

SKRIPSI

**STUDI ANALISIS STRUKTUR GEDUNG BETON BERTULANG
DENGAN DAN TANPA PASANGAN DINDING PENGISI
BERLUBANG TERHADAP BEBAN GEMPA**



UNMAS DENPASAR

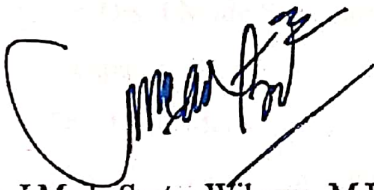
**OLEH:
I MADE LAKSANA WIRA SAPUTRA
NPM: 2005222010071**

**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MAHASARASWATI DENPASAR
DENPASAR
2022**

LEMBAR PENGESAHAN

SKRIPSI INI TELAH DISETUJUI
TANGGAL, 16 AGUSTUS 2022

Dosen Pembimbing I



Dr. Ir. I Made Sastra Wibawa, M.Erg.
NPK. 82 6390 178

Dosen Pembimbing II



Ir. I Putu Agus Putra Wirawan, ST., MT
NIP/NPK. 82 9321 753

Mengetahui,

Dekan Fakultas Teknik Unmas Denpasar



Dr. Ir. I Made Sastra Wibawa, M.Erg.
NPK. 82 6390 178

Kaprodi Teknik Sipil Unmas Denpasar



I Gede Gegiraning Wiryadi, ST., MT.
NPK. 82 9018 531

KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis ucapkan kepada Tuhan yang Maha Esa, berkat rahmat dan karuniaNya penulis dapat menyelesaikan Skripsi dengan judul **“Studi Analisis Struktur Gedung Beton Bertulang dengan dan Tanpa Pasangan Dinding Pengisi Berlubang terhadap Beban Gempa”** tepat pada waktunya.

Dalam proses penyusunan Skripsi ini penulis menjumpai hambatan, namun berkat dukungan dan motivasi dari berbagai pihak, akhirnya penulis dapat menyelesaikan Skripsi ini dengan cukup baik, oleh karena itu melalui kesempatan ini penulis menyampaikan terimakasih dan penghargaan setinggi-tingginya kepada:

1. Dr. Drs. I Made Sukamerta, M.Pd selaku Rektor Universitas Mahasaraswati Denpasar,
2. Dr. Ir. I Made Sastra Wibawa, M.Erg selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Mahasaraswati Denpasar, dan selaku dosen pembimbing satu ,
3. Ir. I Gede Gegiranang Wiryadi, S.T., M.T selaku Ketua Program Studi Teknik Sipil,
4. Ir. I Putu Agus Putra Wirawan, S.T., M.T. selaku dosen pembimbing dua,
5. Semua pihak yang tidak dapat disebutkan satu persatu, yang telah membantu penyelesaian skripsi ini.

Penulis menyadari bahwa dalam pembuatan Skripsi ini masih terdapat kekurangan baik dalam tulisan, isi, informasi maupun dalam bentuk penyajian. Oleh karena itu, penulis sangat mengharapkan kritik serta saran yang bersifat membangun demi kesempurnaan skripsi ini, dan penulis berharap Skripsi ini dapat bermanfaat bagi pembaca sebagai tambahan ilmu pengetahuan.

Denpasar, 29 Juli 2022
Penulis,

I Made Laksana Wira Saputra
NPM. 2005222010071

UCAPAN TERIMA KASIH

Puji syukur penulis panjatkan kehadapan Ida Sang Hyang Widhi Wasa/Tuhan Yang Maha Esa, karena atas Asung Wara Nugraha-Nya/Kurnia-Nya, Skripsi ini dapat diselesaikan.

Pada kesempatan ini, penulis mengucapkan terimakasih kepada yaitu Dr. Ir. I Made Sastra Wibawa, M.Erg. dan Ir. I Putu Agus Putra Wirawan, S.T., M.T. sebagai Dosen Pembimbing yang dengan penuh perhatian telah memberikan dorongan, semangat, bimbingan, dan saran selama penulis mengikuti Program Sarjana Teknik, khususnya dalam penyelesaian Skripsi.

Ucapan yang sama juga ditujukan kepada Rektor Universitas Mahasaraswati, yang dijabat oleh Dr. Drs. I Made Sukamerta, M.Pd., Dekan Fakultas Teknik Universitas Mahasaraswati yang dijabat oleh Dr. Ir. I Made Sastra Wibawa, M.Erg. dan Ketua Program Studi Teknik Sipil yang dijabat oleh Ir. I Gede Gegiranang Wiryadi, S.T. M.T. yang telah memberikan kesempatan dan fasilitas sebagai mahasiswa Program Studi Teknik Sipil Universitas Mahasaraswati Denpasar. Ucapan terimakasih penulis sampaikan kepada Penguji Skripsi, yaitu Dr. Ir. I Made Nada, M.T. yang telah memberikan masukan, saran, sanggahan, dan koreksi sehingga Skripsi ini dapat sesuai sebagaimana mestinya. Penulis juga mengucapkan terima kasih kepada seluruh pihak yang telah membantu memberikan data dalam menyusun Skripsi ini.

Semoga Ida Sang Hyang Widhi Wasa/ Tuhan Yang Maha Esa selalu melimpahkan rahmat-Nya kepada semua pihak yang telah membantu pelaksanaan dan penyelesaian Skripsi ini.

Denpasar, 29 Juli 2022

I Made Laksana Wira Saputra
NPM. 2005222010071

SURAT PERNYATAAN

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : I Made Laksana Wira Saputra

NPM : 2005222010071

Dengan ini saya nyatakan bahwa dalam Skripsi ini “Studi Analisis Struktur Gedung Beton Bertulang dengan dan Tanpa Pasangan Dinding Pengisi Berlubang terhadap Beban Gempa.” tidak terdapat karya yang pernah diajukan untuk memperoleh gelar kesarjanaan di suatu perguruan tinggi, dan sepanjang pengetahuan saya, juga tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan oleh orang lain, kecuali secara tertulis diacu dalam naskah ini dan disebutkan dalam daftar pustaka.

Denpasar, 29 Juli 2022



I Made Laksana Wira Saputra
NPM: 2005222010071

ABSTRAK

Penelitian ini dilakukan untuk memperoleh gambaran yang jelas terkait bagaimana perbedaan perilaku dan kinerja dari struktur gedung beton bertulang dengan dan tanpa pasangan dinding pengisi berlubang terhadap beban gempa. Penelitian ini mengambil studi kasus perencanaan pemodelan bangunan yang berlokasi di Pulau Lombok, Kota Mataram. Digunakan 2 metode pengaplikasian dinding pengisi, yaitu menggunakan elemen shell dan strat diagonal, yang diaplikasikan pada model struktur gedung kantor dengan variasi gedung 3 dan 5 lantai dan tinggi tiap lantainya yaitu 3,5 meter, kemudian dibuat dan dilakukan analisis linier dan nonlinier statik *pushover* menggunakan *software* SAP2000. Struktur gedung 3 dan 5 lantai dibuat dengan tebal dinding 120 mm setiap tingkat. Output dari analisis ini yaitu nilai dari perilaku dan kinerja struktur rangka terbuka (RT), rangka dengan dinding pengisi solid (RDPS), dan rangka dengan dinding pengisi berlubang (RDPB), untuk bukaan dinding digunakan rasio sebesar 30%. Hasil analisis menunjukkan bahwa struktur RDPS memiliki perilaku dan kinerja yang lebih baik dibandingkan dengan 2 model lainnya. Hal ini dapat dilihat dari hasil dari analisis perilaku yaitu pada simpangan menunjukkan struktur RDPS memiliki simpangan yang paling kecil yang menandakan model ini memiliki kekakuan yang paling besar dalam menahan gaya gempa yang terjadi yang dimana untuk struktur M3RDPS diperoleh hasil 50% - 71% lebih kaku dari struktur M3RT, dan untuk struktur M5RDPS diperoleh hasil 36% - 57% lebih kaku dari struktur M5RT. Untuk analisis kinerja dari 3 model struktur diperoleh kondisi *Immediate Occupancy* (IO), dari segi kekuatan struktur RDPS mendapatkan hasil yang paling bagus, tetapi dari segi daktilitas struktur RDPB yang mendapatkan hasil yang paling bagus. Dari penelitian ini dapat disimpulkan bahwa struktur rangka terbuka termasuk struktur yang lemah, maka dari itu perlu penambahan dinding pengisi untuk memperkuat struktur tersebut.

Kata Kunci: Elemen shell, kinerja struktur, perilaku struktur, rangka dinding pengisi berlubang, strat diagonal.

DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR.....	i
ABSTRAK	ii
DAFTAR ISI.....	iii
DAFTAR GAMBAR.....	vi
DAFTAR TABEL	x
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Tujuan Penelitian.....	4
1.4 Manfaat Penelitian.....	4
1.5 Batasan Masalah dan Ruang Lingkup Penelitian.....	5
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	6
2.1 Konstruksi Beton Bertulang.....	7
2.1.1 Beton	7
2.1.2 Karakteristik beton.....	7
2.1.3 Beton Bertulang	9
2.2 Dinding Pengisi	10
2.2.1 Definisi dinding pengisi	10
2.2.2 Karakteristik Pasangan Dinding Bata	11
2.3 Rangka dengan Dinding Pengisi (RDP).....	12
2.4 Pemodelan dalam SAP 2000	14
2.4.1 Elemen <i>Frame</i>	15
2.4.2 Elemen <i>Shell</i>	15
2.4.3 Elemen Gap.....	17
2.4.4 Elemen Strat Diagonal	19
2.5 Perilaku Struktur RDP akibat Beban Lateral	22
2.6 Ragam Kegagalan Struktur RDP.....	24
2.7 Penelitian Terkait	31
2.7.1 Struktur Rangka Beton Bertulang dengan pasangan Bata Ringan..	31
2.7.2 Struktur Rangka Beton Bertulang dengan Dinding Pengisi Berlubang	36
2.7.3 Struktur Rangka Beton Bertulang dengan Dinding Pengisi Berlubang dengan Perkuatan disekitar lubang	41

2.7.4	Struktur Rangka Beton Bertulang dengan Dinding Pengisi Berlubang dengan Start Diagonal	45
2.8	Tingkat Lantai Lunak (<i>Soft story</i>)	48
2.9	Rasio Simpangan (<i>Drift Ratio</i>).....	49
2.10	Kinerja Struktur (<i>Pushover</i>)	50
2.10.1	Kurva Kapasitas	51
2.10.2	Sasaran Kinerja Analisis <i>Pushover</i>	52
2.10.3	Target Perpindahan	54
2.11	Pembebanan	55
2.11.1	Beban Mati.....	55
2.11.2	Beban Hidup	55
2.11.3	Beban Gempa	55
2.11.4	Kombinasi Pembebanan.....	57
BAB III	METODE PENELITIAN	59
3.1	Kerangka Pikir.....	59
3.2	Rancangan Penelitian	60
3.2.1	Deskripsi Penelitian	60
3.2.2	Instrumen Penelitian	61
3.2.3	Jenis dan Bentuk Data.....	61
3.2.4	Waktu dan Tempat.....	67
3.2.5	Teknik Analisis	68
3.3	Bagan Alir (<i>flow chart</i>)	68
3.4	Pemodelan pada SAP2000	72
3.4.1.	Pembebanan	72
3.4.2.	Kombinasi pembebanan.....	74
3.4.3.	Langkah Pemodelan Struktur.....	75
3.4.4.	Pemodelan Elemen <i>Shell</i>	83
3.4.5.	Pemodelan Strat Diagonal.....	85
3.5	Analisis <i>Pushover</i>	88
BAB IV	HASIL ANALISIS DAN PEMBAHASAN.....	94
4.1	Analisis Struktur.....	94
4.2	Model Aplikasi.....	94
4.3	Hasil Analisis Prilaku Struktur.....	96
4.3.1.	Simpangan Antar Lantai	96

4.3.2.	<i>Drift Ratio</i>	111
4.4	Hasil Analisis Kinerja Struktur (Pushover).....	117
4.4.1.	Hasil Analisis Struktur M3RT, M3RDPS-st, dan M3RDPB-st....	118
4.4.2.	Hasil Analisis Struktur M5RT, M5RDPS-st, dan M5RDPB-st....	134
4.5	Pembahasan.....	150
BAB V SIMPULAN DAN SARAN		154
5.1	Simpulan.....	154
5.2	Saran.....	156
DAFTAR PUSTAKA		157
LAMPIRAN		159



DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Bentuk kurva tegangan-regangan untuk beton.....	9
Gambar 2. 2 Rangka dengan dinding pengisi	11
Gambar 2. 3 Kurva tegangan-regangan pasangan dinding bata.....	12
Gambar 2. 4 (a) Struktur rangka terbuka; (b) Stuktur rangka dengan dinding pengisi	14
Gambar 2. 5 Elemen gap.....	17
Gambar 2. 6 Grafik hubungan antara kekakuan dinding dan kekakuan gap	18
Gambar 2. 7 Model dinding pengisi sebagai strat diagonal.....	20
Gambar 2. 8 Grafik hubungan antara faktor reduksi dengan persentase lubang pada dinding.....	21
Gambar 2. 9 (a) Keretakan diagonal bertahap; (b) Kegagalan geser	23
Gambar 2. 10 Klasifikasi ragam kegagalan	24
Gambar 2. 11 Ragam kegagalan tipikal struktur rangka dengan dinding pengisi	26
Gambar 2. 12 Pola keruntuhan rangka dengan dinding pengisi	28
Gambar 2. 13 Portal dengan dinding dalam penelitian Mehrabi	29
Gambar 2. 14 Kondisi keruntuhan portal penelitian Mehrabi	31
Gambar 2. 15 Model eksperimen dinding pengisi bata ringan dan bata konvensional	32
Gambar 2. 16 Susunan dan program pembebanan eksperimen	33
Gambar 2. 17 Detail penulangan	33
Gambar 2. 18 Pola retak pada model 1	34
Gambar 2. 19 Pola retak pada model 2	34
Gambar 2. 20 Kurva histeretis model 1 dan model 2	35
Gambar 2. 21 Spesimen struktur RDP (a) detail tulangan struktur rangka beton bertulang, (b) unit bata, (c) struktur RDP dengan bukaan jendela dan (d) struktur RDP dengan bukaan pintu, dalam mm.	38
Gambar 2. 22 Kurva perbandingan gaya lateral dengan perpindahan dan pola keruntuhan dari benda uji S	39
Gambar 2. 23 Kurva perbandingan gaya lateral dengan perpindahan dan pola keruntuhan dari benda uji WO2	39
Gambar 2. 24 Kurva perbandingan gaya lateral dengan perpindahan dan pola keruntuhan dari benda uji DO2.....	40
Gambar 2. 25 Desain tulangan portal benda uji.....	42
Gambar 2. 26 Kurva gaya lateral dan perpindahan dari masing-masing benda uji	44
Gambar 2. 27 Hubungan antara koefisien kekakuan dinding (C_c) dengan persentase lubang (r)	47
Gambar 2. 28 Kegagalan <i>soft story</i>	49
Gambar 2. 29 Kurva kapasitas analisis <i>pushover</i>	51
Gambar 3. 1 Kerangka Pikir	59
Gambar 3. 2 Denah struktur.....	64
Gambar 3. 3 Portal arah X: (a) struktur lantai 3; (b) struktur lantai 5	64
Gambar 3. 4 Portal arah Y struktur lantai 3	65

Gambar 3. 5 Portal arah Y struktur lantai 5	65
Gambar 3. 6 Denah dinding pengisi	66
Gambar 3. 7 Portal A-A (a) struktur RDP; (b) struktur RDPB.....	66
Gambar 3. 8 Portal 1-1 struktur RDP.....	67
Gambar 3. 9 Portal 1-1 struktur RDPB	67
Gambar 3. 10 Bagan Alir	69
Gambar 3. 11 Tampilan <i>new model</i>	75
Gambar 3. 12 Tampilan <i>quick grid lines</i>	76
Gambar 3. 13 Tampilan <i>grid lines</i> 2D dan 3D.....	77
Gambar 3. 14 Tampilan <i>define material dan material property data</i>	77
Gambar 3. 15 Tampilan <i>frame properties</i>	78
Gambar 3. 16 Tampilan <i>rectangular section</i>	79
Gambar 3. 17 Tampilan <i>joint restraints</i>	79
Gambar 3. 18 Tampilan <i>define load patterns</i>	80
Gambar 3. 19 Tampilan <i>point load</i>	81
Gambar 3. 20 Tampilan <i>distributed load</i>	81
Gambar 3. 21 Tampilan <i>analysis options</i>	82
Gambar 3. 22 Tampilan <i>run analysis</i>	83
Gambar 3. 23 Konfigurasi dinding pengisi.....	83
Gambar 3. 24 konfigurasi elemen gap	84
Gambar 3. 25 Tampilan menu define material dinding pengisi.....	85
Gambar 3. 26 Tampilan <i>frame properties</i>	86
Gambar 3. 27 Tampilan input data strat diagonal.....	86
Gambar 3. 28 Tampilan model bangunan dengan strat diagonal.....	87
Gambar 3. 29 Tampilan <i>assign frame releases</i>	87
Gambar 3. 30 Tampilan <i>frame T/C Limits</i>	88
Gambar 3. 31 Load case <i>beban gravitasi</i>	89
Gambar 3. 32 Sendi plastis pada kolom.....	90
Gambar 3. 33 Sendi plastis pada balok.....	91
Gambar 3. 34 Sendi plastis pada strat.....	91
Gambar 3. 35 Load case <i>pushover</i>	93
Gambar 4. 1 Model aplikasi gedung (a) M3-st dan (b) M5-st	95
Gambar 4. 2 Tampilan <i>Deformed Shape</i>	96
Gambar 4. 3 Titik joint simpangan gedung 3 lantai.....	98
Gambar 4. 4 Grafik simpangan maksimum arah X struktur M3RT, M3RDPS-sh, M3RDPB-sh.....	100
Gambar 4. 5 Grafik simpangan maksimum arah Y struktur M3RT, M3RDPS-sh, M3RDPB-sh.....	101
Gambar 4. 6 Grafik simpangan maksimum arah X struktur M3RT, M3RDPS-st M3RDPB-st.....	101
Gambar 4. 7 Grafik simpangan maksimum arah Y struktur M3RT, M3RDPS-st M3RDPB-st.....	102
Gambar 4. 8 Grafik simpangan antar tingkat arah X struktur M3RT, M3RDPS-sh M3RDPB-sh.....	102
Gambar 4. 9 Grafik simpangan antar tingkat arah Y struktur M3RT, M3RDPS-sh M3RDPB-sh.....	103

Gambar 4. 10 Grafik simpangan antar tingkat arah X struktur M3RT, M3RDPS-st, M3RDPB-st.....	103
Gambar 4. 11 Grafik simpangan antar tingkat arah Y struktur M3RT, M3RDPS-st, M3RDPB-st.....	104
Gambar 4. 12 Titik joint simpangan gedung 5 lantai.....	104
Gambar 4. 13 Grafik simpangan maksimum arah Y struktur M5RT, M5RDPS-sh, M5RDPB-sh.....	107
Gambar 4. 14 Grafik simpangan maksimum arah X struktur M5RT, M5RDPS-sh, M5RDPB-sh.....	107
Gambar 4. 15 Grafik simpangan maksimum arah X struktur M5RT, M5RDPS-st, M5RDPB-st.....	108
Gambar 4. 16 Grafik simpangan maksimum arah Y struktur M5RT, M5RDPS-st, M5RDPB-st.....	108
Gambar 4. 17 Grafik simpangan antar tingkat arah X struktur M5RT, M5RDPS-sh M5RDPB-sh.....	109
Gambar 4. 18 Grafik simpangan antar tingkat arah Y struktur M5RT, M5RDPS-sh M5RDPB-sh.....	109
Gambar 4. 19 Grafik simpangan antar tingkat arah Y struktur M5RT, M5RDPS-st, M5RDPB-st.....	110
Gambar 4. 20 Grafik simpangan antar tingkat arah X struktur M5RT, M5RDPS-st, M5RDPB-st.....	110
Gambar 4. 21 Grafik <i>drift ratio</i> arah X struktur M3RT, M3RDPS-sh, dan M3RDPB-sh.....	111
Gambar 4. 22 Grafik <i>drift ratio</i> arah Y struktur M3RT, M3RDPS-sh, dan M3RDPB-sh.....	112
Gambar 4. 23 Grafik <i>drift ratio</i> arah X struktur M3RT, M3RDPS-st, dan M3RDPB-st.....	113
Gambar 4. 24 Grafik <i>drift ratio</i> arah Y struktur M3RT, M3RDPS-st, dan M3RDPB-st.....	113
Gambar 4. 25 Grafik <i>drift ratio</i> arah X struktur M5RT, M5RDPS-sh, dan M5RDPB-sh.....	114
Gambar 4. 26 Grafik <i>drift ratio</i> arah Y struktur M5RT, M5RDPS-sh, dan M5RDPB-sh.....	115
Gambar 4. 27 Grafik <i>drift ratio</i> arah X struktur M5RT, M5RDPS-st, dan M5RDPB-st.....	116
Gambar 4. 28 Grafik <i>drift ratio</i> arah Y struktur M5RT, M5RDPS-st, dan M5RDPB-st.....	116
Gambar 4. 29 Pushover arah X struktur M3RT, M3RDPS-st, dan M3RDPB-st	118
Gambar 4. 30 Pushover arah Y struktur M3RT, M3RDPS-st, dan M3RDPB-st	118
Gambar 4. 31 Sendi Plasti pada model M5RT arah x.....	121
Gambar 4. 32 Sendi plasti pada model M3RT arah Y	123
Gambar 4. 33 Sendi Plastis pada model M3RDPS-st arah X	125
Gambar 4. 34 Sendi Plastis pada model M3RDPS-st arah Y	127
Gambar 4. 35 Sendi Plastis pada model M3RDPB-st arah X.....	129
Gambar 4. 36 Sendi Plastis pada model M3RDPB-st arah Y	131
Gambar 4. 37 Pushover arah X struktur M5RT, M5RDPS-st, dan M5RDPB-st	134

Gambar 4. 38 Pushover arah Y struktur M5RT, M5RDPS-st, dan M5RDPB-st	135
Gambar 4. 39 Sendi plastis pada model M5RT arah X	137
Gambar 4. 40 Sendi plastis pada model M5RT arah Y	139
Gambar 4. 41 Sendi plastis pada model M5DPS-st arah X	141
Gambar 4. 42 Sendi plastis pada model M5DPS-st arah Y	143
Gambar 4. 43 Sendi plastis pada model M5DPB-st arah X.....	145
Gambar 4. 44 Sendi plastis pada model M5DPB-st arah Y	147



DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Hasil Penelitian Mehrabi	30
Tabel 2. 2 Spesimen eksperimen	37
Tabel 2. 3 Tipe-tipe benda uji dinding pengisi dengan bukaan	41
Tabel 2. 4 Material yang digunakan dan sifat-sifatnya.....	43
Tabel 2. 5 Lebar strat diagonal model validasi	46
Tabel 3. 1 Estimasi dimensi elemen struktur	63
Tabel 4. 1 Lebar Strat Diagonal Model Aplikasi.....	95
Tabel 4. 2 Simpangan antar lantai struktur M3RT.....	99
Tabel 4. 3 Simpangan antar lantai struktur M3RDPS-sh.....	99
Tabel 4. 4 Simpangan antar lantai struktur M3RDPB-sh	99
Tabel 4. 5 Simpangan antar lantai struktur M3RDPS-st.....	99
Tabel 4. 6 Simpangan antar lantai struktur M3RDPB-st	100
Tabel 4. 7 Simpangan antar lantai struktur M5RT.....	105
Tabel 4. 8 Simpangan antar lantai struktur M5RDPS-sh.....	105
Tabel 4. 9 Simpangan antar lantai struktur M5RDPB-sh	105
Tabel 4. 10 Simpangan antar lantai struktur M5RDPS-st.....	106
Tabel 4. 11 Simpangan antar lantai struktur M5RDPB-st	106
Tabel 4. 12 Nilai <i>performance point</i>	119
Tabel 4. 13 Sendi Plastis M3RT arah X	120
Tabel 4. 14 Sendi Plastis M3RT arah Y	122
Tabel 4. 15 Sendi Plastis M3RDPS-st arah X.....	124
Tabel 4. 16 Sendi Plastis M3RDPS-st arah Y.....	126
Tabel 4. 17 Sendi Plastis M3RDPB-st arah X	128
Tabel 4. 18 Sendi Plastis M3RDPB-st arah Y	130
Tabel 4. 19 Batasan rasio <i>drift</i> ATC-40.....	133
Tabel 4. 20 Kontrol kinerja struktur (<i>Performance Level</i>)	133
Tabel 4. 21 Nilai <i>Performance point</i>	135
Tabel 4. 22 Sendi Plastis M5RT arah X	136
Tabel 4. 23 Sendi Plastis M5RT arah Y	138
Tabel 4. 24 Sendi Plastis M5RDPS-st arah X.....	140
Tabel 4. 25 Sendi Plastis M5RDPS-st arah Y.....	142
Tabel 4. 26 Sendi Plastis M5RDPB-st arah X	144
Tabel 4. 27 Sendi Plastis M5RDPB-st arah Y	146
Tabel 4. 28 29 Batasan rasio <i>drift</i> ATC-40.....	149
Tabel 4. 30 kontrol kinerja struktur (<i>performance Level</i>).....	149

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Sudah diketahui bahwa dinding pengisi sering digunakan sebagai penyekat atau pemisah antara satu ruangan dengan ruangan yang lain, biasanya terbuat dari pasangan bata, batako, ataupun beton ringan yang dihubungkan dengan sambungan mortar. Dinding pengisi ini biasanya dipasang setelah pengerjaan struktur atau bersamaan dengan pekerjaan *finishing*, karena hal tersebut seringkali dinding pengisi ini dianggap komponen non struktural dan dianggap tidak memberikan pengaruh kepada struktur itu sendiri. Namun pada kenyataannya dinding pengisi memiliki efek signifikan pada karakteristik redaman struktur serta berkontribusi terhadap kekakuan dan kekuatan lateral.

Pada struktur Rangka dengan Dinding Pengisi (RDP) terdapat interaksi antara dinding pengisi terkekang dengan struktur rangka. Interaksi tersebut dapat meningkatkan kekakuan dan kekuatan sistem struktur secara menyeluruh, terutama terhadap pembebanan lateral termasuk beban gempa, dimana interaksi tersebut juga menimbulkan efek positif maupun negatif. Efek positif yang ditimbulkan adalah meningkatnya kekakuan struktur terutama saat menerima beban lateral, sedangkan efek negatifnya yaitu apabila struktur lantai yang memiliki dinding lebih sedikit dibandingkan dengan lantai di atasnya maka kekakuan lantai bawah akan lebih kecil dibandingkan dengan lantai di atasnya. Hal ini pada umumnya akan menimbulkan bahaya mekanisme *soft story*.

Beberapa penelitian menunjukkan bahwa keberadaan dinding memengaruhi kekakuan dan kekuatan struktur bangunan, seperti pada penelitian (Imran & Aryanto, 2009) mengenai perilaku dan kinerja struktur rangka beton bertulang dengan pasangan bata ringan, (Kakaletsis & Karayannis, 2009) mengenai perilaku struktur rangka beton bertulang dengan dinding pengisi berlubang, (Sigmund & Penava, 2012) mengenai struktur rangka beton bertulang dengan dinding pengisi berlubang dengan perkuatan disekitar lubang, (Budiwati, I. A. M. and Sukrawa, 2017) mengenai kinerja struktur rangka beton bertulang dengan penambahan dinding pengisi berlubang sebagai perkuatan seismic, dan (Wirawan, et al., 2022) mengenai struktur rangka beton bertulang dengan dinding pengisi berlubang dengan strat diagonal. Untuk besar rasio lubang biasa diterapkan pada bangunan dengan batas aman rentang antara 20%-60% (Sukrawa, 2015). Perilaku RDP akan berbeda bila dibandingkan dengan perilaku rangka tanpa dinding, demikian pula pada RDP berlubang. Tegangan kritis terjadi pada pojok-pojok lubang di sekeliling lubang sehingga perlu ditambahkan kolom atau balok praktis di sekeliling lubang.

Banyak metode telah diusulkan pada literatur untuk memodel dinding pengisi pada sebuah struktur, seperti *equivalent diagonal strut method* (Smith B. S., 1967), *finite element method* (Mallick & Severn, 1968), *equivalent frame method* (Liauw, 1972), *plastic method analysis* (Liauw & Kwan, 1986), dan lain-lain. Meskipun banyak literatur tentang model analisis untuk dinding pengisi, namun petunjuk mengenai pemilihan model matematis yang tepat belum tersedia di literatur.

Berdasarkan latar belakang tersebut, maka dilakukan studi mengenai pemodelan perilaku dan kinerja yang terjadi pada Struktur beton bertulang di antaranya struktur beton bertulang Rangka Terbuka (RT), struktur beton bertulang RDP, dan struktur beton bertulang Rangka dengan Dinding Pengisi Berlubang (RDPB), dimana pada model RDPB diterapkan rasio lubang sebesar 30%. Pemodelan dinding pengisi akan menggunakan strat diagonal dan elemen *shell*. Pemodelan dilakukan dengan menggunakan aplikasi SAP2000 dan hasil yang didapatkan akan dilakukan perbandingan perilaku dan kinerja antara RT, RDP, dan RDPB. Studi ini nantinya diharapkan dapat menjadi pertimbangan dalam pemodelan struktur yang digunakan untuk memodel struktur RDP.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah diuraikan sebelumnya, maka rumusan masalahnya yang akan dibahas dalam studi ini adalah:

1. Bagaimana perbedaan perilaku yang terjadi pada struktur beton bertulang dengan dan tanpa pasangan dinding pengisi berlubang terhadap beban gempa?
2. Bagaimana perbedaan kinerja yang terjadi pada struktur beton bertulang dengan dan tanpa pasangan dinding pengisi berlubang terhadap beban gempa?

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan yang ingin dicapai dari studi ini adalah:

1. Untuk mengetahui perbedaan perilaku yang terjadi pada struktur beton bertulang dengan dan tanpa pasangan dinding pengisi berlubang terhadap beban gempa.
2. Untuk mengetahui perbedaan kinerja yang terjadi pada struktur beton bertulang dengan dan tanpa pasangan dinding pengisi berlubang terhadap beban gempa.

1.4 Manfaat Penelitian

Adapun manfaat dari penelitian dibagi menjadi dua yaitu:

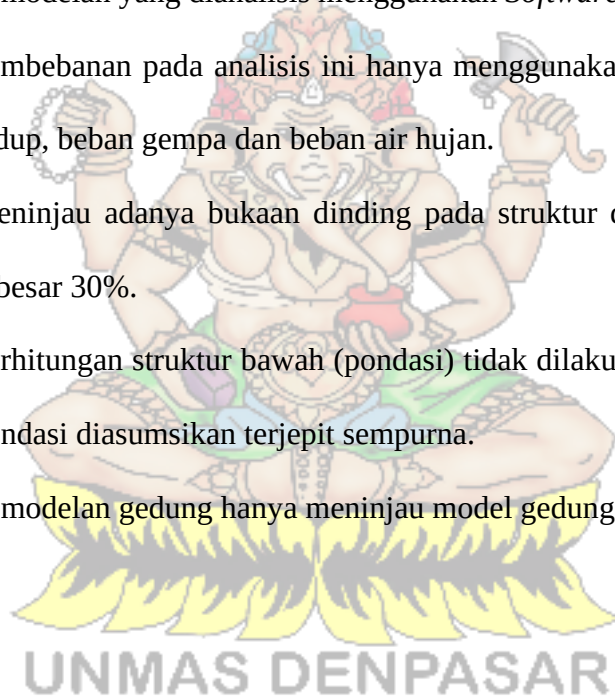
1. Untuk menambah wawasan terkait perilaku yang terjadi pada struktur beton bertulang dengan dan tanpa pasangan dinding pengisi berlubang terhadap beban gempa.
2. Untuk menambah wawasan terkait kinerja yang terjadi pada struktur beton bertulang dengan dan tanpa pasangan dinding pengisi berlubang terhadap beban gempa.

Dan diharapkan diperoleh model yang dapat digunakan sebagai acuan dalam analisis dan perencanaan struktur RDP.

1.5 Batasan Masalah dan Ruang Lingkup Penelitian

Agar mempermudah mencapai tujuan, maka akan dilakukan pembatasan masalah:

1. Struktur yang ditinjau adalah struktur beton bertulang dengan atap adalah plat beton, sehingga pembebanan atap hanya meninjau beban yang terjadi.
2. Pemodelan yang dianalisis menggunakan *Software* SAP2000 versi 22.
3. Pembebanan pada analisis ini hanya menggunakan beban mati, beban hidup, beban gempa dan beban air hujan.
4. Meninjau adanya bukaan dinding pada struktur dengan rasio bukaan sebesar 30%.
5. Perhitungan struktur bawah (pondasi) tidak dilakukan, karena struktur pondasi diasumsikan terjepit sempurna.
6. Pemodelan gedung hanya meninjau model gedung 3 dan 5 lantai.



BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

Sudah banyak yang mengakui bahwa penambahan dinding pengisi pada struktur beton bertulang rangka terbuka memiliki efek yang signifikan, dimana dinding pengisi tersebut meningkatkan kekakuan dan kekuatan struktur rangka disekitarnya, beberapa pengujian laboratorium menunjukan hasil yang hampir sama (Mehrabi, et al., 1996; Imran dan Aryanto, 2009; Kakaletsis dan Karayannis, 2009; Sigmund dan Penava, 2012). Namun karena kurangnya pengetahuan tentang perilaku komposit antara dinding dan rangka disekitarnya seringkali dinding pengisi ini dianggap komponen non struktural dan dianggap tidak memberikan pengaruh kepada struktur itu sendiri. Masalah pada RDP berlubang yaitu belum ada aturan yang ‘baku’ di Lembaga resmi BSN, ASCE, dan FEMA, sehingga belum ada yang dapat dijadikan pedoman untuk perencananaan, walaupun sudah ada penelitian terkait tentang perencanaan RDP berlubang, (Sukrawa & Budiwati, 2019).

Maka dari pembahasan di atas perlu dilakukan studi analisis linier dan analisis statik non linier untuk mengetahui perilaku dan kinerja yang terjadi pada struktur RDP, disamping itu studi ini juga bertujuan untuk mengetahui dampak dari dinding pengisi terhadap suatu struktur baik itu untuk dinding penuh ataupun dinding yang diberikan bukaan atau lubang.

2.1 Konstruksi Beton Bertulang

2.1.1 Beton

Beton merupakan campuran antara semen Portland atau semen hidraulik yang lain, agregat kasar, agregat halus, dan air, dengan atau bahan tambahan yang membentuk massa padat, (BSN, 2019).

