sumbu y, denah A dan C masing-masing memiliki persentase bukaan sisi kiri lebih besar dari sisi kanan yaitu sebesar $4,01\% > 0\%$ dan $2,9\% > 0\%$, dan denah B memiliki persentase sisi kiri lebih kecil dari sisi kanan $0\% < 7,97\%$. Total gaya gempa yang terjadi pada denah A lebih besar terjadi pada sisi kiri, denah B total lebih besar terjadi pada sisi kanan, namun untuk denah C meskipun persentase bukaan sisi kiri lebih besar dari sisi kanan namun sisi kanan memiliki luas dinding seluas $1,49\text{ m}^2$ lebih luas dari sisi kiri yang hanya memiliki luas $1,19\text{ m}^2$ sehingga total gaya gempa lebih besar terjadi pada sisi kanan. Untuk distribusi gaya gempa searah sumbu x, denah A dan C memiliki persentase bukaan sisi atas lebih besar dari sisi bawah $12,32\% > 11,46\%$ untuk denah A dan $9,94\% > 7,31\%$ untuk denah C, namun karena luas dinding yang dimiliki sisi atas lebih kecil dari sisi bawah yaitu $0,88\text{ m}^2 < 0,95\text{ m}^2$ dan $0,86\text{ m}^2 < 0,98\text{ m}^2$ maka total gaya gempa lebih besar terjadi pada sisi bawah. Untuk denah B, sisi bawah memiliki persentase bukaan lebih besar dari sisi atas $8,34\% > 3,53\%$ sehingga total gaya gempa lebih besar terjadi pada sisi bawah. Dari hasil perbandingan, diketahui bahwa semakin banyak bukaan atau semakin luas dinding pada satu sisi, maka semakin besar gaya gempa yang terjadi pada sisi tersebut. Dengan demikian didapatkan bahwa denah C merupakan denah yang paling baik dalam menahan gaya gempa searah sumbu y (sisi kiri dan kanan) dan denah A merupakan denah yang paling baik dalam menahan gaya gempa searah sumbu x (sisi atas dan bawah) karena selisih gaya gempa yang terjadi paling kecil diantara denah lainnya.

Kata kunci : gempa, persentase bukaan, luas dinding, distribusi gaya.

SUMMARY

Dimas Herly Andinna, Departement of Civil Engineering, Faculty of Engineering Brawijaya University, April 2018, *The Effect of the Openings Location on One Story House to Resistance the Earthquake Load in Malang Region*, Academic Supervisor : Wisnumurti and Agoes Soehardjono MD

Earthquake is considered as dangerous natural disasters for human being because its always occur suddenly and unpredictably its appearance. Malang is one of the areas in Indonesia which is prone to earthquake, in order the residential buildings occupied by the citizens are resistant to earthquake, good planning and structural calculation required.

In this research, an analysis process for one floor house and given name plan A, plan B and plan C in Malang. The structure of this simple house is calculated to investigate the house ability, especially the walls and openings that include doors and windows in receiving the force of the earthquake. The reviewed plan consist of 3 floor plans and each is divide into the left and right sides to review the distribution of seismic forces in the same direction of y-axis, upper and lower sides to review the distribution of seismic forces in the same direction of x-axis. Data of building and earthquake loads are used following the data that has been arranged by PPURG 1987 and SNI 1726-2012 and calculated manually by using Autocad Application, Microsoft Word and Microsoft Excel.

The results of the calculation process show that the wall area and the position of the openings on each floor plan greatly influence the distribution of earthquake forces that occurred. For the distribution of seismic forces in the same direction of y-axis, plan A and plan C each has a percentage of left side openings greater than the right side that is equal to $4,01\% > 0\%$ and $2,9\% > 0\%$, and for plan B has the percentage of the left side smaller than right side $0\% < 7,97\%$. The total seismic force occurring is greater on the left side for plan A, for plan B the total seismic force occurred is greater on the right side, but for plan C although the percentage on left side openings is larger than the right side but the right side has a wall area of $1,49\text{ m}^2$ wider from the left side of $1,19\text{ m}^2$ so that the total of seismic force occurred is greater on the right side. For the distribution of seismic forces in the same direction of x-axis, plan A and plan C have a percentage of upper side openings greater than below $12,32\% > 11,46\%$ and $9,94\% > 7,31\%$ but due to wall area of the upper side is smaller than below of $0,88\text{ m}^2 < 0,95\text{ m}^2$ and $0,86\text{ m}^2 < 0,98\text{ m}^2$ then the total seismic force occurred on the lower side is greater. For plan B, down side has a greater percentage of openings from the upper side that is equal to $8,34\% > 3,53\%$ so that the total bigger seismic force occurs on the bottom side. From the results of comparison, it is known that the more openings or the wider wall on one side, the greater seismic forces that occur on the side. Thus it is found that plan C is the best option to withstand seismic forces in the same direction of y-axis (left and right side) and plan A is the best option to withstand seismic forces in the same direction of x-axis (top and bottom side), because the difference of the seismic forces is the smallest among the other plans.

Keywords: *earthquake, opening percentages, wall area, seismic force.*

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang Masalah

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. Gempa bumi merupakan salah satu bencana alam yang paling berbahaya bagi umat manusia dikarenakan bencana alam ini selalu terjadi secara tiba-tiba dan tidak dapat diprediksi kemunculannya. Tanah merupakan landasan yang paling stabil karena tanah selalu dalam keadaan diam. Ketika gempa bumi terjadi, ternyata tanah bisa kehilangan stabilitasnya sehingga mampu merusak bangunan, lingkungan dan kehidupan yang berada di atasnya.

Sebagai salah satu wilayah di Indonesia yang rawan terhadap gempa, perencanaan struktur bangunan rumah tahan gempa khususnya 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 salah satu daerah dengan jumlah penduduk sangat tinggi.

Perencanaan dan perhitungan struktur bangunan rumah meliputi semua sistem strukturalnya termasuk salah satunya dinding. Dinding merupakan bagian bangunan yang menjadi struktur tetap kokoh dan stabil di dalam mendukung beban. Dinding struktural dapat dibagi menjadi tiga jenis yaitu dinding bangunan, dinding pembatas (*boundary*), serta dinding penahan (*retaining*). Terjadinya gangguan fungsi salah satu elemen dapat mempengaruhi perilaku struktur bangunan secara keseluruhan yang meliputi elemen struktural kolom, balok, pondasi, rangka ataupun dinding. Pada struktur bangunan rumah pasti terdapat bukaan pada dinding seperti jendela dan pintu. Bukaan-bukaan ini memiliki fungsi untuk membantu aktivitas manusia di dalamnya. Letak bukaan pada dinding sangat berpengaruh dalam menghindari keruntuhan yang di akibatkan beban gempa sehingga diperlukan perhitungan yang tepat untuk merencanakannya.

1.2 Identifikasi Masalah

Untuk struktur bangunan rumah satu lantai di Kota Malang diduga melakukan perencanaan dan perhitungan khususnya untuk letak bukaan dan dinding bangunan tahan gempa tidak sesuai dengan aturan yang ada di dalam SNI sehingga kekuatan struktur bangunan dalam menahan gaya gempa patut dipertanyakan. Di dalam penelitian ini penulis ingin membuktikan apakah perencanaan dan perhitungan yang dilakukan, khususnya untuk struktur bangunan rumah tinggal di kota Malang dapat menahan gaya gempa sesuai dengan syarat dan ketentuan SNI yang berlaku.

1.3 Rumusan Masalah

Berdasarkan uraian diatas, maka rumuskan masalah yang akan dibahas pada skripsi ini adalah sebagai berikut.

1. Bagaimana pengaruh letak bukaan terhadap dinding bangunan rumah satu lantai di kota Malang dalam menahan beban gempa?
2. Apakah letak bukaan dan luas dinding pada bangunan rumah satu lantai di kota Malang berpengaruh dalam distribusi gaya gempa?
3. Bagaimana perbandingan distribusi gaya antara ketiga denah yang ditinjau?

1.4 Batasan Masalah

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

1. Objek struktur bangunan yang diteliti merupakan tiga denah rumah satu lantai dari perumahan yang terdapat di kota Malang.
2. Beban horizontal yang ditinjau adalah beban gempa.
3. Perhitungan yang dilakukan hanya struktur bagian atas saja, yaitu pada balok, kolom dan dinding sehingga perhitungan rumah tidak diikuti dengan perhitungan pondasi.
4. Dinding dianggap sebagai bagian struktural.
5. Perhitungan analisis struktur untuk mengetahui gaya-gaya dalam akibat beban dilakukan secara manual tidak menggunakan aplikasi pendukung.
6. Denah rumah dianggap sebagai profil penampang.

1.5 Maksud dan Tujuan

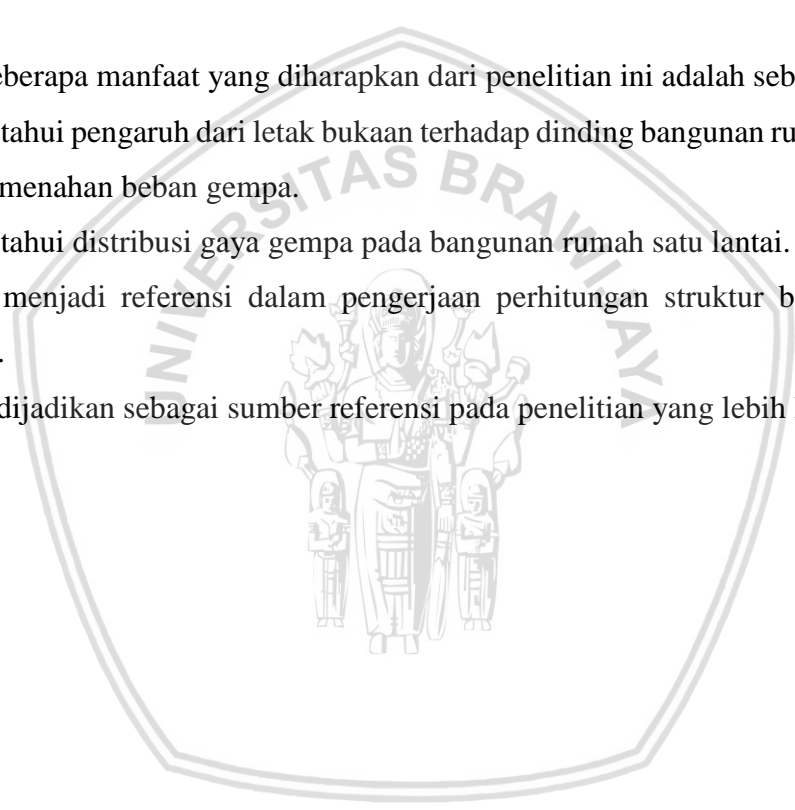
Adapun maksud dan tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Untuk mengetahui pengaruh letak bukaan terhadap dinding bangunan rumah satu lantai di kota Malang dalam menahan beban gempa.
2. Untuk mengetahui pengaruh letak bukaan dan luas dinding dalam menahan distribusi gaya gempa.
3. Untuk mengetahui perbandingan distribusi gaya gempa yang terjadi pada ketiga denah rumah satu lantai di kota Malang.

1.6 Manfaat

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

1. Mengetahui pengaruh dari letak bukaan terhadap dinding bangunan rumah satu lantai dalam menahan beban gempa.
2. Mengetahui distribusi gaya gempa pada bangunan rumah satu lantai.
3. Dapat menjadi referensi dalam pengerjaan perhitungan struktur bangunan tahan gempa.
4. Dapat dijadikan sebagai sumber referensi pada penelitian yang lebih lanjut.



(Halaman ini sengaja dikosongkan)

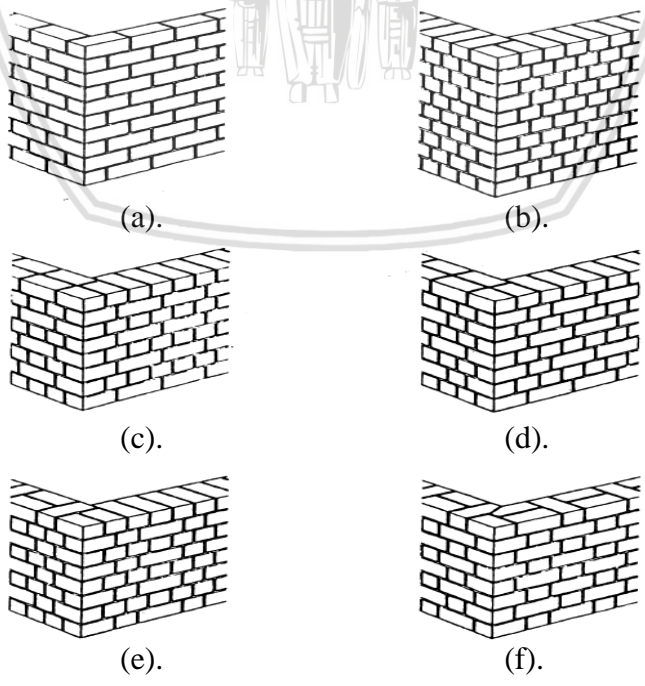


BAB II
TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Dinding Bata Merah

Dinding berfungsi sebagai bagian struktur yang menahan dan menyalurkan beban-beban di atasnya, yaitu beban atap dan lantai yang berada di atasnya. Selain itu, dinding dapat memberikan fungsi stabilisasi pada struktur bangunan, terutama untuk menerima beban-beban horizontal (lateral) yang diakibatkan gempa atau angin yang cukup besar. Jenis dinding yang umum banyak digunakan oleh masyarakat Indonesia salah satunya adalah dinding bata merah. Hal ini terkait dengan kemudahan proses pengerjaannya serta ketersediaan material batu bata yang sangat banyak.

Dengan kemudahan proses pembuatan dan ketersediaan material batu bata, membuat 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)

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-10-1978, 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).

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-10-1978 ukuran standar 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 Beton bertulang

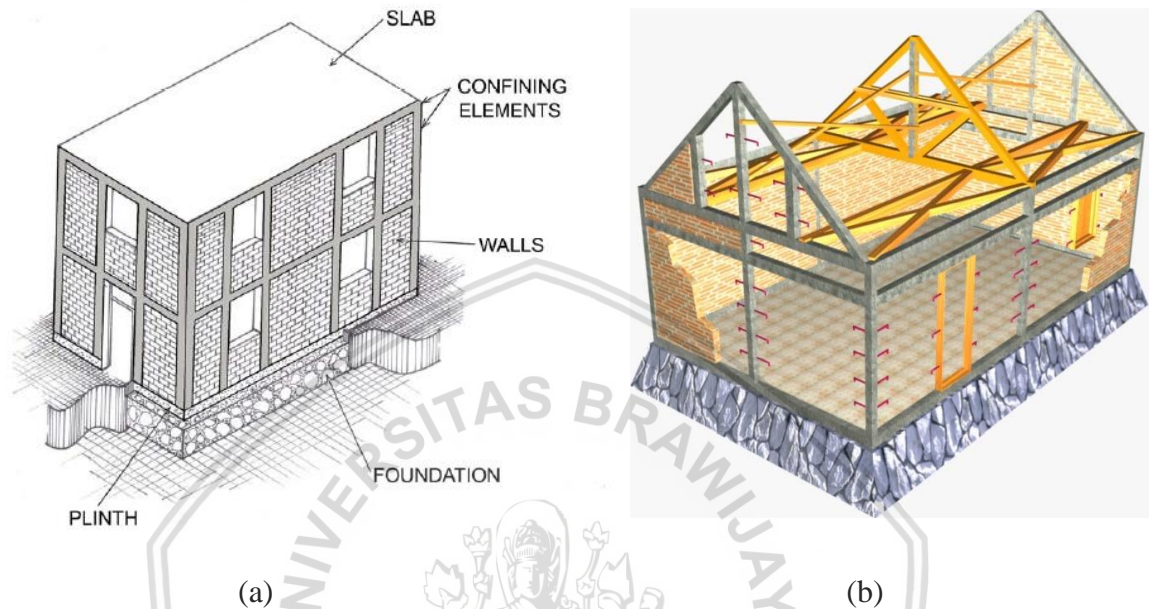
Beton bertulang adalah beton yang ditulangi dengan luas dan jumlah tulangan yang tidak kurang dari nilai minimum yang di syaratkan dengan atau tanpa prategang, dan direncanakan berdasarkan asumsi bahwa kedua bahan tersebut bekerja sama dalam memikul gaya-gaya. (SNI 03- 2847 – 2002, Pasal 3.13)

Sifat utama dari baja tulangan, yaitu sangat kuat terhadap beban tarik maupun beban tekan. Karena baja tulangan harganya mahal, maka sedapat mungkin dihindari penggunaan baja tulangan untuk memikul beban tekan.

Dari sifat utama tersebut dapat dilihat bahwa tiap-tiap bahan mempunyai kelebihan dan kekurangan, maka jika kedua bahan (beton dan baja tulangan) dipadukan menjadi satu kesatuan secara komposit, akan diperoleh bahan baru yang disebut beton bertulang. Beton bertulang ini mempunyai sifat sesuai dengan sifat bahan penyusunnya, yaitu sangat kuat terhadap beban tarik maupun beban tekan. Beban tarik pada beton bertulang ditahan oleh baja tulangan, sedangkan beban tekan cukup ditahan oleh beton. Beton juga tahan terhadap kebakaran dan melindungi baja supaya awet.

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 pengekok dengan dinding bata, dimana hal ini terjadi karena tidak adanya celah di antara keduanya (Iyer *dkk*, 2013). 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).

2.3 Bukaannya

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. Penentuan secara pasti besarnya beban-beban yang bekerja pada suatu struktur merupakan salah satu pekerjaan yang cukup susah. Beberapa jenis beban yang sering ditemukan adalah sebagai berikut: (Setiawan, 2008)

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 elektrik, 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 memblokir aliran angin sehingga energi kinetik angin 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 angin, bentuk dan kekakuan struktur begitu juga dengan factor-faktor lainnya.

2.4.2 Kombinasi beban terfaktor

Tahanan rencana harus melebihi jumlah dari beban bekerja yang dikalikan dengan suatu faktor beban. Penjumlahan beban-beban kerja ini yang dinamakan sebagai kombinasi pembebanan. Menurut SNI 1726-2012 struktur, komponen-elemen struktur dan elemen-elemen fondasi harus dirancang sedemikian hingga kuat rencananya sama atau melebihi pengaruh beban-beban terfaktor dengan kombinasi-kombinasi sebagai berikut:

$$1. \quad 1,4 D \quad (2-1)$$

$$2. \quad 1,2 D + 1,6 L + 0,5(L_r \text{ atau } R) \quad (2-2)$$

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

$$4. \quad 1,2 D + 1,0 W + L + 0,5(L_r \text{ atau } R) \quad (2-4)$$

$$5. \quad 1,2 D + 1,0 E + L \quad (2-5)$$

$$6. \quad 0,9 D + 1,0 W \quad (2-6)$$

$$7. \quad 0,9 D + 1,0 E \quad (2-7)$$

dengan :

D = beban mati yang diakibatkan oleh berat konstruksi permanen.

L = beban hidup yang ditimbulkan oleh penggunaan gedung.

L_r = beban hidup yang diakibatkan 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 decimal 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 Pasal 6.1.1)

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 Pasal 6.1.2)

2.4.4 Konfigurasi struktur gedung

Struktur gedung dapat dibedakan menjadi 2 golongan, yaitu beraturan dan tidak beraturan. Menurut SNI-1726-2012 mengatur 9 syarat yang kemudian dapat menentukan suatu gedung beraturan atau tidak.

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

2.4.5 Sistem struktur

Filosofi bangunan tahan gempa adalah bila terjadi gempa ringan, bangunan tidak boleh mengalami kerusakan baik pada komponen struktural (kolom dan balok retak) maupun pada komponen non-strukturalnya (dinding retak, genting dan langit-langit jatuh, kaca pecah, dll). Bila terjadi gempa sedang, bangunan boleh mengalami kerusakan pada komponen non-strukturalnya, akan tetapi komponen strukturalnya tidak boleh rusak. Bila terjadi gempa besar, bangunan boleh mengalami kerusakan baik pada komponen non-struktural maupun komponen strukturalnya, akan tetapi jiwa penghuni tetap selamat, yang artinya sebelum bangunan runtuh masih cukup waktu bagi penghuni bangunan untuk menyelamatkan diri.

Menurut SNI-1726-2012 terdapat beberapa sistem dan subsistem struktur gedung penahan gempa yaitu sebagai berikut:

1. 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.

2. 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.

3. Sistem Interaksi Dinding Geser dengan Rangka

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

4. 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.

5. 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.

6. Sistem Baja tidak didetail

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

7. 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).

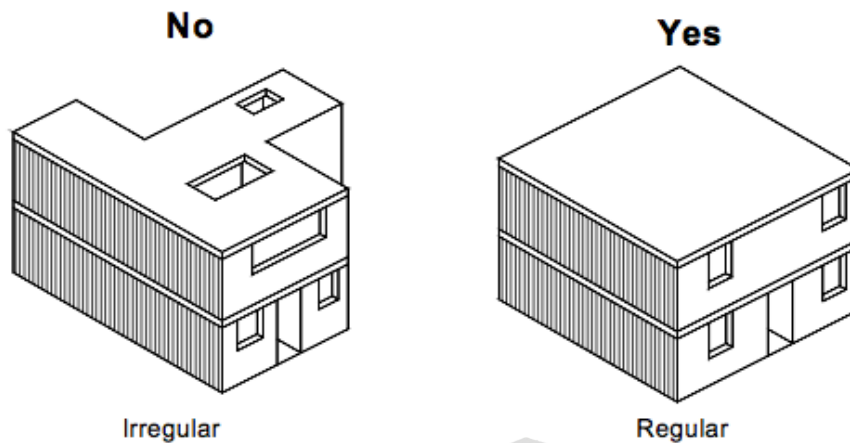
2.5 Metode Analisis dan Desain

2.5.1 Konsep perencanaan dan desain

Melalui pengalaman dari gempa bumi sebelumnya telah diketahui bahwa desain konseptual sebuah bangunan sangat penting untuk diperhatikan demi mendapatkan kinerja yang memuaskan dari bangunan itu sendiri. Para arsitek memiliki peran yang penting didalam mengembangkan desain konsep bentuk keseluruhan, ukuran dan dimensi dari sebuah bangunan. Sedangkan para insinyur struktural memiliki tanggung jawab untuk menganalisis keamanan bangunan dan bekerja sama dengan para arsitek untuk memastikan bahwa desain tersebut telah memenuhi persyaratan struktural dan arsitektural.

Tata letak sebuah bangunan sederhana merupakan salah satu syarat utama demi tercapainya bangunan yang aman dari goncangan gempa. Menurut (Blondet, 2005) dan (Brzev, 2008) syarat-syarat konsep desain bangunan tahan gempa adalah sebagai berikut:

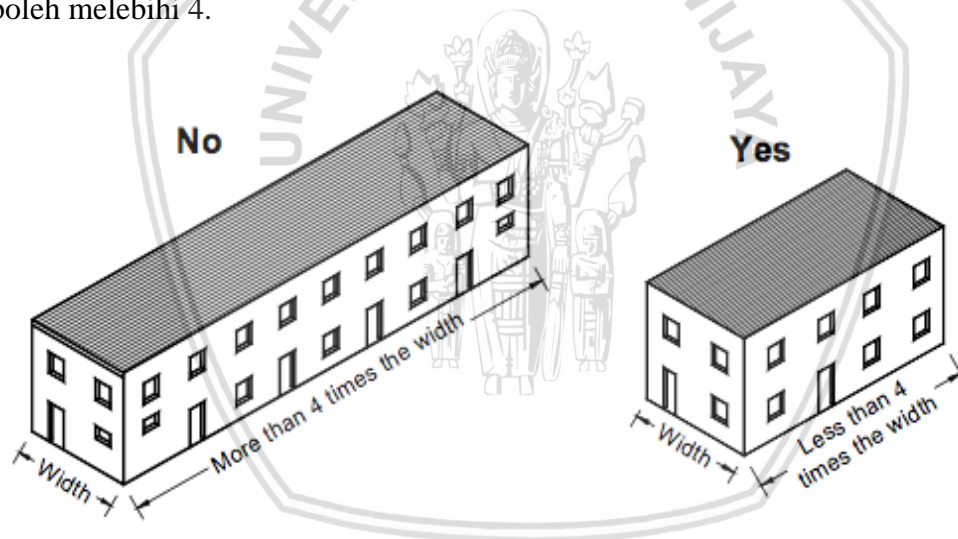
- a. Perencanaan bentuk bangunan harus berbentuk biasa atau simetris.



Gambar 2.3 Rencana bangunan sederhana

Sumber : Meli *dkk* (2011)

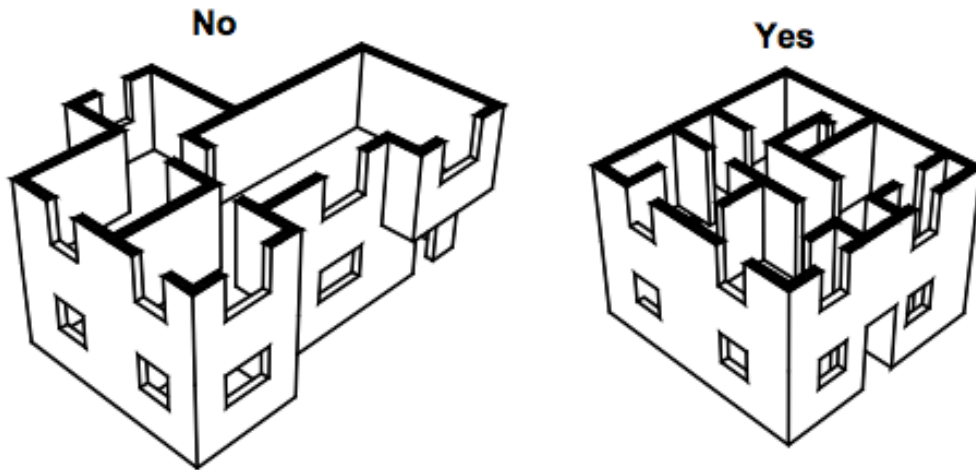
- b. Bangunan tidak terlalu panjang. Rasio Panjang (p) x Lebar (l) dalam rencana tidak boleh melebihi 4.



Gambar 2.4 Bangunan dengan aspek rasio panjang x lebar

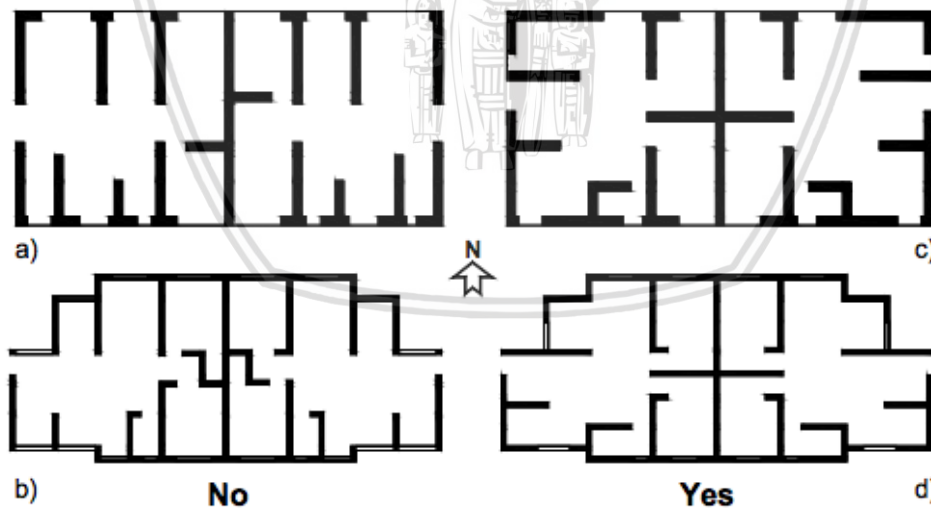
Sumber : Meli *dkk* (2011)

- c. Dinding harus dibangun secara simetris untuk meminimalkan efek torsi. Sebagai catatan bahwa tidak selalu mungkin untuk memiliki tata letak dinding simetris yang sempurna. Pada gambar 2.5 (kanan) merupakan dinding yang tidak ideal, namun jauh lebih baik daripada tata letak dinding yang berada di sebelah kiri.



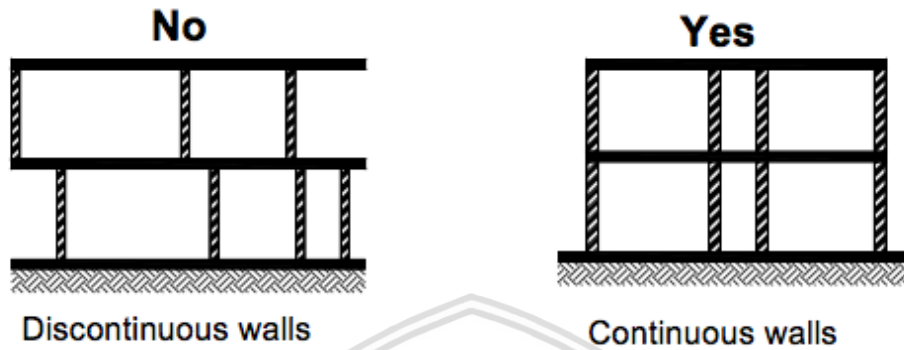
Gambar 2.5 Tata letak dinding
 Sumber : Meli *dkk* (2011)

- d. Kinerja gaya gempa yang terjadi pada dinding bata terkekang sangat bergantung kepada ketahanan dinding gesernya sehingga sangat penting untuk memiliki jumlah dan panjang dinding yang memadai disetiap arah. Pada gambar 2.6 (a dan b) menunjukkan rencana bangunan dengan distribusi dinding yang tidak memadai. Untuk menghindari torsi (putaran) bangunan tahan gempa, dinding harus ditempatkan terpisah dan dengan jarak sejauh mungkin, sebaiknya di bagian luar bangunan seperti yang ditunjukkan pada gambar 2.6 (c dan d).



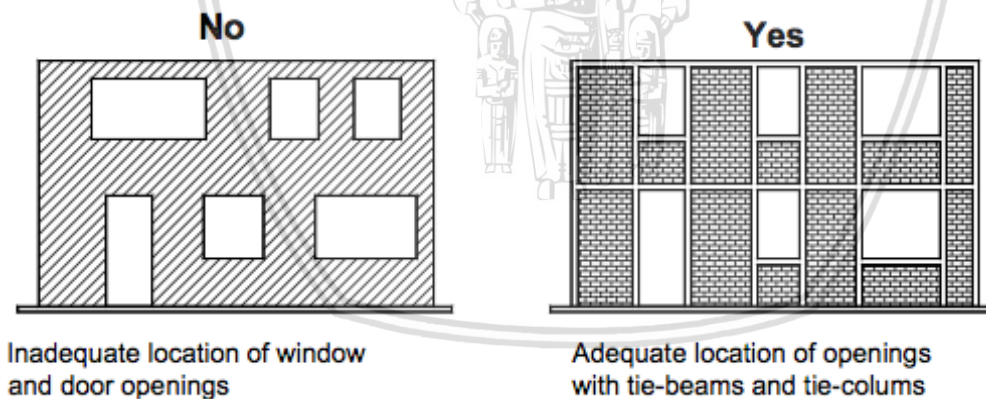
Gambar 2.6 Distribusi dinding rencana a) dan (b) tidak memiliki dinding arah timur-barat yang cukup; c) dan d) memiliki panjang dinding N-S dan E-W yang memadai (perhatikan ada beberapa dinding yang kuat di sekeliling rencananya)
 Sumber : Meli *dkk* (2011)

- e. Dinding harus selalu ditempatkan secara terus menerus dan saling menyambung antara satu dengan yang lainnya. Gambar 2.7 (kiri) menunjukkan dinding yang berimbang sedangkan Gambar 2.7 (kanan) menunjukkan dinding yang terus menerus secara vertikal.



Gambar 2.7 Kontinuitas dinding-dinding antar lantai (bagian vertikal)
Sumber : Meli *dkk* (2011)

- f. Bukaan (pintu dan jendela) harus ditempatkan pada posisi yang sama di setiap lantai seperti yang ditunjukkan pada gambar 2.8



Gambar 2.8 Lokasi bukaan pada bangunan
Sumber : Meli *dkk* (2011)

2.5.2 Bagian-bagian dinding bata terkekang

Kepadatan dinding merupakan indikator keamanan utama untuk bangunan batu bata terkekang dengan tingkat rendah yang mengalami beban seismik dan gravitasi. Dari gempa bumi sebelum-sebelumnya menunjukkan bahwa bangunan batu bata terkekang dengan kepadatan dinding yang memadai dapat menahan dampak dari gempa besar sehingga bangunan tidak mengalami keruntuhan.

Kerapatan dinding dapat diukur melalui indeks kerapatan dinding, d , yang merupakan : (Meli *dkk*, 2011)

$$d = \frac{A_w}{A_p} \quad (2-8)$$

dengan :

d = Kerapatan dinding.

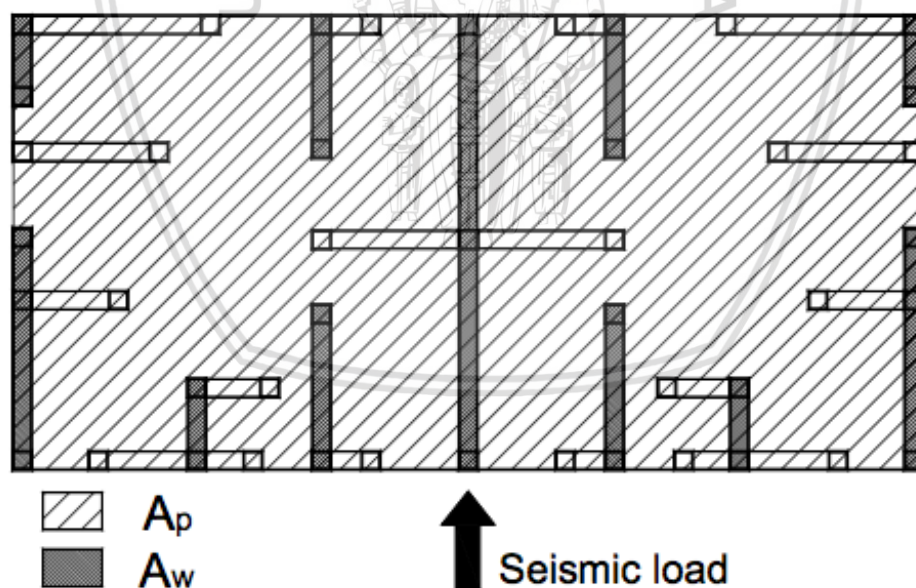
A_w = Luas area dinding pada potongan denah bangunan satu arah.

A_p = Luas area lantai denah bangunan.

Sebagai catatan bahwa luas penampang dinding tidak boleh dimasukkan ke dalam perhitungan A_w jika:

- Dinding dengan bukaan, dimana area bukaan pada dinding tidak terkekang lebih besar 10% dari luas permukaan dinding.
- Karakteristik dinding dengan perbandingan tinggi dan panjangnya lebih besar dari 1,5.

Nilai d harus ditentukan untuk semua arah dari rencana bangunan (longitudinal dan transversal).



Gambar 2.9 Parameter indeks kepadatan dinding
Sumber : Meli *dkk* (2011)

2.5.3 Dinding bata terkekang dengan bukaan

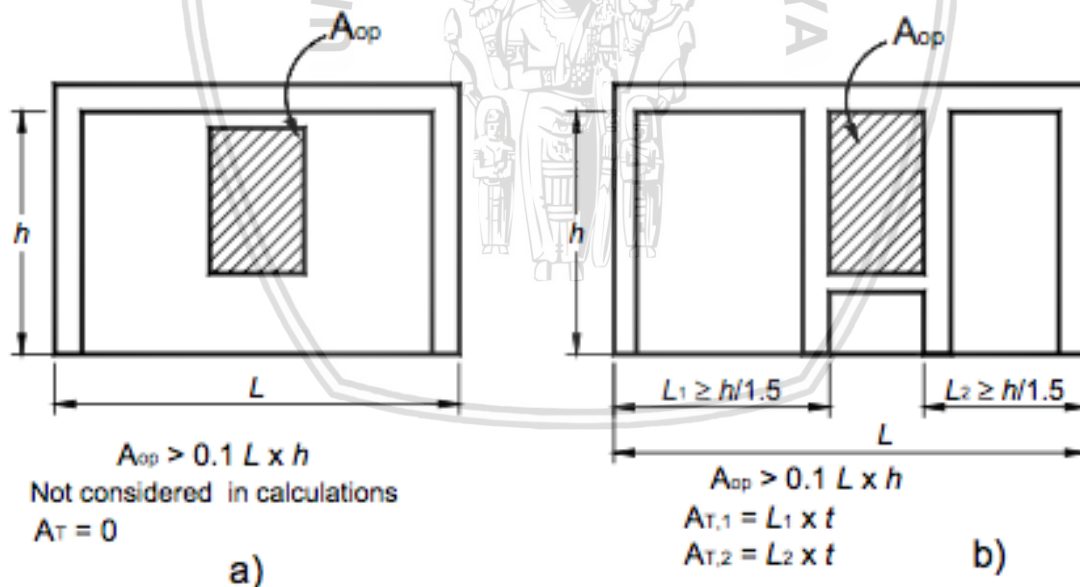
Melalui bukti dan laporan dari gempa bumi sebelumnya, adanya bukaan yang signifikan memiliki pengaruh negatif terhadap ketahanan seismik dinding batu bata

terkekang. Idealnya, elemen pengikat (kolom pengikat) harus disediakan pada sisi bukaan, tetapi hal itu tidak selalu layak untuk dilakukan. Efek bukaan pada kinerja struktur batu bata terkekang bergantung kepada ukuran dan lokasinya. Menurut (Meli *dkk*, 2011) lubang besar dianggap memiliki area yang lebih besar 10% dari area panel dinding, sementara untuk lubang kecil memiliki luas kurang dari atau sama dengan 10% area panel dinding.

Gambar 2.10 menunjukkan panel dinding bata terkekang dengan lubang besar. Berikut dua pendekatan yang dapat diikuti untuk mempertimbangkan efek dari bukaan :

- Batasan elemen (kolom pengikat) tidak disediakan pada ujung bukaan, oleh karena itu panel tidak dianggap terkekang, seperti yang ditunjukkan pada gambar 2.10 (a) akibatnya panel tidak boleh dimasukkan ke dalam perhitungan kepadatan dinding dan kontribusinya terhadap hambatan seismik bangunan harus diabaikan.
- Batasan elemen ditentukan pada bukaan seperti yang ditunjukkan gambar 2.10 (b) dan dua panel dinding batu terkekang harus dimasukkan ke dalam perhitungan kepadatan dinding.

Perhatikan bahwa L menunjukkan panjang total panel dinding batu bata terkekang termasuk kolom pengikat, h menunjukkan tinggi dinding dan t menunjukkan ketebalan dinding.

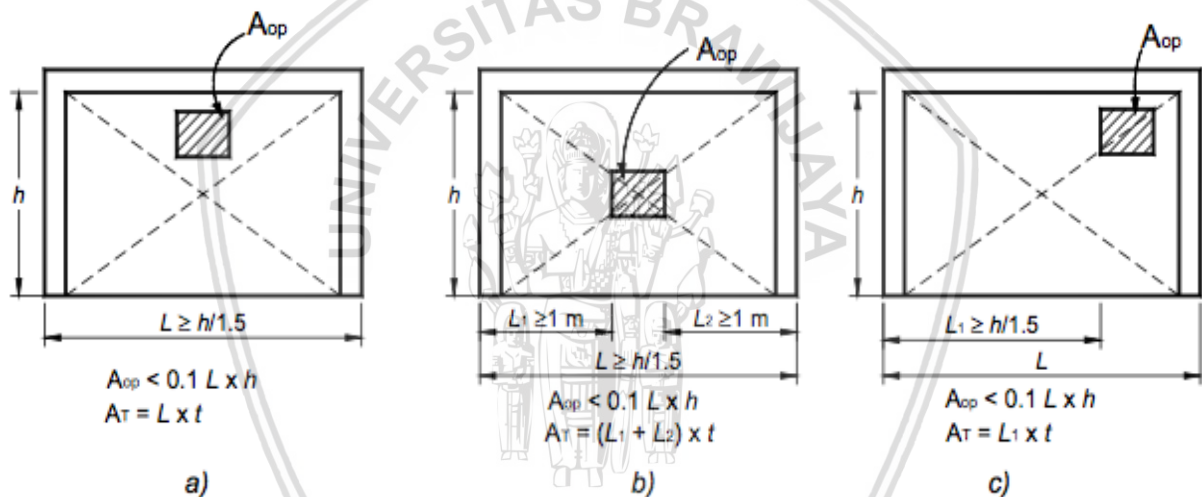


Gambar 2.10 Dinding batu bata terkekang dengan lubang besar: a) merupakan panel tidak terkekang – tidak dimasukkan ke dalam perhitungan kepadatan dinding dan b) kolom pengikat yang tersedia pada bukaan dan dua panel dinding terkekang dapat dipertimbangkan ke dalam perhitungan kepadatan dinding.

