

**PERBANDINGAN KINERJA SEISMIK DINDING GESER
DAN BRESING PADA RUMAH SUSUN DI DESA
SILANGKITANG TAPANULI UTARA**

SKRIPSI

OLEH:

**MUHAMMAD FAUZAN ABIYU
208110013**



**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MEDAN AREA
MEDAN
2024**

UNIVERSITAS MEDAN AREA

© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang

1. Dilarang Mengutip sebagian atau seluruh dokumen ini tanpa mencantumkan sumber
2. Pengutipan hanya untuk keperluan pendidikan, penelitian dan penulisan karya ilmiah
3. Dilarang memperbanyak sebagian atau seluruh karya ini dalam bentuk apapun tanpa izin Universitas Medan Area

Document Accepted 29/10/24

Access From (repository.uma.ac.id)29/10/24

**PERBANDINGAN KINERJA SEISMIK DINDING GESER
DAN BRESING PADA RUMAH SUSUN DI DESA
SILANGKITANG TAPANULI UTARA**

SKRIPSI

Diajukan sebagai Salah Satu Syarat untuk Memperoleh
Gelar Sarjana di Fakultas Teknik
Universitas Medan Area



Oleh:

**MUHAMMAD FAUZAN ABIYU
208110013**

**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MEDAN AREA
MEDAN
2024**

UNIVERSITAS MEDAN AREA

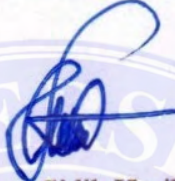
© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang

1. Dilarang Mengutip sebagian atau seluruh dokumen ini tanpa mencantumkan sumber
2. Pengutipan hanya untuk keperluan pendidikan, penelitian dan penulisan karya ilmiah
3. Dilarang memperbanyak sebagian atau seluruh karya ini dalam bentuk apapun tanpa izin Universitas Medan Area

HALAMAN PENGESAHAN

Judul Skripsi : Perbandingan Kinerja Seismik Dinding Geser dan Bresing
Pada Rumah Susun Di Desa Silangkitang Tapanuli Utara
Nama : Muhammad Fauzan Abiyyu
NPM : 208110013
Fakultas : Teknik

Disetujui Oleh:
Komisi Pembimbing


Samsul A Rahman Sidik Hasibuan, S.T., M.T
Pembimbing


Dr. Samsul A Rahman Sidik Hasibuan, S.T., M.T.
Dekan


Ir. Djuana Wulandari, S.T., M.T
k.a. Program Studi

Tanggal Lulus : 28 Agustus 2024

HALAMAN PERNYATAAN

Saya menyatakan bahwa skripsi yang saya susun, sebagai syarat memperoleh gelar sarjana merupakan hasil karya tulis sendiri. Adapun bagian-bagian tertentu dalam penulisan skripsi ini yang saya kutip dari hasil karya orang lain telah dituliskan sumbernya secara jelas sesuai dengan norma, kaidah, dan etika penulisan ilmiah. Saya bersedia menerima saksi pencabutan gelar akademik yang saya peroleh dan saksi-sanksi lainnya dengan peraturan yang berlaku, apabila di kemudian hari ditemukan adanya plagiat dalam skripsi ini.

Medan, 28 Agustus 2024



Muhammad Fauzan Abiyyu
208110013



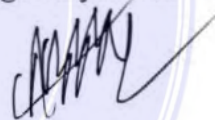
HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI SKRIPSI UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS

Sebagai sivitas akademik Universitas Medan Area, saya yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : Muhammad Fauzan Abiyyu
NPM : 208110013
Program Studi : Teknik Sipil
Fakultas : Teknik
Jenis karya : Skripsi

Demi pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Medan Area **Hak Bebas Royalti Noneklusif (Non Exclusive Royalty Free-Right)** atas karya ilmiah saya yang berjudul : Perbandingan Kinerja Seismik Dinding Geser dan Bresing Pada Rumah Susun Di Desa Silangkitang Tapanuli Utara. Beserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Dengan hak Bebas Royalti Noneklusif ini Universitas Medan Area berhak menyimpan, mengalihmedia/formatkan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (database), merawat, dan mempublikasikan skripsi saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan sebagai pemilik Hak Cipta. Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Dibuat di : Medan
Pada tanggal : 28 Agustus 2024
Yang menyatakan



(Muhammad Fauzan Abiyyu)

RIWAYAT HIDUP

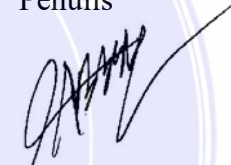
Penulis dilahirkan di Medan Pada tanggal 13 Oktober 2001 dari Ayah bernama Abdurahman dan Ibu Kurniaty Hasibuan Penulis merupakan putra ke 2 dari 3 bersudara. Tahun 2019 Penulis lulus dari SMK Negeri 1 Percut Sei Tuan dan pada tahun 2020 terdaftar sebagai Mahasiswa Fakultas Teknik Universitas Medan Area. Pada tahun 2023 Penulis melaksanakan Praktek Kerja Lapangan (PKL) di Proyek Pengembangan RSUD Madani Jln. A.R. Hakim No. 168 Medan - Sumatera Utara.



KATA PENGANTAR

Puji dan syukur penulis panjatkan kepada Tuhan yang maha kuasa atas segala karunia-Nya sehingga Skripsi ini berhasil diselesaikan. Tema yang dipilih dalam skripsi ini ialah struktur bangunan dengan judul Perbandingan Kinerja Seismik Dinding Geser dan Bresing Pada Rumah Susun Di Desa Silangkitang Tapanuli Utara Terima kasih penulis sampaikan kepada Bapak Samsul A Rahman Sidik Hasibuan, S.T., M.T. selaku dosen pembimbing dan Ibu Tika Ermita Wulandari, S.T., M.T. selaku Ka. Prodi Teknik Sipil yang telah banyak memberikan saran. Disamping itu penghargaan penulis sampaikan kepada PT. Swakarsa Tunggal Mandiri yang telah memberikan data penelitian yang berharga selama penyusunan skripsi. Ungkapan terima kasih juga disampaikan kepada Ayah, Ibu serta seluruh keluarga atas segala doa dan perhatiannya. Penulis menyadari bahwa skripsi ini masih jauh dari kesempurnaan, oleh karena itu, krtitik dan saran sangat penulis harapkan demi kesempurnaan skripsi ini. Penulis berharap skripsi ini dapat bermanfaat bagi kalangan akademik maupun masyarakat. Akhir kata penulis ucapkan terima kasih.

Penulis



(Muhammad Fauzan
Abiyyu)

ABSTRAK

Secara geografis wilayah Indonesia terletak di dalam lingkaran cincin api pasifik dan juga berada di pertemuan tiga lempeng tektonik dunia, kondisi ini menjadi tantangan dalam merancang struktur bangunan bertingkat di Indonesia, beberapa Solusi untuk bangunan untuk menahan gempa adalah dengan memasang dinding geser atau bresing. Pada penelitian ini digunakan analisis *pushover* untuk mencoba membandingkan kinerja antara dinding geser dan bresing dengan menggunakan *software* ETABS. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui perbandingan kinerja antara dinding geser dan bresing pada Rumah Susun Desa Silangkitang dengan menggunakan analisis *pushover*. Hasil analisis menunjukkan bahwa Pada arah X bangunan dinding geser *total displacement* sebesar 66,84 mm dicapai dengan base shear sebesar 8512,779 kN sedangkan bangunan bresing nilai *total displacement* sebesar 119,191 mm dengan base shear sebesar 9773,2007 kN Sementara pada arah Y bangunan dinding geser *total displacement* sebesar 166 mm dengan base shear sebesar 13228,6939 kN, sedangkan bangunan bresing *total displacement* sebesar 173 mm dengan base shear sebesar 8210,5339 kN. Level kinerja struktur berdasarkan ATC-40 dengan nilai *drift* pada bangunan dinding geser adalah 0,0031 pada arah X dengan level kinerja IO (*Immidiata Occupancy*) dan 0,011 pada arah Y dengan level kinerja DC (*Damage Control*). sedangkan nilai *drift* pada bangunan bresing adalah 0,0081 pada arah X dengan level kinerja IO (*Immidiata Occupancy*) dan nilai *drift* pada bangunan bresing arah Y adalah 0,011 dengan level kinerja DC (*Damage Control*). Berdasarkan hasil tersebut dapat disimpulkan bahwa dinding geser lebih unggul dibandingkan dengan bresing.

Kata kunci : nonlinier *pushover*, dinding geser, bresing, *displacement* , *base shear*

ABSTRACT

Geographically, Indonesia is located within the Pacific Ring of Fire and at the convergence of three world tectonic plates, presenting challenges in designing multi-story buildings in Indonesia. One solution for earthquake-resistant buildings is the installation of shear walls or bracing systems. This research used pushover analysis to compare the performance of shear walls and bracing systems using ETABS software. The research aimed to compare the performance of shear walls and bracing systems in the Silangkitang Village apartment building using pushover analysis. The analysis results showed that, in the X direction, the shear wall building achieved a total displacement of 66.84 mm with a base shear of 8512.779 kN, while the bracing building had a total displacement of 119.191 mm with a base shear of 9773.2007 kN. In the Y direction, the shear wall building had a total displacement of 166 mm with a base shear of 13228.6939 kN, while the bracing building had a total displacement of 173 mm with a base shear of 8210.5339 kN. The performance level of the structure, based on ATC-40, indicated that the shear wall building had a drift value of 0.0031 in the X direction, with an Immediate Occupancy (IO) performance level, and a drift value of 0.011 in the Y direction, with a Damage Control (DC) performance level. The bracing building had a drift value of 0.0081 in the X direction, with an Immediate Occupancy (IO) performance level, and a drift value of 0.011 in the Y direction, with a Damage Control (DC) performance level. Based on these results, it can be concluded that shear walls are superior to bracing systems.

Keywords: *nonlinear pushover, shear wall, braces, displacement, base shear*

DAFTAR ISI

COVER	i
HALAMAN JUDUL.....	ii
HALAMAN PENGESAHAN.....	iii
HALAMAN PERNYATAAN	iv
HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI SKRIPSI UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS	v
RIWAYAT HIDUP.....	vi
KATA PENGANTAR	vii
ABSTRAK	viii
<i>ABSTRACT</i>	ix
DAFTAR ISI.....	x
DAFTAR GAMBAR	xii
DAFTAR TABEL.....	xiii
DAFTAR LAMPIRAN.....	xiv
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	2
1.3 Maksud Penelitian.....	3
1.4 Tujuan Penelitian	3
1.5 Batasan Masalah	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 Perbandingan Penelitian Terdahulu.....	9
2.2 Konsep Dasar Gempa Bumi	11
2.3 Teori Tektonik	12
2.4 Sistem Struktur Tahan Gempa.....	13
2.5 Dinding Geser	16
2.6 Rangka Bresing.....	17
2.7 Beban Gravitasi Pada Struktur.....	19
2.8 Beban Gempa Pada Struktur.....	22
2.9 Analisa Statik Nonlinier.....	33
2.10 Level Kinerja Struktur	41

BAB III METODOLOGI PENELITIAN.....	43
3.1 Lokasi Penelitian.....	43
3.2 Pengumpulan Data.....	43
3.3 Pendekatan Penelitian.....	44
3.4 Tahapan Analisis.....	44
3.5 Data Struktur Bangunan.....	45
3.6 Diagram Alur Penelitian.....	49
3.7 Pembebanan pada struktur.....	50
3.8 Koefisien respon seismik.....	51
3.9 Gaya geser dasar.....	53
3.10Langkah pemodelan struktur.....	54
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....	60
4.1 Kurva kapasitas.....	60
4.2 Gaya geser antar lantai.....	63
4.3 Simpangan antar tingkat.....	64
4.4 Level kinerja struktur.....	66
4.5 Distribusi Sendi Plastis.....	69
BAB V PENUTUP.....	72
5.1 Kesimpulan.....	72
5.2 Saran.....	73
DAFTAR PUSTAKA.....	74
LAMPIRAN.....	76

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1 Lempeng Tektonik Dunia	13
Gambar 2 Sistem Dinding Penumpu Struktur Gedung	14
Gambar 3 Sistem Rangka Pemikul Momen	15
Gambar 4 Mekanisme Sistem Rangka Pemikul Momen	15
Gambar 5 Sistem Ganda.....	16
Gambar 6 Struktur Ganda Dinding Geser.....	17
Gambar 7 Tipe-tipe Bresing Konsentrik.....	18
Gambar 8 Tipe-tipe Bresing Eksentrik	19
Gambar 9 Mekanisme Rangka Bresing.....	19
Gambar 10 Parameter gerak tanah S_s	25
Gambar 11 Parameter gerak tanah S_I	25
Gambar 12 Spektrum respons desain.....	28
Gambar 13 Respon Struktur Akibat Gempa	34
Gambar 14 Parameter Fundamental Efektif dari Kurva Pushover.....	36
Gambar 15 Lokasi penelitian	43
Gambar 16 Penggambaran Grid.....	54
Gambar 17 Pendefinisian material	54
Gambar 18 Pendefinisian balok.....	55
Gambar 19 Pendefinisian kolom	55
Gambar 20 Pendefinisian pelat lantai.....	55
Gambar 21 Pendefinisian dinding geser.....	56
Gambar 22 Pendefinisian bresing.....	56
Gambar 23 Input beban hidup dan beban mati tambahan.....	56
Gambar 24 Input beban lateral arah X	57
Gambar 25 Input beban lateral arah Y	57
Gambar 26 Input diafragma pada joint	58
Gambar 27 Input <i>nonlinier pushover case</i>	58
Gambar 28 Memodelkan hinges pada kolom.....	59
Gambar 29 Grafik perbandingan kurva kapasitas arah X	61
Gambar 30 Grafik perbandingan kurva kapasitas arah Y	63
Gambar 31 Grafik <i>story shear</i> arah X.....	64
Gambar 32 Grafik <i>story shear</i> arah Y.....	64
Gambar 33 Grafik perbandingan <i>story displacement</i> arah X.....	65
Gambar 34 Grafik perbandingan <i>story displacement</i> arah Y.....	65
Gambar 35 <i>Drift</i> per lantai arah X berdasarkan ATC-40.....	67
Gambar 36 <i>Drift</i> per lantai arah Y berdasarkan ATC-40.....	68
Gambar 37 Sendi plastis pada <i>final step</i> bangunan dinding geser arah X	69
Gambar 38 Sendi plastis pada <i>final step</i> bangunan bresing arah X	70
Gambar 39 Sendi plastis pada <i>final step</i> bangunan dinding geser arah Y	71
Gambar 40 Sendi plastis pada <i>final step</i> bangunan bresing arah Y	71

DAFTAR TABEL

Tabel 1 Perbandingan dengan penelitian terdahulu.	9
Tabel 2 Berat Sendiri Bahan Bangunan	20
Tabel 3 Beban Hidup Pada Bangunan Apartemen.....	21
Tabel 4 Kategori Resiko Bangunan Gedung dan Nongedung	22
Tabel 5 Faktor Keutamaan Gempa	24
Tabel 6 Koefesien Situs, F_a	26
Tabel 7 Koefesien Situs, F_v	26
Tabel 8 Kategori desain seismik berdasarkan parameter respons percepatan pada periode pendek	29
Tabel 9 Kategori desain seismik berdasarkan parameter respons percepatan pada periode 1 detik.....	29
Tabel 10 Nilai parameter periode pendekatan C_i dan x	31
Tabel 11 Parameter <i>maksimum total drift</i>	42
Tabel 12 Kriteria <i>drift ratio</i>	42
Tabel 13 Selisih harga pekerjaan dinding geser dan bresing	47
Tabel 15 Beban Hidup (QLL)	50
Tabel 16 Beban Mati Tambahan (QDL) pada pelat lantai.....	50
Tabel 17 Beban Mati Tambahan (QDL) pada dak atap	51
Tabel 18 Beban Mati Tambahan (QDL) pada balok.....	51
Tabel 19 Kurva kapasitas bangunan dinding geser arah X	60
Tabel 20 Kurva kapasitas bangunan bresing arah X.....	61
Tabel 21 Kurva kapasitas bangunan dinding geser arah Y	62
Tabel 22 Kurva kapasitas bangunan bresing arah Y	62
Tabel 23 <i>Story shear</i>	63
Tabel 24 <i>Story displacement</i>	65
Tabel 25 <i>Story drift</i>	67

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Denah lantai 1	76
Lampiran 2 Denah lantai 2	77
Lampiran 3 Denah lantai 3	78
Lampiran 4 Denah lantai atap	79
Lampiran 5 Denah kolom lantai 1	80
Lampiran 6 Denah kolom lantai 2	81
Lampiran 7 Denah kolom lantai 3	82
Lampiran 8 Denah kolom lantai Atap	83
Lampiran 9 Detail kolom dan dinding geser	84
Lampiran 10 Denah balok lantai 2	85
Lampiran 11 Denah balok lantai 3	86
Lampiran 12 Denah balok lantai dak	87
Lampiran 13 Denah balok lantai atap	88
Lampiran 14 Detail balok	89
Lampiran 15 Gambar potongan arah X	90
Lampiran 16 Gambar potongan arah Y	91
Lampiran 17 Gambar tampak depan	92
Lampiran 18 Gambar tampak belakang	93
Lampiran 19 Gambar tampak samping	94
Lampiran 20 Analisis harga satuan pekerjaan dinding geser dan bresing	95

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Secara geografis, Daerah Indonesia berada di dalam tiga lempeng tektonik dunia: lempeng Indo-Australia, lempeng Eurasia, dan lempeng Pasifik. dan juga berada di dalam lingkaran cincin api pasifik. Hal ini menjadi tantangan dalam merancang struktur bangunan bertingkat di Indonesia karena diperlukan untuk merancang struktur bangunan yang dapat memikul gaya lateral, yaitu angin dan gempa. Salah satu cara supaya struktur bangunan bertingkat dapat memikul gaya lateral akibat gempa adalah dengan cara menambahkan beberapa elemen yang dirancang untuk dapat menahan beban lateral seperti *shear wall* (dinding geser) atau *bracing* (bresing). Meskipun *shear wall* (dinding geser) dan *bracing* (bresing) dapat digunakan untuk menahan beban lateral akibat gempa namun keduanya tidak sama.

Dinding geser (*shear wall*) bekerja dengan cara meningkatkan kekakuan pada struktur untuk dapat memikul gaya lateral sedangkan bresing (*bracing*) bekerja dapat mengganti gaya lateral menjadi gaya aksial pada rangka - rangkanya. Untuk mengetahui kinerja struktur bangunan yang menggunakan dinding geser (*shear wall*) atau bresing (*bracing*) dapat dilakukan dengan menggunakan analisis secara *elastic* atau *non linier*. Metode *non-linier* antara lain adalah analisis beban dorong (*pushover*) dan analisis riwayat waktu (Anam, Sutriyono, & Trimurtiningrum, 2020). Analisis *pushover* dipakai pada penelitian ini karena mempunyai keunggulan - keunggulan, termasuk kemampuan untuk komputasi yang lebih cepat dan sederhana. Analisis statik *non-linier* (*pushover*) adalah suatu

analisis *non-linier* statik dimana pengaruh gempa rencana terhadap struktur bangunan gedung dianggap sebagai beban statik yang menangkap pada pusat massa masing-masing lantai, yang nilainya ditingkatkan secara berangsur-angsur sampai melampaui pembebanan yang menyebabkan terjadinya pelelehan (sendi plastis) pertama di dalam struktur bangunan gedung, kemudian dengan peningkatan beban lebih lanjut mengalami perubahan bentuk pasca-elastik yang besar sampai mencapai target peralihan yang diharapkan atau sampai mencapai kondisi *plastic* (Pranata, 2006).

Latar belakang inilah yang akhirnya mendorong penulis untuk mengangkat judul ini dengan cara menganalisis perbedaan pengaruh seismik pada struktur yang menggunakan dinding geser (*shear wall*) dan bresing (*bracing*) menggunakan analisis statik *nonlinier pushover*.

1.2 Rumusan Masalah

Rumusan masalah berdasarkan latar belakang penelitian ini adalah:

1. Bagaimana bentuk *nonlinier* struktur dari kurva kapasitas pada Rumah Susun Desa Silangkitang Kec. Sipoholon Kab. Tapanuli Utara?
2. Bagaimana bentuk pola keruntuhan simpangan antar lantai (*story displacement*), gaya geser antar lantai (*story shear*) pada bangunan Rumah Susun Desa Silangkitang Kec. Sipoholon Kab. Tapanuli Utara ?
3. Berapakah level kinerja struktur pada struktur bangunan Rumah Susun Desa Silangkitang Kec. Sipoholon Kab. Tapanuli Utara ?
4. Diantara penggunaan dinding geser (*shear wall*) atau bresing (*bracing*) pada struktur bangunan Rumah Susun Desa Silangkitang Kec. Sipoholon Kab. Tapanuli Utara, yang manakah lebih efektif ?

1.3 Maksud Penelitian

Penelitian ini dimaksudkan untuk mengetahui perilaku *nonlinier* pada gedung dan juga mengetahui perbandingan kinerja struktur bangunan yang mencakup pola keruntuhan, simpangan atap, *base shear*, dan level kinerja antara struktur yang menggunakan dinding geser (*shear wall*) dan bresing (*bracing*). pada Rumah Susun Desa Silangkitang Kecamatan Sipoholon Kabupaten Tapanuli Utara.

1.4 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan penelitian dalam penulisan tugas akhir ini adalah :

1. Untuk mengetahui perbandingan kurva kapasitas (*performance point*) antara struktur bangunan Rumah Susun Desa Silangkitang Kec. Sipoholon Kab. Tapanuli Utara yang menggunakan dinding geser (*shear wall*) dan bresing (*bracing*).
2. Untuk mencari perbandingan level kinerja struktur berdasarkan ATC-40 pada struktur bangunan Rumah Susun Desa Silangkitang Kec. Sipoholon Kab. Tapanuli Utara yang menggunakan dinding geser dan bresing.
3. Untuk menentukan diantara penggunaan dinding geser (*shear wall*) atau bresing (*bracing*) pada struktur bangunan Rumah Susun Desa Silangkitang Kec. Sipoholon Kab. Tapanuli Utara, struktur manakah yang lebih efektif.

1.5 Batasan Masalah

Adapun pembatasan masalah yang diambil dalam penulisan tugas akhir ini adalah :

1. Analisa perbandingan struktur dilakukan pada Rumah Susun Desa Silangkitang Kecamatan Sipoholon Kabupaten Tapanuli Utara.
2. Struktur bangunan direncanakan sesuai dengan lokasi Rumah susun.

3. Analisis pemodelan struktur dilakukan dengan aplikasi ETABS v18.
4. Struktur bangunan dimodelkan sesuai dengan gambar kerja.
5. Bresing yang digunakan adalah kosentrik dengan bentuk X.
6. Analisis perbandingan struktur tidak memperhitungkan struktur bawah.



BAB II TINJAUAN PUSTAKA

Beberapa hasil penelitian yang telah dilakukan peneliti terdahulu mengenai kinerja dinding geser (*shear wall*) dan bresing (*Bracing*) menggunakan analisa pushover yang dicantumkan dalam penelitian ini sebagai berikut :

1. Santi Gloria Hutahaean, Aswandy (2016). Pada Penelitiannya dengan judul Kajian Pemakaian *Shear Wall* dan *Bracing* pada Gedung Bertingkat. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui perilaku kinerja dinding geser dan bresing dengan menggunakan metode analisis pushover. Obyek penelitian yang digunakan adalah dua sistem stuktur asimetris, yaitu Model 1 berupa struktur Gedung dengan *shear wall* dan Model 2 berupa struktur gedung dengan *bracing* tipe X. Bangunan gedung kedua model memiliki panjang 40 m dan lebar 16 m. Jumlah lantai bangunan gedung adalah 15 lantai dengan tinggi tiap lantai sebesar 4 meter. Hasil penelitian simpangan atap saat titik kinerja tercapai pada Model 1 dalam arah X dan Y (0,225 m, dan 0,234 m) lebih kecil daripada Model 2 (0,344 m, dan 0,357 m) sedangkan besarnya gaya geser dasar pada Model 1 dalam arah X dan Y (15.322,977 kN, dan 21.371,845 kN) lebih besar daripada Model 2 (11.459,977 kN, dan 10.912,926 kN). Hal ini menunjukkan bahwa Model 1 lebih kaku dan kuat daripada Model 2. Level kinerja kedua model menurut ATC-40 adalah *Immediate Occupancy* (IO).
2. Darin Aryandi, Bernardinus Herbudiman (2017). Pada penelitiannya dengan judul Pengaruh Bentuk *Bracing* terhadap Kinerja Seismik Struktur Beton Bertulang. Penelitian ini bertujuan mengetahui kapasitas seismik

struktur masing-masing bentuk bresing melalui pemodelan analisis *pushover* dan kinerja seismik struktur ditinjau dengan ATC-40. Struktur yang dianalisis meliputi tipe 1 yaitu Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus (SRPMK) berupa portal terbuka dan tipe 2 yaitu Sistem Rangka Bresing Konsentrik Khusus (SRBKK) dengan bentuk bresing Z, X, V dan Λ yang diletakkan pada sudut denah struktur. Lima struktur yang dianalisis menggunakan gedung setinggi 10 lantai yang difungsikan sebagai perkantoran dan dimodelkan menggunakan program SAP2000. Hasil penelitian menunjukkan bresing bentuk X memiliki sifat paling kaku untuk arah UX dan UY dengan rasio sebesar 0,34 dan 0,41 dari struktur tipe 1, sedangkan bresing bentuk Λ memiliki sifat paling daktail diantara bentuk bresing lainnya. Kapasitas gaya geser lantai dasar mengalami peningkatan paling besar untuk bresing bentuk X dengan rasio sebesar 1,63 untuk arah UX dan UY. Level kinerja untuk struktur tipe 1 dan 2 adalah *immediate occupancy* berdasarkan metode ATC-40.

3. Retno Trimurtiningrum, Andaryati (2022). dalam penelitiannya yang berjudul Analisis Kinerja Gedung Beton Bertulang Dengan Sistem Penahan Beban Lateral Dinding Geser Dan Bresing Terhadap Beban Gempa. Penelitian ini bertujuan untuk membandingkan level kinerja antara struktur SRPM (Sistem Rangka Pemikul Momen), struktur dengan SPBL (Sistem Penahan Beban Lateral) berupa dinding geser, dan struktur dengan SPBL (Sistem Penahan Beban Lateral) berupa bresing. Penelitian ini dilakukan dengan bantuan program SAP2000. Hasil penelitian didapatkan besarnya nilai *base shear* dan *target displacement* antara metode ATC-40 dan FEMA

440 hampir sama. Permodelan SRPM mempunyai nilai *target displacement* terbesar dan *base shear* terkecil jika dibandingkan dengan permodelan dengan sistem penahan beban laterak dinding geser dan bresing (SG-1 dan SG-2). Sebaliknya, permodelan SG-1 (sistem struktur dengan dinding geser) mempunyai nilai *target displacement* terkecil dan *base shear* terbesar. Ketiga permodelan memiliki tingkat level kinerja IO (*Immediate Occupancy*).