Proses awal terjadinya beton adalah pasta semen yaitu proses hidrasi antara air dengan semen, selanjutnya jika ditambahkan dengan agregat halus mortar dan jika ditambahkan dengan agregat kasar menjadi beton. Penambahan material lain akan membedakan jenis beton, misalnya yang ditambahkan adalah tulangan baja akan terbentuk beton bertulang. Nilai kuat tekan beton dengan kuat tariknya tidak berbanding lurus. Setiap usaha perbaikan mutu kekuatan tekan hanya disertai oleh peningkatan yang kecil dari kuat tariknya. Menurut perkiraan kasar nilai kuat tarik berkisar antara 9% - 15% kuat tekannya. Kecilnya kuat tarik ini merupakan salah satu kelemahan dari beton biasa. Untuk mengatasinya, beton dikombinasikan dengan tulangan beton dimana baja biasa digunakan sebagai tulangannya, (Mulyono, T., 2004).

2.1.2 Karakteristik beton

1. Modulus elastisitas

Menurut BSN, (2019), nilai modulus elastisitas beton (E_c) ditentukan sebagai berikut:

$$E_c = W_c^{1,5} 0,043 \sqrt{f'_c} \quad (2.1)$$

dimana:

E_c = modulus elastisitas beton (MPa)

W_c = berat volume beton (kgf/m^3)

f'_c = kuat tekan puncak beton (N/mm^2)

2. Hubungan tegangan-regangan

Mander, et al., (1989), mengusulkan hubungan tegangan-regangan parametrik beton terdiri dari dua bagian, yaitu bagian lengkung (curved) dan bagian lurus (linear), seperti yang diperlihatkan pada Gambar 2.1.

Persamaan untuk bagian lengkung ($\epsilon_c \leq 2\epsilon'_c$):

$$f_c = \frac{f'_c x^r}{r - 1 + x^r} \quad (2.2)$$

dengan:

$$x = \frac{\epsilon_c}{\epsilon'_c} \quad (2.3)$$

$$r = \frac{E_c}{E_c - \left(\frac{f'_c}{\epsilon'_c}\right)} \quad (2.4)$$

Persamaan untuk bagian lurus ($2\epsilon'_c < \epsilon_c \leq \epsilon_u$):

$$f_c = \left(\frac{2f'_c r}{r-1+2r}\right) \left(\frac{\epsilon_u - \epsilon_c}{\epsilon_u - 2\epsilon'_c}\right) \quad (2.5)$$

dimana:

f_c = tegangan beton

ϵ_c = regangan beton

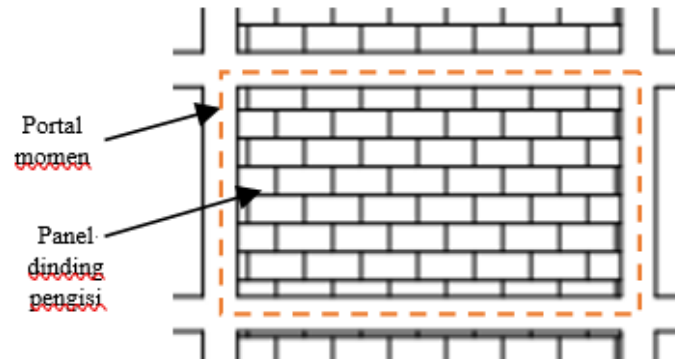
ϵ'_c = regangan beton saat kuat tekan puncak (f'_c)

2.2 Dinding Pengisi

2.2.1 Definisi dinding pengisi

Dinding pengisi merupakan dinding yang berada di antara balok dan kolom biasanya terbuat dari pasangan bata/batako (masonry) atau bahan lain seperti kayu, plywood, gypsum, atau bahan lainnya. Dalam kasus dinding yang kaku dan kuat seperti batako dan bata, walaupun lebih getas dari bahan kerangka, keberadaannya di antara struktur kerangka akan menimbulkan interaksi yang mengubah kekakuan struktur terutama saat menerima beban lateral akibat gempa atau angin.

Dinding pengisi sering digunakan sebagai partisi pemisah di bagian dalam atau penutup luar bangunan pada struktur portal beton bertulang maupun struktur portal baja, khususnya untuk bangunan rendah dan bertingkat sedang. Dinding pengisi tersebut dipasang apabila struktur utama selesai dikerjakan, jadi pelaksanaannya bersamaan dengan pelaksanaan finishing bangunan. Oleh sebab itu, dalam perencanaannya dianggap sebagai komponen non-struktur, bahkan keberadaannya tidak menjadi permasalahan dalam pemodelan struktur asalkan intensitas beban yang timbul sudah diantisipasi terlebih dahulu (misal, dianggap sebagai beban merata). Meskipun dikategorikan sebagai komponen non-struktur tetapi mempunyai kecenderungan berinteraksi dengan portal yang ditempatinya terutama bila ada beban horizontal (akibat gempa) yang besar. Interaksi yang timbul kadang menguntungkan kadang merugikan bagi kinerja portal utamanya, dan hal tersebut menjadi perdebatan yang cukup lama, (Dewobroto, 2005).



Gambar 2. 2 Rangka dengan dinding pengisi

2.2.2 Karakteristik Pasangan Dinding Bata

Karakteristik dari pasangan dinding bata yaitu:

1. Modulus elastisitas

FEMA-356 merekomendasikan hubungan antara modulus elastisitas (E_m) dengan kuat tekan pasangan dinding bata (f'_m) sebagai berikut:

$$E_m = 550 f'_m \quad (2.6)$$

2. Kuat geser

Menurut Grimm, (1975), nilai untuk kuat geser dari pasangan dinding bata (τ) berkisar antara 410 kN/m² sampai 4690 kN/m².

3. Kuat tarik diagonal

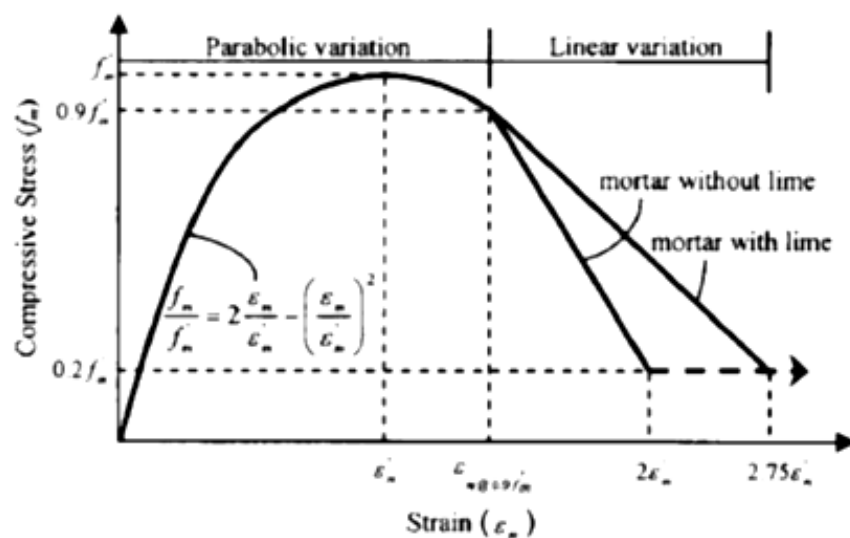
Grimm, (1975), merekomendasikan persamaan berikut untuk memperkirakan kuat tarik diagonal dari pasangan dinding bata (f_{at}) dalam satuan psi:

$$f_{at} = k \sqrt{f'_m} \quad (2.7)$$

dengan k adalah faktor konstanta yang nilainya berkisar antara 2,5 sampai 4,5.

4. Hubungan tegangan-regangan

Kaushik, et al., (2007), mengusulkan hubungan tegangan-regangan parametrik pasangan dinding bata seperti pada Gambar berikut:



Gambar 2. 3 Kurva tegangan-regangan pasangan dinding bata
Sumber: (Kaushik, et al., 2007)



2.3 Rangka dengan Dinding Pengisi (RDP)

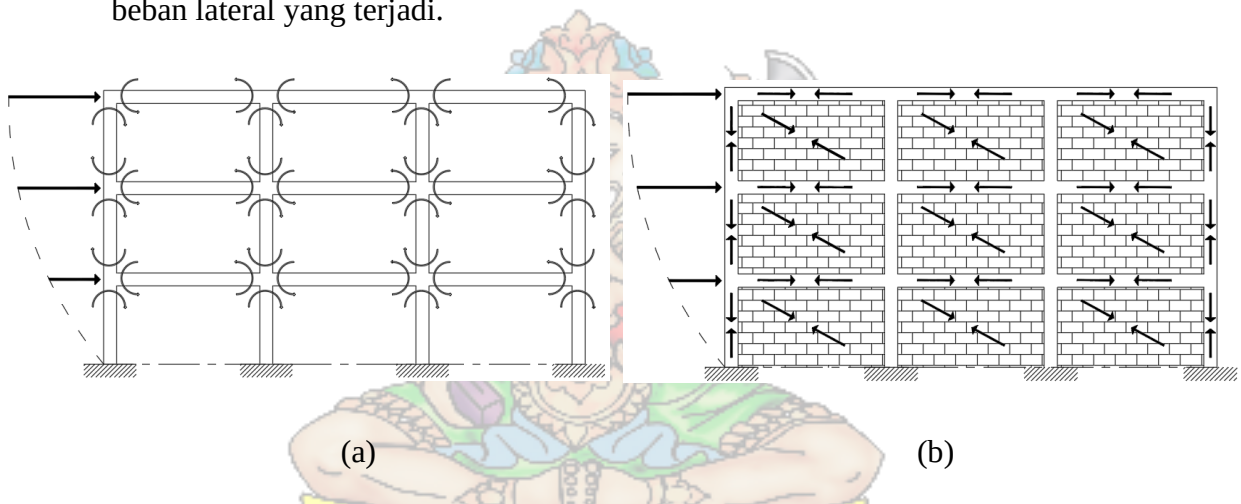
Dinding pengisi pada struktur rangka sering dianggap sebagai komponen non struktur dan hanya berfungsi sebagai penutup rangka. Meskipun dianggap sebagai komponen non struktur, keberadaan dinding pengisi mempunyai kecenderungan berinteraksi dengan rangka yang ditempatinya terutama apabila terjadi gempa. Dinding pengisi memberikan sumbangan besar terhadap

kekakuan dan kekuatan struktur sehingga perilaku keruntuhannya berbeda dibandingkan dengan rangka terbuka, (Dewobroto, 2005).

Dinding pengisi dari bata berperilaku seperti batang diagonal tekan dan menambah kekakuan pada struktur rangka beton bertulang maupun struktur rangka baja pada suatu bangunan. Penambahan kekakuan tergantung dari ketebalan dinding, kuat tekan dinding dan kuat tekan mortar beserta jumlah panel struktur rangka yang mempunyai dinding bata pengisi. Penambahan kekakuan pada bangunan yang diakibatkan oleh adanya dinding pengisi akan mengurangi kemampuan struktur rangka untuk melentur dan berdeformasi. Pada struktur rangka daktail beton bertulang, dinding pengisi dari bata akan menghalangi elemen utama struktur (seperti kolom dan balok) untuk berperilaku daktail, sebaliknya beberapa struktur memperlihatkan perilaku yang getas (tidak daktail). Ini akan mencapai puncaknya dalam suatu keruntuhan yang tiba-tiba dan sangat dramatis. Bagaimanapun, sebagian besar bangunan berstruktur rangka beton bertulang maupun struktur baja dengan dinding pengisi dari bata tidak didesain untuk memperhitungkan pengaruh perilaku dinding bata, (Murty, et al., 2009).

Kegagalan struktur pada dinding pengisi sering terjadi akibat kegagalan geser pada rangka ataupun dinding. Selain itu jenis kegagalan lain yang terjadi pada struktur portal dengan dinding pengisi adalah kegagalan tekan bagian pojok atas dinding dan kegagalan tarik yang terjadi pada kolom struktur bagian bawah, (Smith & Coull, 1991).

Interaksi struktur rangka terbuka dapat dilihat pada gambar 2.4 (a). Struktur rangka terbuka akan mengalami reaksi lentur pada bagian kolom dan baloknya. Sedangkan interaksi dinding pengisi pada struktur rangka dapat dilihat pada gambar 2.4 (b). Struktur dengan dinding pengisi pada bagian kolom dan lentur tidak mengalami kondisi lentur tetapi terjadi gaya aksial yang diterima oleh kolom maupun balok. Dinding sendiri mengalami gaya tekan diagonal akibat beban lateral yang terjadi.



Gambar 2. 4 (a) Struktur rangka terbuka; (b) Stuktur rangka dengan dinding pengisi

2.4 Pemodelan dalam SAP 2000

Analisis pemodelan untuk struktur bangunan yang tinggi bergantung pada beberapa keadaan dan pendekatan yang berhubungan dengan tipe dan ukuran struktur dan banyaknya tingkat dalam desain rancangan. Pemodelan struktur berkembang dengan cepat seiring dengan dukungan teknologi komputer yang makin canggih. Kemudahan yang diberikan dalam pemodelan struktur dengan komputer dapat mempercepat proses perhitungan, sehingga yang menjadi fokus

para perancang bangunan adalah bagaimana cara menginterpretasikan permasalahan yang ada ke dalam model struktur yang dapat diproses komputer.

Komponen struktur biasanya terdiri dari balok, kolom, dan pelat. Untuk memodel komponen struktur tersebut, SAP 2000 telah menyediakan beberapa elemen yang dapat digunakan di antaranya elemen frame, elemen *shell*, elemen gap, dan elemen strat, (CSI, 2016).

2.4.1 Elemen *Frame*

Dewabroto, (2004), menjelaskan bahwa elemen frame pada SAP 2000 telah disiapkan untuk memodel struktur yang dapat diidealisasikan sebagai rangka (elemen garis atau elemen satu dimensi) dalam ruang orientasi ruang/3D. Dalam SAP 2000 dimana nodal, elemen atau *constrain* model struktur mempunyai sistem koordinat tersendiri yang disebut sebagai sistem koordinat lokal yang diberi nama sumbu 1, 2 dan 3. Tetap default, sistem koordinat sumbu lokal 1 – 2 – 3 dari suatu nodal adalah identik dengan sistem koordinat global X – Y – Z, (Dewabroto, 2004).

2.4.2 Elemen *Shell*

Elemen *shell* adalah tipe dari objek area yang digunakan untuk memodel perilaku membran, pelat, dan *shell* dalam bidang dan struktur tiga dimensi. Pada program SAP2000, penggunaan elemen *shell* dapat dibagi menjadi tiga sesuai dengan perilakunya yaitu:

1. Membran

Elemen membran hanya dapat memperhitungkan gaya-gaya yang bekerja sejajar dengan bidang (*in-plane*) dan momen drilling (momen yang bekerja

dengan sumbu putar tegak lurus arah bidang). Elemen ini dapat digunakan jika ingin memodel suatu bidang tanpa memperhitungkan gaya tegak lurus bidang.

2. Plat

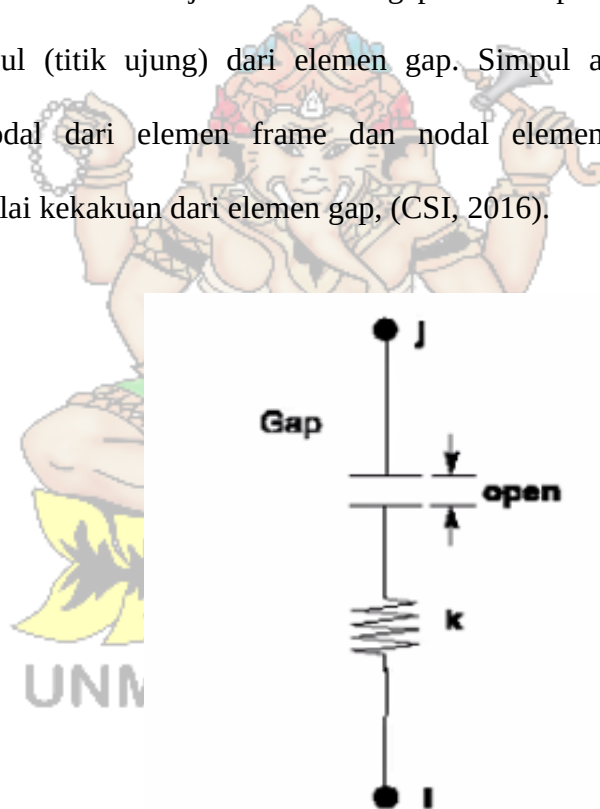
Elemen pelat merupakan kebalikan dari elemen membran, yaitu hanya dapat menerima gaya tegak lurus arah bidang (*out-of-plane*). Model pelat pondasi yang memiliki rasio ketebalan yang kecil dapat menggunakan elemen pelat ini

3. Shell

Jika dibutuhkan suatu elemen dengan perilaku gabungan antara elemen membran dan elemen pelat, maka elemen *shell* merupakan pilihannya. Elemen *shell* memiliki kemampuan untuk menahan gaya searah maupun tegak lurus bidang. Bentuk bidang elemen *shell* dapat dibagi menjadi dua. Jika nodal yang terdapat pada satu bidang elemen berjumlah 4 buah (j_1, j_2, j_3, j_4) maka bentuknya berupa segi empat (*quadrilateral*) dan jika terdapat tiga buah nodal (j_1, j_2, j_3) maka bentuknya berupa segitiga (*triangular*). Formulasi *quadrilateral* lebih akurat dibandingkan *triangular*. Elemen *triangular* hanya direkomendasikan untuk lokasi dimana tegangan tidak berubah dengan cepat. Penggunaan dari *triangular* yang besar tidak direkomendasikan dimana tekuk *in-plane* lebih signifikan. Untuk memodelkan elemen *shell*, dalam metode elemen hingga elemen *shell* harus dibagi menjadi elemen – elemen yang lebih kecil (*mesh*), (CSI, 2016).

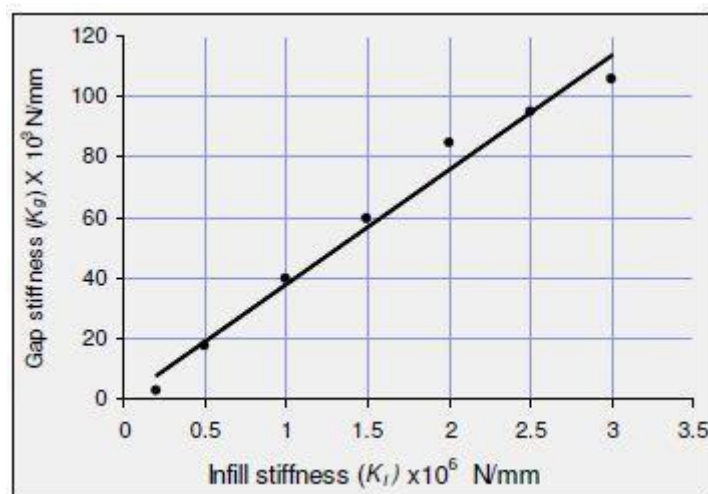
2.4.3 Elemen Gap

Elemen gap merupakan elemen yang menghubungkan dua material yang berbeda dengan tujuan untuk menyalurkan gaya yang berasal dari masing-masing material tersebut. Pada program SAP2000 terdapat fitur link element atau elemen penghubung yang dapat digunakan sebagai elemen gap. Elemen ini bekerja dengan cara mengikat dua buah titik simpul dan dapat dilepas sesuai kondisi tertentu. Gambar 2.5 menunjukkan elemen gap dan komponennya, dengan i dan j sebagai simpul (titik ujung) dari elemen gap. Simpul atau titik ujung yang dimaksud nodal dari elemen frame dan nodal elemen *shell* sedangkan k merupakan nilai kekakuan dari elemen gap, (CSI, 2016).



Gambar 2. 5 Elemen gap
Sumber: (CSI, 2016)

Aplikasi elemen kontak ini pada dinding pengisi salah satunya dibahas dalam penelitian dari Dorji & Thambiratnam, (2009). Pada penelitian tersebut dijelaskan tentang perbandingan kekakuan yang dimiliki oleh elemen gap dengan kekakuan dari dinding pengisi.



Gambar 2. 6 Grafik hubungan antara kekakuan dinding dan kekakuan gap
Sumber: (Dorji & Thambiratnam, 2009)

persamaan dari grafik yang terdapat pada gambar diatas dapat dirumuskan sebagai berikut:

$$K_g = 0.0378K_i + 347 \quad (2.8)$$

Dengan K_i

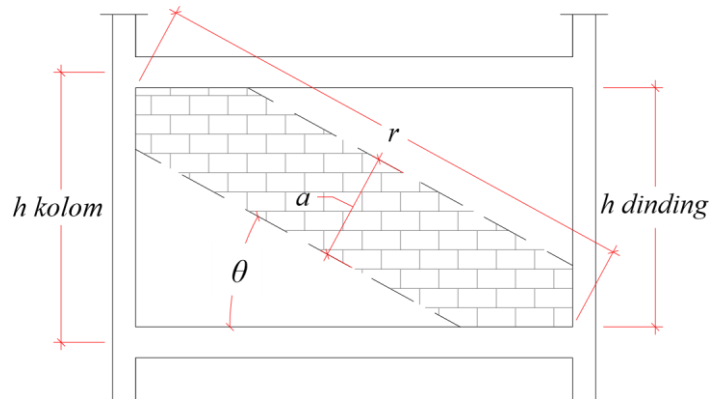
$$K_i = E_i t \quad (2.9)$$

Dimana K_g adalah kekakuan dari gap element dalam satuan N/mm, K_i adalah kekakuan dari dinding pengisi, E_i adalah modulus elastisitas dinding dan t adalah tebal dinding.

2.4.4 Elemen Strat Diagonal

Strat diagonal sudah tidak asing didengar karena sudah lama diterapkan pada pemodelan dinding pengisi, referensi yang terkait pun sudah banyak dapat ditemukan. Dinding pengisi mengalami gaya tekan akibat dari menerima gaya yang berasal dari struktur rangka disekelilingnya yang telah menerima gaya lateral. Gaya yang diberikan oleh struktur rangka tersebut akan ditahan oleh dinding secara diagonal, hal tersebutlah yang menjadi dasar untuk memodel dinding pengisi sebagai strat. Strat dalam desainnya juga hanya mampu menerima gaya aksial tekan dan tidak menerima gaya tarik. Asumsinya bahwa dinding pengisi tersusun atas material yang tidak homogen sehingga kuat tarik yang dimiliki material ini diabaikan.

Perumusan untuk lebar strat pun sudah banyak berkembang. Salah satu rumus yang cukup banyak digunakan termasuk dalam peraturan FEMA-356 terkait analisis dinding pengisi.



Gambar 2. 7 Model dinding pengisi sebagai strat diagonal
Sumber: (FEMA 356, 2000)

$$a = 0.175(\lambda_1 h_{col})^{-0.4} r_{inf} \quad (2.10)$$

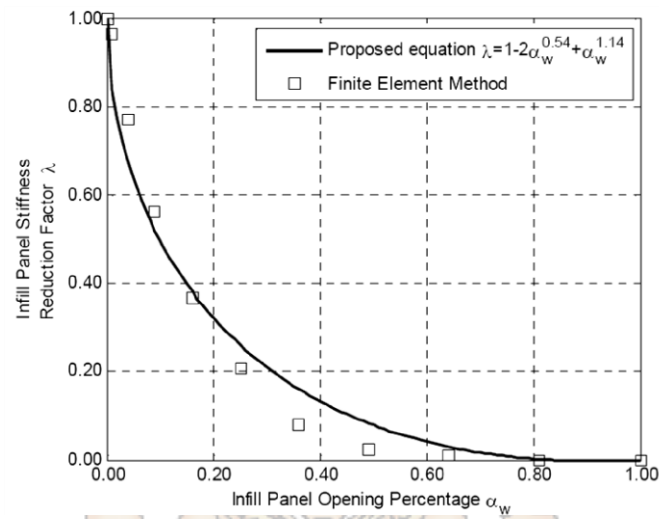
dimana λ_1 adalah:

$$\lambda_1 = \left[\frac{E_{me} t_{inf} \sin 2\theta}{4E_{fe} I_{col} h_{inf}} \right]^{\frac{1}{4}} \quad (2.11)$$

dengan a adalah lebar strat diagonal, r_{inf} adalah panjang strat, E_{me} adalah modulus elastisitas dinding pengisi, $E_{fe} I_{col}$ adalah modulus elastisitas dan momen inersia kolom, t_{inf} adalah tebal dinding dan tebal strat, h_{col} adalah tinggi kolom di antara as balok, h_{inf} adalah tinggi dinding pengisi, dan θ adalah sudut yang dibentuk oleh strat diagonal tinggi kolom di antara as balok, h_{inf} adalah tinggi dinding pengisi, dan θ adalah sudut yang dibentuk oleh strat diagonal.

Berdasarkan cara diatas, pemodelan dinding pengisi sebagai strat diagonal tidak akan mampu meninjau adanya bukaan atau lubang pada dinding. Maka dari itu, Asteris, et al., (2012), mengusulkan adanya faktor reduksi terhadap dimensi strat diagonal akibat adanya lubang, dengan ketentuan seperti pada dinding. Maka dari itu Asteris, et al., (2012), mengusulkan adanya faktor reduksi terhadap

dimensi strat diagonal akibat adanya lubang, dengan ketentuan seperti pada Gambar 2.8.



Gambar 2. 8 Grafik hubungan antara faktor reduksi dengan persentase lubang pada dinding.

Sumber: (Asteris, et al., 2012)

Grafik di atas menunjukkan hubungan antara persentase bukaan dinding dan faktor reduksi terhadap kekakuan dinding. Persamaan yang dihasilkan oleh grafik tersebut adalah:

$$\lambda = 1 - 2\alpha_w^{0.54} + \alpha_w^{1.14} \quad (2.12)$$

dengan α_w adalah persentase lubang (luas lubang dibagi luas dinding).

Ada juga persamaan pendekatan yang dipakai untuk menentukan lebar strat (Wds) RDP dinding penuh dari Pauly and Priestly (1992) dengan rumus $Wds = d/4$, yang dimana rumus tersebut didapatkan dari turunan rumus pada FEMA.

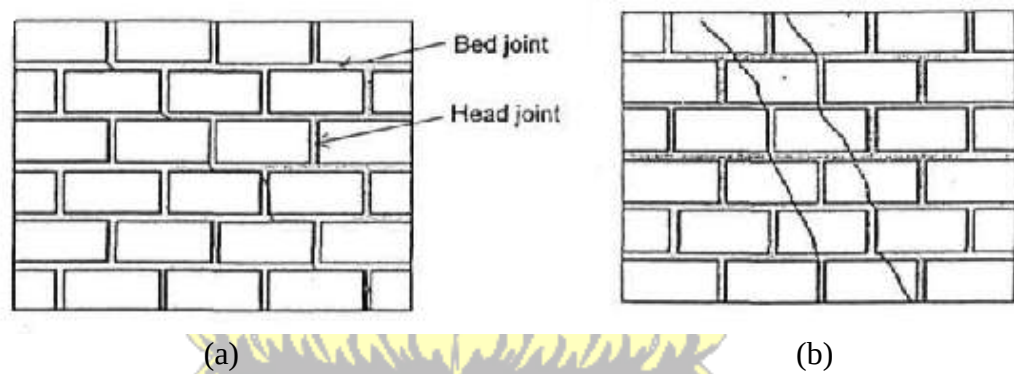
2.5 Perilaku Struktur RDP akibat Beban Lateral

Struktur RDP memiliki perilaku komposit dalam menahan gempa, kekakuan lateral dan kekuatan dari struktur tersebut sangat bergantung dari sifat-sifat struktur rangka, dinding pengisi, dan kekakuan relatif kedua komponen tersebut. Disamping dapat meningkatkan kekakuan, bracing in-plane pada masonry juga dapat mengurangi deformasi lateral dan mengubah perilaku dinamis. Hal tersebut karena sistem tersebut mampu memencarkan energi melalui friksi dan slip pada pertemuan struktural.

Struktur RDP memiliki perilaku komposit dalam menahan gempa, kekakuan lateral dan kekuatan dari struktur tersebut sangat bergantung dari sifat-sifat struktur rangka, dinding pengisi, dan kekakuan relatif kedua komponen tersebut. Disamping dapat meningkatkan kekakuan, bracing in-plane pada masonry juga dapat mengurangi deformasi lateral dan mengubah perilaku dinamis. Hal tersebut karena sistem tersebut mampu memencarkan energi melalui friksi dan slip pada pertemuan struktural.

Priesley dan Calvi dalam Crisafulli, (1997), menyatakan retak akibat tarik diagonal merupakan kegagalan struktur. Dikatakan sebagai kegagalan struktur karena dikhawatirkan dinding tersebut runtuh akibat beban muka. Peninjauan terhadap kekuatan geser dan kekuatan tarik dinding pengisi diperlukan saat dinding dibebani gaya lateral akibat gempa. Perilaku panel pengisi dipengaruhi oleh respon getas unit masonry terhadap beban tarik dan kekuatan mortar. Karena itu mode keruntuhan yang biasanya terjadi adalah:

1. Keruntuhan geser friksi, yaitu kegagalan dinding pengisi akibat ketidaklekatan atau geser pada *bed joint* yang terjadi pada tingkat tegangan normal rendah. Keretakan akan timbul secara bertahap seperti Gambar 2.9.(a).
2. Kegagalan diagonal tarik terjadi pada tegangan normal yang cukup tinggi. Keretakan terjadi pada *head joint* dan melalui bata tampak pada Gambar 2.9.(b).
3. Kegagalan diagonal tekan akibat timbul tegangan normal yang sangat tinggi bila dibandingkan dengan tegangan geser,

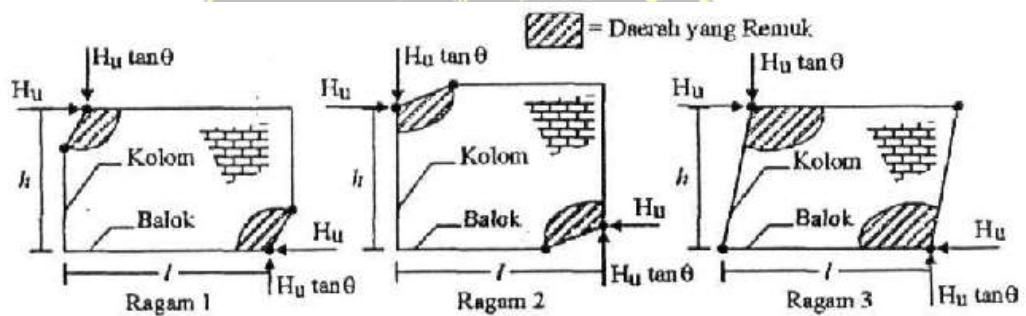


Gambar 2. 9 (a) Keretakan diagonal bertahap; (b) Kegagalan geser
Sumber: (Crisafulli, 1997)

2.6 Ragam Kegagalan Struktur RDP

Kegagalan yang terjadi pada suatu struktur rangka dengan dinding pengisi dipengaruhi oleh perbandingan tinggi dan bentang dinding pengisi serta kekakuan relatif komponen struktur rangka dan dinding pengisi. Sunlianto dan Agustino, (1999), pada studinya mempelajari mekanisme pemencaran energi gempa pada suatu struktur rangka dengan dinding pengisi batu bata berdasarkan klasifikasi ragam-ragam kegagalan dasar Liaw dan Kwan.

Liaw dan Kwan, (1983), mengklarifikasikan ragam-ragam kegagalan dasar (Gambar 2.10) menjadi 3 kelompok dan kemudian mengusulkan suatu konsep perencanaan berdasarkan perencanaan lantai per lantai dengan asumsi bahwa struktur tidak akan mengalami keruntuhan selama gaya geser pada lantai yang bersesuaian tidak melebihi gaya geser ultimit, H_u . Klasifikasi ragam-ragam kegagalan dan gaya geser lantai ultimit, H_u , yang diusulkan oleh Liaw dan Kwan tersebut adalah:



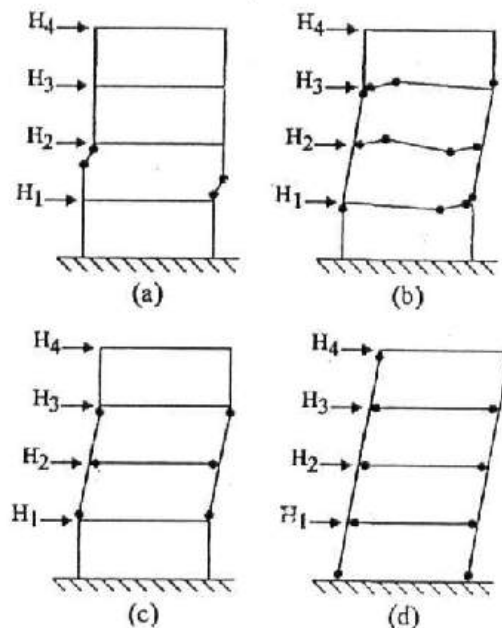
Gambar 2. 10 Klasifikasi ragam kegagalan

Sumber: (Liaw dan Kwan, 1983)

1. Ragam 1: Keremukan ujung dengan kegagalan pada kolom. Pada ragam ini ujung tekan dinding pengisi mengalami keremukan dan terbentuk sendi plastis pada ujung yang terbebani dan kolom.
2. Ragam 2: Keremukan ujung dengan kegagalan pada balok. Pada ragam ini ujung tekan dinding pengisi mengalami keremukan dan sendi plastis terbentuk pada ujung yang terbebani dan pada balok.
3. Ragam 3: Keremukan diagonal. Pada ragam kegagalan ini ujung tekan dinding pengisi mengalami keremukan lebih dahulu, kemudian menjalar ke bagian tengah dinding pengisi diikuti terjadinya sendi plastis pada kolom, balok, atau daerah sekitar pertemuan antara balok dan kolom.

Selain ketiga ragam di atas, Liaw dan Kwan, (1983), menyebutkan terdapat ragam kegagalan yang tipikal dengan ragam 3 yang menimbulkan kegagalan pada balok secara bersamaan di beberapa lantai disebut ragam 3+. Ragam-ragam kegagalan dasar di atas dikombinasikan satu dengan yang lain. Kombinasi ragam kegagalan yang tipikal antara lain dapat dilihat pada Gambar 2.11.