Sumber : Meli *dkk* (2011)

Pada gambar 2.11 menunjukkan dinding batu bata terkekang dengan lubang kecil. Efek dari bukaan ini bisa dipertimbangkan ke dalam perhitungan kepadatan dinding jika :

- Bukaan dapat diabaikan bila berada diluar pamel diagonal, seperti yang ditunjukkan pada gambar 2.11 (a) seluruh area penampang melintang dinding dapat dipertimbangkan ke dalam perhitungan kepadatan dinding (area A_T).
- Bila bukaan terletak di persimpangan daerah diagonal (gambar 2.11 (b)), panel penampang melintang (A_T) yang dipertimbangkan dalam perhitungan kepadatan dinding harus mengecualikan panjang bukaan.
- Bila bukaan terletak didekat salah satu ujung panel, maka panel penampang melintang (A_T) yang dipertimbangkan ke dalam perhitungan kepadatan dinding harus menggunakan panjang kolom yang lebih besar seperti yang ditunjukkan pada gambar 2.11 (c).

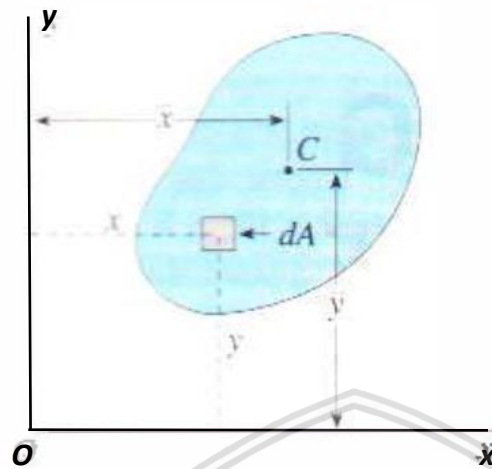


Gambar 2.11 Panel dinding batu bata terkekang dengan lubang kecil: a) bukaan terletak di luar area diagonal dapat diabaikan; b) dan c) bukaan harus dimasukkan ke dalam perhitungan kepadatan dinding

Sumber : Meli *dkk* (2011)

2.5.4 Karakteristik penampang

a. Luas penampang



Gambar 2.12 Area bidang untuk bentuk sembarang dengan pusat berat di C
Sumber : Gere&Timoshenko (2000)

Luas penampang didefinisikan sebagai integral dari luas elemen diferensial dA .

$$A = \int dA \quad (2-9)$$

dengan :

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 .

a. Momen statis

Momen pertama (momen statis) dari area gambar 2.12 terhadap sumbu x dan y masing-masing didefinisikan sebagai berikut:

1. Terhadap sumbu x :

$$M_{sx} = \int y \cdot dA \quad (\text{in}^3 \text{ atau } mm^3) \quad (2-10)$$

2. Terhadap sumbu y :

$$M_{sy} = \int x \cdot dA \quad (\text{in}^3 \text{ atau } mm^3) \quad (2-11)$$

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.

b. Titik Berat Penampang

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

$$\bar{x} = \frac{M_{sy}}{A} = \frac{\int x \cdot dA}{\int dA} \quad (2-12)$$

$$\bar{y} = \frac{M_{sx}}{A} = \frac{\int y \cdot dA}{\int dA} \quad (2-13)$$

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.

c. Momen inersia penampang

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

- a. Momen inersia terhadap sumbu x:

$$I_x = \int y^2 dA \text{ (cm}^4\text{)} \quad (2-14)$$

- b. Momen inersia terhadap sumbu y:

$$I_y = \int x^2 dA \text{ (cm}^4\text{)} \quad (2-15)$$

Kedua momen inersia ini dapat disebut juga sebagai momen inersia kartesian.

2.5.5 Kategori resiko gedung

Menurut SNI-1726-2012, 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. Berdasarkan fungsinya gedung akan di klarifikasikan sebagai berikut:

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

Jenis Pemanfaatan	Kategori Risiko
<p>Gedung dan non gedung yang memiliki risiko rendah terhadap jiwa manusia pada saat terjadi kegagalan, termasuk, tapi tidak dibatasi untuk, antara lain:</p> <ul style="list-style-type: none"> – Fasilitas pertanian, perkebunan, peternakan, dan perikanan – Fasilitas sementara – Gudang penyimpanan – Rumah jaga dan struktur kecil lainnya 	I
<p>Semua gedung dan struktur lain, kecuali yang termasuk dalam kategori risiko I,III,IV, termasuk, tapi tidak dibatasi untuk:</p> <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
<p>Gedung dan non gedung yang memiliki risiko tinggi terhadap jiwa manusia pada saat terjadi kegagalan, termasuk, tapi tidak dibatasi untuk:</p> <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 jempu 	III
<p>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:</p> <ul style="list-style-type: none"> – Pusat pembangkit listrik biasa – Fasilitas penanganan air – Fasilitas penanganan limbah – Pusat telekomunikasi 	
<p>Gedung dan non gedung yang tidak termasuk dalam kategori risiko IV, (termasuk, tetapi tidak dibatasi untuk fasilitas manufaktur, proses, penanganan, penyimpanan, penggunaan atau tempat pembuangan bahan bakar berbahaya, bahan kimia berbahaya, limbah berbahaya, atau bahan yang mudah meledak) yang mengandung bahan beracun atau peledak di mana jumlah kandungan bahannya melebihi nilai batas yang diisyaratkan oleh instansi yang berwenang dan cukup menimbulkan bahaya bagi masyarakat jika terjadi kebocoran.</p>	

Sumber : SNI-1726-2012

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

Jenis Pemanfaatan	Kategori Risiko
<p>Gedung dan non gedung yang ditunjukkan sebagai fasilitas yang penting, termasuk, tetapi tidak dibatasi untuk:</p> <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 - 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 <p>Gedung dan non gedung yang dibutuhkan untuk mempertahankan fungsi struktur bangunan lain yang masuk ke dalam kategori risiko IV.</p>	IV

Sumber : SNI-1726-2012

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

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^b	Faktor pembebanan 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	7.1.2	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
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

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
	> 175	> 15	> 50

SE (tanah lunak)

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
- Lempung sangat organik dan/atau gambut (ketebalan $H > 3$ m)
- Lempung berplastisitas sangat tinggi (ketebalan $H > 7,5$ m dengan Indeks Plastisitas $PI > 75$)

Lapisan lempung lunak/setengah teguh dengan ketebalan $H > 35$ m dengan $\bar{S}_u < 50$ kPa

Sumber : SNI-1726-2012

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

Kelas Situs	Parameter respons spektral percepatan gempa (MCE_R) terpetakan pada perioda 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

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 perioda 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

CATATAN:

- Untuk nilai-nilai antara S_1 dapat dilakukan interpolasi linier.
- SS = Situs yang memerlukan investigasi geoteknik spesifik dan analisis respons situs-spesifik.

2.5.6 Parameter percepatan spektrum desain

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

$$S_{DS} = \frac{2}{3} S_{MS} \quad (2-16)$$

$$S_{D1} = \frac{2}{3} S_{M1} \quad (2-17)$$

2.5.7 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:

$$T_a = \frac{0,0062}{\sqrt{C_w}} h_n \quad (2-18)$$

$$C_w = \frac{100}{A_B} \sum_{n=1}^x \left(\frac{h_n}{h_i} \right)^2 \frac{A_i}{[1 + 0,83 \left(\frac{h_i}{D_i} \right)^2]} \quad (2-19)$$

dengan :

- 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 (m²).
 A_i = luas badan dinding geser i (m²).
 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.

2.5.8 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 :

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

$$S_a = S_{DS} \left(0,4 + 0,6 \frac{T}{T_o} \right) \quad (2-20)$$

2. 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} .
3. Untuk perioda lebih besar dari T_s , spektrum respons percepatan desain, S_a , diambil berdasarkan persamaan:

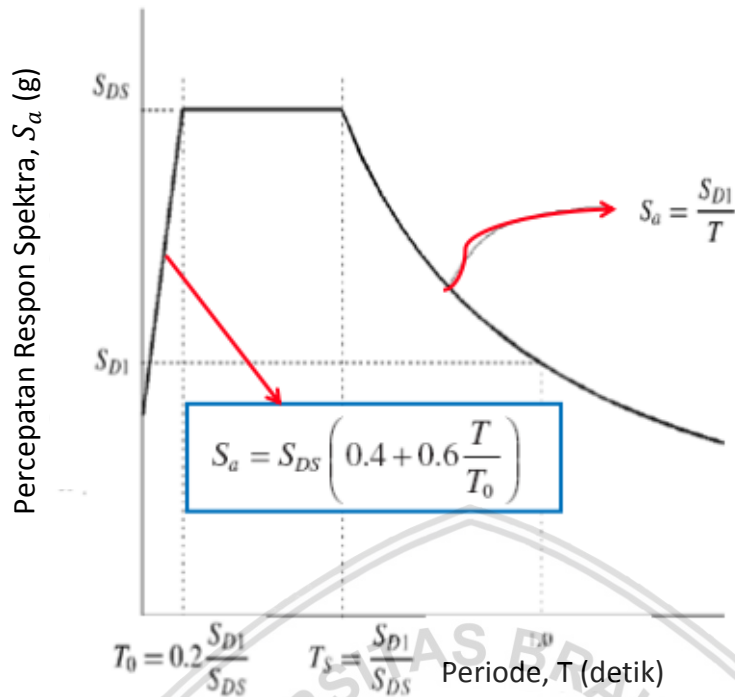
$$S_a = \frac{S_{D1}}{T} \quad (2-21)$$

dengan :

- 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.

$$T_o = 0,2 \frac{S_{D1}}{S_{DS}} \quad (2-22)$$

$$T_s = \frac{S_{D1}}{S_{DS}} \quad (2-23)$$



Gambar 2.13 Spektrum respons desain
Sumber : SNI-1726-2012

2.5.9 Geser dasar seismik

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

$$V = C_s \cdot W_{\text{tot}} \quad (2-24)$$

dengan :

C_s = koefisien respons seismik.

W_{tot} = berat seismik efektif gedung.

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

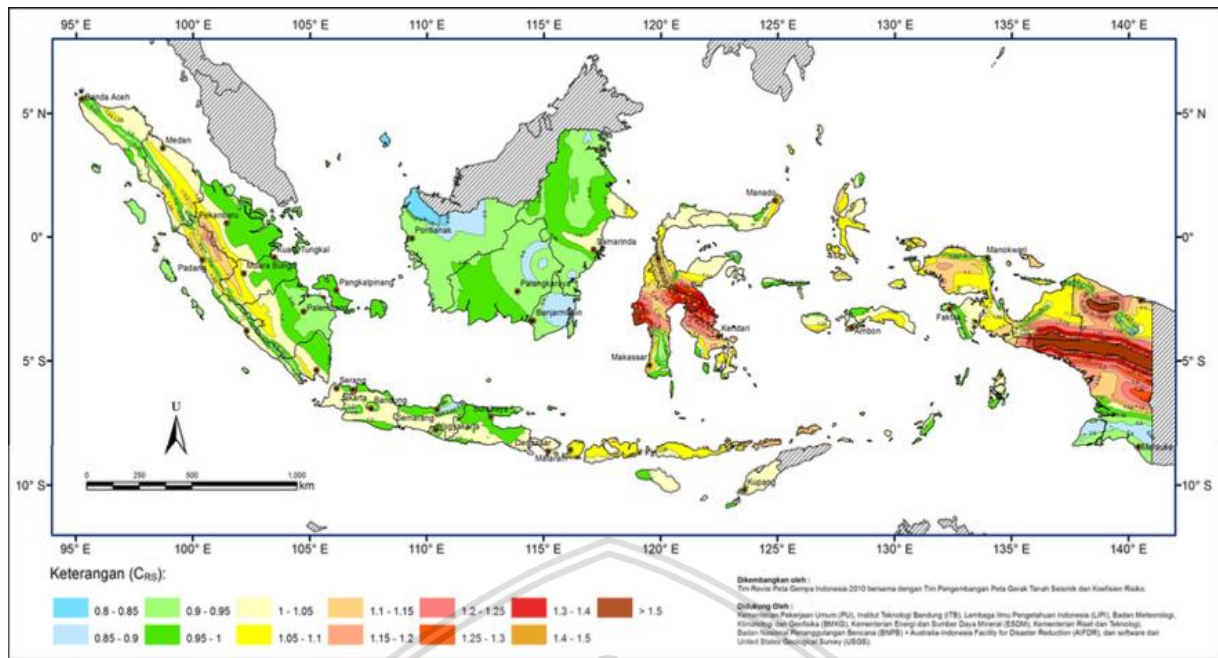
a. C_s (hitungan) = $S_{DS} / \left(\frac{R}{I_e} \right)$ (2-25)

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

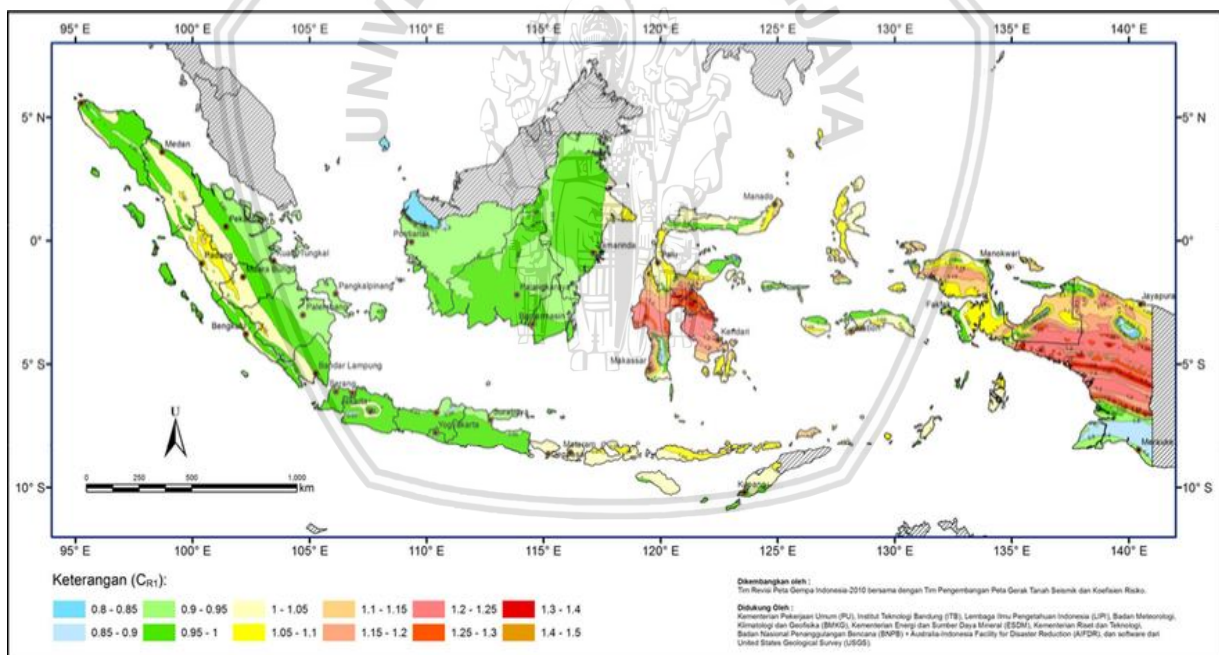
$$C_s (\text{maks}) = S_1 / \left(T \left(\frac{R}{I_e} \right) \right) \quad (2-26)$$

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

$$C_s (\text{min}) = 0,044 \cdot S_{DS} \cdot I_e \geq 0,01 \quad (2-27)$$



Gambar 2.14 C_{RS} , Koefisien resiko terpetakan, periode respons spektrum 0,2 detik
Sumber : SNI-1726-2012



Gambar 2.15 C_{R1} , Koefisien resiko terpetakan, periode respons spektrum 1 detik
Sumber : SNI-1726-2012

(Halaman ini sengaja dikosongkan)



BAB III

METODE PENELITIAN

3.1 Data Perencanaan

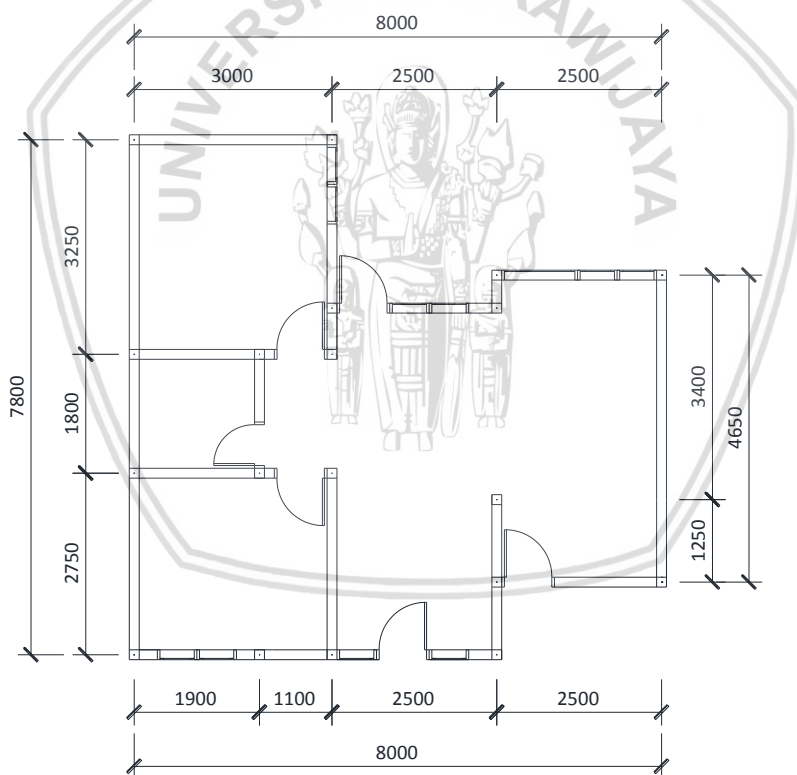
3.1.1 Data umum denah

Denah-denah bangunan yang digunakan merupakan denah-denah dari lokasi perumahan A, B dan C yang berfungsi sebagai rumah tinggal bagi masyarakat di Kota Malang.

a. Denah Rumah A

Lokasi : Kota Malang

Fungsi : Rumah Hunian

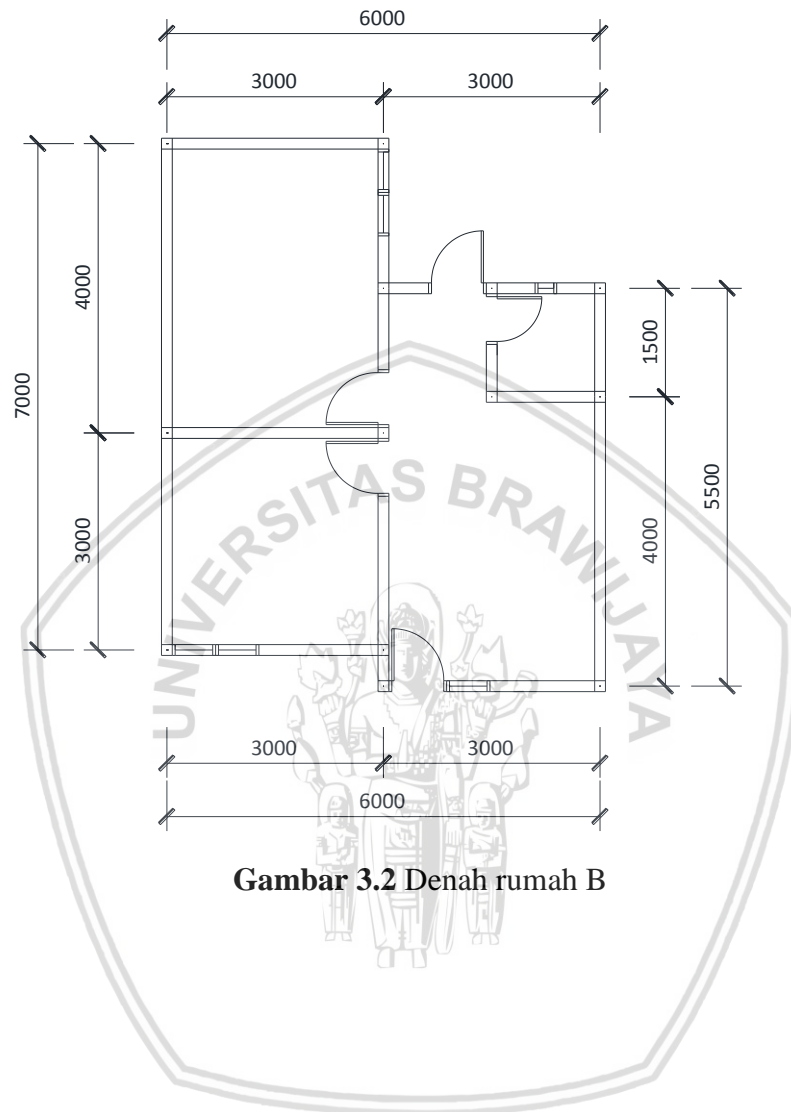


Gambar 3.1 Denah rumah A

b. Denah Rumah B

Lokasi : Kota Malang

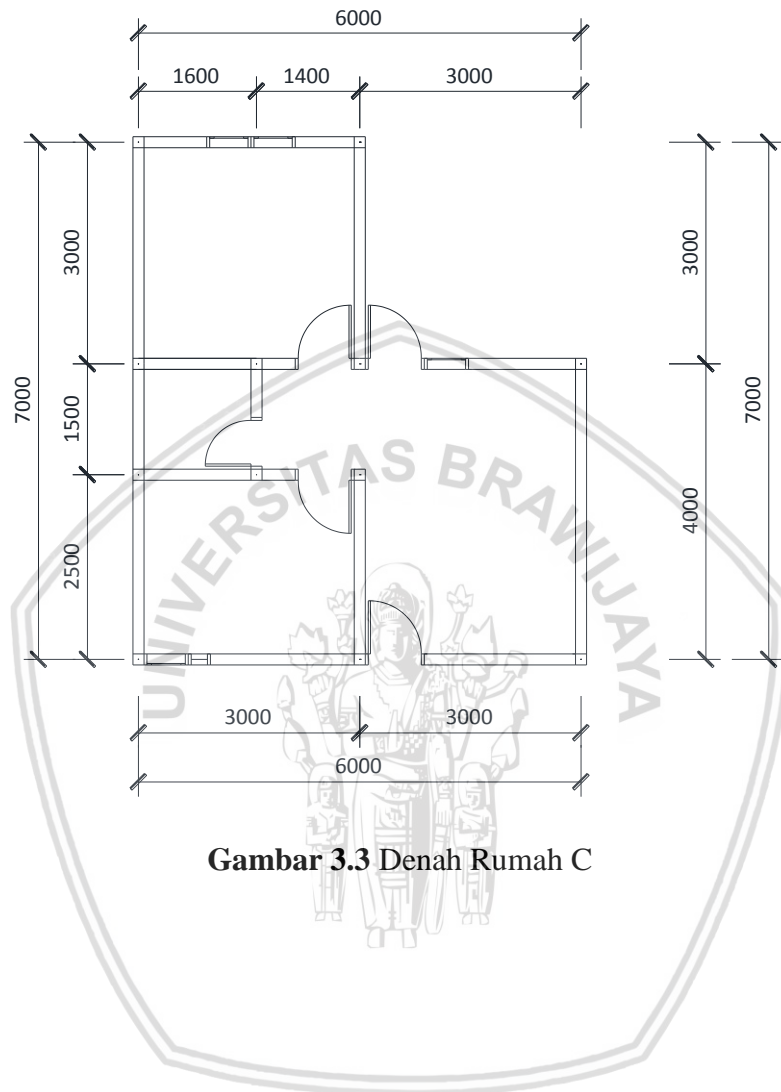
Fungsi : Rumah Hunian

**Gambar 3.2 Denah rumah B**

c. Denah Rumah C

Lokasi : Kota Malang

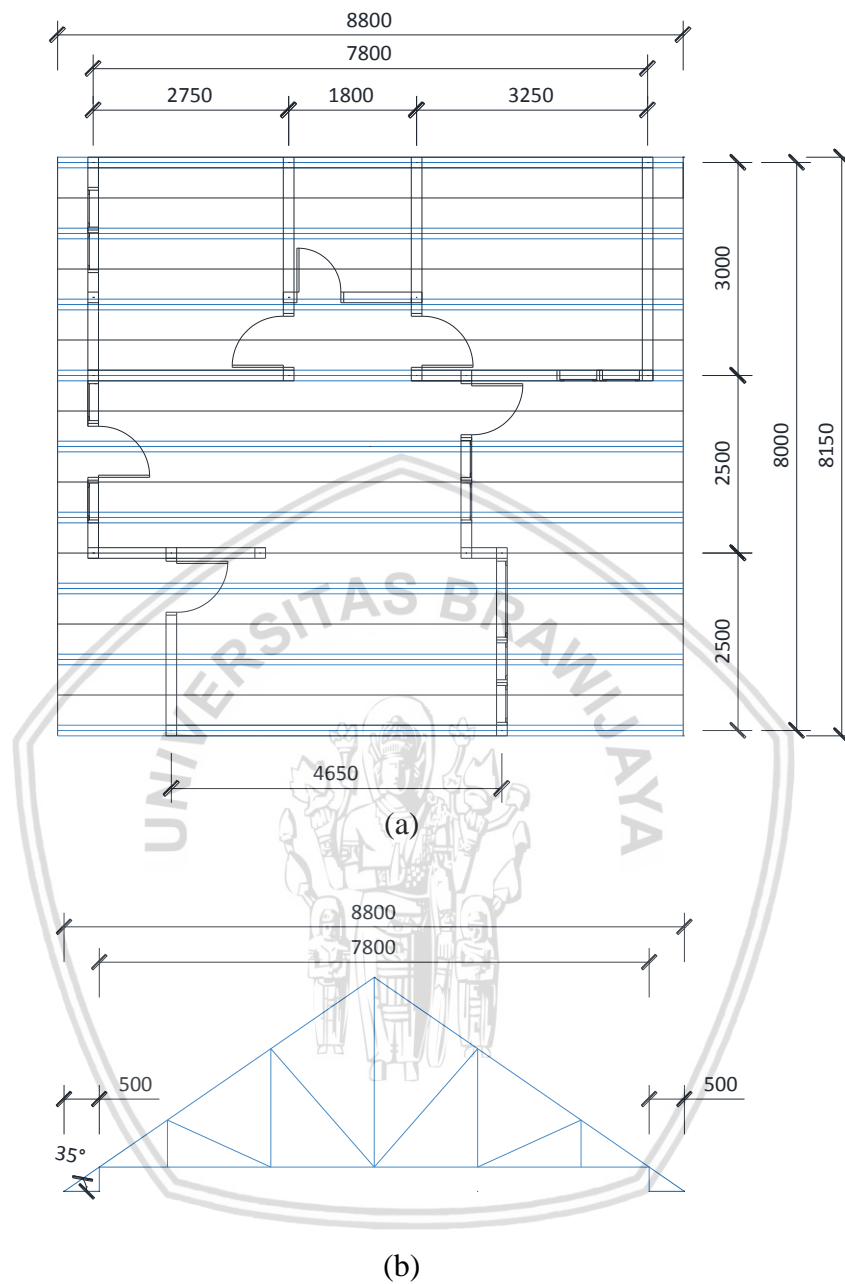
Fungsi : Rumah Hunian

**Gambar 3.3** Denah Rumah C

3.1.2 Data teknis bangunan

a. Rumah A (Gambar 3.1)

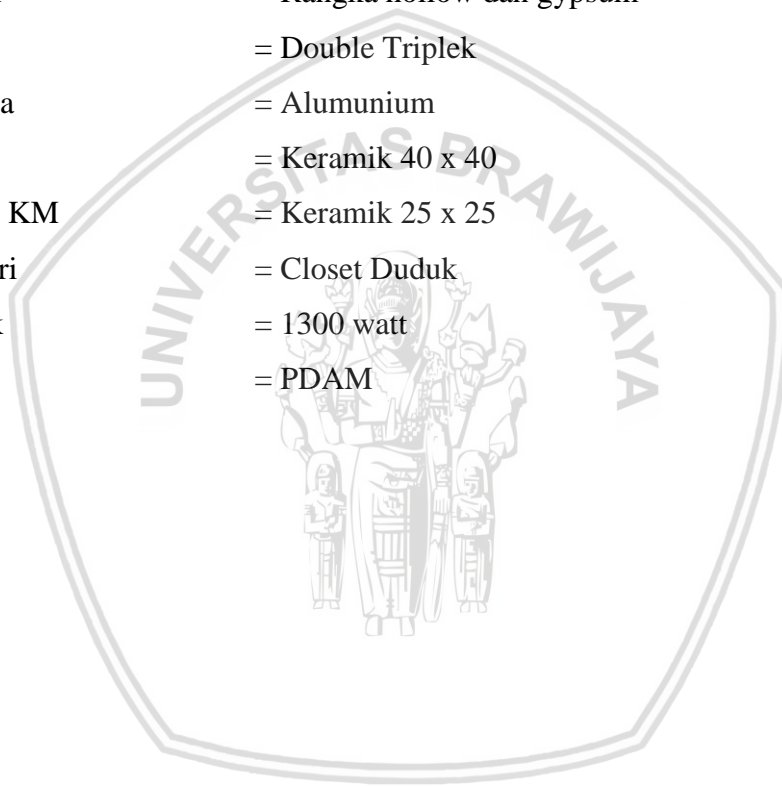
Struktur Bangunan	= Struktur dinding bata terkekang (<i>confined masonry</i>) dengan penutup atap menggunakan rangka galvalume.
Zona	= Zona 4 (Malang)
Jumlah Lantai	= 1 Lantai
Pondasi	= Batu kali
Dinding	= Bata Merah, Diplester dan Dicat
Lantai	= Keramik 40 x 40
Atap	= Genteng Beton, Rangka Galvalume
Plafon	= Gypsum Board
Kusen	= Kayu Kalimantan
Kamar Mandi	= Keramik 20 x 20 Keramik Dinding 20 x 25 Klosed Duduk Type 45, 54, 65, Klosed Jongkok Type 36
Pintu	= Pintu Utama Panil Meranti Pintu Dalam Angzdoor
Jendela	= Alumunium Coating
Listrik	= 1300 Watt
Air	= PDAM

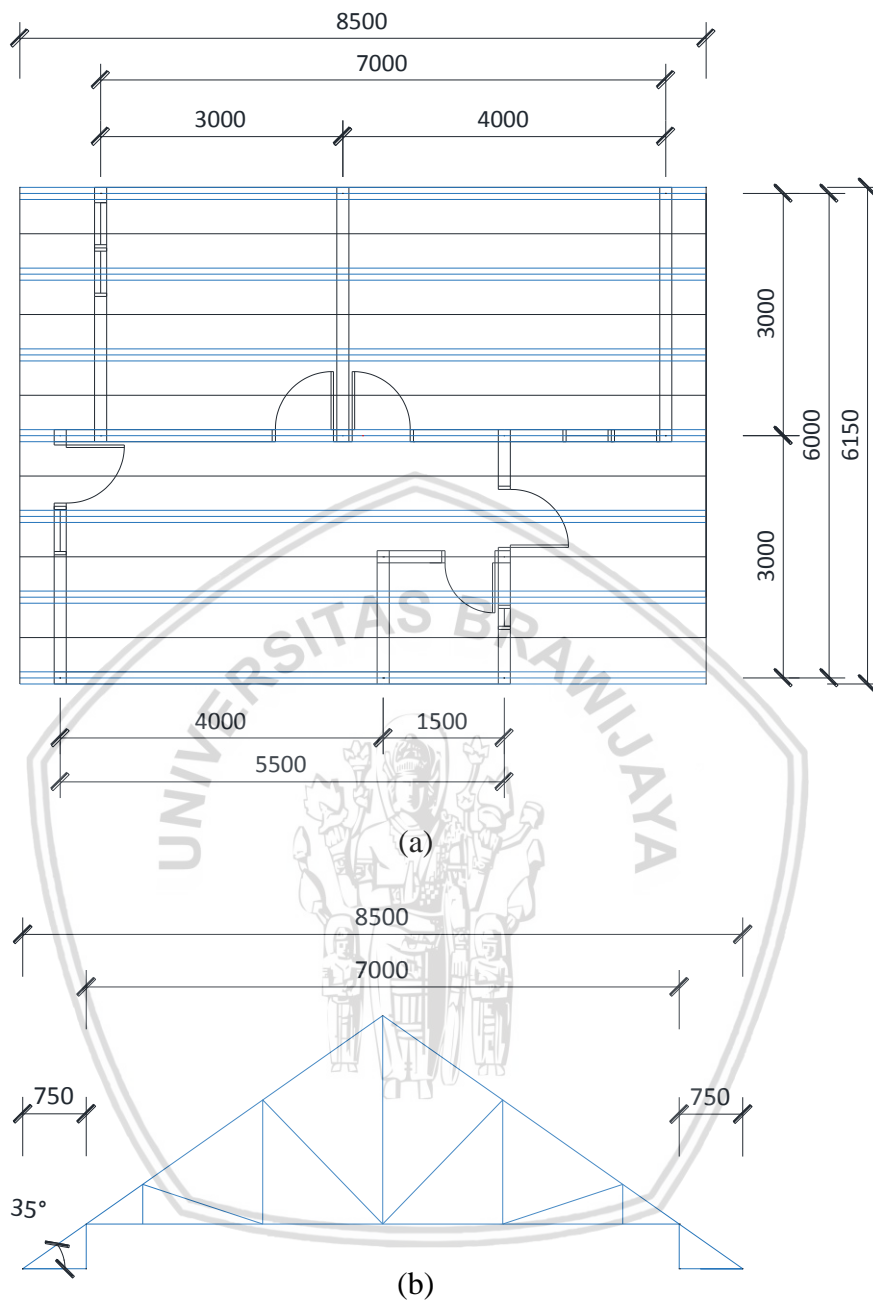


Gambar 3.4 (a) Letak kuda-kuda atap denah A, (b) rangka kuda-kuda denah A

b. Rumah B (Gambar 3.2)

Struktur Bangunan	= Struktur dinding bata terkekang (<i>confined masonry</i>) dengan penutup atap menggunakan rangka galvalume.
Zona	= Zona 4 (Malang)
Jumlah Lantai	= 1 Lantai
Pondasi	= Batu Kali
Dinding	= Batu bata diplester dan dicat
Atap	= Rangka galvalume, genteng beton
Plafon	= Rangka hollow dan gypsum
Pintu	= Double Triplek
Jendela	= Alumunium
Lantai	= Keramik 40 x 40
Lantai KM	= Keramik 25 x 25
Sanitari	= Closet Duduk
Listrik	= 1300 watt
Air	= PDAM

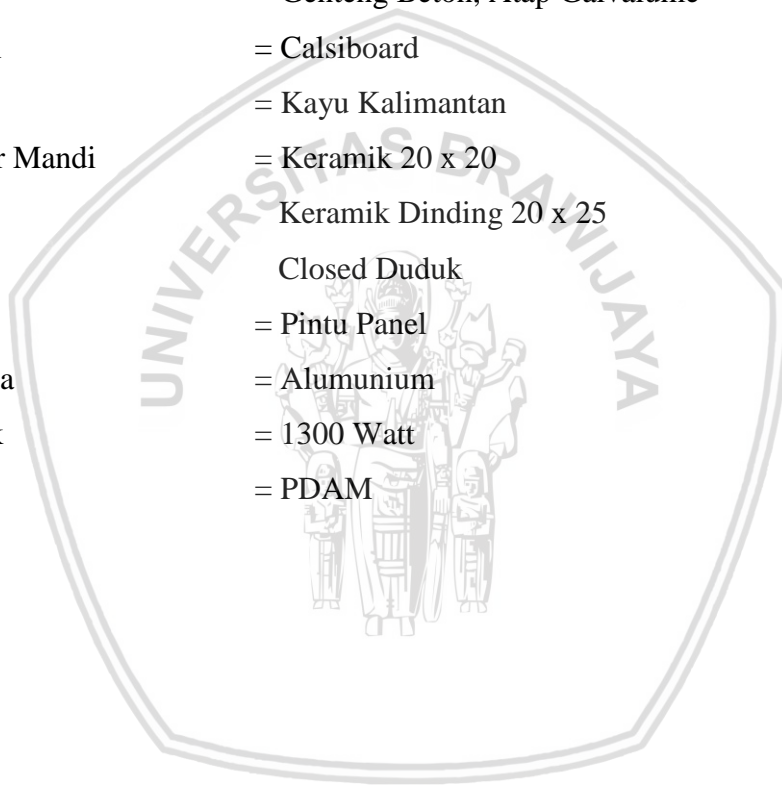


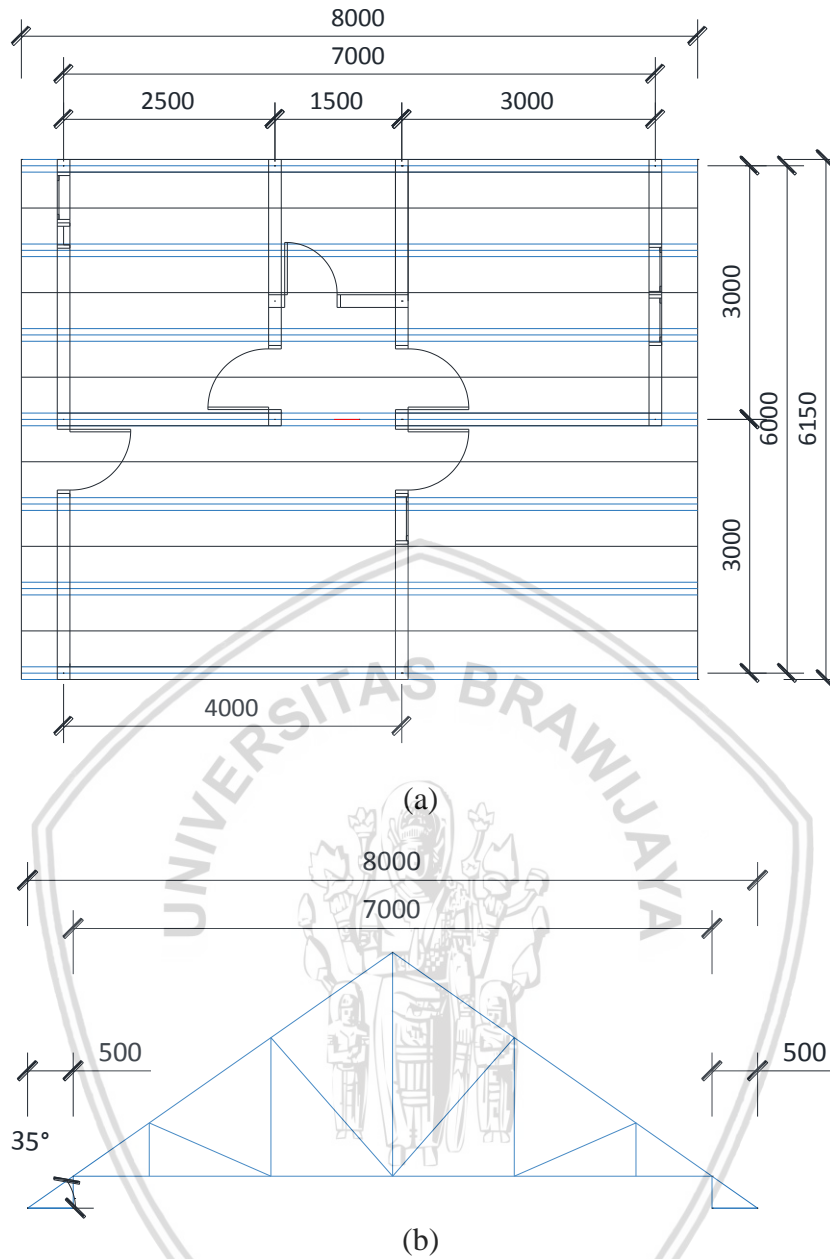


Gambar 3.5 (a) Letak kuda-kuda atap denah B, (b) rangka kuda-kuda denah B

c. Rumah C (Gambar 3.3)

Struktur Bangunan	= Struktur dinding bata terkekang (<i>confined masonry</i>) dengan penutup atap menggunakan atap galvalume.
Zona	= Zona 4 (Malang)
Jumlah Lantai	= 1 Lantai
Pondasi	= Batu Kali
Dinding	= Bata merah, Diplester dan Dicat
Lantai	= Keramik 40 x 40
Atap	= Genteng Beton, Atap Galvalume
Plafon	= Calsiboard
Kusen	= Kayu Kalimantan
Kamar Mandi	= Keramik 20 x 20 Keramik Dinding 20 x 25 Closed Duduk
Pintu	= Pintu Panel
Jendela	= Alumunium
Listrik	= 1300 Watt
Air	= PDAM





Gambar 3.6 (a) Letak kuda-kuda atap denah C, (b) rangka kuda-kuda denah C

3.1.3 Mutu bahan yang digunakan

Dinding yang ditinjau merupakan dinding batu terkekang dengan bahan dasar batu bata. Mutu bahan yang digunakan yaitu : (Wisnumurti, 2010)

Tabel 3.1 Hasil uji kuat karakteristik bata lokal

Asal Daerah		Kuat tekan SNI	Kuat Geser	Kuat Tarik Lentur
	Rata-rata (kg/cm^2)	35,73	3,30	2,13
Malang (Turen)	Std-deviasi (kg/cm^2)	2,71	0,64	0,13
	Koef. Variasi (%)	7,57	19,39	6,00

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 Angin
4. Beban Gempa

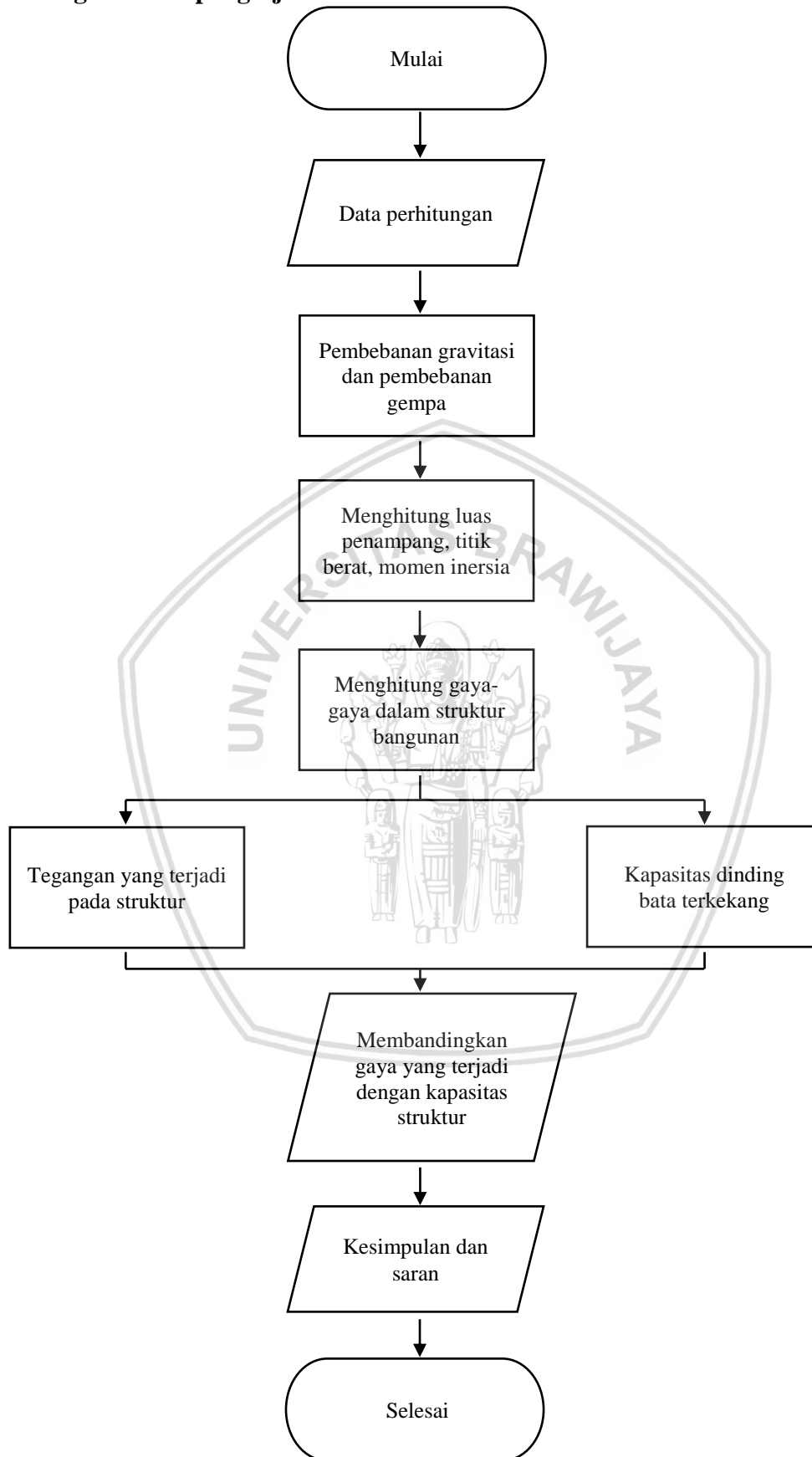
3.2.2 Analisis statika

Untuk mendapatkan besarnya tegangan-tegangan yang terjadi pada struktur bangunan rumah satu lantai A, B dan C dilakukan perhitungan dengan menggunakan aplikasi autocad, microsoft word dan microsoft excel.