4. Muhsin Rafi'i K., Nurul Rochmah, ST., MT., M.Sc (2023). Pada penelitiannya dengan judul Perbandingan Kinerja Struktur *Shear Wall* Dan *Bracing* Pada Sekolah Menggunakan Metode *Pushover*. Penelitian ini bertujuan untuk membandingkan gedung struktur pengaku antara *shear wall* dan *bracing* kedua jenis struktur pengaku tersebut tidak dipasangkan dalam satu bangunan gedung yang sama saat dilakukan proses uji menggunakan bantuan software SAP2000 untuk mengetahui perbandingan kinerja *target displacement* pushover diantara *shear wall* dan *bracing* berdasarkan acuan ATC-40, FEMA 440. Hasil dari pengujian yang dilakukan, terlihat bahwa keduanya berada pada level yang sama pada *Immediate Occupancy* (IO). Struktur yang menggunakan *shear wall* lebih kaku dibandingkan menggunakan *bracing*.
5. Faishal Shiddiq Prasetyo, Edy Purwanto, Agus Supriyadi (2016). Pada penelitiannya dengan judul Perbandingan Kinerja Struktur Gedung Bertingkat Antara Sistem Ganda Dengan Dinding Geser Dan Sistem Ganda Dengan Bresing (Studi Kasus: Bangunan Apartemen Di Yogyakarta). Penelitian ini bertujuan untuk membandingkan kinerja gedung bertingkat

yang memiliki sistem ganda dengan dinding geser dan sistem ganda dengan bresing ketika menerima gaya horizontal gempa. Kinerja gedung diperoleh dengan menganalisis kurva spektra kapasitas yang didapat dari analisis statik nonlinier *pushover* dengan program SAP2000. Pada penelitian ini, gedung bertingkat yang memiliki sistem ganda dengan dinding geser diwakili oleh gedung *existing* apartemen di Yogyakarta. Dengan acuan dari SNI 1726:2012, nilai simpangan antar lantai baik gedung *existing* maupun gedung Alternatif memiliki nilai simpangan antar lantai yang memenuhi batas syarat simpangan. Dengan acuan dari ATC- 40, berdasarkan nilai *Total Drift*, maka nilai level kinerja gedung *existing* maupun gedung Alternatif termasuk dalam *Immediate Occupancy*.

6. Muhammad Aulia Rahman, Prof. Ir. Mochamad Teguh, MSCE., Ph. D. (2021). Pada penelitiannya dengan judul Studi Komparasi Respon Struktur Pada Gedung Bertingkat Dengan Sistem Dinding Geser Dan Pertambatan. Tujuan penelitian ini dimaksudkan untuk membandingkan hasil analisis struktur terhadap 3 model struktur. Respon struktur dalam analisis ini mencakup nilai simpangan antar lantai, *base shear*, dan *displacement* yang terjadi diakibatkan oleh gaya gempa. Secara umum, model struktur bangunan yang dianalisis terdiri dari lantai 10. Model 1 adalah bangunan struktur yang tidak menggunakan dinding geser dan sistem pertambatan, model 2 adalah bangunan struktur yang menggunakan dinding geser berbentuk L, dan model 3 bangunan struktur yang menggunakan sistem pertambatan X. Ketiga model ini dimodelkan dan dianalisis menggunakan SAP2000. Hasil analisis struktur ketiga model tersebut menunjukkan nilai

simpangan terkecil terjadi pada model 2 yaitu 0,041 mm. Penurunan nilai simpangan yang terjadi pada model 2 yaitu sebesar 12,6 mm dengan presentase 34,35%. Dengan nilai simpangan antar lantai terkecil adalah model 2, maka model ini menjadi model yang paling efektif dan efisien.

Muhammad Febian Saefuddin, Erma Desmaliana. (2019). Dengan judul penelitiannya Perbandingan Kinerja Struktur Bangunan Baja Bertingkat Menggunakan *Shear Wall* dan *Bracing FTSP Series*. Penelitian ini bertujuan untuk membandingkan perilaku struktur mana yang lebih baik dalam menahan beban lateral. Struktur dinding geser dan *bracing* dimodelkan menggunakan software ETABS v17 dengan material baja. Analisis kinerja struktur menggunakan metode analisis *pushover* berdasarkan koefisien FEMA 356. Hasil simpangan dinding geser pada arah X sebesar 0.424 m dan arah Y sebesar 0.405 m untuk struktur *bracing* pada arah X sebesar 0.455 m dan pada arah Y sebesar 0.429 m. Hal ini menunjukkan bahwa *bracing* dapat menerima beban yang lebih besar dibandingkan struktur dinding geser. Level kinerja kedua model menurut FEMA 356 adalah *Life Safety* (LS).

2.1 Perbandingan Penelitian Terdahulu

Pada Tabel 1 dilampirkan perbedaan dengan penelitian ini dengan penelitian – penelitian sebelumnya.

Tabel 1 Perbandingan dengan penelitian terdahulu.

Peneliti	Judul Penelitian	Perbedaan
Santi Gloria Hutahaean, Aswandy (2016)	Kajian Pemakaian <i>Shear Wall</i> dan <i>Bracing</i> pada Gedung Bertingkat	Objek penelitiannya adalah struktur gedung dengan panjang 40 meter dan lebar 16 meter dan jumlah lantai bangunan gedung adalah 15 lantai dengan tinggi tiap lantai sebesar 4 meter.

Lanjutan Tabel 1

Aryandi, Herbudiman (2017)	Pengaruh Bentuk <i>Bracing</i> terhadap Kinerja Seismik Struktur Beton Bertulang	Objek penelitiannya adalah struktur gedung setinggi 10 lantai yang difungsikan sebagai perkantoran. sedangkan pada penelitian ini objek yang digunakan adalah Rumah Susun Desa Silangkitang Kec. Sipoholon Kab. Tapanuli Utara.
Retno Trimurtiningrum, Andaryati (2022).	Analisis Kinerja Gedung Beton Bertulang Dengan Sistem Penahan Beban Lateral Dinding Geser Dan Bresing Terhadap Beban Gempa.	Objek penelitiannya menggunakan gedung tipikal pada SAP2000 sedangkan pada penelitian ini objek yang digunakan adalah Rumah Susun Desa Silangkitang Kec. Sipoholon Kab. Tapanuli Utara.
Muhsin Rafi'i K., Nurul Rochmah, ST., MT., M.Sc (2023).	Perbandingan Kinerja Struktur <i>Shear Wall</i> Dan <i>Bracing</i> Pada Sekolah Menggunakan Metode <i>Pushover</i> .	Objek penelitiannya adalah sekolah yang berlokasi di kota Surabaya dengan jumlah 6 lantai. sedangkan pada penelitian ini objek yang digunakan adalah Rumah Susun Desa Silangkitang Kec. Sipoholon Kab. Tapanuli Utara.
Muhsin Rafi'i K., Nurul Rochmah, ST., MT., M.Sc (2023).	Perbandingan Kinerja Struktur Gedung Bertingkat Antara Sistem Ganda Dengan Dinding Geser Dan Sistem Ganda Dengan Bresing (Studi Kasus : Bangunan Apartemen Di Yogyakarta).	Objek penelitiannya adalah bangunan apartemen 12 lantai di Yogyakarta. Sedangkan pada penelitian ini objek yang digunakan adalah Rumah Susun Desa Silangkitang Kec. Sipoholon Kab. Tapanuli Utara.
Muhammad Aulia Rahman, Prof. Ir. Mochamad Teguh, MSCE., Ph. D. (2021).	Studi Komparasi Rxespon Struktur Pada Gedung	Objek penelitiannya adalah model gedung 10 lantai sedangkan pada penelitian ini objek yang digunakan adalah Rumah Susun

Lanjutan Tabel 1

	Bertingkat Dengan Sistem Dinding Geser Dan Pertambahan.	Desa Silangkitang Kec. Sipoholon Kab. Tapanuli Utara.
Muhammad Febian Saefuddin, Erma Desmaliana. (2019)	Studi Perilaku Nonlinier Antara <i>Shear Wall</i> Dengan <i>Bracing K-Split</i> Pada Sistem Rangka Beton Terhadap Beban Gempa Dengan Analisa Pushover.	Objek penelitiannya adalah model gedung baja 15 lantai sedangkan pada penelitian ini objek yang digunakan adalah Rumah Susun Desa Silangkitang Kec. Sipoholon Kab. Tapanuli Utara.

2.2 Konsep Dasar Gempa Bumi

Gempa bumi adalah peristiwa seismik yang disebabkan oleh pelepasan energi yang mendadak di dalam bumi, yang mengakibatkan rekahnya lapisan batuan di kerak bumi. Gempa bumi disebabkan oleh pergerakan lempeng tektonik, yang mengarah pada akumulasi energi. Energi yang dihasilkan tersebar ke segala arah sebagai gelombang seismik, menghasilkan dampak yang terlihat pada permukaan bumi. Berdasarkan penyebab terjadinya, gempa bumi dibedakan menjadi tiga jenis, yaitu :

1. Gempa Vulkanik

Gempa vulkanik dihasilkan dari aktivitas seismik yang dipicu oleh ledakan vulkanik.

2. Gempa Tektonik

Gempa tektonik disebabkan oleh pergerakan kerak bumi yang dihasilkan dari pelepasan energi di batas lempeng tektonik. Gempa tektonik memiliki magnitudo yang signifikan.

3. Gempa runtuh atau terban

Gempa bumi yang disebabkan oleh tanah longsor, gua yang runtuh, dan peristiwa serupa dikenal sebagai gempa terban. Wilayahnya sempit dan dampak gempa jenis ini minimal.

2.3 Teori Tektonik

Permukaan bumi terbagi menjadi beberapa lempeng tektonik yang cukup besar sesuai dengan teori lempeng tektonik. Lempeng tektonik adalah komponen keras kerak bumi yang mengapung di atas astenosfer cair yang panas. Oleh karena itu, tidak ada batasan mengenai bagaimana lempeng tektonik ini dapat bergerak atau berinteraksi. Batas lempeng tektonik adalah wilayah yang ditandai dengan aktivitas lempeng yang dinamis, mengakibatkan terjadinya gunung berapi, gempa bumi, dan terciptanya dataran tinggi. Teori lempeng tektonik merupakan penggabungan dari hipotesis sebelumnya, khususnya: Topik pembahasan adalah teori pergeseran benua dan penyebaran dasar laut. Lempeng tektonik tersebar di seluruh dunia, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 1. Litosfer adalah lapisan terluar bumi, terdiri dari batuan yang relatif dingin, padat, dan kaku. Di bawah lapisan ini adalah batuan yang jauh lebih hangat yang dikenal sebagai mantel. Lapisan ini terus-menerus tidak kaku karena panas yang hebat, oleh karena itu dapat bergerak sesuai dengan konveksi, metode distribusi panas. Lempeng tektonik yang mengambang di atas mantel dan merupakan bagian dari litosfer tebal bergerak bersama-sama satu sama lain. Ada tiga skenario di mana dua lempeng tektonik mungkin bergerak dalam kaitannya satu sama lain: menyebar (*spreading*), bertabrakan (*collision*), dan bergeseran (*transform*). Dua lempeng dapat bergeser, bergerak dekat satu sama lain, atau bergerak terpisah jika bertabrakan pada patahan.



Gambar 1 Lempeng Tektonik Dunia (Hasterok, 2022)

Umumnya, gerakan ini berlangsung lambat dan tidak dapat dirasakan oleh manusia namun terukur sebesar 0-15cm pertahun. Kadang-kadang, gerakan lempeng ini macet dan saling mengunci, sehingga terjadi pengumpulan energi yang berlangsung terus sampai pada suatu saat batuan pada lempeng tektonik tersebut tidak lagi kuat menahan gerakan tersebut sehingga terjadi pelepasan mendadak yang kita kenal sebagai gempa bumi.

2.4 Sistem Struktur Tahan Gempa

Semua komponen gedung, baik dari bagian sistem struktur gedung maupun bagian subsistem struktur, harus diperitungkan untuk memikul gaya yang terjadi akibat gempa rencana ketika perencanaan struktur dilakukan untuk mampu menahan beban gempa rencana. beberapa sistem struktur penahan gempa adalah sebagai berikut.

2.4.1 Sistem dinding penumpu

Pada sistem dinding penumpu, dinding struktural menjadi satu - satunya elemen penahan beban baik beban lateral dan aksial. Sistem struktur ini sering

terlihat pada bangunan kuno/tua dimana struktur bangunan sepenuhnya dipikul menggunakan dinding yang cukup tebal biasanya terbuat dari batu – batuan.

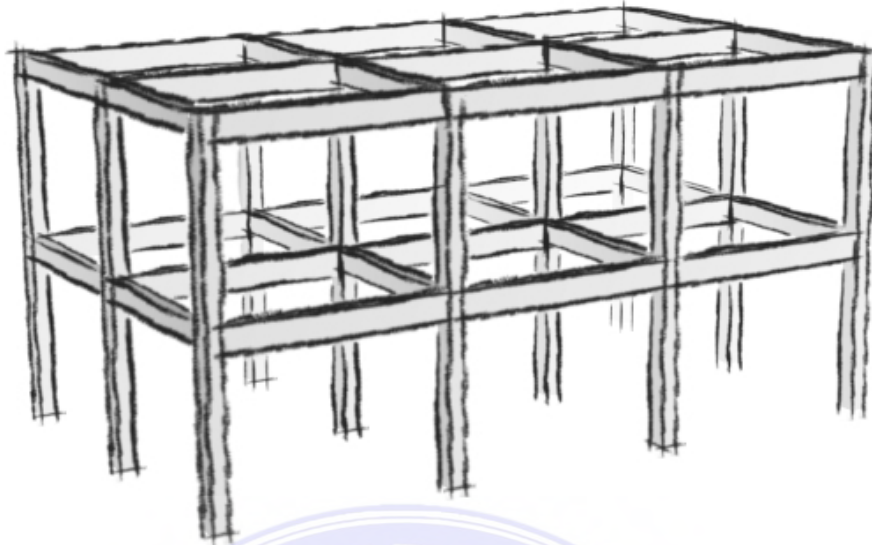


Gambar 2 Sistem Dinding Penumpu Struktur Gedung (SNI-1726:2002)

2.4.2 Sistem Rangka Pemikul Momen

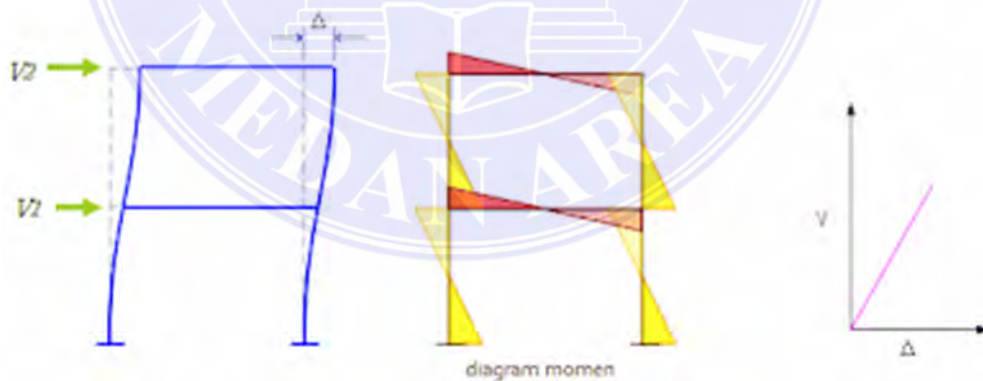
SRPM adalah singkatan dari Sistem Rangka Pemikul Momen, atau *Moment Resisting Frame* merupakan rangka momen dimana komponen struktur seperti balok, pelat, kolom dan joint menahan gaya melalui lentur, geser, dan gaya aksial (SNI-2847:2019). Ciri-ciri SRPM antara lain:

1. Beban lateral khususnya gempa, ditransfer melalui mekanisme lentur antara balok dan kolom. Jadi, peranan balok, kolom, dan sambungan balok kolom sangat penting.
2. Tidak menggunakan dinding geser (*shear wall*). apabila ada dinding, dinding tersebut tidak didesain untuk menahan beban lateral.
3. Tidak menggunakan bresing (*bracing*). penggunaan bresing kadang sangat diperlukan terutama pada arah sumbu lemah kolom.



Gambar 3 Sistem Rangka Pemikul Momen (syarifnawar, 2011)

Pada sistem rangka pemikul momen, hanya elemen kolom dan balok yang memikul gaya saat terjadinya gempa atau gaya lateral. Untuk memikul gaya, terdapat seni-sendi plastis sebagai tempat untuk menyerap gaya yang diterima gedung. Sistem rangka pemikul momen merupakan sistem yang banyak dipakai pada struktur gedung bertingkat (syarifnawar, 2011).

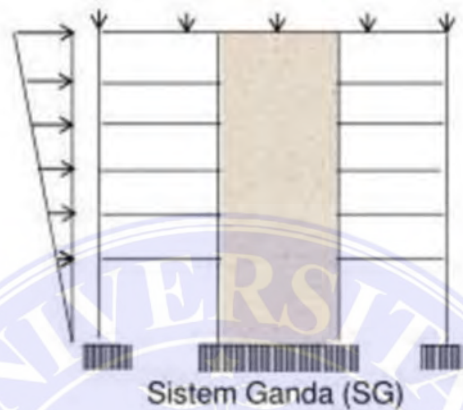


Gambar 4 Mekanisme Sistem Rangka Pemikul Momen (syarifnawar, 2011)

2.4.3 Sistem Ganda

Sistem Ganda merupakan sistem struktur yang paling populer di Indonesia terutama pada struktur gedung tinggi yang terletak pada daerah yang rawan terhadap gempa dengan intensitas sedang hingga tinggi. sistem ganda adalah sistem

struktur dengan rangka ruang lengkap untuk memikul beban gravitasi, sedangkan tahanan terhadap gempa disediakan oleh kombinasi sistem rangka pemikul momen dan dinding geser atau oleh kombinasi sistem rangka pemikul momen dan rangka bresing (SNI-1726:2019).



Gambar 5 Sistem Ganda (SNI-1726:2002)

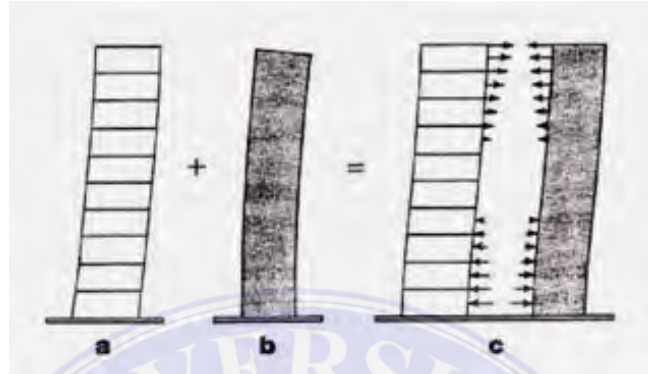
Dalam persyaratannya untuk sistem ganda, rangka pemikul momen harus mampu memikul paling sedikit 25 % gaya seismik desain. Tahanan gaya seismik total harus disediakan oleh kombinasi rangka pemikul momen dan dinding geser atau rangka bresing, dengan distribusi yang proporsional terhadap kekakuannya (SNI-1726:2019).

2.5 Dinding Geser

Dinding geser beton bertulang kantilever adalah suatu subsistem struktur gedung yang fungsi utamanya adalah untuk memikul beban geser akibat pengaruh gempa rencana. Kerusakan pada dinding ini hanya boleh terjadi akibat momen lentur (bukan akibat gaya geser), melalui pembentukan sendi plastis di dasar dinding (SNI 03-1726-2002 (BSN, 2002)).

Pada prakteknya, dinding geser selalu terhubung ke sistem rangka pemikul momen di gedung. Dinding geser kantilever dan berangkai adalah dua jenis dinding struktural yang umum digunakan di gedung tinggi. Untuk merencanakan dinding

geser sebagai bagian dari struktur gedung bertingkat yang melindungi dari beban gempa, digunakan konsep gaya dalam (yaitu, hanya melihat gaya-gaya dalam yang dihasilkan oleh kombinasi beban gempa) atau konsep desain kapasitas.



Gambar 6 Struktur Ganda Dinding Geser (Hanif, 2014)

Dinding geser sebagai elemen penahan gaya lateral memiliki keuntungan utama karena menyediakan kontinuitas vertikal pada sistem lateral struktur gedung. Struktur gedung dengan dinding geser sebagai elemen penahan gaya lateral pada umumnya memiliki performance yang cukup baik pada saat gempa. Hal ini terbukti dari sedikitnya kegagalan yang terjadi pada sistem struktur dinding geser di kejadian-kejadian gempa yang lalu (Fintel, 1991).

2.6 Rangka Bresing

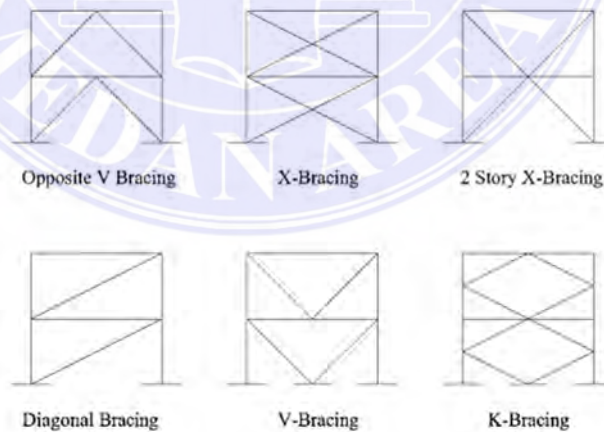
Bracing atau bresing merupakan elemen struktur penahan gaya lateral. Rangka bresing adalah suatu rangka batang vertikal, atau yang setara dengan jenis konsentris, atau eksentris, yang disediakan pada pada sistem rangka bangunan atau sistem ganda untuk menahan gaya lateral gempa (SNI-1726:2019). Rangka bresing berfungsi untuk meningkatkan kekakuan dan menahan gaya lateral pada suatu struktur bangunan dengan cara menyerap gaya lateral yang diterima oleh struktur melalui pelelehan yang diterima oleh plat buhulnya dan menyalurkannya ke elemen struktur lain. Penggunaan bresing menambah kekakuan suatu portal secara

efisien, karena pemasangan secara diagonal menyebabkan batang bresing hanya akan menahan gaya aksial saat melayani gaya geser horisontal (Smith and Coull, 1991).

Pada saat struktur bangunan mengalami gaya lateral pada suatu arah tertentu, bresing yang mengalami kondisi tarik akan mengalami pelelehan pada pelat buhul, dan bresing yang mengalami kondisi tekan akan mengalami kondisi tekuk. Sebaliknya, jika terjadi beban lateral yang berlawanan, bresing kondisi tekan akan menjadi bresing kondisi tekan, dan bresing kondisi tarik akan menjadi bresing kondisi tarik. Berdasarkan SNI-1726:2019 terdapat dua jenis rangka bresing:

1. Rangka Bresing Kosentris (RBK)

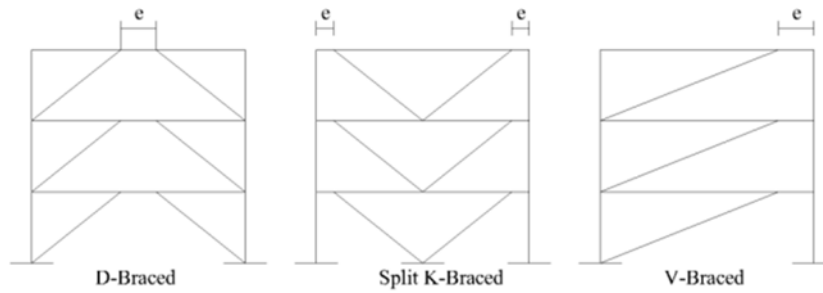
adalah bresing yang elemen-elemen strukturnya difungsikan utamanya untuk menahan gaya-gaya aksial. Sistem RBK dapat dikategorikan sebagai rangka bresing konsentris biasa (SRBKB) atau sistem rangka bresing konsentris khusus (SRBKK).



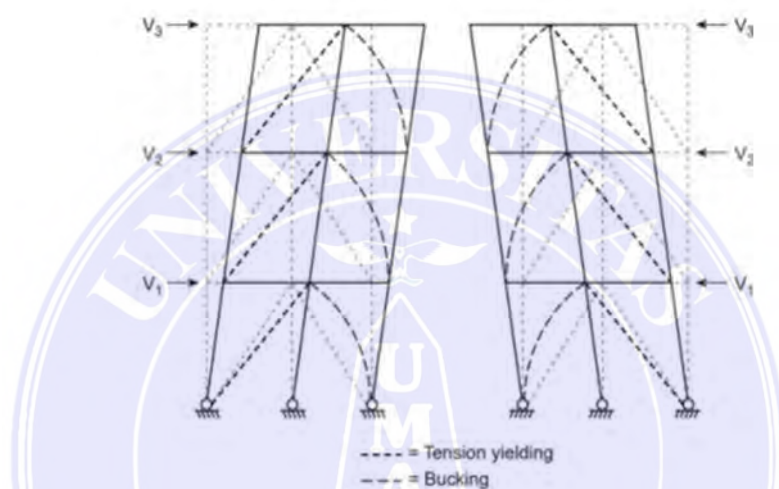
Gambar 7 Tipe-tipe Bresing Konsentrik (Maulidin, 2018)

2. Rangka Bresing Eksentris (RBE)

adalah bresing diagonal dimana salah satu ujung dari elemen bresingnya merangka pada balok sejarak tertentu dari lokasi sambungan balok-kolom.



Gambar 8 Tipe-tipe Bresing Eksentrik (Maulidin, 2018)



Gambar 9 Mekanisme Rangka Bresing (Maulidin, 2018)

2.7 Beban Gravitasi Pada Struktur

Bedasarkan SNI-1726:2019 Beban adalah gaya-gaya atau aksi-aksi lainnya yang dihasilkan dari berat seluruh material bangunan, hunian dan pemanfaatannya, pengaruh-pengaruh lingkungan, pergerakan relatif, beda penurunan, dan perubahan-perubahan dimensi yang tertahan yang searah dengan arah gaya gravitasi bumi. Penentuan beban pada struktur biasanya dilakukan dengan menggunakan perkiraan dikarenakan menentukan beban secara pasti pada suatu struktur sulit dilakukan sehingga perlu menggunakan kombinasi – kombinasi beban yang kemungkinan akan bekerja pada suatu struktur bangunan tersebut. Beban – beban ini terdiri dari beban mati, beban mati tambahan (*Super dead load*) dan beban

hidup Kombinasi dari beban - beban yang bekerja diatur dalam peraturan SNI-1727:2020.

2.7.1 Beban Mati

Beban mati adalah berat seluruh bahan konstruksi bangunan gedung yang terpasang, termasuk dinding, lantai, atap, plafon, tangga, dinding partisi tetap, finishing, klading gedung dan komponen arsitektural dan struktural lainnya serta peralatan layan terpasang lain termasuk berat derek dan sistem pengangkut material (SNI 1727:2020). Daftar berat komponen – komponen bangunan dapat dilihat pada Tabel 2 (SNI-1727:2020).