UNMAS DENPASAR



Gambar 2. 11 Ragam kegagalan tipikal struktur rangka dengan dinding pengisi tingkat banyak: (a) Ragam 1; (b) Ragam 2; (c) Ragam 3; (d) Ragam 3⁺

Sumber: (Liaw dan Kwan, 1983)

Selain Liaw dan Kwan, (1983), Priestley, (1992) dalam Aryanto, (2008), juga mengelompokkan pola keruntuhan dari rangka dengan dinding pengisi ke dalam 5 kategori:

- Kehancuran daerah sudut, CC (*Corner Crushing*)

Keruntuhan atau kerusakan terjadi pada daerah pojok portal atau paling sedikit salah satu pojoknya seperti terlihat pada Gambar 2.12 (a). Pola keruntuhan seperti ini umumnya disebabkan lemahnya kekuatan dinding pengisi yang ditahan oleh rangka yang memiliki *joint* yang lemah namun elemen balok – kolom yang kuat

- Keruntuhan geser, SS (*Sliding Shear*)

Keruntuhan berupa geser horizontal pada sambungan antara bata pengisi (*bed joint*) seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2.12 (b). Pola

keruntuhan seperti ini disebabkan oleh lemahnya sambungan mortar sedangkan rangka sangat kuat.

- Keruntuhan tekan diagonal, DC (*Diagonal Compression*)

Pola keruntuhan ini ditunjukkan dengan kerusakan pada daerah tengah seperti Gambar 2.12 (c). Pola seperti ini disebabkan oleh kelangsingan dari dinding pengisi dimana keruntuhan terjadi akibat tekuk pada luar bidang (*out of plane*).

- Keruntuhan retak diagonal, DK (*Diagonal Cracking*)

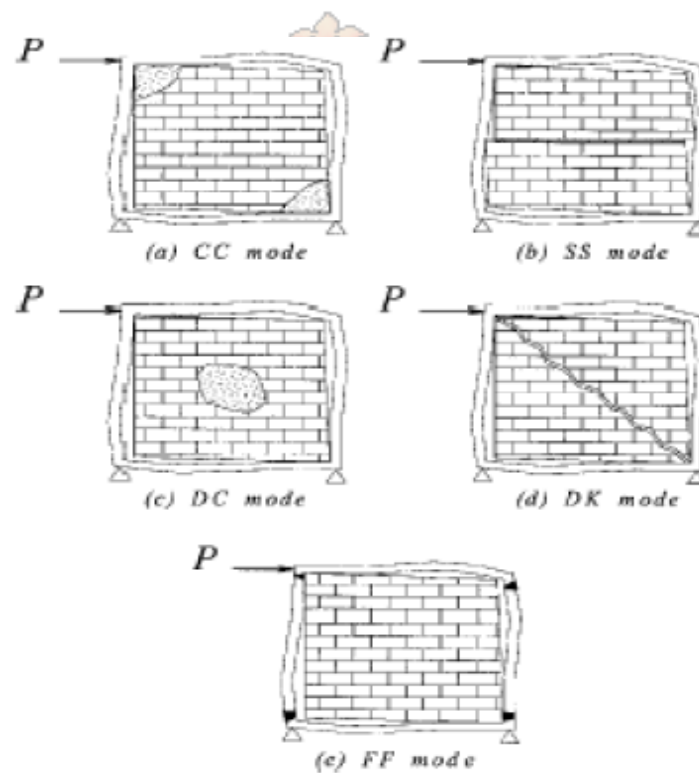
Keruntuhan retak diagonal terlihat dari munculnya retak yang menghubungkan dua sisi yang dibebani seperti terlihat pada Gambar 2.12 (d). Pola seperti ini disebabkan oleh lemahnya rangka atau rangka dengan *joint* yang lemah sedangkan dinding pengisi lebih kuat.

- Keruntuhan Rangka, FF (*Frame Failure*)

Terbentuknya sendi plastis pada kolom atau sambungan balok kolom seperti ditunjukkan pada Gambar 2.12 (e) merupakan ciri utama pola keruntuhan rangka. Pola ini timbul akibat lemahnya rangka atau *joint* rangka sedangkan dinding pengisi lebih kuat.

Berdasarkan beberapa hasil penelitian pola keruntuhan yang umum terjadi adalah akibat keruntuhan daerah pojok (CC) dan keruntuhan geser (SS). Pola keruntuhan ketiga yaitu keruntuhan tekan diagonal (DC) umumnya jarang terjadi karena membutuhkan rasio kelangsingan yang cukup besar agar dapat terjadi tekuk pada bidang *out of plane* pada pembebanan bidang *in plane*. Sedangkan kelangsingan dari dinding pengisi ditentukan oleh ketebalan dinding yang

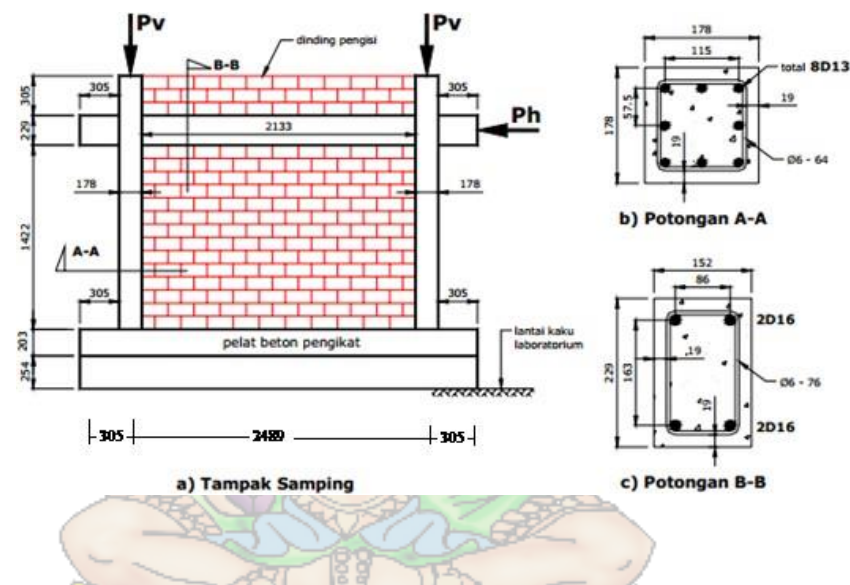
umumnya dibatasi oleh persyaratan ketebalan untuk hambatan akustik/suara dan kebakaran. Sedangkan pola keruntuhan retak diagonal (DK) pada dasarnya tidak dapat dikategorikan sebagai pola keruntuhan karena dinding pengisi masih mampu menahan beban setelah terjadi retak. Pada kenyataannya pola keruntuhan yang terjadi dilapangan sering terjadi pola keruntuhan rangka dinding pengisi merupakan gabungan dari beberapa pola tersebut.



Gambar 2. 12 Pola keruntuhan rangka dengan dinding pengisi
: (a) Keruntuhan daerah pojok, (b) Keruntuhan geser, (c) Keruntuhan diagonal tekan, (d) Keruntuhan retak diagonal dan (e) Keruntuhan rangka.

Sumber: (Priestley, 1992)

Mehrabi, et al., (1996), membuktikan bahwa portal dengan dinding pengisi mengalami kegagalan geser pada struktur portal dan mengalami keruntuhan geser diagonal pada dinding pengisi. Pada penelitian tersebut juga dilakukan pengujian terhadap portal terbuka (tanpa dinding pengisi) sebagai pembanding dengan konfigurasi struktur yang digunakan ditunjukkan pada Gambar 2.13.



Gambar 2. 13 Portal dengan dinding dalam penelitian Mehrabi

Sumber: (Mehrabi. *et al.*, 1996)

Dinding pengisi menggunakan masonry dari blok beton padat berukuran 194x92x92 mm dengan kuat tekan 15,57 MPa dan dilekatkan dengan mortar yang memiliki kuat tekan 15,98 MPa. Untuk mensimulasi adanya beban gravitasi dari lantai di atasnya maka pada kedua kolom sampel uji diberikan beban vertikal konstan P_v sebesar 294 kN sedangkan beban lateral P_h diberikan secara bertahap sampai terjadi runtuh.

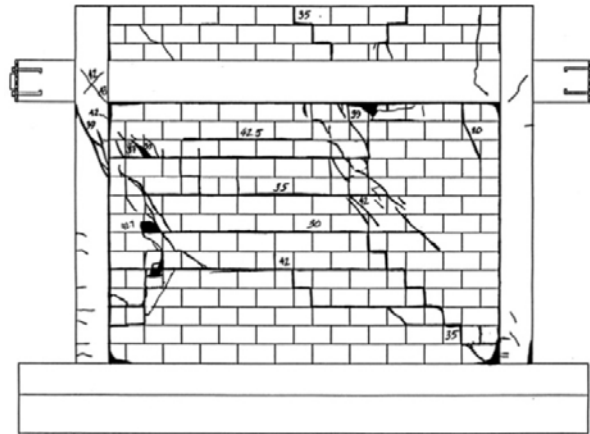
Hasil penelitian Mehrabi membuktikan bahwa struktur portal dengan dinding pengisi mampu menerima beban 2,6 kali lebih besar dengan lendutan 20 kali lebih kecil dibandingkan dengan portal tanpa dinding pengisi. Hal ini membuktikan bahwa dinding pengisi memberikan pengaruh terhadap kekakuan dan kekuatan struktur. Adapun hasil lendutan yang terjadi pada penelitian tersebut disajikan pada Tabel 2.1.

Tabel 2. 1 Hasil Penelitian Mehrabi

Sampel	Retak ke-1 Dinding		Uji Lateral Maks		Kondisi Keruntuhan
	Beban (kN)	Lendutan (mm)	Beban (kN)	Lendutan (mm)	
Portal terbuka	-	-	106,31	65,28	Lentur
Portal isi	277,68	3,30	277,68	3,30	Retak diagonal

Sumber: Mehrabi, et al., (1996)

Perilaku keruntuhan yang terjadi pada struktur dengan dinding pengisi adalah timbulnya retak diagonal pada dinding pengisi dan terjadi retak akibat geser dan tarik pada kolom struktur yang terbentuk pada beban lateral maksimum. Hasil penelitian Mehrabi tersebut dapat dilihat pada Gambar 2.14 yang merupakan ilustrasi keruntuhan portal pada penelitian



Gambar 2. 14 Kondisi keruntuhan portal penelitian Mehrabi
Sumber: (Mehrabi, *et al.*, 1996)

Keruntuhan pada struktur portal terjadi akibat gaya tekan dan tarik yang disebabkan oleh beban horizontal yang diberikan sedangkan pada dinding pengisi terjadi retak geser pada bagian tengah serta keruntuhan akibat tekan yang terjadi pada pojok kiri atas dinding pengisi. Retak akibat tarik juga terjadi pada bagian pojok kanan bawah dinding pengisi. Namun demikian, adanya dinding pengisi tersebut mampu menambah kekuatan dan kekakuan struktur portal yang ditempatinya sehingga dapat mengurangi deformasi yang terjadi pada struktur

2.7 Penelitian Terkait

2.7.1 Struktur Rangka Beton Bertulang dengan pasangan Bata Ringan

Imran & Aryanto, (2009), melakukan penelitian eksperimen dengan struktur rangka dinding pengisi yang bertujuan untuk mengetahui kinerja dan perilaku struktur rangka dinding pengisi yang dikenai beban lateral yang dilakukan pada dinding pengisi bata ringan AAC yang selanjutnya disebut model

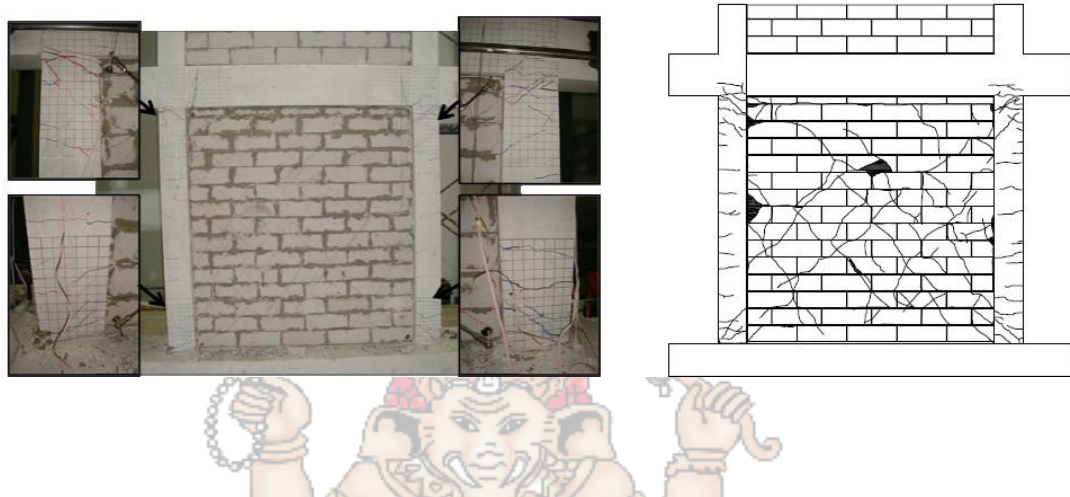
1 dan bata 41 konvensional yang disebut model 2. Struktur tersebut merupakan struktur rangka satu tingkat dengan tinggi 1750 mm dan satu bentang lebar 1675 mm.



Gambar 2. 15 Model eksperimen dinding pengisi bata ringan dan bata konvensional
Sumber: (Imran & Aryanto, 2009)

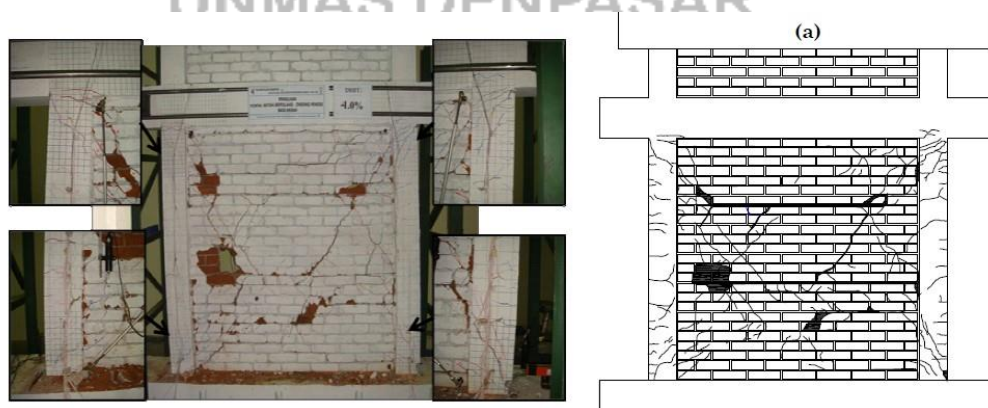
Penampang rangka yang digunakan yaitu pasangan dinding bata dengan dimensi panjang, tinggi, dan tebal adalah 1500 mm, 1500 mm, dan 100 mm. Dimensi balok 150/250 mm dengan tebal penutup beton 20 mm, tulangan longitudinal 2D16 serta tulangan transversal D6-75. Dimensi kolom 175/175 mm dengan tebal penutup beton 20 mm, tulangan longitudinal 4D13 serta tulangan transversal D6-65. Pada penelitian tersebut, beban balok di atas dinding dianggap sebagai beban lateral menggunakan displacement control yang ditunjukkan pada Gambar 2.16 di bawah ini. Beban dinding pada balok setinggi 300 mm dengan tebal 100 mm adalah 44,31 kg/m'. Detail penulangan digunakan pada penelitian tersebut ditunjukkan pada Gambar 2.17.

sesuai dengan penambahan beban sampai dinding mengalami kehancuran utama pada pojok kanan atas dan setengah dari tinggi dinding seperti tampak pada



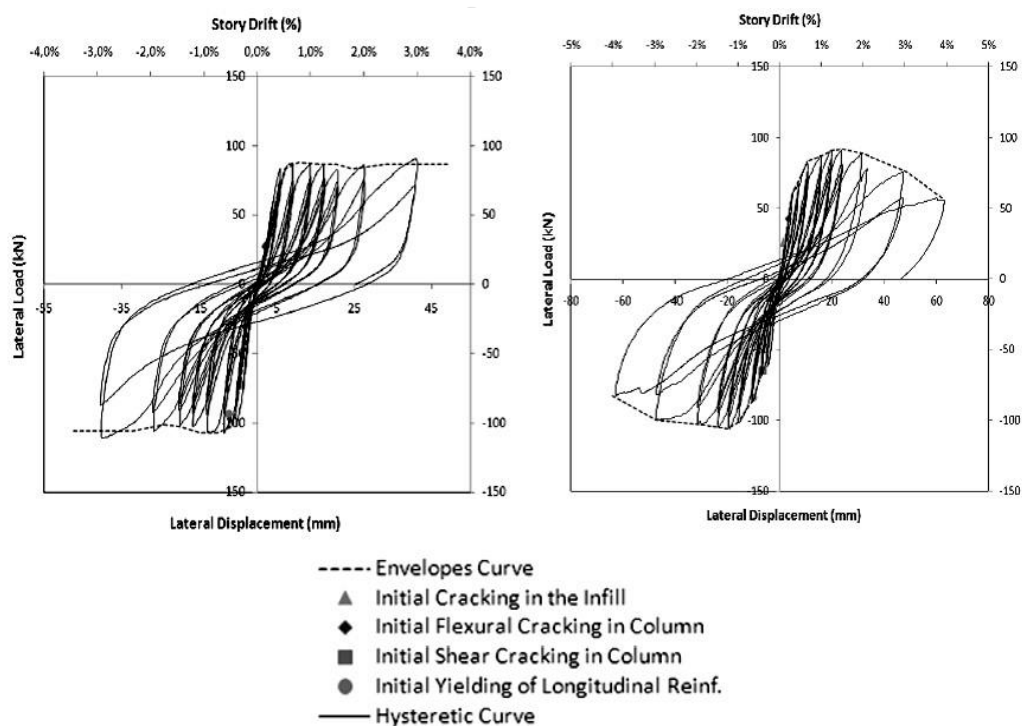
Gambar 2. 18 Pola retak pada model 1
Sumber: (Imran & Aryanto, 2009)

Sedangkan retak pertama pada model 2 terjadi saat beban lateral 26 kN dengan perpindahan lateral 1,26 mm. Retak horizontal utama terjadi sekitar 1/3 – 2/3 tinggi dinding sedangkan retak diagonal terjadi pada bagian pojok atas dinding seperti tampak pada Gambar 2.19.



Gambar 2. 19 Pola retak pada model 2
Sumber: (Imran & Aryanto, 2009)

Kurva histeretis pada model 1 memiliki perilaku histeretis yang lebih baik dibanding model 2 meskipun kedua model memperlihatkan beban puncak yang mirip (Gambar 2.20). Penurunan kekuatan pada model 2 terjadi saat perpindahan lebih besar dari 20 mm sedangkan model 1 hanya sedikit penurunan kekuatan. Selain itu, model 1 menunjukkan rasio daktilitas yang lebih besar daripada model 2.



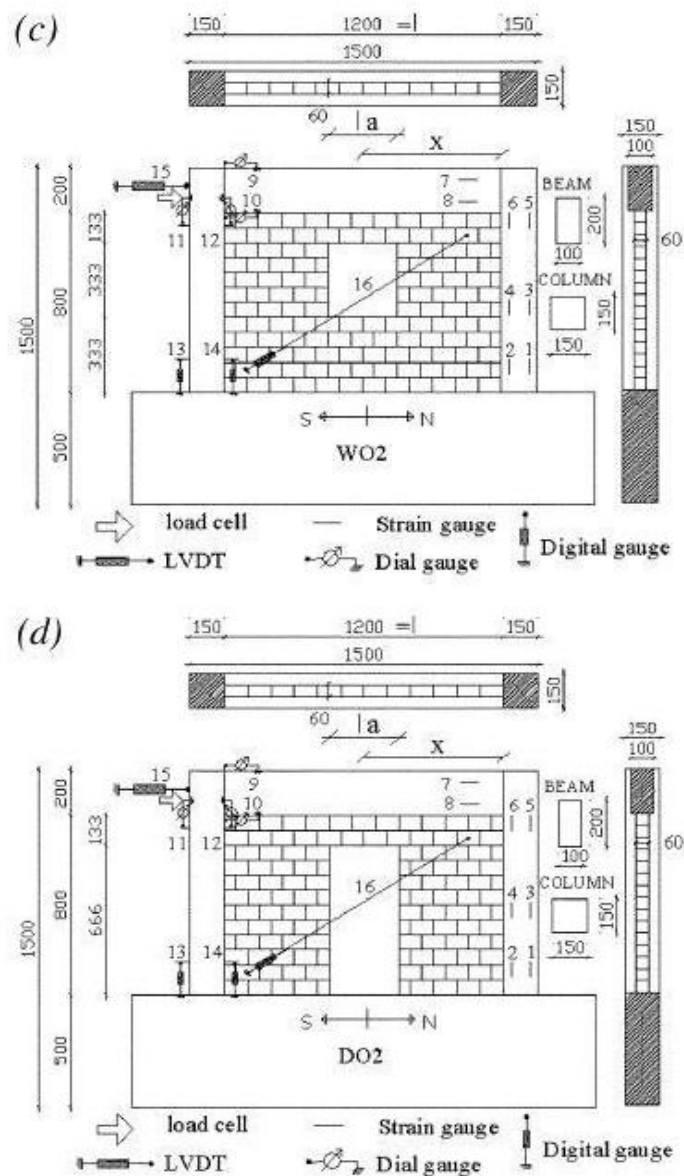
Gambar 2. 20 Kurva histeretis model 1 dan model 2
 Sumber: (Imran & Aryanto, 2009)

Analisis nonlinear dengan perubahan kekakuan/ EI untuk setiap kenaikan beban. Perubahan momen inersia penampang (I) mengacu pada SNI 03-2847-2002 (SNI Beton) sedangkan perubahan modulus elastisitas (E) mengacu pada kurva tegangan-regangan material sehingga menghasilkan kurva gaya-perpindahan dan kontur tegangan dinding.

Model eksperimen 2 memperlihatkan sebuah mode keruntuhan yang dapat digambarkan sebagai sliding shear (SS). Kekuatan geser yang rendah dari bed joint dinding pada model eksperimen ini mencegah pembentukan retak diagonal. Sedangkan spesimen AAC (model eksperimen 1) memperlihatkan bentuk strut, dimana retak menyebar secara diagonal dari bagian atas kolom menuju bagian dasar. Tipe dari keruntuhan ini mengindikasikan bahwa mortar tipis pada spesimen AAC mempunyai karakteristik ikatan yang bagus.

2.7.2 Struktur Rangka Beton Bertulang dengan Dinding Pengisi Berlubang

Kakaletsis & Karayannis, (2009), melakukan penelitian laboratorium mengenai perilaku struktur rangka dinding pengisi dengan bukaan. Dalam penelitiannya, terdapat 10 spesimen yang diuji, ditunjukkan pada Tabel 2.2. Spesimen yang diuji berupa struktur RT (Bare Frame), struktur RDP dengan dinding Solid, dan struktur RDP dengan bukaan untuk bukaan, parameter yang digunakan yaitu bentuk bukaan dan ukuran bukaan. Terdapat tiga spesimen bukaan jendela dengan ukuran perbandingan l_a/l sebesar 0.25, 0.38, 0.50 dan tiga spesimen bukaan pintu dengan ukuran perbandingan l_a/l sebesar 0.25, 0.38, dan 0.50 selain itu, ada dua spesimen menggunakan parameter untuk lokasi bukaan



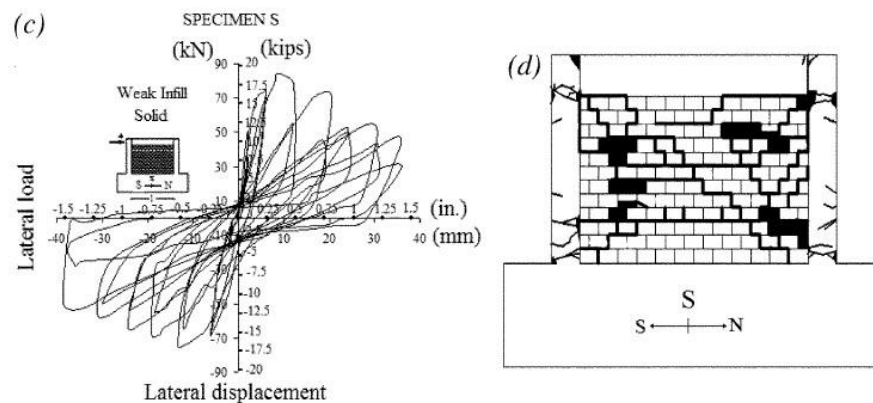
Gambar 2. 21 Spesimen struktur RDP (a) detail tulangan struktur rangka beton bertulang, (b) unit bata, (c) struktur RDP dengan bukaan jendela dan (d) struktur RDP dengan bukaan pintu, dalam mm.

Sumber: (Kakaletsis & Karayannis, 2009)

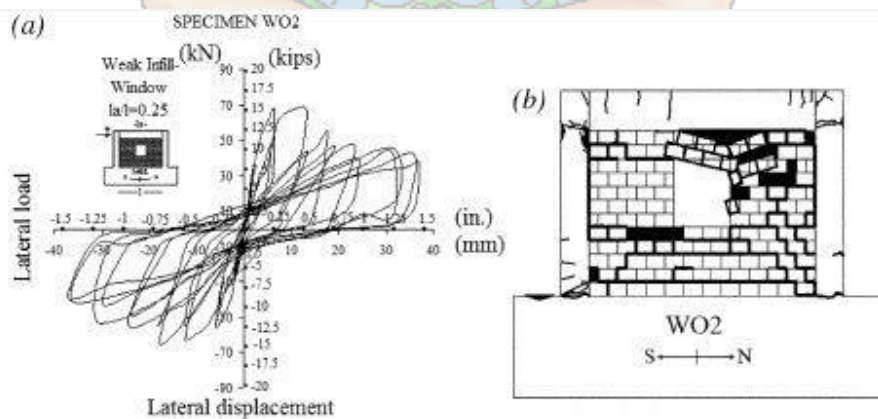
Beban lateral menggunakan alat double action hydraulic actuator sedangkan beban vertikal menggunakan hydraulic jacks dipasang dengan empat strands di bagian atas setiap kolom, yang konstan dan terus-menerus disesuaikan selama pengujian. Tingkat beban tekan aksial per kolom ini ditetapkan sebesar

50 kN dengan rata-rata tegangan tekan sebesar 0.1 untuk kekuatan tekan.

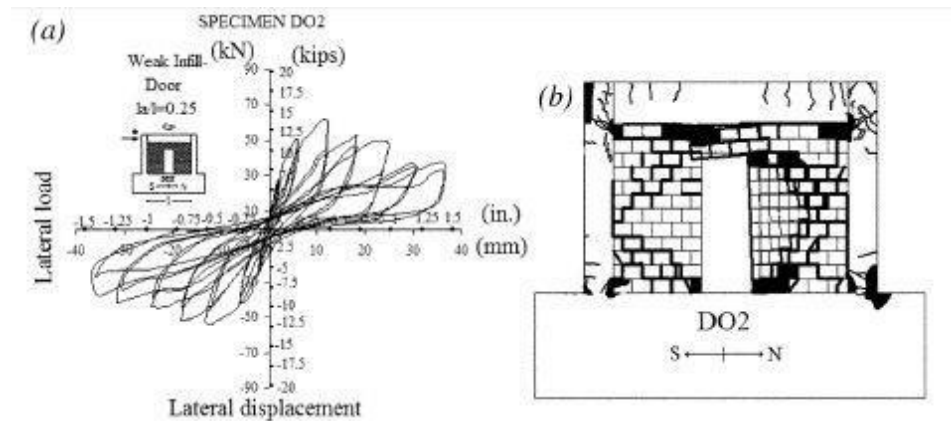
Hasil utama dari eksperimen laboratorium adalah grafik hubungan antara beban lateral dan perpindahan, selain itu ditampilkan pola kegagalan yang terjadi pada struktur, disajikan pada Gambar 2.22, 2.23 dan 2.24



Gambar 2. 22 Kurva perbandingan gaya lateral dengan perpindahan dan pola keruntuhan dari benda uji S
Sumber: (Kakaletsis & Karayannis, 2009)



Gambar 2. 23 Kurva perbandingan gaya lateral dengan perpindahan dan pola keruntuhan dari benda uji WO2
Sumber: (Kakaletsis & Karayannis, 2009)



Gambar 2. 24 Kurva perbandingan gaya lateral dengan perpindahan dan pola keruntuhan dari benda uji DO2

Sumber: (Kakaletsis & Karayannis, 2009)

Spesimen S pada Gambar 2.22 memiliki dinding penuh, dimana retak pada dinding terjadi pada drift 0.3%. Sendi plastis terjadi pada bagian atas dan bawah kolom pada drift 1.1%. Kegagalan dari specimen ini didominasi dengan retak diagonal di dinding pada drift 1.9%. Spesimen WO2 dengan bukaan jendela pada Gambar 2.23 mengalami retak pertama di dinding pada drift 0.3% sampai 0.4%.

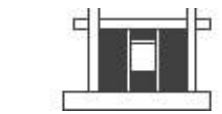
Sendi plastis terjadi pada ujung atas dan bawah kolom pada drift 0.3% sampai 0.9%. Spesimen DO2 pada Gambar 2.24 mengalami retak pertama di dinding pada drift 0.3%. Sendi plastis terjadi pada bagian atas dan bawah kolom pada drift 0.4% sampai 0.6%.

Berdasarkan hasil penelitian laboratorium tersebut disimpulkan bahwa ukuran bukaan dari bentuk yang sama tampaknya tidak jauh mempengaruhi perilaku benda uji. Retak pada dinding dan terpisahnya dinding dari struktur terjadi pada tahap sebelum adanya leleh pada tulangan kolom. Pada perpindahan yang besar pada kasus model dengan bukaan, beban lateral tetap ditahan oleh struktur sementara dinding pengisi mulai berhenti menahan beban.

2.7.3 Struktur Rangka Beton Bertulang dengan Dinding Pengisi Berlubang dengan Perkuatan disekitar lubang

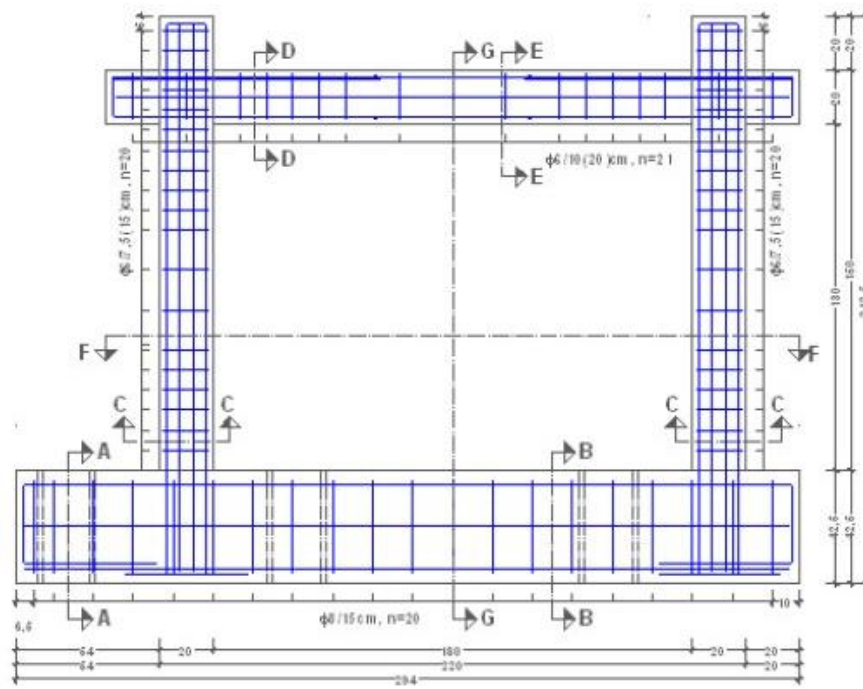
Penelitian terkait hasil uji laboratorium tentang dinding pengisi berlubang terutama dengan tambahan perkuatan balok dan kolom praktis telah dilakukan oleh Sigmund & Penava, (2012). Pada penelitian tersebut dibuat benda uji berupa struktur portal beton bertulang satu tingkat dengan dinding pengisi yang diisi bukaan bervariasi. Benda uji yang terdiri dari tiga kelompok seperti yang tertera pada Tabel 2.3 dibuat untuk mengetahui bagaimana pengaruh ukuran dan posisi bukaan pada dinding dan efek dari penambahan perkuatan balok dan kolom praktis pada tepi lubang.

Tabel 2. 3 Tipe-tipe benda uji dinding pengisi dengan bukaan

<i>Test specimen</i>			<i>Appearance of the Test specimen</i>	<i>Type of Opening and Dimensions lo/ho (m)</i>	<i>Position of Opening and Distance eo (m)</i>	<i>Confinent of Opening</i>
<i>Group</i>	<i>No</i>	<i>Mark</i>				
II	1	Type (I/II)		Door (0,35/0,90 m)	Centric (0,90 m)	With confining elements
	2	Type (2/II)		Window	Centric (0,90 m) Parapet wall height is 0,40 m	

Sumber: Sigmund & Penava, (2012)

Pada benda uji yang memiliki perkuatan, kolom praktis diberi tulangan memanjang dengan diameter 8 mm sebanyak 2 buah. Kolom praktis tersebut diangker dengan balok struktur dengan kedalaman 10 cm dan diberi dowel ke dinding dengan tulangan diameter 4 mm setiap 20 cm. Penulangan pada balok praktis terdiri dari empat tulangan memanjang dengan diameter 6 mm dan tulangan melintang diameter 6 mm dengan jarak 9 cm.



Gambar 2. 25 Desain tulangan portal benda uji
Sumber: (Sigmund & Penava, 2012)

Untuk jenis material yang digunakan dan sifat-sifatnya ditampilkan dalam Tabel 2.4.