3.2.3 Analisis gempa

Dalam perencanaan tugas akhir ini, gaya gempa yang direncanakan dapat ditinjau dengan menggunakan metode statik ekuivalen 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.

3.2.4 Diagram alur pengerjaan



Gambar 3.7 Diagram alur pengerjaan

(Halaman ini sengaja dikosongkan)



BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Pembebanan Denah A

4.1.1 Beban mati denah A

Sesuai dengan pedoman perencanaan pembebanan pada Beton Bertulang Indonesia untuk Rumah dan Gedung Tahun 1987 (PPURG 1987), beban mati telah diatur sebagai berikut:

- Berat isi beton (γ_{beton}) = 2400 kg/m³
- Berat pasangan bata merah ½ batu 15 cm = 250 kg/m²
- Berat langit-langit = 11 kg/m²
- Berat penutup atap genteng = 50 kg/m²

Beban mati akibat kuda-kuda dengan rangka galvalum diambil dari hasil pencarian di internet. Untuk rangka galvalume dengan jenis ukuran 0,6 memiliki berat 4,7 kg/6m sehingga:

- Berat kuda-kuda galvalume = $\frac{4,7}{6} = 0,78$ kg/m

4.1.2 Beban hidup denah A

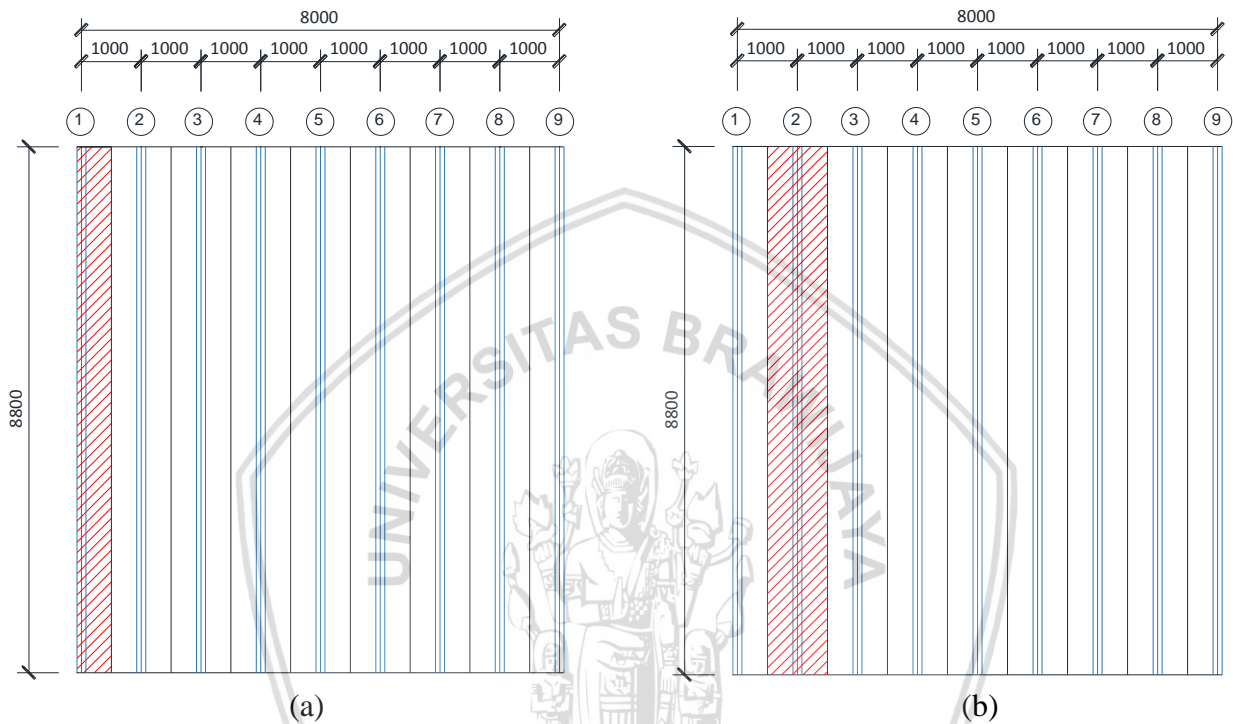
Sesuai dengan pedoman perencanaan pembebanan pada Beton Bertulang Indonesia untuk Rumah dan Gedung Tahun 1987 (PPURG 1987) pasal 2.1.2.2, beban hidup pada atap gedung diatur sebagai berikut:

- Beban terbagi rata per m² bidang datar berasal dari beban air hujan sebesar (40 - 0,8 α) kg/m² di mana α adalah sudut kemiringan atap dalam derajat, dengan ketentuan bahwa beban tersebut tidak perlu diambil lebih besar dari 20 kg/m² dan tidak perlu ditinjau bila kemiringan atapnya adalah lebih besar dari 50°
 - Beban Hujan = (40 - 0,8 . 35) = 12 kg/m²
- Beban terpusat berasal dari seorang pekerja atau seorang pemadam kebakaran dengan peralatannya sebesar minimum 100 kg.

4.1.3 Beban atap denah A

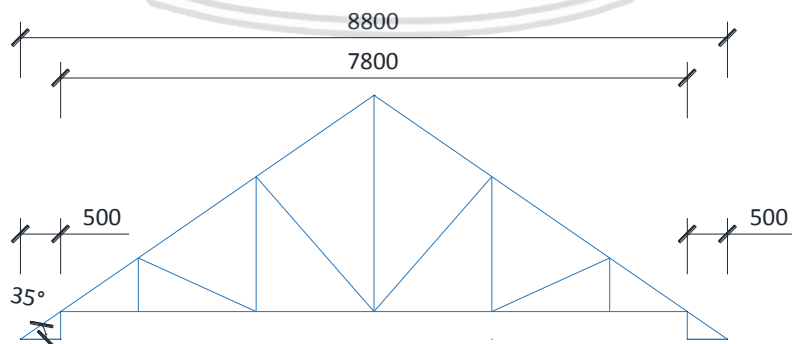
Sebagian dinding bata menahan beban yang diakibatkan oleh beban hidup atap, kuda-kuda, gording, dan plafon. Penutup atap denah A terbuat dari rangka galvalume sehingga perhitungan gording tidak dimasukkan. Berikut merupakan perhitungan beban yang ditahan masing-masing kuda-kuda.

- **Pembebanan atap denah A**



Gambar 4.1 (a) area pembebanan kuda-kuda 1 dan 9, (b) area pembebanan kuda-kuda 2 sampai 8

a. Beban yang ditahan kuda-kuda 1 dan 9



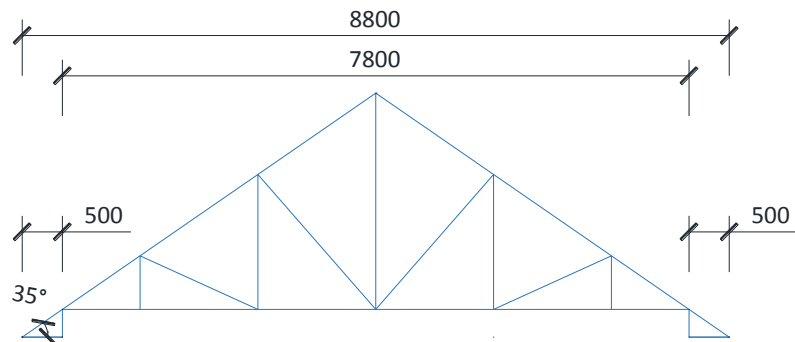
Gambar 4.2 Pembebanan kuda-kuda 1 dan 9 denah A

$$W_1 = W_9 = 0,5 \left(50 \cdot 2 \cdot \frac{4,4}{\cos 35^\circ} + 8,8 \cdot 11 + 12 \cdot 2 \cdot \frac{4,4}{\cos 35^\circ} \right) + 0,78 \cdot 37,163$$

$$W_1 = W_9 = 381,43 + 29$$

$$W_1 = W_9 = 410,43 \text{ kg}$$

b. Beban yang ditahan kuda-kuda 2 sampai 8 denah A



Gambar 4.3 Pembebanan kuda-kuda 2 sampai 8 denah A

$$W_2 = W_{3-8} = 1 \left(50 \cdot 2 \cdot \frac{4,4}{\cos 35^\circ} + 8,8 \cdot 11 + 12 \cdot 2 \cdot \frac{4,4}{\cos 35^\circ} \right) + 0,78 \cdot 37,163$$

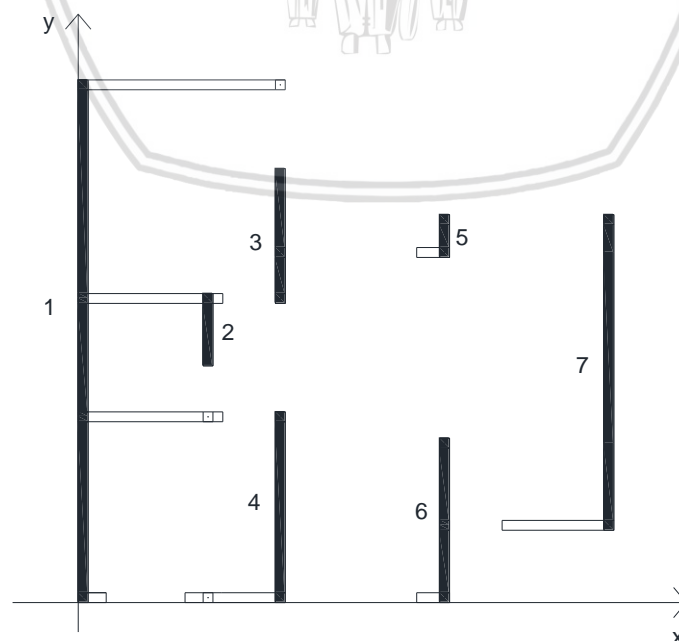
$$W_2 = W_{3-8} = 762,85 + 29$$

$$W_2 = W_{3-8} = 791,85 \text{ kg}$$

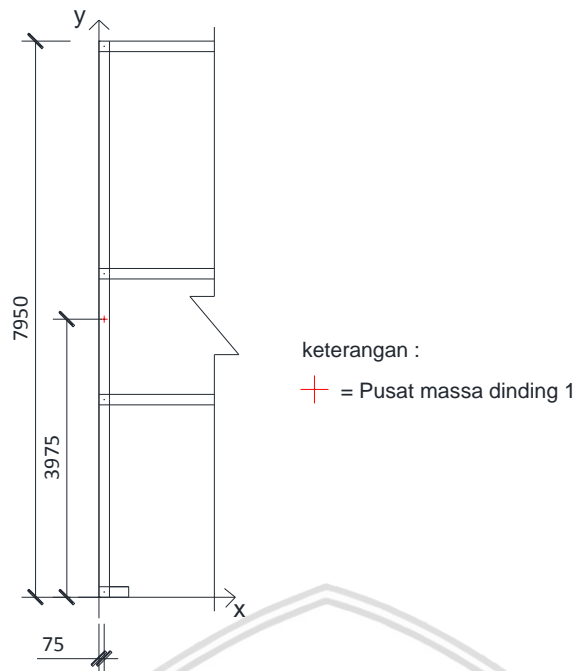
4.2 Perhitungan Momen Inersia

4.2.1 Mencari titik berat denah A terhadap sumbu x

Tidak semua elemen dinding efektif didalam menahan gaya gempa searah sumbu y. Pada gambar 4.4 menunjukkan elemen dinding yang efektif dalam menahan gaya gempa searah sumbu y.



Gambar 4.4 Partisi profil denah A terhadap sumbu x



Gambar 4.5 Letak pusat massa dan panjang dinding satu searah sumbu y

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

- Tebal dinding bata (b) = 150 mm = 0,15 m
 - Panjang dinding bata satu (h) = 7950 mm = 7,95 m
- Perhitungan Statis Momen

$$A_1 = 0,15 \text{ m} \cdot 7,95 \text{ m} = 1,19 \text{ m}^2$$

$$y_1 = 3,98 \text{ m}$$

$$x_1 = 0,08 \text{ m}$$

$$A_1 y_1 = 1,19 \text{ m}^2 \cdot 3,98 \text{ m} = 4,74 \text{ m}^3$$

$$A_1 x_1 = 1,19 \text{ m}^2 \cdot 0,08 \text{ m} = 0,09 \text{ m}^3$$

Tabel 4.1 Hasil perhitungan statis momen denah A terhadap sumbu x

Partisi Dinding	A_i (m ²)	y_i (m)	x_i (m)	$A_i y_i$ (m ³)	$A_i x_i$ (m ³)
1	1,19	3,98	0,08	4,74	0,09
2	0,17	4,15	1,98	0,69	0,33
3	0,31	5,58	3,08	1,71	0,95
4	0,44	1,45	3,08	0,63	1,34
5	0,1	5,58	5,58	0,54	0,54
6	0,38	1,25	5,58	0,47	2,09
7	0,72	3,5	8,08	2,52	5,81
Σ	3,29			11,30	11,15

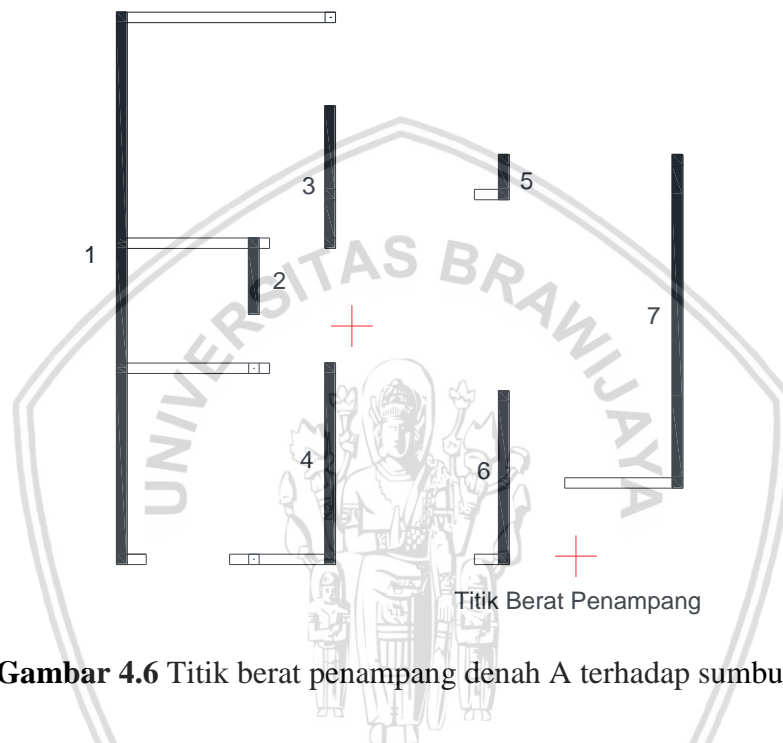
- Titik berat sumbu y

$$\bar{Y}_x = \frac{\sum A_i y_i}{\sum A_i} = \frac{11,30}{3,29} = 3,43 \text{ m}$$

- Titik berat sumbu x

$$\bar{X}_x = \frac{\sum A_i x_i}{\sum A_i} = \frac{11,15}{3,29} = 3,39 \text{ m}$$

4.2.2 Mencari momen inersia denah A terhadap sumbu x



Gambar 4.6 Titik berat penampang denah A terhadap sumbu x

- Perhitungan Momen Inersia

$$A_1 = 0,15 \text{ m} \cdot 7,95 \text{ m} = 1,19 \text{ m}^2$$

$$A_1(y_1 - \bar{y})^2 = 1,19 \text{ m}^2 \cdot (3,98 \text{ m} - 3,43 \text{ m})^2 = 0,35 \text{ m}^4$$

$$I_{x_1} = \frac{1}{12} \cdot b \cdot h^3 = \frac{1}{12} \cdot 0,15 \text{ m} \cdot 7,95^3 \text{ m} = 5,93 \text{ m}^4$$

Tabel 4.2 Hasil perhitungan momen inersia denah A terhadap sumbu x

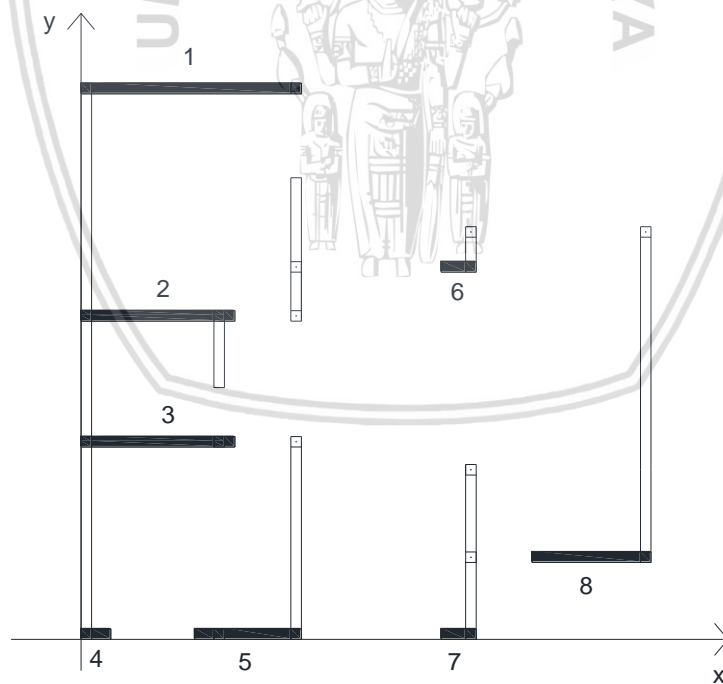
Partisi Dinding	A_i (m ²)	$A_i(y_i-\bar{y})^2$ (m ⁴)	I_{x_i} (m ⁴)
1	1,19	0,35	5,93
2	0,17	0,09	0,02
3	0,31	1,41	0,11
4	0,44	1,71	0,26
5	0,1	0,45	0,002
6	0,38	1,79	0,16
7	0,72	0,0033	1,26
Σ	3,29	5,79	7,74

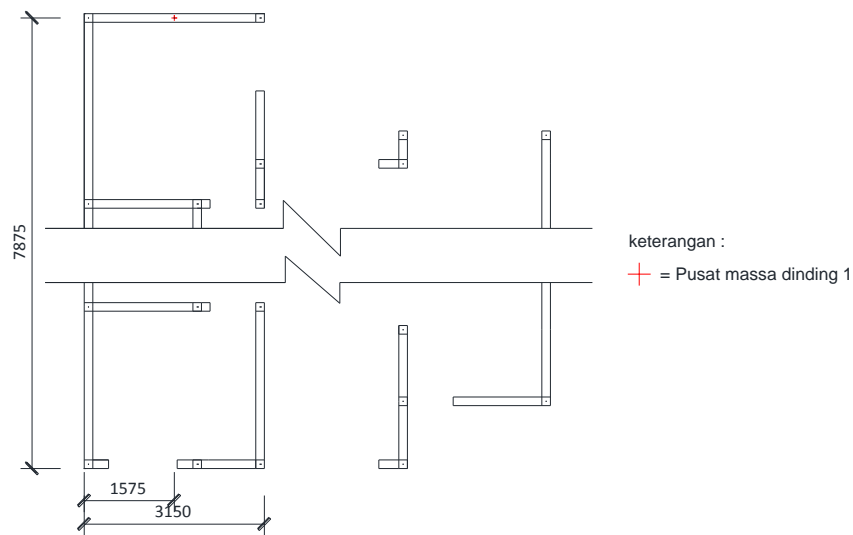
- Momen Inersia terhadap sumbu x

$$I_x = \Sigma A_i(y_i-\bar{y})^2 + \Sigma I_{x_i} = 5,79 + 7,74 = 13,53 \text{ m}^4$$

4.2.3 Mencari titik berat denah A terhadap sumbu y

Gambar 4.7 menunjukkan elemen dinding yang efektif di dalam menahan gaya gempa searah sumbu x.

**Gambar 4.7** Partisi profil denah A terhadap sumbu y



Gambar 4.8 Letak pusat massa dan panjang dinding satu searah sumbu x

Tabel 4.3 Hasil perhitungan statis momen denah A terhadap sumbu y

Partisi Dinding	A_i (m ²)	y_i (m)	x_i (m)	$A_i y_i$ (m ³)	$A_i x_i$ (m ³)
1	0,47	7,88	1,58	3,72	0,74
2	0,33	4,62	1,1	1,53	0,36
3	0,33	2,82	1,1	0,93	0,36
4	0,06	0,08	0,21	0,005	0,01
5	0,23	0,08	2,39	0,017	0,55
6	0,08	5,33	5,4	0,399	0,41
7	0,08	0,08	5,4	0,006	0,41
8	0,26	1,18	7,3	0,299	1,86
Σ	1,83			6,91	4,70

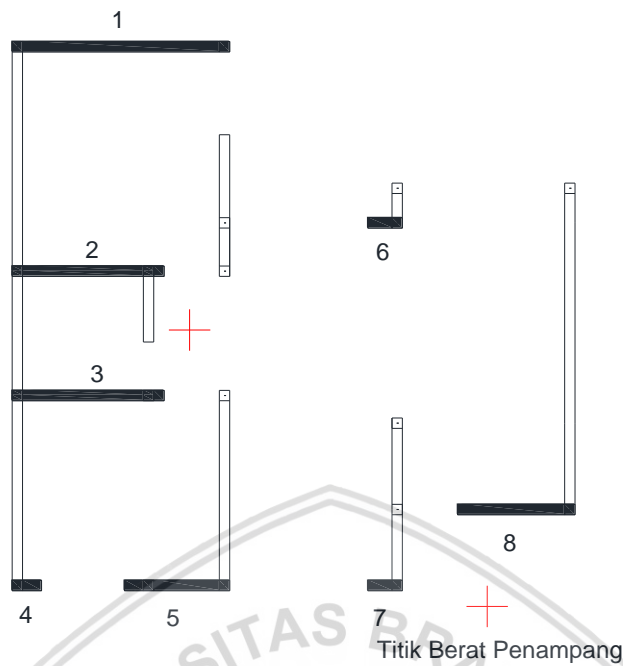
- Titik berat sumbu y

$$\bar{Y}_y = \frac{\Sigma A_i y_i}{\Sigma A_i} = \frac{6,91}{1,83} = 3,77 \text{ m}$$

- Titik berat sumbu x

$$\bar{X}_x = \frac{\Sigma A_i x_i}{\Sigma A_i} = \frac{4,70}{1,83} = 2,57 \text{ m}$$

4.2.4 Mencari momen inersia denah A terhadap sumbu y



Gambar 4.9 Letak titik berat penampang denah A terhadap sumbu y

Tabel 4.4 Hasil perhitungan momen inersia denah A terhadap sumbu y

Partisi Dinding	A_i (m ²)	$A_i(x_i - \bar{x})^2$ (m ⁴)	I_{y_i} (m ⁴)
1	0,47	0,47	0,000844
2	0,33	0,71	0,000619
3	0,33	0,71	0,000619
4	0,06	0,35	0,000098
5	0,23	0,008	0,000408
6	0,08	0,601	0,000141
7	0,08	0,601	0,000141
8	0,26	5,71	0,000478
Σ	1,83	9,16	0,003347

- Momen Inersia terhadap sumbu y

$$I_y = \Sigma A_i(x_i - \bar{x})^2 + \Sigma I_{y_i} = 9,16 + 0,003347 = 9,17 \text{ m}^4$$

4.3 Pembebanan Gempa

4.3.1 Pembebanan gempa denah A

a. Berat Total Bangunan (W_{total})

- Luas Atap : $((2 \cdot \frac{4,4}{\cos 35^\circ}) \cdot 8)$ = 85,94 m²
- Luas langit-langit : (8,8 . 8) = 70,4 m²
- Panjang total balok : 44,65 m
- Panjang total bukaan : (0,6 . 10) + 1,15 + 0,7 + (0,8 . 5) = 11,85 m
- Panjang total tembok : 44,65 - 11,85 - (0,15 . 19) = 30,03 m
- Panjang kuda-kuda 1 : 37,162 m

Beban mati:

- Penutup atap : 50 . 85,94 = 4297 kg
- Kuda-kuda : 0,78 . (37,162 . 16) = 464 kg
- Plafon : 70,4 . 11 = 774 kg
- Balok ring : 2400 . 0,15 . 0,15 . 44,65 = 2411 kg
- Kolom : 19 . 2400 . 4 . 0,15 . 0,15 = 4104 kg
- Tembok : 250 (4 . 30,03 + 2 . 11,85) = 35950 kg +

$$W_1 = 48000 \text{ kg}$$

Beban hidup:

Beban hidup untuk menghitung gaya gempa dapat dikalikan dengan suatu koefisien yang bergantung pada fungsi bangunan (PPURG 1987, Tabel 4). Fungsi bangunan adalah sebagai rumah tinggal sehingga dapat dikalikan dengan koefisien 0,3.

- W_2 : 0,3 . 12 . 85,94 = 309 kg
- W_{total} : $W_1 + W_2 = 48000 + 309 = 48310 \text{ kg}$

b. Faktor Keutamaan Gempa (I_e)

Fungsi bangunan adalah untuk sebagai rumah tinggal, sehingga nilai faktor keutamaan gempa adalah sebesar 1.

c. Koefisien Modifikasi Respons (R)

Bangunan rumah yang dibahas dalam skripsi ini menggunakan sistem dinding penumpu khususnya sistem dinding geser batu bata polos biasa dengan nilai koefisien modifikasi respons sebesar 1,5.

d. Koefisien Respons Seismik (C_s)

- Periode fundamental pendekatan struktur (T_a)

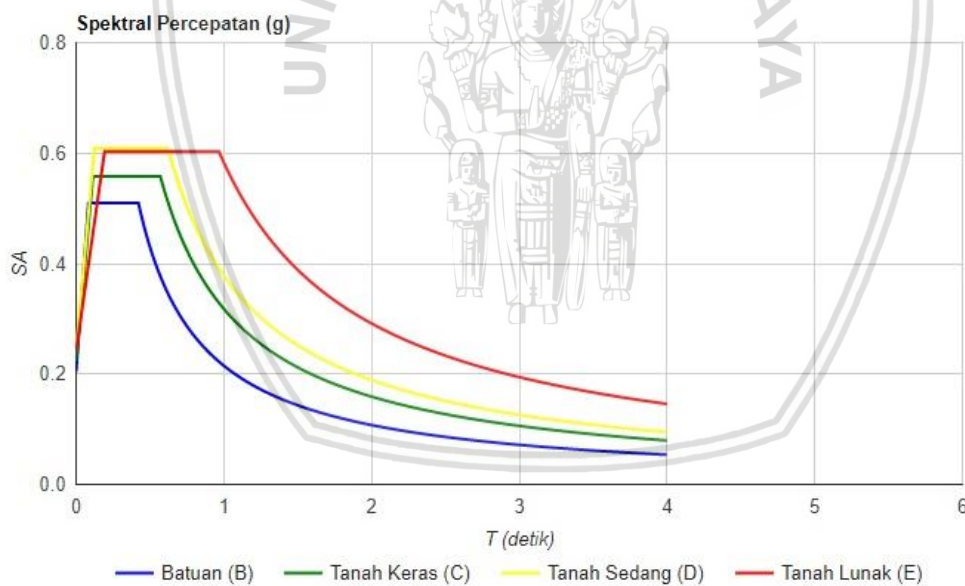
$$T_a = 0,0488 h_n^{0,75} = 0,0488 \cdot 4^{0,75} = 0,138 \text{ detik}$$

Menurut SNI 1726-2012 pasal 7.8.2, sebagai alternatif pada pelaksanaan analisis untuk menentukan perioda fundamental struktur, T , diijinkan secara langsung menggunakan perioda bangunan pendekatan, T_a , sehingga:

$$T_a = T = 0,138 \text{ detik}$$

Dengan menggunakan aplikasi yang telah disediakan oleh Dinas Pekerjaan Umum (PU), didapatkan grafik Respons Spektrum Permukaan rumah tinggal yang terletak pada koordinat $7^\circ 55' 13.31''$ Lintang Selatan, dan $112^\circ 37' 15.1''$ Bujur Timur.

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



Gambar 4.10 Grafik respons spektral percepatan permukaan denah A
Sumber : (puskim.pu.go.id/Aplikasi/desain_spektra_indonesia_2011)

Kondisi tanah di area lokasi rumah tinggal A merupakan tanah sedang. Nilai S_a dapat dicari dengan menggunakan metode interpolasi. Dari grafik gambar 4.10 maka didapatkan:

$$T_{0,124} \leq T \leq T_{0,62} \rightarrow S_a = 0,609$$

$$T = 0,138 \text{ detik} \rightarrow S_a = 0,609$$

$$C_s (\text{hitungan}) = S_a / (R / I_e) = 0,609 / (1,5/1) = 0,42$$

$$C_{s(\min)} = 0,044 \cdot S_{DS} \cdot I_e = 0,044 \cdot 0,609 \cdot 1 = 0,03 \geq 0,01 \text{ (ok)}$$

$$C_{s(\max)} = S_I / (T (R / I_e)) = 0,323 / (0,14 (1,5/1)) = 1,56$$

$$\therefore C_s = 0,42$$

e. Gaya Geser Dasar Seismik (V)

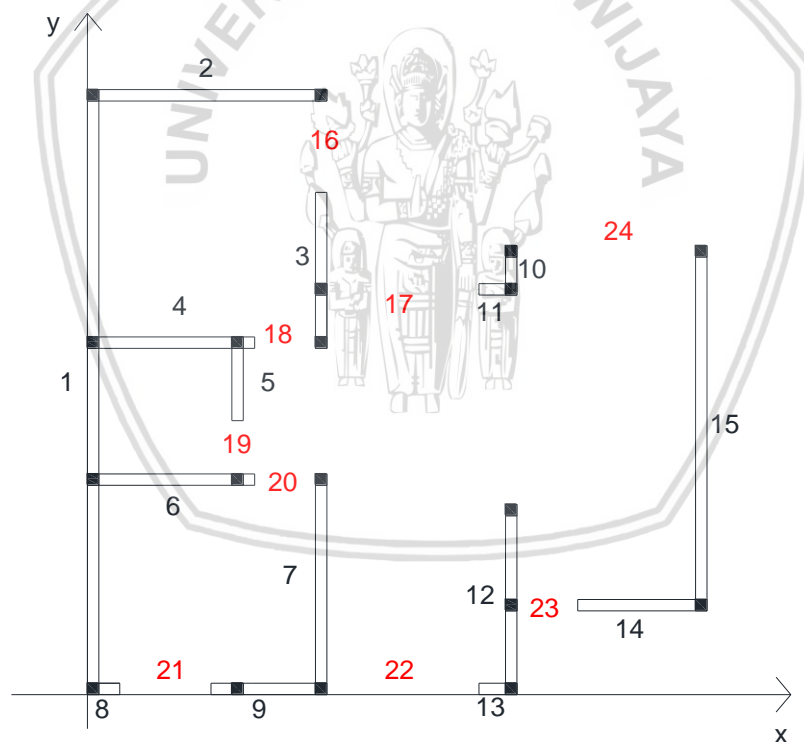
Gaya geser gempa total yang terjadi pada bangunan sesuai dengan ketentuan SNI 1726-2012 adalah sebagai berikut:

$$V = C_s \cdot W_{\text{total}} = 0,42 \cdot 48310 = 20310,49 \text{ kg}$$

4.4 Letak Beban Gempa

4.4.1 Pusat massa beban tembok denah A

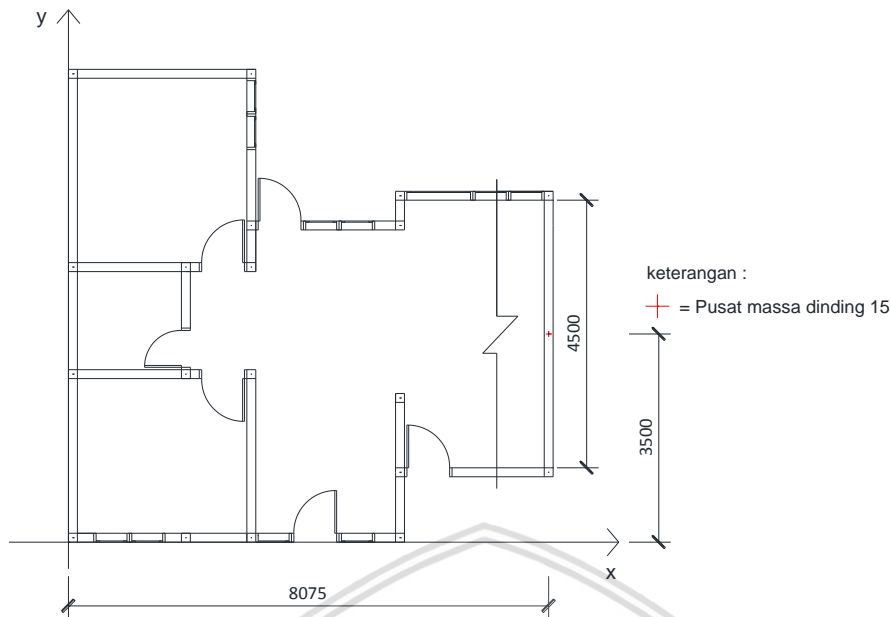
Berikut adalah perhitungan pusat massa beban dari tembok, yang terdiri dari pasangan bata merah dan acian. Gambar 4.11 menunjukkan penamaan untuk masing-masing partisi dinding bata.