Tabel 2 Berat Sendiri Bahan Bangunan (SNI-1727:2020)

Komponen	Beban	Satuan
Baja	7850	Kg/m ³
Beton	2200	Kg/m ³
Beton Bertulang	2400	Kg/m ³
Kayu Kelas I	1000	Kg/m ³
Pasir (Kering Udara)	1600	Kg/m ³
Spesi dari semen, per cm tebal	21	Kg/m ²
Dinding bata merah ½ batu	250	Kg/m ²
Penutup atap genteng	50	Kg/m ²
Penutup lantai ubin semen per cm tebal	24	Kg/m ²

2.7.2 Beban Hidup

Beban hidup adalah beban yang diakibatkan oleh pengguna dan penghuni bangunan gedung atau struktur lain yang tidak termasuk beban konstruksi dan beban lingkungan, seperti beban angin, beban hujan, beban gempa, beban banjir, atau beban mati (SNI-1727:2020). Contoh dari beban ini adalah berat pengguna dan penghuni bangunan, perabotan atau peralatan yang tidak tetap atau dapat dipindah - pindahkan, kendaraan, dan barang - barang lain yang tidak tetap atau dapat dipindah – pindahkan. Penulisan ini menggunakan SNI-1727:2020 sebagai

acuan untuk beban hidup. SNI-1727:2020 digunakan sebagai acuan untuk beban hidup dalam penulisan ini. Daftar beban Hidup bangunan dapat dilihat pada Tabel 3 berikut (SNI-1727:2020)

Tabel 3 Beban Hidup Pada Bangunan Apartemen (SNI-1727:2020)

Penggunaan	Beban Merata (kN/m ²)
Apartemen/Rumah Tinggal	
Hunian satu dan dua keluarga	
1. Loteng yang tidak dapat dihuni tanpa Gudang	10
2. Loteng yang tidak dapat dihuni dengan Gudang	20
3. Loteng yang dapat dihuni dan ruang tidur	30
4. Semua ruang kecuali tangga	40
Semua hunian rumah tinggal lainnya	
1. Ruang pribadi dan koridornya	40
2. Ruang publik	100
3. Koridor ruang publik	100
Atap	
1. Atap datar, berbubung, dan lengkung	20
2. Atap untuk tempat berkumpul	100
Atap vegetatif dan atap lansekap	
1. Atap bukan untuk hunian	20
2. Atap untuk tempat berkumpul	100
Sistem lantai akses	
1. Ruang kantor	50
2. Ruang komputer	100

Berdasarkan Pasal 4.7.2 SNI 1727:2020 komponen struktur yang memiliki nilai $K_{LL} A_T$ adalah 400 ft² (37,16 m²) atau lebih diizinkan untuk dirancang dengan beban hidup tereduksi sesuai dengan Persamaan 1 dan 2:

$$L = L_o \left(0,25 + \frac{15}{K_{LL} A_T} \right) \quad (1)$$

Dalam SI:

$$L = L_o \left(0,25 + \frac{4,57}{K_{LL} A_T} \right) \quad (2)$$

Keterangan:

- L : beban hidup desain tereduksi per ft^2 (m^2) dari luasan yang didukung oleh komponen struktur
- L_0 : beban hidup desain tanpa reduksi per ft^2 (m^2) dari luasan yang didukung oleh komponen struktur
- K_{LL} : faktor elemen beban hidup
- A_T : luas tributari dalam ft^2 (m^2)

L tidak boleh kurang dari $0,5L_0$ untuk komponen struktur yang mendukung satu lantai dan L tidak boleh kurang dari $0,4L_0$ untuk komponen struktur yang mendukung dua lantai atau lebih dari dua lantai.

2.8 Beban Gempa Pada Struktur

Beban gempa adalah gaya-gaya statik ekuivalen yang bekerja pada suatu struktur karena pergerakan tanah yang disebabkan oleh gempa bumi, yang dapat bergerak baik ke arah vertikal maupun horizontal. Biasanya, arah horizontal lebih berpengaruh pada beban gempa daripada arah vertikal. Penentuan beban gempa rencana ditentukan sesuai SNI-1726:2019.

2.8.1 Menentukan Kategori Resiko Bangunan

kategori resiko bangunan ditentukan berdasarkan pada jenis penggunaan bangunan. jenis bangunan dibedakan resikonya tergantung dari tingkat kepentingan bangunan tersebut akibat bencana yang terjadi dan perkiraan kemungkinan resiko korban yang kemungkinan terjadi. Tabel kategori resiko dapat dilihat pada Tabel 4.

Tabel 4 Kategori Resiko Bangunan Gedung dan Nongedung (SNI-1726:2019)

Pemanfaatan Jenis Bangunan	Kategori Resiko
Gedung dan nongedung yang memiliki risiko rendah terhadap jiwa manusia pada saat terjadi kegagalan, termasuk, tapi tidak dibatasi untuk, antara lain:	I

Lanjutan Tabel 4

1. Fasilitas pertanian, perkebunan, peternakan, dan perikanan
2. Fasilitas sementara
3. Gudang penyimpanan

Rumah jaga dan struktur kecil lainnya

Semua gedung dan struktur lain, kecuali yang termasuk dalam kategori risiko I, III, IV, termasuk, tapi tidak dibatasi untuk:

1. Perumahan
2. Rumah toko dan rumah kantor
3. Pasar
4. Gedung perkantoran
5. Gedung apartemen/ rumah susun
6. Pusat perbelanjaan/ mall
7. Bangunan industri
8. Fasilitas manufaktur

II

Pabrik

Gedung dan nongedung yang memiliki risiko tinggi terhadap jiwa manusia pada saat terjadi kegagalan, termasuk, tapi tidak dibatasi untuk:

1. Bioskop
2. Gedung pertemuan
3. Stadion
4. Fasilitas kesehatan yang tidak memiliki unit bedah dan unit gawat darurat
5. Fasilitas penitipan anak
6. Penjara
7. Bangunan untuk orang jompo

III

Gedung dan nongedung, tidak termasuk kedalam kategori risiko IV, yang memiliki potensi untuk menyebabkan dampak ekonomi yang besar dan/atau gangguan massal terhadap kehidupan masyarakat sehari-hari bila terjadi kegagalan, termasuk, tapi tidak dibatasi untuk:

1. Pusat pembangkit listrik biasa
2. Fasilitas penanganan air
3. Fasilitas penanganan limbah
4. Pusat telekomunikasi

Gedung dan nongedung 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 disyaratkan oleh instansi yang berwenang dan cukup menimbulkan bahaya bagi masyarakat jika terjadi kebocoran.

III

Gedung dan nongedung yang dikategorikan sebagai fasilitas yang penting, termasuk, tetapi tidak dibatasi untuk:

1. Bangunan-bangunan monumental

IV

Lanjutan Tabel 4

2. Gedung sekolah dan fasilitas pendidikan
3. Rumah ibadah
4. Rumah sakit dan fasilitas kesehatan lainnya yang memiliki fasilitas bedah dan unit gawat darurat
5. Fasilitas pemadam kebakaran, ambulans, dan kantor polisi, serta garasi kendaraan darurat
6. Tempat perlindungan terhadap gempa bumi, tsunami, angin badai, dan tempat perlindungan darurat lainnya
7. Fasilitas kesiapan darurat, komunikasi, pusat operasi dan fasilitas lainnya untuk tanggap darurat
8. Pusat pembangkit energi dan fasilitas publik lainnya yang dibutuhkan pada saat keadaan darurat

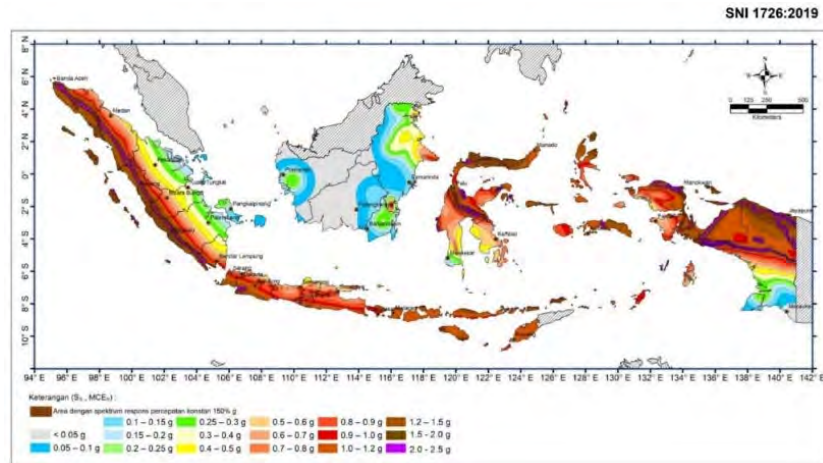
Struktur tambahan (termasuk menara telekomunikasi, tangka penyimpanan bahan bakar, menara pendingin, struktur stasiun listrik, tangki air pemadam kebakaran atau struktur rumah atau struktur pendukung air atau material atau peralatan pemadam kebakaran) yang disyaratkan untuk beroperasi pada saat keadaan darurat Gedung dan nongedung yang dibutuhkan untuk mempertahankan fungsi struktur bangunan lain yang masuk ke dalam kategori risiko IV.

Tabel 5 Faktor Keutamaan Gempa (SNI-1726:2019)

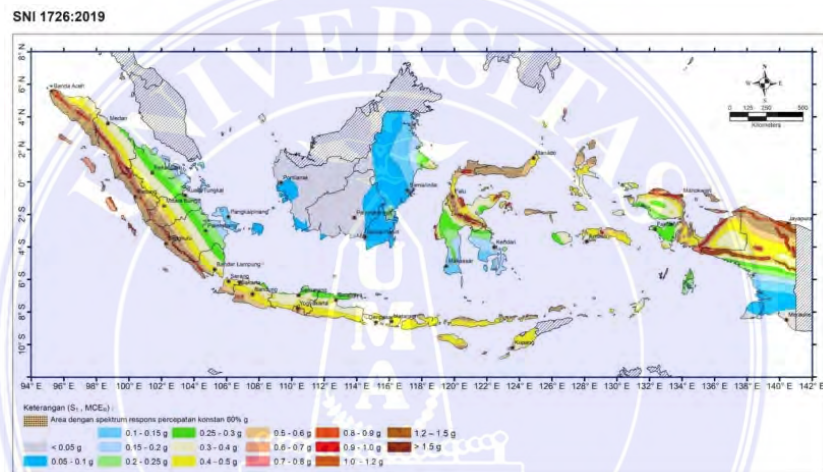
Kategori Resiko	Faktor Keutamaan Gempa I_e
I atau II	1,0
III	1,25
IV	1,50

2.8.2 Spektrum Respon Desain

Respon spektrum gempa adalah grafik hubungan antara periode getar (T) dengan respon percepatan gempa (S_a). parameter s_s (percepatan batuan dasar pada periode pendek) dan s_l (percepatan batuan dasar pada periode 1 detik) harus ditetapkan masing-masing dari respons spektral percepatan 0,2 detik dan 1 detik dalam peta gerak tanah seismik kemungkinan 2% telampauai dalam 50 tahun (MCE_{R1} 2% dalam 50 tahun), dan dinyatakan dalam bilangan desimal terhadap percepatan gravitasi (SNI-1726:2019). s_s dan s_l dilampirkan di Gambar 10 dan 11



Gambar 10 Parameter gerak tanah S_s (SNI-1726:2019)



Gambar 11 Parameter gerak tanah S_l (SNI-1726:2019)

Response spektral percepatan pada periode pendek (SMS) dan periode 1 detik (SM1) disesuaikan dengan respons spektral percepatan gempa MCER di permukaan tanah. Faktor amplifikasi seismik pada periode 0,2 detik dan 1 detik termasuk faktor amplifikasi getaran terkait percepatan pada getaran periode pendek (F_a) dan faktor amplifikasi getaran terkait percepatan yang mewakili getaran periode 1 detik (F_v).

$$S_{MS} = F_a S_s \quad (3)$$

$$S_{M1} = F_v S_s \quad (4)$$

Keterangan:

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

S_l = parameter respons spektral percepatan gempa MCE_R terpetakan untuk periode 1,0 detik.

Koefisien F_a dan F_v dapat dilihat pada Tabel 6 dan Tabel 7

Tabel 6 Koefisien Situs, F_a (SNI-1726:2019)

Kelas Situs	Parameter respons spektral percepatan gempa maksimum yang dipertimbangkan risiko-tertarget (MCE_R) terpetakan pada periode pendek, $T = 0,2$ detik, S_s					
	$S_s \leq 0,25$	$S_s = 0,5$	$S_s = 0,75$	$S_s = 1,00$	$S_s = 1,25$	$S_s \geq 1,25$
SA	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
SB	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9
SC	1,3	1,3	1,2	1,2	1,2	1,2
SD	1,6	1,4	1,2	1,1	1,0	1,0
SE	2,4	1,7	1,3	1,1	0,9	0,8
SF	$SS^{(a)}$					

Tabel 7 Koefisien Situs, F_v (SNI-1726:2019)

Kelas Situs	Parameter respons spektral percepatan gempa maksimum yang dipertimbangkan risiko-tertarget (MCE_R) terpetakan pada periode 1 detik, S_l					
	$S_l \leq 0,25$	$S_l = 0,5$	$S_l = 0,75$	$S_l = 1,00$	$S_l = 1,25$	$S_l \geq 1,25$
SA	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
SB	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
SC	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,4
SD	2,4	2,2	2,0	1,9	1,8	1,7
SE	4,2	3,3	2,8	2,4	2,2	2,0
SF	$SS^{(a)}$					

Catatan:

SS = Untuk lokasi yang memerlukan investigasi geoteknik khusus dan analisis respons situs khusus, lihat 0. Parameter percepatan spektral desain untuk periode pendek, SDs, dan untuk periode 1 detik, SD1, harus ditentukan dengan menggunakan persamaan berikut ini:

$$S_{P1} = \frac{2}{3} S_{M1} \quad (5)$$

$$S_{P1} = \frac{2}{3} S_{M1} \quad (6)$$

Dalam kasus di mana spektrum respons desain diperlukan oleh metode ini dan prosedur gerak tanah dari situs tertentu tidak digunakan, kurva spektrum respons desain harus dikembangkan dengan mengikuti aturan berikut:

1. Spektrum respons percepatan desain untuk periode T_0 yang lebih pendek,

S_a , harus diambil dari persamaan 7

$$S_a = S_{DS} \left(0,4 + 0,6 \frac{T}{T_0} \right) \quad (7)$$

2. Untuk periode lebih besar dari atau sama dengan T_0 dan lebih kecil dari atau sama dengan T_s , spektrum respons percepatan desain, S_a , sama dengan

S_{DS} ;

3. Untuk periode lebih besar dari T_s tetapi lebih kecil dari atau sama dengan

T_L , respons spektral percepatan desain, S_a , diambil berdasarkan Persamaan

$$S_a = \frac{S_{D1}}{T} \quad (8)$$

4. Untuk periode lebih besar dari T_L , respons spektral percepatan desain, S_a , diambil berdasarkan Persamaan 9.

$$S_a = \frac{S_{D1} T_L}{T^2} \quad (9)$$

Keterangan:

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

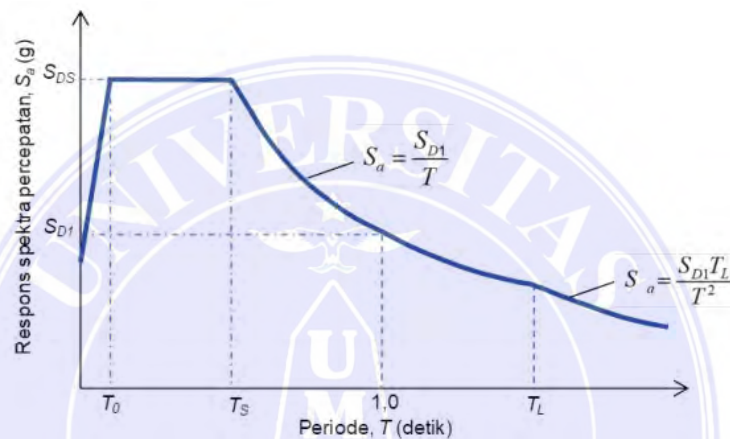
S_{D1} = parameter respons spektral percepatan desain pada periode 1 detik;

T = periode getar fundamental struktur.

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

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

T_L = Peta transisi periode panjang yang ditunjukkan pada Gambar 12 (SNI-1726:2019)



Gambar 12 Spektrum respons desain (SNI-1726:2019)

2.8.3 Kategori Desain Seismik

Struktur bangunan harus ditetapkan memiliki suatu kategori desain seismik yang mengikuti pasal ini. Struktur bangunan dengan kategori risiko I, II, atau III yang berlokasi di mana parameter respons spektral percepatan terpetakan pada periode 1 detik, S_I , lebih besar dari atau sama dengan 0,75 harus ditetapkan sebagai struktur bangunan dengan kategori desain seismik E. Struktur yang berkategori risiko IV yang berlokasi di mana parameter respons spektral percepatan terpetakan pada periode 1 detik, S_I , lebih besar dari atau sama dengan 0,75, harus ditetapkan sebagai struktur bangunan dengan kategori desain seismik F. Semua struktur bangunan lainnya harus ditetapkan kategori desain seismiknya berdasarkan kategori risikonya dan parameter respons spektral percepatan desainnya, S_{DS} dan

S_{D1} , sesuai 0 (SNI-1726:2019). Masing-masing struktur bangunan dan struktur bangunan harus ditetapkan ke dalam kategori desain seismik yang lebih parah, dengan mengacu pada Tabel 8 dan Tabel 9, terlepas dari hal nilai periode fundamental getaran struktur, T .

Tabel 8 Kategori desain seismik berdasarkan parameter respons percepatan pada periode pendek (SNI-1726:2019)

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

Tabel 9 Kategori desain seismik berdasarkan parameter respons percepatan pada periode 1 detik (SNI-1726:2019)

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

2.8.4 Gaya Geser Dasar Seismik

Gaya geser dasar seismik, V , dalam arah yang ditetapkan harus ditentukan sesuai dengan Persamaan 10.

$$V = C_S W \tag{10}$$

Keterangan:

C_S = koefisien respons seismik yang ditentukan sesuai dengan 0

W = berat seismik efektif menurut 0

- a. Perhitungan koefisien respons seismik

Koefisien respons seismik, C_S , harus ditentukan sesuai dengan rumus

Persamaan 11.

$$C_s = \frac{S_{DS}}{\left(\frac{R}{I_e}\right)} \quad (11)$$

Keterangan :

S_{PS} = parameter percepatan respons spektral desain dalam rentang periode pendek seperti ditentukan dalam 0 atau 0

R = koefisien modifikasi respons

I_e = faktor keutamaan gempa yang ditentukan sesuai dengan 0.

Nilai C_s yang dihitung sesuai dengan persamaan 12 dan 13 tidak perlu melebihi berikut ini:

Untuk:

$$T \leq T_L$$

$$C_s = \frac{S_{D1}}{T \left(\frac{R}{I_e}\right)} \quad (12)$$

Untuk $T > T_L$

$$C_s = \frac{S_{D1} T_L}{T^2 \left(\frac{R}{I_e}\right)} \quad (13)$$

C_s harus tidak kurang dari

$$C_s = 0,044 S_{DS} I_e \geq 0,01 \quad (14)$$

Sebagai tambahan, untuk struktur yang berlokasi di daerah di mana S_I sama dengan atau lebih besar dari 0,6g, maka C_s harus tidak kurang dari:

$$C_s = \frac{0,5 S_1}{\left(\frac{R}{I_e}\right)} \quad (15)$$

Keterangan:

di mana I_e dan R sebagaimana didefinisikan dalam 0, dan

S_{D1} = parameter percepatan respons spektral desain pada periode sebesar 1,0 detik, seperti yang ditentukan dalam 0

T = periode fundamental struktur (detik) yang ditentukan 0

S_I = parameter percepatan respons spektral maksimum yang dipetakan yang ditentukan sesuai 0

b. Priode fundamental pendekatan

Periode fundamental pendekatan (T_a), dalam detik, harus ditentukan dari Persamaan 16.

$$T_a = C_t h_n^x \tag{16}$$

Keterangan :

h_n adalah ketinggian struktur (m), di atas dasar sampai tingkat tertinggi struktur, dan koefisien C_t dan x ditentukan dari Tabel 10

Tabel 10 Nilai parameter periode pendekatan C_t dan x (SNI-1726:2019)

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

Selain itu, periode fundamental pendekatan (T_a) dalam detik dapat dihitung dengan menggunakan persamaan berikut: Untuk struktur dengan ketinggian tidak lebih dari dua belas tingkat, sistem pemikul gaya seismik harus terdiri dari rangka pemikul momen yang terbuat dari beton atau baja dengan tinggi tingkat rata-rata sekurang-kurangnya tiga meter:

$$T_a = 0,1N \quad (17)$$

Keterangan:

N = Jumlah tingkat

Untuk struktur dinding geser batu bata atau dinding geser beton dengan tinggi tidak melebihi 36,6 m, perhitungan periode fundamental pendekatan, T_a , diizinkan menggunakan Persamaan 18 sebagai berikut:

$$T_a = \frac{0,00058}{\sqrt{C_w}} h_n \quad (18)$$

Dimana h_n didefinisikan di atas dan C_w dihitung dari Persamaan 19 sebagai berikut:

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

Keterangan:

A_B = luas dasar struktur (m²)

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

D_i = panjang dinding geser ke- i (m)

x = jumlah dinding geser dalam bangunan yang efektif memikul gaya lateral dalam arah yang ditinjau.

c. Distribusi vertikal gaya seismic

Gaya seismic lateral, F_x , (kN) di sebarang tingkat harus ditentukan dari persamaan berikut:

$$F_x = C_{VX}V \quad (20)$$

dan

$$C_{VX} = \frac{w_x h_x^k}{\sum_{i=1}^n w_i h_i^k} \quad (21)$$

d. Distribusi horizontal gaya seismik

Geser tingkat desain seismik di semua tingkat, V_x (kN), harus ditentukan dari Persamaan 22

$$V_x = \sum_{i=x}^n F_i \quad (22)$$

Keterangan:

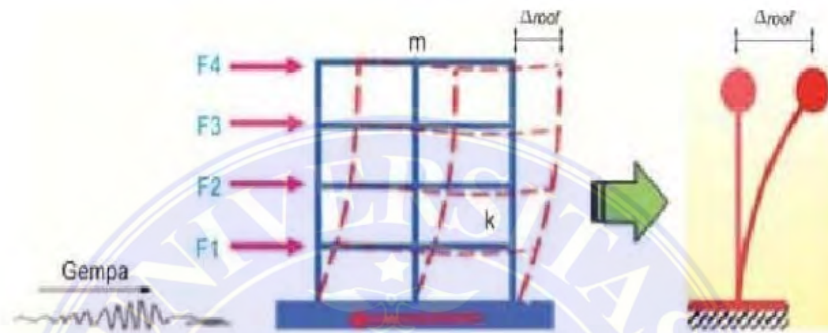
F_i adalah bagian dari geser dasar seismik (V) pada tingkat ke- i (kN)

Geser tingkat desain seismik, V_x (kN), harus didistribusikan pada berbagai elemen vertikal sistem pemikul gaya seismik di tingkat yang ditinjau berdasarkan pada kekakuan lateral relatif elemen pemikul vertikal dan diafragma.

2.9 Analisa Statik Nonlinier

Analisis statik nonlinier, juga dikenal sebagai analisis pushover atau analisis beban dorong statik, adalah metode analisis yang digunakan untuk mengevaluasi bagaimana suatu struktur bangunan bereaksi terhadap gempa bumi. Pola beban lateral statis diterapkan pada struktur untuk analisis ini. Beban secara bertahap ditingkatkan dengan faktor pengali hingga melampaui pembebanan yang menyebabkan pelelehan (sendi plastis). Selanjutnya, dengan peningkatan beban lebih lanjut, bentuk pasca-elastis mengalami perubahan yang signifikan sampai kondisi plastis tercapai. Analisis pushover digunakan untuk menentukan bagian mana yang kritis. Ini juga menghitung gaya dan deformasi maksimum dari bagian yang terdeformasi. Meskipun prosedurnya sederhana, teknik ini memberikan informasi yang sangat berharga karena dapat menggambarkan reaksi inelastis bangunan selama gempa bumi. Meskipun analisis ini bukan metode yang paling

efektif untuk mendapatkan jawaban terhadap masalah—masalah analisis dan desain—metode ini cukup mudah untuk mendapatkan tanggapan nonlinier pada struktur. Dengan massa (m) dan kekakuan (k) masing-masing lantai, struktur gedung akan memikul *base shear* saat gempa melanda. *Base shear* menyebabkan tiap lantai bergeser atau bergerak dari tempatnya semula.



Gambar 13 Respon Struktur Akibat Gempa (Hasbi ,2023)

Apabila sifat geometri struktur simetris maka simpangan yang terjadi hanya pada satu bidang (2-dimensi) yaitu simpangan suatu massa pada setiap saat hanya mempunyai posisi/ordinat tunggal sehingga dapat dianggap sebagai satu kesatuan *Single Degree of Freedom (SDOF)* dengan parameter *displacement* yang diukur adalah pada atap. Saat gaya gempa bekerja, maka gedung akan merespon beban gempa tersebut dengan memberikan gaya-gaya dalam. Apabila gaya-gaya dalam tersebut melebihi kemampuan /kapasitas gedung, maka gedung akan berperilaku in-elastis apabila struktur cukup daktail tetapi langsung hancur apabila kurang daktail (Nurchasanah, 2015).

2.9.1 Tahapan Utama Analisa Statik Nonlinier

Tahapan utama dalam analisa *pushover* adalah:

- a. mengidentifikasi titik kontrol yang dapat digunakan untuk menghitung jumlah perpindahan struktur. Kurva *pushover* dibuat dengan

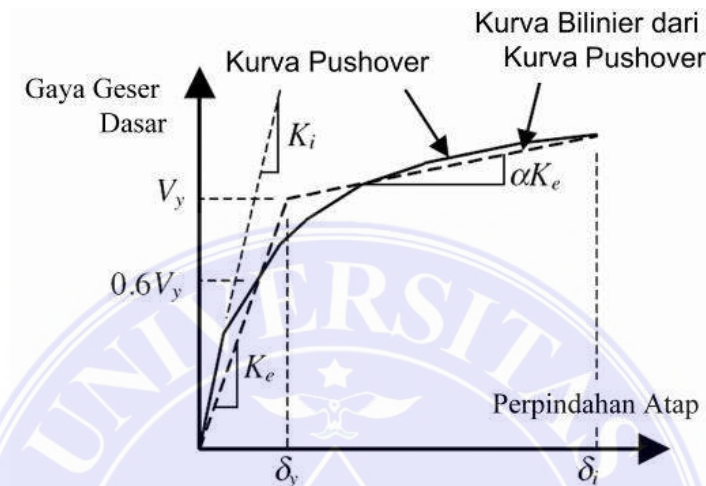
menggunakan catatan gaya geser dasar dan besaran perpindahan titik kontrol.