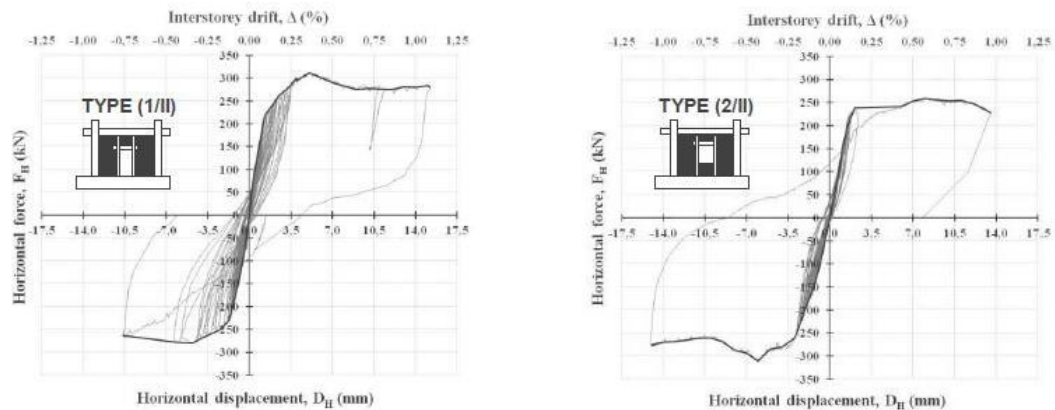
Tabel 2. 4 Material yang digunakan dan sifat-sifatnya

<i>Material</i>	<i>Property</i>		<i>Value</i>	<i>Units</i>
<i>Hollow-clay-tile</i>	<i>Normalized compressive strength in vertical direction</i>	f_b	15,9	N/mm ²
	<i>Normalized compressive strength in horizontal direction</i>	f_{bh}	2,6	N/mm ²
<i>General purpose mortar</i>	<i>Compressive strength</i>	f_m	5,15	N/mm ²
	<i>Bending-tensile strength</i>	f_{mt}	1,27	N/mm ²
	<i>Characteristic compressive strength</i>	f_k	2,7	N/mm ²
	<i>Elastic modulus</i>	E	3900	N/mm ²
<i>Masonry</i>	<i>Ultimate strain</i>	ϵ_u	0,57	%
	<i>Characteristic initial shear strength</i>	f_{vok}	0,7	N/mm ²
	<i>Characteristic angle of friction</i>	$\tan \alpha_k$	0,8	N/mm ²
<i>Frame concrete</i>	<i>Characteristic compressive strength</i>	$f_{k,cube}$	45	N/mm ²
<i>Longitudinal and transversal reinforcement</i>	<i>Characteristic yield strength</i>	f_{yk}	600	N/mm ²
	<i>Characteristic ultimate strength</i>	f_{uk}	700	N/mm ²
	<i>Elastic modulus</i>	E_s	210000	N/mm ²
<i>Tie-column concrete</i>	<i>Characteristic compressive strength</i>	$f_{k,cube}$	30	N/mm ²

Sumber: Sigmund & Penava, (2012)

Dalam menguji seluruh spesimen tersebut digunakan beban siklik yang ditingkatkan dan beban vertikal yang konstan. Beban vertikal diberikan pada ujung atas kolom yang pada masing-masing sisi diberi beban sebesar 365 kN. Sementara untuk beban horizontal diberi gaya dengan peningkatan (Δ) sebesar 10 kN.

Dari hasil uji laboratorium tersebut didapat kurva perpindahan dan beban lateral dan pola keruntuhan dari masing masing benda uji.



Gambar 2. 26 Kurva gaya lateral dan perpindahan dari masing-masing benda uji
Sumber: (Sigmund & Penava, 2012)

Dalam penelitiannya disimpulkan bahwa semua struktur dengan dinding pengisi, baik dengan dan tanpa lubang, memiliki kekakuan yang lebih tinggi dibandingkan dengan struktur rangka terbuka. Kekakuan dari struktur dengan dan tanpa bukaan sendiri tidak memiliki perbedaan yang terlalu besar. Sementara untuk penambahan kekuatan kolom praktis memberi perubahan pada pola keruntuhannya. Benda uji tanpa kekuatan kolom praktis menunjukkan pola keruntuhan yang lebih banyak dibandingkan dengan benda uji dengan kekuatan. Kekuatan kolom dan balok praktis pada tepi lubang tidak mempengaruhi kekakuan struktur secara keseluruhan namun mempengaruhi pola keruntuhan, daktilitas, dan perilaku struktur secara keseluruhan.

2.7.4 Struktur Rangka Beton Bertulang dengan Dinding Pengisi Berlubang dengan Start Diagonal

Penelitian Wirawan, et al., (2022), dimulai dengan dibuat tiga buah model, yaitu; *Model Infilled Frame Solid* (MIFS), *Model Infilled Frame with Door Opening* (MIFDO), *Model Infilled Frame with Window Opening* (MIFWO). Data material model validasi sesuai dengan penelitian, (Sigmund & Penava, 2012).

Lebar strat pada pemodelan strat diagonal pada RDP berlubang dicari dengan metode trial and eror hingga respon yang dihasilkan mendekati hasil test laboratorium. Sedangkan untuk RDP dinding penuh digunakan rumus pendekatan sesuai dengan penelitian, (Sukrawa & Budiwati, 2019).

Jika respon model validasi sudah mendekati hasil uji laboratorium, dilanjutkan dengan membuat model rangka sederhana. Model tersebut berupa struktur RDP berlubang sentris dengan rasio bukaan 10%, 20%, 30%, 40%, 50%, 60% serta perkuatan di sekeliling lubang. Model RDP dibuat satu tingkat dengan sudut diagonal 33°, 39°, 45°, dan 51°. Bentang balok tetap (2000 mm) dan tinggi kolom variasikan sesuai sudut diagonal yang ditinjau

Lebar strat diagonal masing-masing sudut diagonal didapatkan dengan cara coba-coba (*trial and eror*). Analisis ini menggunakan analisis linear. Setelah lebar strat diagonal masing-masing model rangka sederhana didapat, dilanjutkan dengan mencari rumus lebar strat diagonal pada struktur RDP dengan bukaan sentris serta perkuatan di sekitar bukaan.

Lebar strat diagonal RDP bukaan dicari dengan metode *trial and eror* hingga rasio simpangan model elemen *shell* dan strat diagonal mendekati satu.

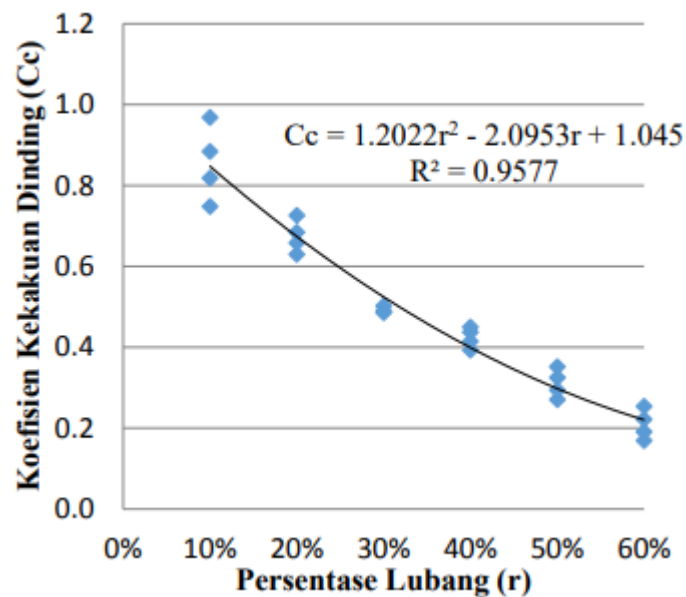
Sedangkan lebar strat RDP dinding penuh menggunakan persamaan, (Paulay & Priestley, 1992) sesuai penelitian, (Sukrawa & Budiwati, 2019).

Tabel 2. 5 Lebar strat diagonal model validasi

r	Lebar Strat (mm)			
	sudut 33°	sudut 39°	sudut 45°	sudut 51°
0%	596.21	642.27	707.11	794.55
10%	687	649	625	623
20%	578	522	484	467
30%	450	386	344	323
40%	413	347	293	253
50%	323	258	208	174
60%	233	176	135	109

Sumber: Wirawan, et al., (2022)

Lebar strat diagonal yang didapat dari analisis model rangka sederhana digunakan untuk menghitung persamaan koefisien kekakuan dinding (C_c). Untuk memasukan pengaruh sudut diagonal pada persamaan koefisien kekakuan dinding (C_c), lebar strat tersebut dikalikan dengan tangen masing-masing sudut diagonal yang ditinjau. Setelah dikalikan tangen masing-masing sudut diagonal, selanjutnya dibagi dengan lebar strat RDP dinding penuh masing-masing sudut diagonal. Seluruh koefisien kekakuan dinding (C_c) yang didapat kemudian di plot pada microsoft excel dengan sumbu y merupakan nilai C_c dan sumbu x merupakan nilai persentase lubang (r). Titik-titik koordinat nilai C_c tersebut, dicari persamaan yang mewakili dengan analisis regresi sederhana. Hal tersebut dilakukan untuk mencari hubungan antara nilai C_c dengan nilai r . Grafik hubungan nilai C_c dan r dapat dilihat pada Gambar 2.27.



Gambar 2. 27 Hubungan antara koefisien kekakuan dinding (C_c) dengan persentase lubang (r)

Sumber: (Wirawan, et al., 2022)

Persamaan lebar strat didapat dengan mengembalikan bentuk C_c ke bentuk semula, yaitu dibagi dengan tangen sudut dan dikalikan dengan lebar strat RDP dinding penuh. Persamaan lebar strat menjadi:

$$W_{CO} = d/4 \tan \emptyset \times C_c \quad (2.13)$$

W_{CO} merupakan lebar strat, d merupakan panjang strat, C_c merupakan koefisien kekuatan dinding ($C_c = 1.2022r^2 - 2.0953r + 1.045$), r merupakan persentase lubang, $\emptyset$ merupakan sudut strat diagonal ($\tan \emptyset = H/L$), H merupakan tinggi kolom, L merupakan panjang bentang balok. Rumus ini hanya berlaku untuk struktur RDP dengan bukaan sentris serta perkuatan di sekitar bukaan. Persamaan ini juga dibatasi hanya pada persentase lubang 10% sampai dengan 60% dan sudut diagonal 33° sampai dengan 51° , (Wirawan, et al., 2022).

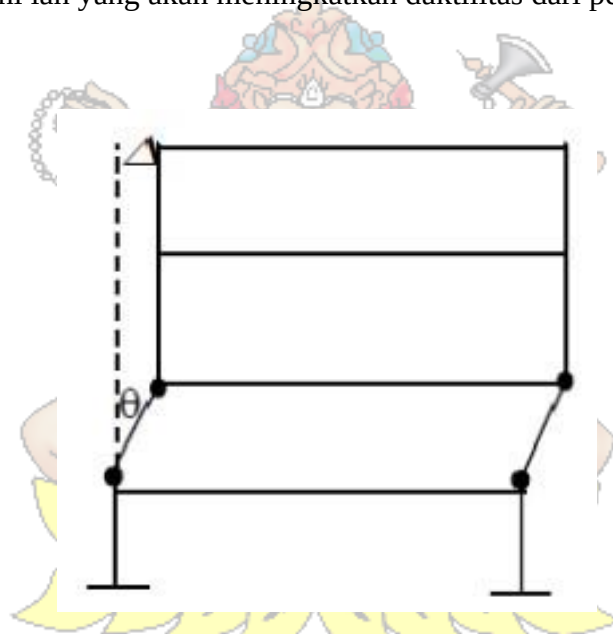
2.8 Tingkat Lantai Lunak (*Soft story*)

Soft story atau tingkat lantai lunak sering disebut dengan lantai yang lemah atau *weak story*, didefinisikan sebagai tingkat pada gedung yang memiliki sebagian kekakuan atau pada lantai tersebut kapasitas untuk menyerap energi sangat kecil pada saat menahan induksi tekanan akibat gempa yang terjadi pada suatu gedung. Gedung dengan tingkat lunak memiliki karakteristik dengan bukaan yang cukup banyak, yang dimana bisa terjadi karena banyak jarak antar ruang atau adanya banyak jendela pada suatu gedung.

Menurut BSN, (2019) pada (SNI 1726:2019), mengenai Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non Gedung, suatu bangunan dapat dikatakan bangunan tingkat lunak *soft story* jika bangunan itu memiliki tingkat lantai yang kekakuan nya 70 % lebih kecil dari kekakuan tingkat lantai di atasnya, atau kurang dari 80 % dari rata-rata kekakuan 3 tingkat di atasnya. *Soft story* ini menghasilkan banyak titik lemah ketika gempa terjadi pada lokasi gedung berada. Pada umumnya sebuah gedung memiliki lebih banyak bukaan pada tingkat yang paling bawah, contohnya saja dalam penerapan tempat parkir dan garasi dalam sebuah bangunan, hal ini mengakibatkan akan sangat cepat terjadi keruntuhan collapse. Keruntuhan collapse ini dapat membuat seluruh bangunan jatuh dan bisa berakibat fatal yaitu bangunan tidak dapat digunakan kembali.

Bangunan *soft story* pada tingkat bawah akan bersifat seperti isolator dimana pada saat gempa terjadi bagian gedung paling atas akan berperilaku sebagai *rigid body* dan yang mengalami deformasi hanya kolom bawah yang

berfungsi sebagai base isolator. Dalam perencanaan pengaruh *soft story* sebaiknya diperiksa dengan melakukan analisis dinamik seperti analisis static atau *pushover*, sehingga dapat diperiksa urutan terjadinya sendi plastis sebelum terbentuknya *soft story mechanism* yang nantinya menyebabkan keruntuhan bangunan. Merancang urutan sendi plastis juga dapat memperoleh suatu bangunan yang daktil. Meningkatkan kapasitas rotasi dari kolom dibutuhkan *confinement* yang memadai, *confinement* ini lah yang akan meningkatkan daktilitas dari penampang kolom.



Gambar 2. 28 Kegagalan *soft story*
Sumber: (Agarwal & Shrikhande, 2006)

2.9 Rasio Simpangan (*Drift Ratio*)

Menurut BSN, (2019) pada SNI 1726:2019, mengenai Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non Gedung pasal 7.12, drift rasio harus dihitung sebagai perbedaan defleksi pada pusat massa di tingkat teratas dan terbawah yang ditinjau. Simpangan antar tingkat atau drift berdasarkan

pasal 7.12.1 (SNI 1726:2019), tidak boleh melebihi simpangan antar lantai tingkat ijin (Δa). Adapun untuk struktur batu bata dengan kategori resiko II maka nilai simpangan antar lantai memiliki rumus sebagai berikut.

$$(\Delta a) = 0.020h \quad (2.14)$$

Dimana:

Δa : simpangan antar lantai tingkat ijin

h : ketinggian struktur portal (m)

2.10 Kinerja Struktur (*Pushover*)

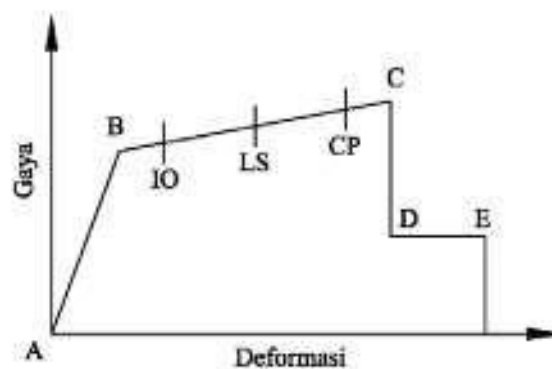
Perencanaan tahan gempa berbasis kinerja (*performance-based seismic design*) merupakan proses yang dapat digunakan untuk perencanaan bangunan baru maupun perkuatan bangunan yang sudah ada. Analisis ini juga lebih dikenal dengan nama analisis *pushover* atau analisis beban dorong statik. *Pushover* adalah metode analisis statis-nonlinier dimana struktur diberi beban gravitasi dan pola beban lateral monotonik yang terus meningkat sampai perilaku elastis dan inelastis hingga kondisi akhir tercapai (CSI, 2016).

Urutan terjadinya leleh ini merupakan urutan terbentuknya sendi plastis pada struktur. Setelah leleh pertama (sendi plastis pertama) tercapai, beban ditingkatkan lagi hingga target perpindahan dari suatu titik acuan tercapai. Banyak studi yang menunjukkan bahwa analisis statik *pushover* dapat memberikan hasil mencukupi jika dibandingkan dengan hasil analisis dinamik non linear untuk bangunan regular dan tidak tinggi. Analisis *pushover* dilakukan dengan beberapa tujuan, antara lain:

1. Untuk mengetahui gaya geser dasar maksimum yang mampu ditahan oleh struktur, perpindahan pada kondisi leleh pertama dan ultimit, serta mekanisme keruntuhan terhadap gempa.
2. Untuk mengevaluasi apakah struktur berhasil mencapai mekanisme keruntuhan tanpa adanya kelelahan pada komponen struktur yang mengalami rotasi plastis.
3. Untuk mengetahui perpindahan dalam satu arah dan daktilitas struktur.
4. Untuk mengestimasi bagian struktur yang lebih banyak mengalami kerusakan selama respon gempa nonlinear.

2.10.1 Kurva Kapasitas

Kurva kapasitas akan memperlihatkan suatu kondisi linear sebelum mencapai kondisi leleh dan selanjutnya berperilaku nonlinear. Kurva berbentuk nonlinear menunjukkan peningkatan beban pasca elastik sampai kondisi plastik. Kurva *pushover* tidak selalu mencapai kondisi plastik, bergantung pada target yang ingin dicapai.



Gambar 2. 29 Kurva kapasitas analisis *pushover*

Sumber: (FEMA 547, 2006)

Gambar 2.29 merupakan kurva kapasitas dari analisis *pushover* yang menjelaskan kinerja struktur. Lima titik yang diberi nama A, B, C, D, dan E digunakan untuk mendefinisikan perilaku deformasi selama pembebanan. Antara titik A dan B struktur berdeformasi elastis selama pembebanan. Dimana struktur masih dalam level kinerja *Operational Level*. Pada titik B leleh pertama (sendi plastis) mulai terjadi dan akan terus terjadi hingga titik D. Antara titik B dan C struktur mulai berdeformasi inelastis. Selama deformasi inelastis ini terjadi 2 perilaku struktur yaitu: *Immediate Occupancy* dan *Life Safety*. Pada titik C struktur sudah mencapai titik batas dan kurva mengalami penurunan sampai titik D, dimana level kinerja struktur adalah *Collapse Prevention*. Penurunan drastis kinerja struktur terjadi pada titik D sampai E, dimana level kinerja struktur sudah mencapai *Collapse* (keruntuhan).

2.10.2 Sasaran Kinerja Analisis *Pushover*

Menurut FEMA 273, (1997), sasaran kinerja terdiri dari kejadian gempa rencana yang ditentukan dan taraf kerusakan yang diizinkan atau level kinerja dari bangunan terhadap kejadian gempa tersebut. Kategori level kinerja bangunan yaitu:

1. *Operation level*

Pada level ini tidak terjadi kerusakan struktural maupun non struktural bangunan. Bangunan memiliki risiko yang sangat rendah terhadap keselamatan jiwa

2. *Immediate occupancy (IO)*

Pada level ini diharapkan untuk meminimalisir atau tidak ada kerusakan yang terjadi pada elemen struktur dan hanya terjadi kerusakan ringan pada elemen non struktur. Setelah terjadi gempa bangunan dapat langsung difungsikan kembali tetapi memerlukan beberapa perbaikan, pembersihan dan menunggu pemulihan layanan utilitas. Bangunan ini memiliki risiko korban jiwa yang rendah.

3. *Life safety (LS)*

Pada level ini bangunan mengalami kerusakan pada komponen struktural maupun non struktural. Diperlukannya perbaikan sebelum dapat digunakan kembali. Meskipun terjadi kerusakan pada elemen struktur tetapi keselamatan penghuni gedung tetap terjamin.

4. *Collapse prevention (CP)*

Pada level ini, kekuatan dan kekakuan struktur berkurang. Bangunan yang berada pada level kinerja ini dapat menimbulkan bahaya yang signifikan terhadap keselamatan jiwa penghuni. Kecelakaan akibat kejatuhan material bangunan yang rusak sangat mungkin terjadi. Perbaikan gedung mungkin tidak bisa secara cepat.

2.10.3 Target Perpindahan

Gaya dan deformasi setiap elemen dihitung terhadap perpindahan tertentu di titik kontrol yang disebut sebagai target perpindahan (δ_t) dan dianggap sebagai perpindahan maksimum yang terjadi saat bangunan mengalami gempa rencana. Untuk mendapatkan perilaku struktur pasca keruntuhan maka perlu dibuat analisis *pushover* untuk membuat kurva hubungan gaya geser dasar dan perpindahan lateral titik kontrol sampai minimal 150% dari target perpindahan (δ_t), agar dapat dilihat perilaku bangunan yang melebihi kondisi rencananya. Perencana harus memahami bahwa target perpindahan hanya merupakan rata-rata nilai dari beban gempa rencana.

Analisa *pushover* dilakukan dengan memberikan beban lateral pada pola tertentu sebagai simulasi beban gempa dan harus diberikan bersama-sama dengan pengaruh kombinasi beban mati dan tidak kurang 25% dari beban hidup yang disyaratkan. FEMA 273 mensyaratkan minimal harus diberikan dua pola beban yang berbeda sebagai simulasi beban gempa yang bersifat random, sehingga dapat memberikan gambaran pola mana yang pengaruhnya paling besar. Selanjutnya beban tersebut harus diberikan secara bertahap dalam satu arah. Parameter target perpindahan sangat penting peranannya bagi perencanaan berbasis kinerja, karena kriteria evaluasi level kinerja kondisi bangunan didasarkan pada gaya dan deformasi yang terjadi ketika perpindahan titik kontrol sama dengan target perpindahan δ_t . Adapun cara umum menentukan target perpindahan yaitu *Displacement Coefficient Method* atau Metode Koefisien Perpindahan (FEMA 273/356) secara otomatis sudah *built-in* pada SAP2000, (FEMA 273, 1997).

2.11 Pembebanan

Perencanaan suatu struktur Gedung tidak dapat luput dari peraturan-peraturan yang mengatur tentang perencanaan struktur Gedung, peraturan-peraturan yang sedang berlaku baik untuk beban vertikal dan beban horizontal. Secara jelas akan diuraikan sebagai berikut:

2.11.1 Beban Mati

Menurut PPIUG, (1983), beban mati adalah berat dari suatu Gedung yang bersifat tetap yang merupakan bagian tak terpisahkan dari Gedung itu yang termasuk didalamnya yaitu segala unsur-unsur tambahan, mesin-mesin, serta peralatan yang tetap yang merupakan bagian yang tak terpisahkan dari gedung. Beban-beban mati yang terdiri dari berat sendiri struktur ditambah dengan beban mati tambahan dan beban dinding.

2.11.2 Beban Hidup

Beban hidup adalah semua beban yang terjadi akibat penghunian atau penggunaan suatu gedung, dan semua peralatan yang ada didalamnya termasuk beban-beban pada lantai yang berasal dari barang-barang yang dapat berpindah, sehingga mengakibatkan perubahan-perubahan dalam pembebanan lantai dan atap. Khusus pada atap, air hujan merupakan komponen hidup, baik akibat genangan maupun akibat tekanan jatuh butiran air (PPIUG, 1983).

2.11.3 Beban Gempa

Nilai beban gempa dihitung dengan metode statik ekuivalen menurut BSN, (2019) pada SNI 1726:2019 yang dalam program SAP2000 v22 dapat dilakukan secara otomatis dengan menggunakan *Auto Lateral Load IBC 2009*. Besarnya

gaya gempa yang terjadi pada program SAP2000 dihitung dengan metode statik ekuivalen yaitu sebagai berikut:

a. Gaya Dasar Seismik

Beban geser dasar nominal statik ekuivalen (V) yang terjadi di tingkat dasar dapat dihitung dengan persamaan :

$$V = C_s \cdot W \quad (2.15)$$

Dimana:

V = gaya geser dasar

C_s = koefisien respon seismik

W = berat seismik efektif struktur

b. Koefisien Respon Seismik

$$C_s = \frac{S_{DS}}{\left(\frac{R}{I_e}\right)} \quad (2.16)$$

Dimana:

S_{DS} = parameter percepatan spektrum respons desain dalam rentang periode pendek.

R = faktor modifikasi respons

I_e = faktor keutamaan gempa

Nilai C_s yang dihitung sesuai dengan persamaan diatas tidak boleh melebihi persamaan berikut:

Untuk $T \leq T_L$

$$C_s = \frac{S_{D1}}{T \left(\frac{R}{I_e}\right)} \quad (2.17)$$

Untuk $T > T_L$

$$C_s = \frac{S_{D1} T_L}{T^2 \left(\frac{R}{I_e} \right)} \quad (2.18)$$

C_s harus tidak kurang dari:

$$C_s = 0,044 \cdot S_{DS} \cdot I_e \geq 0,01 \quad (2.19)$$

Sebagai tambahan, untuk struktur yang berlokasi di daerah di mana S_1 sama dengan atau lebih besar dari 0,6g, maka C_s harus tidak kurang dari persamaan berikut:

$$C_s = \frac{0,5 S_1}{\left(\frac{R}{I_e} \right)} \quad (2.20)$$

Dimana:

S_{D1} = adalah parameter percepatan spektrum respons desain pada periode sebesar 1,0 detik.

T = periode fundamental struktur (detik)

S_1 = parameter percepatan respon maksimum yang dipetakan.

UNMAS DENPASAR

2.11.4 Kombinasi Pembebanan

Untuk pemodelan rangka dengan pembebanan gempa berdasarkan BSN, (2019), adalah sebagai berikut:

- 1,4 D
- 1,2 D + 1,6 L + 0,5 (Lr atau R)
- 1,2 D + 1,6 L (Lr atau R) + (L atau 0,5W)

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

Keterangan:

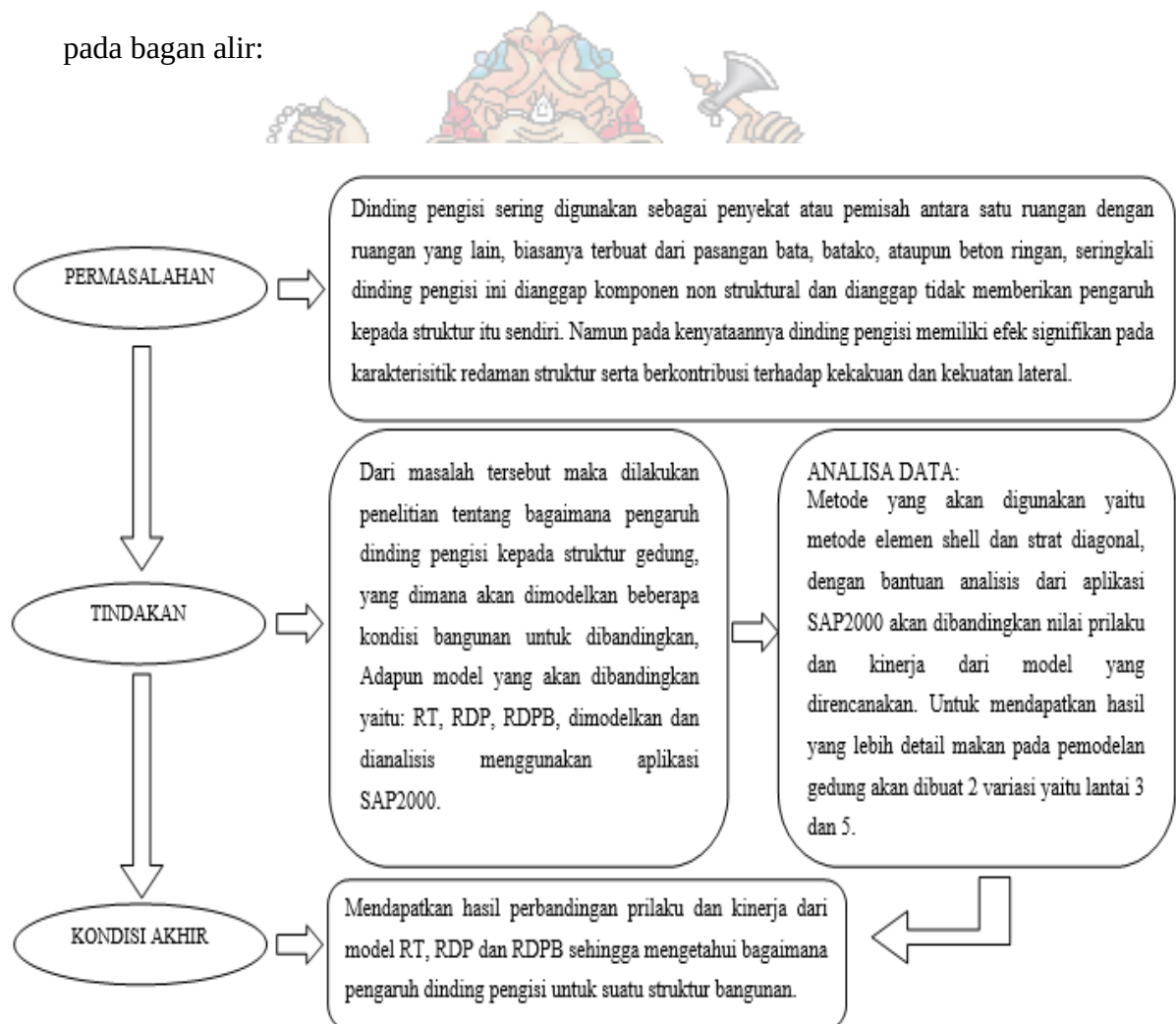
- D = Beban mati yang diakibatkan oleh berat konstruksi permanen, termasuk dinding, lantai, atap, plafon, partisi tetap, tangga, dan peralatan tetap.
- L = Beban hidup yang ditimbulkan oleh penggunaan gedung, termasuk kejut, tetapi tidak termasuk beban lingkungan seperti angin, hujan, dan lain-lain.
- La = Beban hidup di atap yang ditimbulkan selama perawatan oleh pekerja, peralatan, dan material, atau selama penggunaan biasa oleh orang dan benda bergerak.
- R = Beban hujan, tidak termasuk yang diakibatkan genangan air.
- W = Beban angin
- E = Beban gempa, yang ditentukan menurut (BSN, 2019).

BAB III

METODE PENELITIAN

3.1 Kerangka Pikir

Kerangka pikir merupakan pola dalam berpikir untuk menentukan bagaimana alur yang akan dijalankan selama penelitian berlangsung, sehingga dapat menjadi acuan dasar dalam melaksanakan penelitian. Berikut dapat dilihat pada bagan alir:



Gambar 3. 1 Kerangka Pikir

3.2 Rancangan Penelitian

3.2.1 Deskripsi Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan untuk bisa mengetahui perilaku dan kinerja yang terjadi pada struktur beton bertulang. Metode yang digunakan dalam penelitian ini ada 2 yaitu:

1. Studi Literatur: Merupakan metode yang digunakan untuk mendapatkan gambaran mengenai pokok bahasan yang dibahas dalam penelitian dan penyusunan skripsi ini berdasarkan pada referensi berbagai literatur seperti jurnal penelitian, SNI (1726:2019, 2847:2019, 1727:2020), dan Code (FEMA 273, FEMA 356, FEMA 547) serta ilmu yang diperoleh dibangku perkuliahan.
2. Studi analitis: Merupakan metode pemecahan masalah teknis secara analitis atau dengan suatu model. Dalam penelitian ini menggunakan program aplikasi SAP2000 versi 22 untuk pemodelan struktur gedung, lalu dilakukan analisis perilaku dan kinerja (*pushover*).

Pada pemodelan gedung ini diasumsikan bangunan terjepit pada permukaan tanah, sehingga pengaruh pondasi tidak diperhitungkan. Berikut rincian data yang akan dianalisis:

1. Jenis Bangunan : Gedung Kantor
2. Lokasi Perencanaan : Mataram
3. Tinggi Lantai : 3,5 m
4. Variasi Gedung : Gedung 3 dan 5 lantai
5. Luas Bangunan : 30 m x 18 m

6. Struktur Bangunan : Struktur beton bertulang

3.2.2 Instrumen Penelitian

Instrumen penelitian adalah alat atau fasilitas yang digunakan peneliti dalam mengumpulkan data agar pekerjaannya lebih mudah dan hasilnya lebih baik, lebih cermat, lengkap, dan sistematis sehingga lebih mudah untuk mengolah. Adapun alat atau perangkat yang digunakan untuk mendukung penelitian ini yaitu:

1. Laptop
2. Alat Tulis
3. *Software SAP 2000 V16*
4. *Software AutoCAD V22*
5. *Software Microsoft Excel*
6. *Software Microsoft Word*

3.2.3 Jenis dan Bentuk Data

3.2.3.1. Data Material

Data- data material yang digunakan dalam pemodelan struktur gedung dapat dilihat sebagai berikut:

a. Material Beton Struktur Utama

1. Kuat tekan puncak ($f'c$) = 25 MPa
2. Berat volume beton (wc) = 2400 kg/m³
3. Modulus elastisitas beton (E_c)
dihitung menggunakan persamaan (2.1) = 25278,734 MPa

b. Material Balok-Kolom Praktis (Lintel)

1. Kuat tekan puncak (f'_c) = 10 MPa
2. Berat volume beton (w_c) = 2400 kg/m³
3. Modulus elastisitas beton (E_c)
dihitung menggunakan persamaan (2.1) = 15987,68 MPa

c. Material Tulangan

1. Berat volume (W_s) = 7850 kg/m³
2. Modulus Elastisitas = 200000 MPa
3. Tulangan Longitudinal (BjTS 40)
 - Tegangan leleh (f_y) = 400 MPa
 - Tegangan putus (f_u) = 500 MPa
4. Tulangan Transversal (BjTP 32)
 - Tegangan leleh (f_y) = 320 MPa
 - Tegangan putus (f_u) = 400 MPa

d. Material Pasangan Dinding Bata

1. Tebal dinding = 120 mm
2. Kuat tekan maksimum (f'_m) = 2.97 MPa
3. Modulus Elastisitas (E_m)
dihitung berdasarkan persamaan (2.6) = 1633.5 MPa
(Imran & Aryanto, 2009).

e. Material Gap

1. Kekakuan Gap (Kg)
dihitung menggunakan persamaan (2.8) = 7756,556 N/mm'

3.2.3.2. Dimensi Pemodelan

Untuk dimensi elemen struktur yang akan digunakan diperoleh dari estimasi dimensi dapat dilihat pada tabel dibawah:

Tabel 3. 1 Estimasi dimensi elemen struktur

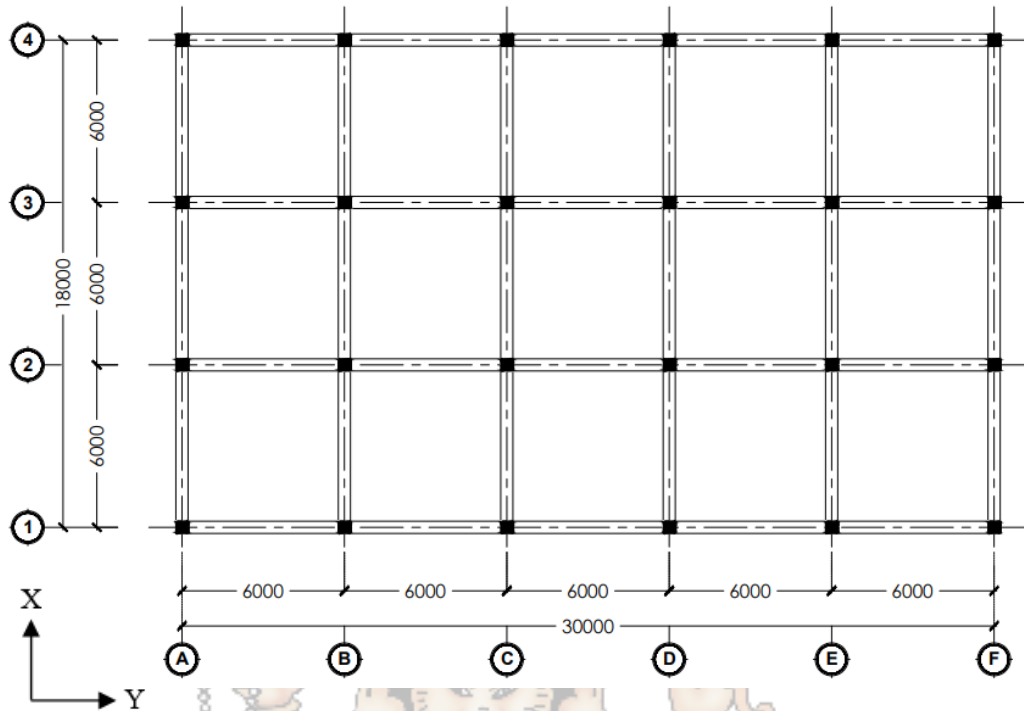
Lantai	3 Tingkat		5 Tingkat	
	Balok	Kolom	Balok	Kolom
Lantai 5	-	-	250x400	350x350
Lantai 4	-	-	350x500	350x350
Lantai 3	250x350	300x300	350x500	350x350
Lantai 2	250x450	300x300	350x500	400x400
Lantai 1	300x450	350x350	350x500	400x400
Ground	250x400 (Sloof)	-	250x400 (Sloof)	-

3.2.3.3. Data Geometri Struktur

Struktur direncanakan dengan bangunan kantor 3 dan 5 lantai dengan geometri struktur sebagai berikut:

1. Denah Gedung Kantor

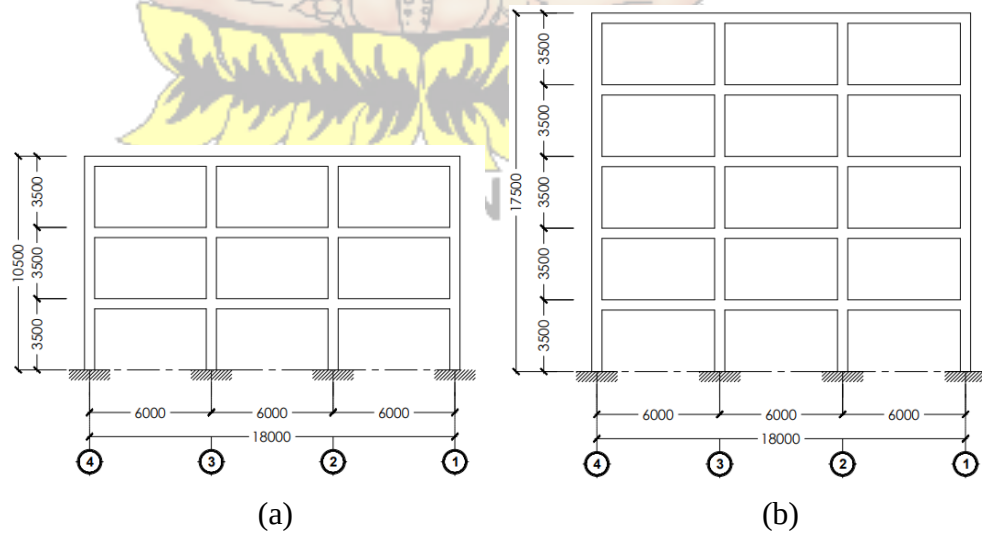
Berikut pemodelan denah gedung terdiri dari bentang arah x dan y, yang panjang bentang arah x yaitu 18 meter dan panjang bentang arah y yaitu 30 meter.