Gambar 4.11 Partisi dinding bata denah A

- Perhitungan pusat massa dinding bata lima belas

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



Gambar 4.12 Letak pusat massa dan panjang dinding lima belas

Dari gambar 4.12 didapatkan nilai pusat massa (x_{15} dan y_{15}) serta panjang dinding (L_{15})

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

Tinggi dinding bata = Tinggi rumah = 4 m

$L_{15} = 4500 \text{ mm} = 4,5 \text{ m}$

$y_{15} = 3500 \text{ mm} = 3,5 \text{ m}$

$x_{15} = 8075 \text{ mm} = 8,075 \text{ m}$

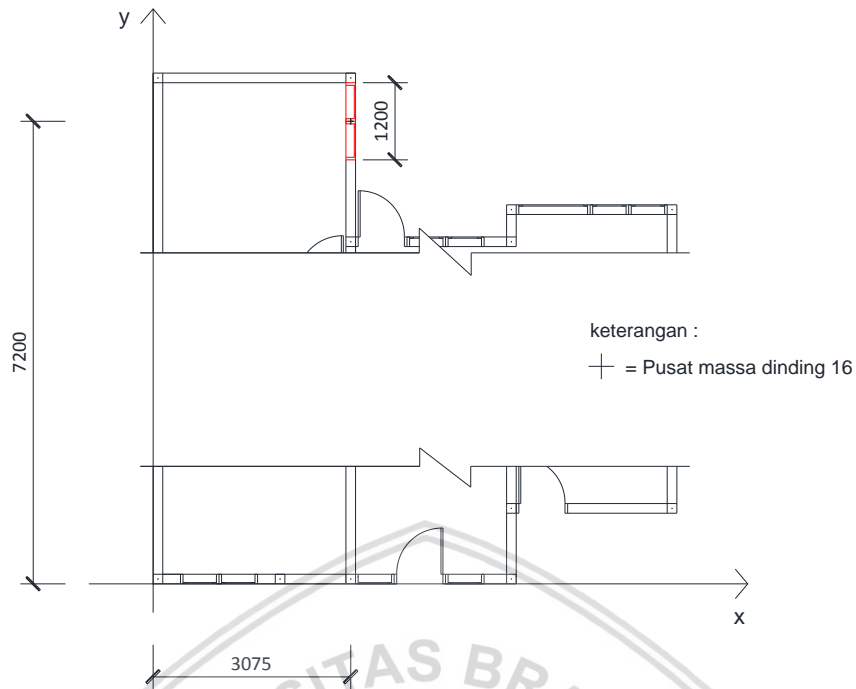
$W_{15} = 250 \text{ kg/m}^2 \cdot 4 \text{ m} \cdot 4,5 \text{ m} = 4500 \text{ kg}$

$W_{15}y_{15} = 4500 \text{ kg} \cdot 3,5 \text{ m} = 15750 \text{ kgm}$

$W_{15}x_{15} = 4500 \text{ kg} \cdot 8,075 \text{ m} = 36337,5 \text{ kgm}$

- Perhitungan pusat massa dinding bata enam belas

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



Gambar 4.13 Letak pusat massa dan panjang dinding enam belas belas

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

Tinggi dinding bata = $\frac{4}{2} = 2 \text{ m}$

$L_{16} = 1200 \text{ mm} = 1,2 \text{ m}$

$y_{16} = 7200 \text{ mm} = 7,2 \text{ m}$

$x_{16} = 3075 \text{ mm} = 3,08 \text{ m}$

$W_{16} = 250 \text{ kg/m}^2 \cdot 2 \text{ m} \cdot 1,2 \text{ m} = 600 \text{ kg}$

$W_{16}y_{16} = 600 \text{ kg} \cdot 7,2 \text{ m} = 4320 \text{ kgm}$

$W_{16}x_{16} = 600 \text{ kg} \cdot 3,08 \text{ m} = 1845 \text{ kgm}$

Perhitungan selengkapnya untuk menghitung pusat massa dinding bata terdapat pada tabel

4.5

Tabel 4.5 Hasil perhitungan pusat massa dinding bata denah A

Dinding Bata Merah					
No	W _i (kg)	y _i (m)	x _i (m)	W _i y _i (kgm)	W _i x _i (kgm)
1	7350	3,98	0,08	29216,25	551,25
2	2850	7,88	1,58	22443,75	4488,75
3	1750	5,58	3,08	9756,25	5381,25
4	1900	4,63	1,1	8787,5	2090
5	950	4,15	1,98	3942,5	1876,25
6	1900	2,83	1,1	5367,5	2090
7	2600	1,45	3,08	3770	7995
8	275	0,08	0,21	20,625	58,4375
9	1225	0,08	2,39	91,875	2924,688
10	350	5,58	5,58	1951,25	1951,25
11	425	5,33	5,4	2263,125	2295
12	2050	1,25	5,58	2562,5	11428,75
13	350	0,08	5,35	26,25	1872,5
14	1550	1,18	7,3	1821,25	11315
15	4500	3,5	8,08	15750	36337,5
16	600	7,2	3,08	4320	1845
17	1000	5,33	4,15	5325	4150
18	400	4,63	2,6	1850	1040
19	350	3,25	1,98	1137,5	691,25
20	400	2,83	2,68	1130	1070
21	600	0,08	1,03	45	615
22	1000	0,08	4,1	75	4100
23	400	1,18	6,05	470	2420
24	1175	5,83	6,83	6844,375	8019,375
Σ	35950			128967,5	116606,3

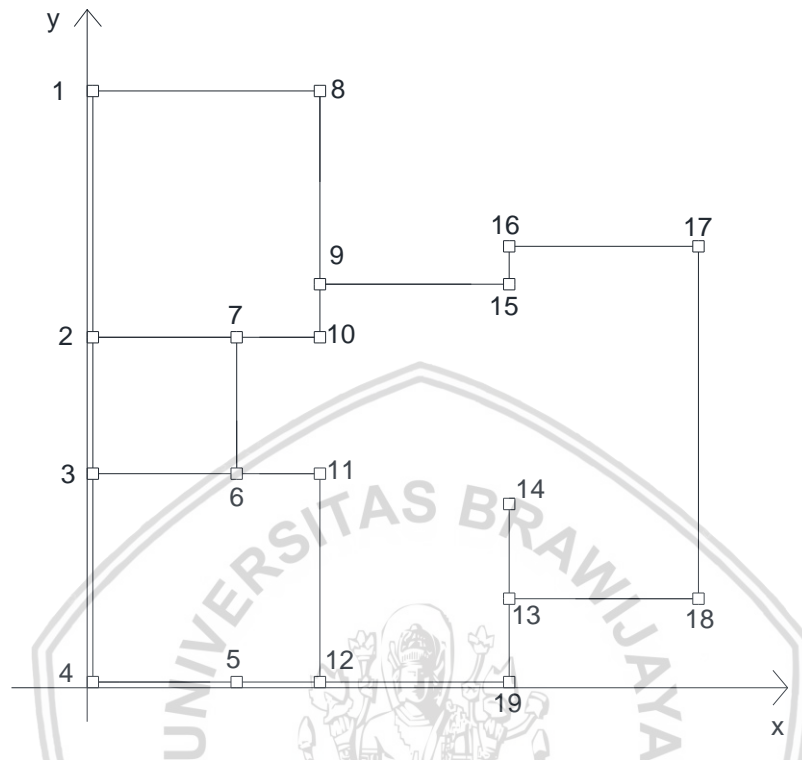
$$\bar{Y} = \frac{\sum W_i y_i}{\sum W_i} = \frac{128967,5}{35950} = 3,59 \text{ m}$$

$$\bar{X} = \frac{\sum W_i x_i}{\sum W_i} = \frac{116606,3}{35950} = 3,24 \text{ m}$$

$$\sum_{i=1}^{24} W_i = 35950 \text{ kg}$$

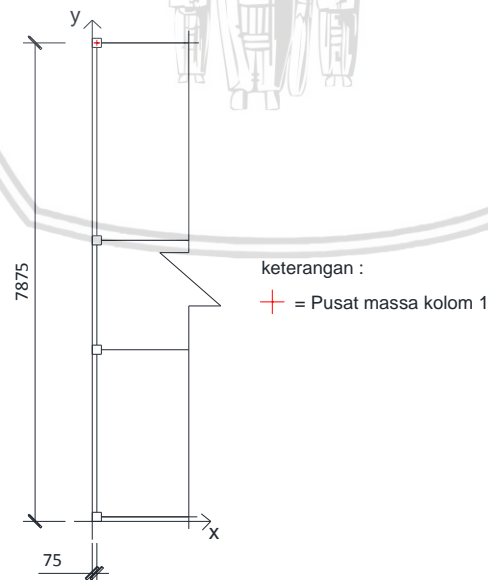
4.4.2 Pusat massa beban kolom denah A

Berikut adalah perhitungan pusat massa beban dari kolom beton bertulang dengan ukuran 15 cm x 15 cm. Gambar 4.14 menunjukkan penamaan masing-masing kolom.



Gambar 4.14 Penamaan kolom beton denah A

- Perhitungan pusat massa kolom satu



Gambar 4.15 Letak pusat massa kolom satu

Dari gambar 4.15 didapatkan letak pusat massa kolom satu (x_1 dan y_1)

$$\text{Tinggi kolom} = 4 \text{ m}$$

$$A_1 = 15 \text{ cm} \cdot 15 \text{ cm} = 225 \text{ cm}^2 = 0,23 \text{ m}^2$$

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

$$y_1 = 7875 \text{ mm} = 7,79 \text{ m}$$

$$x_1 = 75 \text{ mm} = 0,08 \text{ m}$$

$$W_1 = A_1 \cdot \text{tinggi kolom} \cdot \gamma_{\text{beton}} = 2400 \cdot 0,23 \cdot 4 = 216 \text{ kg}$$

$$W_1 y_1 = 216 \cdot 7,79 = 1701 \text{ kgm}$$

$$W_1 x_1 = 216 \cdot 0,08 = 16,2 \text{ kgm}$$

Perhitungan selengkapnya untuk menghitung pusat massa kolom terdapat pada tabel 4.6

Tabel 4.6 Hasil perhitungan pusat massa kolom beton denah A

Kolom					
No	W_i (kg)	y_i (m)	x_i (m)	$W_i y_i$ (kgm)	$W_i x_i$ (kgm)
1	216	7,88	0,08	1701	16,2
2	216	4,63	0,08	999	16,2
3	216	2,83	0,08	610,2	16,2
4	216	0,08	0,08	16,2	16,2
5	216	0,08	1,98	16,2	426,6
6	216	2,83	1,98	610,2	426,6
7	216	4,63	1,98	999	426,6
8	216	7,88	3,08	1701	664,2
9	216	5,33	3,08	1150,2	664,2
10	216	4,63	3,08	999	664,2
11	216	2,83	3,08	610,2	664,2
12	216	0,08	3,08	16,2	664,2
13	216	1,18	5,58	253,8	1204,2
14	216	2,43	5,58	523,8	1204,2
15	216	5,33	5,58	1150,2	1204,2
16	216	5,83	5,58	1258,2	1204,2
17	216	5,83	8,08	1258,2	1744,2
18	216	1,18	8,08	253,8	1744,2
19	216	0,08	5,58	16,2	1204,2
Σ	4104			14142,6	14175

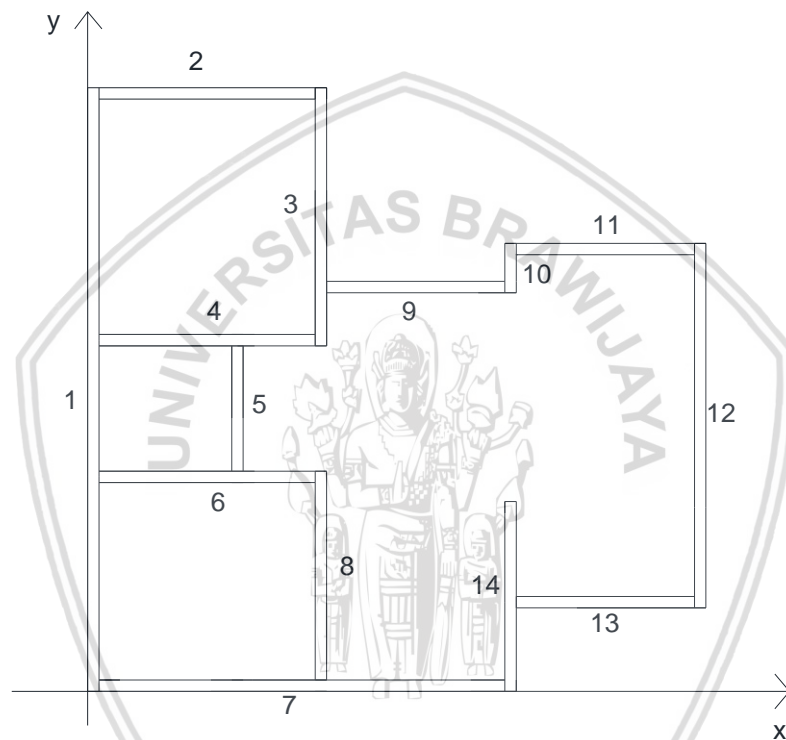
$$\bar{Y} = \frac{\Sigma W_i y_i}{\Sigma W_i} = \frac{14142,6}{4104} = 3,45 \text{ m}$$

$$\bar{X} = \frac{\sum W_i x_i}{\sum W_i} = \frac{14175}{4104} = 3,45 \text{ m}$$

$$\sum_{i=1}^{19} W_i = 4104 \text{ kg}$$

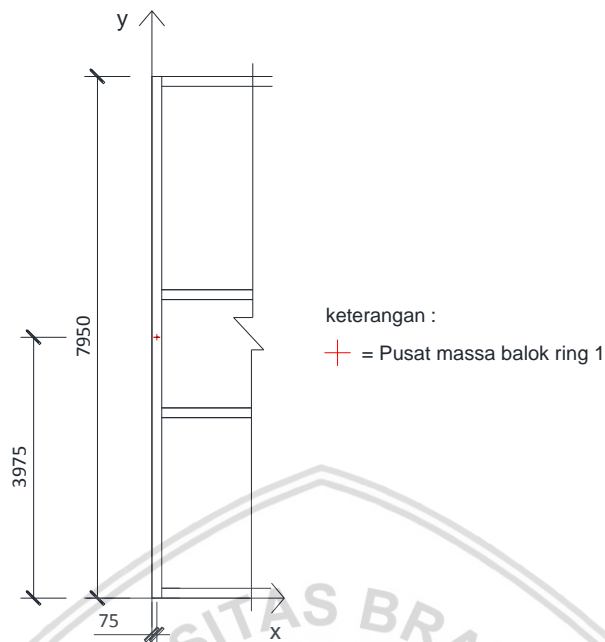
4.4.3 Pusat massa beban balok ring denah A

Berikut merupakan perhitungan pusat massa dari balok ring yang terbuat dari beton bertulang dengan ukuran 15 cm x 15 cm. Gambar 4.16 menunjukkan penamaan masing-masing balok ring.



Gambar 4.16 Partisi balok ring denah A

- Perhitungan pusat massa balok ring satu



Gambar 4.17 Letak pusat massa balok ring satu

Dari gambar 4.17 didapatkan letak pusat (x_1 dan y_1) serta panjang massa balok ring satu (L_1)

$$L_1 = 7950 \text{ mm} = 7,95 \text{ m}$$

$$A_1 = 15 \text{ cm} \cdot 15 \text{ cm} = 225 \text{ cm}^2 = 0,023 \text{ m}^2$$

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

$$y_1 = 3975 \text{ mm} = 3,98 \text{ m}$$

$$x_1 = 75 \text{ mm} = 0,08 \text{ m}$$

$$W_1 = L_1 \cdot A_1 \cdot \gamma_{\text{beton}} = 7,95 \cdot 0,023 \cdot 2400 = 429,3 \text{ kg}$$

$$W_1 y_1 = 429,3 \cdot 3,98 = 1706 \text{ kgm}$$

$$W_1 x_1 = 429,3 \cdot 0,08 = 32 \text{ kgm}$$

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

Tabel 4.7 Hasil perhitungan pusat massa beban balok ring denah A

Balok Ring					
No	W _i (kg)	y _i (m)	x _i (m)	W _i y _i (kgm)	W _i x _i (kgm)
1	429,3	3,98	0,08	1706	32
2	153,9	7,88	1,58	1212	242
3	183,6	6,25	3,08	1148	565
4	153,9	4,63	1,58	712	242
5	89,1	3,73	1,98	332	176
6	153,9	2,83	1,58	435	242
7	288,9	0,08	2,83	22	816
8	148,5	1,53	3,08	226	457
9	126,9	5,33	4,33	676	549
10	35,1	5,58	5,58	196	196
11	126,9	5,83	6,83	739	866
12	259,2	3,5	8,08	907	2093
13	126,9	1,18	6,83	149	866
14	135	1,25	5,58	169	753
Σ	2411,1			8628	8095

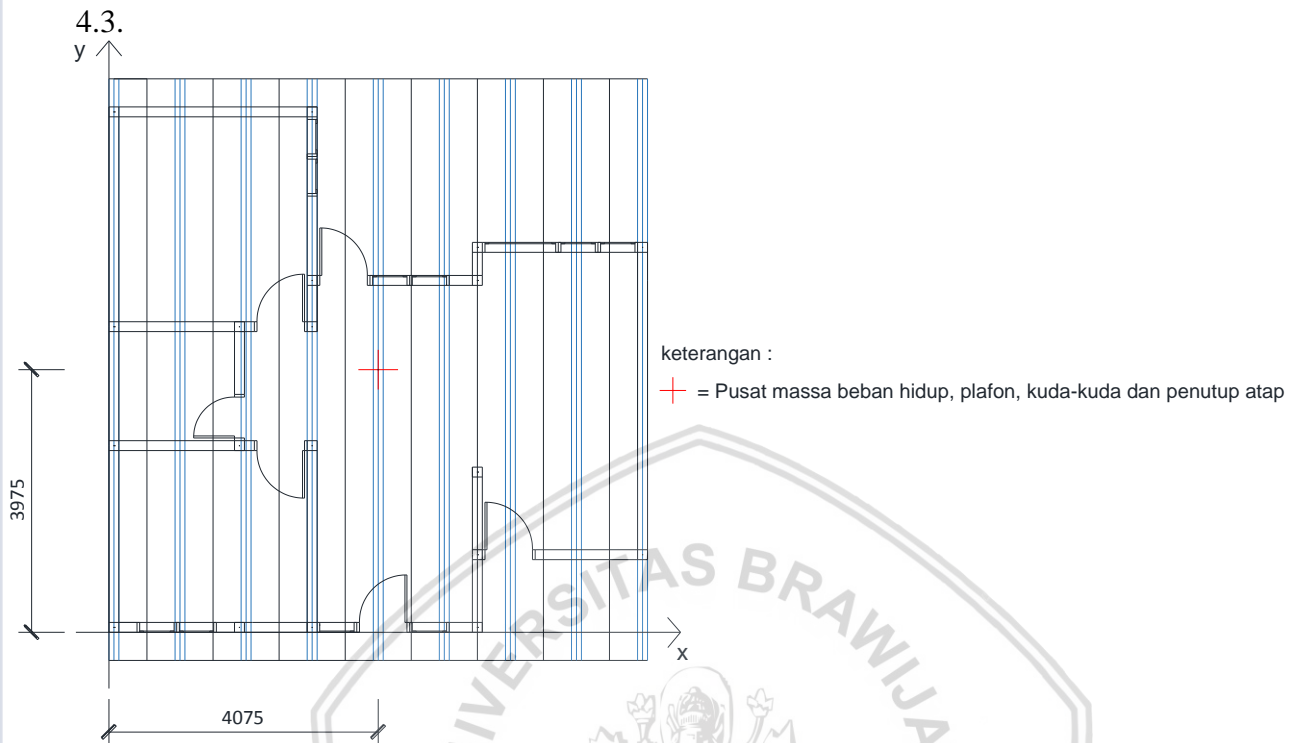
$$\bar{Y} = \frac{\sum W_i y_i}{\sum W_i} = \frac{8628}{2411,1} = 3,58 \text{ m}$$

$$\bar{X} = \frac{\sum W_i x_i}{\sum W_i} = \frac{8095}{2411,1} = 3,36 \text{ m}$$

$$\sum_{i=1}^{14} W_i = 2411,1 \text{ kg}$$

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

Besar beban hidup, penutup atap, kuda-kuda dan plafon telah dihitung pada subbab



Gambar 4.18 Letak pusat massa beban hidup, penutup atap, kuda-kuda, plafon denah A

Dari gambar 4.18 didapatkan pusat massa beban hidup, penutup atap, kuda-kuda dan plafon.

$$\bar{Y} = 3,975 \text{ m}$$

$$\bar{X} = 4,075 \text{ m}$$

$$\begin{aligned} \Sigma W_i &= \text{Beban Hidup} + \text{Beban Penutup Atap} + \text{Beban Kuda-kuda} + \text{Beban Plafon.} \\ &= 309 + 4297,13 + 463,78 + 774,4 \\ &= 5844,31 \text{ kg} \end{aligned}$$

4.4.5 Pusat massa akibat seluruh beban denah A

Letak beban gempa didapatkan dari resultan dari pusat massa masing-masing beban yang telah dihitung di subbab 4.4.1 sampai dengan subbab 4.4.4. Perhitungan pusat massa beban dapat dilihat pada tabel 4.8

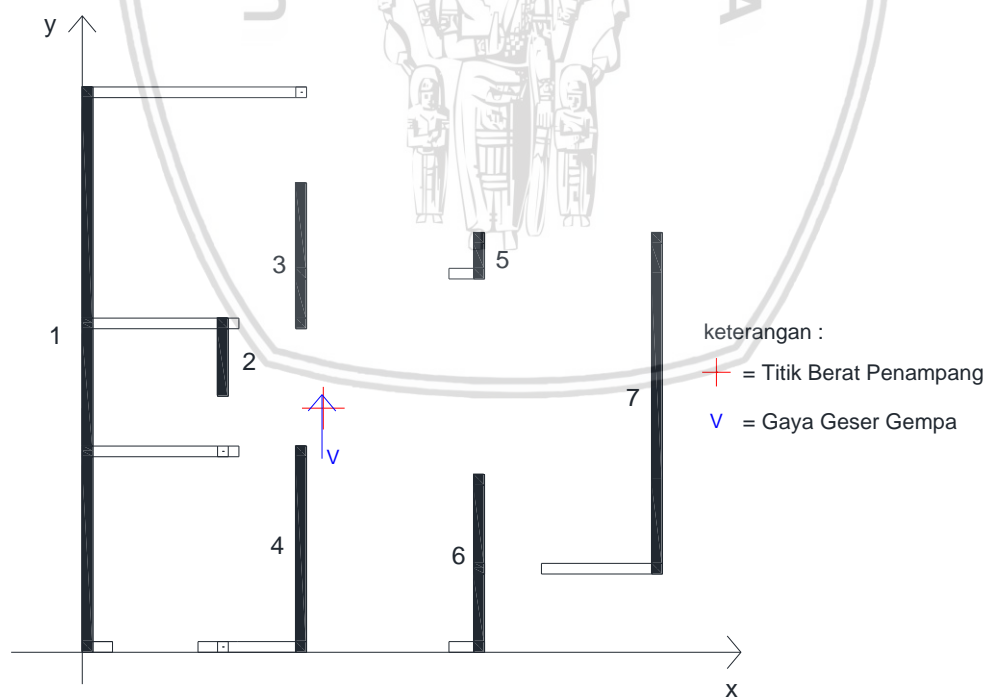
Tabel 4.8 Hasil perhitungan pusat massa semua beban denah A

Pusat Massa Semua Beban					
Beban	W_i (kg)	y_i (m)	x_i (m)	$W_i y_i$ (kgm)	$W_i x_i$ (kgm)
Bata	35950	3,59	3,24	128967,5	116606,3
Kolom	4104	3,45	3,45	14142,6	14175
Beban Hidup, Penutup Atap, Plafon dan Kuda-kuda	5844,7	3,98	4,08	23232,7	23817,2
Balok Ring	2411,1	3,58	3,38	8628,2	8095,1
Σ	48310			174971	162693,5

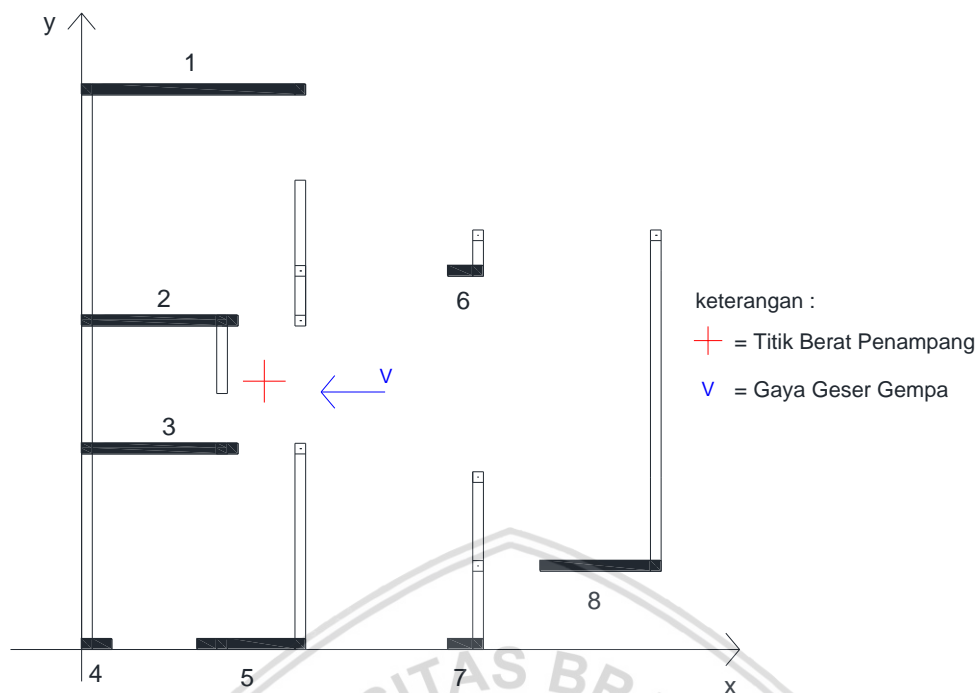
$$\bar{Y}_V = \frac{\Sigma W_i y_i}{\Sigma W_i} = \frac{174971}{48310} = 3,62 \text{ m}$$

$$\bar{X}_V = \frac{\Sigma W_i x_i}{\Sigma W_i} = \frac{162693,5}{48310} = 3,37 \text{ m}$$

$$\Sigma W_i = 48310 \text{ kg}$$



Gambar 4.19 Letak beban gempa dan pusat massa penampang elemen dinding denah A searah sumbu y



Gambar 4.20 Letak beban gempa dan pusat massa penampang elemen dinding denah A searah sumbu x

4.5 Perhitungan Tegangan Geser Dinding Bata

4.5.1 Tegangan geser akibat torsi denah A

Gaya geser gempa (V) sebesar 20310,49 kg bekerja pada koordinat (3,62, 3,37).

- Torsi pada penampang elemen dinding searah sumbu y
 - Mencari momen torsi M_x

Pusat massa penampang pada elemen dinding searah sumbu y didapat dari subbab 4.2.1

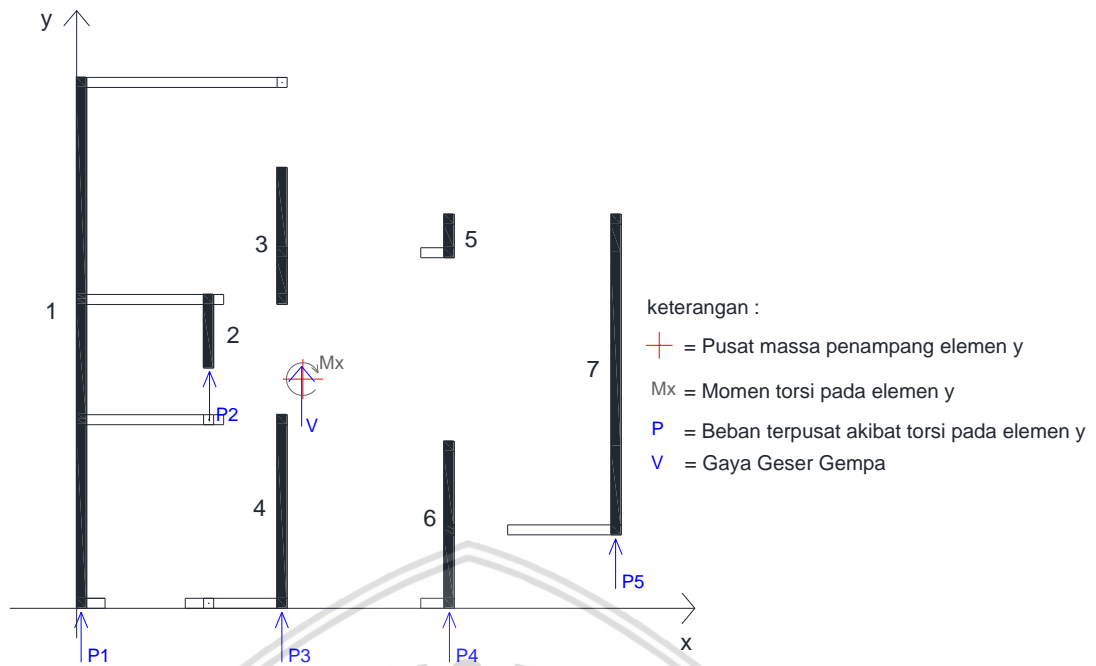
$$\bar{X}_x = 3,39 \text{ m}$$

Momen torsi pada penampang elemen dinding searah sumbu y (M_x)

$$M_x = V \cdot (\bar{X}_x - \bar{X}_V) = 20310,49 \cdot (3,39 - 3,37) = 360,85 \text{ kgm (searah jarum jam)}$$

Momen torsi M_x bekerja pada pusat massa penampang elemen dinding searah sumbu y.

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



Gambar 4.21 Gaya geser pada masing-masing dinding denah A akibat torsi M_x

Perhitungan beban geser P_1 akibat momen torsi M_x

Dari tabel 4.1 didapat nilai x_1

$$x_1 = 0,08 \text{ m}$$

$$x_1 = \bar{X}_x - x_1 = 3,39 - 0,08 = 3,31 \text{ m}$$

$$x_1^2 = (\bar{X}_x - x_1)^2 = 3,31^2 = 10,96 \text{ m}^2$$

$$P_1 = \frac{M_x x_i}{\sum x_i^2} = \frac{360,85 - 3,31}{39,83} = 29,99 \text{ kg}$$

Perhitungan selengkapnya dapat dilihat pada tabel 4.9

Tabel 4.9 Hasil perhitungan gaya geser pada elemen dinding denah A searah sumbu y

	x_i (m)	x_i^2 (m ²)	P_i (kg)
1	3,31	10,96	29,99
2	1,41	1,99	12,78
3	0,31	0,1	2,81
4	-2,19	4,79	-19,84
5	-4,69	21,99	-42,49
Σ		39,83	

- Torsi pada penampang elemen dinding searah sumbu x

Pusat massa penampang pada elemen dinding searah sumbu x yang didapat dari subbab 4.2.3

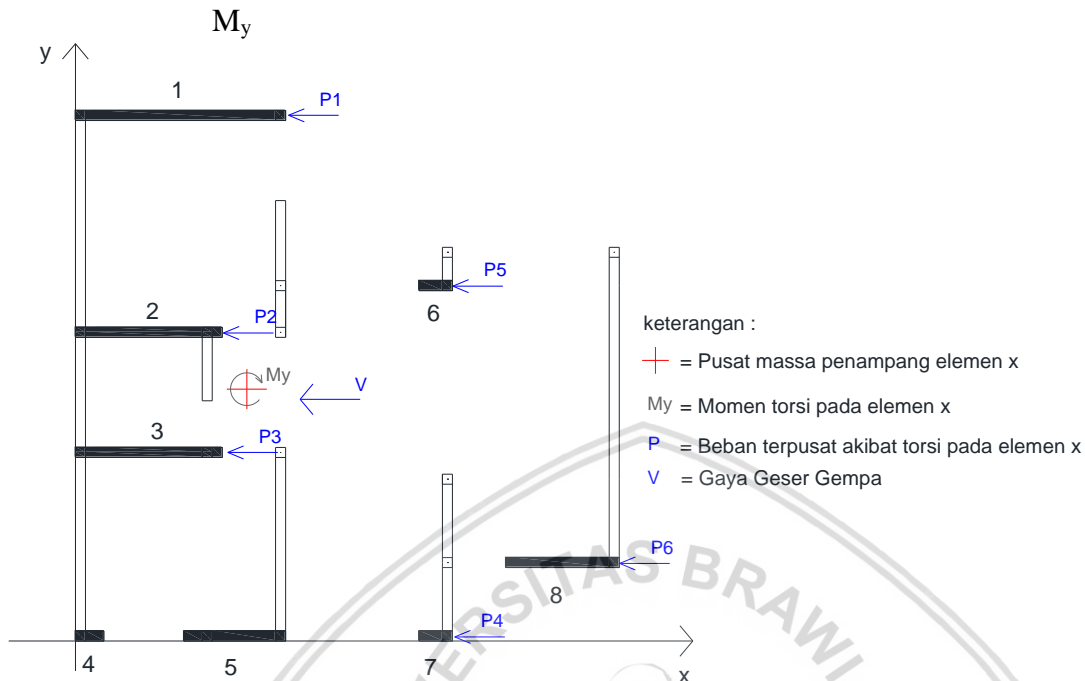
$$\bar{Y}_y = 3,77 \text{ m}$$

Momen torsi pada penampang elemen dinding searah sumbu x (M_y)

$$M_y = V \cdot (\bar{Y}_y - \bar{Y}_V) = 20310,49 \cdot (3,77 - 3,62) = 3085,53 \text{ kgm (searah jarum jam)}$$

Momen torsi M_y bekerja pada pusat massa penampang elemen dinding searah sumbu x

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



Gambar 4.22 Gaya geser pada masing-masing dinding denah A akibat torsi M_y

Perhitungan beban geser P_1 akibat momen torsi M_y

Dari tabel 4.3 didapat nilai y_1

$$y_1 = 7,88 \text{ m}$$

$$y_1 = \bar{Y}_y - y_1 = 3,77 - 7,88 = -4,1 \text{ m}$$

$$y_1^2 = (\bar{Y}_y - y_1)^2 = -4,1^2 = 16,82 \text{ m}^2$$

$$P_1 = \frac{M_y y_i}{\sum y_i^2} = \frac{3085,53 \cdot -4,1}{41,29} = -306,51 \text{ kg}$$

Perhitungan selengkapnya dapat dilihat pada tabel 4.10

Tabel 4.10 Hasil perhitungan gaya geser pada elemen dinding denah A searah sumbu x

	y_i (m)	y_i^2 (m ²)	P_i (kg)
1	-4,1	16,82	-306,51
2	-0,85	0,73	-63,62
3	0,95	0,9	70,91
4	3,7	13,68	276,43
5	-1,55	2,41	-115,93
6	2,6	6,75	194,22
Σ		41,29	

4.5.2 Tegangan geser akibat gaya geser gempa denah A

Karena mutu bahan dan inersia untuk masing-masing dinding sama, maka kekakuan (EI) sama sehingga gaya geser gempa bisa langsung dibagi dengan jumlah dinding (n).

- Tegangan geser akibat gaya geser gempa searah sumbu y

Gaya geser gempa (V) terdistribusi secara merata terhadap dinding sejumlah (n), sehingga:

Jumlah total gaya yang bekerja untuk elemen dinding searah sumbu y

$$n = 5$$

$$\frac{V}{n} = \frac{20310,49 \text{ kg}}{5} = 4062,1 \text{ kg}$$

- Tegangan geser akibat gaya geser gempa searah sumbu x

Jumlah total gaya yang bekerja untuk elemen dinding searah sumbu x

$$n = 6$$

$$\frac{V}{n} = \frac{20310,49 \text{ kg}}{6} = 3385,1 \text{ kg}$$

4.5.3 Tegangan geser total denah A

- Tegangan geser total akibat beban searah sumbu y

Gaya geser akibat beban gempa dan torsi

$$P_1 = \frac{V}{n} \pm \frac{M_y y_1}{\Sigma y_1^2} = \frac{20310,49 \text{ kg}}{5} \pm \frac{3085,53 \cdot -4,1}{41,29} = 4092,09 \text{ kg}$$

Tegangan geser akibat beban gempa dan torsi untuk elemen dinding searah sumbu y

Dari tabel 4.1 didapatkan untuk nilai A_i

$$A_1 = 1,19 \text{ m}^2$$

$$dx_1 = \frac{P_1}{A_1} = \frac{4092,09}{1,1925} = 3431,52 \text{ m}^2 = 0,343152 \text{ cm}^2$$

Tabel 4.11 Hasil perhitungan gaya geser total elemen dinding denah A searah sumbu y

	P_i (kg)	dx (kg/cm ²)
1	4092,09	0,34
2	4074,88	2,5
3	4064,91	0,47
4	4042,26	0,86
5	4019,61	0,56

- Tegangan geser total akibat beban searah sumbu x

Tabel 4.12 Hasil perhitungan gaya geser total elemen dinding denah A searah sumbu x

	P_i (kg)	d_y (kg/cm²)
1	3078,57	0,65
2	3321,47	1,01
3	3455,99	1,05
4	3661,51	0,7
5	3269,15	4,36
6	3579,30	1,4



4.6 Pembebanan Denah B

Untuk cara perhitungan pembebanan, statis momen, momen inersia, pembebanan gempa, letak beban gempa, dan tegangan dibawah dilakukan dengan cara yang sama dengan cara perhitungan untuk denah A.

4.6.1 Beban mati denah B

Sesuai dengan pedoman perencanaan pembebanan pada Beton Bertulang Indonesia untuk Rumah dan Gedung Tahun 1987 (PPURG 1987), beban mati telah diatur sebagai berikut:

- Berat isi beton (γ_{beton}) = 2400 kg/m³
- Berat pasangan bata merah ½ batu 15 cm = 250 kg/m²
- Berat langit-langit = 11 kg/m²
- Berat penutup atap genteng = 50 kg/m²

Beban mati akibat kuda-kuda dengan rangka galvalum diambil dari hasil pencarian di internet. Untuk rangka galvalume dengan jenis ukuran 0,6 memiliki berat 4,7 kg/6m sehingga:

- Berat kuda-kuda galvalume = $\frac{4,7}{6} = 0,78$ kg/m

4.6.2 Beban hidup denah B

Sesuai dengan pedoman perencanaan pembebanan pada Beton Bertulang Indonesia untuk Rumah dan Gedung Tahun 1987 (PPURG 1987) pasal 2.1.2.2, beban hidup pada atap gedung diatur sebagai berikut:

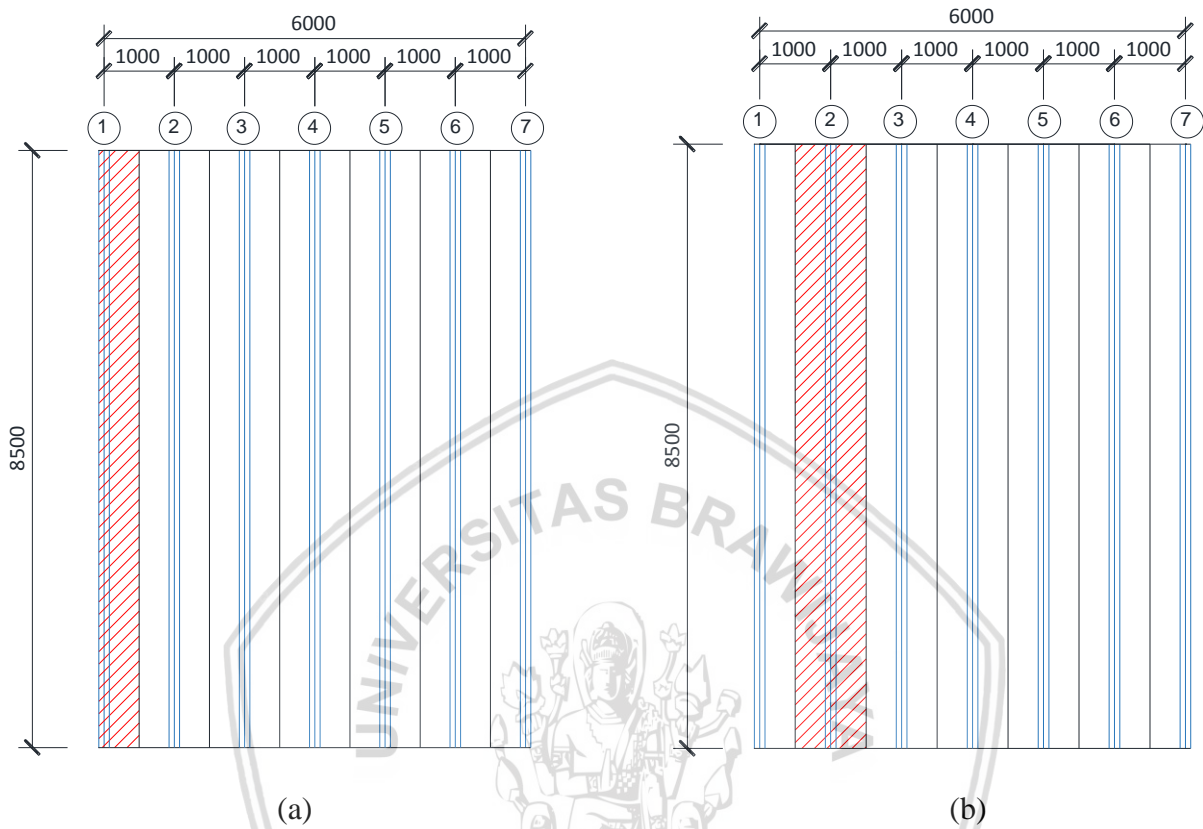
- Beban terbagi rata per m² bidang datar berasal dari beban air hujan sebesar (40 - 0,8 α) kg/m² di mana α adalah sudut kemiringan atap dalam derajat, dengan ketentuan bahwa beban tersebut tidak perlu diambil lebih besar dari 20 kg/m² dan tidak perlu ditinjau bila kemiringan atapnya adalah lebih besar dari 50°
 - Beban Hujan = (40 - 0,8 . 35) = 12 kg/m²
- Beban terpusat berasal dari seorang pekerja atau seorang pemadam kebakaran dengan peralatannya sebesar minimum 100 kg.

4.6.3 Beban atap denah B

Sebagian dinding bata menahan beban yang diakibatkan oleh beban hidup atap, kuda-kuda, gording, dan plafon. Penutup atap denah B terbuat dari rangka galvalume

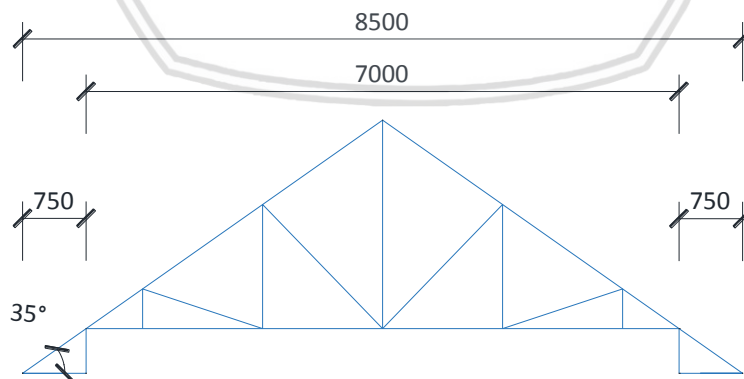
sehingga perhitungan gording tidak dimasukkan. Berikut merupakan perhitungan beban yang ditahan masing-masing kuda-kuda.