- b. Untuk mencapai deformasi yang diharapkan hampir identik dengan yang dihasilkan oleh gempa bumi, kurva pushover dirancang menggunakan pola distribusi gaya lateral yang berbeda, terutama yang setara dengan distribusi inersi. Berbagai pola beban lateral diperlukan untuk mencapai kondisi terbaik karena sifat gempa tidak dapat diprediksi.
- c. Tentukan seberapa banyak gerakan lateral, sering disebut sebagai gerakan target, yang terjadi selama gempa bumi. Titik kendali diangkat ke tingkat pengusiran, yang berarti pengusungan terbesar yang disebabkan oleh gempa yang dimaksudkan.
- d. Mengevaluasi tingkat kinerja struktur sementara titik kontrol yang tepat berada pada tujuan relokasi sangat penting untuk merancang baseline kinerja. Aktivitas perilaku dan elemen strukturalnya dapat dianggap memuaskan jika mereka memenuhi spesifikasi awal untuk persyaratan deformasi dan kekuatan. Karena komponen yang sangat dinilai, proses ini hanya dapat diselesaikan oleh program komputer. (fasilitas *pushover* dan evaluasi kinerja yang terintegrasi ke dalam program ETABS v18, berdasarkan FEMA-356 dan ATC-40).

2.9.2 Waktu Getar Alami Efektif

Biasanya, analisis getar alami efektif digunakan untuk mengidentifikasi waktu getaran intrinsik dari struktur. Untuk memperkirakan ukuran gempa yang akan dihadapi struktur, informasi ini sangat penting. Temuan dari studi nilai sendiri dan waktu getaran alami bangunan pada saat gempa terkuat berbeda karena sifat

tidak elastis dari kondisi konstruksi pada saat itu. Ini adalah hasil dari analisis eigenvalue menggunakan data yang masih dalam kondisi elastis linear. Kurva analisis pushover digunakan dalam perhitungan waktu getaran efektif, T_e , yang mempertimbangkan kondisi inelastik.



Gambar 14 Parameter Fundamental Efektif dari Kurva Pushover (Titono, 2010)

Kurva pushover diubah menjadi kurva bilinear untuk menghitung kekakuan lateral yang efektif dari bangunan (K_e) dan bangunan pencairan yang kuat (V_y). Gaya sliding dasar, yang menggunakan 60% dari kekuatan meleh, dapat digunakan untuk menghitung kekakuan potongan. Karena kekuatan meleh dalam kedua kondisi elastis (K_e) dan inelastik (αK_e) diperoleh dari titik potongan kekakuan lateral yang efektif, metode ini dilakukan percobaan dan kesalahan.

2.9.3 Target Perpindahan

Pada titik kontrol yang dikenal sebagai "pergerakan sasaran", gaya dan deformasi setiap bagian atau elemen dihitung terhadap "gerakan spesifik" menggunakan notasi δ_t . Pergerakan terbesar pada sebuah bangunan didefinisikan sebagai pengalihan maksimum yang terjadi selama gempa yang direncanakan. Analisis pushover harus dilakukan untuk membawa pergeseran lateral titik kontrol dan kurva korelasi gaya sliding fundamental ke setidaknya 150% dari target shift

untuk menentukan perilaku struktur pasca-kolaps. Ingat bahwa pergerakan sasaran hanyalah nilai rata-rata beban seismik rencana, dan bahwa bangunan harus menunjukkan perilaku yang menyimpang dari kondisi yang diprediksi.

Untuk analisis pushover menggunakan simulasi beban seismik, beban lateral tunduk pada pola tertentu. Dampak kombinasi beban mati dan setidaknya 25% dari beban hidup yang dimaksudkan harus disediakan di samping beban ini. Sebuah beban lateral harus diterapkan ke pusat massa untuk setiap tingkat. Untuk mereplikasi beban gempa secara acak, FEMA 356 membutuhkan penggunaan setidaknya dua pola beban yang berbeda. Ini dilakukan untuk menunjukkan pola mana yang menghasilkan hasil terburuk. Satu arah menerima berat secara bertahap (monotonik).

Gaya dan distorsi yang terjadi ketika gerakan titik kontrol sama dengan tujuan transfer δt berfungsi sebagai dasar untuk menilai tingkat kinerja kondisi bangunan. Dalam perencanaan berbasis kinerja, parameter target transfer sangat penting untuk fungsinya.

a. Metode Koefisien Perpindahan (FEMA 356)

Untuk menentukan akselerasi gerakan seismik, atau kecepatan puncak, S_a , versus periode getaran, T , pendekatan ini pertama kali menetapkan waktu getaran efektif, T_e . Jika waktu ini ditanamkan pada spektrum respons elastis, itu akan menunjukkan akselerasi ini. Karena struktur dengan respons terhadap area elastis diharapkan memiliki pengurangan 5%, tingkat pengurangan ini selalu digunakan. Puncak gerakan spektrum elastis, S_d , dan akselerasi spektral, S_a , terkait dengan cara yang ditunjukkan di bawah ini:

$$S_d = \frac{T_e^2}{4\pi^2} S_a \quad (23)$$

Selanjutnya target perpindahan pada titik kontrol δ_T , ditentukan dari Persamaan 24.

$$\delta_T = C_0 C_1 C_2 C_3 C_a \left(\frac{T_e}{2\pi} \right)^2 g \quad (24)$$

Dimana:

T_e = Waktu getar alami efektif yang memperhitungkan kondisi inelastis

C_0 = Koefisien faktor bentuk, Untuk mengubah perpindahan spektral menjadi perpindahan atap, koefisien faktor bentuk biasanya menggunakan faktor partisipasi mode pertama (*first mode participation factor*) atau dari Tabel FEMA 356.

C_1 = Faktor modifikasi yang menghubungkan perpindahan *inelastic* maksimum dengan perpindahan yang dihitung dari respon *elastic* linier.
 = 1.0 untuk $T_e \geq T_s$
 = $[1.0 + (R - 1)T_s/T_e] / R$ untuk $T_e < T_s$ (4)

T_s = Waktu getar yang terjadi pada kurva respons spektrum, di mana pada perubahan dari bagian kecepatan konstan ke akselerasi konstan.

R = Rasio “kuat elastik perlu” terhadap “koefisien kuat leleh terhitung”

$$R = \frac{S_a}{V_y/W} C_m \quad (25)$$

S_a = Pada arah yang ditinjau, akselerasi respons spektrum yang disesuaikan dengan waktu getar alami.

V_y = Gaya geser dasar saat leleh berubah dari idealisasi *pushover curve* menjadi bilinear.

W = Reduksi total beban hidup dan beban mati

C_m = Tabel 3-1 dari FEMA 356 yang mencakup faktor massa efektif.

C_2 = Tabel 3-3 dari FEMA 356 menunjukkan koefisien untuk memperhitungkan efek "*pinching*" dari hubungan beban deformasi akibat degradasi kekakuan dan kekuatan.

C_3 = Koefisien untuk memperhitungkan pembesaran lateral akibat efek P-delta diperoleh secara empiris dari studi statistik analisis riwayat waktu non-linier dari SDOF. Koefisien ini diambil berdasarkan pertimbangan *engineering judgment*, di mana perilaku hubungan gaya geser dasar-lendutan pada kondisi pasca leleh kekakuannya positif (kurva meningkat), dan $C_3 = 1$. sedangkan jika perilaku pasca lelehnya negatif (kurva menurun) maka

$$C_3 = 1,0 + \frac{|\alpha|(R - 1)^{1/2}}{T_e} \quad (26)$$

α = Hubungan gaya lendutan dianggap kurvabilinier (lihat waktu getar efektif), dan rasio kekakuan pasca leleh terhadap kekakuan elastik efektif.

g = percepatan gravitasi 9.81 m/s^2 .

b. Metode Spektrum Kapasitas (ATC 40)

Prosedur mengembangkan kurva gaya relasional yang mempertimbangkan kondisi struktur inelastik adalah langkah pertama dalam pendekatan spektrum kapasitas. Spektrum reaksi terhadap kecepatan transmisi, atau format ADRS, kemudian digunakan untuk mengatur kurva ini. Spektrum kapasitas, atau spektrum kapasitas, dibuat dengan menerapkan perubahan spesifik pada kurva kapasitas. Sebaliknya, spektrum respon kecepatan gerak berasal dari spektrum respon perubahan kecepatannya. (ADRS). Acceleration (S_a) dan shift point (S_d) respons spektral digabungkan dalam format ADRS. Titik pergeseran adalah koordinat, amplitudo adalah akselerasi, dan periode (T) adalah kemiringan pusat sumbu. Format ini memodifikasi kurva relasi gaya sliding dasar dengan gerakan lateral titik kontrol dengan menggunakan kualitas dinamis sistem. Ini menghasilkan kurva kapasitas struktur. Selain itu, kurva kapasitas dapat tenggelam pada sumbu yang sama sesuai dengan gaya seismik yang diperlukan karena gerakan gempa berubah menjadi format ADRS. Dalam pengaturan ini, waktu getaran ditampilkan sebagai garis radial melintasi titik tengah sumbu. Karena kurva kapasitas dipenuhi oleh efek getaran yang setara, waktu getaran setara dianggap mewakili momen getaran tepat di mana gerakan seismik harus dikurangi. Mencapai titik kinerja (maksimum transfer inelastik) membutuhkan penyelesaian iteratif karena waktu getaran yang setara dan retardasi adalah fungsi transfer. ATC-40 menetapkan batas reduksi analog untuk memprediksi hilangnya kekakuan dan kekuatan yang progresif. Selanjutnya, efek samping yang efektif dari

pembentukan sendi plastik dimasukkan ke dalam modifikasi spektrum respons ADRS ini. Kami menyebutnya sebagai kurva klaim (kurva kapasitas). Tiga diagram digambarkan secara grafis oleh metode spektrum kapasitas: spekter permintaan dalam format ADRS, respons spektral, dan spekter kapasitas. Perilaku struktur yang dianalisis terhadap intensitas gempa yang ditentukan kemudian ditentukan dengan membandingkan kurva kapasitas dengan permintaan kinerja, yang merupakan spektrum respons dari intensitas bumi yang berbeda. (repeated periods). Titik di mana spektrum permintaan dan kapasitas persimpangan adalah di mana target transfer ditemukan. Perangkat lunak ETABS memiliki teknik ini secara khusus dibangun; program ini bekerja secara otomatis untuk mengkonversi kurva pushover dan meminimalkan kurva respons spektrum.

2.10 Level Kinerja Struktur

Tingkat kinerja struktural bangunan ditetapkan dengan mempertimbangkan kerusakan yang ditanggung struktur setelah gempa bumi, seperti menurut ATC-40 dan FEMA 440. ATC-40 mencatat tiga tingkat kinerja struktural berikut:

1. *Immediate Occupancy*: Ketika ada nya gempa bumi, struktur bangunan masih dapat digunakan dan mampu menahan berat gempa dengan hanya kerusakan kecil.
2. *Damage Control*: Ada kerusakan struktural pada tingkat yang jatuh antara IO dan LS. Dibandingkan dengan LS, tingkat ini lebih efektif dalam mencegah kerusakan struktural pada struktur. Integritas struktur bangunan tetap utuh.

3. *Life Safety*: Meskipun kerusakan yang signifikan, bangunan masih cukup kuat untuk menahan dampak gempa dan belum runtuh. Setelah perbaikan, struktur bangunan masih dapat digunakan.
4. *Structural Stability*: Struktur bangunan mengalami kerusakan yang signifikan dan tidak mampu menahan beban gempa.

Untuk mengevaluasi kinerja struktur digunakan *maksimum total drift* dari kurva kapasitas. Parameter *maksimum total drift* dapat dilihat pada Tabel 11 dan Tabel 12.

Tabel 11 Parameter *maksimum total drift* (ATC-40)

Parameter	Performance level			
	IO	Damage control	LS	Structural Stability
<i>Maximum total drift</i>	0,01	0,01 - 0,02	0,02	$0,33 \frac{V_i}{P_i}$
<i>Maximum Inelastic drift ratio</i>	0,005	0,005 - 0,015	Not limited	Not limited

Tabel 12 Kriteria *drift ratio* (FEMA 440)

Level Kinerja		
IO	LS	SS
$0\% < drift < 0.7\%$	$0.7\% < drift < 2.5\%$	$2.5\% < drift < 5\%$

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Lokasi Penelitian

Proyek yang di amati pada penlitian ini adalah Proyek Pembangunan Rumah Susun yang berlokasi di Desa Silangkitang Kec. Sipoholon Kab. Tapanuli Utara.



Gambar 15 Lokasi penelitian (Google maps, 2024)

3.2 Pengumpulan Data

Untuk pemodelan yang akurat, pengumpulan data harus dilakukan sebelum melakukan pemodelan. Pengumpulan data dilakukan secara primer, dimana penulis mengumpulkan data dari gambar kerja dan kondisi lapangan. Adapun pengumpulan data dan informasi bangunan Rumah Susun Tipe Asrama Wiyata Desa Silangkitang Kecamatan Sipoholon Kabupaten Tapanuli Utara, yang diperoleh penulis antara lain:

1. Gambar Denah Proyek bangunan Rumah Susun Tipe Asrama Wiyata Desa Silangkitang Kecamatan Sipoholon Kabupaten Tapanuli Utara.
2. Gambar Detail balok, kolom, pelat lantai, pelat atap, tangga dan dinding geser pada proyek bangunan Rumah Susun Tipe Asrama Wiyata Desa Silangkitang Kecamatan Sipoholon Kabupaten Tapanuli Utara.

3. Kuat tekan beton (f_c') yang digunakan pada proyek bangunan Rumah Susun Tipe Asrama Wiyata Desa Silangkitang Kecamatan Sipoholon Kabupaten Tapanuli Utara.
4. Kuat leleh tulangan (f_y) yang digunakan pada proyek bangunan Rumah Susun Desa Silangkitang Kecamatan Sipoholon Kabupaten Tapanuli Utara.

Data gambar yang didapatkan, digunakan untuk pemodelan struktur bangunan dan kemudian dianalisis menggunakan software ETABS v18.

3.3 Pendekatan Penelitian

Penelitian ini menggunakan pendekatan kuantitatif, karena hasil penelitian yang digunakan berupa angka menggunakan analisis statik non-linier. Analisis struktur gedung dibantu dengan menggunakan program ETABS v18

3.4 Tahapan Analisis

Tahapan – tahapan analisis yang dilakukan pada penelitian ini adalah:

1. Pengumpulan data struktur bangunan.
2. Analisa pembebanan struktur yang meliputi:
 - a. Beban Mati
 - b. Beban Hidup
 - c. Beban Gempa
3. Pemodelan struktur bangunan menggunakan aplikasi ETABS v18 Struktur bangunan yang dimodelkan berupa:
 - a. Pemodelan struktur bangunan dengan dinding geser (*Shear Wall*)
 - b. Pemodelan struktur bangunan dengan rangka bresing kosentrik.
4. Analisis struktur menggunakan analisis *pushover*.

5. Membuat Perbandingan kinerja struktur antara penggunaan dinding geser dan bresing kosentrik berdasarkan ATC-40
6. Menyimpulkan hasil analisis.

3.5 Data Struktur Bangunan

Data pada proyek ini diperoleh penulis langsung dari lapangan untuk digunakan dalam penelitian ini. Bangunan ini berlokasi di Tapanuli Utara dengan struktur beton bertulang memiliki fungsi sebagai rumah susun/apartemen. Bangunan ini terletak pada kategori resiko gempa II (SNI 1726- 2019) dan terletak pada tanah dengan kondisi lunak (SE). Berikut ini adalah lampiran informasi umum pada proyek pembangunan rumah susun desa Silangkitang:

- a. Lokasi Kasus : Desa Silangkitang Kecamatan Sipoholon
Kabupaten Tapanuli Utara – Sumatera
Utara
- b. Material bangunan : Beton bertulang
- c. Fungsi Bangunan : Apartemen / Rumah susun
- d. Jumlah Lantai : 3 Lantai
- e. Tinggi Bangunan : 14,600 mm
- f. Tinggi Lantai Tipikal : 3,400 mm

3.5.1 Data Material Bangunan

Berikut ini data material pada bangunan:

- Mutu beton (f_c') : 25 Mpa
- Modulus elastisitas beton (E_c) : 23450 Mpa
- Tegangan leleh tulangan (f_y) : 420 Mpa
- Modulus elastisitas tulangan (E) : 200000 Mpa

3.5.2 Dimensi Struktur

Data – data mengenai dimensi struktur akan digunakan untuk pemodelan bangunan dengan ETABS v18. Berikut ini adalah data mengenai dimensi pada struktur bangunan :

a. Kolom

Kolom merupakan salah satu struktur utama yang berfungsi meneruskan berat bangunan dan beban lain seperti beban hidup (manusia dan barang-barang), serta beban hembusan angin ke pondasi. Berikut ini merupakan dimensi kolom yang digunakan pada rumah susun di Tapanuli Utara.

K1 = 450/450 mm, dengan tulangan 12D16, senkang tumpuan D10 – 100 senkang lapangan D10 – 150

K2 = 300/300 mm, dengan tulangan 8D16, senkang tumpuan D10 – 100 senkang lapangan D10 – 150

b. Balok

Balok merupakan salah satu bagian penting dalam sebuah struktur bangunan yang berfungsi untuk menahan beban struktur atas dan menyalurkannya ke kolom.

G1.1 = 250/550 mm

G2.1 = 250/450 mm

G3.1 = 300/450 mm

G4.1 = 350/450 mm

G5.1 = 300/400 mm

G7.1 = 300/550 mm

G8.1 = 350/550 mm

G9.1 = 400/550 mm

B1.1 = 350/450 mm

B2.1 = 250/450 mm

B3.1 = 250/400 mm

B4.1 = 250/450 mm

c. Pelat Lantai

Pelat lantai adalah bagian struktur bangunan berfungsi untuk menyalurkan beban hidup maupun beban mati ke kerangka pendukung vertikal. Pada bangunan rumah susun di Tapanuli Utara digunakan ketebalan pelat lantai ruangan 130 mm dan pelat lantai dak 150 mm.

d. Dinding geser

Dinding geser adalah suatu subsistem struktur gedung yang fungsi utamanya adalah untuk memikul beban geser. Pada bangunan rumah susun di Tapanuli utara ini dinding Geser 1 memiliki panjang bersih 1680 mm, Dinding geser 2 memiliki panjang bersih 3550 mm.

e. Bresing

Ukuran baja profil yang digunakan pada bresing menggunakan profil baja WF 300.150, ditentukan dengan membandingkan harga pekerjaannya dengan harga pekerjaan dinding geser dengan selisih yang sedikit sesuai yang dijelaskan pada Tabel 13 dan 14

Tabel 13 Selisih harga pekerjaan dinding geser dan bresing

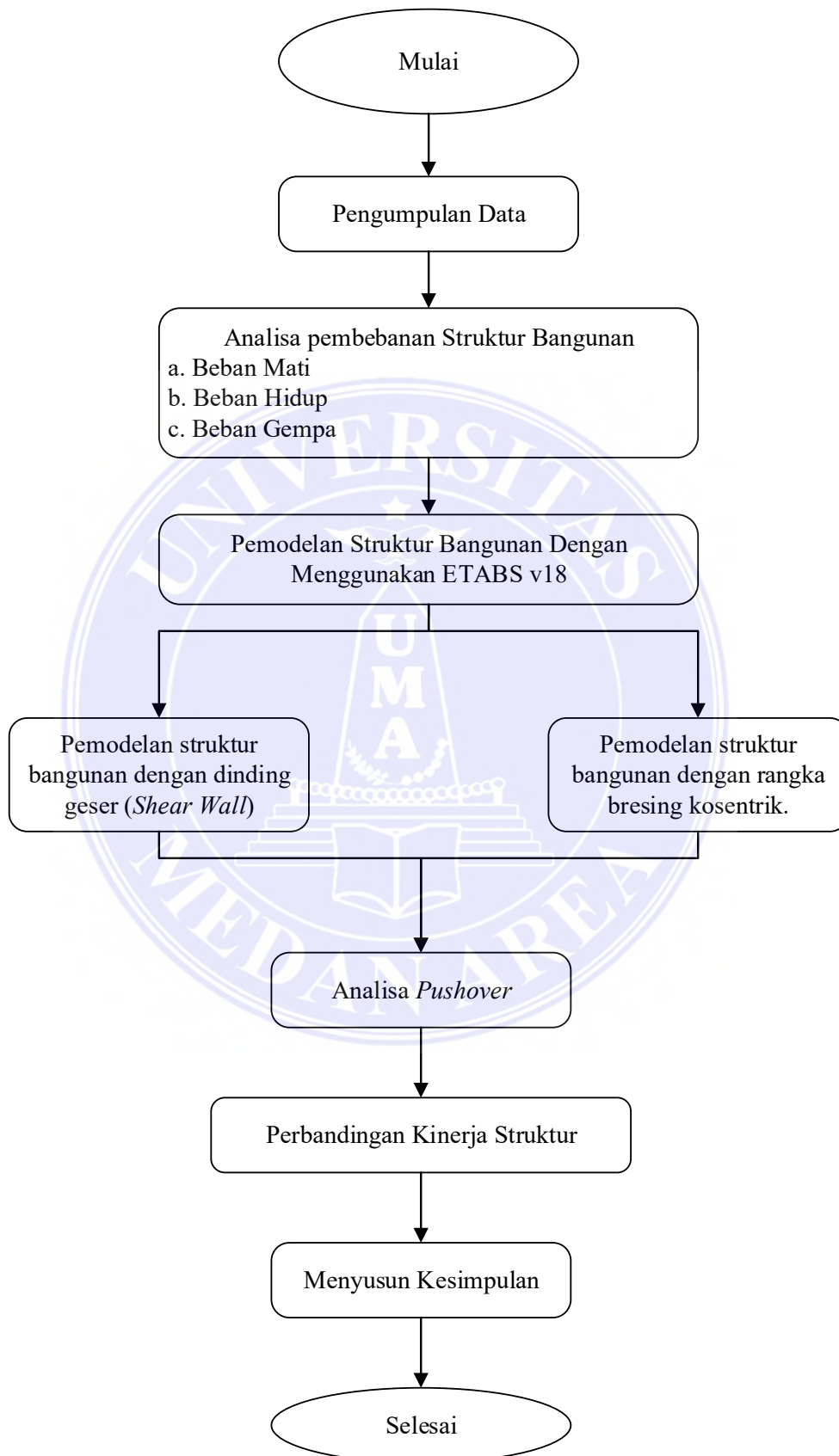
		Pekerjaan Bresing 2					
No	Uraian Pekerjaan	Sat	Volume	Harga Satuan	Jumlah Harga		
1	Pemasangan Baja WF + Aksesoris & Sambungan	m	18,208	879.428	Rp	16.012.625,02	
					Jumlah	Rp 16.012.625,02	

Pekerjaan Dinding geser 2						
No	Uraian Pekerjaan	Sat	Volume	Harga Satuan	Jumlah Harga	
1	Pembuatan beton Fc' 25 Mpa	m ³	5,041	1.777.000	Rp	8.957.857,00
2	Pembesian 1 kg Ulir	kg	29,225	37.900	Rp	1.107.627,50
3	Pemasangan Bekisting	m ²	24,85	224.500	Rp	5.578.825,00
Jumlah					Rp	15.644.309,50
Selisih Harga					Rp	368.315,52
% Selisih						2%

Pekerjaan Bresing 1						
No	Uraian Pekerjaan	Sat	Volume	Harga Satuan	Jumlah Harga	
1	Pemasangan Baja WF + Aksesoris & Sambungan	m	13,232	879.428	Rp	11.636.591,30
Jumlah					Rp	11.636.591,30

Pekerjaan Dinding geser 1						
No	Uraian Pekerjaan	Sat	Volume	Harga Satuan	Jumlah Harga	
1	Pembuatan beton Fc' 25 Mpa	m ³	3,238	1.777.000	Rp	5.753.926,00
2	Pembesian 1 kg Ulir	kg	14,028	37.900	Rp	531.661,20
3	Pemasangan Bekisting	m ²	23,856	224.500	Rp	5.355.672,00
Jumlah					Rp	11.641.259,20
Selisih Harga					Rp	4.667,90
% Selisih						0,04%

3.6 Diagram Alur Penelitian



3.7 Pembebanan pada struktur

Perhitungan pembebanan bertujuan untuk mengetahui ukuran beban - beban yang akan diterima oleh setiap elemen struktur. Beban-beban yang digunakan dalam perhitungan ini adalah beban mati, beban hidup dan beban gempa.

3.7.1 Beban Hidup

Beban hidup sesuai dengan SNI 1727:2020 dapat ditentukan berdasarkan dari fungsi lantai tersebut. Besarnya beban hidup dapat dilihat pada Tabel 15

Tabel 14 Beban Hidup (QLL)

Pembebanan beban hidup (QLL)	
a. Beban hidup ruang publik	= 4,79 kN/m ²
b. Beban hidup unit hunian	= 1,92 kN/m ²
c. Beban hidup dak atap	= 0,96 kN/m ²

3.7.2 Beban Mati Tambahan (Super Dead Load)

Beberapa komponen bangunan yang bukan termasuk struktur akan diperoleh sesuai dengan Tabel 16 dan Tabel 17.

- a. Beban mati QDL pada pelat lantai

Tabel 15 Beban Mati Tambahan (QDL) pada pelat lantai

Beban	Tebal (m)	Berat Jenis (kN/m ³)	Total (kN/m ²)
Pelat lantai	0,13	24	3,12
Spesi	0,02	21	0,42
Pasir	0,03	16	0,48
Keramik	0,01	22	0,22
Plafon dan penggantung		0,2	0,2
Me		0,25	0,25
		QDL	4,69
		QDL pada ETABS	1,57

b. Beban mati tambahan pada dak atap

Tabel 16 Beban Mati Tambahan (QDL) pada dak atap

Beban	Tebal (m)	Berat Jenis (kN/m ³)	Total (kN/m ²)
Plat atap dak	0,15	24	3,60
Plafon dan penggantung		0,2	0,2
Me		0,25	0,25
Lapis kedap air	0,002	19	0,04
		QDL	4,09
		QDL pada ETABS	0,49

c. Beban mati tambahan pada dinding balok

Beban tembok disesuaikan dengan tinggi gedung per lantai yaitu 3,4 m.

Tabel 17 Beban Mati Tambahan (QDL) pada balok

Beban	Tinggi Balok (m)	Tinggi Dinding (m)	Total (kN/m)
G1.1	0,55	3,4	5,7
G2.1	0,45	3,4	5,9
G3.1	0,45	3,4	5,9
G4.1	0,45	3,4	5,9
G5.1	0,4	3,4	6
G7.1	0,55	3,4	5,7
G8.1	0,55	3,4	5,7
G9.1	0,55	3,4	5,7
B1.1	0,45	3,4	5,9
B2.1	0,45	3,4	5,9
B3.1	0,4	3,4	6
B4.1	0,45	3,4	5,9

3.8 Koefisien respon seismik

Periode struktur tidak boleh melebihi hasil perkalian koefisien untuk batas atas pada perioda yang di hitung dengan perioda fundamental pendekatan.