Gambar 3. 2 Denah struktur

2. Portal Arah X

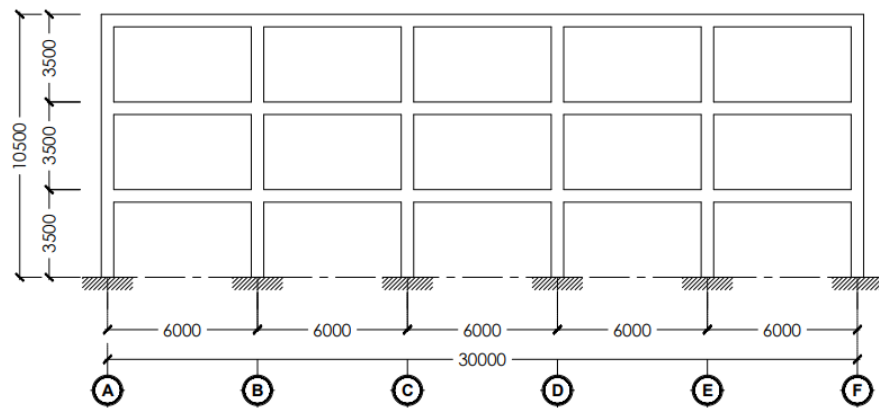
Struktur portal terdiri dari 2 variasi level yaitu bangunan 3 dan 5 lantai, dengan tinggi antar lantai yaitu 3,5 meter.



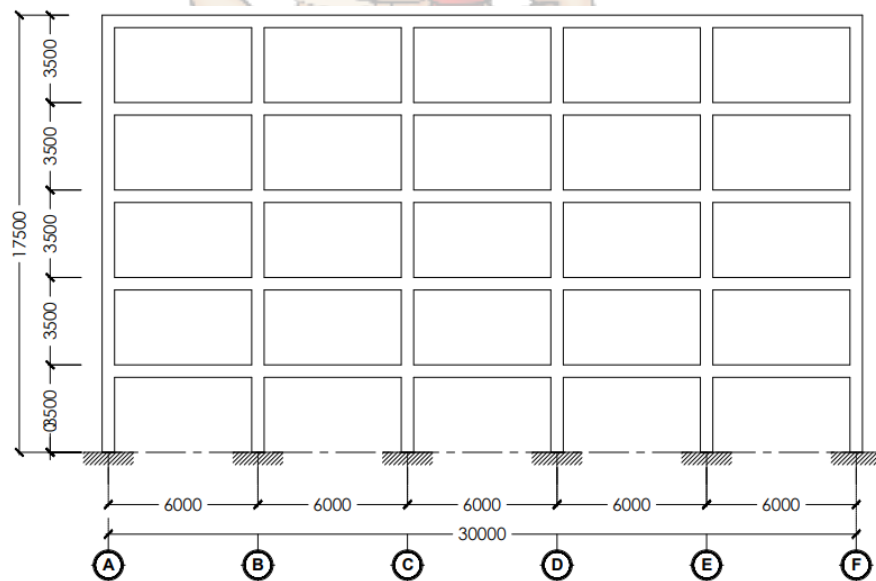
Gambar 3. 3 Portal arah X: (a) struktur lantai 3; (b) struktur lantai 5

3. Portal Arah Y

Struktur portal terdiri dari 2 variasi level yaitu bangunan 3 dan 5 lantai, dengan tinggi antar lantai yaitu 3,5 meter



Gambar 3. 4 Portal arah Y struktur lantai 3

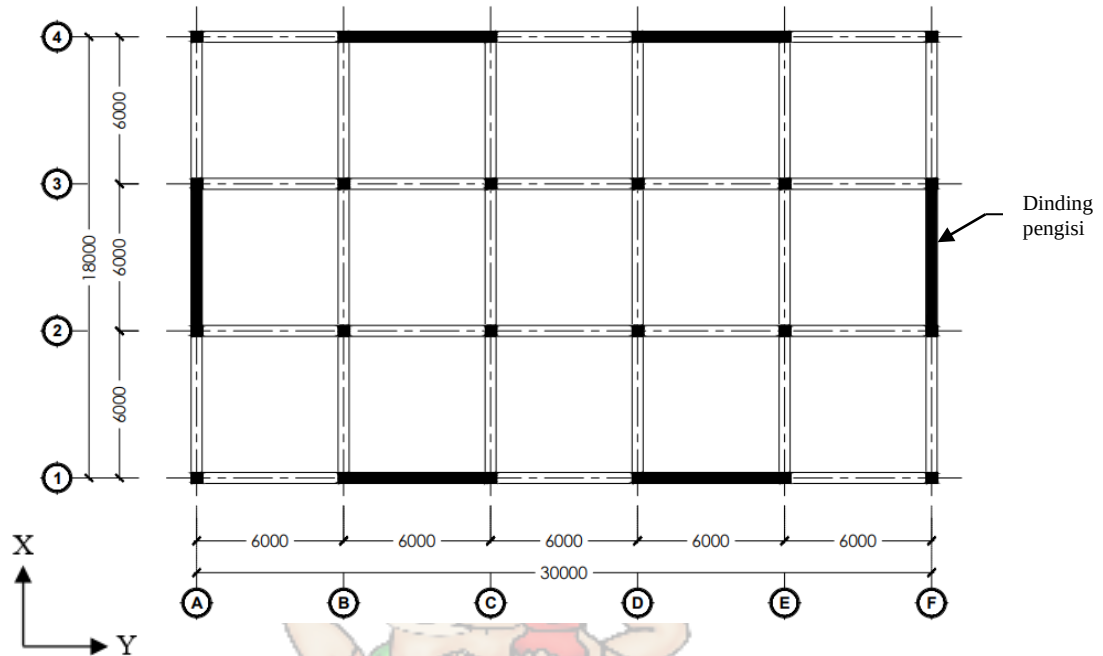


Gambar 3. 5 Portal arah Y struktur lantai 5

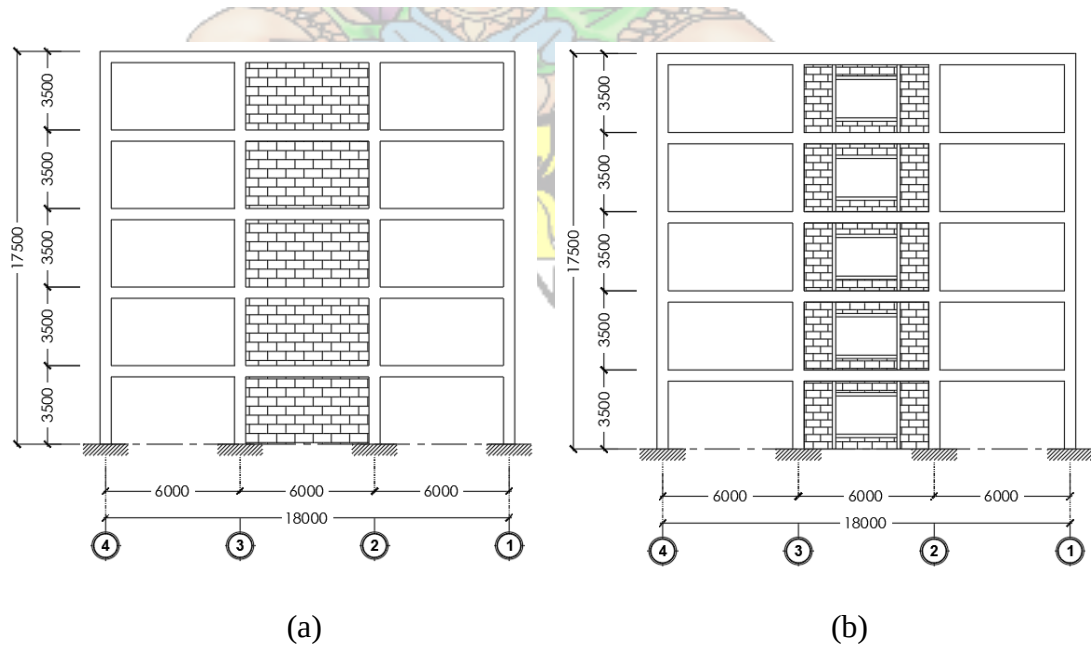
4. Denah Dinding Pengisi

Untuk dinding pengisi yang digunakan untuk menutup luar gedung saja, yang dimana berupa elemen bata ringan AAC, yang memiliki spesifikasi

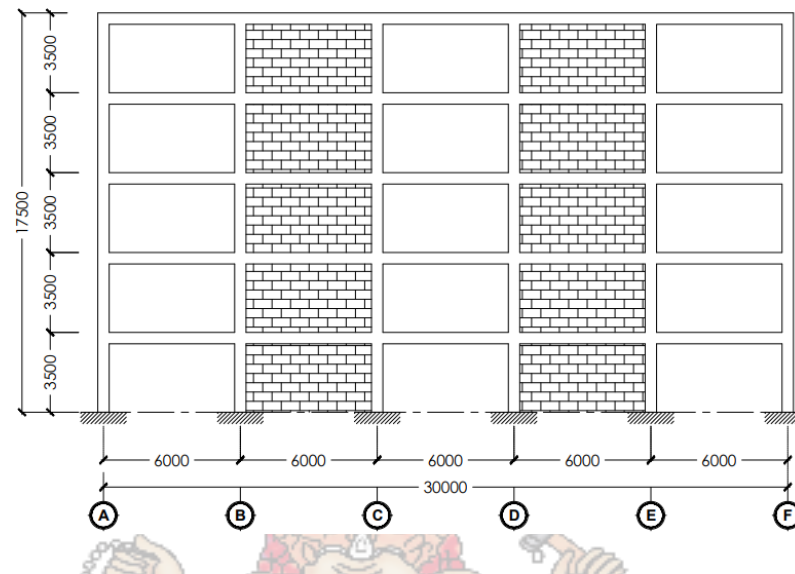
yang telah dipaparkan sebelumnya, untuk pemodelan dinding pengisi dilakukan pada posisi tertentu saja dapat dilihat pada gambar dibawah ini:



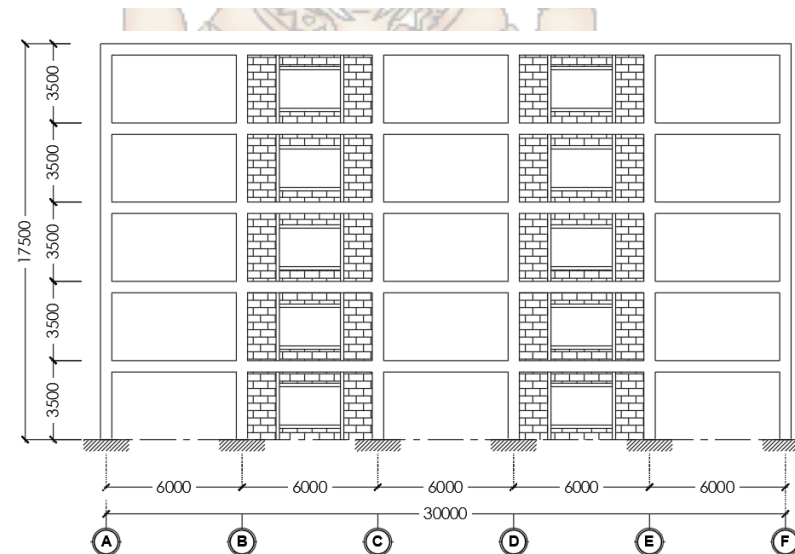
Gambar 3. 6 Denah dinding pengisi



Gambar 3. 7 Portal A-A (a) struktur RDP; (b) struktur RDPB



Gambar 3. 8 Portal 1-1 struktur RDP



Gambar 3. 9 Portal 1-1 struktur RDPB

3.2.4 Waktu dan Tempat

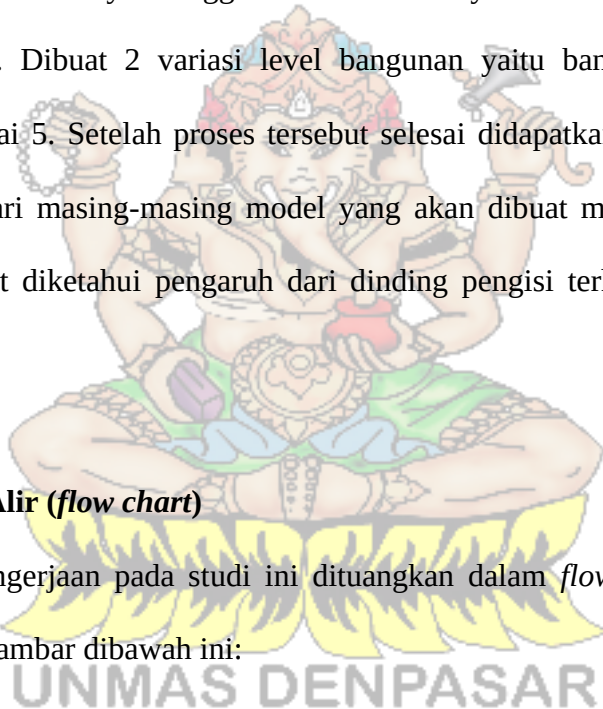
Untuk waktu pelaksanaan penelitian ini yaitu dimulai dari bulan Maret sampai Agustus 2022, yang dimana penelitian ini akan merencanakan pemodelan bangunan yang berlokasi di Pulau Lombok, Kota Mataram.

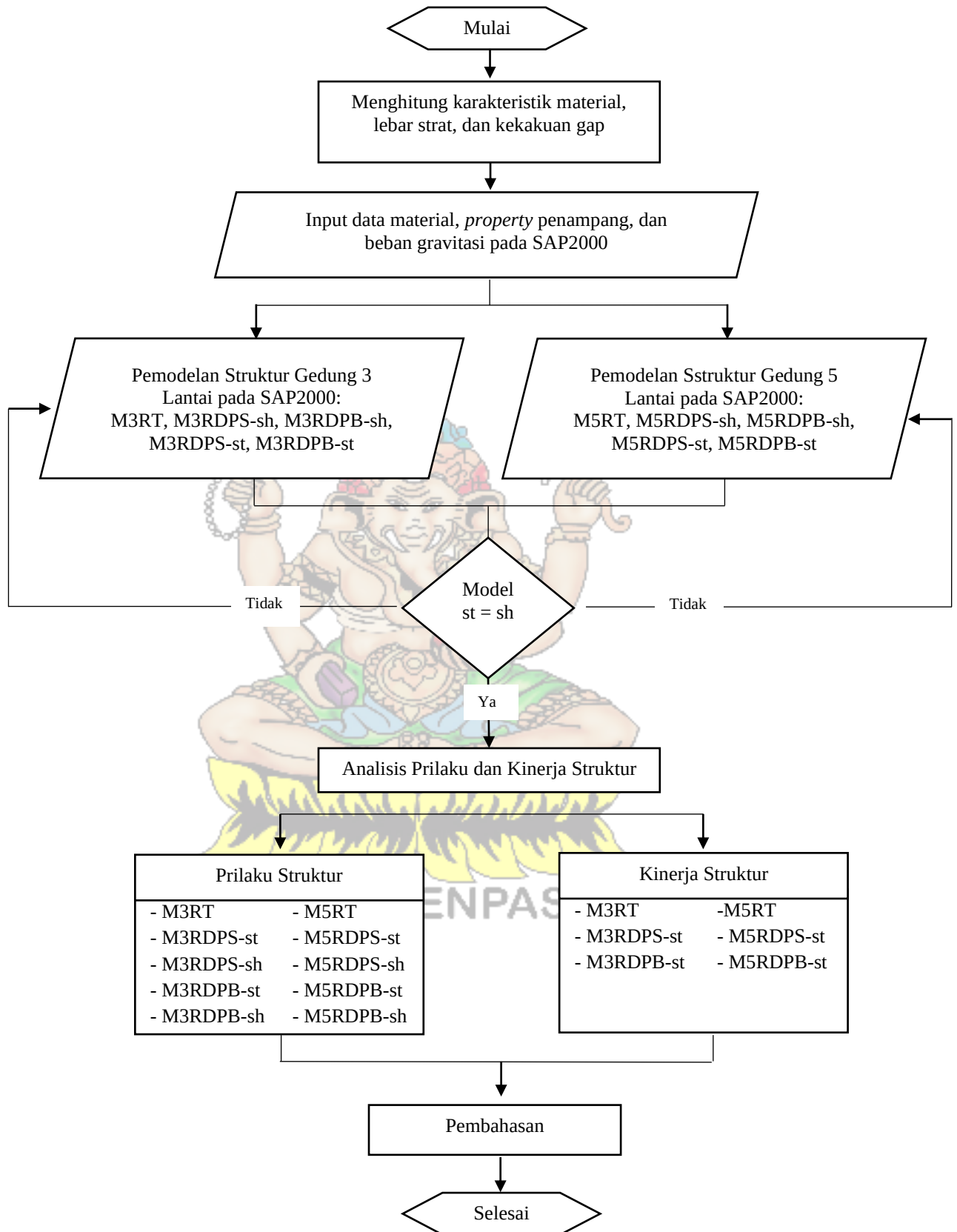
3.2.5 Teknik Analisis

Penelitian ini menganalisis menggunakan *Software* SAP2000, yang dimana dari hasil analisis tersebut akan mengeluarkan output berupa nilai perilaku dan kinerja masing-masing untuk struktur beton bertulang Rangka Terbuka (RT), struktur beton bertulang Rangka dengan Dinding Pengisi (RDP), dan struktur beton bertulang Rangka dengan Dinding Pengisi Berlubang (RDPB) yang dimana dalam proses analisisnya menggunakan 2 metode yaitu metode elemen *shell* dan strat diagonal. Dibuat 2 variasi level bangunan yaitu bangunan lantai 3 dan bangunan lantai 5. Setelah proses tersebut selesai didapatkan nilai-nilai perilaku dan kinerja dari masing-masing model yang akan dibuat menjadi perbandingan sehingga dapat diketahui pengaruh dari dinding pengisi terhadap suatu struktur bangunan.

3.3 Bagan Alir (*flow chart*)

Alur pengerjaan pada studi ini dituangkan dalam *flow chart* seperti yang terlihat pada gambar dibawah ini:





Gambar 3. 10 Bagan Alir

Prosedur analisis dimulai dengan menghitung data-data awal yang diperlukan, yaitu karakteristik material untuk pasangan dinding bata dan beton, lebar strat untuk model strat, dan kekakuan gap untuk model elemen *shell*.

Selanjutnya, dilakukan pemodelan struktur pada program SAP2000. Terdapat total sepuluh jenis model yang digunakan sebagai pembanding. Kesepuluh jenis model tersebut yaitu:

1. Model 3 lantai rangka terbuka (*codename: M3RT*)
2. Model 5 lantai rangka terbuka (*codename: M5RT*)
3. Model 3 lantai rangka dengan dinding pengisi solid strat diagonal (*codename: M3RDPS-st*)
4. Model 5 lantai rangka dengan dinding pengisi solid strat diagonal (*codename: M5RDPS-st*)
5. Model 3 lantai rangka dengan dinding pengisi solid elemen *shell* (*codename: M3RDPS-sh*)
6. Model 5 lantai rangka dengan dinding pengisi solid elemen *shell* (*codename: M5RDPS-sh*)
7. Model 3 lantai rangka dengan dinding pengisi berlubang strat diagonal (*codename: M3RDPS-st*)
8. Model 5 lantai rangka dengan dinding pengisi berlubang strat diagonal (*codename: M5RDPS-st*)
9. Model 3 lantai rangka dengan dinding pengisi berlubang elemen *shell* (*codename: M3RDPB-sh*)

10. Model 5 lantai rangka dengan dinding pengisi berlubang elemen *shell* (codename: M5RDPB-sh)

Proses input data saat pemodelan pada SAP2000 berupa data material, properti penampang (*section properties*), dan beban gravitasi (beban dinding). Untuk analisis struktur dengan program SAP2000, terdapat 2 macam analisis yang dilakukan pada studi ini, yaitu:

1. Analisis linier atau analisis perilaku struktur bertujuan untuk menganalisis kekakuan dan kekuatan dari sebuah struktur. Untuk analisis perilaku akan meninjau metode elemen *shell* dan strat diagonal.
2. Analisis *pushover* statik non linier atau analisis kinerja struktur merupakan fitur SAP2000. Analisis ini memerlukan definisi sendi plastis dengan data kurva deformasi plastis untuk setiap komponen struktur. Selain itu juga diperlukan input data target perpindahan untuk menentukan sejauh mana struktur berdeformasi. Hasil dari analisis ini adalah kurva gaya-perpindahan.

Setelah semua model di analisis dan mendapatkan hasil, lalu dilanjutkan dengan membandingkan perilaku dan kinerja dari semua model, sehingga nantinya mendapat kesimpulan berupa pengaruh dinding pengisi tersebut terhadap suatu struktur bangunan.

3.4 Pemodelan pada SAP2000

3.4.1. Pembebanan

Adapun beban yang akan diperhitungkan adalah beban mati, beban mati tambahan, beban hidup dan beban gempa.

a. Beban Mati

Untuk beban mati (*Dead Load*) akibat berat sendiri struktur dihitung dengan Program SAP2000 dengan cara menginput angka 1 pada *Self Weight Multiplier* di menu *Define Load Patterns*.

b. Beban Mati Tambahan

Menurut Pedoman Perencanaan Pembebanan untuk Rumah dan Gedung 1978 pasal 2.1, ketentuan untuk menghitung beban mati tambahan yang bekerja pada pelat yaitu sebagai berikut:

Berat sendiri beton = 2400 kg/m^3

Berat sendiri adukan spesi per cm tebal = 2100 kg/m^3

Dari ketentuan diatas, maka beban mati tambahan yang akan diinput pada pelat adalah sebagai berikut.

1. Beban mati tambahan pelat lantai

Tebal spesi = $0,03 \text{ m}$

Berat jenis spesi = 2100 kg/m^3

Berat spesi = $0,03 \text{ m} \times 2100 \text{ kg/m}^3 = 63 \text{ kg/m}^2$

Berat penutup lantai = 24 kg/m^2

Berat penggantung = 7 kg/m^2

Berat plafond = 11 kg/m^2

Instalasi MEP = 40 kg/m^2

Total beban mati tambahan pelat lantai = 145 kg/m^2

2. Beban mati tambahan pelat atap

Tebal spesi = $0,03 \text{ m}$

Berat jenis spesi = 2100 kg/m^3

Berat spesi = $0,03 \text{ m} \times 2100 \text{ kg/m}^3 = 63 \text{ kg/m}^2$

Berat penggantung = 7 kg/m^2

Berat plafond = 11 kg/m^2

Instalasi MEP = 40 kg/m^2

Total beban mati tambahan pelat lantai = 121 kg/m^2

Total beban-beban tersebut yang akan dimasukkan pada pembebanan pelat lantai maupun atap yang dimana beban tersebut diinput sebagai beban mati.

c. Beban Hidup

Menurut BSN, (2020), pada SNI 1727:2020, mengenai beban minimum untuk perancangan bangunan gedung dan struktur lain Tabel 4.3-1, beban hidup dengan asumsi fungsi bangunan sebagai kantor adalah sebesar $2,4 \text{ kN/m}^2$ untuk pelat lantai dan $0,96 \text{ kN/m}^2$ untuk pelat atap.

d. Beban Gempa

Parameter yang digunakan dalam menginput beban gempa yaitu: Kelas situs = D (asumsi jenis tanah sedang) Diasumsikan system rangka pemikul momen khusus (SRMPK) maka $(R) = 8$, Overstrength system (ω) = 3 dan faktor pembesaran defleksi (C_d) = 5.5 (SNI 1726:2019 Tabel 12) Kategori resiko = II, sehingga faktor keutamaan gempa (I_e) = 1. Untuk

nilai S_s dan S_1 didapat dari situs <http://rsa.ciptakarya.pu.go.id/>. dengan menginput nama kota yang diinginkan. Untuk bangunan yang berada di Kota Mataram, Lombok nilai $S_s = 1.0347$ dan $S_1 = 0.4047$. Data-data diatas diinput untuk mendefinisikan beban gempa dimana pada program digunakan pengaturan Auto Lateral Load berdasarkan aturan IBC 2009 untuk peraturan gempa sesuai SNI 1726:2019.

e. Beban dinding

Beban dinding yang digunakan yaitu 250 kg/m^2 , pada pemodelan beban dinding diinput pada balok sehingga beban dinding 250 kg/m^2 dikalikan dengan tinggi tingkat 3,5 m.

f. Beban air hujan

Beban air hujan yang dimasukan yaitu sesuai dengan PPIUG, (1983), beban terbagi rata air hujan $Wah = 40 - 0,8 \alpha$, dengan, α = sudut kemiringan atap, derajat (jika $\alpha > 50^\circ$ dapat diabaikan). Wah = beban air hujan, kg/m^2 (min. Wah atau 20 kg/m^2). Karna pada pemodelan ini tidak memakai rangka atap maka beban air hujan yang dipakai yaitu sebesar 20 kg/m^2 .

3.4.2. Kombinasi pembebanan

Dalam penelitian ini karena hanya meninjau simpangan yang terjadi antara lantai yang disebabkan oleh beban gempa arah x dan y, maka kombinasi beban yang digunakan yaitu sebagai berikut (BSN, 2019):

- 1,2 D
- 1,4 D
- 1,2 D + 1,6 L

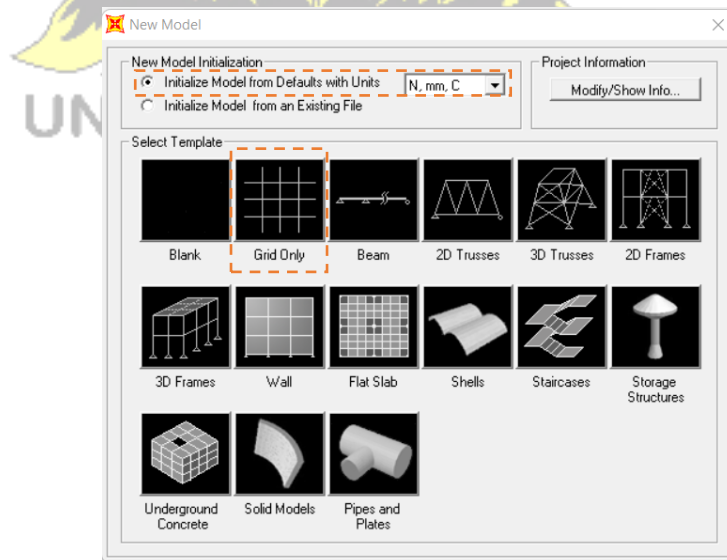
- $1,2 D + 1,0 L + 1,0 E_x + 0,3 E_y$
- $1,2 D + 1,0 L + 1,0 E_x - 0,3 E_y$
- $1,2 D + 1,0 L - 1,0 E_x + 0,3 E_y$
- $1,2 D + 1,0 L - 1,0 E_x - 0,3 E_y$
- $1,2 D + 1,0 L + 1,0 E_y + 0,3 E_x$
- $1,2 D + 1,0 L + 1,0 E_y - 0,3 E_x$
- $1,2 D + 1,0 L - 1,0 E_y + 0,3 E_x$
- $1,2 D + 1,0 L - 1,0 E_y - 0,3 E_x$

3.4.3. Langkah Pemodelan Struktur

Pemodelan struktur yang dimaksud adalah membuat model struktur yang akan dirancang menggunakan bantuan aplikasi SAP2000 v22. Berikut langkah-langkahnya:

1. Buka aplikasi SAP2000

Buka aplikasi SAP2000 lalu pilih menu **File – New Model** akan muncul menu tampilan sebagai berikut:



Gambar 3. 11 Tampilan *new model*

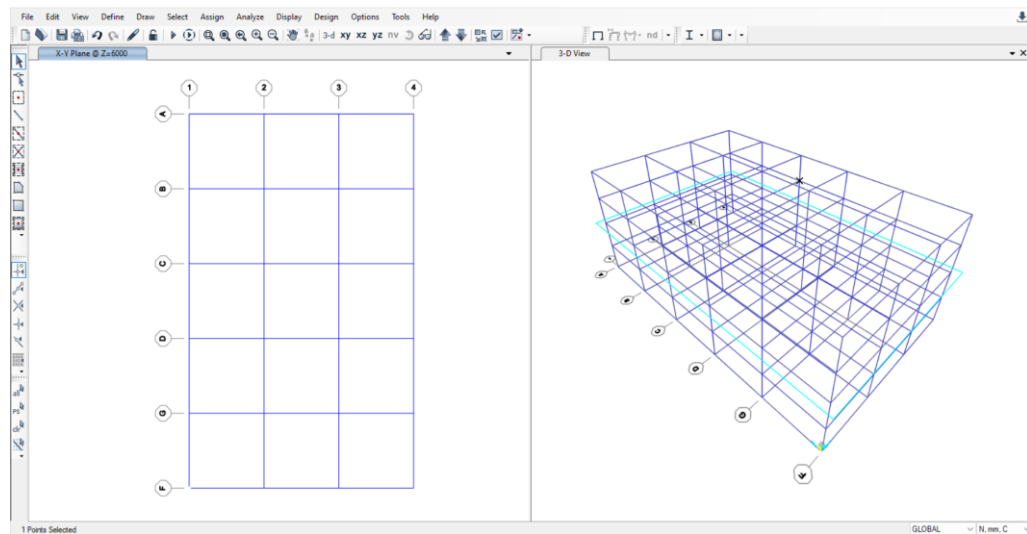
Selanjutnya pada *initialized model form defaults unit* rubah satuan menjadi N, mm, C selanjutnya pilih menu *grid only* untuk membuat pemodelan.

2. Mendesain Geometri Struktur

Setelah memilih menu *grid only* akan muncul tampilan *quick grid lines* seperti gambar dibawah.

Gambar 3. 12 Tampilan *quick grid lines*

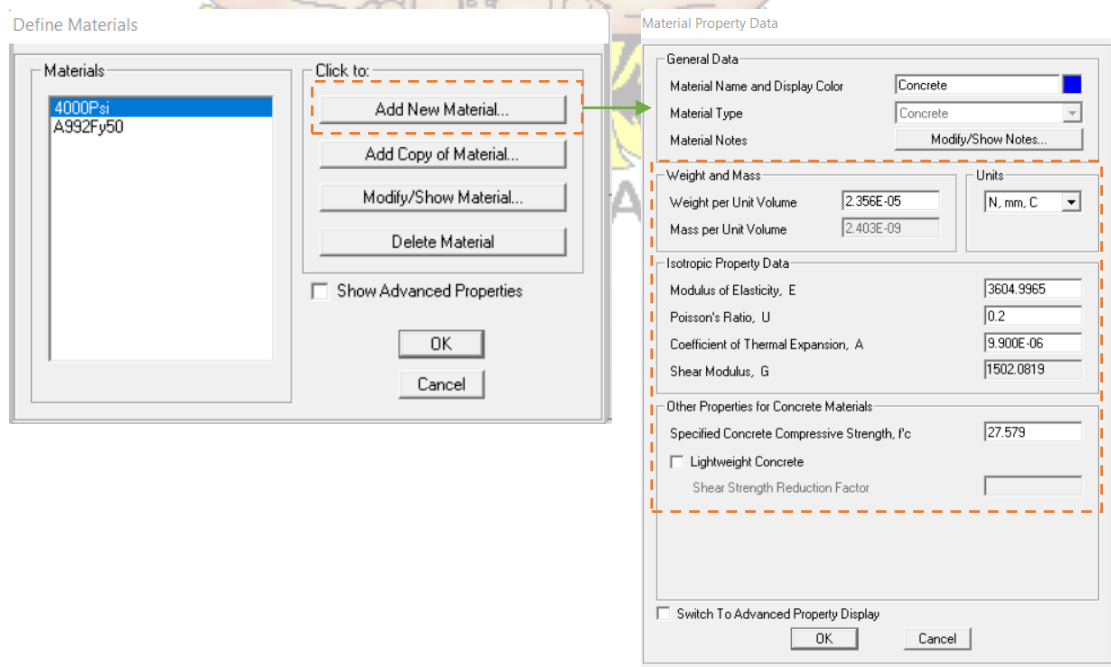
Dalam tampilan diatas ada beberapa data yang dimasukkan di antaranya berapa jumlah *grid* pada sumbu X, sumbu Y, dan sumbu Z yang termuat dalam *Number of Grid Lines*, selanjutnya pada *Grid Spacing* menunjukkan jarak antar *grid* dimana X merupakan lebar, Y sebagai panjang dan Z sebagai tinggi. Setelah memasukkan parameter data-data diatas lalu Klik OK, berikut tampilan grid 2D dan 3D pada gambar 3.13.