- **Pembebanan atap denah B**



Gambar 4.23 (a) area pembebanan kuda-kuda 1 dan 7, (b) area pembebanan kuda-kuda 2 sampai 6

a. Beban yang ditahan kuda-kuda 1 dan 7



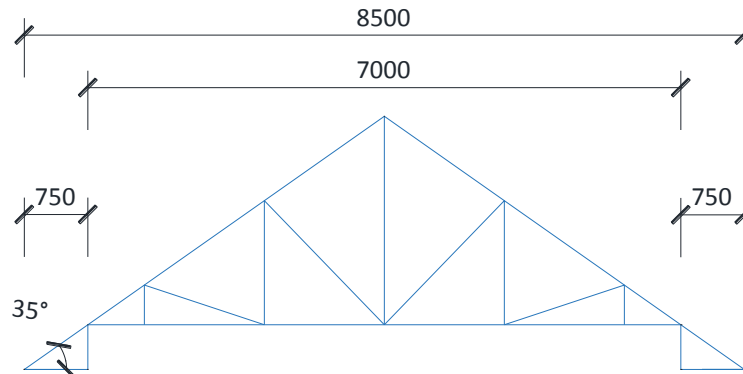
Gambar 4.24 Pembebanan kuda-kuda 1 dan 7 denah B

$$W_1 = W_7 = 0,5 \left(50 \cdot 2 \cdot \frac{4,25}{\cos 35^\circ} + 8,5 \cdot 11 + 12 \cdot 2 \cdot \frac{4,25}{\cos 35^\circ} \right) + 0,78 \cdot 37,627$$

$$W_1 = W_7 = 368,42 + 29,35$$

$$W_1 = W_7 = 397,77 \text{ kg}$$

b. Beban yang ditahan kuda-kuda 2 sampai 6



Gambar 4.25 Pembebanan kuda-kuda 2 sampai 6

$$W_2 = W_{3-6} = 1 \left(50 \cdot 2 \cdot \frac{4,25}{\cos 35^\circ} + 8,5 \cdot 11 + 12 \cdot 2 \cdot \frac{4,25}{\cos 35^\circ} \right) + 0,78 \cdot 37,627$$

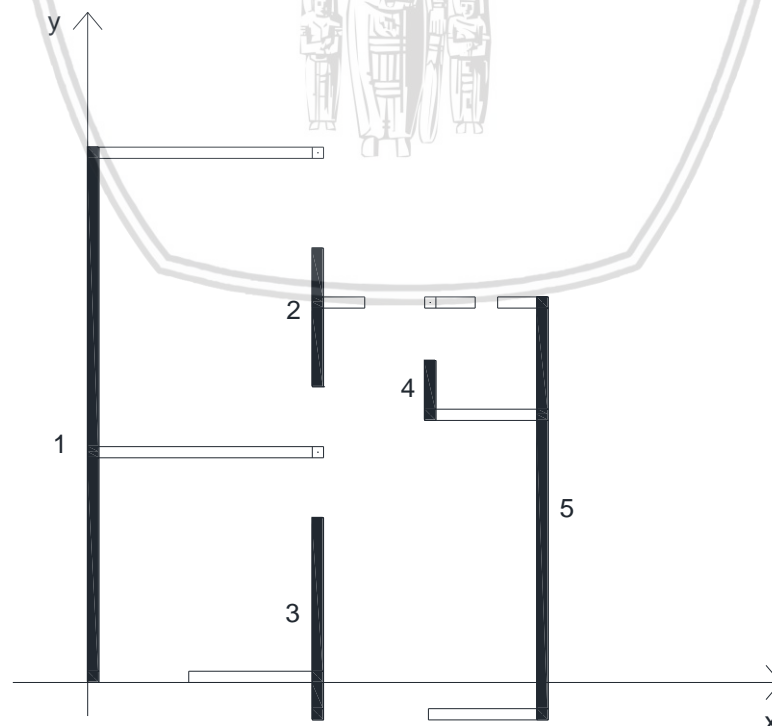
$$W_2 = W_{3-6} = 736,85 + 29,35$$

$$W_2 = W_{3-6} = 766,2 \text{ kg}$$

4.7 Perhitungan Momen Inersia

4.7.1 Mencari titik berat denah B terhadap sumbu x

Sama seperti pada perhitungan momen inersia untuk denah A, tidak semua elemen dinding efektif dalam menahan gaya gempa searah sumbu y. Elemen dinding-dinding yang efektif dalam menahan gaya gempa searah sumbu y ditunjukkan pada gambar 4.26



Gambar 4.26 Partisi profil denah B terhadap sumbu x

Tabel 4.13 Hasil perhitungan statis momen denah B terhadap sumbu x

Partisi Dinding	A_i (m ²)	y_i (m)	x_i (m)	$A_i y_i$ (m ³)	$A_i x_i$ (m ³)
1	1,07	3,58	0,08	3,83	0,08
2	0,28	4,88	3,08	1,35	0,85
3	0,41	0,85	3,08	0,34	1,25
4	0,12	4,4	4,58	0,53	0,55
5	0,85	2,33	6,08	1,97	5,15
Σ	2,72			8,03	7,88

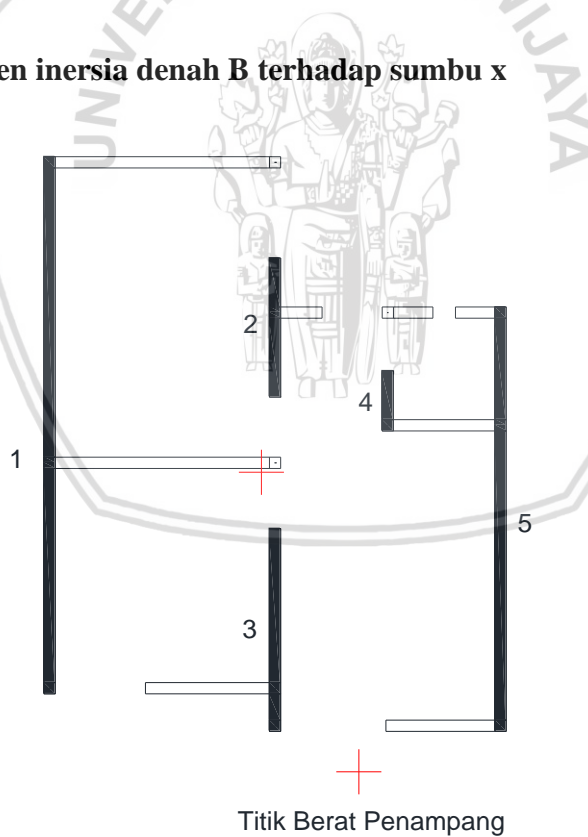
- Titik berat sumbu y

$$\bar{Y}_x = \frac{\Sigma A_i y_i}{\Sigma A_i} = \frac{8,03}{2,72} = 2,95 \text{ m}$$

- Titik berat sumbu x

$$\bar{X}_x = \frac{\Sigma A_i x_i}{\Sigma A_i} = \frac{7,88}{2,72} = 2,89 \text{ m}$$

4.7.2 Mencari momen inersia denah B terhadap sumbu x

**Gambar 4.27** Titik berat penampang denah B terhadap sumbu x

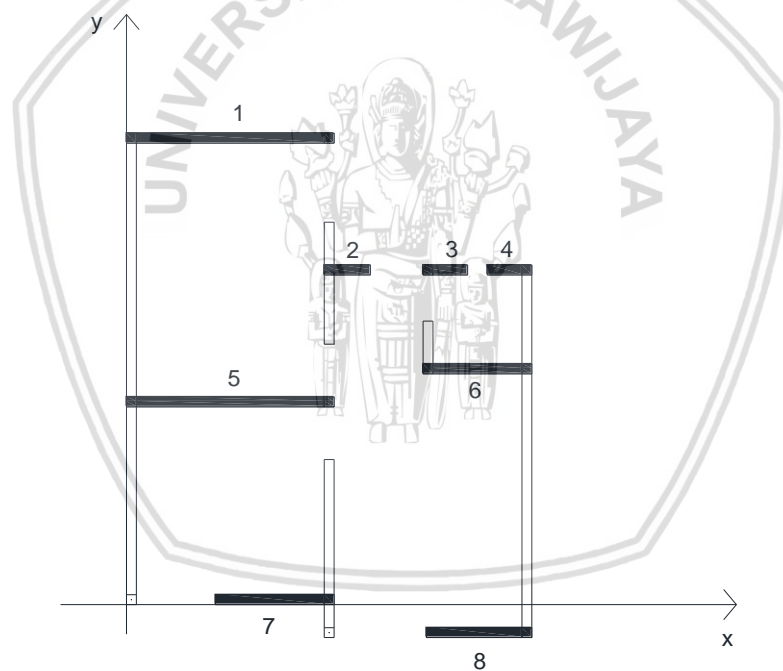
Tabel 4.14 Hasil perhitungan momen inersia denah B terhadap sumbu x

Partisi Dinding	A_i (m ²)	$A_i(y_i - \bar{y})^2$ (m ⁴)	I_{x_i} (m ⁴)
1	1,07	0,42	4,29
2	0,28	1,03	0,1
3	0,41	1,79	0,25
4	0,12	0,25	0,006
5	0,85	0,33	2,08
Σ	2,72	3,82	6,72

- Momen Inersia terhadap sumbu x

$$I_x = \Sigma A_i(y_i - \bar{y})^2 + \Sigma I_{x_i} = 3,82 + 6,72 = 10,54 \text{ m}^4$$

4.7.3 Mencari titik berat denah B terhadap sumbu y

**Gambar 4.28** Partisi profil denah B terhadap sumbu y

Tabel 4.15 Hasil perhitungan statis momen denah B terhadap sumbu y

Partisi Dinding	A_i (m ²)	y_i (m)	x_i (m)	$A_i y_i$ (m ³)	$A_i x_i$ (m ³)
1	0,47	7,08	1,58	3,34	0,74
2	0,11	5,08	3,35	0,53	0,35
3	0,1	5,08	4,84	0,51	0,49
4	0,1	5,08	5,81	0,51	0,59
5	0,47	3,08	1,58	1,45	0,74
6	0,25	3,58	5,33	0,89	1,32
7	0,27	0,08	2,25	0,02	0,61
8	0,24	0,48	5,35	0,1	1,28
Σ	2,01			7,36	6,13

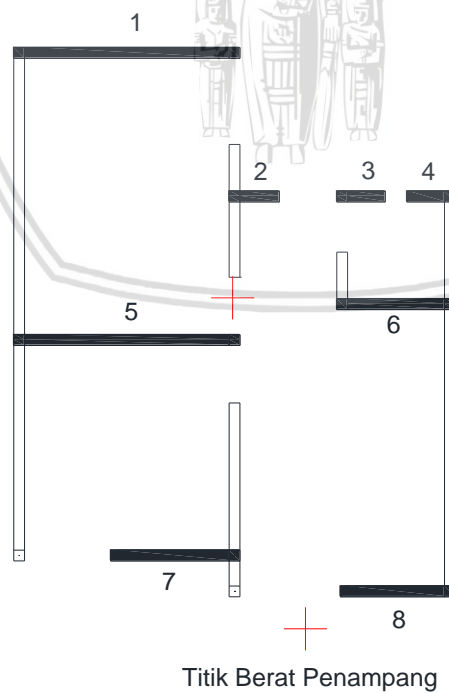
- Titik berat sumbu y

$$\bar{Y}_y = \frac{\Sigma A_i y_i}{\Sigma A_i} = \frac{7,36}{2,01} = 3,66 \text{ m}$$

- Titik berat sumbu x

$$\bar{X}_y = \frac{\Sigma A_i x_i}{\Sigma A_i} = \frac{6,13}{2,01} = 3,05 \text{ m}$$

4.7.4 Mencari momen inersia denah B terhadap sumbu y

**Gambar 4.29** Letak titik berat penampang denah B terhadap sumbu y

Tabel 4.16 Hasil perhitungan momen inersia denah B terhadap sumbu y

Partisi Dinding	A_i (m ²)	$A_i(x_i-\bar{x})^2$ (m ⁴)	I_{y_i} (m ⁴)
1	0,47	1,03	0,00084
2	0,11	0,01	0,0002
3	0,1	0,32	0,00034
4	0,1	0,77	0,00034
5	0,47	1,03	0,00084
6	0,24	1,28	0,00042
7	0,27	0,17	0,00051
8	0,24	1,27	0,00045
Σ	2,01	5,89	0,00394

- Momen Inersia terhadap sumbu y

$$I_y = \Sigma A_i(x_i-\bar{x})^2 + \Sigma I_{y_i} = 5,89 + 0,00394 = 5,89 \text{ m}^4$$

4.8 Pembebanan Gempa

4.8.1 Pembebanan gempa denah B

a. Berat Total Bangunan (W_{total})

- Luas Atap : $((2 \cdot \frac{4,25}{\cos 35^\circ}) \cdot 6) = 62,3 \text{ m}^2$
- Luas langit-langit : $(8,5 \cdot 6) = 51 \text{ m}^2$
- Panjang total balok : 37,55 m
- Panjang total bukaan : $(0,6 \cdot 5) + 0,3 + 0,7 + (0,8 \cdot 4) = 7,2 \text{ m}$
- Panjang total tembok : $37,55 - 7,2 - (0,15 \cdot 13) = 28,4 \text{ m}$
- Panjang kuda-kuda 1 : 37,63 m

Beban mati:

- Penutup atap : $50 \cdot 62,3 = 3113 \text{ kg}$
- Kuda-kuda : $0,78 \cdot (37,63 \cdot 12) = 352 \text{ kg}$
- Plafon : $51 \cdot 11 = 561 \text{ kg}$
- Balok ring : $2400 \cdot 0,15 \cdot 0,15 \cdot 37,55 = 2028 \text{ kg}$
- Kolom : $13 \cdot 2400 \cdot 4 \cdot 0,15 \cdot 0,15 = 2808 \text{ kg}$
- Tembok : $250 (4 \cdot 28,4 + 2 \cdot 7,2) = 32000 \text{ kg} +$

$$W_1 = 40862 \text{ kg}$$

Beban hidup:

Beban hidup untuk menghitung gaya gempa dapat dikalikan dengan suatu koefisien yang bergantung pada fungsi bangunan (PPURG 1987, Tabel 4). Fungsi bangunan adalah sebagai rumah tinggal sehingga dapat dikalikan dengan koefisien 0,3.

- W_2 : $0,3 \cdot 12 \cdot 62,3$ = 224 kg
- W_{total} : $W_1 + W_2 = 40862 + 224$ = 41086 kg

b. Faktor Keutamaan Gempa (I_e)

Fungsi bangunan adalah untuk sebagai rumah tinggal, sehingga nilai faktor keutamaan gempa adalah sebesar 1.

c. Koefisien Modifikasi Respons (R)

Bangunan rumah yang dibahas dalam skripsi ini menggunakan sistem dinding penumpu khususnya sistem dinding geser batu bata polos biasa dengan nilai koefisien modifikasi respons sebesar 1,5.

d. Koefisien Respons Seismik (C_s)

- Periode fundamental pendekatan struktur (T_a)

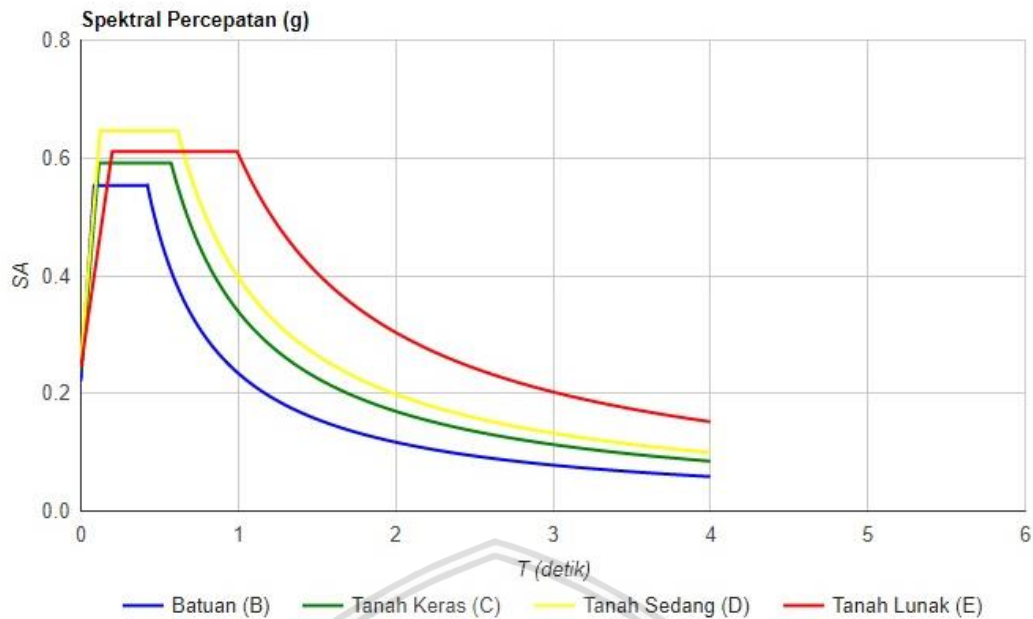
$$T_a = 0,0488 h_n^{0,75} = 0,0488 \cdot 4^{0,75} = 0,14 \text{ detik}$$

Menurut SNI 1726-2012 pasal 7.8.2, sebagai alternatif pada pelaksanaan analisis untuk menentukan perioda fundamental struktur, T , diijinkan secara langsung menggunakan perioda bangunan pendekatan, T_a , sehingga:

$$T_a = T = 0,138 \text{ detik}$$

Dengan menggunakan aplikasi yang telah disediakan oleh Dinas Pekerjaan Umum (PU), didapatkan grafik Respons Spektrum Permukaan rumah tinggal yang terletak pada koordinat $8^\circ 5' 28.85''$ Lintang Selatan, dan $112^\circ 36' 45.12''$ Bujur Timur.

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



Gambar 4.30 Grafik respons spektral percepatan permukaan denah B
 Sumber : (puskim.pu.go.id/Aplikasi/desain_spektra_indonesia_2011)

Kondisi tanah di area lokasi rumah tinggal B merupakan tanah sedang. Nilai S_s dapat dicari dengan menggunakan metode interpolasi. Dari grafik gambar 4.30 maka didapatkan:

$$S_{0,13} = 0,637 \text{ g}$$

$$S_{0,14} = 0,646 \text{ g}$$

$$T = 0,138 \text{ detik}$$

$$S_a = S_{0,13} + (S_{0,14} - S_{0,13})(T - 0,11) \cdot 100$$

$$S_a = 0,637 + (0,646 - 0,637)(0,14 - 0,11) \cdot 100$$

$$S_a = 0,66 \text{ g}$$

$$C_s (\text{hitungan}) = S_a / (R / I_e) = 0,66 / (1,5/1) = 0,44$$

$$C_s (\text{min}) = 0,044 \cdot S_{DS} \cdot I_e = 0,044 \cdot 0,646 \cdot 1 = 0,028 \geq 0,01 \text{ (ok)}$$

$$C_s (\text{maks}) = S_1 / (T (R / I_e)) = 0,35 / (0,14 (1,5/1)) = 1,69$$

$$C_s = 0,44$$

e. Gaya Geser Dasar Seismik (V)

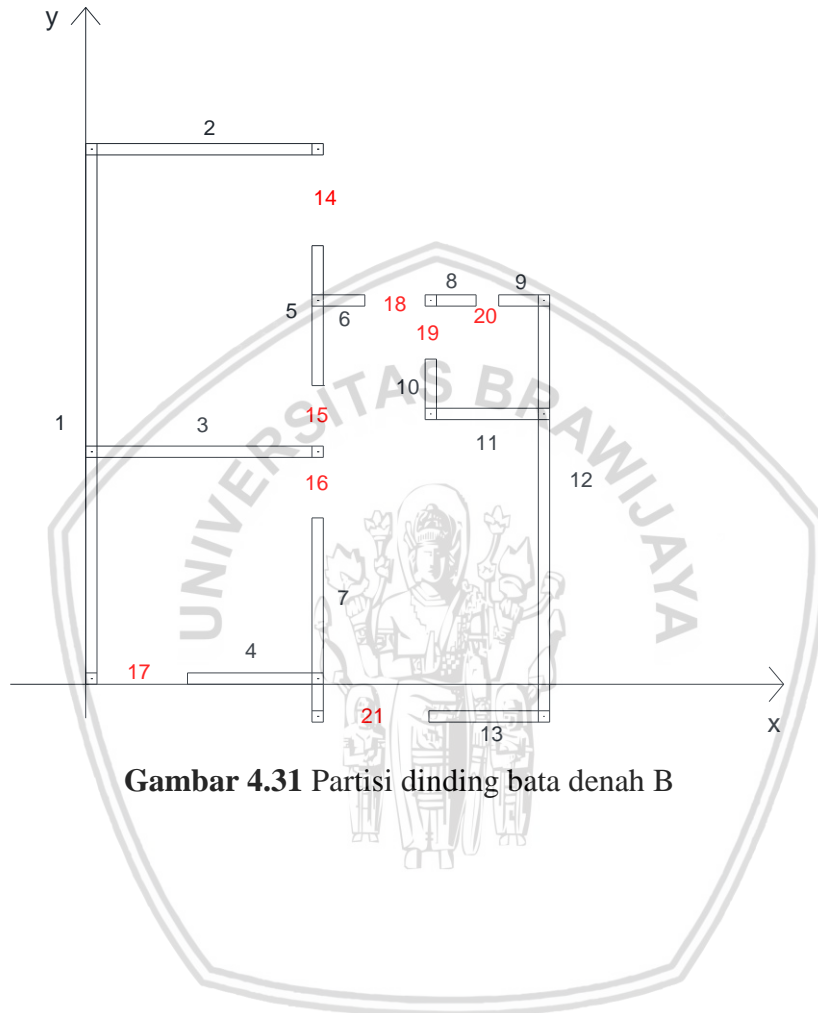
Gaya geser gempa total yang terjadi pada bangunan sesuai dengan ketentuan SNI 1726-2012 adalah sebagai berikut:

$$V = C_s \cdot W_{\text{total}} = 0,44 \cdot 41086 = 18139,47 \text{ kg}$$

4.9 Letak Beban Gempa

4.9.1 Pusat massa beban tembok denah B

Berikut adalah perhitungan pusat massa beban dari tembok, yang terdiri dari pasangan bata merah dan acian. Gambar 4.31 menunjukkan penamaan untuk masing-masing partisi dinding bata.



Gambar 4.31 Partisi dinding bata denah B

Tabel 4.17 Hasil perhitungan pusat massa dinding bata denah B

Dinding Bata Merah					
No	W _i (kg)	y _i (m)	x _i (m)	W _i y _i (kgm)	W _i x _i (kgm)
1	6700	3,575	0,075	23953	503
2	2850	7,075	1,575	20164	4489
3	2850	3,075	1,575	8764	4489
4	1650	0,075	2,25	124	3713
5	1700	4,875	3,075	8288	5228
6	550	5,075	3,35	2791	1843
7	2400	0,85	3,075	2040	7380
8	525	5,075	4,8375	2664	2540
9	525	5,075	5,8125	2664	3052
10	650	3,9	4,575	2535	2974
11	1350	3,575	5,325	4826	7189
12	5200	2,325	6,075	12090	31590
13	1450	0,425	5,35	616	7758
14	600	6,4	3,075	3840	1845
15	400	3,55	3,075	1420	1230
16	400	2,6	3,075	1040	1230
17	600	0,075	0,75	45	450
18	400	5,075	4,1	2030	1640
19	350	4,65	4,575	1628	1601
20	150	5,075	5,325	761	799
21	700	0,425	3,85	298	2695
Σ	32000			102580	94234

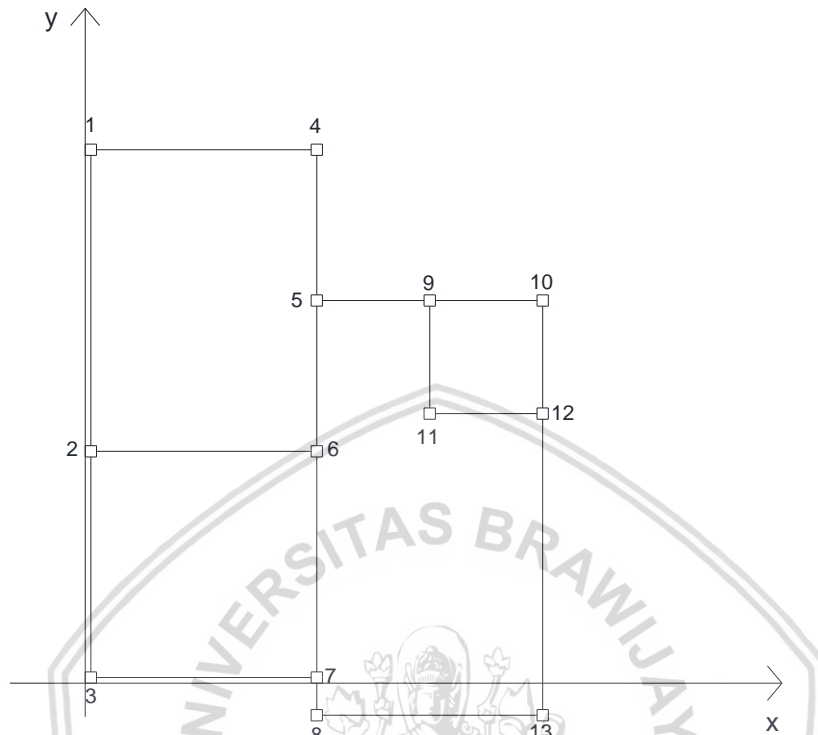
$$\bar{Y} = \frac{\sum W_i y_i}{\sum W_i} = \frac{102580}{32000} = 3,21 \text{ m}$$

$$\bar{X} = \frac{\sum W_i x_i}{\sum W_i} = \frac{94234}{32000} = 2,95 \text{ m}$$

$$\sum_{i=1}^{21} W_i = 32000 \text{ kg}$$

4.9.2 Pusat massa beban kolom denah B

Berikut adalah perhitungan pusat massa beban dari kolom beton bertulang dengan ukuran 15 cm x 15 cm. Penamaan masing-masing kolom ditunjukkan pada gambar 4.32



Gambar 4.32 Penamaan kolom beton denah B

Tabel 4.18 Hasil perhitungan pusat massa kolom beton denah B

Kolom					
No	W_i (kg)	y_i (m)	x_i (m)	$W_i y_i$ (kgm)	$W_i x_i$ (kgm)
1	216	7,08	0,08	1528,2	16,2
2	216	3,08	0,08	664,2	16,2
3	216	0,08	0,08	16,2	16,2
4	216	7,08	3,08	1528,2	664,2
5	216	5,08	3,08	1096,2	664,2
6	216	3,08	3,08	664,2	664,2
7	216	0,08	3,08	16,2	664,2
8	216	0,43	3,08	91,8	664,2
9	216	5,08	4,58	1096,2	988,2
10	216	5,08	6,08	1096,2	1312,2
11	216	3,58	4,58	772,2	988,2
12	216	3,58	6,08	772,2	1312,2
13	216	0,43	6,08	91,8	1312,2
Σ	2808			9433,8	9282,6

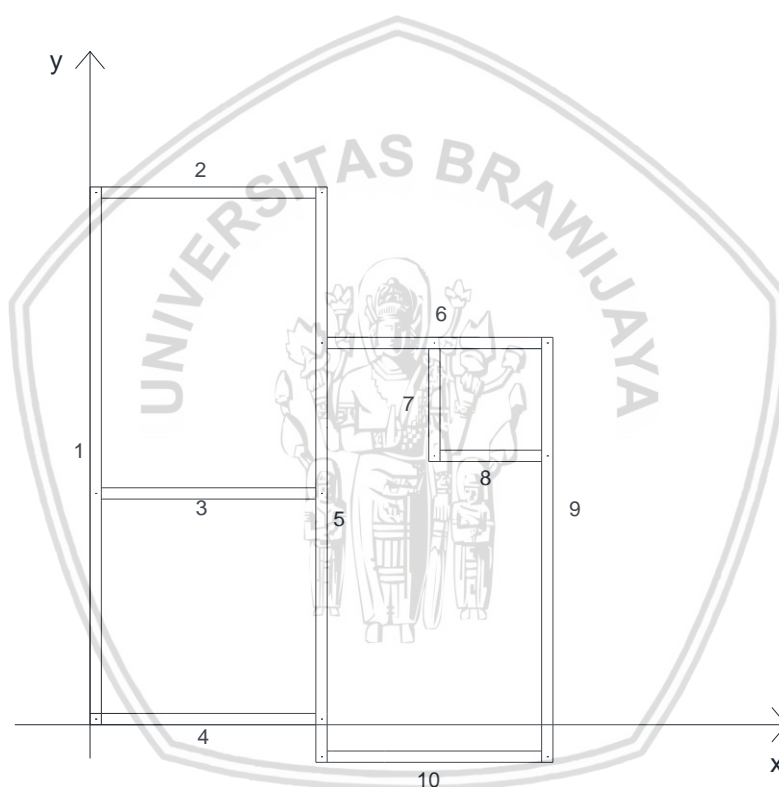
$$\bar{Y} = \frac{\sum W_i y_i}{\sum W_i} = \frac{9433,8}{2808} = 3,36 \text{ m}$$

$$\bar{X} = \frac{\sum W_i x_i}{\sum W_i} = \frac{9282,6}{2808} = 3,31 \text{ m}$$

$$\sum_{i=1}^{13} W_i = 2808 \text{ kg}$$

4.9.3 Pusat massa beban balok ring denah B

Berikut merupakan perhitungan pusat massa dari balok ring yang terbuat dari beton bertulang dengan ukuran 15 cm x 15 cm. Gambar 4.33 menunjukkan penamaan masing-masing balok ring.



Gambar 4.33 Partisi balok ring denah B

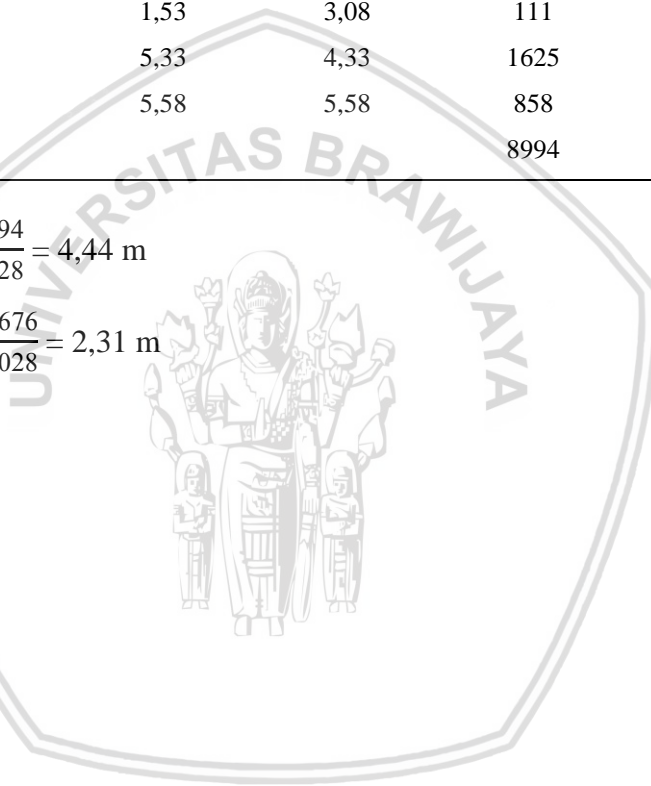
Tabel 4.19 Hasil perhitungan pusat massa beban balok ring denah B

Balok Ring					
No	W_i (kg)	y_i (m)	x_i (m)	W_iy_i (kgm)	W_ix_i (kgm)
1	386,1	3,98	0,08	1535	29
2	153,9	7,88	1,58	1212	242
3	153,9	6,25	3,08	962	473
4	153,9	4,63	1,58	712	242
5	413,1	3,73	1,98	1539	816
6	153,9	2,83	1,58	435	242
7	81	0,08	2,84	6	229
8	72,9	1,53	3,08	111	224
9	305,1	5,33	4,33	1625	1320
10	153,9	5,58	5,58	858	858
Σ	2028			8994	4676

$$\bar{Y} = \frac{\sum W_i y_i}{\sum W_i} = \frac{8994}{2028} = 4,44 \text{ m}$$

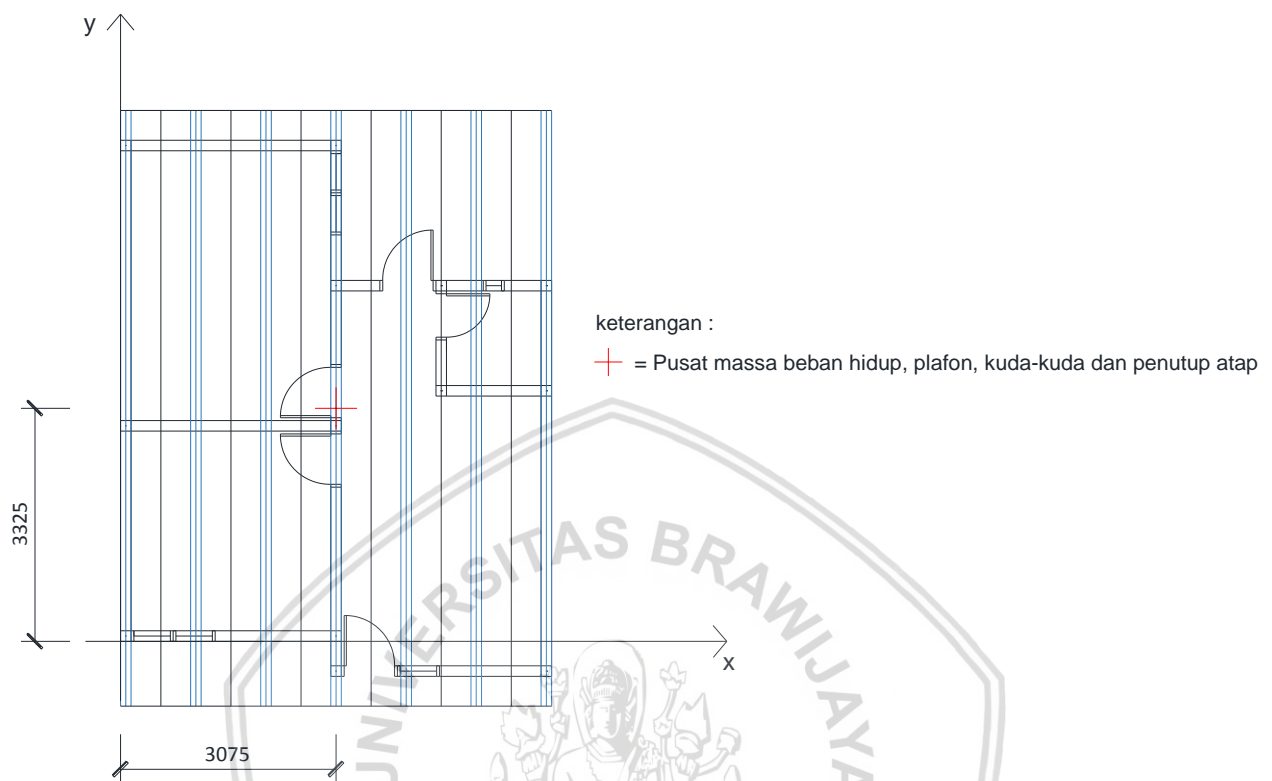
$$\bar{X} = \frac{\sum W_i x_i}{\sum W_i} = \frac{4676}{2028} = 2,31 \text{ m}$$

$$\sum_{i=1}^{10} W_i = 2028 \text{ kg}$$



4.9.4 Pusat massa akibat beban hidup, penutup atap, plafon dan kuda-kuda denah B

Besar beban hidup, penutup atap, kuda-kuda, plafon telah dihitung pada subbab 4.8



Gambar 4.34 Letak pusat massa beban hidup, penutup atap, kuda-kuda, plafon denah B

Dari gambar 4.34 didapatkan pusat massa beban hidup, penutup atap, kuda-kuda dan plafon.

$$\bar{Y} = 3,33 \text{ m}$$

$$\bar{X} = 3,08 \text{ m}$$

$$\Sigma W_i = 4250,3 \text{ kg}$$

4.9.5 Pusat massa akibat seluruh beban denah B

Letak beban gempa didapatkan dari resultan pusat massa masing-masing beban yang telah dihitung di subbab 4.9.1 sampai dengan subbab 4.9.4. Perhitungan pusat massa beban dapat dilihat pada tabel 4.20.

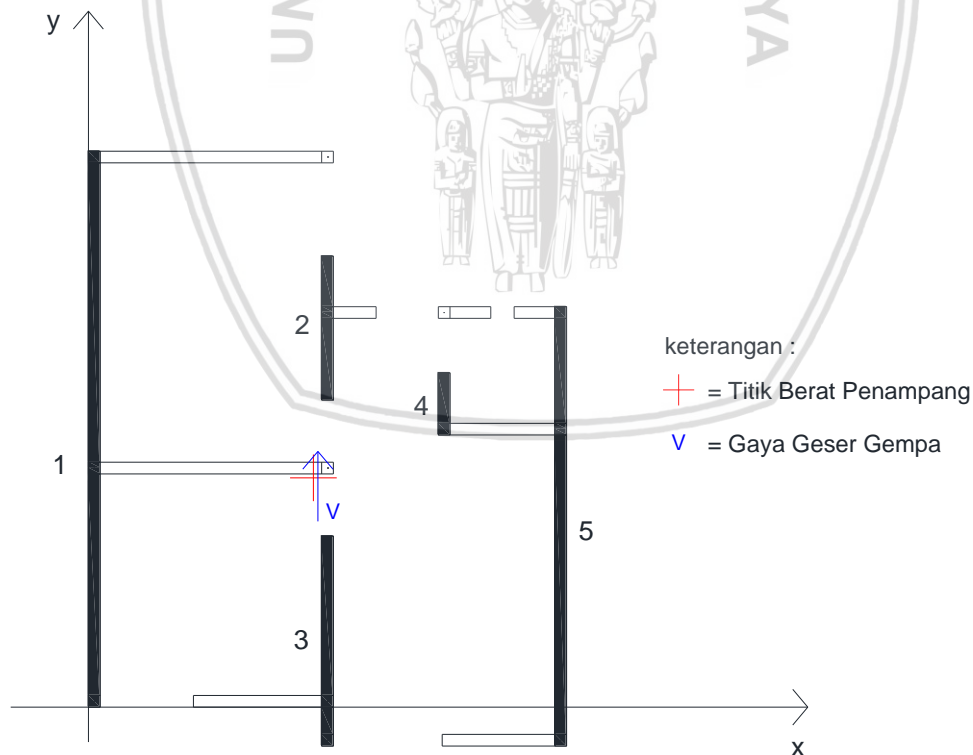
Tabel 4.20 Hasil perhitungan pusat massa semua beban denah B

Pusat Massa Semua Beban					
Beban	W_i (kg)	y_i (m)	x_i (m)	$W_i y_i$ (kgm)	$W_i x_i$ (kgm)
Bata	32000	3,21	2,95	102580	94233,75
Kolom	2808	3,36	3,31	9433,8	9282,6
Beban Hidup, Penutup Atap, Plafon dan Kuda-kuda	4250,3	3,33	3,08	14132,25	13069,68
Balok Ring	2027,7	4,44	2,31	8993,84	4675,79
Σ	41086			135139,89	121261,82

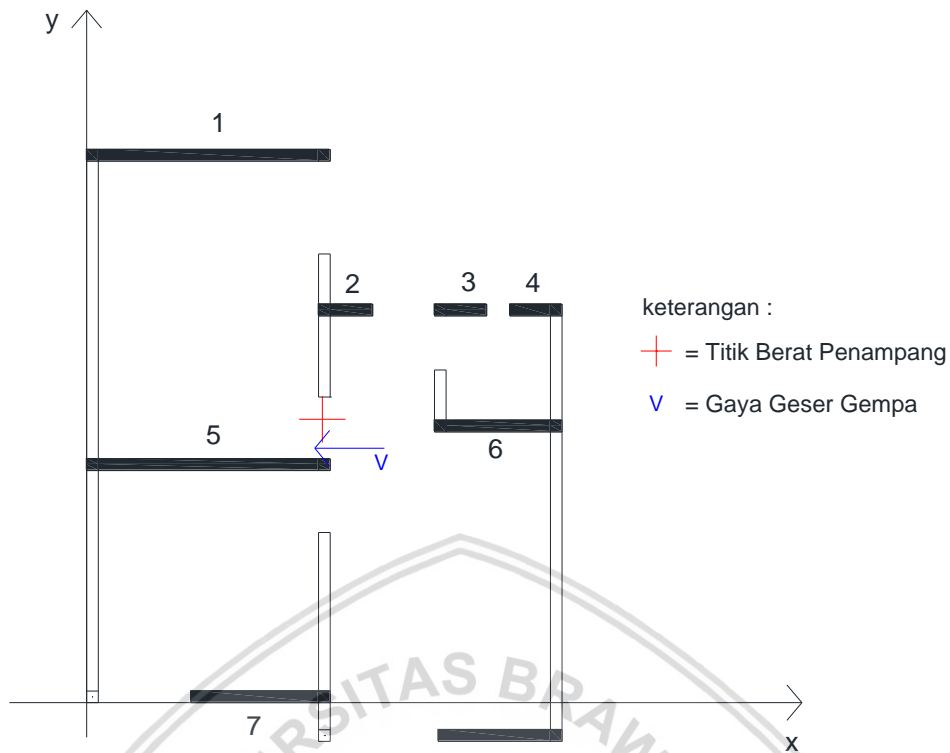
$$\bar{Y}_V = \frac{\Sigma W_i y_i}{\Sigma W_i} = \frac{135139,89}{41086} = 3,29 \text{ m}$$

$$\bar{X}_V = \frac{\Sigma W_i x_i}{\Sigma W_i} = \frac{121261,82}{41086} = 2,95 \text{ m}$$

$$\Sigma W_i = 41086 \text{ kg}$$



Gambar 4.35 Letak beban gempa dan pusat massa penampang elemen dinding denah B searah sumbu y



Gambar 4.36 Letak beban gempa dan pusat massa penampang elemen dinding denah B searah sumbu x

4.10 Perhitungan Tegangan Geser Dinding Bata

4.10.1 Tegangan geser akibat torsi denah B

Gaya geser gempa (V) sebesar 18138,77 kg bekerja pada koordinat (3,29, 2,95).