Perhitungan nilai periode fundamental pada struktur dinding geser dan bresing dapat dilihat pada penyelesaian dibawah ini:

Untuk dinding geser :

$$\begin{aligned} T_a &= C_t \times (h^x) & T_{max} &= C_u \times T_a \\ T_a &= 0,0488 \times (14,6^{0,75}) & T_{max} &= 1,4 \times 0,36 \\ T_a &= 0,36 \text{ detik} & T_{max} &= 0,51 \end{aligned}$$

Untuk bresing :

$$\begin{aligned} T_a &= C_t \times (h^x) & T_{max} &= C_u \times T_a \\ T_a &= 0,0488 \times (14,6^{0,75}) & T_{max} &= 1,4 \times 0,36 \\ T_a &= 0,36 \text{ detik} & T_{max} &= 0,51 \end{aligned}$$

Syarat periode struktur (T) yang digunakan :

$$\begin{aligned} \text{Jika } T_c > T_{max} & \quad \text{maka, gunakan } T = T_{max} \\ \text{Jika } T_a \leq T_c \leq T_{max} & \quad \text{maka, gunakan } T = T_c \text{ (terbesar)} \\ \text{Jika } T_c < T_a & \quad \text{maka, gunakan } T = T_a \end{aligned}$$

Untuk dinding geser :

$$\begin{aligned} T_c \text{ (mode 1)} &= 0,374 \text{ (dari ETABS)} \\ T_c \text{ (mode 2)} &= 0,354 \text{ (dari ETABS)} \\ \text{Maka } T &= 0,374 \end{aligned}$$

pakai

Untuk bresing :

$$\begin{aligned} T_c \text{ (mode 1)} &= 0,438 \text{ (dari ETABS)} \\ T_c \text{ (mode 2)} &= 0,42 \text{ (dari ETABS)} \\ \text{Maka } T &= 0,438 \end{aligned}$$

pakai

Koefisien respons seismic C_s ditentukan dengan penyelesaian berikut :

Untuk Dinding geser:

$$C_s = SDS/(R/I_e) = 1,31/(7/1) = 0,187$$

apabila $T \leq T_L$, maka C_s tidak perlu melebihi:

$$C_{s \max} = S_{Di}/(T_x(R/I_e)) = 1,09/(0,37 \times (7/1)) = 0,415$$

untuk nilai $S_1 \geq 0,6$ g, maka C_s harus lebih dari:

$$C_{s \min} = (0,5 \times S_1)/(R/I) = (0,5 \times 0,82)/(7/1) = 0,058$$

Maka C_s pakai adalah 0,187

Untuk Bresing:

$$C_s = SDS/(R/I_e) = 1,31/(6/1) = 0,218$$

apabila $T \leq T_L$, maka C_s tidak perlu melebihi:

$$C_{s \max} = S_{Di}/(T_x(R/I_e)) = 1,09/(0,44 \times (6/1)) = 0,413$$

untuk nilai $S_1 \geq 0,6$ g, maka C_s harus lebih dari:

$$C_{s \min} = (0,5 \times S_1)/(R/I) = (0,5 \times 0,82)/(6/1) = 0,068$$

Maka C_s pakai adalah 0,218

3.9 Gaya geser dasar

Gaya geser dasar seismik (V) ditentukan dalam SNI 1726:2019 sebagai hasil perkalian koefisien respon seismik efektif. Apabila respon ragam (MRSA) digunakan dalam desain gaya geser dasar perlu di skalakan sampai 100% gaya geser dasar statik. Nilai gaya geser setiap lantai didapat dari hasil perhitungan dengan menggunakan bantuan program analisis struktur. Gaya geser yang diperoleh adalah

Dinding Geser:

$$\text{Berat total (Wt)} = 18303,81 \text{ kN}$$

$$\text{Gaya geser dasar (V)} = C_s \times W_t = 3418,11 \text{ kN}$$

Bresing:

$$\text{Berat total (Wt)} = 17877,53 \text{ kN}$$

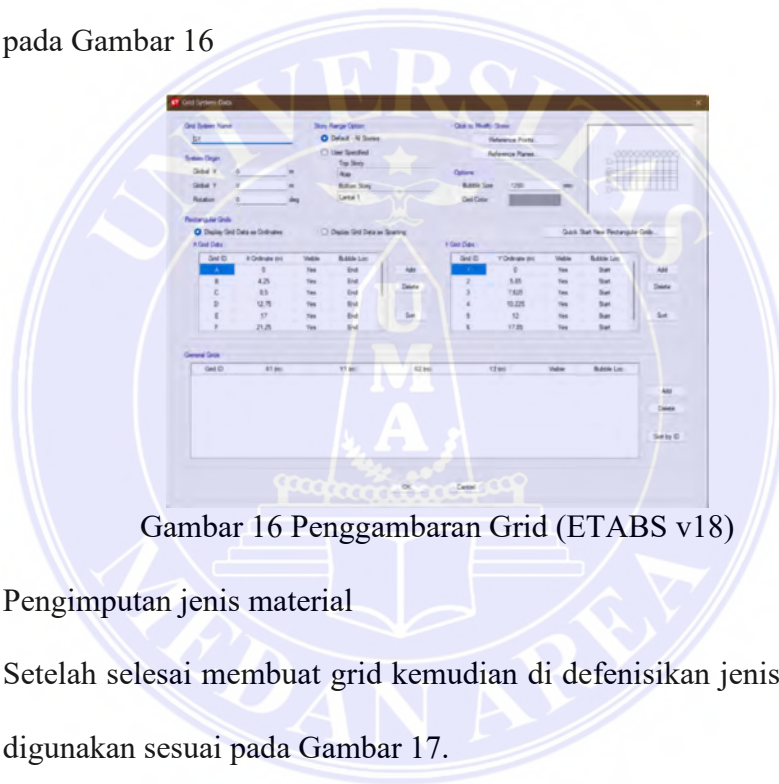
$$\text{Gaya geser dasar (V)} = C_s \times W_t = 3894,92 \text{ kN}$$

3.10 Langkah pemodelan struktur

Adapun Langkah-langkah pemodelan struktur adalah sebagai berikut:

- a. Membuat Grid pada ETABS

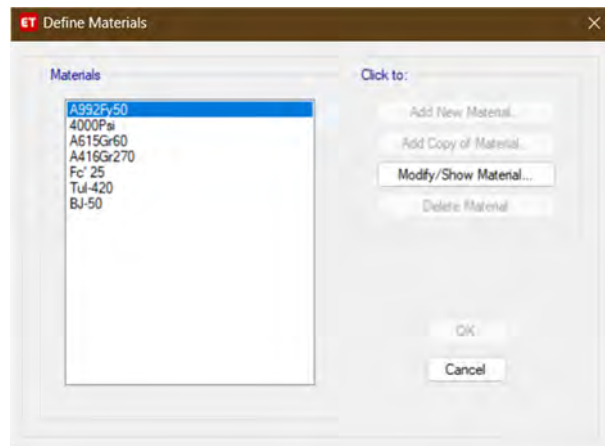
Membuat grid untuk mempermudah dalam penggambaran struktur sesuai pada Gambar 16



Gambar 16 Penggambaran Grid (ETABS v18)

- b. Pengimputan jenis material

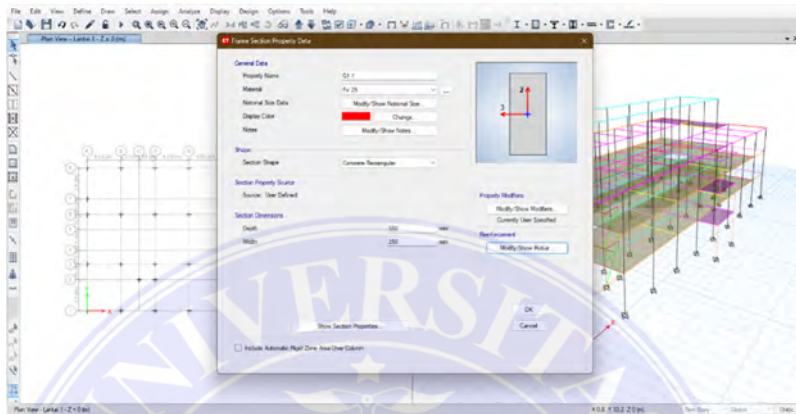
Setelah selesai membuat grid kemudian di defenisikan jenis material yang digunakan sesuai pada Gambar 17.



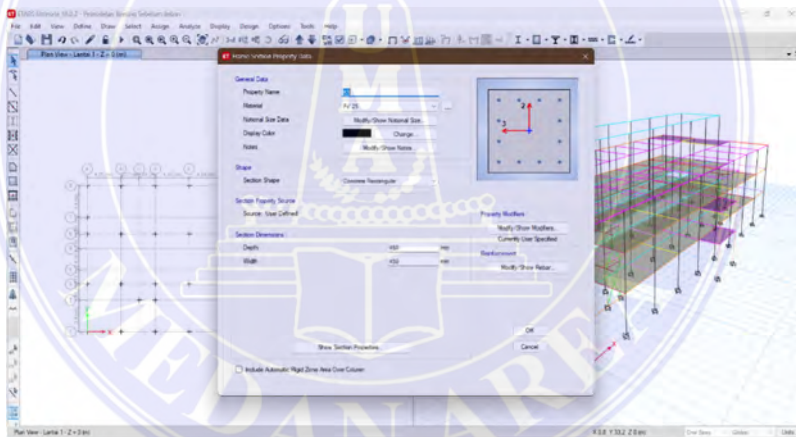
Gambar 17 Pendefinisian material (ETABS v18)

c. Pendefinisian *frame* dan *shell*

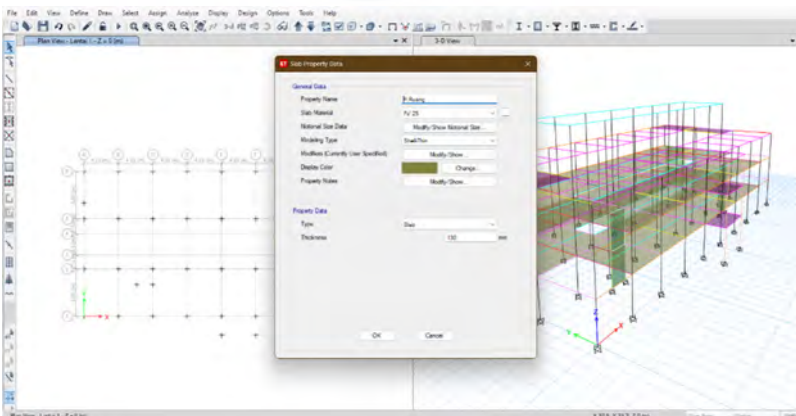
Pada Gambar 18, Gambar 19, dan Gambar 20 dapat dilihat pendefinisian ukuran dimensi balok, kolom dan pelat (pelat dak & pelat lantai) serta dinding geser.



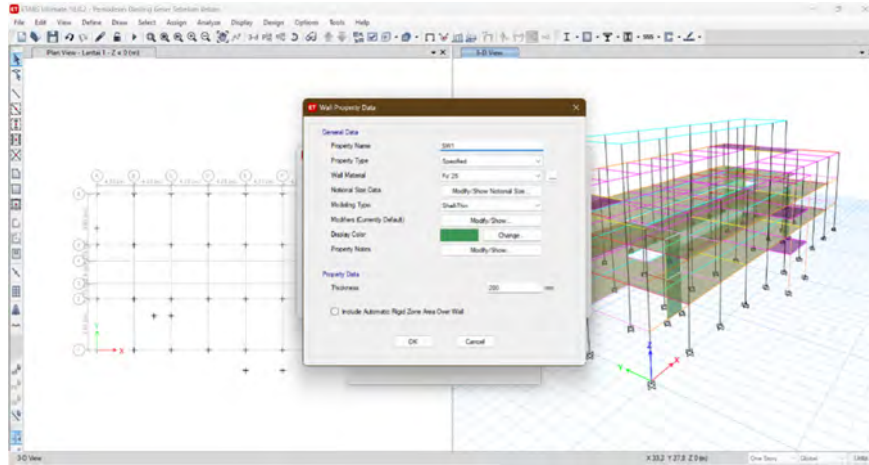
Gambar 18 Pendefinisian balok (ETABS v18)



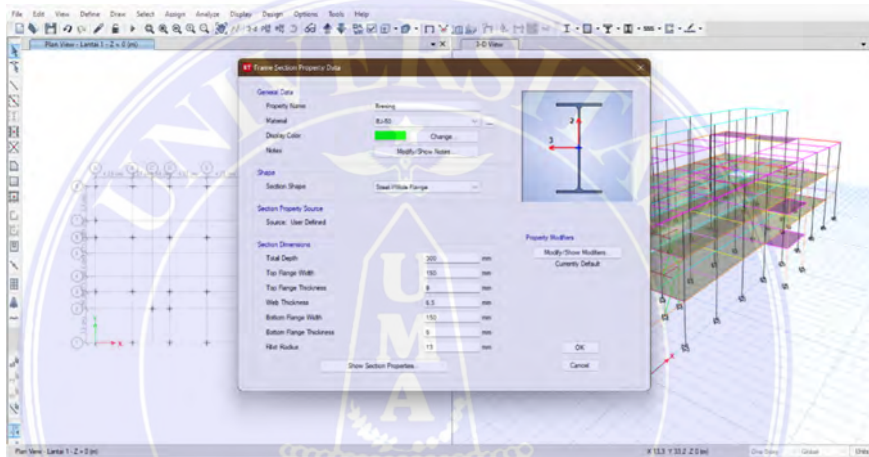
Gambar 19 Pendefinisian kolom (ETABS v18)



Gambar 20 Pendefinisian pelat lantai (ETABS v18)

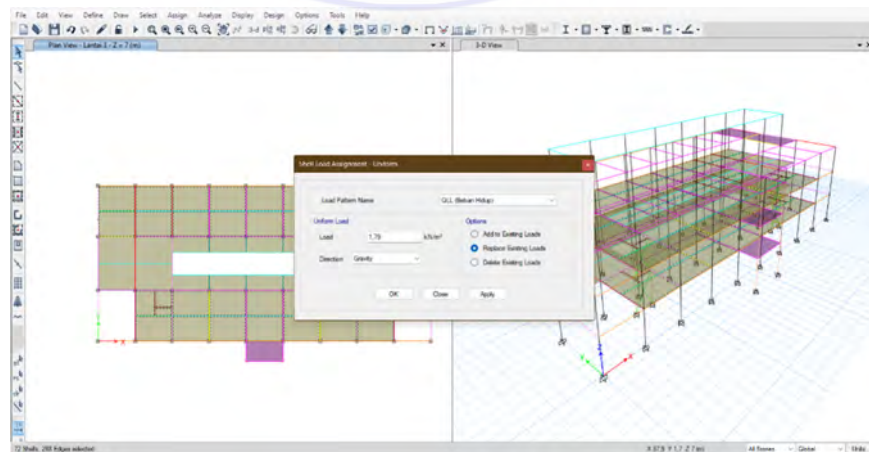


Gambar 21 Pendefinisian dinding geser (ETABS v18)



Gambar 22 Pendefinisian bresing (ETABS v18)

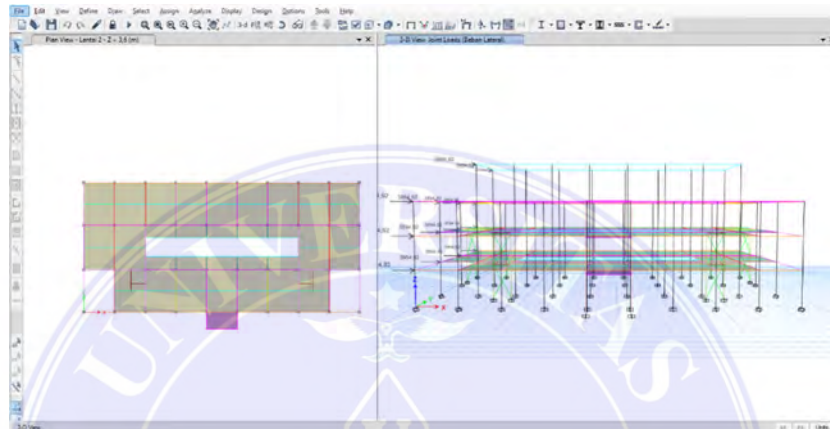
- d. Pengimputan beban hidup (QLL) dan beban mati tambahan (QDL)
- Langkah ini dilakukan dengan memasukkan nilai beban hidup dan beban mati tambahan yang telah dihitung sebelumnya.



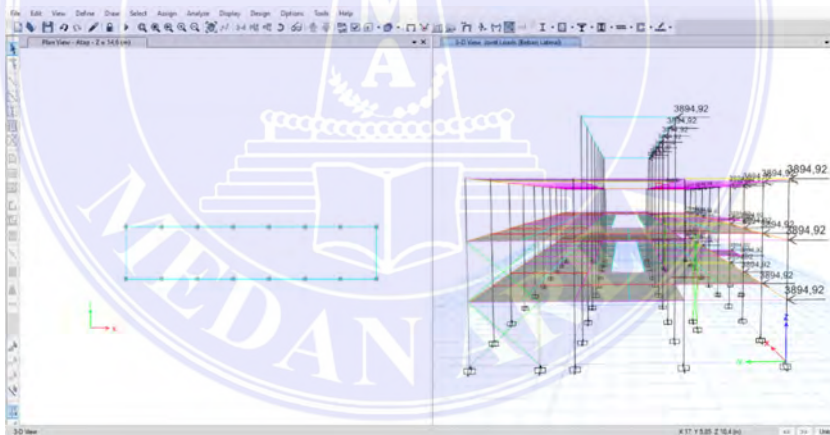
Gambar 23 Input beban hidup dan beban mati tambahan (ETABS v18)

e. Pengimputan beban lateral pada joint

Pengimputan nilai beban lateral ini dilakukan dari dua arah yaitu arah-X dan arah-Y yang dimana nilainya diperoleh dari perhitungan pada Sub-Bab 3.9, beban lateral yang dimasukan dapat dilihat pada Gambar 24 dan Gambar 25.



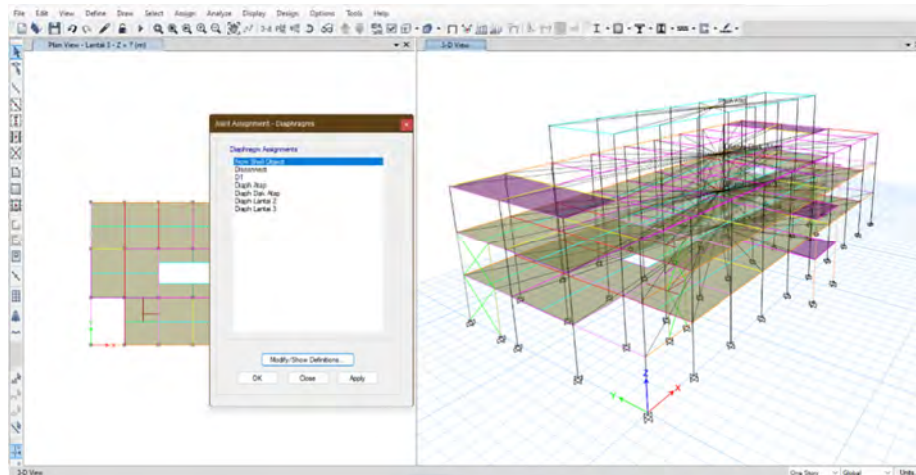
Gambar 24 Input beban lateral arah X (ETABS v18)



Gambar 25 Input beban lateral arah Y (ETABS v18)

f. Membuat diafragma struktur.

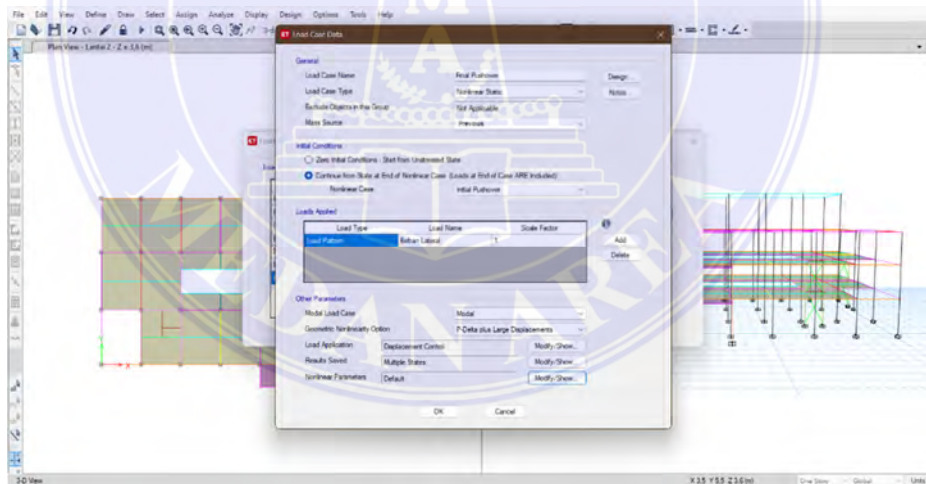
Bangunan ini memiliki 4 diafragma sesuai dengan jumlah lantai dan atapnya. Dengan memilih setiap joint pada setiap lantai untuk menghubungkan antara balok, kolom, pelat, dinding geser dan bresing, sehingga akan membentuk hasil diafragma seperti yang ditampilkan pada Gambar 26.



Gambar 26 Input diafragma pada joint (ETABS v18)

g. Memasukan *nonlinier pushover case*

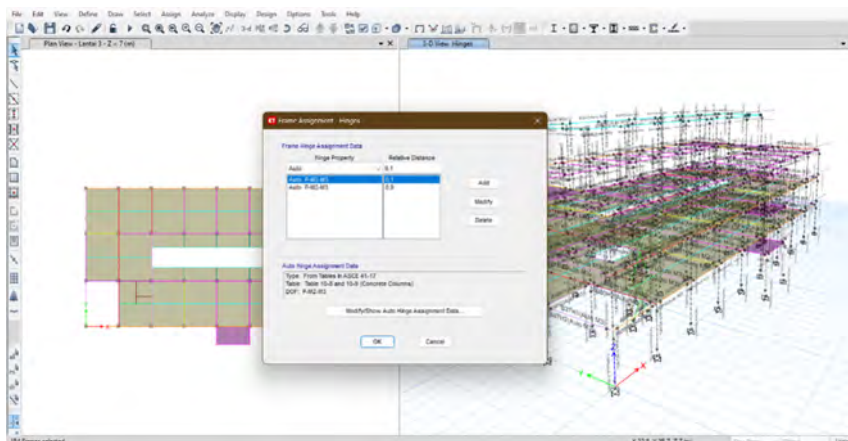
Pada penelitian ini titik displacement yang diamati program ETABS adalah *Joint 22* pada lantai dak. Nilai *nonlinier pushover case* dapat dilihat pada Gambar 27.



Gambar 27 Input *nonlinier pushover case* (ETABS v18)

h. Memodelkan *hinges* (sendi plastis)

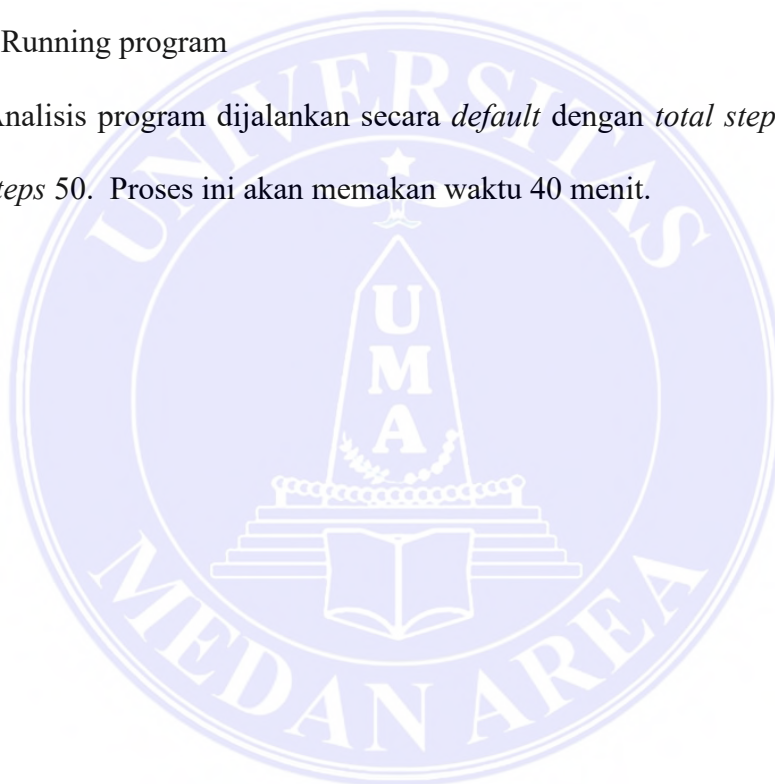
Pada analisis Pushover, hal yang perlu diperhatikan adalah sambungan plastis pada bagian struktur yang akan dibuat. Sendi plastis dibuat sesuai dengan perilaku komponen struktur. Dalam hal ini, komponen struktur akan berperilaku seperti yang di modelkan pada Gambar 28.



Gambar 28 Memodelkan hinges pada kolom (ETABS v18)

i. Running program

Analisis program dijalankan secara *default* dengan *total steps* 200 dan *null steps* 50. Proses ini akan memakan waktu 40 menit.



BAB V PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisis, dapat disimpulkan bahwa perilaku struktur bangunan bersifat non-linier, dimana respons struktur tidak bersifat proporsional terhadap beban yang diberikan. Analisis pushover digunakan untuk menentukan bagian mana yang kritis dan untuk memperkirakan gaya dan deformasi maksimum dari deformasi. bagian yang kritis. Meskipun prosedurnya sederhana, metode ini memberikan informasi yang sangat berharga karena dapat menggambarkan reaksi inelastis bangunan ketika mengalami gempa. Walaupun analisis ini bukan metode yang paling efektif untuk mendapatkan jawaban terhadap masalah - masalah analisis dan desain, metode ini cukup sederhana untuk mendapatkan respon nonlinier suatu struktur. Berikut ini lampiran kesimpulan hasil penelitian ini :

1. Pada arah X bangunan dinding geser nilai *displacement* maksimum sebesar 66,84 mm dicapai dengan *base shear* sebesar 8512,779 kN sedangkan pada bangunan bresing nilai *total displacement* sebesar 119,191 mm dengan *base shear* sebesar 9773,2007 kN. Sementara pada arah Y bangunan dinding geser *total displacement* nya adalah sebesar 166 mm dengan *base shear* sebesar 13228,6939 kN, sedangkan pada bangunan bresing *total displacement* adalah sebesar 173 mm dengan *base shear* sebesar 8210,5339 kN.
2. Hasil analisis menunjukkan level kinerja struktur berdasarkan ATC-40 dengan nilai *drift* pada bangunan dinding geser adalah 0,0031 pada arah X dengan level kinerja IO (*Immidiata Occupancy*) dan 0,011 pada arah Y

dengan level kinerja DC (*Damage Control*). sedangkan nilai *drift* pada bangunan bresing adalah 0,0081 pada arah X dengan level kinerja IO (*Immediate Occupancy*). Sedangkan nilai *drift* pada bangunan bresing arah Y adalah 0,011 dengan level kinerja DC (*Damage Control*).

3. Dari hasil Analisis pada penelitian ini dapat disimpulkan bahwa pada Rumah Susun Desa Silangkitang Kecamatan Sipoholon Kabupaten Tapanuli Utara dinding geser lebih unggul dibandingkan dengan bresing.

5.2 Saran

Adapun saran dari penelitian ini adalah sebagai berikut

1. Untuk mendapatkan hasil yang lebih akurat evaluasi struktur dapat dilanjutkan menggunakan analisa *time history*.
2. Agar mendapatkan hasil analisis yang baik, sebelum menjalankan running null steps dan total steps pada *nonlinier parameters* ditingkatkan nilai nya.
3. Untuk lebih memperhatikan parameter dan komponen yang dimasukan pada proses analisis pushover dengan bantuan program *software* agar hasil analisis akurat.