Gambar 3. 13 Tampilan *grid lines* 2D dan 3D

3. Mendefinisikan Material

Untuk menambahkan material baru yang akan dipakai pada pemodelan, pada menu bar pilih **Define – Material -Add New Material**, lalu akan muncul menu *Material property data* seperti gambar dibawah.

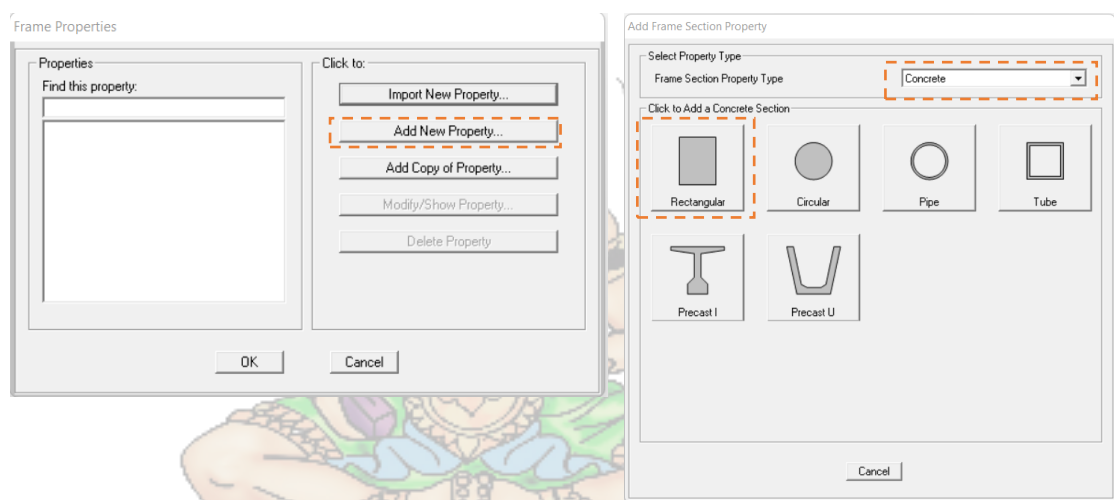


Gambar 3. 14 Tampilan *define material* dan *material property data*

Pada menu tersebut Adapun data-data yang dimasukan yaitu, penamaan material, tipe material, berat jenis material, modulus elastisitas material, poisson rasio, dan kuat Tarik dari material tersebut.

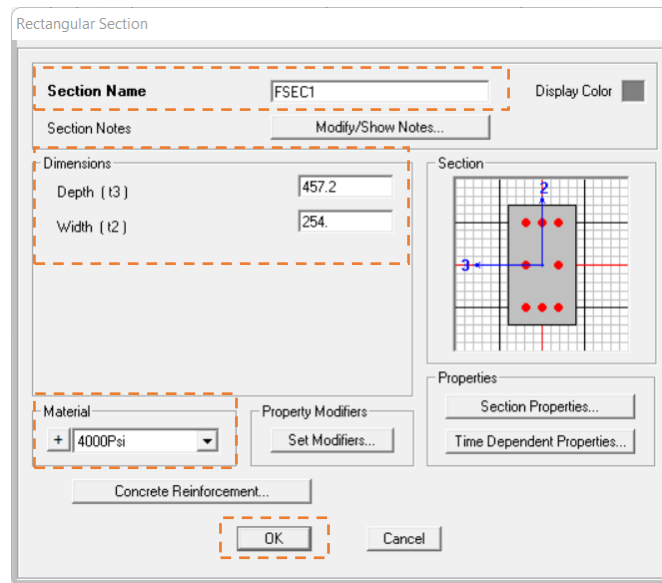
4. Mendefinisikan Penampang Elemen Struktur

Pada menu bar klik **Define – Section Properties – Frame Sections** – klik *add new property* untuk menambahkan tipe penampang baru.



Gambar 3. 15 Tampilan *frame properties*

dari menu *add frame section property* pilih material concrete lalu pilih penampang rectangular, lalu akan muncul tampilan seperti gambar berikut.

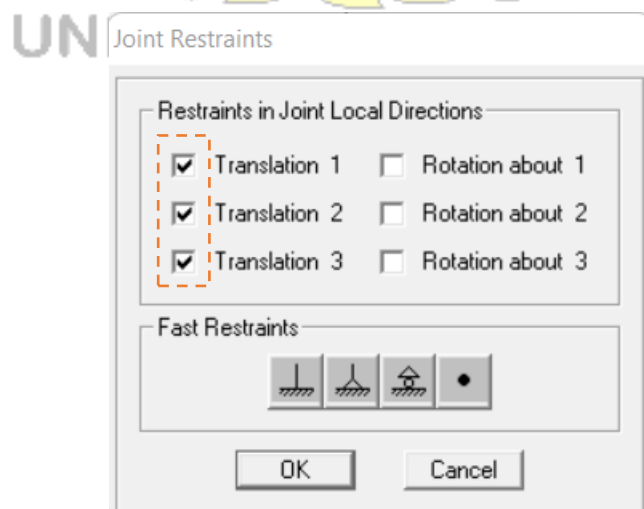


Gambar 3. 16 Tampilan *rectangular section*

Dari menu tampilan di atas beri nama pada *section name*, pilih material yang digunakan dan masukkan data-data dimensi beton sesuai dengan kebutuhan dalam desain penampang beton selanjutnya klik OK.

5. Mendefinisikan Perletakan Struktur

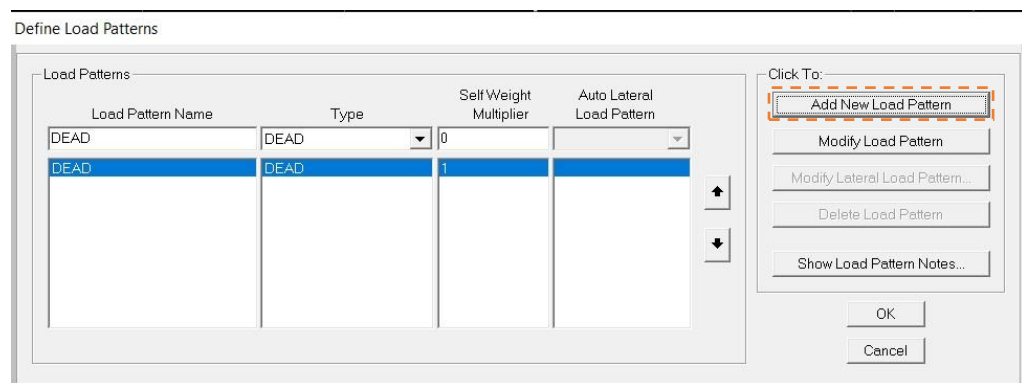
Pilih semua titik yang memiliki perletakan lalu klik pada bagian bawah yang akan diisi perletakan, selanjutnya pada menu bar pilih **Assign – Joint – Restraint** lalu pilih perletakan sesuai dengan yang direncanakan.



Gambar 3. 17 Tampilan *joint restraints*

6. Mendefinisikan jenis-jenis Pembebanan

Pada menu bar klik **Define – Load Pattern** – definisikan beban sesuai kebutuhan – **Add New Load Pattern** – OK. Pada tampilan ini kita dapat memasukkan karakter beban dan jenis-jenis beban sesuai ketentuan.



Gambar 3. 18 Tampilan *define load patterns*

7. Menginput Beban

Pilih titik yang akan menerima beban atau gaya pada tampilan window. Dari menu **Assign – Frame Load** dari sub menu ini akan menampilkan *Point load* dan *Distributed load*. Pada tampilan ini klik kotak jenis pembebanan yang dibutuhkan. Klik kotak nilai beban yang akan dianalisis sesuai dengan sumbu X, Y dan Z pada tampilan *Window*. Pilih batang yang akan menerima beban atau gaya pada tampilan *Window*. Dari **Menu Assign – Frame Loads - Point** pada perintah ini menunjukkan tampilan beban terpusat pada bentangan balok atau **Assign – Frame Loads - Distributed** pada perintah ini akan menunjukkan tampilan beban

Frame Point Loads

Load Pattern Name: + DEAD

Units: N, mm, C

Load Type and Direction:

- ☒ Forces ☐ Moments
- Coord Sys: GLOBAL
- Direction: Gravity

Options:

- ☐ Add to Existing Loads
- ☒ Replace Existing Loads
- ☐ Delete Existing Loads

Point Loads:

	1.	2.	3.	4.
Distance	0.	0.25	0.75	1.
Load	0.	0.	0.	0.

☒ Relative Distance from End-I ☐ Absolute Distance from End-I

OK Cancel

Gambar 3. 19 Tampilan *point load*

Frame Distributed Loads

Load Pattern Name: + DEAD

Units: N, mm, C

Load Type and Direction:

- ☒ Forces ☐ Moments
- Coord Sys: GLOBAL
- Direction: Gravity

Options:

- ☐ Add to Existing Loads
- ☒ Replace Existing Loads
- ☐ Delete Existing Loads

Trapezoidal Loads:

	1.	2.	3.	4.
Distance	0.	0.25	0.75	1.
Load	0.	0.	0.	0.

☒ Relative Distance from End-I ☐ Absolute Distance from End-I

Uniform Load:

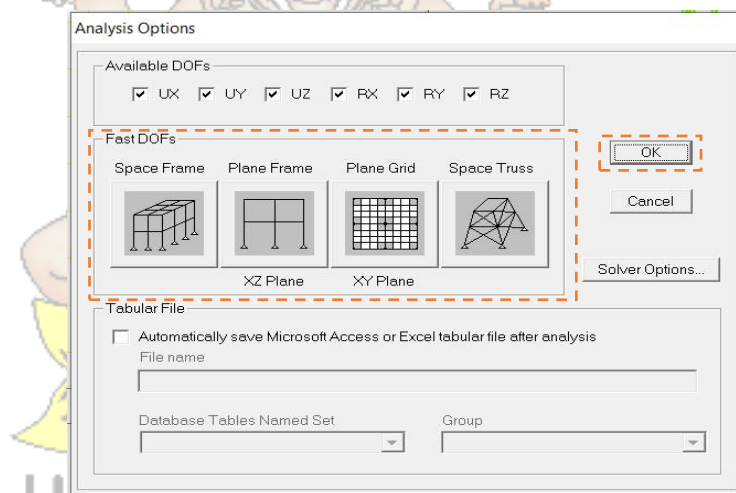
Load: 0.

OK Cancel

Gambar 3. 20 Tampilan *distributed load*

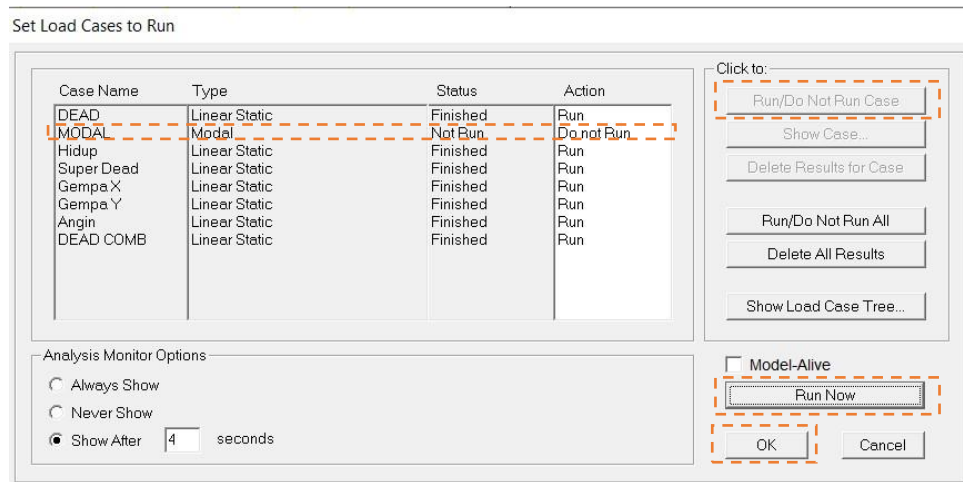
8. Proses Run Analisis SAP2000

Setelah semua tahapan pemodelan telah selesai, tahap berikutnya adalah melakukan pengecekan terhadap pemodelan untuk mengetahui kondisi bangunan setelah mendapat pembebanan. Sebelum melakukan Analisis data terlebih dahulu dilakukan percobaan, dari menu **Analyze – Set Options**. lalu akan ditampilkan pada kotak **Analysis Options**. Pada Kotak Tampilan pilih pada *Fast DOFs* untuk jenis derajat kebebasan dari struktur dengan cara klik gambar model struktur sesuai dengan kebutuhan lalu tekan OK.



Gambar 3. 21 Tampilan *analysis options*

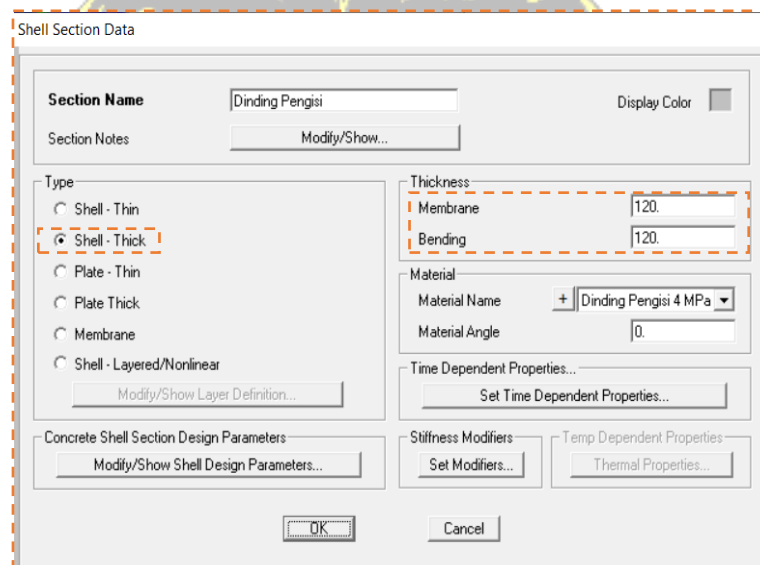
Dari menu **Analyze – Run Analysis** – sebelum di *Run* – klik modal – klik **Run/Do Not Run Case – Run Now** – klik OK.



Gambar 3. 22 Tampilan run analysis

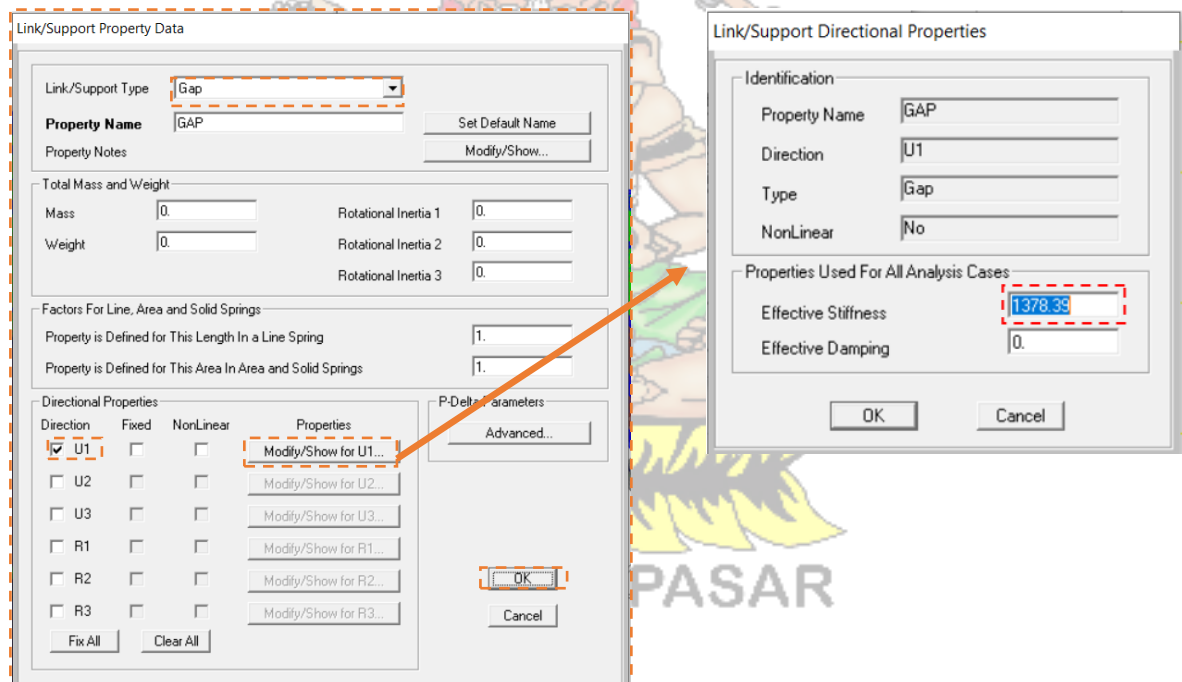
3.4.4. Pemodelan Elemen Shell

Untuk menginput data dinding pengisi pada model Gedung digunakan elemen *shell* untuk mengaplikasikannya, dapat ditemukan pada fitur **Define – Section Properties – Area Section – Add New Section** – lalu dilanjutkan dengan menginput data-data yang digunakan. Untuk konfigurasi dinding pengisi dapat dilihat pada gambar dibawah ini:



Gambar 3. 23 Konfigurasi dinding pengisi

Dalam pengaplikasian dinding pengisi dalam pemodelan, perlu ditambahkan elemen Gap, untuk membentuk bidang joint (kontak) antara dinding dengan rangka struktur (balok/ kolom). Untuk menambahkan elemen Gap ini dapat ditambahkan melalui fitur *link/support*. Untuk kekakuan Gap dapat dihitung melalui persamaan perhitungan elemen Gap sesuai tinjauan pustaka yang tercantum. Untuk panjang Gap ini dipasang sebesar setengah dari lebar kolom ataupun balok yang digunakan. Berikut konfigurasi dari fitur elemen Gap.

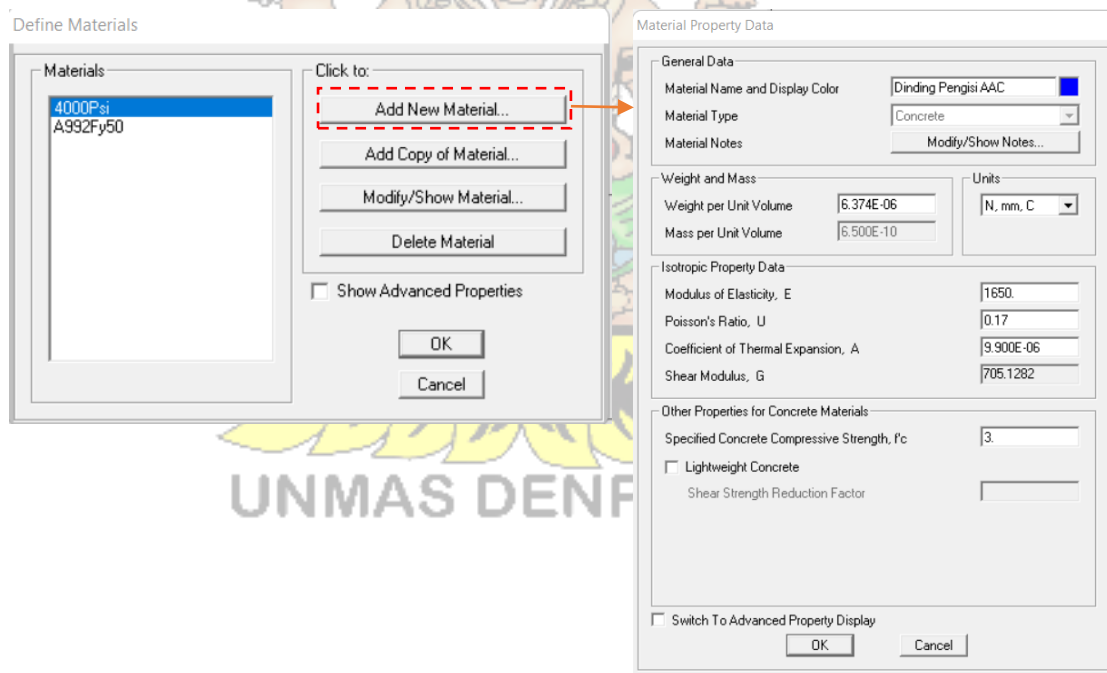


Gambar 3. 24 konfigurasi elemen gap

Setelah nilai kekakuan dimasukkan, terakhir yaitu menggambar elemen gap melalui menu **Draw – Draw 2 Joint Link**.

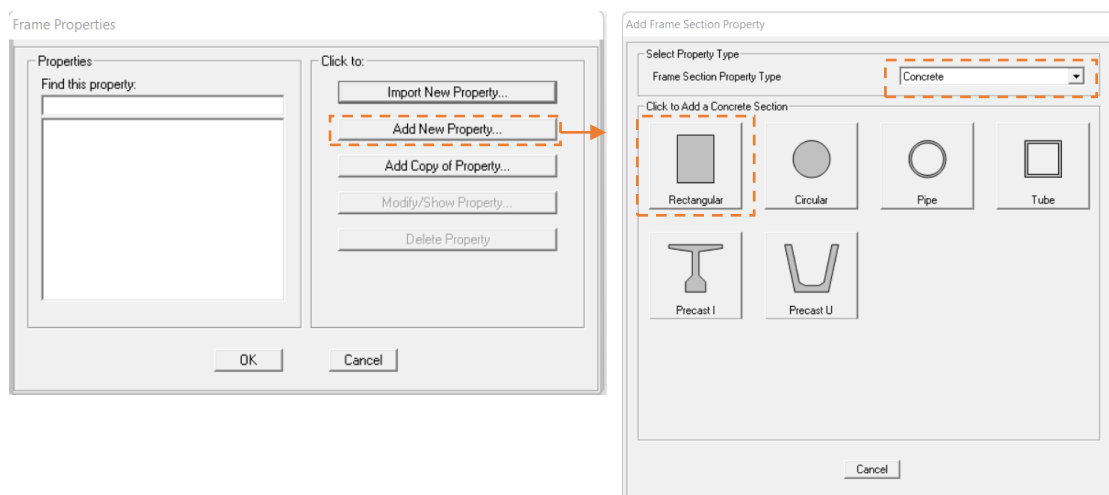
3.4.5. Pemodelan Strat Diagonal

Untuk pemodelan strat diagonal dimulai dari perhitungan lebar strat, untuk perhitungan lebar strat ini ada 2 variasi yaitu dengan dinding penuh dan dinding dengan bukaan, untuk dinding penuh menggunakan persamaan FEMA 356 (2.10), sedangkan untuk dinding berlubang digunakan persamaan (2.13) dari penelitian Wirawan, et al., (2022). Setelah didapatkan lebar strat dari masing-masing persamaan, dilanjutkan dengan membuat pemodelan pada aplikasi SAP2000, pertama masukan data material dinding pengisi melalui menu bar **Define – Material – add New Material**, lalu akan muncul gambar seperti dibawah ini.



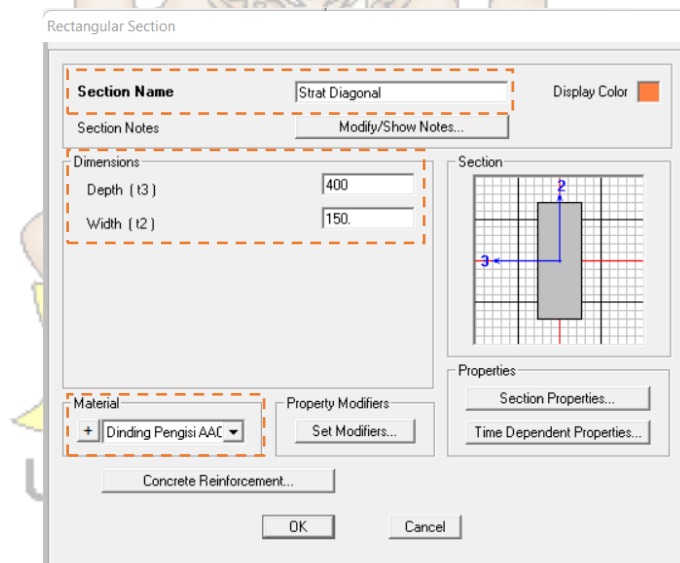
Gambar 3. 25 Tampilan menu define material dinding pengisi

setelah semua data material dinding dimasukan, dilanjutkan dengan pembuatan penampang untuk strat diagonal, dengan menu **Define – Section Properties – Frame sections – Add New Property**.



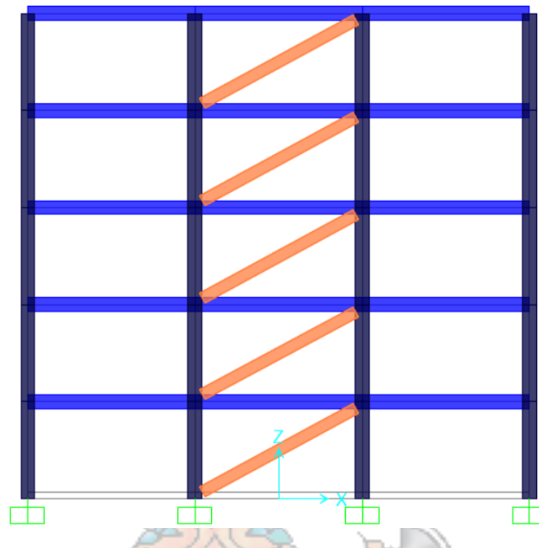
Gambar 3. 26 Tampilan *frame properties*

dari menu *add frame section property* pilih material concrete lalu pilih penampang *rectangular*, lalu akan muncul tampilan seperti gambar berikut.



Gambar 3. 27 Tampilan input data strat diagonal

Adapun data yang harus dimasukan yaitu, *section name*, *depth*, *width* dan material, yang dimana pada *depth* dimasukan nilai perhitungan lebar strat yang sudah dihitung sebelumnya, dan untuk *width* merupakan tebal dari strat tersebut atau tebal dari dinding pengisi. Setelah semua data strat selesai dimasukan dilanjutkan dengan pemodelan strat pada SAP2000.



Gambar 3. 28 Tampilan model bangunan dengan strat diagonal

Setelah dibuat model strat dilanjut dengan mereleases model strat tersebut dengan cara *select* terlebih dahulu bagian strat lalu klik menu bar **Assign – Frame - Releases/Partial Fixity** lalu pada tampilan *assign frame releases* di pilih pada baris Moment 22 (*minor*) dan moment 33 (*major*) *release start* dan *end* dengan cara dicentang. Berikut tampilan dari *assign frame releases*.

Assign Frame Releases

Frame Releases	Release		Frame Partial Fixity Springs	
	Start	End	Start	End
Axial Load	☐	☐		
Shear Force 2 (Major)	☐	☐		
Shear Force 3 (Minor)	☐	☐		
Torsion	☐	☐		
Moment 22 (Minor)	☒	☒	0	0
Moment 33 (Major)	☒	☒	0	0

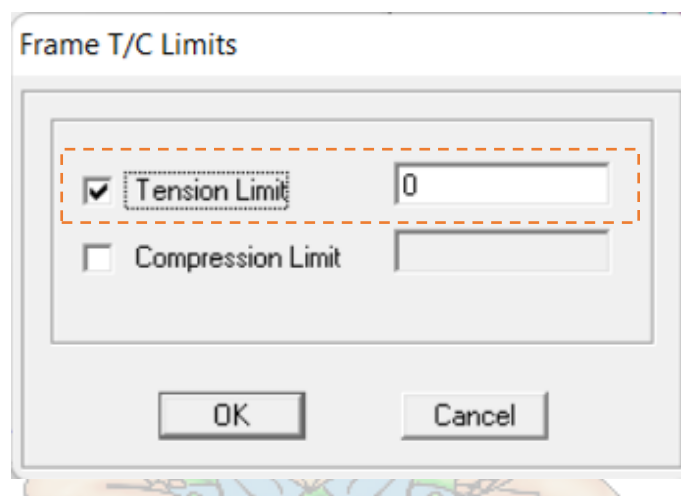
☐ No Releases

Units: N, mm, C

OK Cancel

Gambar 3. 29 Tampilan *assign frame releases*

Setelah selesai di *relaes* lanjut untuk membuat *tension* pada strat tersebut bernilai nol, dengan cara mengklik terlebih dahulu model strat diagonal yang sudah di *releases* lalu pada menu bar pilih **Assign – Frame – Tension/Compression Limits** lalu pada tampilan *frame T/C Limits* pada baris *tension limit* diisi dengan nilai 0. Berikut tampilan dari *frame T/C Limits*.



Gambar 3. 30 Tampilan *frame T/C Limits*

3.5 Analisis *Pushover*

Analisis nonlinier (*pushover*) merupakan fitur pada SAP2000 yang bertujuan untuk memperkirakan gaya maksimum dan deformasi yang terjadi pada sebuah struktur, sehingga didapatkan suatu informasi yang dapat diidentifikasi bagian-bagian yang memerlukan perhatian khusus untuk pendetailan atau stabilitasnya struktur tersebut.

Analisis *pushover* dikerjakan setelah analisis linier statik dengan menggunakan kondisi akhir pada analisis sebelumnya sebagai kondisi awal pada

analisis *pushover*. Langkah-langkah dalam analisis *pushover* dapat dijabarkan sebagai berikut:

1. Membuat model struktur
2. Mendefinisikan beban gravitasi

Klik menu bar **Define – Load Cases - Add New Load Case**. Beban gravitasi memiliki tipe analisa non-linier dengan kombinasi dari beban mati dan 30 persen beban hidup. Pilih *Zero Initial Conditions* untuk pilihan *Initial Conditions* dan efek P-delta tidak berpengaruh. Berikut tampilan *Load Case* beban gravitasi.

Load Case Data - Nonlinear Static

Load Case Name: BEBAN GRAVITASI [Set Def Name] Notes: [Modify/Show...]

Load Case Type: Static [Design...]

Initial Conditions:

- ☒ Zero Initial Conditions - Start from Unstressed State
- ☐ Continue from State at End of Nonlinear Case []

Important Note: Loads from this previous case are included in the current case

Modal Load Case: All Modal Loads Applied Use Modes from Case [MODAL]

Loads Applied:

Load Type	Load Name	Scale Factor
Load Pattern	DEAD	1.
Load Pattern	DEAD	1.
Load Pattern	LL	0.3

[Add] [Modify] [Delete]

Analysis Type:

- ☐ Linear
- ☒ Nonlinear
- ☐ Nonlinear Staged Construction

Geometric Nonlinearity Parameters:

- ☒ None
- ☐ P-Delta
- ☐ P-Delta plus Large Displacements

Mass Source: [Previous]

Other Parameters:

Load Application: Full Load [Modify/Show...]

Results Saved: Final State Only [Modify/Show...]

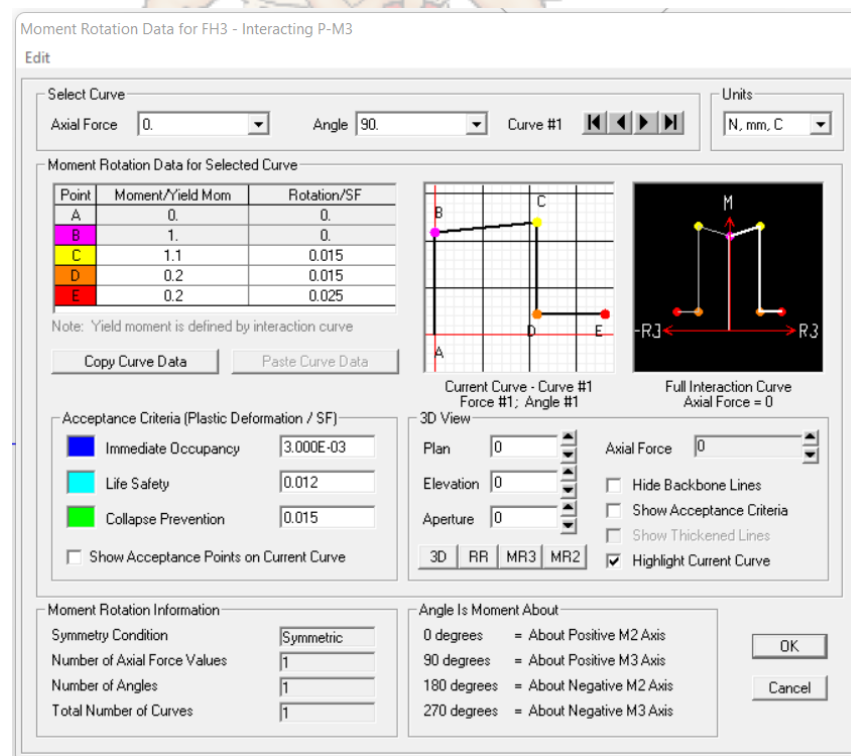
Nonlinear Parameters: Default [Modify/Show...]

[OK] [Cancel]

Gambar 3. 31 Load case *beban gravitasi*

3. Mendefinisikan sendi plastis

Klik pada menu bar **Define – Section Properties – Hinge Properties**. Sendi plastis pada kolom digunakan *interacting P-M2-M3* yaitu kombinasi gaya aksial dan momen dengan pengaturan seperti ditunjukkan pada Gambar 3.32, untuk sendi plastis pada balok menggunakan *Moment M3* seperti pada Gambar 3.33, sedangkan sendi plastis pada strat didefinisikan sebagai *Axial P* dengan ketentuan seperti pada Gambar 3.34. Diasumsikan beban gempa dipilih berdasarkan wilayah dengan resiko kegempaan tinggi yakni kategori desain seismik (KDS) D, yang dimana beban gempa tersebut mewakili desain seismik yang akan digunakan dalam menganalisis struktur.