- Torsi pada penampang elemen dinding searah sumbu y
 - Mencari momen torsi M_x

Pusat massa penampang pada elemen dinding searah sumbu y didapat dari subbab 4.7.1

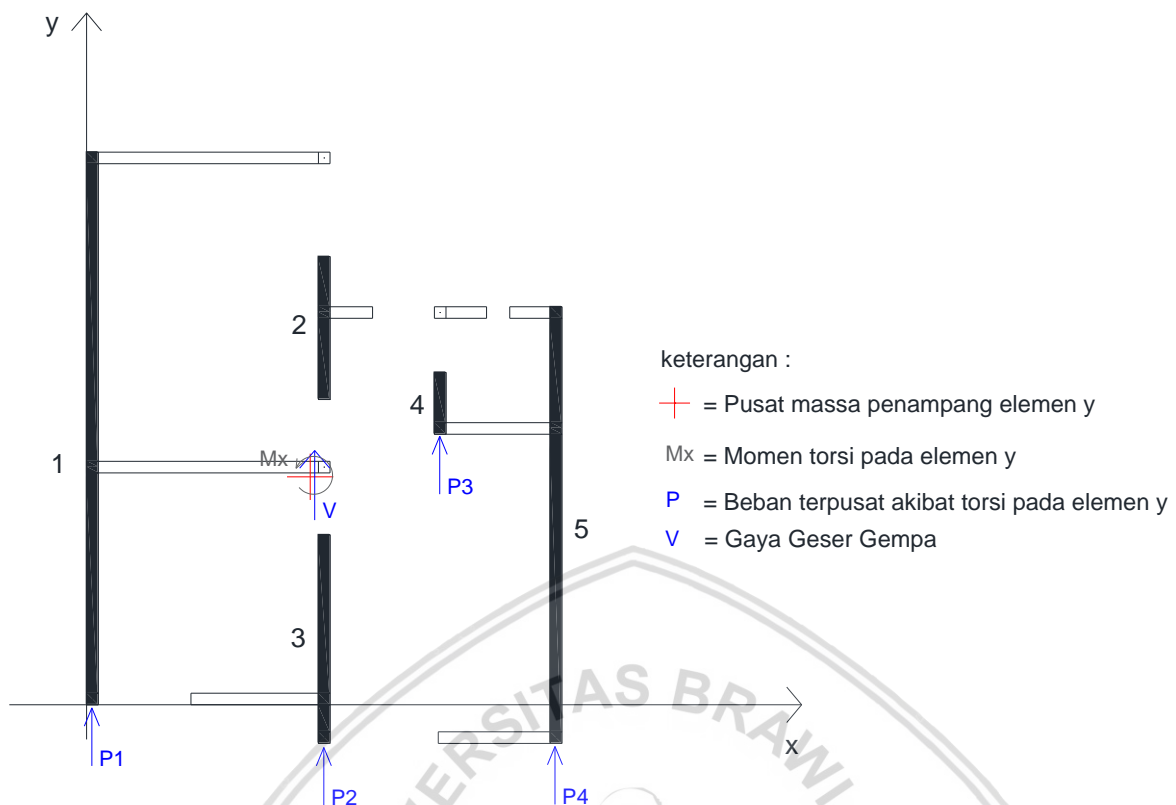
$$\bar{X}_x = 2,89 \text{ m}$$

Momen torsi pada penampang elemen dinding searah sumbu y (M_x)

$$M_x = V \cdot (\bar{X}_x - \bar{X}_V) = 18138,77 \cdot (2,89 - 2,95) = -1056,27 \text{ kgm (berlawanan jarum jam)}$$

Momen torsi M_x bekerja pada pusat massa penampang elemen dinding searah sumbu y.

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



Gambar 4.37 Gaya geser pada masing-masing dinding denah B akibat torsi M_x

Perhitungan beban geser P akibat momen torsi M_x

Tabel 4.21 Hasil perhitungan gaya geser pada elemen dinding denah B searah sumbu y

	x_i (m)	x_i^2 (m ²)	P_i (kg)
1	2,82	7,94	-142,24
2	-0,18	0,03	9,18
3	-1,68	2,83	84,89
4	-3,18	10,12	160,59
Σ		20,93	

- Torsi pada penampang elemen dinding searah sumbu x

Pusat massa penampang pada elemen dinding searah sumbu x yang didapat dari subbab 4.7.3

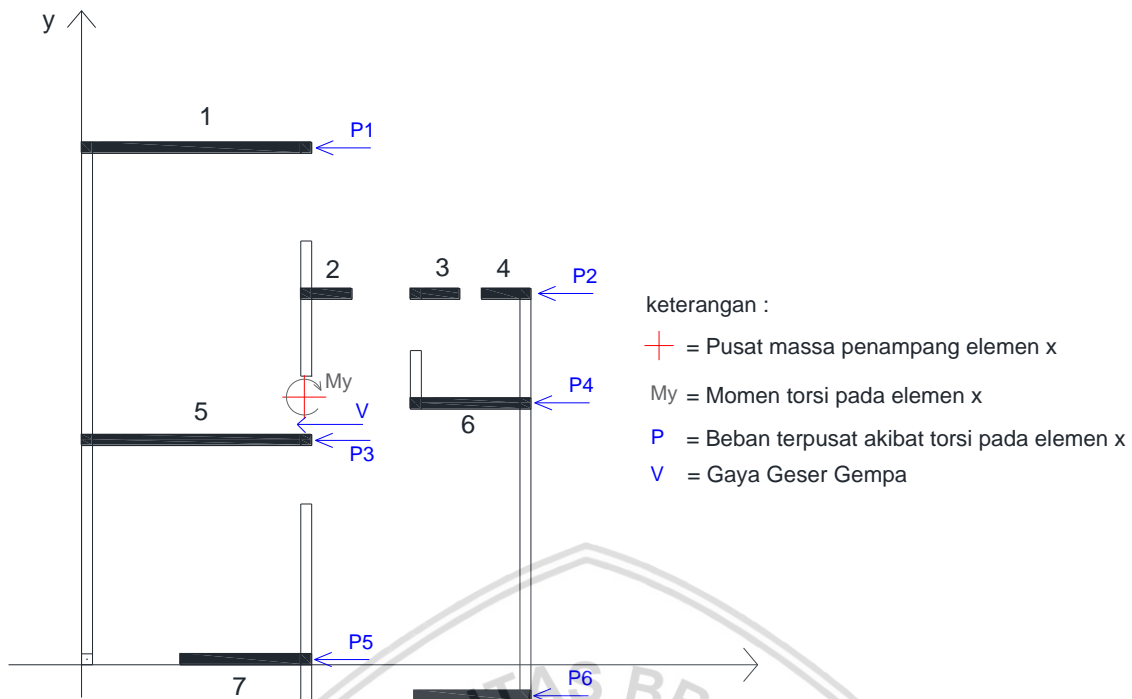
$$\bar{Y}_y = 3,66 \text{ m}$$

Momen torsi pada penampang elemen dinding searah sumbu x (M_y)

$$M_y = V \cdot (\bar{Y}_y - \bar{Y}_V) = 18138,77 \cdot (3,66 - 3,29) = 6788,21 \text{ kgm (searah jarum jam)}$$

Momen torsi M_y bekerja pada pusat massa penampang elemen dinding searah sumbu x

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



Gambar 4.38 Gaya geser pada masing-masing dinding denah B akibat torsi M_y
Perhitungan beban geser P akibat momen torsi M_y

Tabel 4.22 Hasil perhitungan gaya geser pada elemen dinding denah B searah sumbu x

	X_i (m)	X_i^2 (m ²)	P_i (kg)
1	-3,41	11,64	-620,04
2	-1,41	1,99	-256,55
3	0,59	0,35	106,95
4	0,09	0,008	16,07
5	3,59	12,88	652,18
6	3,24	10,49	588,58
Σ		37,35	

4.10.2 Tegangan geser akibat gaya geser gempa denah B

Karena mutu bahan dan inersia untuk masing-masing dinding sama, maka kekakuan (EI) sama sehingga gaya geser gempa bisa langsung dibagi dengan jumlah dinding (n).

- Tegangan geser akibat gaya geser gempa searah sumbu y

Gaya geser gempa (V) terdistribusi secara merata terhadap dinding sejumlah (n), sehingga: Jumlah total gaya yang bekerja untuk elemen dinding searah sumbu y

$$n = 4$$

$$\frac{V}{n} = \frac{18138,77 \text{ kg}}{4} = 4534,7 \text{ kg}$$

- Tegangan geser akibat gaya geser gempa searah sumbu x

Jumlah total gaya yang bekerja untuk elemen dinding searah sumbu x

$$n = 6$$

$$\frac{V}{n} = \frac{18138,77 \text{ kg}}{6} = 3023,1 \text{ kg}$$

4.10.3 Tegangan geser total denah B

- Tegangan geser total akibat beban searah sumbu y

Tabel 4.23 Hasil perhitungan gaya geser total elemen dinding denah B searah sumbu y

	P_i (kg)	dx (kg/cm ²)
1	2880,89	0,27
2	3032,31	0,44
3	3108,01	2,59
4	3183,72	0,38

- Tegangan geser total akibat beban searah sumbu x

Tabel 4.24 Hasil perhitungan gaya geser total elemen dinding denah B searah sumbu x

	P_i (kg)	dy (kg/cm ²)
1	2403,09	0,51
2	2766,58	0,9
3	3130,08	0,66
4	3039,2	1,23
5	3675,32	1,36
6	3611,71	1,51

4.11 Pembebanan Denah C

Untuk cara perhitungan pembebanan, statis momen, momen inersia, pembebanan gempa, letak beban gempa, dan tegangan dibawah dilakukan dengan cara yang sama dengan cara perhitungan untuk denah A dan B.

4.11.1 Beban mati denah C

Sesuai dengan pedoman perencanaan pembebanan pada Beton Bertulang Indonesia untuk Rumah dan Gedung Tahun 1987 (PPURG 1987), beban mati telah diatur sebagai berikut:

- Berat isi beton (γ_{beton}) = 2400 kg/m³
- Berat pasangan bata merah ½ batu 15 cm = 250 kg/m²
- Berat langit-langit = 11 kg/m²
- Berat penutup atap genteng = 50 kg/m²

Beban mati akibat kuda-kuda dengan rangka galvalum diambil dari hasil pencarian di internet. Untuk rangka galvalume dengan jenis ukuran 0,6 memiliki berat 4,7 kg/6m sehingga:

- Berat kuda-kuda galvalume = $\frac{4,7}{6} = 0,78 \text{ kg/m}$

4.11.2 Beban hidup denah C

Sesuai dengan pedoman perencanaan pembebanan pada Beton Bertulang Indonesia untuk Rumah dan Gedung Tahun 1987 (PPURG 1987) pasal 2.1.2.2, beban hidup pada atap gedung diatur sebagai berikut:

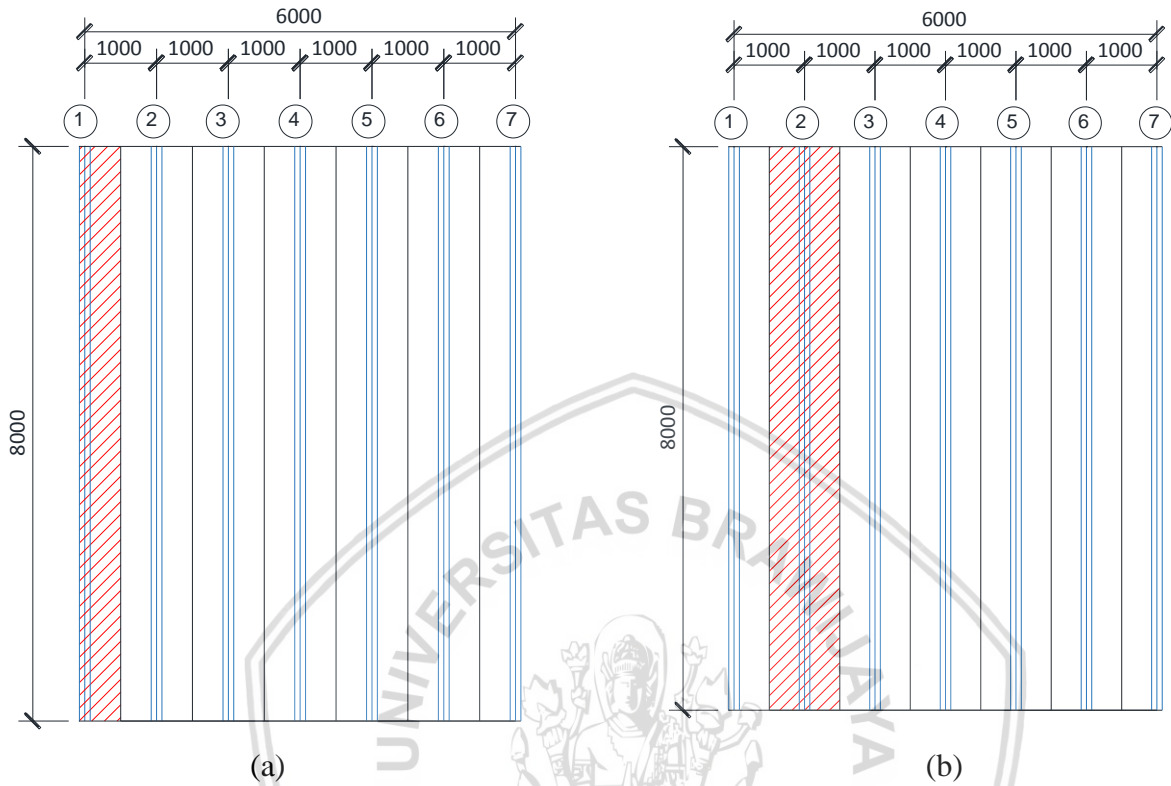
- Beban terbagi rata per m² bidang datar berasal dari beban air hujan sebesar (40 - 0,8 α) kg/m² di mana α adalah sudut kemiringan atap dalam derajat, dengan ketentuan bahwa beban tersebut tidak perlu diambil lebih besar dari 20 kg/m² dan tidak perlu ditinjau bila kemiringan atapnya adalah lebih besar dari 50°
 - Beban Hujan = (40 - 0,8 . 35) = 12 kg/m²
- Beban terpusat berasal dari seorang pekerja atau seorang pemadam kebakaran dengan peralatannya sebesar minimum 100 kg.

4.11.3 Beban atap denah C

Sebagian dinding bata menahan beban yang diakibatkan oleh beban hidup atap, kuda-kuda, gording, dan plafon. Penutup atap denah B terbuat dari rangka galvalume

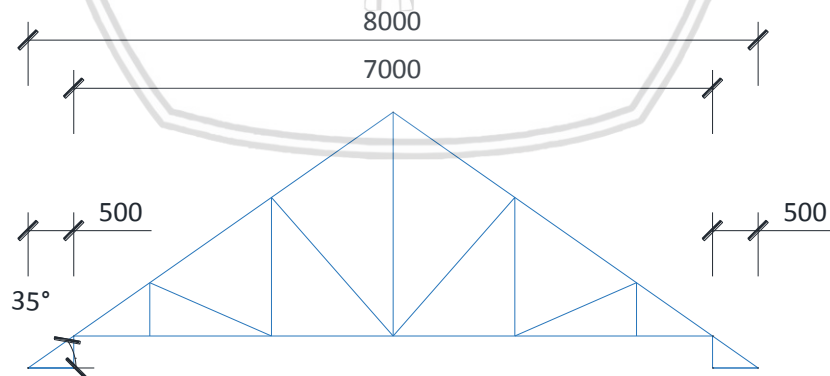
sehingga perhitungan gording tidak dimasukkan. Berikut merupakan perhitungan beban yang ditahan masing-masing kuda-kuda.

- **Pembebanan atap denah C**



Gambar 4.39 (a) area pembebanan kuda-kuda 1 dan 7, (b) area pembebanan kuda-kuda 2 sampai 6

a. Beban yang ditahan kuda-kuda 1 dan 7



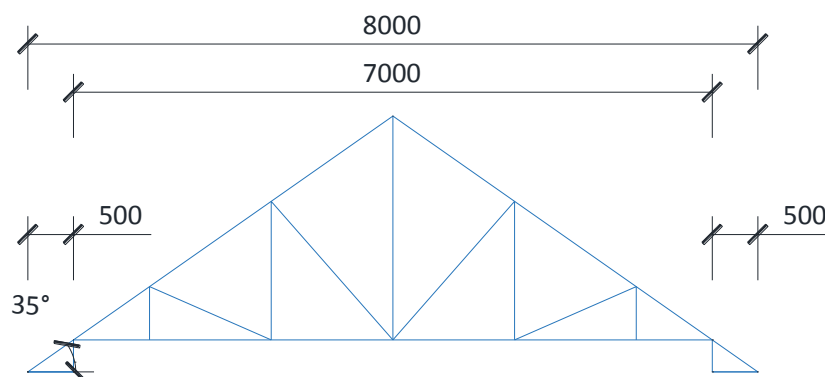
Gambar 4.40 Pembebanan kuda-kuda 1 dan 7 denah C

$$W_1 = W_7 = 0,5 \left(50 \cdot 2 \cdot \frac{4}{\cos 35^\circ} + 8 \cdot 11 + 12 \cdot 2 \cdot \frac{4}{\cos 35^\circ} \right) + 0,78 \cdot 33,071$$

$$W_1 = W_7 = 346,75 + 25,8$$

$$W_1 = W_7 = 372,55 \text{ kg}$$

b. Beban yang ditahan kuda-kuda 2 sampai 6



Gambar 4.41 Pembebanan kuda-kuda 2 sampai 6 denah C

$$W_2 = W_{3-6} = 1 \left(50 \cdot 2 \cdot \frac{4}{\cos 35^\circ} + 8 \cdot 11 + 12 \cdot 2 \cdot \frac{4}{\cos 35^\circ} \right) + 0,78 \cdot 33,071$$

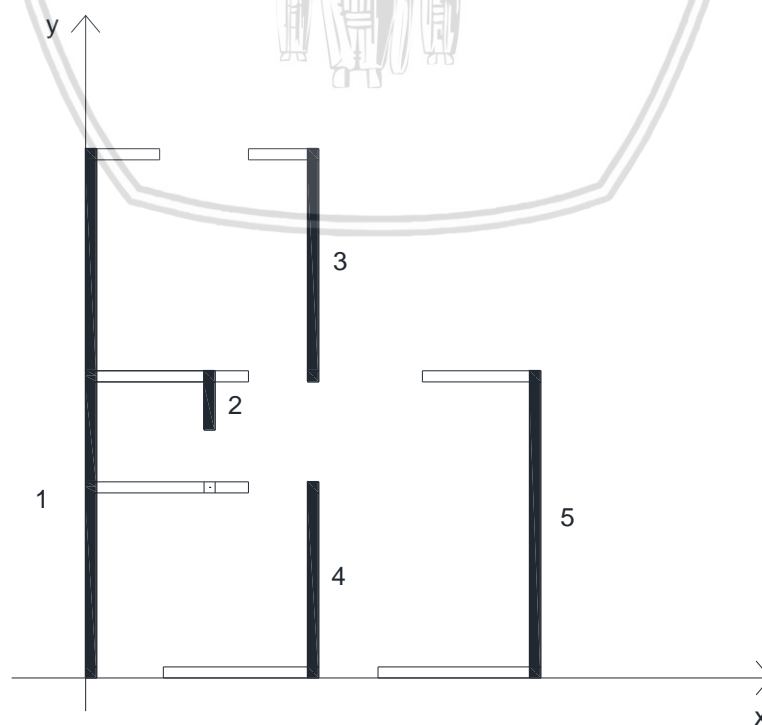
$$W_2 = W_{3-6} = 693,5 + 25,8$$

$$W_2 = W_{3-6} = 719,3 \text{ kg}$$

4.12 Perhitungan Momen Inersia

4.12.1 Mencari titik berat denah C terhadap sumbu x

Sama seperti pada perhitungan momen inersia untuk denah A dan B, tidak semua elemen dinding efektif didalam menahan gaya gempa searah sumbu y. Elemen dinding-dinding yang efektif dalam menahan gaya gempa searah sumbu y ditunjukkan pada gambar 4.42



Gambar 4.42 Partisi profil denah C terhadap sumbu x

Tabel 4.25 Hasil perhitungan statis momen denah C terhadap sumbu x

Partisi Dinding	A_i (m ²)	y_i (m)	x_i (m)	$A_i y_i$ (m ³)	$A_i x_i$ (m ³)
1	1,07	3,58	0,08	3,83	0,08
2	0,12	3,75	1,68	0,45	0,2
3	0,47	5,58	3,08	2,63	1,45
4	0,4	1,33	3,08	0,53	1,22
5	0,62	2,08	6,08	1,29	3,78
Σ	2,69			8,74	6,74

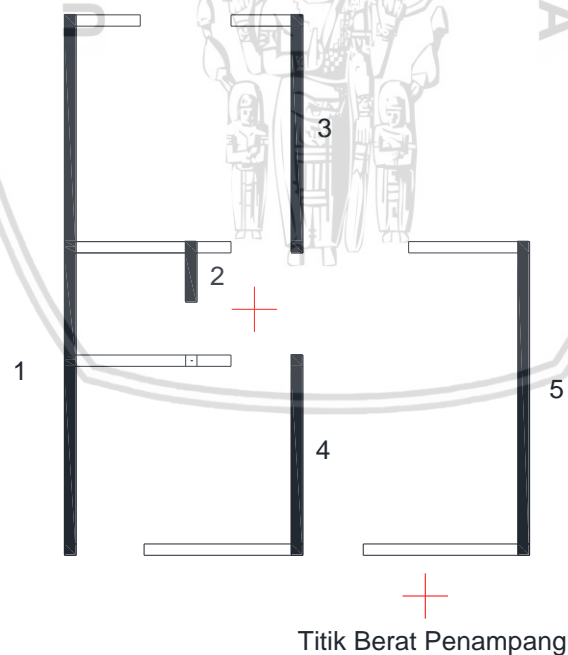
- Titik berat sumbu y

$$\bar{Y}_x = \frac{\Sigma A_i y_i}{\Sigma A_i} = \frac{8,74}{2,69} = 3,25 \text{ m}$$

- Titik berat sumbu x

$$\bar{X}_x = \frac{\Sigma A_i x_i}{\Sigma A_i} = \frac{6,74}{2,69} = 2,51 \text{ m}$$

4.12.2 Mencari momen inersia denah C terhadap sumbu x

**Gambar 4.43** Titik berat penampang denah C terhadap sumbu x

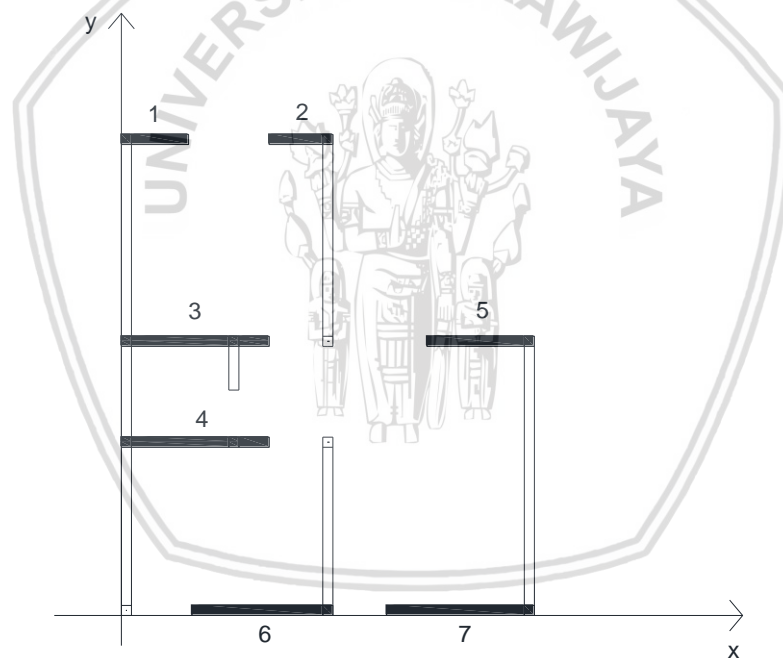
Tabel 4.26 Hasil perhitungan momen inersia denah C terhadap sumbu x

Partisi Dinding	$A_i \text{ (m}^2\text{)}$	$A_i(y_i-\bar{y})^2 \text{ (m}^4\text{)}$	$I_{x_i} \text{ (m}^4\text{)}$
1	1,07	0,11	4,29
2	0,12	0,03	0,006
3	0,47	2,55	0,34
4	0,4	1,48	0,2
5	0,62	0,87	0,8
Σ	2,69	5,03	5,63

- Momen Inersia terhadap sumbu x

$$I_x = \Sigma A_i(y_i-\bar{y})^2 + \Sigma I_{x_i} = 5,03 + 5,63 = 10,57 \text{ m}^4$$

4.12.3 Mencari titik berat denah C terhadap sumbu y

**Gambar 4.44** Partisi profil denah C terhadap sumbu y

Tabel 4.27 Hasil perhitungan statis momen denah C terhadap sumbu y

Partisi Dinding	A_i (m ²)	y_i (m)	x_i (m)	$A_i y_i$ (m ³)	$A_i x_i$ (m ³)
1	0,15	7,08	0,5	1,06	0,08
2	0,14	7,08	2,68	1,01	0,38
3	0,33	4,08	1,1	1,35	0,36
4	0,33	2,58	1,1	0,85	0,36
5	0,24	4,08	5,35	0,98	1,28
6	0,32	0,08	2,1	0,02	0,66
7	0,33	0,08	5,05	0,03	1,67
Σ	1,84			5,29	4,79

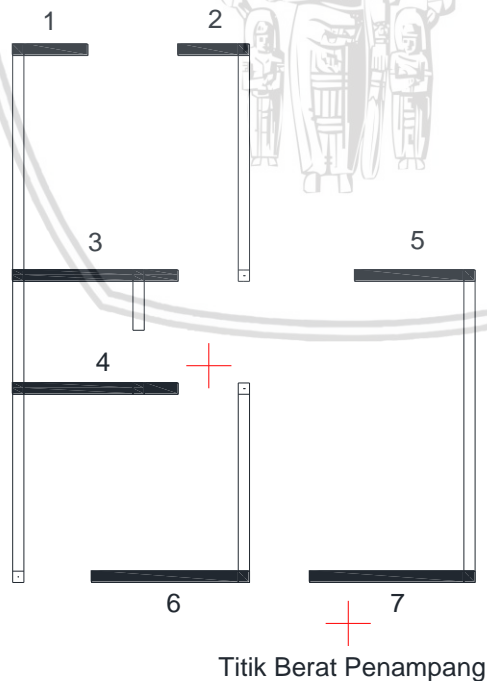
- Titik berat sumbu y

$$\bar{Y}_y = \frac{\Sigma A_i y_i}{\Sigma A_i} = \frac{5,29}{1,84} = 2,88 \text{ m}$$

- Titik berat sumbu x

$$\bar{X}_y = \frac{\Sigma A_i x_i}{\Sigma A_i} = \frac{4,79}{1,84} = 2,61 \text{ m}$$

4.12.4 Mencari momen inersia denah C terhadap sumbu y

**Gambar 4.45** Letak titik berat penampang denah C terhadap sumbu y

Tabel 4.28 Hasil perhitungan momen inersia denah C terhadap sumbu y

Partisi Dinding	A_i (m ²)	$A_i(x_i-\bar{x})^2$ (m ⁴)	I_{y_i} (m ⁴)
1	0,15	0,67	0,00051
2	0,14	0,0006	0,00051
3	0,33	0,75	0,00062
4	0,33	0,75	0,00062
5	0,24	1,8	0,00045
6	0,32	0,08	0,00059
7	0,33	1,97	0,00062
Σ	1,84	6,02	0,00391

- Momen inersia terhadap sumbu y

$$I_y = \Sigma A_i(x_i-\bar{x})^2 + \Sigma I_{y_i} = 6,02 + 0,00391 = 6,03 \text{ m}^4$$

4.13 Pembebanan gempa

4.13.1 Pembebanan gempa denah C

a. Berat Total Bangunan (W_{total})

- Luas Atap : $((2 \cdot \frac{4}{\cos 35^\circ}) \cdot 6) = 58,6 \text{ m}^2$
- Luas langit-langit : $(8 \cdot 6) = 48 \text{ m}^2$
- Panjang total balok : 35,55 m
- Panjang total bukaan : $(0,6 \cdot 4) + 0,3 + 0,7 + (0,8 \cdot 4) = 6,6 \text{ m}$
- Panjang total tembok : $35,55 - 6,6 - (0,15 \cdot 12) = 27,15 \text{ m}$
- Panjang kuda-kuda : 33,07 m

Beban mati:

- Penutup atap : $50 \cdot 58,6 = 2930 \text{ kg}$
- Kuda-kuda : $0,78 \cdot (33,07 \cdot 12) = 310 \text{ kg}$
- Plafon : $48 \cdot 11 = 528 \text{ kg}$
- Balok ring : $2400 \cdot 0,15 \cdot 0,15 \cdot 35,55 = 1920 \text{ kg}$
- Kolom : $12 \cdot 2400 \cdot 4 \cdot 0,15 \cdot 0,15 = 2592 \text{ kg}$
- Tembok : $250 (4 \cdot 27,15 + 2 \cdot 6,6) = 30450 \text{ kg} +$

$$W_1 = 38729 \text{ kg}$$

Beban hidup:

Beban hidup untuk menghitung gaya gempa dapat dikalikan dengan suatu koefisien yang bergantung pada fungsi bangunan (PPURG 1987, Tabel 4). Fungsi bangunan adalah sebagai rumah tinggal sehingga dapat dikalikan dengan koefisien 0,3.

- W_2 : $0,3 \cdot 12 \cdot 58,6$ = 211 kg
- W_{total} : $W_1 + W_2 = 38729 + 11$ = 38940 kg

b. Faktor Keutamaan Gempa (I_e)

Fungsi bangunan adalah untuk sebagai rumah tinggal, sehingga nilai faktor keutamaan gempa adalah sebesar 1.

c. Koefisien Modifikasi Respons (R)

Bangunan rumah yang dibahas dalam skripsi ini menggunakan sistem dinding penumpu khususnya sistem dinding geser batu bata polos biasa dengan nilai koefisien modifikasi respons sebesar 1,5.

d. Koefisien Respons Seismik (C_s)

- Periode fundamental pendekatan struktur (T_a)

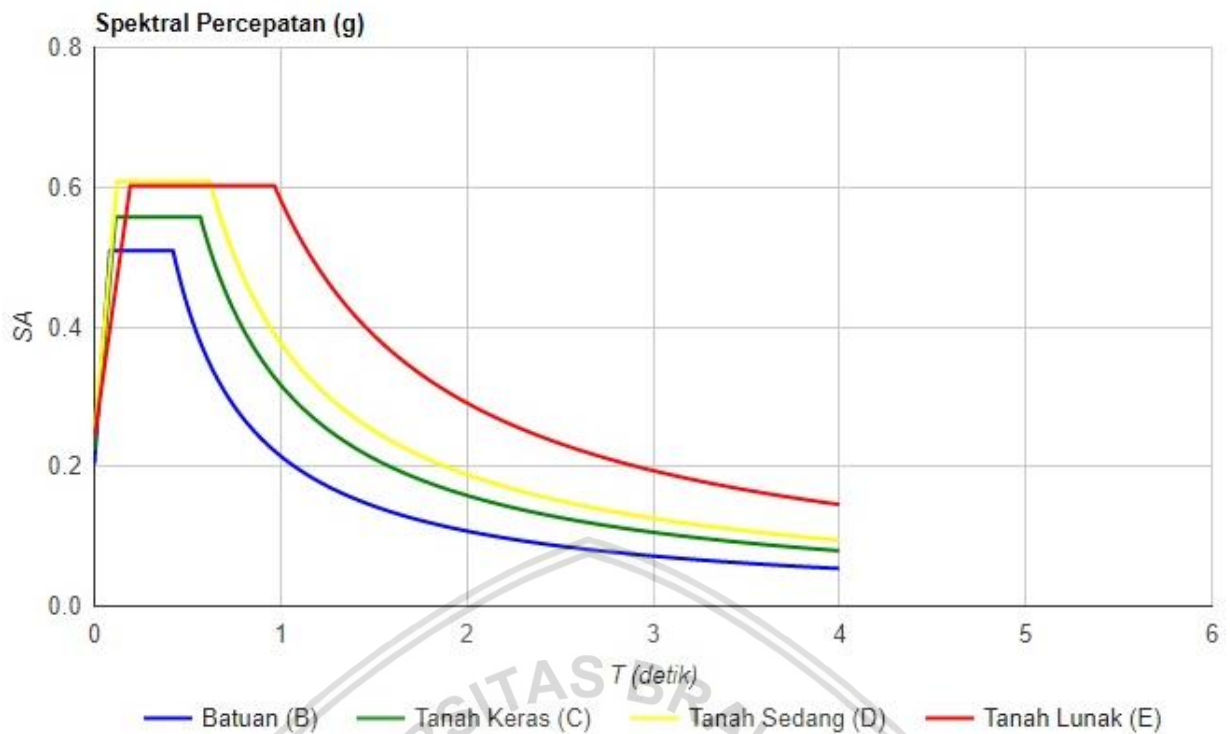
$$T_a = 0,0488 h_n^{0,75} = 0,0488 \cdot 4^{0,75} = 0,14 \text{ detik}$$

Menurut SNI 1726-2012 pasal 7.8.2, sebagai alternatif pada pelaksanaan analisis untuk menentukan perioda fundamental struktur, T , diijinkan secara langsung menggunakan perioda bangunan pendekatan, T_a , sehingga:

$$T_a = T = 0,138 \text{ detik}$$

Dengan menggunakan aplikasi yang telah disediakan oleh Dinas Pekerjaan Umum (PU), didapatkan grafik Respons Spektrum Permukaan rumah tinggal yang terletak pada koordinat $7^\circ 54' 51.72''$ Lintang Selatan, dan $112^\circ 36' 51.43''$ Bujur Timur.

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



Gambar 4.46 Grafik respons spektral percepatan permukaan denah C
 Sumber : (puskim.pu.go.id/Aplikasi/desain_spektra_indonesia_2011)

Kondisi tanah di area lokasi rumah tinggal B merupakan tanah sedang. Nilai S_s dapat dicari dengan menggunakan metode interpolasi. Dari grafik gambar 4.46 maka didapatkan:

$$S_{0,13} = 0,596 \text{ g}$$

$$S_{0,14} = 0,608 \text{ g}$$

$$T = 0,138 \text{ detik}$$

$$S_a = S_{0,13} + (S_{0,14} - S_{0,13})(T - 0,11) \cdot 100$$

$$S_a = 0,596 + (0,608 - 0,596)(0,138 - 0,11) \cdot 100$$

$$S_a = 0,63 \text{ g}$$

$$C_s (\text{hitungan}) = S_a / (R / I_e) = 0,63 / (1,5/1) = 0,42$$

$$C_s (\text{min}) = 0,044 \cdot S_{DS} \cdot I_e = 0,044 \cdot 0,608 \cdot 1 = 0,027 \geq 0,01 \text{ (ok)}$$

$$C_s (\text{maks}) = S_I / (T (R / I_e)) = 0,322 / (0,14 (1,5/1)) = 1,56$$

$$C_s = 0,42$$

e. Gaya Geser Dasar Seismik (V)

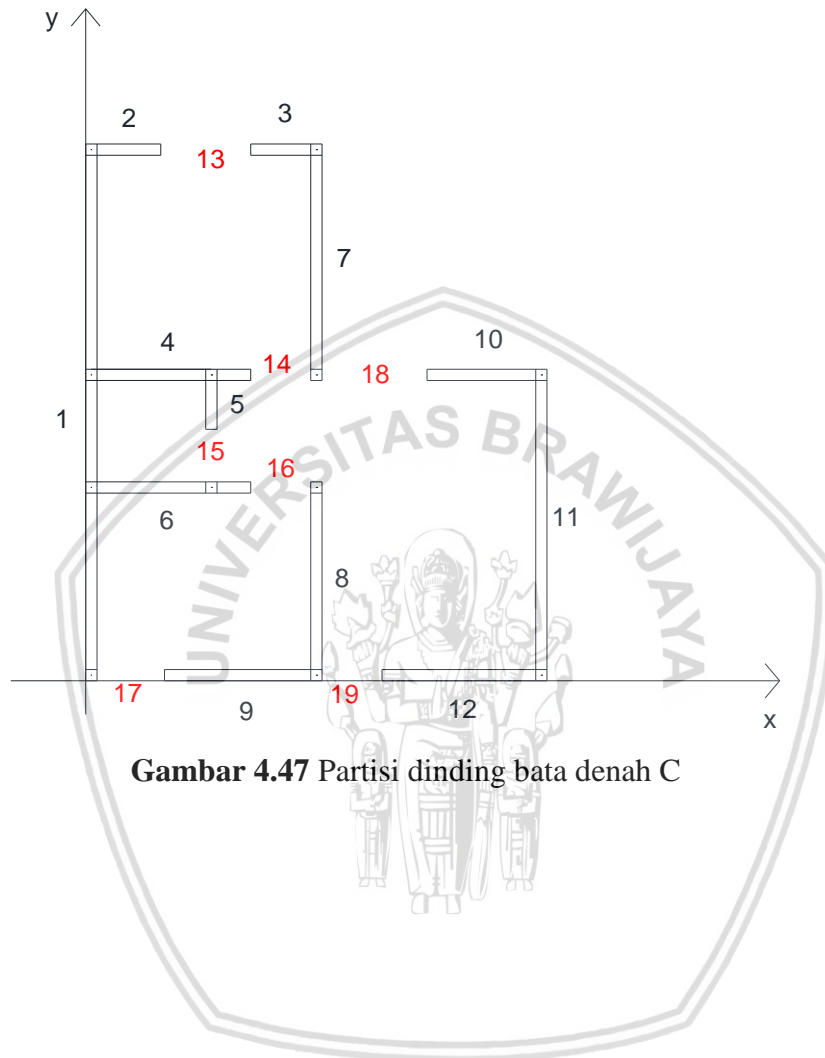
Gaya geser gempa total yang terjadi pada bangunan sesuai dengan ketentuan SNI 1726-2012 adalah sebagai berikut:

$$V = C_s \cdot W_{\text{total}} = 0,42 \cdot 38940 = 16345,29 \text{ kg}$$

4.14 Letak Beban Gempa

4.14.1 Pusat massa beban tembok denah C

Berikut adalah perhitungan pusat massa beban dari tembok, yang terdiri dari pasangan bata merah dan acian.