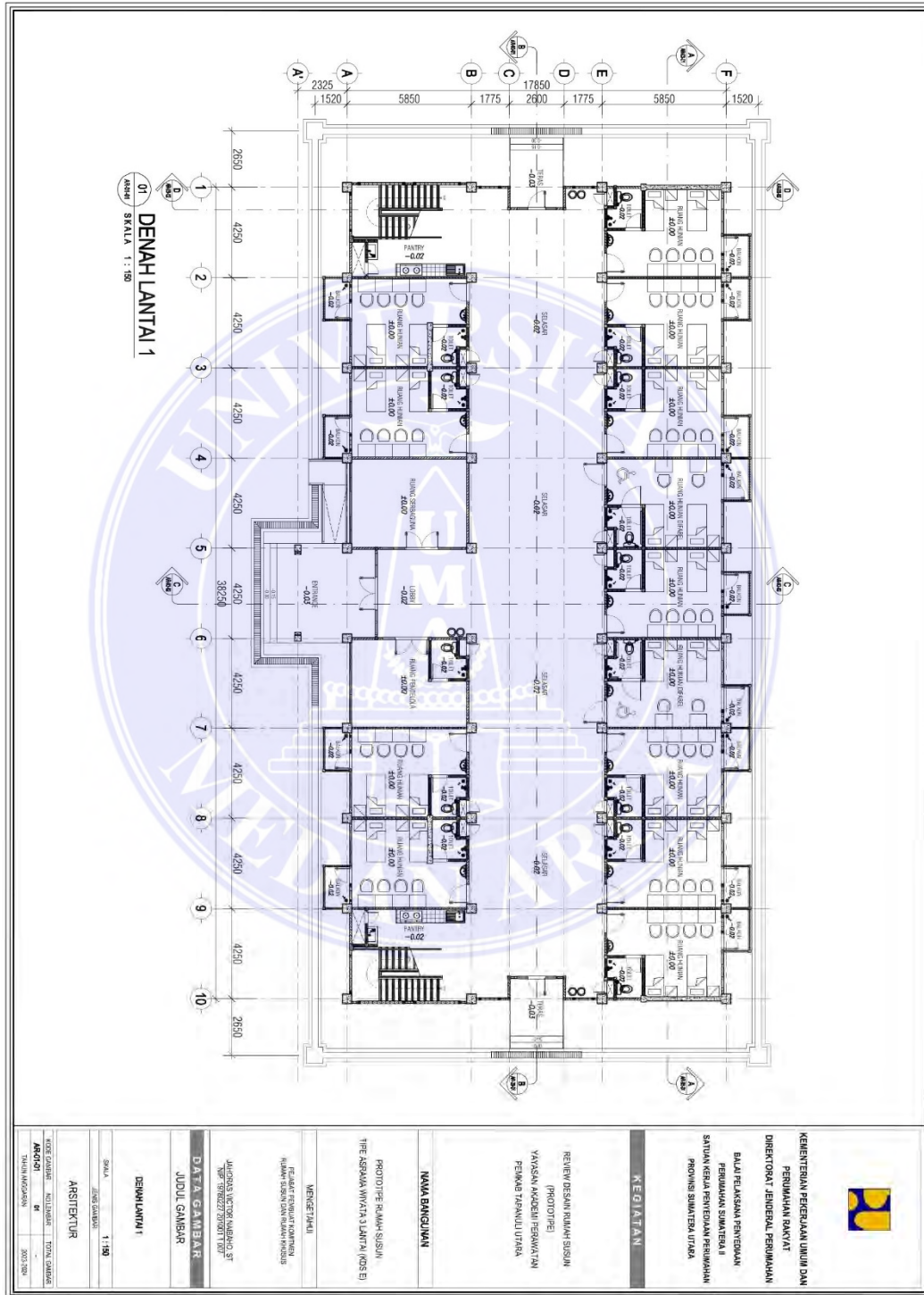
DAFTAR PUSTAKA

- Badan Standardisasi Nasional. (2019). Sni 1726-2019. Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Struktur Bangunan Gedung Dan Non Gedung. Jakarta: Departemen Permukiman Dan Prasarana Wilayah.
- Badan Standardisasi Nasional. (2020). Sni 1727-2020. Beban desain minimum dan kriteria terkait untuk bangunan gedung dan struktur lain. Jakarta: Departemen Permukiman Dan Prasarana Wilayah.
- Badan Standardisasi Nasional. (2019). Sni 2874-2019. Persyaratan beton struktural untuk bangunan gedung dan penjelasan. Jakarta: Departemen Permukiman Dan Prasarana Wilayah.
- ATC-40. (1996). Seismic Evaluation and Retrofit of Concrete Buildings, Volume I. California: Seismic Safety Commission State of California.
- FEMA 440. (2005). Improvement of Nonlinear Static Seismic Analysis Procedures. FEMA 440, Federal Emergency Management Agency, Washington DC, 440(June), 392
- Hijriah, A.S. Ardi (2023). Dinamika dan Struktur Tahan Gempa. Makasar: Tohar Media Indonesia.
- Syarif, Nawar. (2011, 10 Agustus). Berkenalan Dengan SRPM (Sistem Rangka Pemikul Momen). Diakses pada 20 Febuari 2023, dari <https://nawarsyarif.blogspot.com/2011/10/berkenalan-dengan-srpm-sistem-rangka.html>
- Riadi, Muchlisin. (2014, 23 April). Sistem Ganda Beton Bertulang (Dual System). Diakses pada 20 Febuari 2023, dari <https://www.kajianpustaka.com/2014/04/sistem-ganda-beton-bertulang-dual-system.html>
- Trimurtiningrum, R., Andaryati, Sarya, G., Hartatik, N., Rizky, F. G. R., Febrianno & Fitriyati, E. (2022). Analisis Kinerja Gedung Beton Bertulang Dengan Sistem Penahan Beban Lateral Dinding Geser Dan Bresing Terhadap Beban Gempa. <https://journal.uwks.ac.id/index.php/axial/article/view/2171>
- Hutahaean, S.G., & Aswandy (2016). Kajian Pemakaian Shear Wall dan Bracing pada Gedung Bertingkat. <https://ejournal.itenas.ac.id/index.php/rekaracana/article/view/1148>
- Aryandi, D., & Herbudiman, B., (2017). Pengaruh Bentuk Bracing Terhadap Kinerja Seismik Struktur Beton Bertulang. <https://ejournal.itenas.ac.id/index.php/rekaracana/article/view/1182>

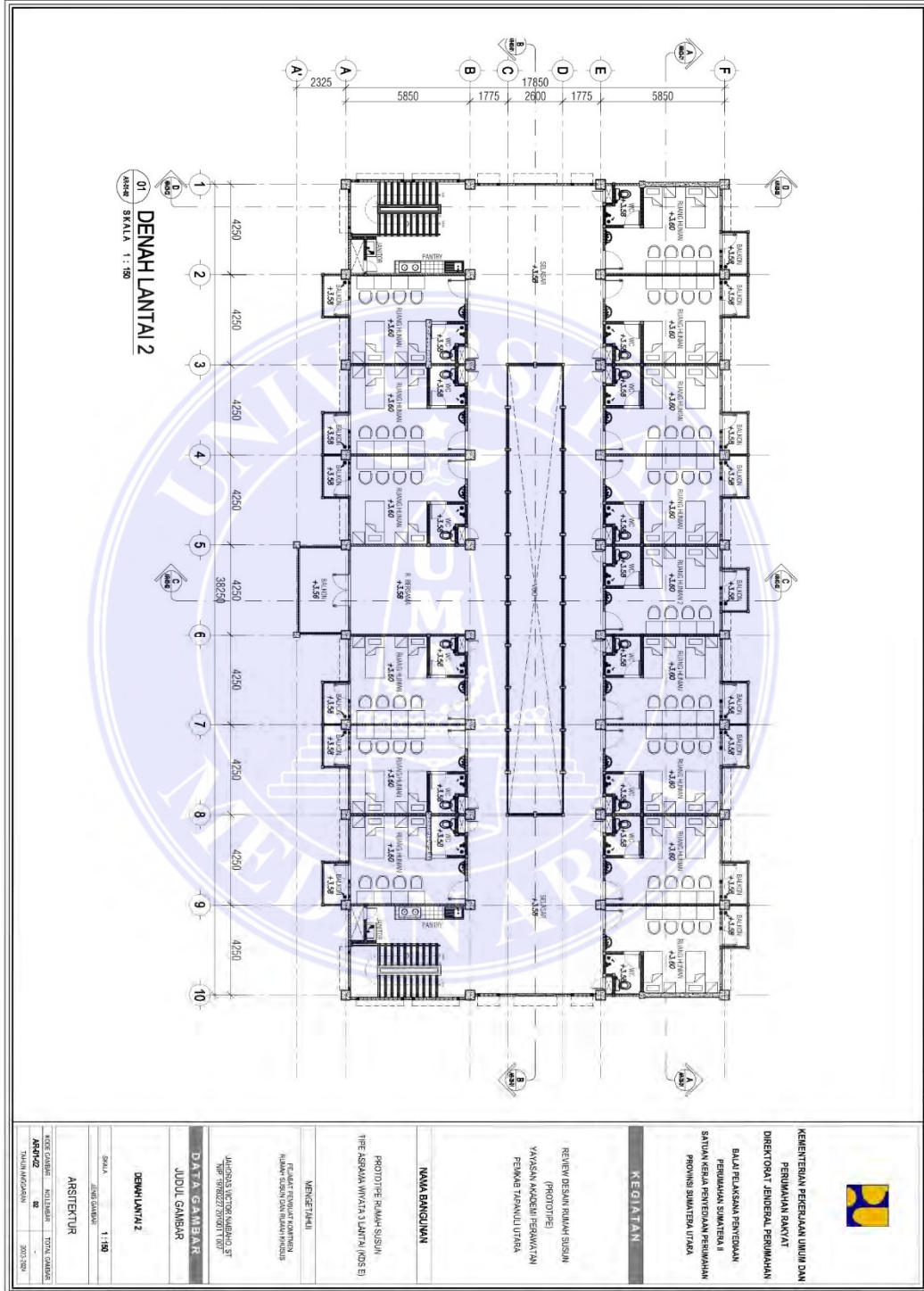
- Titono, M., (2010). Analisa Ketahanan Gempa Dalam Rangka Konservasi Bangunan Bersejarah, Studi Kasus: Gedung X. S1 Thesis, Universitas Indonesia <https://lib.ui.ac.id/m/detail.jsp?id=20298114&lokasi=lokal>
- Zuher, M. Hasbi, (2023). Analisis Kurva Fragilitas Pada Struktur Bangunan 12 Lantai Dengan Metode Pushover. Master thesis, Universitas Andalas. <http://scholar.unand.ac.id/206438/>
- Maulidin, D.J., & Suharyatmo, (2018). Analisis Pengaruh Penggunaan Bresing Tipe X 1-Story Dan Tipe X 2-Story Terhadap Stabilitas Struktur Pada Bangunan Baja Bertingkat Banyak. S1 thesis, Universitas Islam Indonesia. <https://dspace.uii.ac.id/handle/123456789/11291>
- Indrastanto, Pradana, A.A., (2020) Studi Komparatif Struktur Beton Bertulang Menggunakan Bresing V Dan Inverted V Dengan Variasi Penempatan Bresing. S1 thesis, Universitas Atma Jaya Yogyakarta. <https://e-journal.uajy.ac.id/28215/>
- Trimurtiningrum, Andaryati, (2022) Analisis Kinerja Gedung Beton Bertulang Dengan Sistem Penahan Beban Lateral Dinding Geser Dan Bresing Terhadap Beban Gempa. <https://journal.uwks.ac.id/index.php/axial/article/view/2171>
- Rafi'i K., Rochmah, (2022) Perbandingan Kinerja Struktur Shear Wall Dan Bracing Pada Sekolah Menggunakan Metode Pushover. <https://ejournal.itn.ac.id/index.php/sondir/article/view/4965/3758>
- Prasetyo, Purwanto, (2022) Perbandingan Kinerja Struktur Gedung Bertingkat Antara Sistem Ganda Dengan Dinding Geser Dan Sistem Ganda Dengan Bresing (Studi Kasus: Bangunan Apartemen Di Yogyakarta). <https://jurnal.uns.ac.id/matriks/article/download/37127/24352>