Gambar 3. 32 Sendi plastis pada kolom

Frame Hinge Property Data for FH2 - Moment M3

Edit

Displacement Control Parameters

Point	Moment/SF	Rotation/SF
E-	-0.2	-0.025
D-	-0.2	-0.015
C-	-1.1	-0.015
B-	-1	0
A	0	0
B	1	0
C	1.1	0.015
D	0.2	0.015
E	0.2	0.025

☒ Symmetric

Type

☒ Moment - Rotation

☐ Moment - Curvature

Hinge Length

☒ Relative Length

Hysteresis Type And Parameters

Hysteresis Type

No Parameters Are Required For This Hysteresis Type

Load Carrying Capacity Beyond Point E

☒ Drops To Zero

☐ Is Extrapolated

Scaling for Moment and Rotation

☒ Use Yield Moment Moment SF Positive Negative

☐ Use Yield Rotation (Steel Objects Only) Rotation SF Positive Negative

Acceptance Criteria (Plastic Rotation/SF)

☒ Immediate Occupancy Positive Negative

☐ Life Safety Positive Negative

☐ Collapse Prevention Positive Negative

☐ Show Acceptance Criteria on Plot

OK Cancel

Gambar 3. 33 Sendi plastis pada balok

Frame Hinge Property Data for FH1 - Axial P

Edit

Displacement Control Parameters

Point	Stress/SF	Strain/SF
E-	-0.2	-0.025
D-	-0.2	-0.015
C-	-1.1	-0.015
B-	-1	0
A	0	0
B	1	0
C	1.1	0.015
D	0.2	0.015
E	0.2	0.025

☒ Symmetric

Type

☐ Force - Displacement

☒ Stress - Strain

Hinge Length

☒ Relative Length

Hysteresis Type And Parameters

Hysteresis Type

No Parameters Are Required For This Hysteresis Type

Load Carrying Capacity Beyond Point E

☒ Drops To Zero

☐ Is Extrapolated

Scaling for Stress and Strain

☒ Use Yield Stress Stress SF Positive Negative

☐ Use Yield Strain (Steel Objects Only) Strain SF Positive Negative

Acceptance Criteria (Plastic Strain/SF)

☒ Immediate Occupancy Positive Negative

☐ Life Safety Positive Negative

☐ Collapse Prevention Positive Negative

☐ Show Acceptance Criteria on Plot

OK Cancel

Gambar 3. 34 Sendi plastis pada strat

4. Memasang *Hinges* pada elemen struktur

klik pada menu bar **Assign - Frame - Hinges**. Kolom menggunakan derajat kebebasan P-M2-M3, balok menggunakan momen M3 dan strat menggunakan Axial P. Untuk nilai beban P dan V gunakan *Load Case* beban gravitasi yang sudah didefinisikan sebelumnya. Sendi plastis diterapkan pada kedua ujung elemen struktur (*Relative Distance* 0,05 dan 0,95). Sendi plastis pada kolom diletakkan pada ujung kolom, sendi plastis balok diletakkan pada ujung dan sendi plastis strat ditempatkan pada ujung dan tengah bentang.

5. Mendefinisikan *Load Case* untuk analisa statik non-linier *pushover*

Untuk *Initial Conditions* digunakan *Continue from state at end of nonlinear case* beban gravitasi yang sudah didefinisikan sebelumnya. Tipe beban yang digunakan yaitu *Accel* dalam arah UX dengan skala faktor 1. Untuk parameter lainnya gunakan *Displacement Control* dengan *monitored displacement magnitude* minimal sebesar 2 % dari ketinggian total bangunan. Perpindahan yang dimonitor adalah pada titik atap bangunan dalam arah U1. Pada pilihan *Results Saved* pilih *Multiple States* antara 10 hingga 100 langkah. Parameter nonlinier lainnya dibiarkan default. Berikut tampilan dari *Load Case pushover*.

Load Case Data - Nonlinear Static

Load Case Name: Pushover [Set Def Name] Notes: [Modify/Show...]

Load Case Type: Static [Design...]

Initial Conditions:

☐ Zero Initial Conditions - Start from Unstressed State

☒ Continue from State at End of Nonlinear Case [BEBAN GRAV]

Important Note: Loads from this previous case are included in the current case

Analysis Type:

☐ Linear

☒ Nonlinear

☐ Nonlinear Staged Construction

Modal Load Case:

All Modal Loads Applied Use Modes from Case: MODAL

Geometric Nonlinearity Parameters:

☒ None

☐ P-Delta

☐ P-Delta plus Large Displacements

Mass Source: Previous

Loads Applied:

Load Type	Load Name	Scale Factor
Accel	UX	1.
Accel	UX	1.

[Add] [Modify] [Delete]

Other Parameters:

Load Application: [Displ Control] [Modify/Show...]

Results Saved: [Multiple States] [Modify/Show...]

Nonlinear Parameters: [Default] [Modify/Show...]

[OK] [Cancel]

Gambar 3. 35 Load case pushover

6. Lalu dilakukan *Run* analisis model struktur

Lakukan *run* model kembali dengan menggunakan *Load Case* beban mati, beban hidup, beban gravitasi, *Modal* dan *pushover*. Periksa kembali pastikan tidak terjadi masalah saat iterasi *Load Case pushover*.

7. Periksa hasil analisis *pushover*.

BAB IV

HASIL ANALISIS DAN PEMBAHASAN

4.1 Analisis Struktur

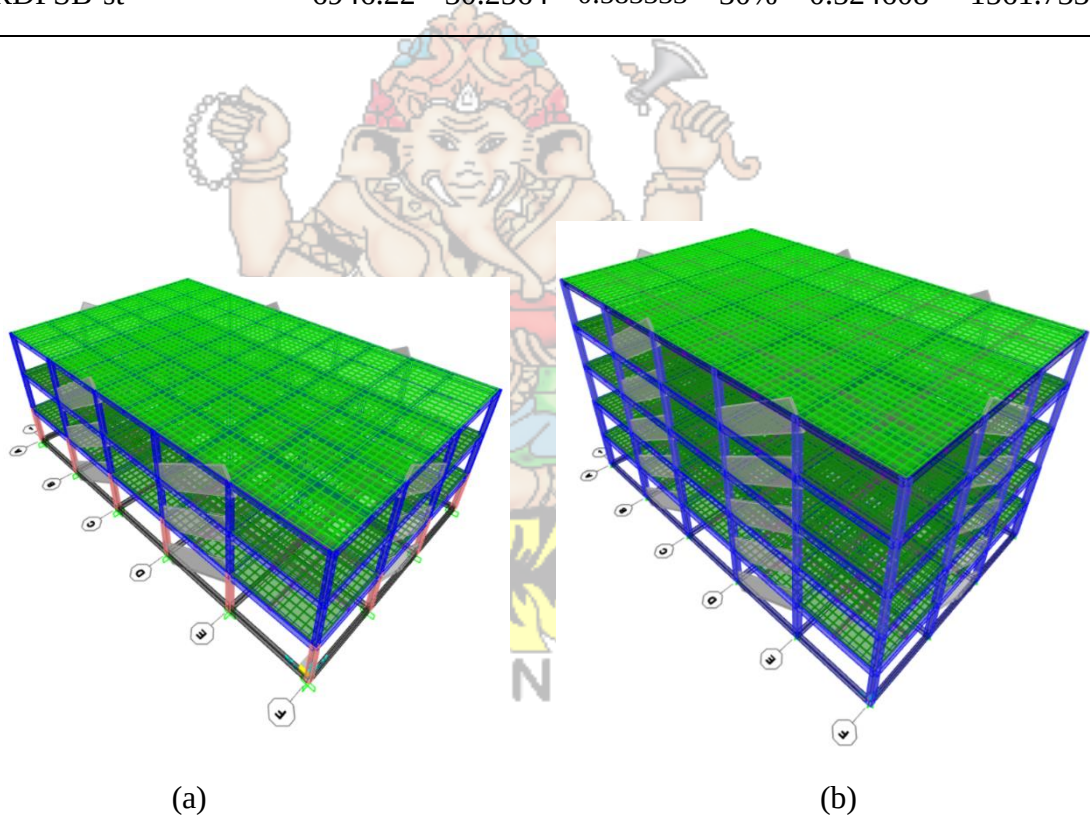
Pada bab ini akan diuraikan hasil dari analisis perilaku dan kinerja yang terjadi pada struktur gedung beton bertulang dengan dan tanpa pasangan dinding pengisi berlubang terhadap beban gempa. Hasil dari analisis perilaku struktur yaitu simpangan maksimum, simpangan antar lantai dan *drift ratio* struktur, sedangkan hasil dari analisis kinerja struktur yaitu berupa kurva *pushover*, target perpindahan dan level kinerja.

4.2 Model Aplikasi

Model Aplikasi yang dibuat ada 2 variasi lantai yaitu gedung kantor tiga dan lima lantai yang berlokasi di Kota Mataram, Lombok. Dibuat 3 variasi model struktur yaitu Rangka Terbuka (RT), Rangka dengan Dinding Pengisi Solid (RDPS), dan Rangka dengan Dinding Pengisi Berlubang (RDPB). Pemodelan pada aplikasi SAP2000 dapat dilihat pada Gambar 4.1, dengan lebar strat disajikan pada Tabel 4.1 berdasarkan rumus persamaan 2.13 pada tinjauan pustaka.

Tabel 4. 1 Lebar Strat Diagonal Model Aplikasi

MODEL	Data						
	F'c (Mpa)	d (mm)	θ°	Tan θ°	r (%)	C	Wco (mm)
RDPS-st	25	6946.22	30.2564	0.58333	0	1.045	1736.5555
RDPSB-st		6946.22	30.2564	0.583333	30%	0.524608	1561.733

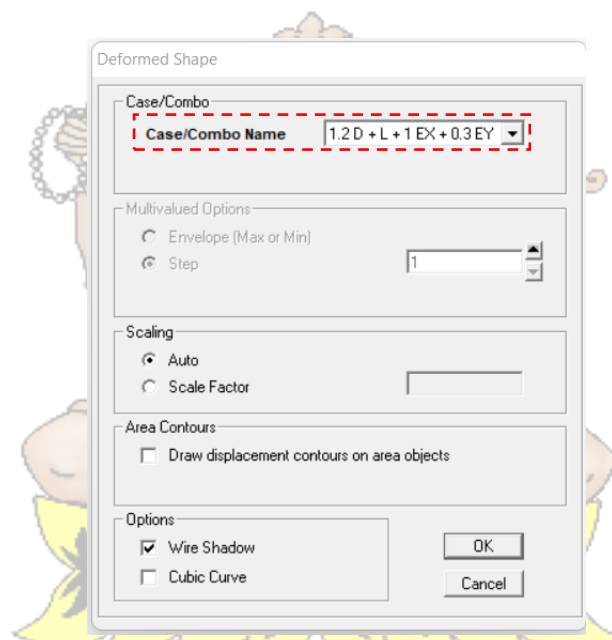


Gambar 4. 1 Model aplikasi gedung (a) M3-st dan (b) M5-st

4.3 Hasil Analisis Prilaku Struktur

4.3.1. Simpangan Antar Lantai

Simpangan yang terjadi pada struktur dapat diketahui dengan menu **Display – Show Deformed Shape**, kemudia akan muncul tampilan seperti gambar 4.2, untuk mencari simpangan pada arah X pilih combo yang bernilai X terbesar pada *Case/Combo load* yaitu combo $1,2D + 1,0L + 1,0 EX + 0,3 EY$ lalu *klik* OK.



Gambar 4. 2 Tampilan *Deformed Shape*

Pada simpangan gempa arah Y, dicari dengan cara yang sama namun pada *Case/Combo load* pilih combo yang bernilai Y paling besar yaitu $1,2D + 1,0L + 1,0 EY + 0,3 EX$, lalu *klik* OK.

Besaran simpangan yang terjadi antar tingkat juga dapat ditampilkan pada tabel, dengan memilih terlebih dahulu joint yang akan dijadikan patokan yaitu pertemuan anantara balok dan kolom, lalu pada menu bar klik **Display – Show**

Table – Analysis Results – Joint Output – Displacement – Add Table

Displacement – Select Load Case (pilih kombinasi beban gempa arah X dan Y terbesar) – lalu klik OK. Pada tabel tersebut akan didapatkan nilai U1 dan U2 yang dimana nilai tersebut merupakan perpindahan elastis yang dihitung berdasarkan kombinasi gaya gempa arah X dan Y terbesar.

Untuk mendapatkan simpangan antar tingkat perlu dilakukan perhitungan kembali, berikut rumus mencari simpangan antar tingkat:

$$C_d = 5,5$$

$$I_e = 1,0$$

$$\Delta a = 0,020h_{sx}$$

$$\delta = C_d \cdot \delta_e I_e$$

$$\Delta 1 = \delta 1 - \Delta a$$

$$\Delta 2 = (\delta e2 - \delta e1) \cdot C_d \cdot \delta e / I_e \leq \Delta a$$

$$\Delta 3 = (\delta e3 - \delta e2) \cdot C_d \cdot \delta e / I_e \leq \Delta a$$

$$\Delta 4 = (\delta e4 - \delta e3) \cdot C_d \cdot \delta e / I_e \leq \Delta a$$

$$\Delta 5 = (\delta e5 - \delta e4) \cdot C_d \cdot \delta e / I_e \leq \Delta a$$

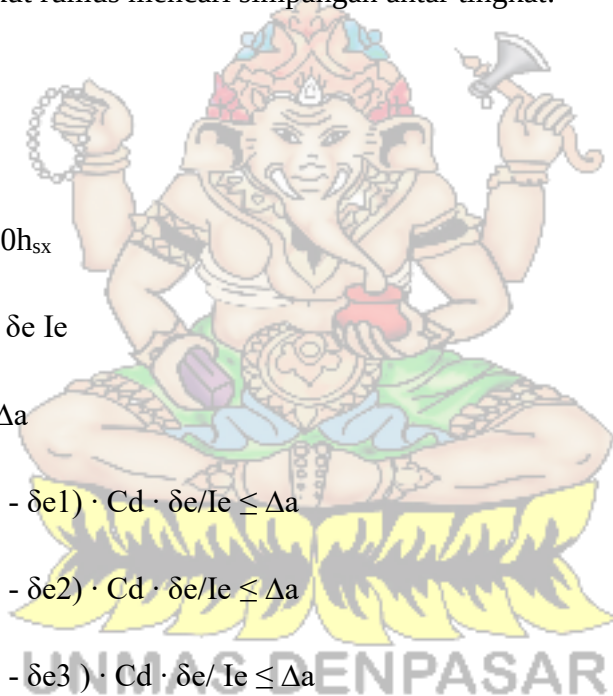
Keterangan:

C_d : Faktor amplifikasi defleksi

I_e : Faktor keutamaan

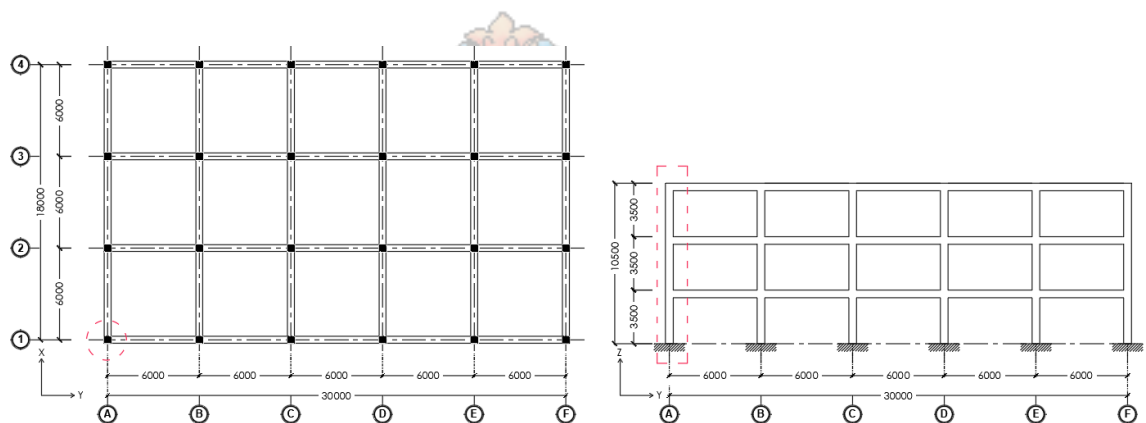
Δa : Simpangan izin antar lantai

h_{sx} : Tinggi setiap tingkat (lantai)



- δ : Perpindahan yang diperbesar
- δ_e : Perpindahan elastis yang dihitung gaya gempa desain tingkat kekuatan
- δ_x : Simpangan antar tingkat (lantai)

4.3.1.1. Struktur M3RT, M3RDPS-sh, M3RDPB- sh, M3RDPS- st, dan M3RDPB- st



Gambar 4. 3 Titik joint simpangan gedung 3 lantai

Joint yang dipakai untuk mencari simpangan dapat dipilih pada model struktur, untuk model ini dipakai joint pada kolom yang berada pada grid 1-A yaitu dengan label 1, 25, 49, dan 73, dapat dilihat pada Gambar 4.3. Nilai simpangan yang didapatkan dari aplikasi SAP akan diolah untuk mendapatkan nilai simpangan antar lantai. Simpangan yang akan dicari yaitu untuk struktur M3RT, M3RDPS-sh, M3RDPB-sh, M3RDPS-st, dan M3RDPB-st. berikut hasil perhitungan simpangan ditampilkan melalui tabel.

Tabel 4. 2 Simpangan antar lantai struktur M3RT

Tingkat Lantai	Joint	Hsx (mm)	δX (mm)	δY (mm)	ΔX (mm)	ΔY (mm)	Simpangan Antar Tingkat Ijin (Δa)
3	73	3500	18.414	18.074	27.020	26.267	70
2	49	3500	13.501	13.299	44.876	44.428	70
1	25	3500	5.342	5.221	29.380	28.714	70
Dasar	1	0	0	0	0	0	0

Tabel 4. 3 Simpangan antar lantai struktur M3RDPS-sh

Tingkat Lantai	Joint	Hsx (mm)	δX (mm)	δY (mm)	ΔX (mm)	ΔY (mm)	Simpangan Antar Tingkat Ijin (Δa)
3	73	3500	8.377	5.324	11.313	7.036	70
2	49	3500	6.320	4.045	18.765	11.752	70
1	25	3500	2.908	1.908	15.994	10.494	70
Dasar	1	0	0	0	0	0	0

Tabel 4. 4 Simpangan antar lantai struktur M3RDPB-sh

Tingkat Lantai	Joint	Hsx (mm)	δX (mm)	δY (mm)	ΔX (mm)	ΔY (mm)	Simpangan Antar Tingkat Ijin (Δa)
3	73	3500	12.482	9.225	17.611	12.781	70
2	49	3500	9.280	6.901	28.283	20.344	70
1	25	3500	4.138	3.202	22.759	17.612	70
Dasar	1	0	0	0	0	0	0

Tabel 4. 5 Simpangan antar lantai struktur M3RDPS-st

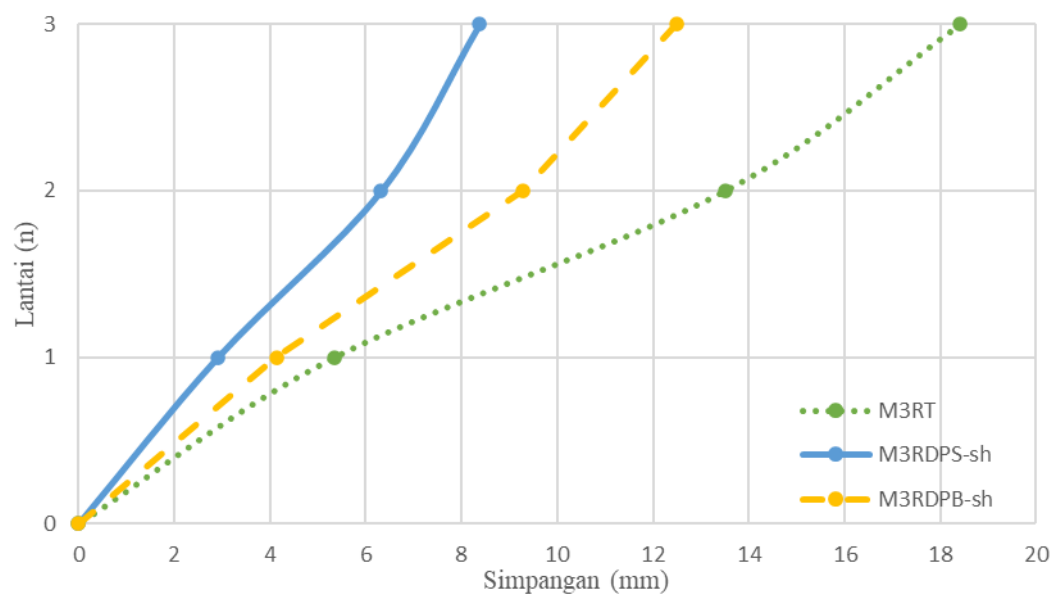
Tingkat Lantai	Joint	Hsx (mm)	δX (mm)	δY (mm)	ΔX (mm)	ΔY (mm)	Simpangan Antar Tingkat Ijin (Δa)
3	73	3500	9.235	5.948	12.618	7.907	70
2	49	3500	6.940	4.511	20.863	13.066	70
1	25	3500	3.147	2.135	17.310	11.742	70
Dasar	1	0	0	0	0	0	0

Tabel 4. 6 Simpangan antar lantai struktur M3RDPB-st

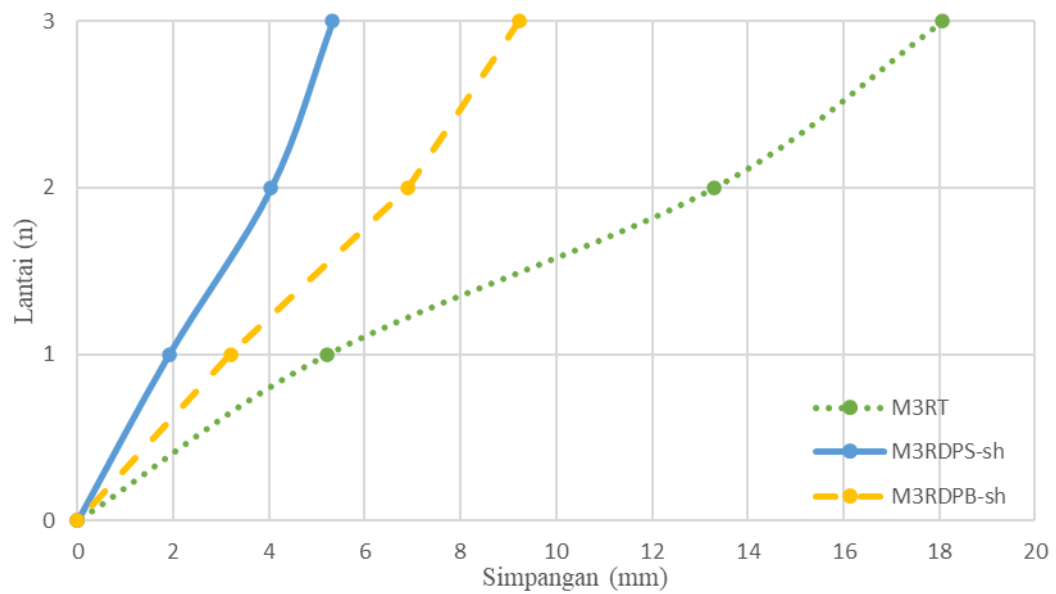
Tingkat Lantai	Joint	Hsx (mm)	δX (mm)	δY (mm)	ΔX (mm)	ΔY (mm)	Simpangan Antar Tingkat Ijin (Δa)
3	73	3500	13.326	10.274	18.503	13.703	70
2	49	3500	9.962	7.783	31.372	23.794	70
1	25	3500	4.258	3.457	23.420	19.012	70
Dasar	1	0	0	0	0	0	0

Semua hasil simpangan antar tingkat yang didapatkan dinyatakan aman, dapat dibuktikan dari hasil simpangan arah X (ΔX) dan simpangan arah Y (ΔY) tidak melebihi dari simpangan antar tingkat ijin (Δa) yaitu dengan rumus $0.020 \cdot h_{sx}$ yaitu bernilai 70 mm. lalu dilanjutkan dengan membuat grafik perbandingan simpangan maksimum dan simpangan antar tingkat untuk model struktur M3RT, M3RDPS-sh, M3RDPB-sh, M3RDPS-st, dan M3RDPB-st.

- a) Grafik Perbandingan Simpangan Maksimum struktur M3RT, M3RDPS-sh, M3RDPB-sh

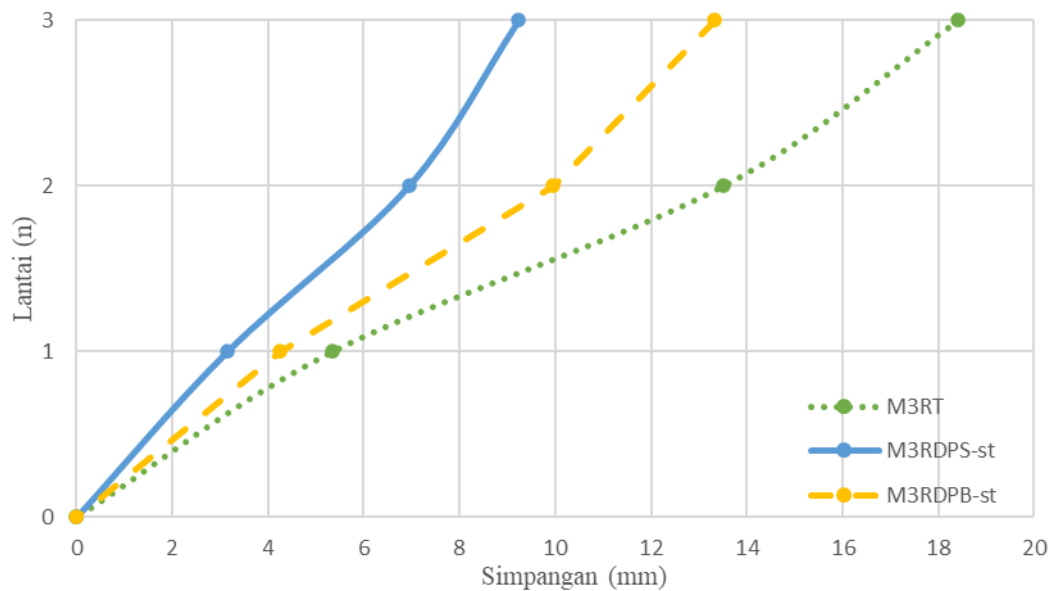


Gambar 4. 4 Grafik simpangan maksimum arah X struktur M3RT, M3RDPS-sh, M3RDPB-sh

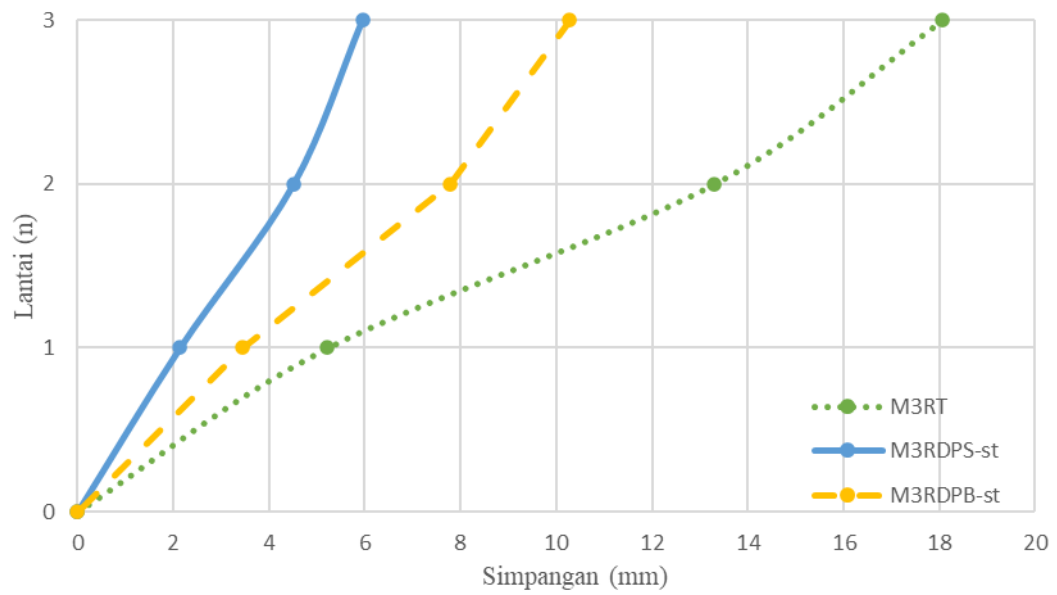


Gambar 4. 5 Grafik simpangan maksimum arah Y struktur M3RT, M3RDPS-sh, M3RDPB-sh

b) Grafik Perbandingan Simpangan Maksimum struktur M3RT, M3RDPS-st M3RDPB-st.

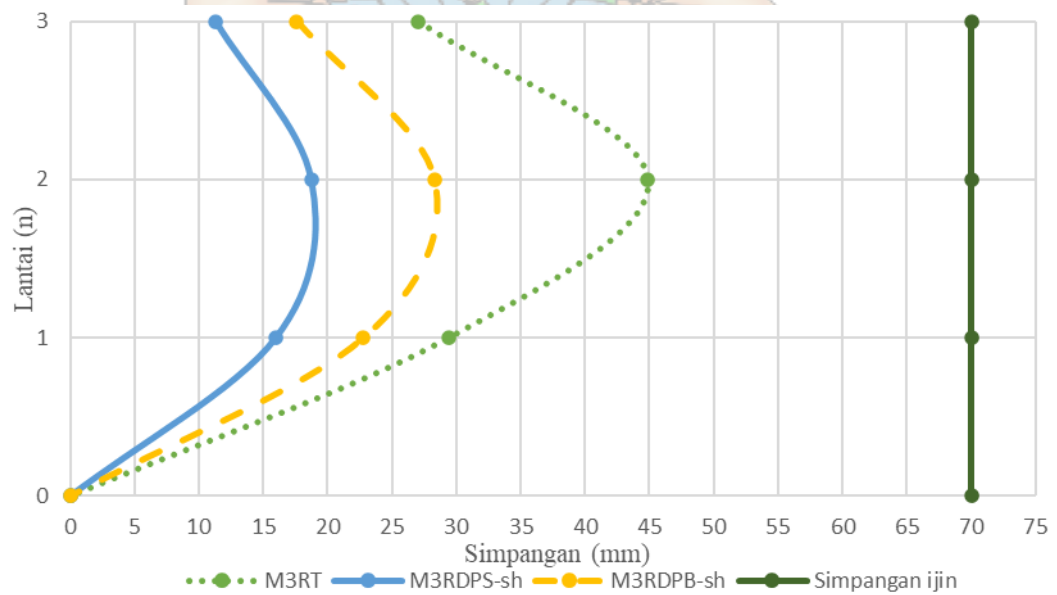


Gambar 4. 6 Grafik simpangan maksimum arah X struktur M3RT, M3RDPS-st M3RDPB-st

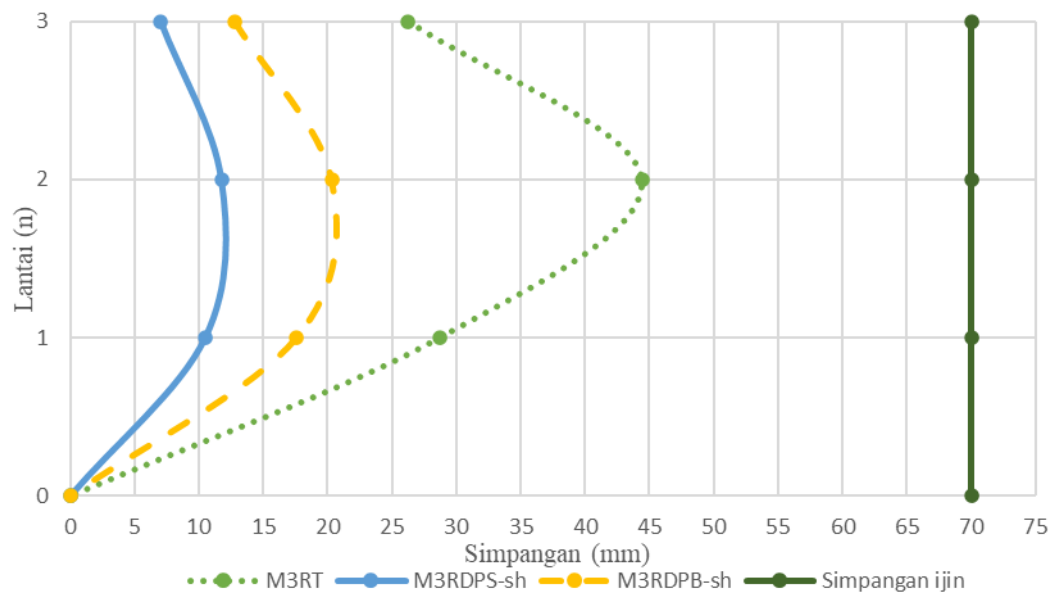


Gambar 4. 7 Grafik simpangan maksimum arah Y struktur M3RT, M3RDPS-st
M3RDPB-st

c) Grafik Perbandingan Simpangan Antar Tingkat struktur M3RT, M3RDPS-sh
M3RDPB-sh.