Gambar 4.47 Partisi dinding bata denah C

Tabel 4.29 Hasil perhitungan pusat massa dinding bata denah C

No	Dinding Bata				
	W_i (kg)	y_i (m)	x_i (m)	$W_i y_i$ (kgm)	$W_i x_i$ (kgm)
1	6550	3,58	0,08	23416	491
2	850	7,08	0,5	6014	425
3	800	7,08	2,68	5660	2140
4	1900	4,08	1,1	7743	2090
5	650	3,58	1,68	2324	1089
6	1900	2,58	1,1	4893	2090
7	2850	5,58	3,08	15889	8764
8	2350	1,33	3,08	3114	7226
9	1950	0,08	2,1	146	4095
10	1450	4,08	5,35	5909	7758
11	3850	2,08	6,08	7989	23389
12	2050	0,08	5,05	154	10353
13	600	7,08	1,6	4245	960
14	400	4,08	2,6	1630	1040
15	350	3	1,68	1050	586
16	400	2,58	2,6	1030	1040
17	450	0,08	0,6	34	270
18	700	4,08	3,85	2853	2695
19	400	0,08	3,55	30	1420
Σ	30450			94120	77920

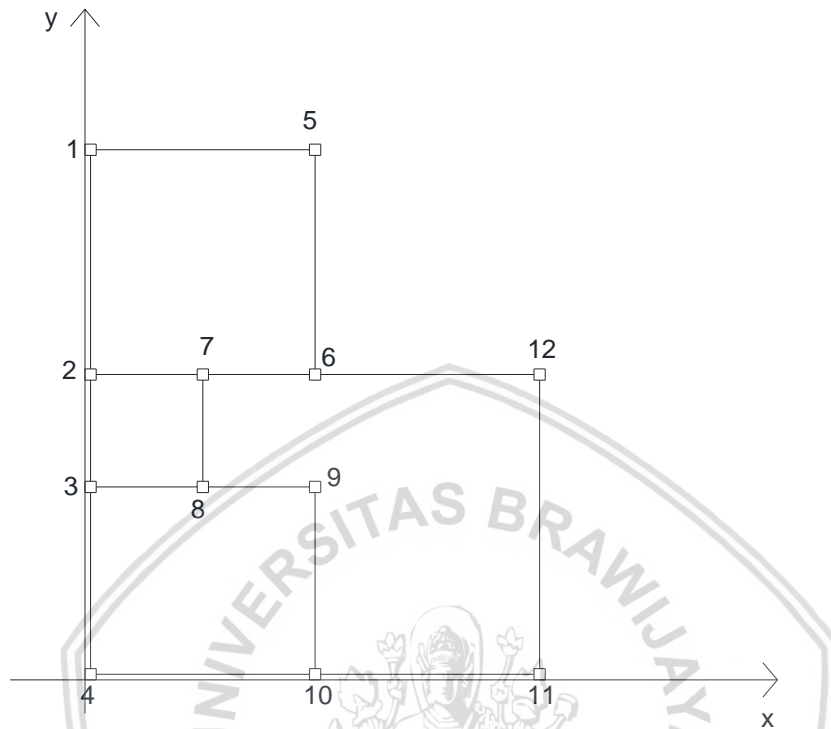
$$\bar{Y} = \frac{\Sigma W_i y_i}{\Sigma W_i} = \frac{94120}{30450} = 3,09 \text{ m}$$

$$\bar{X} = \frac{\Sigma W_i x_i}{\Sigma W_i} = \frac{77920}{30450} = 2,56 \text{ m}$$

$$\Sigma_{i=1}^{19} W_i = 30450 \text{ kg}$$

4.14.2 Pusat massa beban kolom denah C

Berikut adalah perhitungan pusat massa beban dari kolom beton bertulang dengan ukuran 15 cm x 15 cm.



Gambar 4.48 Penamaan kolom beton denah C

Tabel 4.30 Hasil perhitungan pusat massa kolom beton denah C

Kolom					
No	W_i (kg)	y_i (m)	x_i (m)	$W_i y_i$ (kgm)	$W_i x_i$ (kgm)
1	216	7,08	0,08	1528,2	16,2
2	216	4,08	0,08	880,2	16,2
3	216	2,58	0,08	556,2	16,2
4	216	0,08	0,08	16,2	16,2
5	216	7,08	3,08	1528,2	664,2
6	216	4,08	3,08	880,2	664,2
7	216	4,08	1,58	880,2	340,2
8	216	2,58	1,58	556,2	340,2
9	216	2,58	3,08	556,2	664,2
10	216	0,08	3,08	16,2	664,2
11	216	0,08	6,08	16,2	1312,2
12	216	4,08	6,08	880,2	1312,2
Σ	2592			8294,4	6026,4

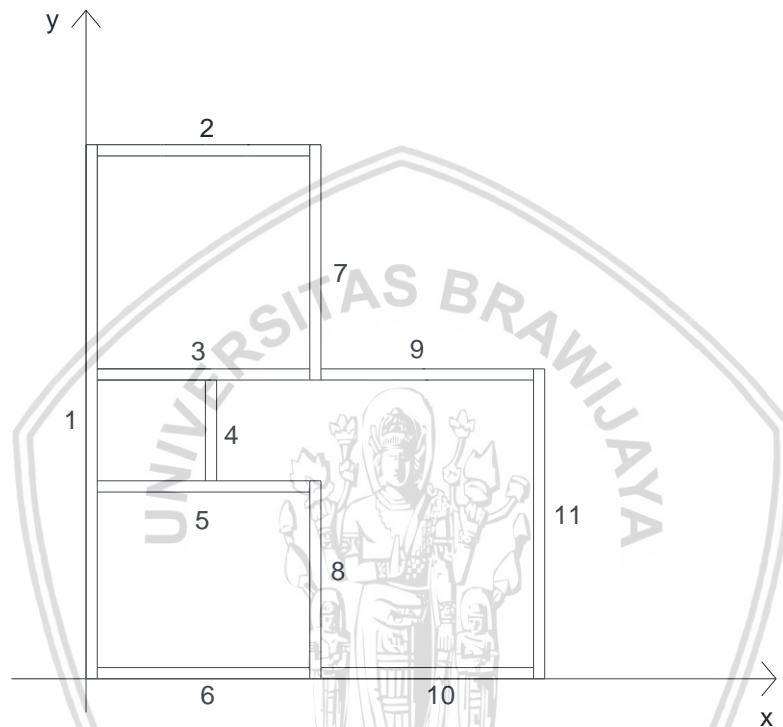
$$\bar{Y} = \frac{\Sigma W_i y_i}{\Sigma W_i} = \frac{8294,4}{2592} = 3,2 \text{ m}$$

$$\bar{X} = \frac{\sum W_i x_i}{\sum W_i} = \frac{6026,4}{2592} = 2,33 \text{ m}$$

$$\sum_{i=1}^{12} W_i = 2592 \text{ kg}$$

4.14.3 Pusat massa beban balok ring denah C

Berikut merupakan perhitungan pusat massa dari balok ring yang terbuat dari beton bertulang dengan ukuran 15 cm x 15 cm.



Gambar 4.49 Partisi balok ring denah C

Tabel 4.31 Hasil perhitungan pusat massa beban balok ring denah C

Balok Ring					
No	W_i (kg)	y_i (m)	x_i (m)	$W_i y_i$ (kgm)	$W_i x_i$ (kgm)
1	386,1	3,8	0,08	1380	29
2	153,9	7,08	1,58	1089	242
3	153,9	4,08	1,58	627	242
4	72,9	3,34	1,68	242	122
5	153,9	2,58	1,58	396	242
6	153,9	0,08	1,58	12	242
7	170,1	5,58	3,08	948	523
8	143,1	1,33	3,08	190	440
9	153,9	4,08	4,58	627	704
10	153,9	0,08	4,58	12	704
11	224,1	2,08	6,08	465	1361
Σ	1919,7			5988	4853

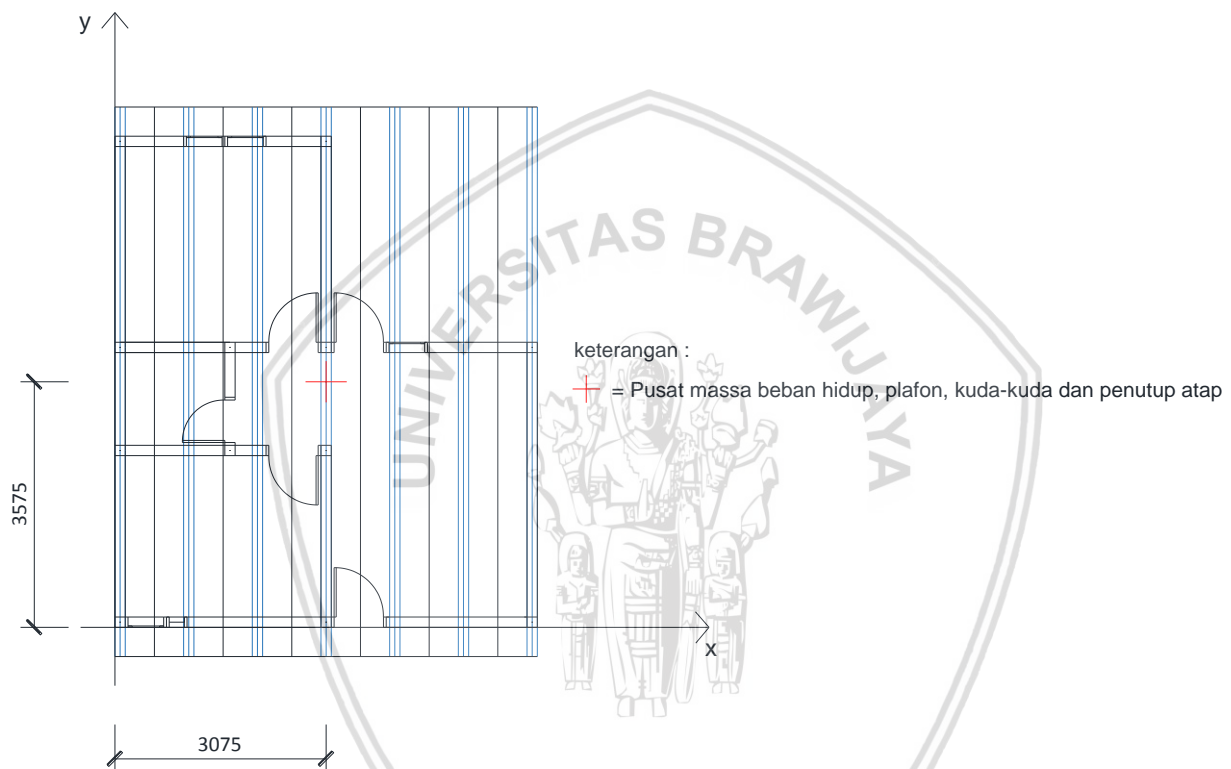
$$\bar{Y} = \frac{\sum W_i y_i}{\sum W_i} = \frac{5988}{1919,7} = 3,12 \text{ m}$$

$$\bar{X} = \frac{\sum W_i x_i}{\sum W_i} = \frac{4853}{1919,7} = 2,53 \text{ m}$$

$$\sum_{i=1}^{11} W_i = 1920 \text{ kg}$$

4.11.1 Pusat massa akibat beban hidup, penutup atap, plafon dan kuda-kuda denah C

Besar beban hidup, penutup atap, kuda-kuda, plafon telah dihitung pada subbab 4.13



Gambar 4.50 Letak pusat massa beban hidup, penutup atap, kuda-kuda plafon denah C

Dari gambar 4.50 didapatkan pusat massa beban hidup, penutup atap, kuda-kuda dan plafon

$$\bar{Y} = 3,575 \text{ m}$$

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

$$\sum W_i = 3978,35 \text{ kg}$$

4.14.4 Pusat massa akibat seluruh beban

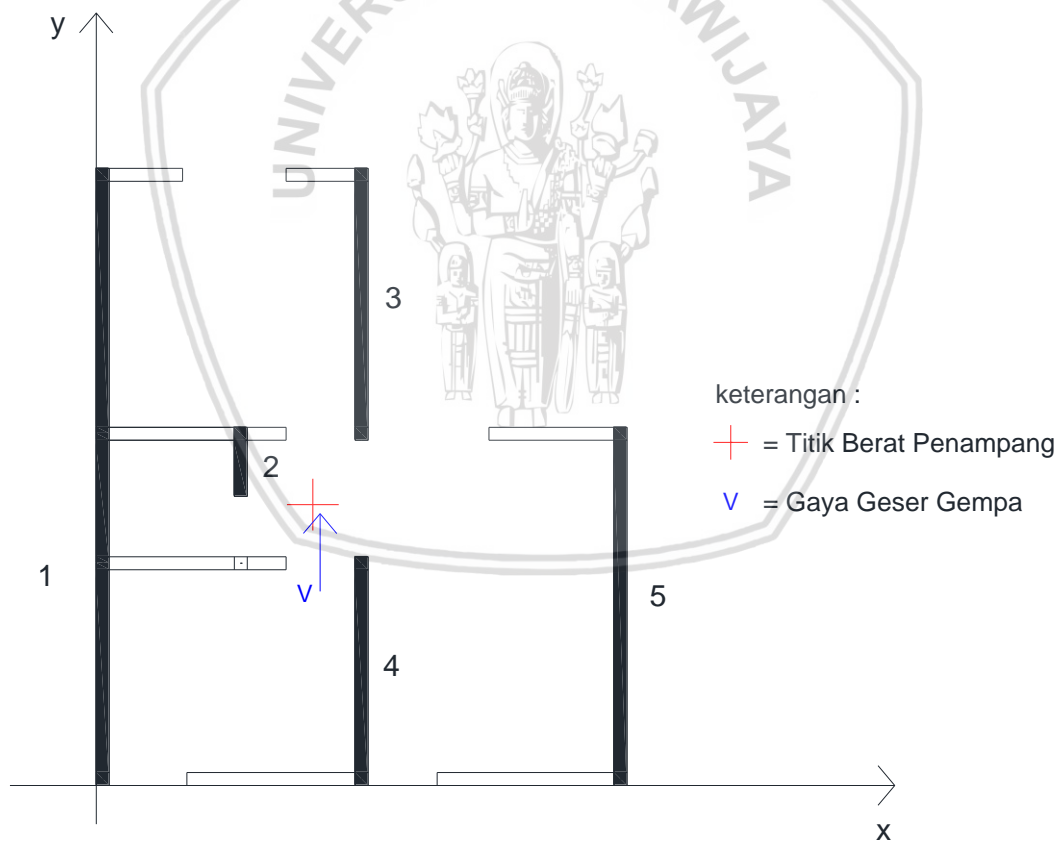
Tabel 4.32 Hasil perhitungan pusat massa semua beban denah C

Pusat Massa Semua Beban					
Beban	W_i (kg)	y_i (m)	x_i (m)	$W_i y_i$ (kgm)	$W_i x_i$ (kgm)
Bata	30450	3,09	2,56	94120	77920
Kolom	2592	3,2	2,33	8294,4	6026,4
Beban Hidup, Penutup Atap, Plafon dan Kuda-kuda	3978,3	3,58	3,08	14222,61	12233,44
Balok Ring	1919,7	3,12	2,53	5988,12	4853,32
Σ	38940			122625,14	101033,15

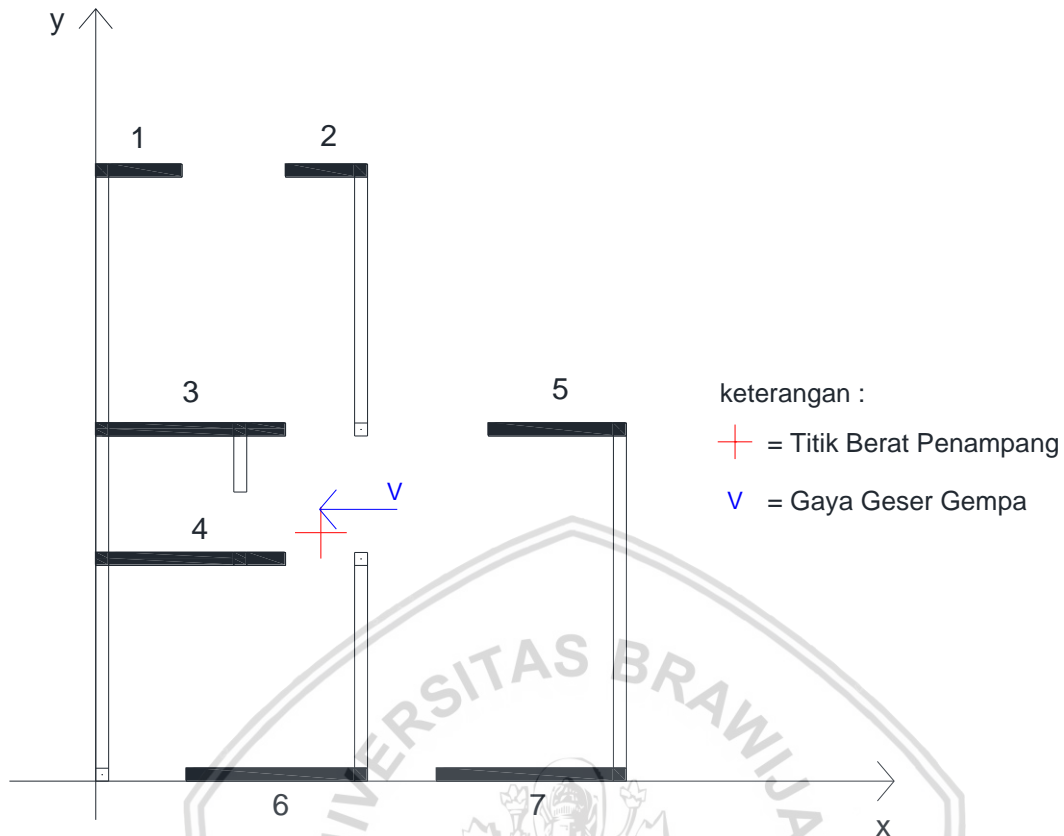
$$\bar{Y}_V = \frac{\Sigma W_i y_i}{\Sigma W_i} = \frac{122625,14}{38940} = 3,15 \text{ m}$$

$$\bar{X}_V = \frac{\Sigma W_i x_i}{\Sigma W_i} = \frac{101033,15}{38940} = 2,6 \text{ m}$$

$$\Sigma W_i = 38940 \text{ kg}$$



Gambar 4.51 Letak beban gempa dan pusat massa penampang elemen dinding denah C searah sumbu y



Gambar 4.52 Letak beban gempa dan pusat massa penampang elemen dinding denah C searah sumbu x

4.15 Perhitungan Tegangan Geser Dinding Bata

4.15.1 Tegangan geser akibat torsi denah C

Gaya geser gempa (V) sebesar 16345,29 kg bekerja pada koordinat (3,15, 2,6).

- Torsi pada penampang elemen dinding terhadap sumbu y
 - Mencari momen torsi M_x

Pusat massa penampang pada elemen dinding searah sumbu y didapat dari subbab 4.12.1

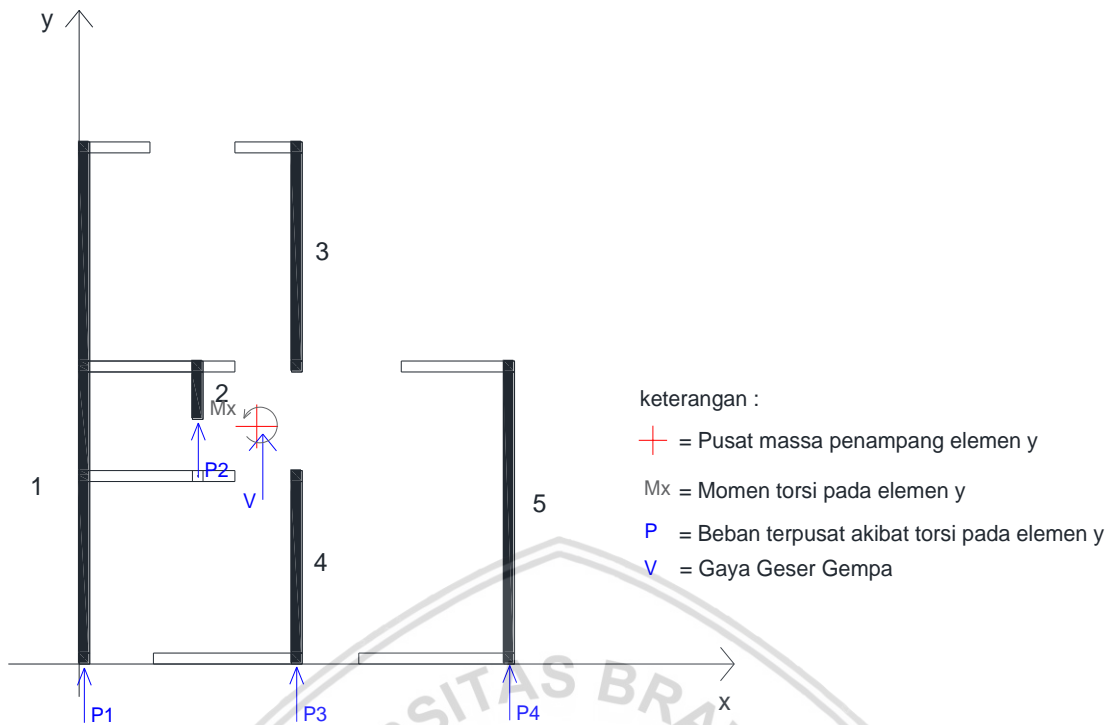
$$\bar{X}_x = 2,51 \text{ m}$$

Momen torsi pada penampang elemen dinding searah sumbu y (M_x)

$$M_x = V \cdot (\bar{X}_x - \bar{X}_V) = 16345,29 \cdot (2,51 - 2,6) = -1388,45 \text{ kgm (berlawanan jarum jam)}$$

Momen torsi M_x bekerja pada pusat massa penampang elemen dinding searah sumbu y.

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



Gambar 4.53 Gaya geser pada masing-masing dinding denah C akibat torsi M_x

Perhitungan beban geser P akibat momen torsi M_x

Tabel 4.33 Hasil perhitungan gaya geser pada elemen dinding denah C searah sumbu y

	x_i (m)	x_i^2 (m ²)	P_i (kg)
1	2,44	5,93	-171,98
2	0,84	0,7	-58,96
3	-0,57	0,32	39,94
4	-3,57	12,71	251,85
Σ		19,66	

- Torsi pada penampang elemen dinding searah sumbu x

Pusat massa penampang pada elemen dinding searah sumbu x didapat dari subbab 4.12.3

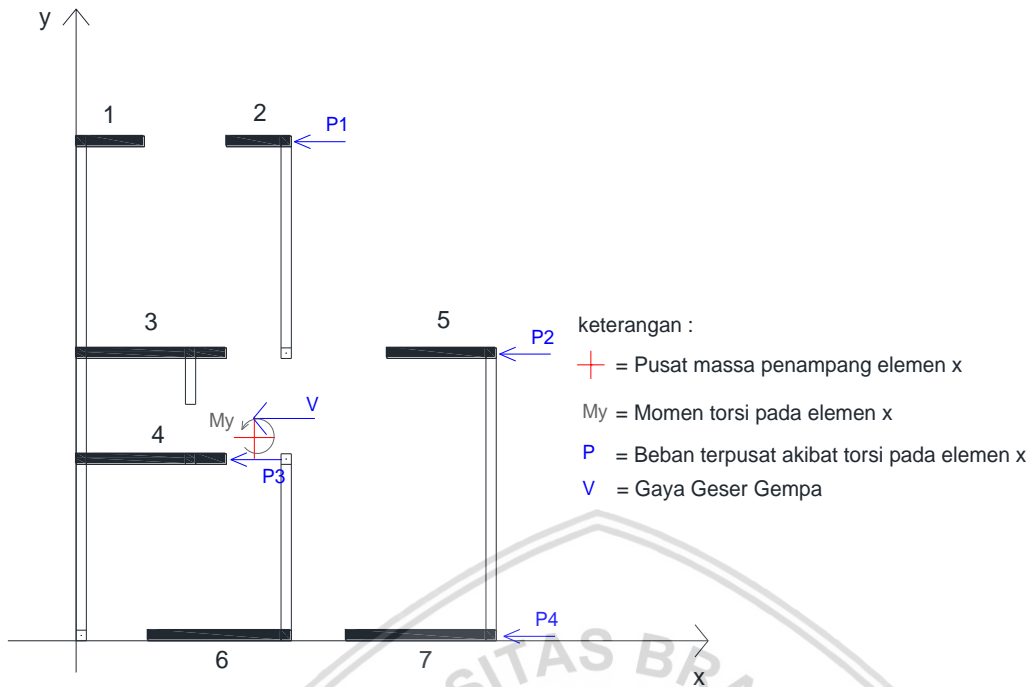
$$\bar{Y}_y = 2,88 \text{ m}$$

Momen torsi pada penampang elemen dinding searah sumbu x (M_y)

$$M_y = V \cdot (\bar{Y}_y - \bar{Y}_V = 16345,29 \cdot (2,88 - 3,15) = -4413,12 \text{ kgm (berlawanan jarum jam)}$$

Momen torsi M_y bekerja pada pusat massa penampang elemen dinding searah sumbu x

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



Gambar 4.54 Gaya geser pada masing-masing dinding denah C akibat torsi M_y

Perhitungan beban geser P akibat momen torsi M_y

Tabel 4.34 Hasil perhitungan gaya geser pada elemen dinding denah C searah sumbu x

	x_i (m)	x_i^2 (m ²)	P_i (kg)
1	-4,2	17,61	686,04
2	-1,2	1,43	195,53
3	0,3	0,09	-49,72
4	2,8	7,86	-458,47
Σ		26,99	

4.15.2 Tegangan geser akibat gaya geser gempa denah C

Karena mutu bahan dan inersia untuk masing-masing dinding sama, maka kekakuan (EI) sama sehingga gaya geser gempa bisa langsung dibagi dengan jumlah dinding (n).

- Tegangan geser akibat gaya geser gempa searah sumbu y

Gaya geser gempa (V) terdistribusi secara merata terhadap dinding sejumlah (n), sehingga:

Jumlah total gaya yang bekerja untuk elemen dinding searah sumbu y

$$n = 4$$

$$\frac{V}{n} = \frac{16345,29 \text{ kg}}{4} = 4086,3 \text{ kg}$$

- Tegangan geser akibat gaya geser gempa searah sumbu x

Jumlah total gaya yang bekerja untuk elemen dinding searah sumbu x

$$n = 4$$

$$\frac{V}{n} = \frac{16345,29 \text{ kg}}{4} = 4086,3 \text{ kg}$$

4.15.3 Tegangan geser total denah C

- Tegangan geser total akibat beban searah sumbu y

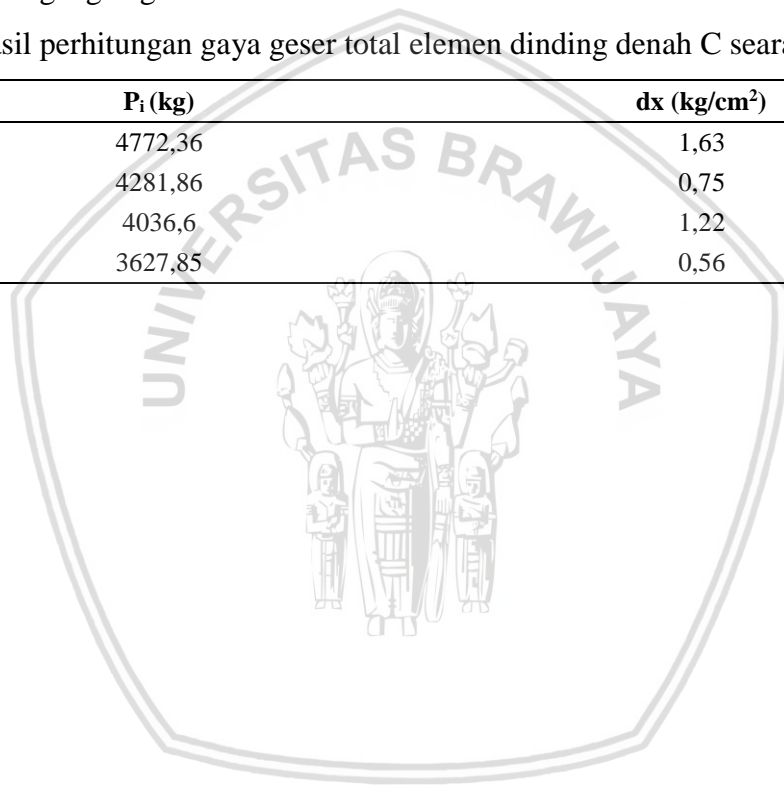
Tabel 4.35 Hasil perhitungan gaya geser total elemen dinding denah C searah sumbu y

	P_i (kg)	dx (kg/cm²)
1	3914,34	0,37
2	4027,36	3,36
3	4126,26	0,47
4	4338,18	0,7

- Tegangan geser total akibat beban searah sumbu x

Tabel 4.36 Hasil perhitungan gaya geser total elemen dinding denah C searah sumbu x

	P_i (kg)	dx (kg/cm²)
1	4772,36	1,63
2	4281,86	0,75
3	4036,6	1,22
4	3627,85	0,56

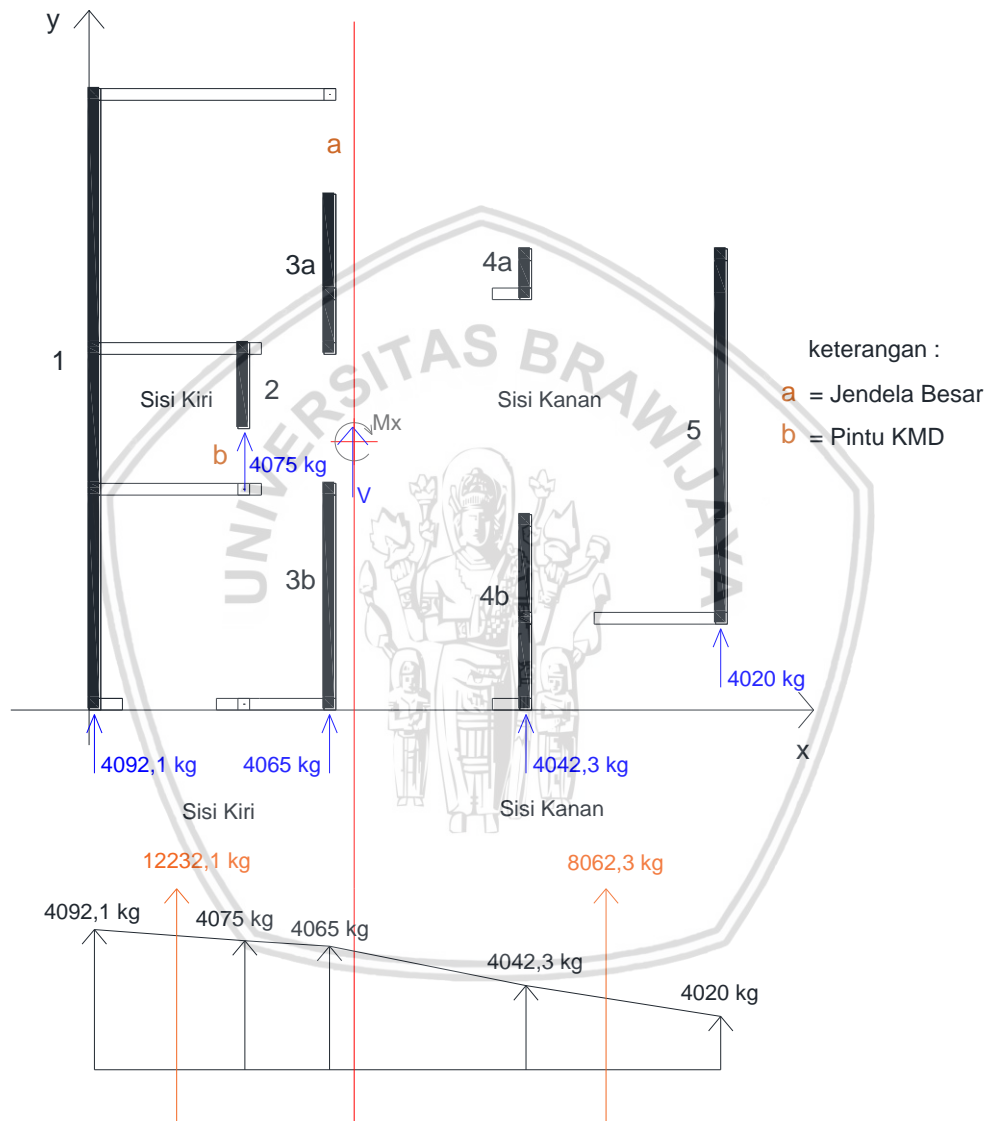


4.16 Perhitungan Persentase Bukaannya

4.16.1 Persentase bukaan denah A

Berikut merupakan perhitungan persentase bukaan untuk denah A. Penamaan masing-masing bukaan dan dinding serta distribusi gaya geser ditunjukkan pada gambar 4.55 dan gambar 4.56

- Bukaan pada penampang elemen dinding searah sumbu y



Gambar 4.55 Distribusi gaya geser pada elemen dinding denah A searah sumbu y

Pada gambar 4.55 terdapat bukaan meliputi a dan b yang merupakan jendela dan pintu kamar mandi sehingga.

$$L_{\text{jendela besar}} = 0,3 \cdot 2 = 0,6 \text{ m}$$

$$L_{\text{pintu KMD}} = 0,35 \text{ m}$$

$$L_{\text{bukaan}} = a + b = 0,6 + 0,35 = 0,95 \text{ m}$$

dan pada subbab 4.4.3 telah diketahui partisi balok pada penampang searah sumbu y meliputi balok 1,3,5,8,10,12 dan 14 sehingga.

$$\begin{aligned} L_{\text{balok}} &= L_1 + L_3 + L_5 + L_8 + L_{10} + L_{12} + L_{14} \\ &= 7,95 + 1,65 + 3,4 + 2,75 + 0,65 + 2,5 + 4,8 \\ &= 23,7 \text{ m} \end{aligned}$$

Sehingga persentase bukaan pada elemen dinding searah sumbu y dihitung sebagai berikut:

$$X_A = \frac{L_{\text{bukaan}}}{L_{\text{balok}}} \cdot 100\% = \frac{0,95}{23,7} \cdot 100\% = 4,01\%$$

Untuk sisi bagian kiri, terdapat bukaan a,b dan dinding 1,2,3,4 sehingga persentase dan luas dinding dapat dihitung sebagai berikut:

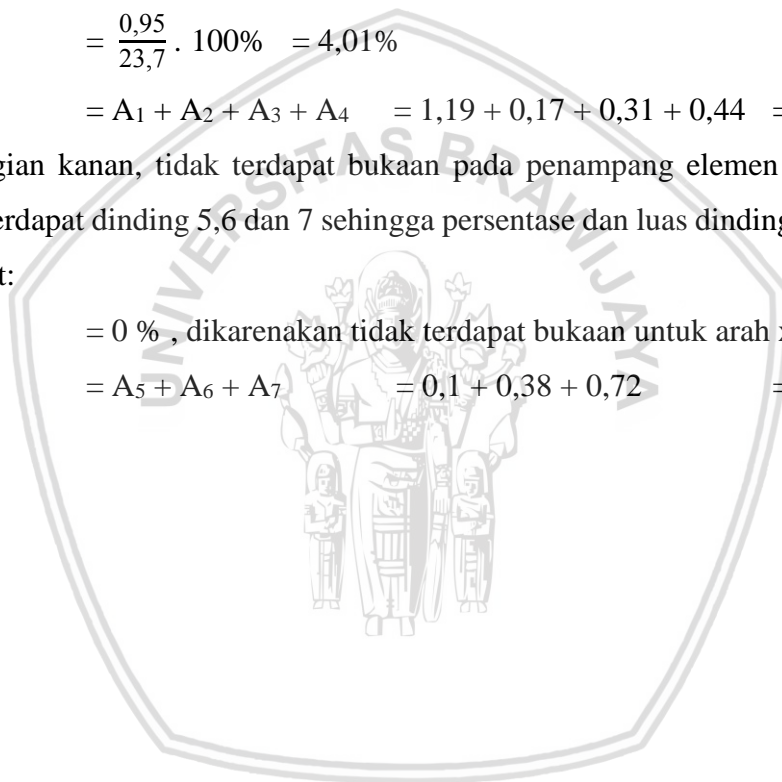
$$X_{\text{A kiri}} = \frac{0,95}{23,7} \cdot 100\% = 4,01\%$$

$$L_{\text{Adinding kiri}} = A_1 + A_2 + A_3 + A_4 = 1,19 + 0,17 + 0,31 + 0,44 = 2,1 \text{ m}^2$$

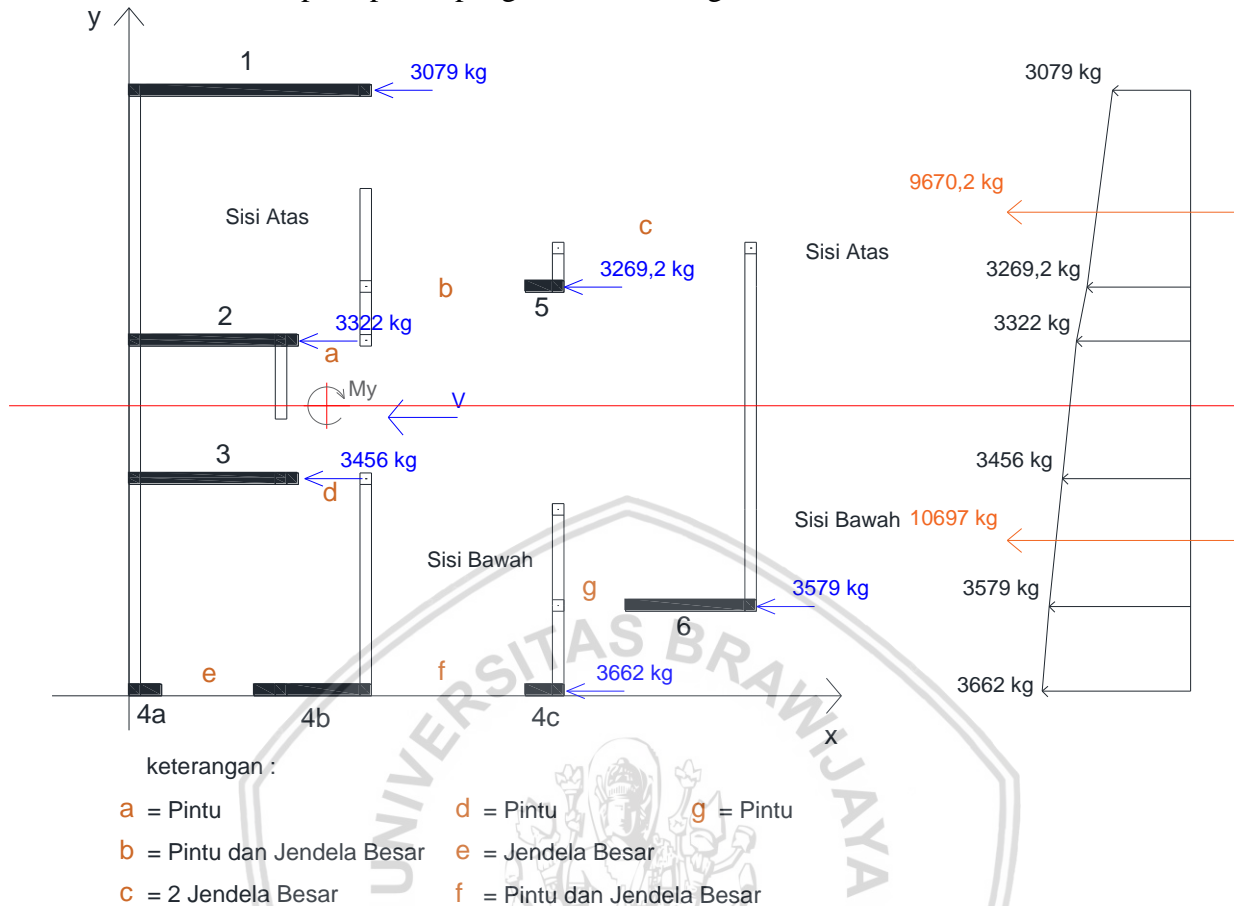
Untuk sisi bagian kanan, tidak terdapat bukaan pada penampang elemen dinding searah sumbu y dan terdapat dinding 5,6 dan 7 sehingga persentase dan luas dinding dapat dihitung sebagai berikut:

$$X_{\text{A kanan}} = 0\% , \text{ dikarenakan tidak terdapat bukaan untuk arah x di sisi kanan}$$

$$L_{\text{Adinding kanan}} = A_5 + A_6 + A_7 = 0,1 + 0,38 + 0,72 = 1,19 \text{ m}^2$$



- Bukaan pada penampang elemen dinding searah sumbu x



Gambar 4.56 Distribusi gaya geser pada elemen dinding denah A searah sumbu x

Pada gambar 4.56 terdapat bukaan meliputi a,b,c,d,e,f dan g sehingga didapatkan.

$$\begin{aligned}
 L_{\text{pintu}} &= 0,4 \text{ m} \\
 L_{\text{pintu KMD}} &= 0,35 \text{ m} \\
 L_{\text{jendela besar}} &= 0,3 \cdot 2 = 0,6 \text{ m} \\
 L_{2 \text{ jendela besar}} &= 0,575 + 0,6 = 1,18 \text{ m} \\
 L_{\text{bukaan}} &= a + b + c + d + e + f + g \\
 &= 0,4 + 1 + 1,18 + 0,4 + 0,6 + 1 + 0,4 \\
 &= 4,98 \text{ m}
 \end{aligned}$$

Dan pada subbab 4.4.3 telah diketahui partisi balok pada penampang searah sumbu x meliputi balok 2,4,6,7,9,11 dan 13 sehingga.

$$\begin{aligned}
 L_{\text{balok}} &= L_2 + L_4 + L_6 + L_7 + L_9 + L_{11} + L_{13} \\
 &= 2,85 + 2,85 + 2,85 + 5,35 + 2,35 + 2,35 + 2,35 \\
 &= 20,95 \text{ m}
 \end{aligned}$$

Sehingga persentase bukaan pada elemen dinding searah sumbu x dihitung sebagai berikut:

$$Y_A = \frac{L_{\text{bukaan}}}{L_{\text{balok}}} \cdot 100\% = \frac{4,98}{20,95} \cdot 100\% = 23,77\%$$

Untuk sisi bagian atas, terdapat bukaan a,b,c dan dinding 1,2,6 sehingga persentase dan luas dinding dapat dihitung sebagai berikut:

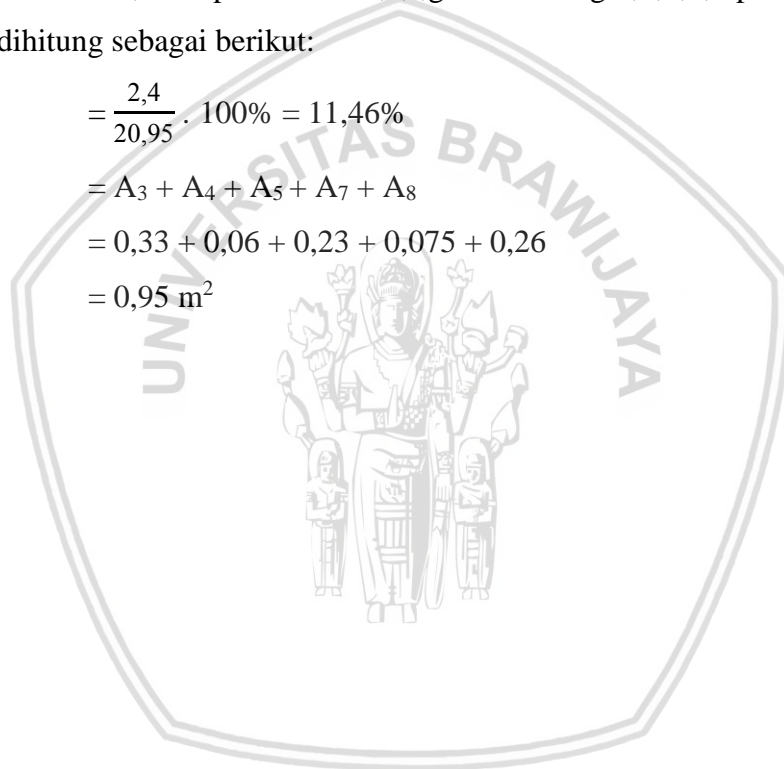
$$Y_{\text{Aatas}} = \frac{2,58}{20,95} \cdot 100\% = 12,32\%$$

$$\begin{aligned} L_{\text{Adinding atas}} &= A_1 + A_2 + A_6 \\ &= 0,47 + 0,33 + 0,075 \\ &= 0,88 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

Untuk sisi bagian bawah, terdapat bukaan d,e,f,g dan dinding 3,4,5,7,8 persentase dan luas dinding dapat dihitung sebagai berikut:

$$Y_{\text{Abawah}} = \frac{2,4}{20,95} \cdot 100\% = 11,46\%$$

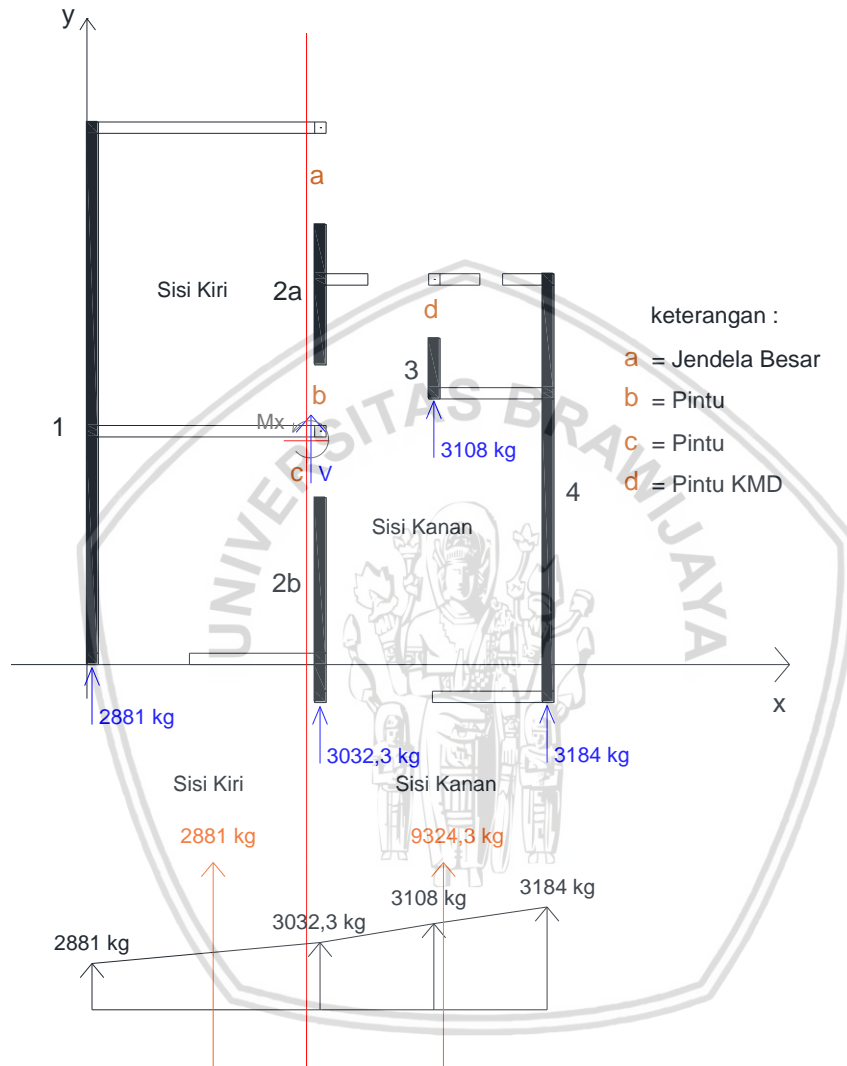
$$\begin{aligned} L_{\text{Adinding bawah}} &= A_3 + A_4 + A_5 + A_7 + A_8 \\ &= 0,33 + 0,06 + 0,23 + 0,075 + 0,26 \\ &= 0,95 \text{ m}^2 \end{aligned}$$



4.16.2 Persentase bukaan denah B

Berikut merupakan perhitungan persentase bukaan untuk denah B. Penamaan masing-masing bukaan dan dinding serta distribusi gaya geser ditunjukkan pada gambar 4.57 dan gambar 4.58

- Bukaan pada penampang elemen dinding searah sumbu y



Gambar 4.57 Distribusi gaya geser pada elemen dinding denah B searah sumbu y

Pada gambar 4.57 terdapat bukaan meliputi a,b,c dan d sehingga didapatkan.

$$\begin{aligned}
 L_{\text{bukaan}} &= a + b + c + d \\
 &= 0,6 + 0,4 + 0,4 + 0,35 = 1,75 \text{ m}
 \end{aligned}$$

dan pada subbab 4.9.3 telah diketahui partisi balok pada penampang searah sumbu y meliputi balok 1,5,7 dan 9 sehingga.

$$L_{\text{balok}} = 7,15 + 7,65 + 1,5 + 5,65 = 21,95 \text{ m}$$

Sehingga persentase bukaan pada elemen dinding searah sumbu y dihitung sebagai berikut:

$$X_B = \frac{L_{\text{bukaan}}}{L_{\text{balok}}} \cdot 100\% = \frac{1,75}{21,95} \cdot 100\% = 7,97\%$$

Untuk sisi bagian kiri, tidak terdapat bukaan pada elemen dinding searah sumbu y dan terdapat dinding 1 sehingga persentase dan luas dinding dapat dihitung sebagai berikut:

$$X_{B\text{kiri}} = 0\% , \text{dikarenakan tidak terdapat bukaan untuk arah x di sisi kiri}$$

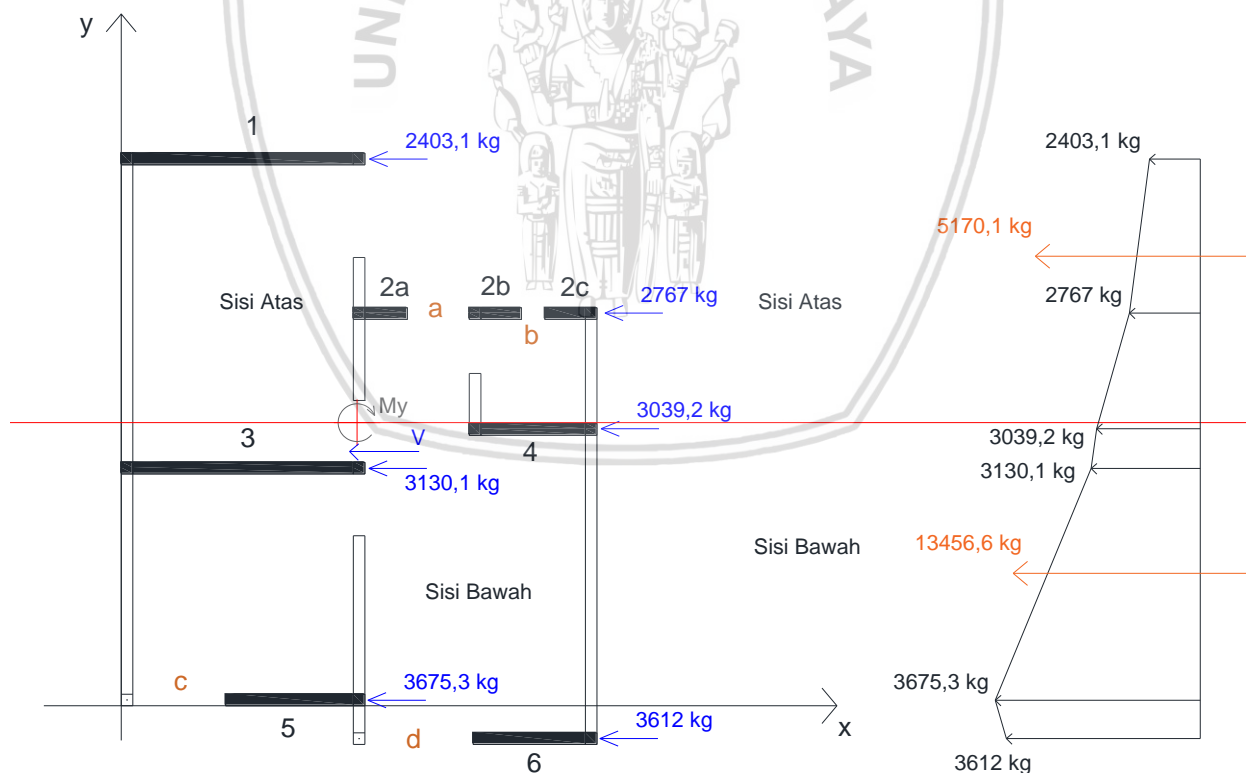
$$\begin{aligned} L_{B\text{dinding kiri}} &= A_1 \\ &= 1,07 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

Untuk sisi bagian kanan, terdapat bukaan a,b,c,d dan dinding 2,3,4,5 sehingga persentase dan luas dinding dapat dihitung sebagai berikut:

$$X_{B\text{kanan}} = \frac{1,75}{21,95} \cdot 100\% = 7,97\%$$

$$\begin{aligned} L_{B\text{dinding kanan}} &= A_2 + A_3 + A_4 + A_5 \\ &= 0,28 + 0,41 + 0,12 + 0,85 \\ &= 1,65 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

- Bukaan pada penampang elemen dinding searah sumbu x



keterangan :

- | | |
|------------------|-----------------------------|
| a = Pintu | c = Jendela Besar |
| b = Bukaan kecil | d = Pintu dan jendela kecil |

Gambar 4.58 Distribusi gaya geser pada elemen dinding denah B searah sumbu x

Pada gambar 4.58 terdapat bukaan meliputi a,b,c dan d sehingga didapatkan.

$$\begin{aligned} L_{\text{bukaan}} &= a + b + c + d \\ &= 0,4 + 0,15 + 0,6 + 0,7 = 1,85 \text{ m} \end{aligned}$$

Dan pada subbab 4.9.3 telah diketahui partisi balok pada penampang searah sumbu x meliputi balok 2,3,4,6,8 dan 10 sehingga.

$$L_{\text{balok}} = 2,85 + 2,85 + 2,85 + 1,35 + 2,85 + 2,85 = 15,6 \text{ m}$$

Sehingga persentase bukaan pada elemen dinding searah sumbu x dihitung sebagai berikut:

$$Y_B = \frac{L_{\text{bukaan}}}{L_{\text{balok}}} \cdot 100\% = \frac{1,85}{15,6} \cdot 100\% = 11,86\%$$

Untuk sisi bagian atas, terdapat bukaan a,b dan dinding 1,2,3,4 sehingga persentase dan luas dinding dapat dihitung sebagai berikut:

$$Y_{\text{Batas}} = \frac{0,55}{15,6} \cdot 100\% = 3,53\%$$

$$\begin{aligned} L_{\text{Dinding atas}} &= A_1 + A_2 + A_3 + A_4 \\ &= 0,47 + 0,11 + 0,1 + 0,1 \\ &= 0,78 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

Untuk sisi bagian bawah, terdapat bukaan c,d dan dinding 5,6,7,8 sehingga persentase dan luas dinding dapat dihitung sebagai berikut:

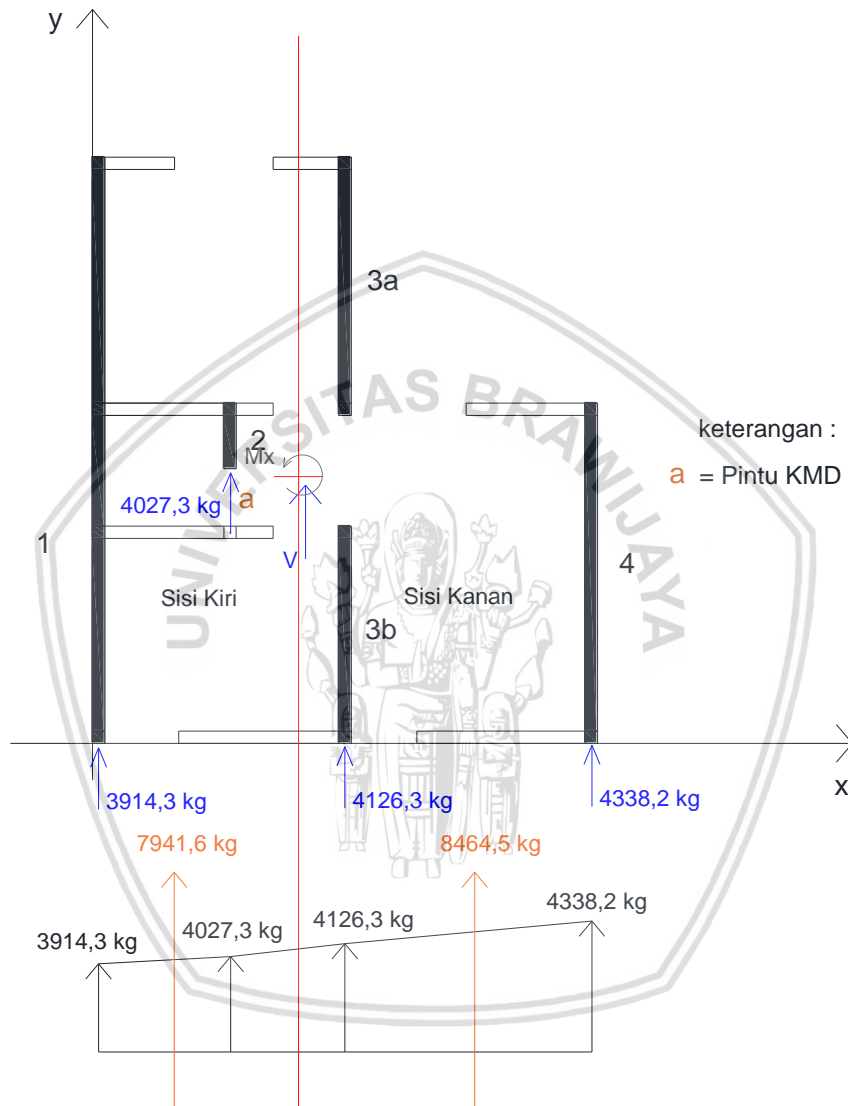
$$Y_{\text{Bawah}} = \frac{1,3}{15,6} \cdot 100\% = 8,34\%$$

$$\begin{aligned} L_{\text{Dinding bawah}} &= A_5 + A_6 + A_7 + A_8 \\ &= 0,47 + 0,25 + 0,27 + 0,24 \\ &= 1,23 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

4.16.3 Persentase bukaan denah C

Berikut merupakan perhitungan persentase bukaan untuk denah C. Penamaan masing-masing bukaan dan dinding serta distribusi gaya geser ditunjukkan pada gambar 4.59 dan gambar 4.60

- Bukaan pada penampang elemen dinding searah sumbu y



Gambar 4.59 Distribusi gaya geser pada elemen dinding denah C searah sumbu y

Pada gambar 4.59 terdapat bukaan meliputi a saja sehingga didapatkan.

$$L_{\text{bukaan}} = a = 0,35 \text{ m}$$

dan pada subbab 4.14.3 telah diketahui partisi balok pada penampang searah sumbu y meliputi balok 1,4,7,8 dan 11 sehingga.

$$L_{\text{balok}} = 7,15 + 3,15 + 1,35 + 2,65 + 4,15 = 18,45 \text{ m}$$

Sehingga persentase bukaan pada elemen dinding searah sumbu y dihitung sebagai berikut:

$$X_C = \frac{L_{\text{bukaan}}}{L_{\text{balok}}} \cdot 100\% = \frac{0,35}{18,45} \cdot 100\% = 1,9\%$$

Untuk sisi bagian kiri, terdapat bukaan a dan dinding $1,2$ sehingga persentase dan luas dinding dapat dihitung sebagai berikut:

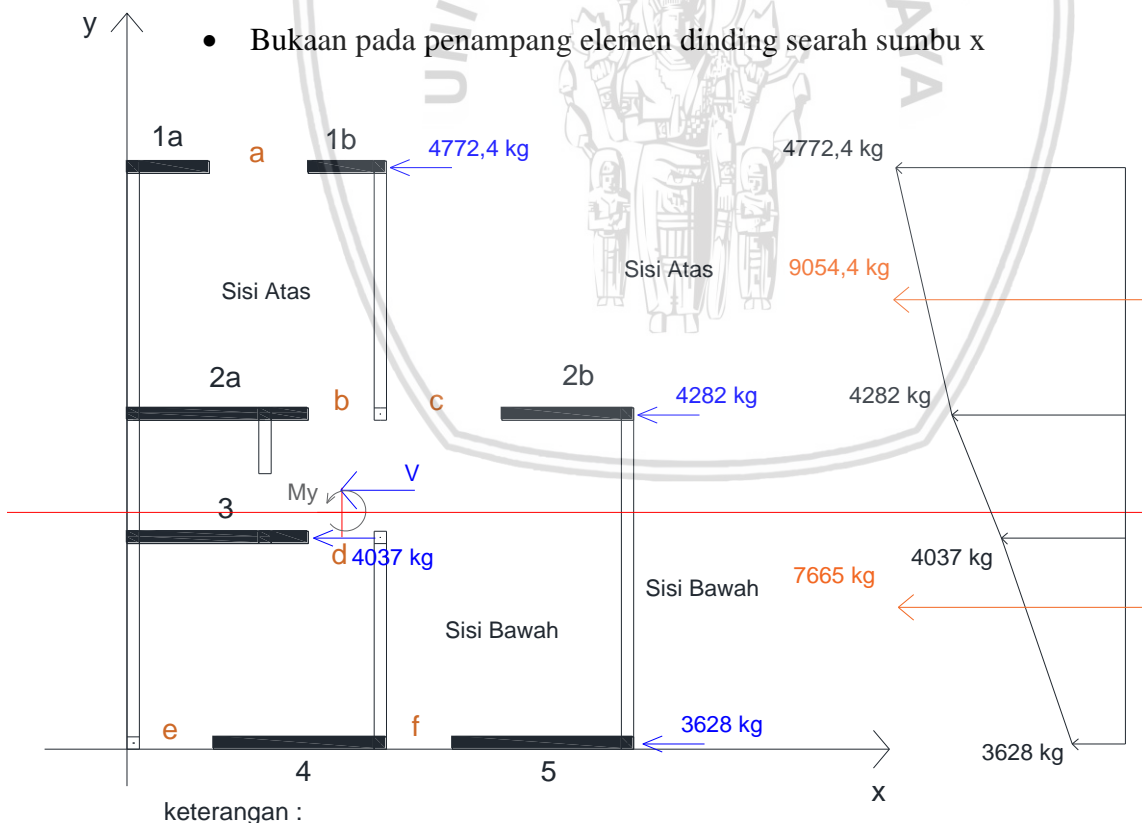
$$X_{C\text{kiri}} = \frac{0,35}{18,45} \cdot 100\% = 1,9\%$$

$$\begin{aligned} L_{C\text{dinding kiri}} &= A_1 + A_2 \\ &= 1,07 + 0,12 \\ &= 1,19 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

Untuk sisi bagian kanan, tidak terdapat bukaan pada elemen dinding searah sumbu y dan terdapat dinding $3,4,5$ sehingga persentase dan luas dinding dapat dihitung sebagai berikut:

$$X_{C\text{kanan}} = 0\% \text{ , dikarenakan tidak terdapat bukaan untuk arah } x \text{ di sisi kanan}$$

$$\begin{aligned} L_{C\text{dinding kanan}} &= A_3 + A_4 + A_5 \\ &= 0,47 + 0,4 + 0,62 \\ &= 1,49 \text{ m}^2 \end{aligned}$$



- | | |
|------------------------------------|-------------------------------------|
| a = Jendela Besar | d = Pintu |
| b = Pintu | e = Jendela dan Bukaan Kecil |
| c = Pintu dan Jendela Kecil | f = Pintu |

Gambar 4.60 Distribusi gaya geser pada elemen dinding denah C searah sumbu x

Pada gambar 4.60 terdapat bukaan meliputi a,b,c,d,e dan f sehingga didapatkan.

$$\begin{aligned} L_{\text{bukaan}} &= a + b + c + d + e + f \\ &= 0,6 + 0,4 + 0,7 + 0,4 + 0,45 + 0,4 \\ &= 2,95 \text{ m} \end{aligned}$$

Dan pada subbab 4.14.3 telah diketahui partisi balok pada penampang searah sumbu x meliputi balok 2,3,5,6,9 dan 10 sehingga.

$$L_{\text{balok}} = 2,85 + 2,85 + 2,85 + 2,85 + 2,85 + 2,85 = 17,1 \text{ m}$$

Sehingga persentase bukaan pada elemen dinding searah sumbu x dihitung sebagai berikut:

$$Y_C = \frac{L_{\text{bukaan}}}{L_{\text{balok}}} \cdot 100\% = \frac{2,95}{17,1} \cdot 100\% = 17,25\%$$

Untuk sisi bagian atas, terdapat bukaan a,b,c dan dinding 1,2,3,5 sehingga persentase dan luas dinding dapat dihitung sebagai berikut:

$$Y_{\text{Catas}} = \frac{1,7}{17,1} \cdot 100\% = 9,94\%$$

$$\begin{aligned} L_{\text{Cdinding atas}} &= A_1 + A_2 + A_3 + A_5 \\ &= 0,15 + 0,14 + 0,33 + 0,24 \\ &= 0,86 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

Untuk sisi bagian bawah, terdapat bukaan d,e,f dan dinding 4,6,7 sehingga persentase dan luas dinding dapat dihitung sebagai berikut:

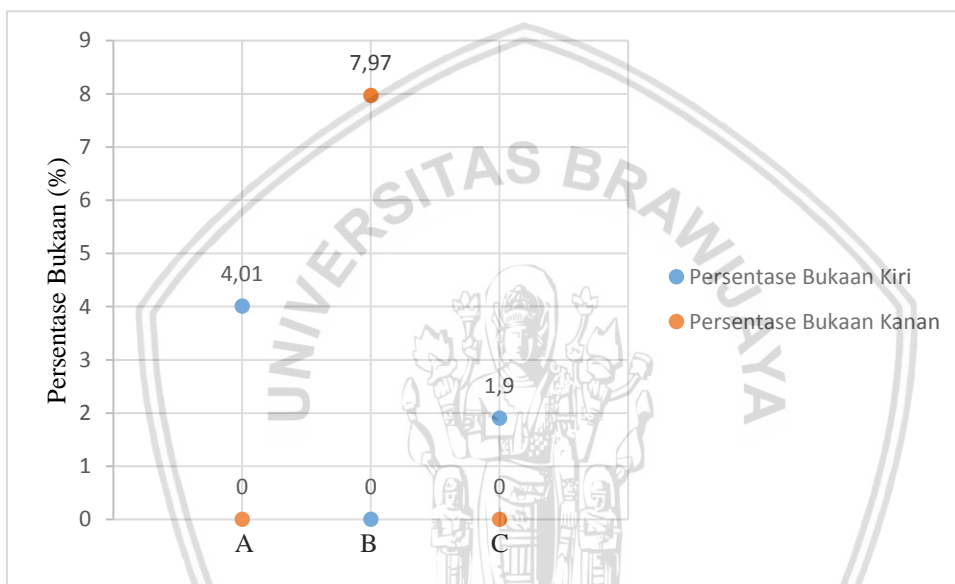
$$Y_{\text{Cbawah}} = \frac{1,25}{17,1} \cdot 100\% = 7,31\%$$

$$\begin{aligned} L_{\text{Cdinding bawah}} &= A_4 + A_6 + A_7 \\ &= 0,33 + 0,32 + 0,33 \\ &= 0,98 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

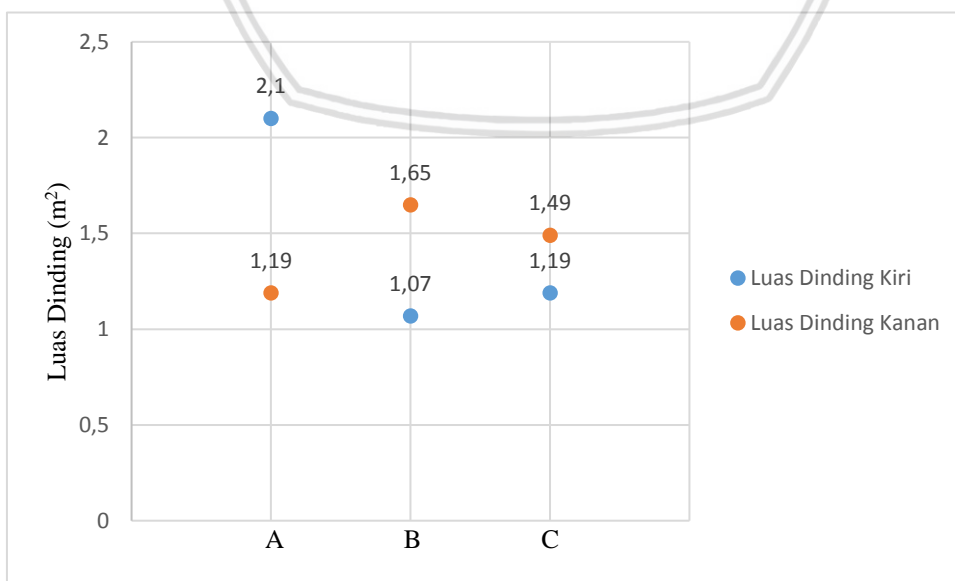
Dari semua perhitungan yang telah dilakukan dari subbab 4.1 sampai dengan subbab 4.16, maka persentase bukaan dan distribusi gaya geser yang terjadi dapat di rangkum dan dibandingkan sebagai berikut:

Tabel 4.37 Perbandingan persentase bukaan sisi kiri dan kanan untuk semua denah

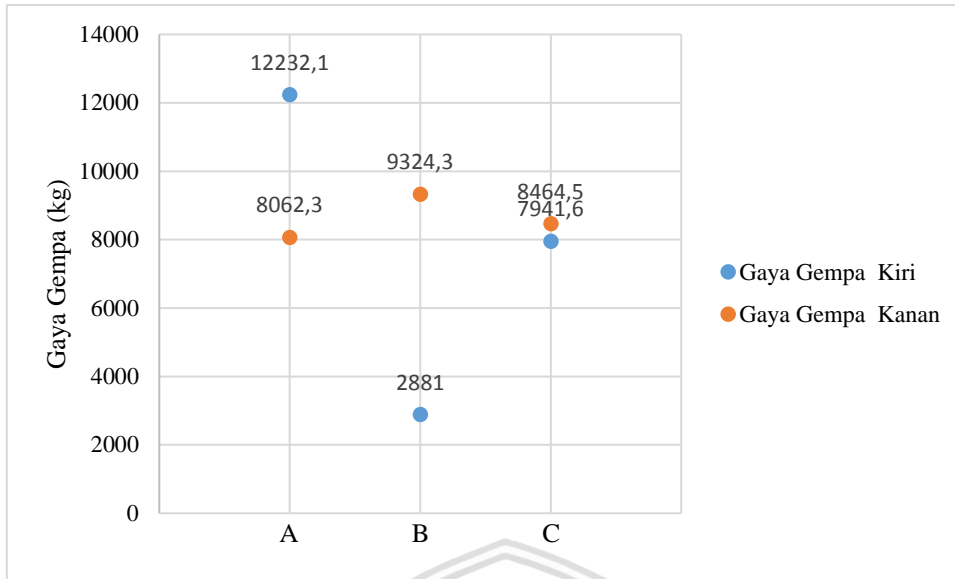
Denah	Persentase Bukaan (%)		Luas Dinding (m ²)		Gaya Gempa (kg)	
	Kiri	Kanan	Kiri	Kanan	Kiri	Kanan
A	4,01	0	2,1	1,19	12232,1	8062,3
B	0	7,97	1,07	1,65	2881	9324,3
C	1,9	0	1,19	1,49	7941,6	8464,5



Gambar 4.61 Diagram grafik perbandingan persentase bukaan sisi kiri dan kanan



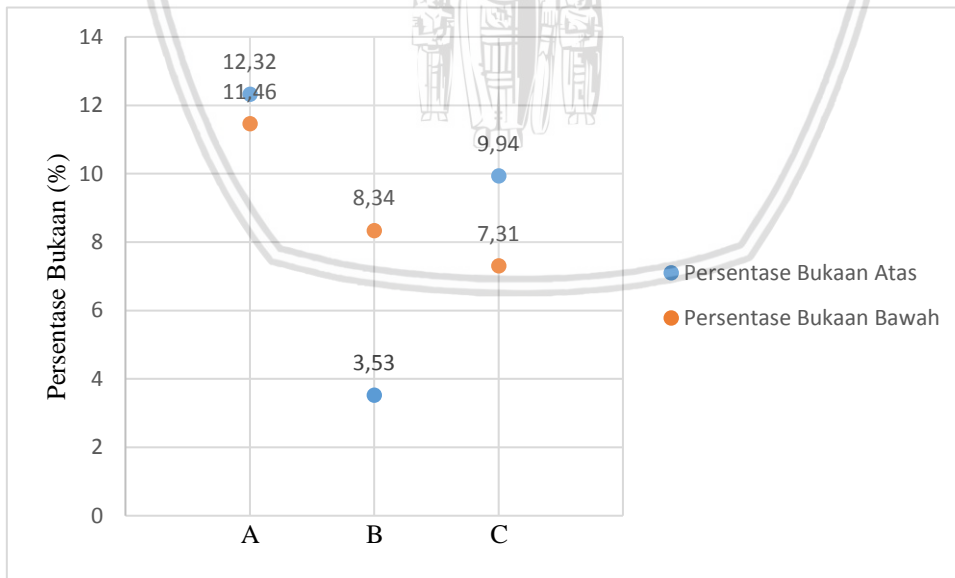
Gambar 4.62 Diagram grafik perbandingan luas dinding sisi kiri dan kanan



Gambar 4.63 Diagram grafik perbandingan gaya gempa sisi kiri dan kanan

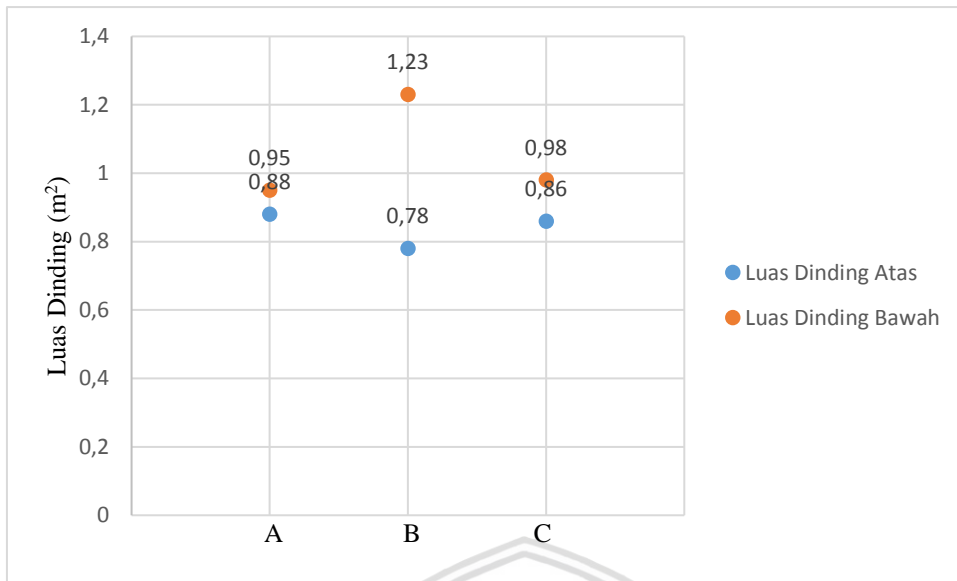
Tabel 4.38 Perbandingan persentase bukaan sisi atas dan bawah untuk semua denah

Denah	Persentase Bukaan (%)		Luas Dinding (m ²)		Gaya Gempa (kg)	
	Atas	Bawah	Atas	Bawah	Atas	Bawah
A	12,32	11,46	0,88	0,95	9670,2	10697
B	3,53	8,34	0,78	1,23	5170,1	13456,6
C	9,94	7,31	0,86	0,98	9054,4	7665

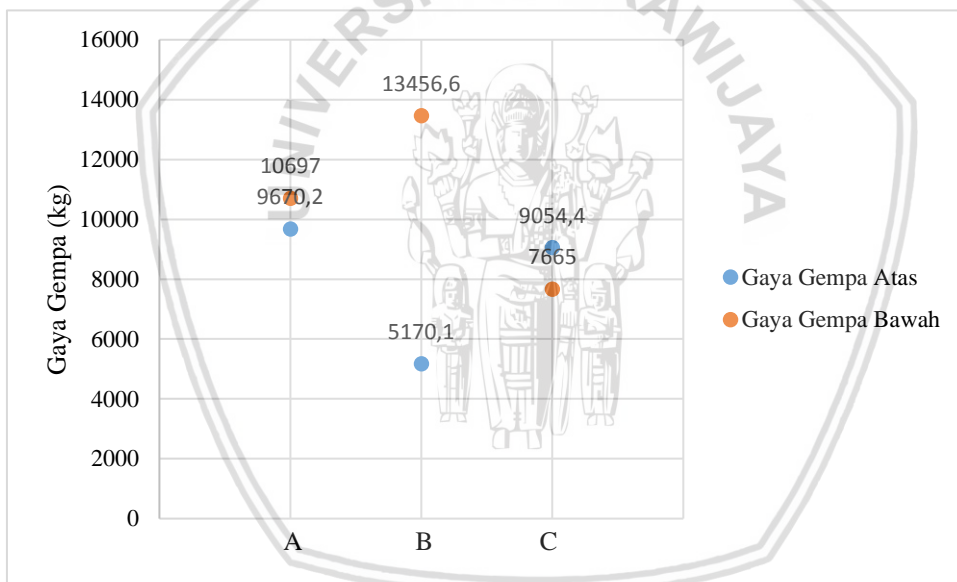


Gambar 4.64 Diagram grafik perbandingan persentase bukaan sisi atas dan bawah





Gambar 4.65 Diagram grafik perbandingan luas dinding sisi atas dan bawah



Gambar 4.66 Diagram grafik perbandingan gaya gempa untuk sisi atas dan bawah

BAB V

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Dari hasil pembahasan dan perhitungan dapat diambil kesimpulan mengenai pengaruh dan perbandingan letak bukaan dan gaya gempa yang terjadi untuk setiap denah sebagai berikut:

1. Pengaruh letak bukaan terhadap total gaya yang terjadi untuk setiap denah adalah:
 - a. Persentase bukaan pada elemen dinding denah A searah sumbu y (sisi kiri kanan) dan searah sumbu x (sisi atas bawah)

Untuk letak bukaan searah sumbu y pada sisi kiri mempunyai persentase bukaan lebih besar yaitu sebesar 4,01% dari sisi kanan sehingga total gaya yang diterima pada sisi bagian kiri lebih besar dari sisi bagian kanan.

Pada letak bukaan searah sumbu x sisi atas mempunyai persentase bukaan sebesar 12,32% lebih besar dari sisi bawah yang hanya memiliki persentase bukaan sebesar 11,46%. Meskipun persentase bukaan sisi atas lebih besar dari sisi bawah namun sisi bawah memiliki luas dinding seluas $0,95 \text{ m}^2$ lebih luas dari sisi atas yang hanya memiliki luas $0,88 \text{ m}^2$ sehingga total gaya yang diterima pada sisi bagian bawah lebih besar dari sisi bagian atas.

- b. Persentase bukaan pada elemen dinding denah B searah sumbu y (sisi kiri kanan) dan searah sumbu x (sisi atas bawah)

Untuk letak bukaan searah sumbu y pada sisi kanan mempunyai persentase bukaan sebesar 7,97% lebih besar dari sisi kiri sehingga total gaya yang diterima sisi bagian kanan lebih besar dari sisi bagian kiri.

Pada letak bukaan searah sumbu x sisi atas mempunyai persentase bukaan lebih kecil yaitu hanya sebesar 3,53% daripada sisi bawah yang memiliki persentase sebesar 8,34% sehingga total gaya yang diterima sisi bagian bawah lebih besar dari sisi bagian atas.

- c. Persentase bukaan pada elemen dinding denah C searah sumbu y (sisi kiri kanan) dan searah sumbu x (sisi atas bawah)

Untuk letak bukaan searah sumbu y pada sisi kiri mempunyai persentase bukaan lebih besar dari sisi kanan sebesar 2,9%. Meskipun persentase bukaan sisi kiri lebih besar, namun sisi kanan memiliki luas dinding lebih luas seluas 1,49 m² daripada sisi kiri yang hanya memiliki luas 1,19 m² sehingga total gaya yang diterima sisi bagian kanan lebih besar dari sisi bagian kiri.

Pada letak bukaan searah sumbu x sisi atas mempunyai persentase bukaan sebesar 9,94% lebih besar dari sisi bawah yang hanya memiliki persentase sebesar 7,31%. Meskipun persentase bukaan sisi atas lebih besar namun sisi bawah memiliki luas dinding seluas 0,98 m² lebih luas dari sisi atas yang hanya memiliki luas 0,86 m² sehingga total gaya yang diterima sisi bagian bawah lebih besar dari sisi bagian atas.

2. Dari hasil pengaruh letak bukaan terhadap total gaya yang terjadi diatas, diketahui bahwa semakin banyak bukaan atau semakin luas dinding pada satu sisi, maka semakin besar gaya gempa yang terjadi pada sisi tersebut. Hal ini membuktikan bahwa posisi letak bukaan dan dinding pada masing-masing denah bangunan rumah sangat mempengaruhi distribusi gaya gempa yang terjadi.
3. Berikut merupakan hasil perbandingan denah yang paling baik diantara ketiga denah yang ditinjau.
 - a. Denah C merupakan denah yang paling baik dalam menahan gaya gempa searah sumbu y karena selisih gaya gempa sisi kiri dan kanan paling kecil.
 - b. Dalam menahan gaya gempa searah sumbu x, denah A merupakan denah yang paling baik karena selisih gaya gempa sisi atas dan bawah paling kecil.

5.2 Saran

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, tidak menutup kemungkinan terjadi suatu kesalahan baik dari segi analisa pengambilan data maupun dari segi perhitungan. Untuk itu beberapa saran dibuat sebagai penyempurnaan skripsi ini selanjutnya, diantaranya:

1. Dalam meninjau denah yang digunakan sebaiknya mengambil sampel denah rumah dengan tipe yang sama sehingga meminimalisir kesalahan pada perhitungan dan dapat menghasilkan perbandingan data yang lebih akurat.
2. Dalam melakukan proses perencanaan gempa perlu lebih diperhatikan daerah sampel rumah yang ditinjau karena terdapat ketentuan keras tanah atau batuan untuk setiap daerah khususnya daerah kota Malang.



(Halaman ini sengaja dikosongkan)



DAFTAR PUSTAKA

- Anonim. 2018. *Baja Ringan CBM 0.75mm*. <http://histeel.co.id/product-categories/baja-ringan/cbmx-0-75>. (diakses 15 Februari 2018).
- 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. *Contruction 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 4 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. *Konstruksi Bangunan Gedung*. Idea Darma.
- Wisnumurti. 2010. Struktur Dinding Bata Merah Lokal Dengan Perkuatan Bilah Bambu Di Daerah Rawan Gempa. *Disertasi*. Tidak dipublikasikan. Malang: Universitas Brawijaya.