LAMPIRAN

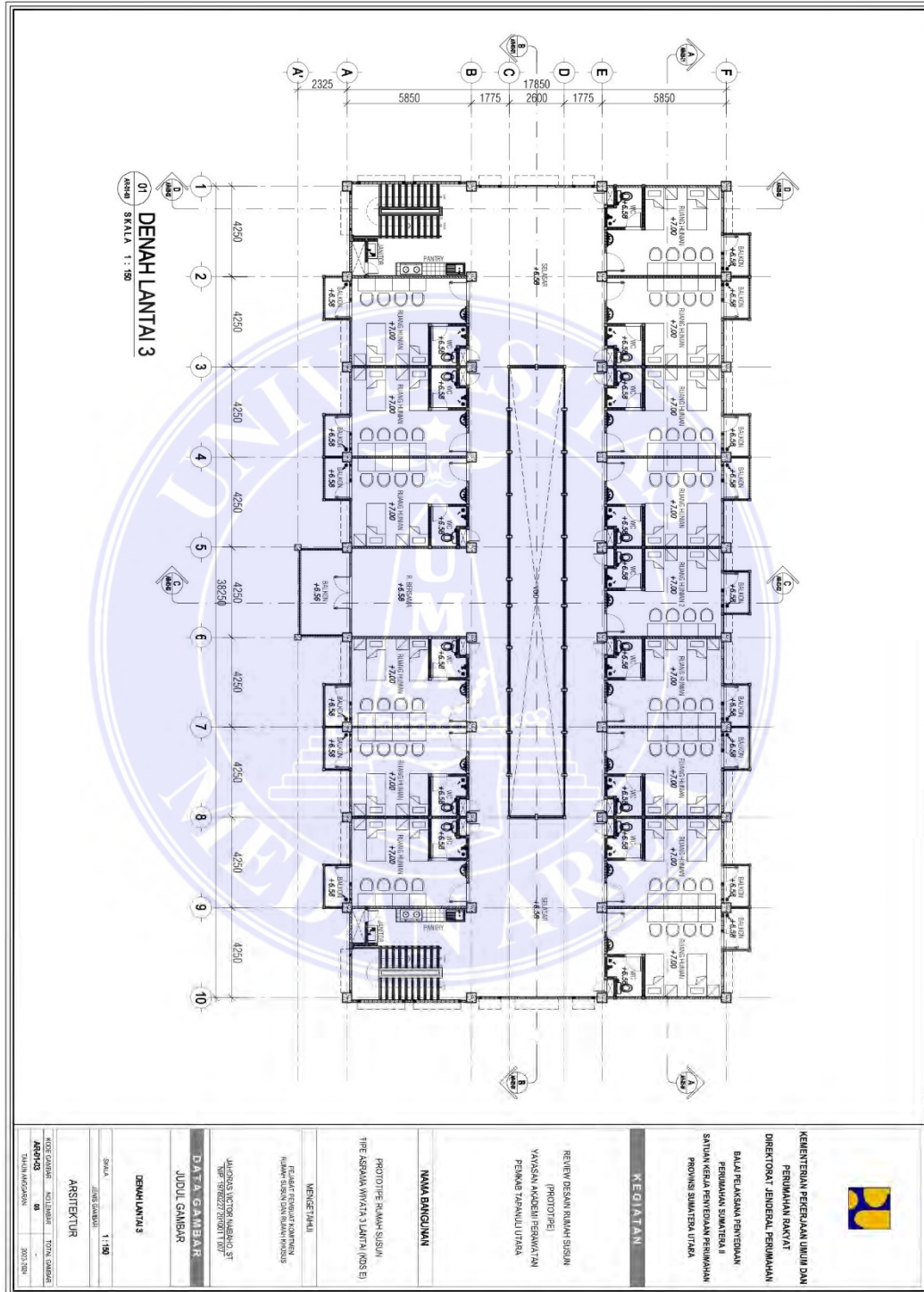
Lampiran 1 Denah lantai 1



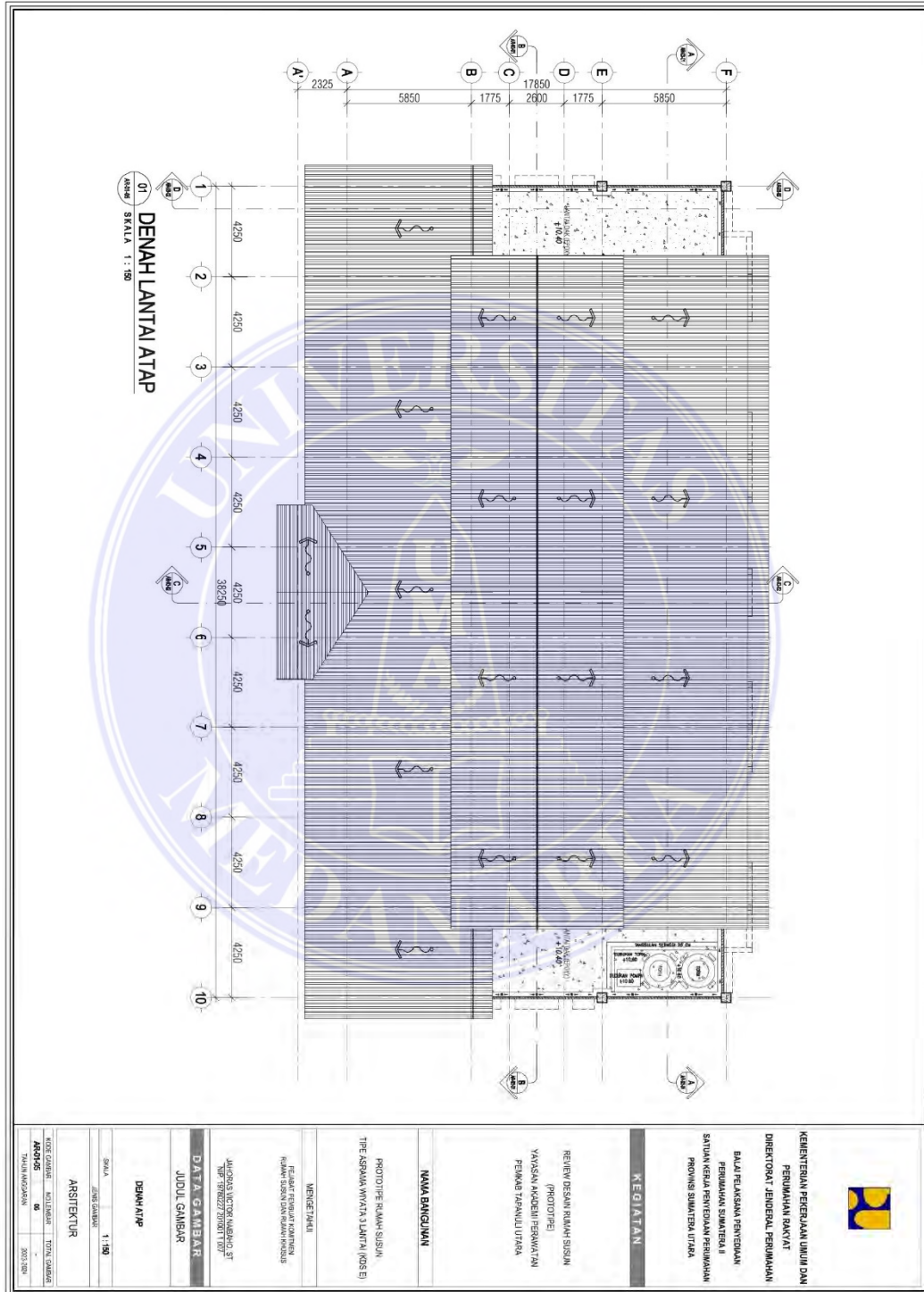
Lampiran 2 Denah lantai 2



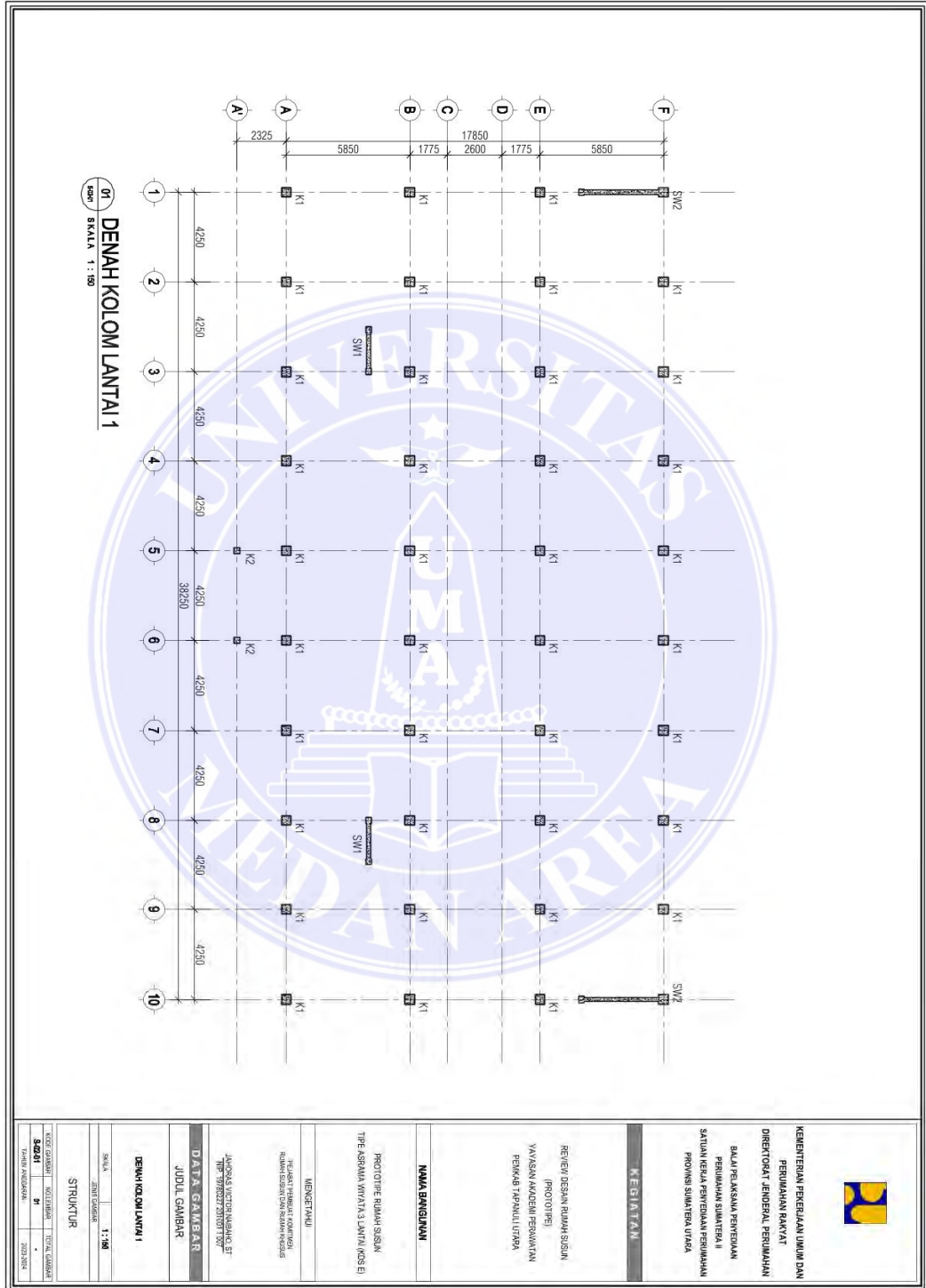
Lampiran 3 Denah lantai 3



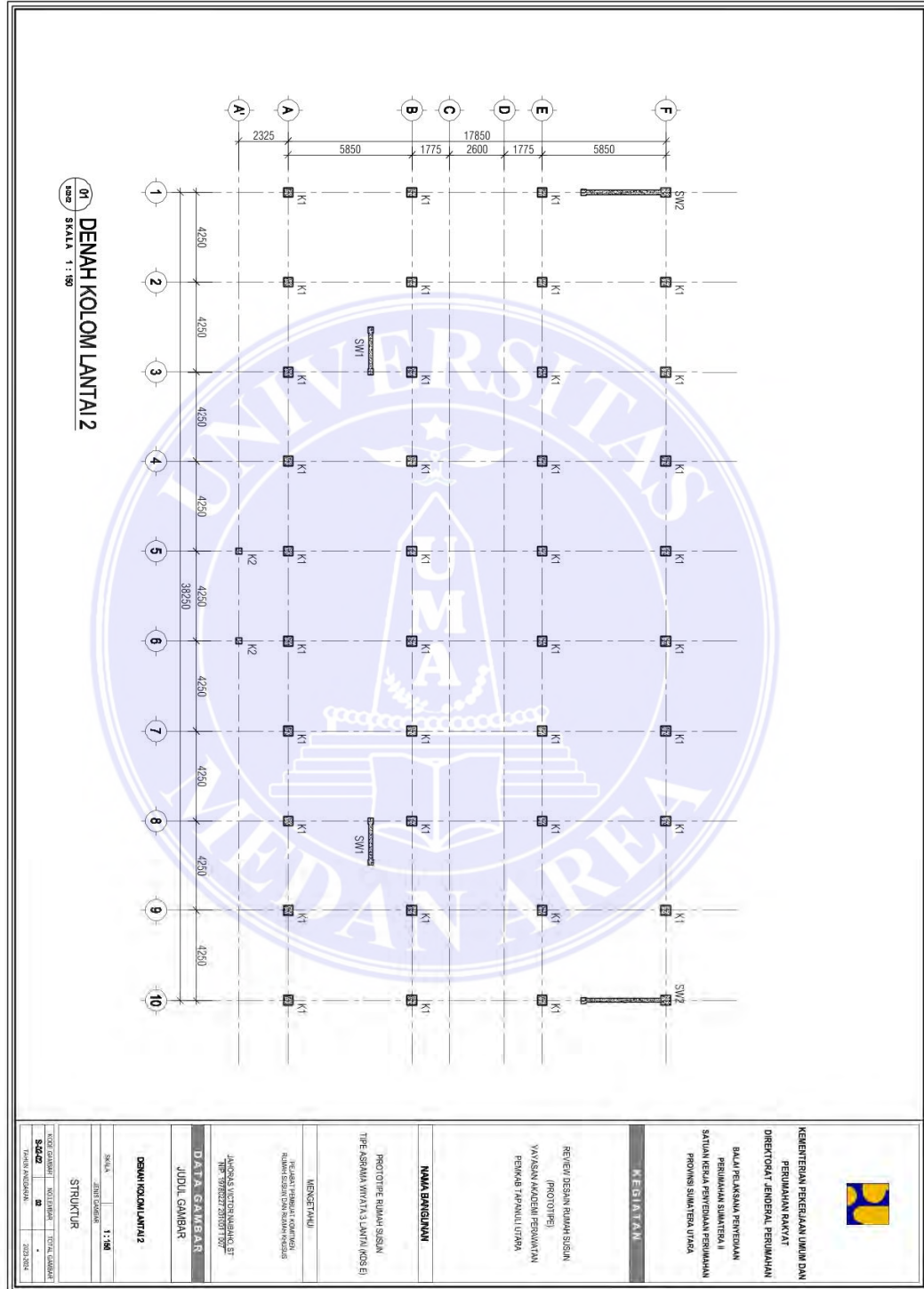
Lampiran 4 Denah lantai atap



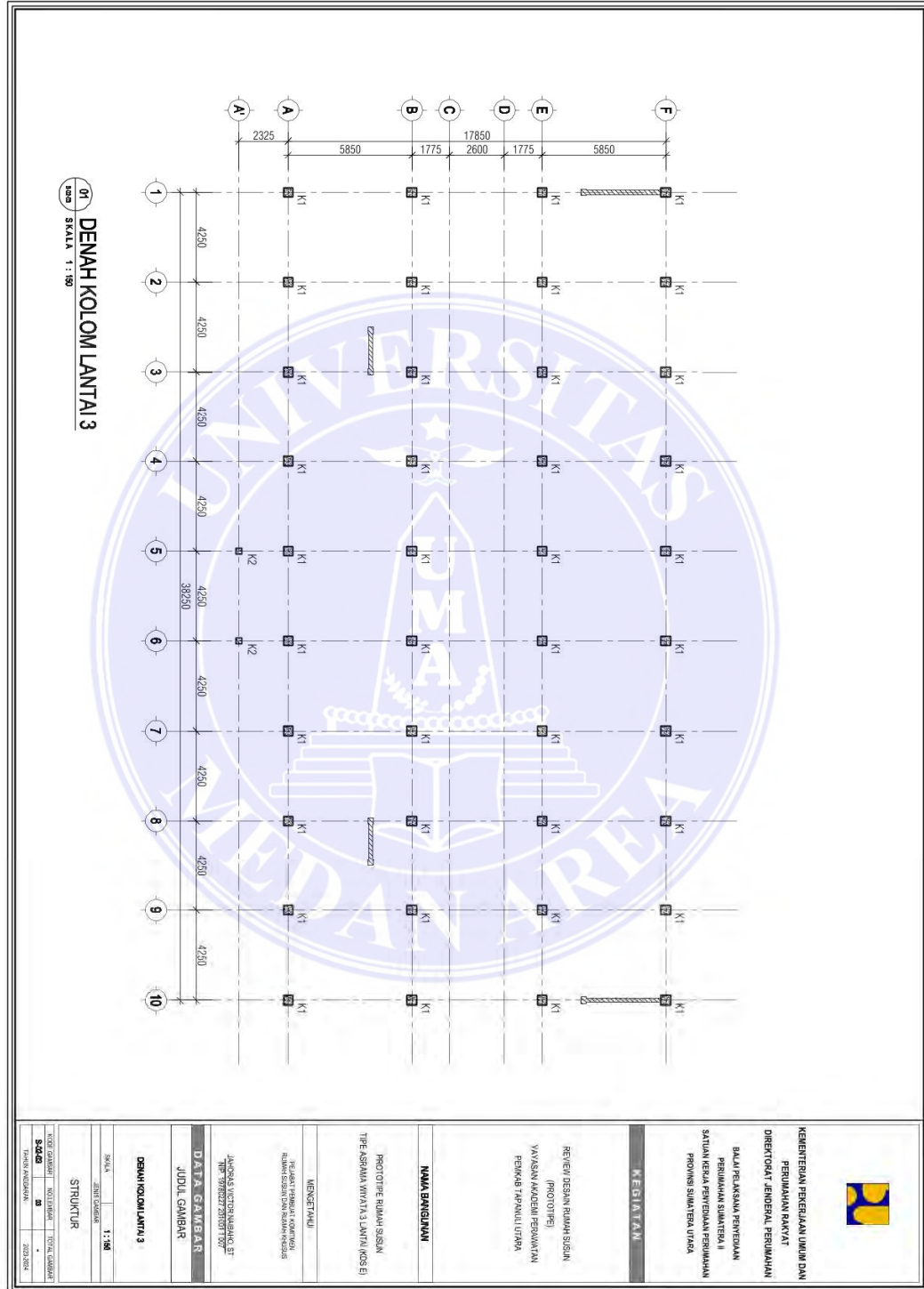
Lampiran 5 Denah kolom lantai 1



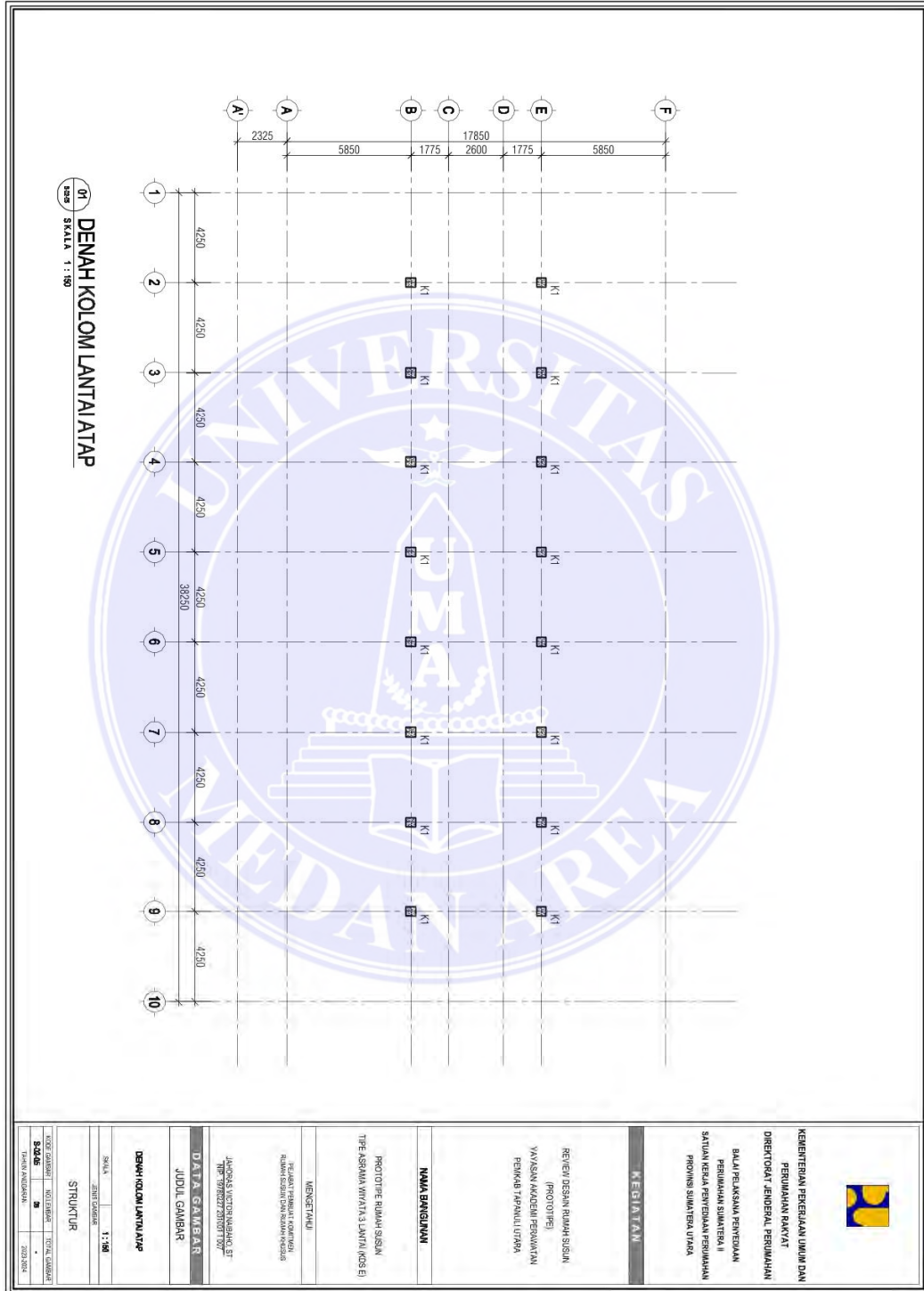
Lampiran 6 Denah kolom lantai 2



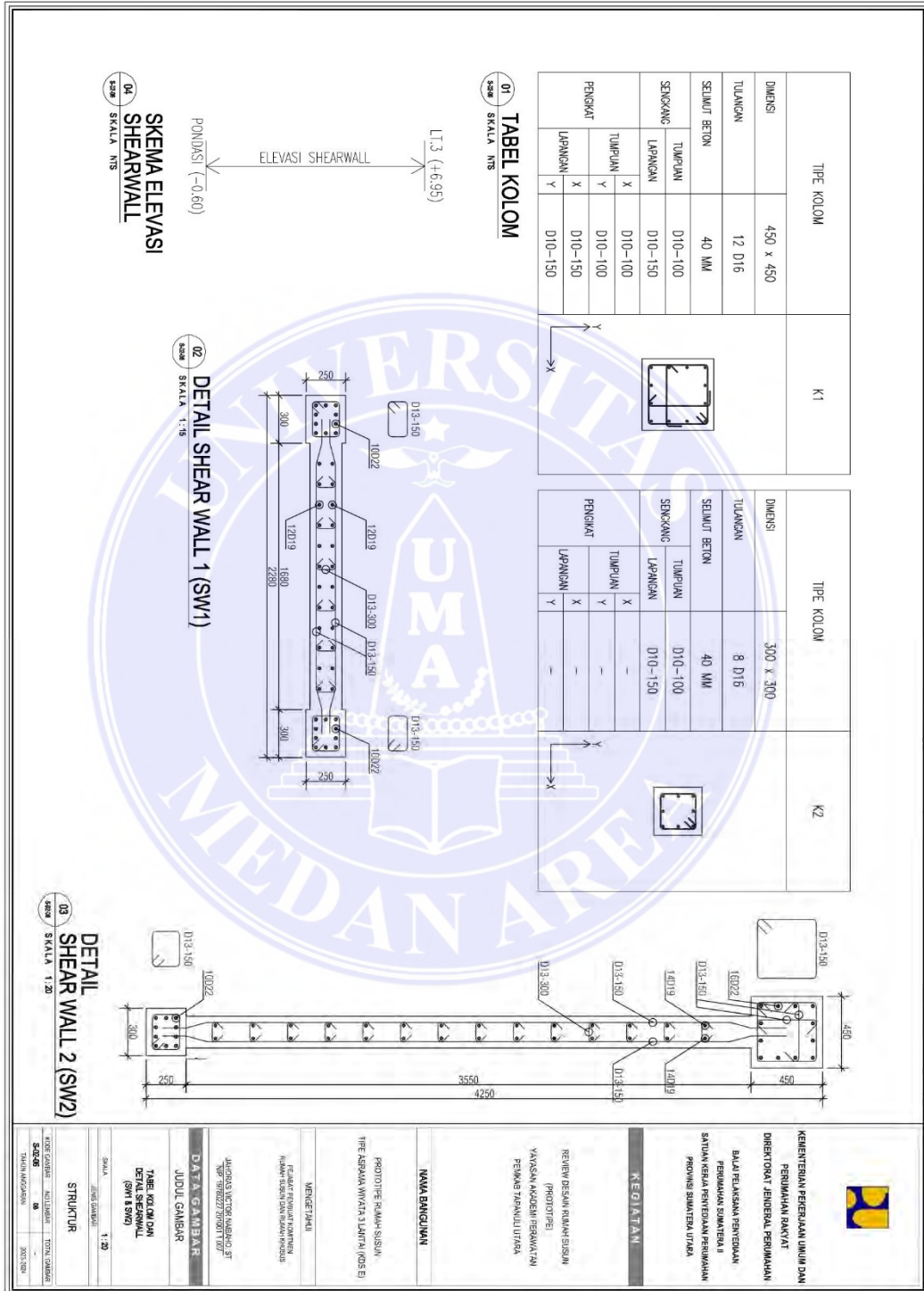
Lampiran 7 Denah kolom lantai 3



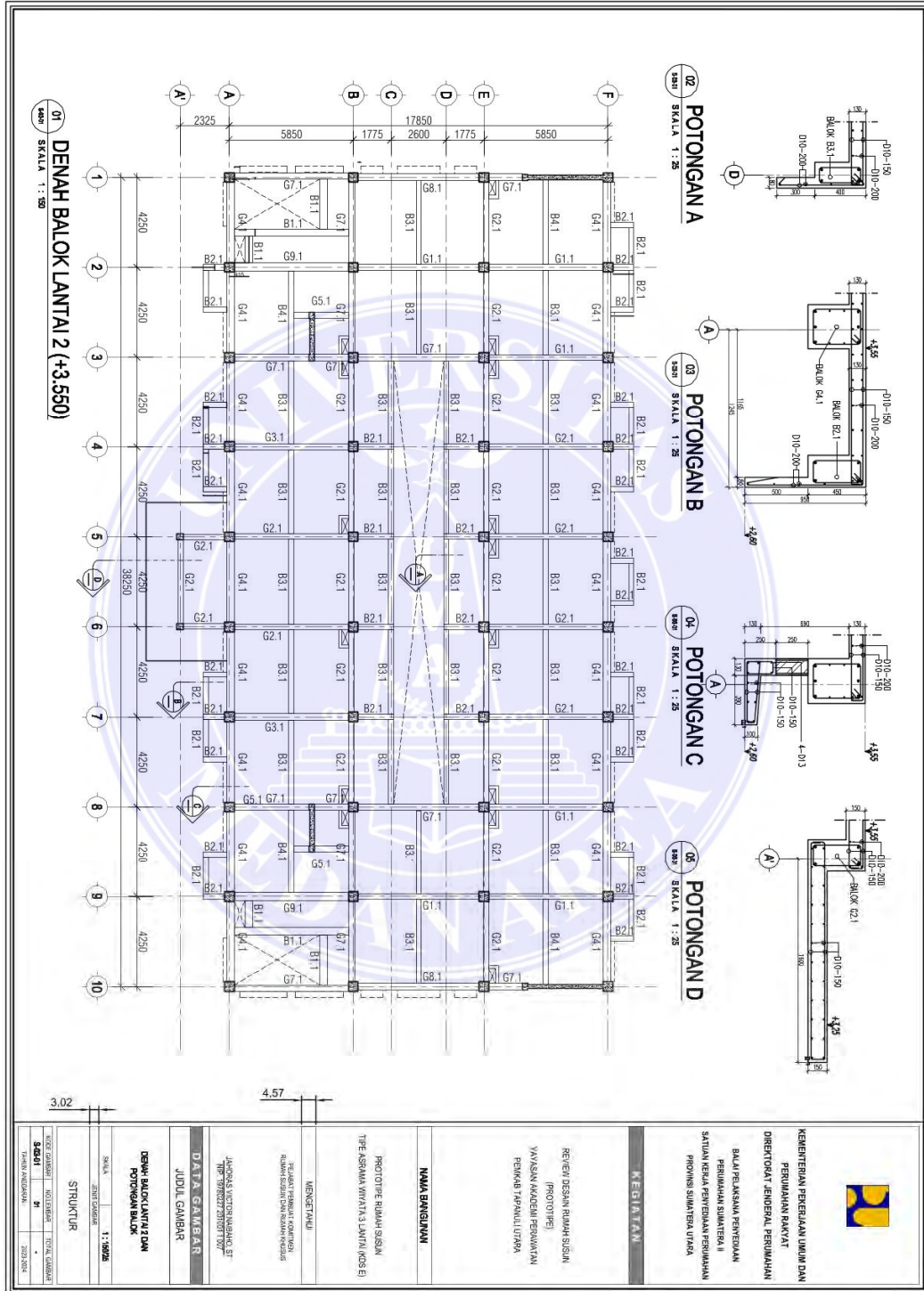
Lampiran 8 Denah kolom lantai Atap



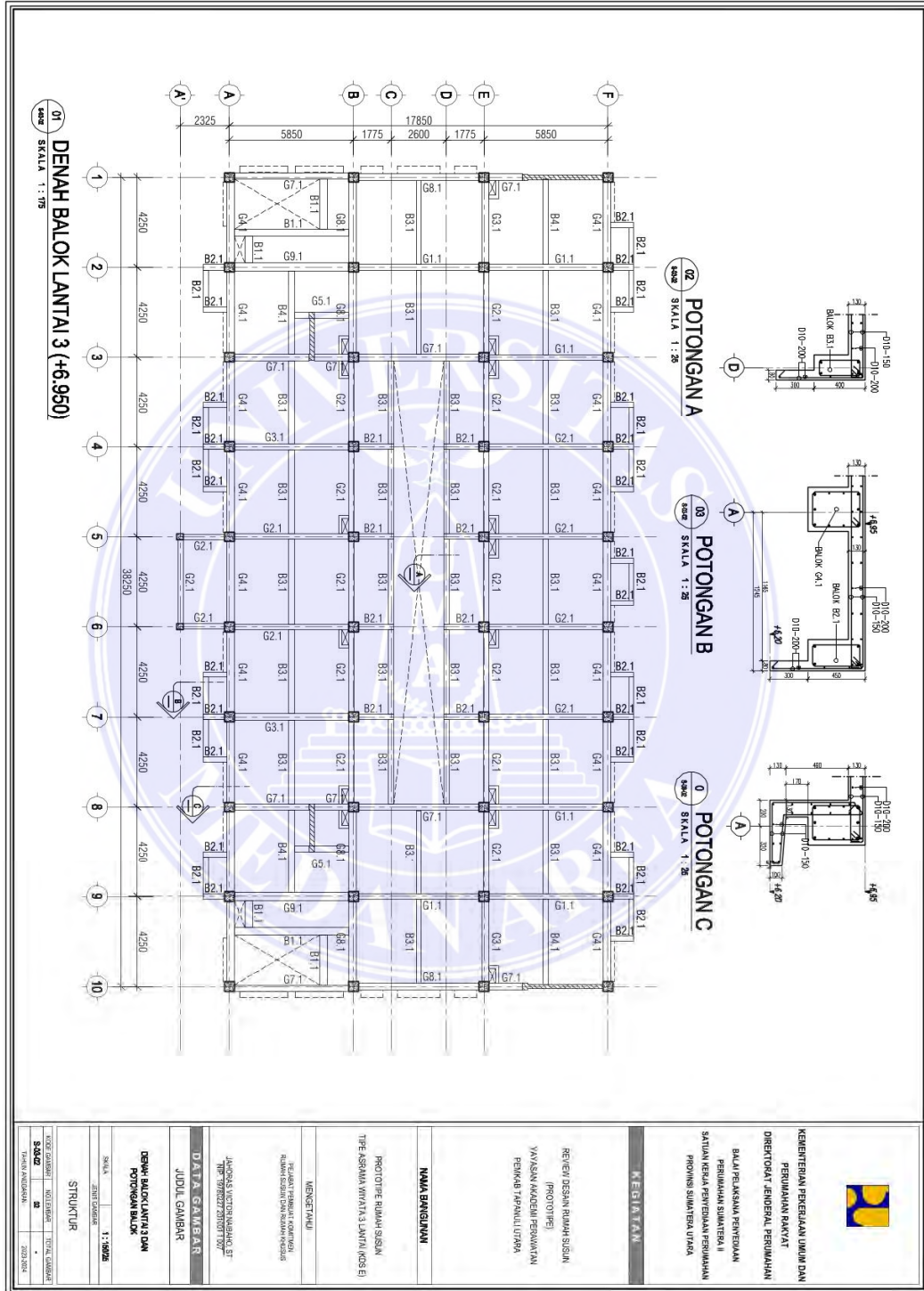
Lampiran 9 Detail kolom dan dinding geser



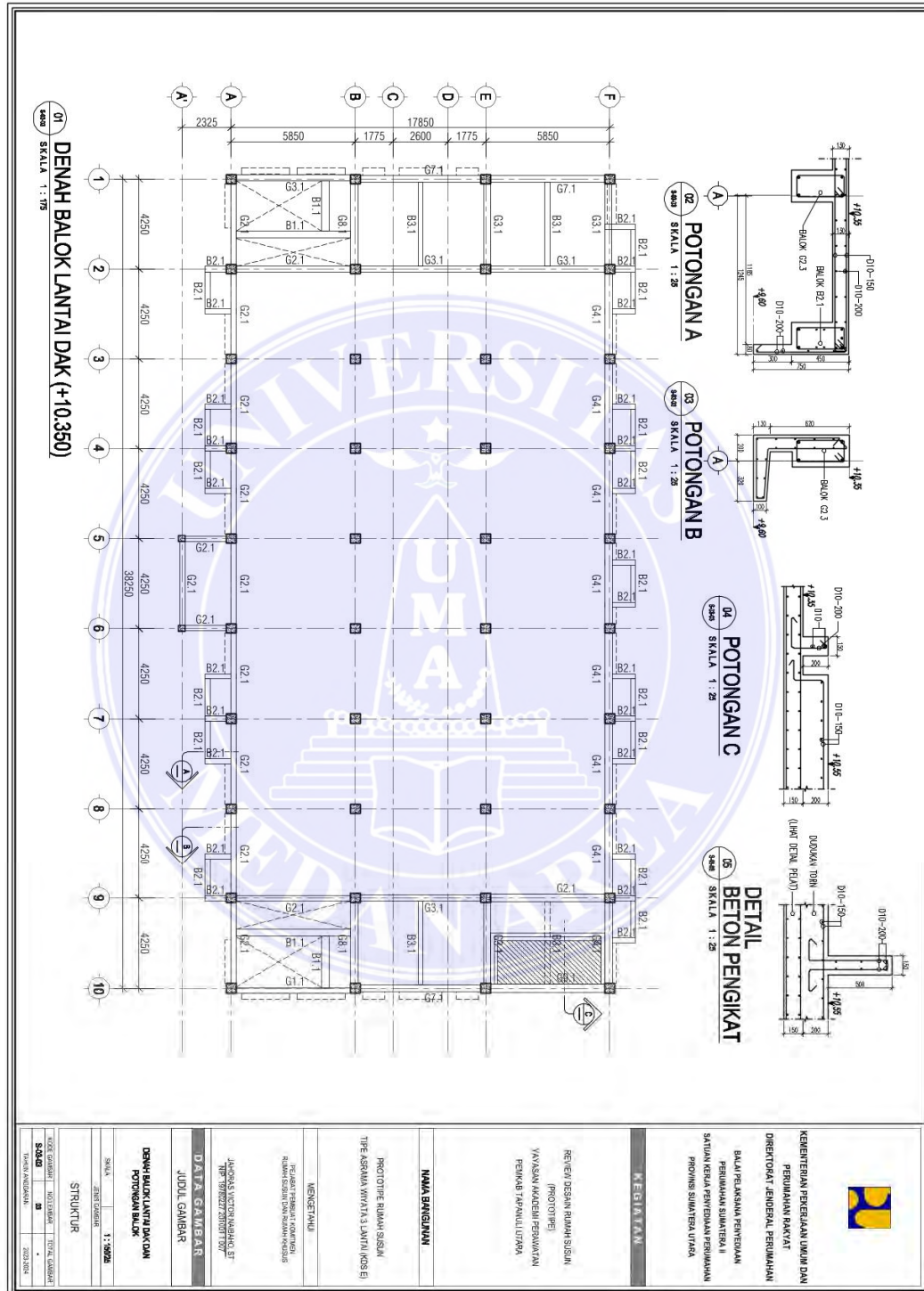
Lampiran 10 Denah balok lantai 2



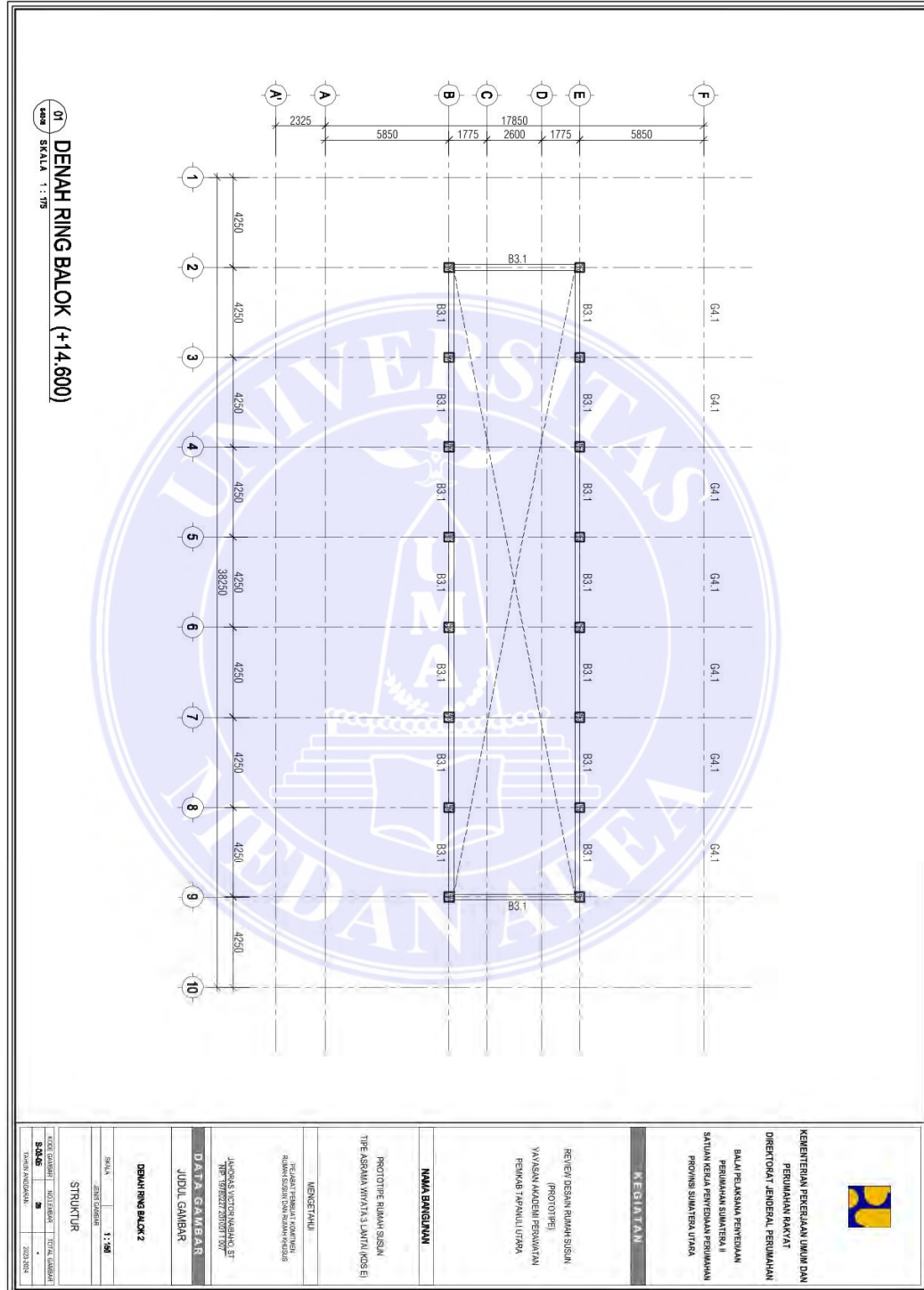
Lampiran 11 Denah balok lantai 3



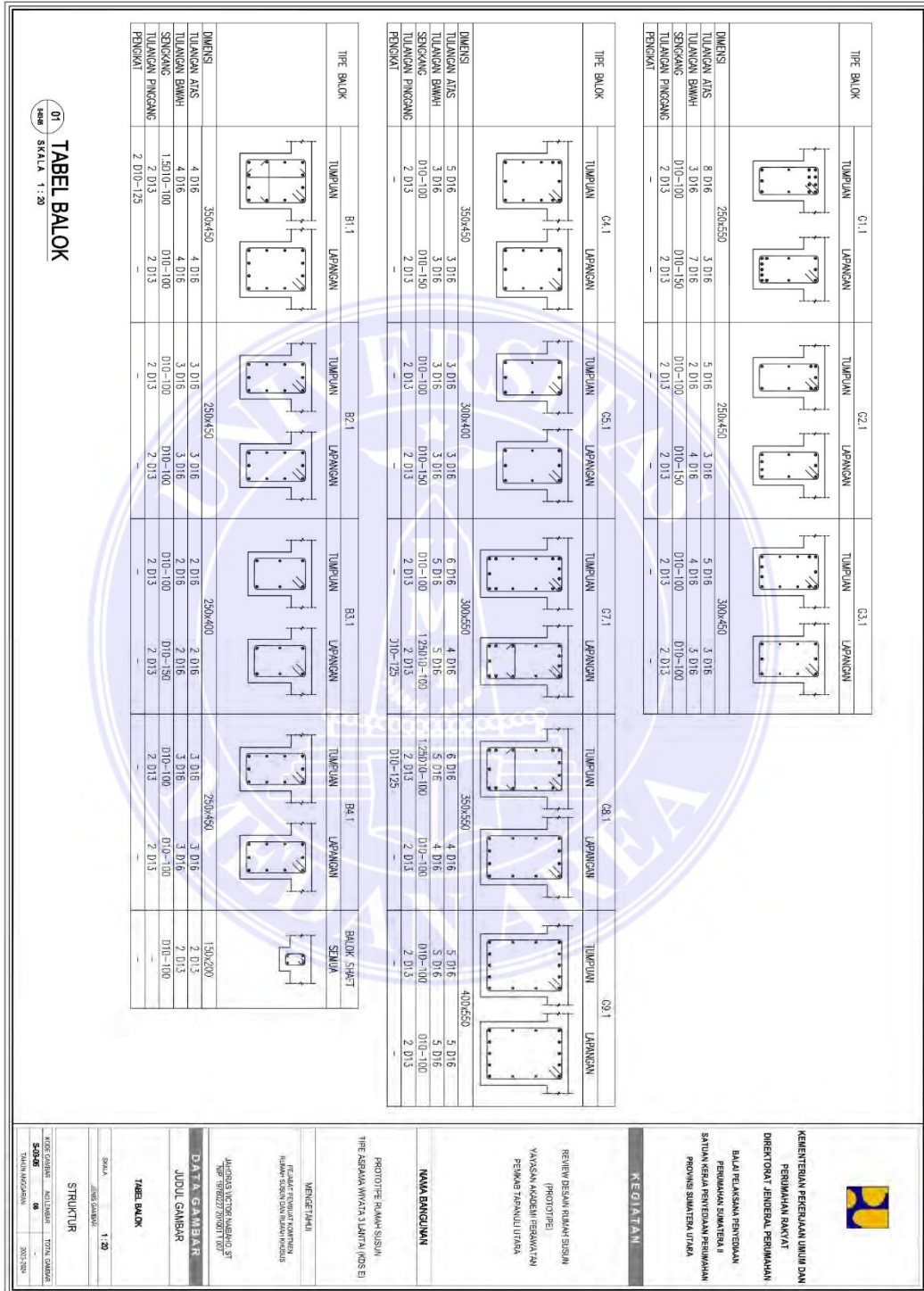
Lampiran 12 Denah balok lantai dak



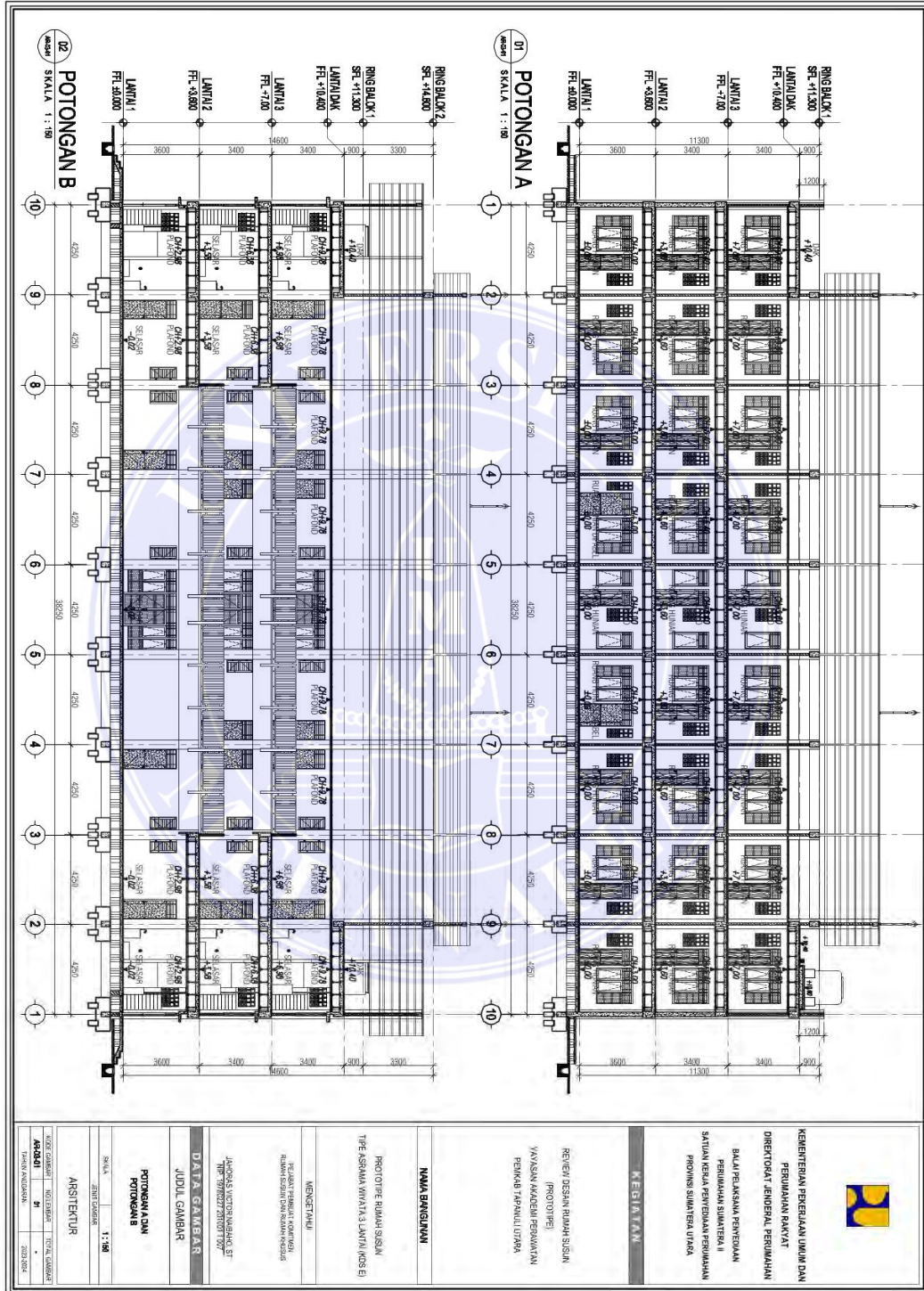
Lampiran 13 Denah balok lantai atap



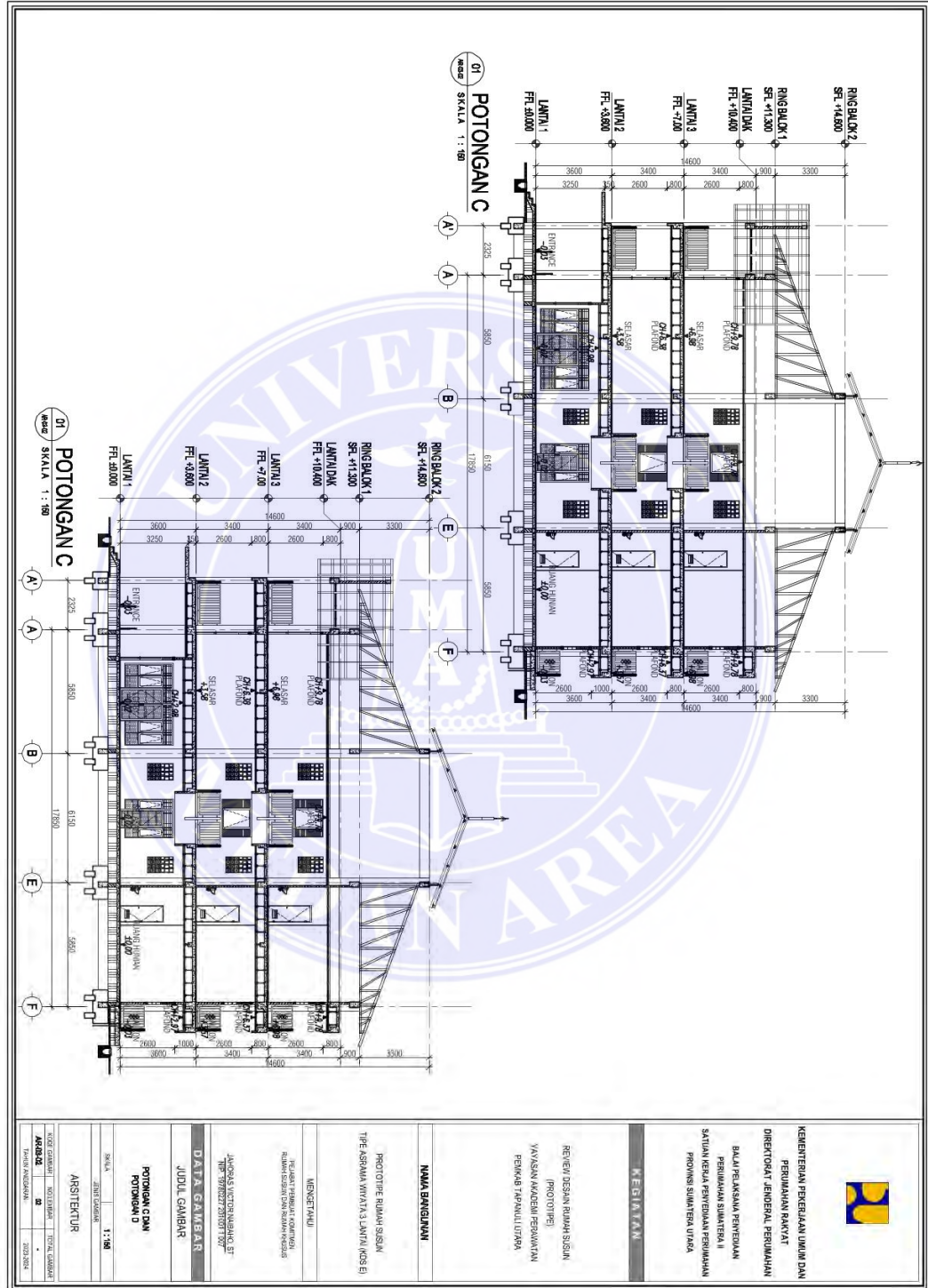
Lampiran 14 Detail balok



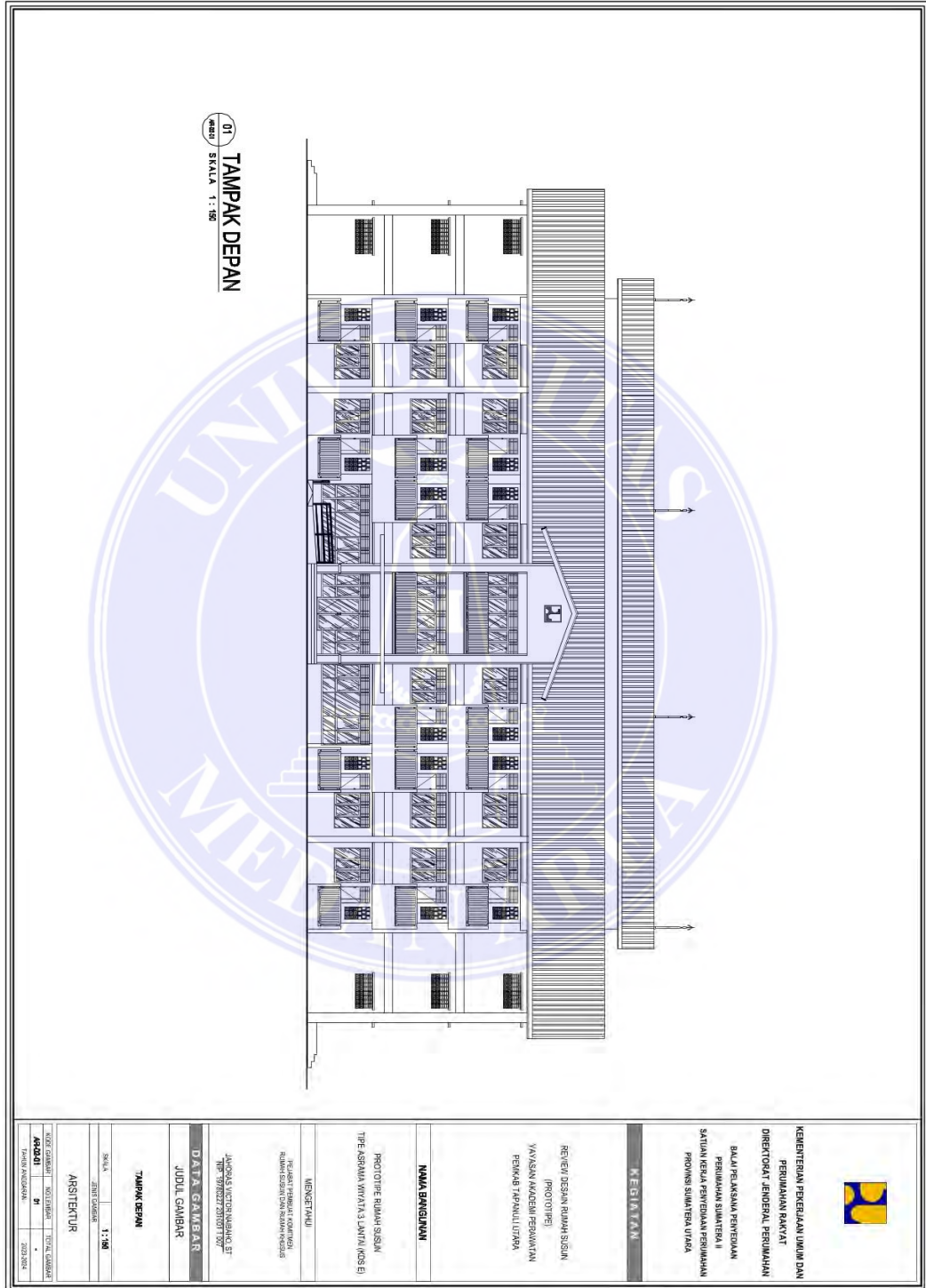
Lampiran 15 Gambar potongan arah X



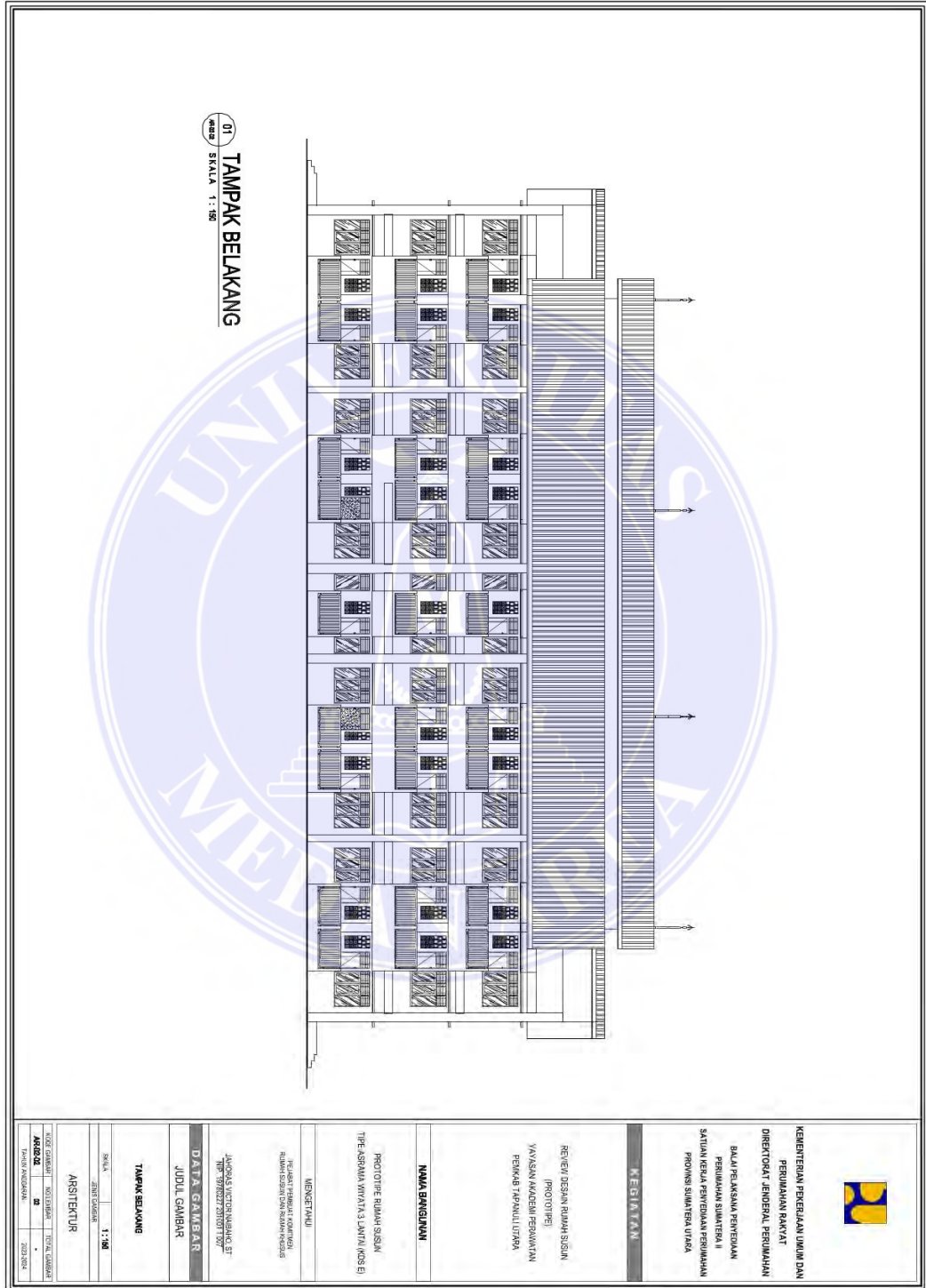
Lampiran 16 Gambar potongan arah Y



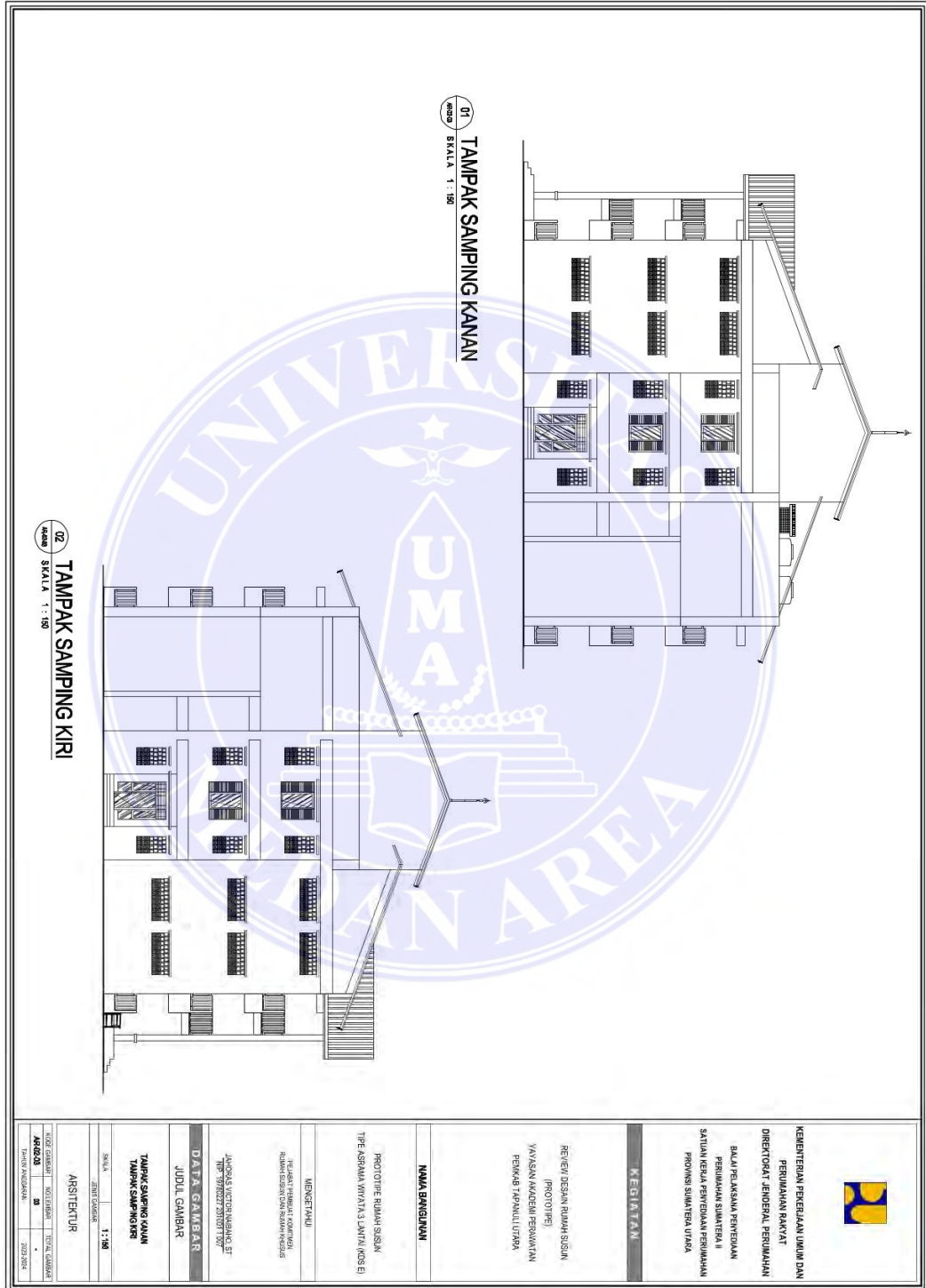
Lampiran 17 Gambar tampak depan



Lampiran 18 Gambar tampak belakang



Lampiran 19 Gambar tampak samping



Lampiran 20 Analisis harga satuan pekerjaan dinding geser dan bresing

1 m Pemasangan Rangka Baja WF						
No	Uraian Pekerjaan	Kode	Sat	Koef	Harga Satuan	Jumlah Harga
A. TENAGA KERJA						
	Pekerja	L.01	Oh	0,060	100.000,00	6.000,00
	Tukang	L.02	Oh	0,060	100.000,00	6.000,00
	Kepala Tukang	L.03	Oh	0,006	120.000,00	720,00
Lanjutan Tabel 13						
	Mandor	L,04	Oh	0,003	130.000,00	390,00
Jumlah Tenaga Kerja						13.110,00
B. BAHAN / MATERIAL						
	Baja WF 300.150		m	1,150	683.800,00	786.370,00
Jumlah Harga bahan						786.370,00
Jumlah (A + B)						799.480,00
Overhead (10%)						79.948,00
Harga Pekerjaan						879.428,00
1 m ³ , Membuat Beton Mutu $f_c = 25$ Mpa						
No	Uraian Pekerjaan	Kode	Sat	Koef	Harga Satuan	Jumlah Harga
A. TENAGA KERJA						
	Pekerja	L.01	Oh	1,650	100.000,00	165.000,00
	Tukang	L.02	Oh	0,020	100.000,00	2.000,00
	Kepala Tukang	L.03	Oh	0,002	120.000,00	240,00
	Mandor	L,04	Oh	0,083	130.000,00	10.790,00
Jumlah Tenaga Kerja						178.030,00
B. BAHAN / MATERIAL						
	Beton Ready mix		m ³	1,000	1.350.000,00	1.350.000,00
Jumlah Harga bahan						1.350.000,00
C. PERALATAN						
	Vibrator Beton		m ³	1,000	87.500,00	87.500,00
Jumlah Harga bahan						1.437.500,00
Jumlah (A + B)						1.615.530,00
Overhead (10%)						161.553,00
Harga Pekerjaan						1.777.000,00
Pembesian 1 Kg dengan Besi Ulir						
No	Uraian Pekerjaan	Kode	Sat	Koef	Harga Satuan	Jumlah Harga
A. TENAGA KERJA						
	Pekerja	L.01	Oh	0,070	100.000,00	7.000,00
	Tukang	L,02	Oh	0,070	100.000,00	7.000,00
	Kepla Tukang	L.03	Oh	0,007	120.000,00	840,00
	Mandor	L,04	Oh	0,004	130.000,00	520,00

					Jumlah Tenaga Kerja	15.360,00
B. BAHAN / MATERIAL						
	Besi Beton Ulir	kg	1,050	18.000,00	18.900,00	
	Kawat Beton	kg	0,015	15.000,00	225,00	
					Jumlah Harga bahan	19.125,00
					Jumlah (A + B)	34.485,00
					Overhead (10%)	3.448,50
					Harga Pekerjaan	37.900,00
1 m ² , Pemasangan Bekesting untuk Dinding						
No	Uraian Pekerjaan	Kode	Sat	Koef	Harga Satuan	Jumlah Harga
A. TENAGA KERJA						
	Pekerja	L.01	Oh	0,660	100.000,00	66.000,00
	Tukang	L,02	Oh	0,330	100.000,00	33.000,00
	Kepala Tukang	L.03	Oh	0,033	120.000,00	3.960,00
	Mandor	L,04	Oh	0,033	130.000,00	4.290,00
					Jumlah Tenaga Kerja	107.250,00
B. BAHAN / MATERIAL						
	Kayu Kelas III		m ³	0,030	3.250.000,00	97.500,00
	Paku 5 - 12 cm		kg	0,400	20.000,00	8.000,00
	Minyak Bekesting		ltr	0,200	35.000,00	7.000,00
	Kayu Kelas II		m ³	0,020	2.900.000,00	58.000,00
	Plywood T = 9 mm		lbr	0,350	130.000,00	45.500,00
	Dolken Kayu Ø 8-10 cm x 400		btg	3,000	15.000,00	45.000,00
	Spacer Bekisting		bh	4,000	1.500,00	6.000,00
					Jumlah Harga bahan	267.000,00
Asumsi : Pemakaian 2 x					Jumlah (A + B)	374.250,00
					Jumlah / 2	187.125,00
					Overhead (10%)	37.425,00
					Harga Pekerjaan	224.500,00