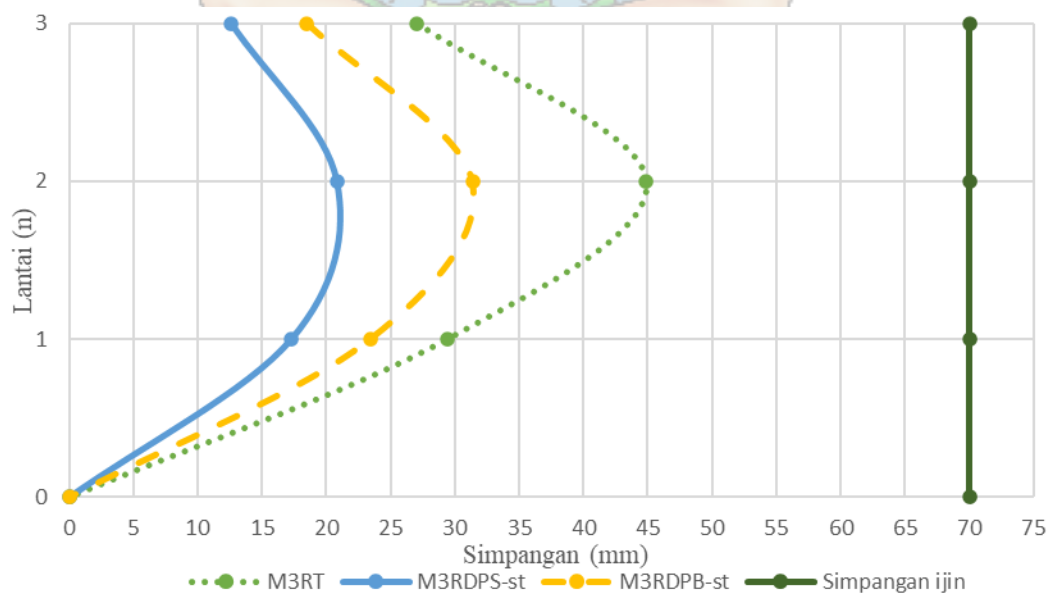


Gambar 4. 8 Grafik simpangan antar tingkat arah X struktur M3RT, M3RDPS-sh
M3RDPB-sh

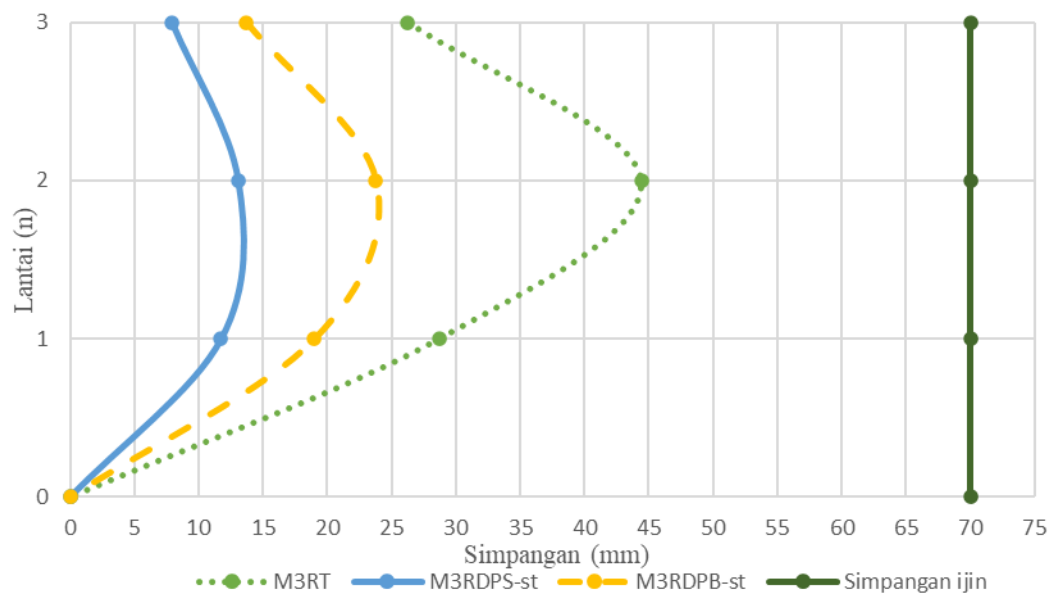


Gambar 4. 9 Grafik simpangan antar tingkat arah Y struktur M3RT, M3RDPS-sh
M3RDPB-sh

d) Grafik Perbandingan Simpangan Antar Tingkat struktur M3RT, M3RDPS-st
M3RDPB-st

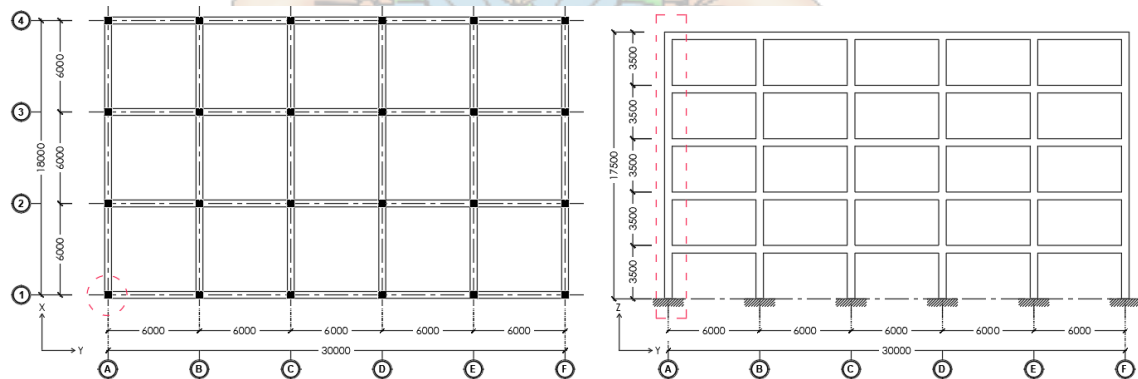


Gambar 4. 10 Grafik simpangan antar tingkat arah X struktur M3RT, M3RDPS-st,
M3RDPB-st



Gambar 4. 11 Grafik simpangan antar tingkat arah Y struktur M3RT, M3RDPS-st, M3RDPB-st

4.3.1.2. Struktur M5RT, M5RDPS-sh, M5RDPB-sh, M5RDPS-st, dan M5RDPB-st



Gambar 4. 12 Titik joint simpangan gedung 5 lantai

Joint yang dipakai untuk mencari simpangan dapat dipilih pada model struktur, untuk model ini dipakai joint pada kolom yang berada pada grid 1-A yaitu dengan label 1, 25, 49, 73, 117, 11310 dapat dilihat pada Gambar 4.12. Nilai simpangan yang didapatkan dari aplikasi SAP akan diolah untuk mendapatkan

nilai simpangan antar lantai. Simpangan yang akan dicari yaitu untuk struktur M5RT, M5RDPS-SH, M5RDPB-SH, M5RDPS-ST, dan M5RDPB-ST. Berikut hasil perhitungan simpangan ditampilkan melalui tabel.

Tabel 4. 7 Simpangan antar lantai struktur M5RT

Tingkat Lantai	Joint	Hsx (mm)	δX (mm)	δY (mm)	ΔX (mm)	ΔY (mm)	Simpangan Antar Tingkat Ijin (Δa)
5	11310	3500	22.447	21.929	13.9049	13.3379	70
4	117	3500	19.919	19.504	24.9466	24.493	70
3	73	3500	15.383	15.051	33.7995	33.1545	70
2	49	3500	9.237	9.023	27.3959	26.6674	70
1	25	3500	4.256	4.174	23.4102	22.9588	70
Dasar	1	0	0	0	0	0	0

Tabel 4. 8 Simpangan antar lantai struktur M5RDPS-sh

Tingkat Lantai	Joint	Hsx (mm)	δX (mm)	δY (mm)	ΔX (mm)	ΔY (mm)	Simpangan Antar Tingkat Ijin (Δa)
5	11310	3500	13.389	9.344	8.145	5.666	70
4	117	3500	11.908	8.314	14.178	9.732	70
3	73	3500	9.331	6.545	18.756	12.699	70
2	49	3500	5.921	4.236	17.145	12.121	70
1	25	3500	2.803	2.032	15.418	11.175	70
Dasar	1	0	0	0	0	0	0

Tabel 4. 9 Simpangan antar lantai struktur M5RDPB-sh

Tingkat Lantai	Joint	Hsx (mm)	δX (mm)	δY (mm)	ΔX (mm)	ΔY (mm)	Simpangan Antar Tingkat Ijin (Δa)
5	11310	3500	17.605	14.080	10.602	8.391	70
4	117	3500	15.677	12.554	18.749	14.648	70
3	73	3500	12.268	9.891	25.184	19.547	70
2	49	3500	7.689	6.337	22.353	18.161	70
1	25	3500	3.625	3.035	19.939	16.693	70
Dasar	1	0	0	0	0	0	0

Tabel 4. 10 Simpangan antar lantai struktur M5RDPS-st

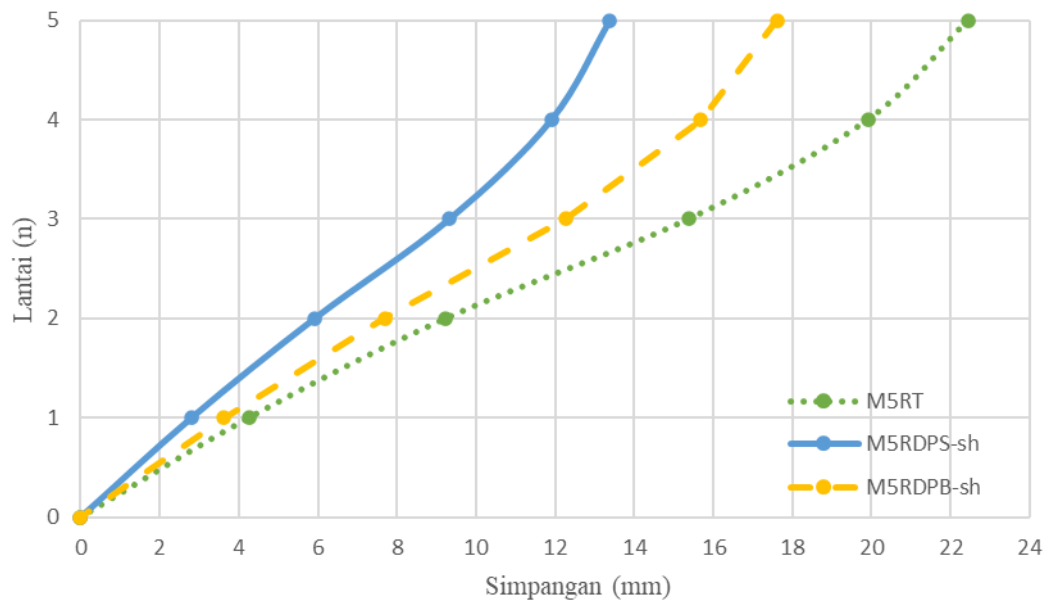
Tingkat Lantai	Joint	Hsx (mm)	δX (mm)	δY (mm)	ΔX (mm)	ΔY (mm)	Simpangan Antar Tingkat Ijin (Δa)
5	11310	3500	14.303	10.111	8.759	6.213	70
4	117	3500	12.711	8.981	15.338	10.679	70
3	73	3500	9.922	7.040	20.266	13.830	70
2	49	3500	6.237	4.525	18.214	13.006	70
1	25	3500	2.926	2.160	16.091	11.882	70
Dasar	1	0	0	0	0	0	0

Tabel 4. 11 Simpangan antar lantai struktur M5RDPB-st

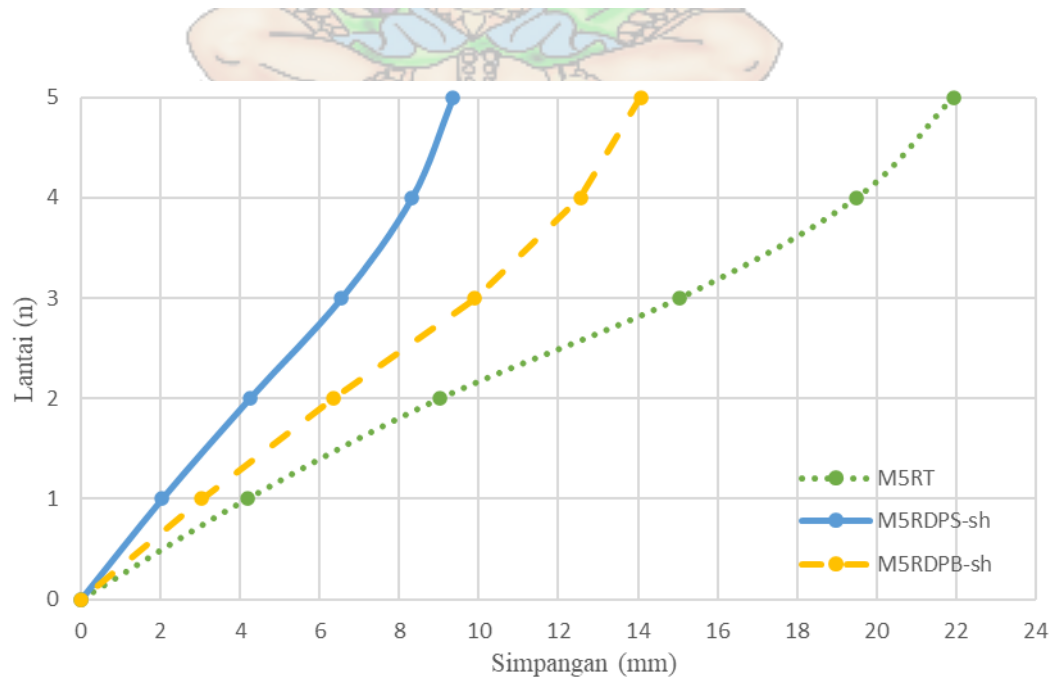
Tingkat Lantai	Joint	Hsx (mm)	δX (mm)	δY (mm)	ΔX (mm)	ΔY (mm)	Simpangan Antar Tingkat Ijin (Δa)
5	11310	3500	18.355	15.199	10.933	8.859	70
4	117	3500	16.367	13.588	19.920	16.241	70
3	73	3500	12.745	10.635	26.928	21.880	70
2	49	3500	7.849	6.657	23.028	19.287	70
1	25	3500	3.662	3.150	20.142	17.324	70
Dasar	1	0	0	0	0	0	0

Simpangan antar tingkat yang didapatkan dinyatakan aman, dapat dibuktikan dari hasil simpangan arah X (ΔX) dan simpangan arah Y (ΔY) tidak melebihi dari simpangan antar tingkat ijin (Δa) yaitu dengan rumus $0.020 \cdot h_{sx}$ dengan nilai 70 mm. lalu dilanjutkan dengan membuat grafik perbandingan simpangan maksimum dan simpangan antar tingkat untuk model struktur M3RT, M3RDPS-sh, M3RDPB-sh, M3RDPS-st, dan M3RDPB-st.

a) Grafik Perbandingan Simpangan Maksimum struktur M5RT, M5RDPS-sh, M5RDPB-sh

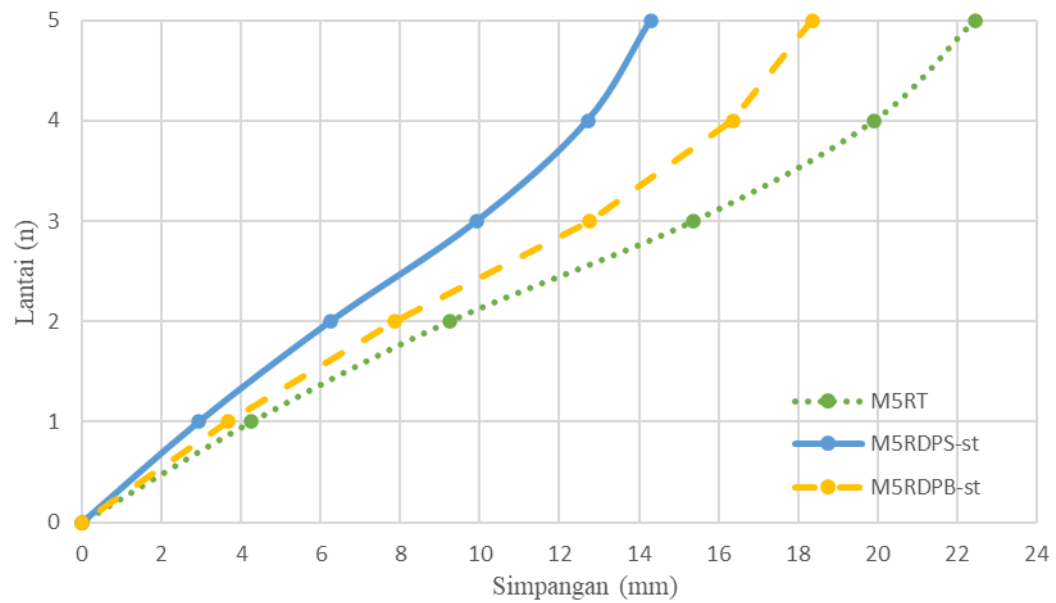


Gambar 4. 14 Grafik simpangan maksimum arah X struktur M5RT, M5RDPS-sh, M5RDPB-sh

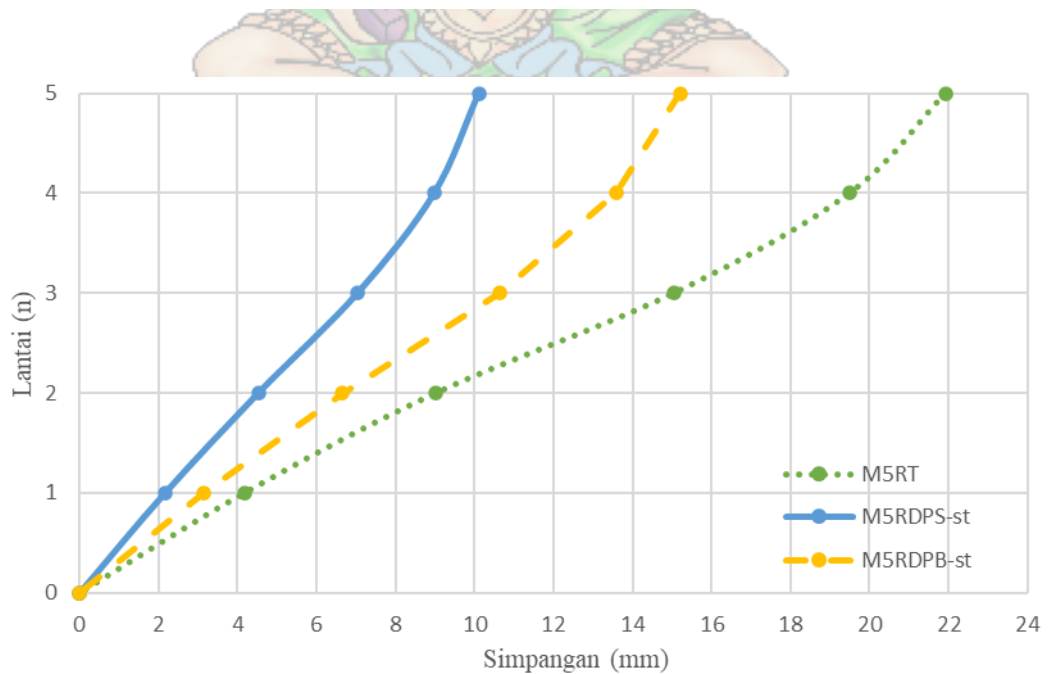


Gambar 4. 13 Grafik simpangan maksimum arah Y struktur M5RT, M5RDPS-sh, M5RDPB-sh

b) Grafik Perbandingan Simpangan Maksimum struktur M5RT, M5RDPS-st, M5RDPB-st

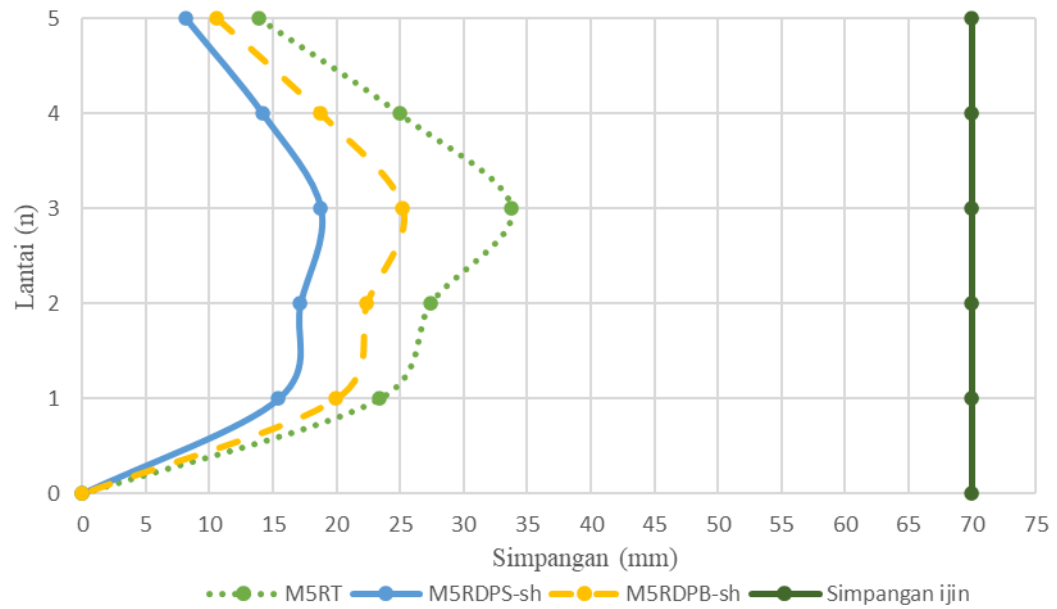


Gambar 4. 15 Grafik simpangan maksimum arah X struktur M5RT, M5RDPS-st, M5RDPB-st

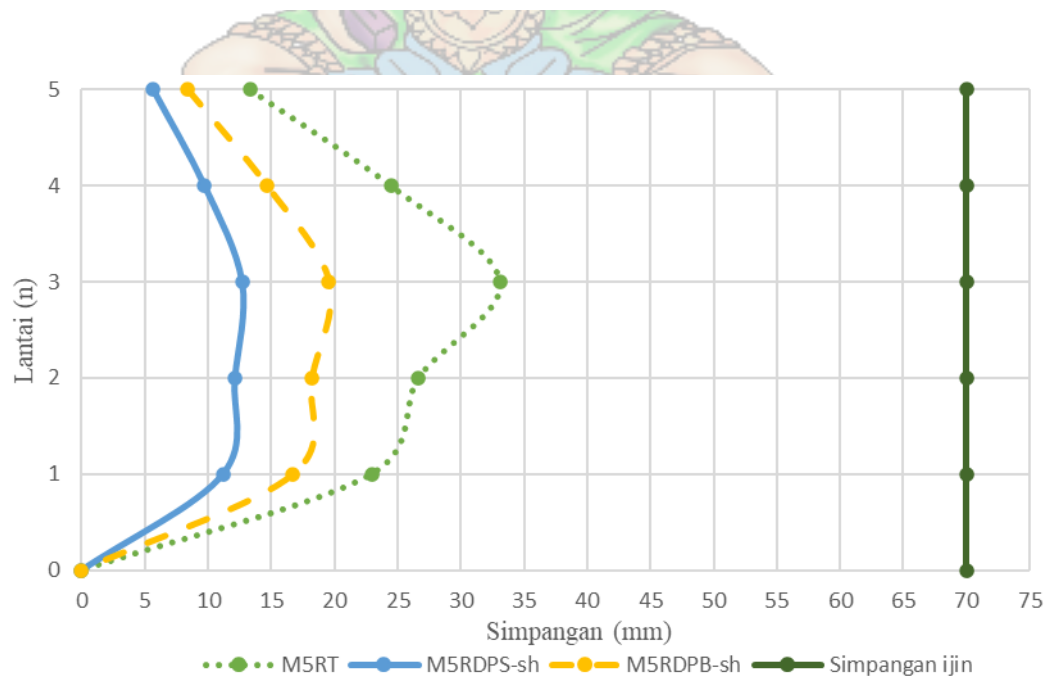


Gambar 4. 16 Grafik simpangan maksimum arah Y struktur M5RT, M5RDPS-st, M5RDPB-st

c) Grafik Perbandingan Simpangan Antar Tingkat struktur M5RT, M5RDPS-sh, M5RDPB-sh

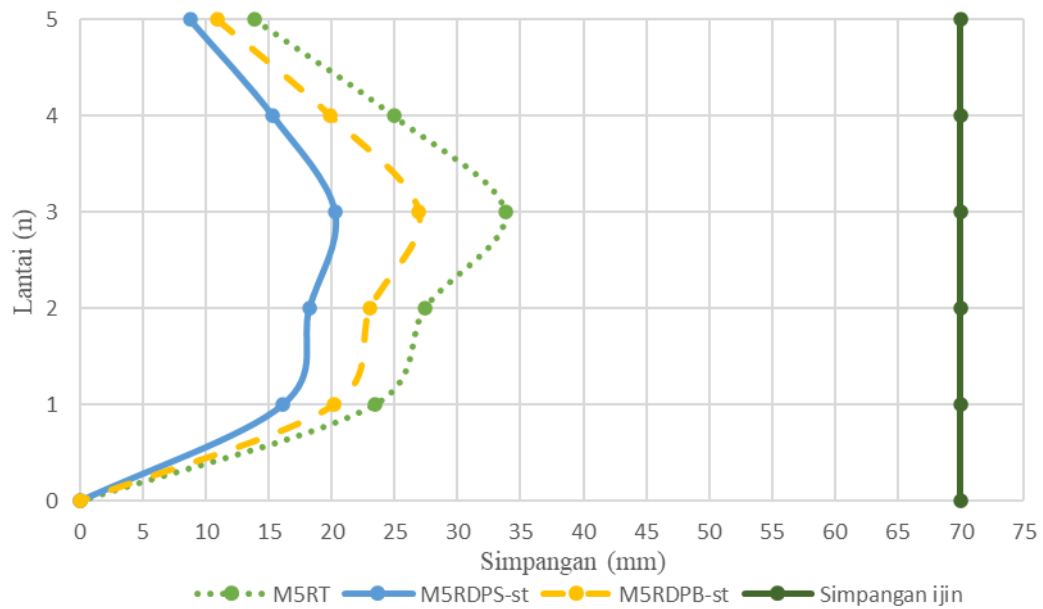


Gambar 4. 17 Grafik simpangan antar tingkat arah X struktur M5RT, M5RDPS-sh M5RDPB-sh

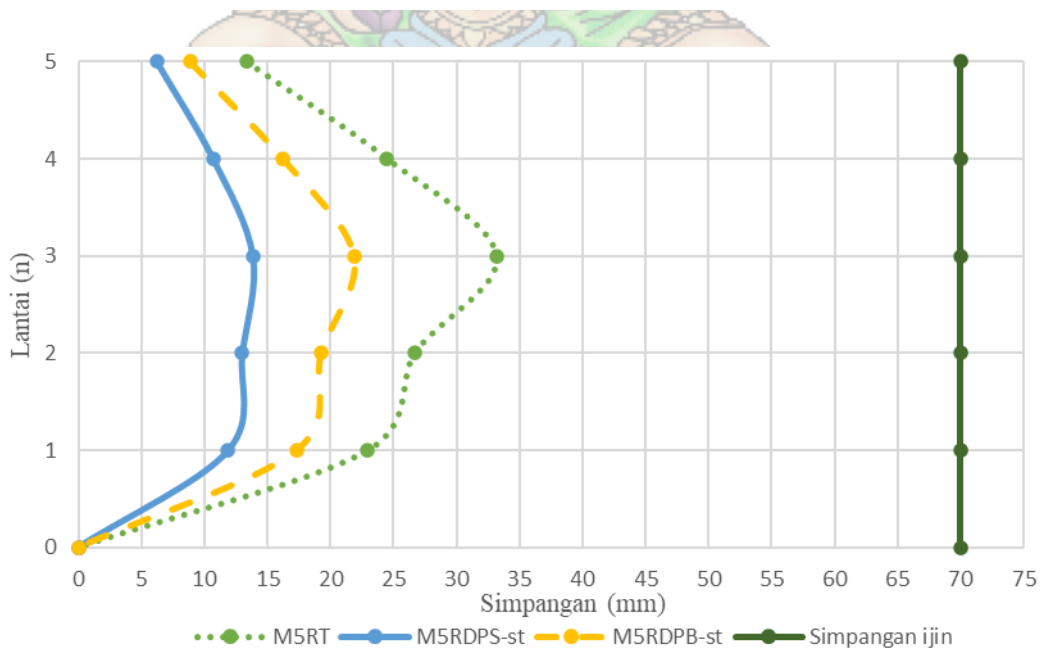


Gambar 4. 18 Grafik simpangan antar tingkat arah Y struktur M5RT, M5RDPS-sh M5RDPB-sh

d) Grafik Perbandingan Simpangan Antar Tingkat struktur M5RT, M5RDPS-st, M5RDPB-st



Gambar 4. 20 Grafik simpangan antar tingkat arah X struktur M5RT, M5RDPS-st, M5RDPB-st



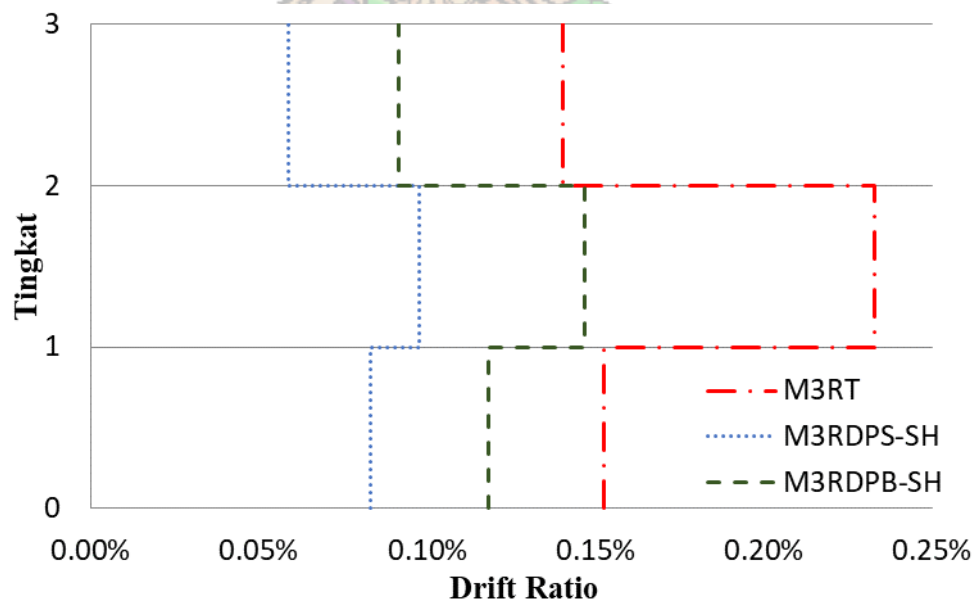
Gambar 4. 19 Grafik simpangan antar tingkat arah Y struktur M5RT, M5RDPS-st, M5RDPB-st

4.3.2. Drift Ratio

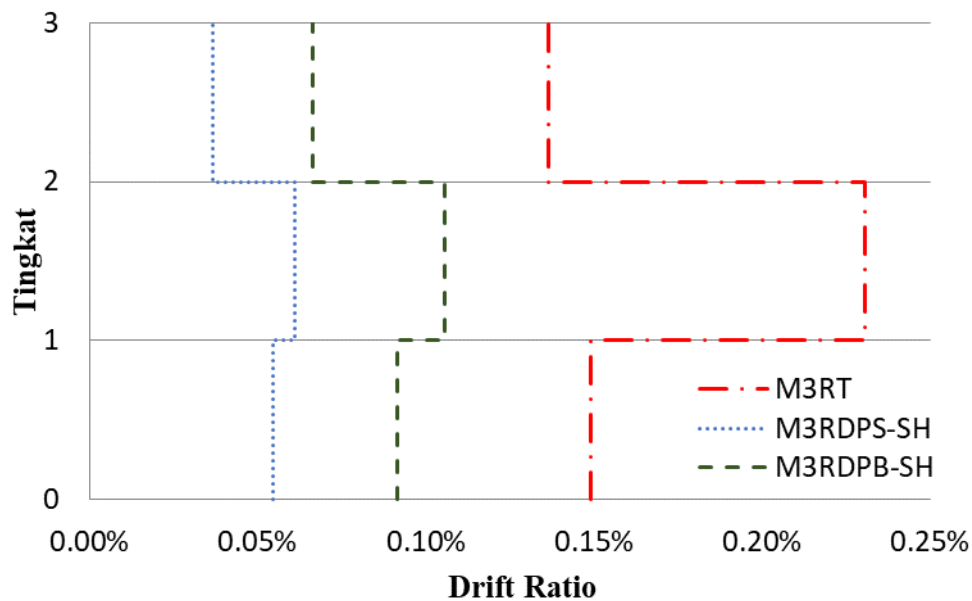
Drift ratio (Dr) adalah rasio simpangan antar tingkat (Δ) dengan tinggi tingkat (hsx). Pada gambar 4.21 sampai 4.28, terlihat bahwa pada struktur RDPS dan RDPB terjadi penurunan *drift ratio* pada setiap tingkat jika dibandingkan dengan struktur RT, dimana struktur RDPS memiliki *drift ratio* yang paling kecil dari model lainnya. Ini menandakan bahwa dengan penambahan dinding pengisi pada struktur dapat memperkecil *drift ratio* pada struktur tersebut.

4.3.2.1. Struktur M3RT, M3RDPS-sh, M3RDPB-sh, M3RDPS-st, dan M3RDPB-st

a) Grafik *drift ratio* struktur M3RT, M3RDPS-sh, M3RDPB-sh



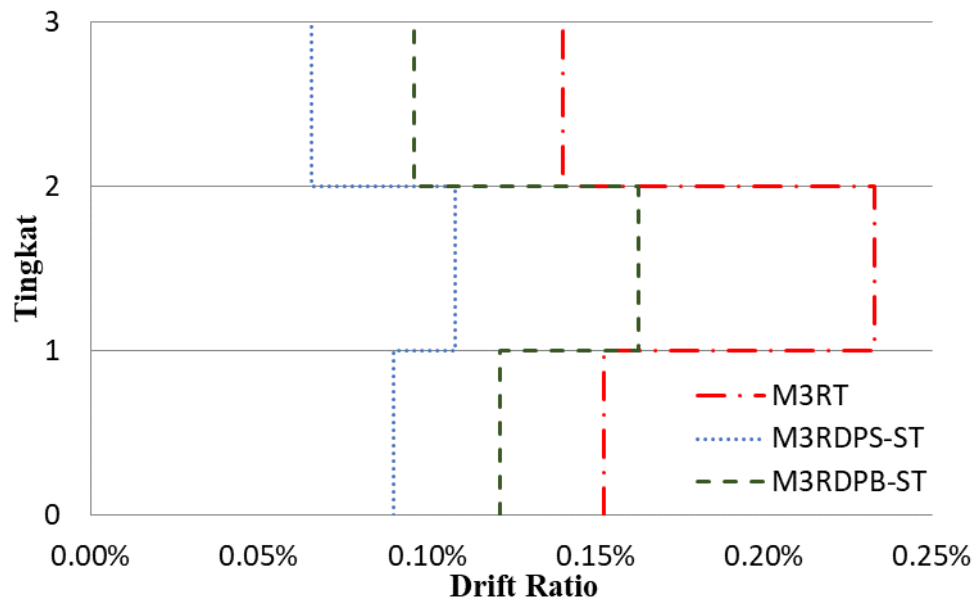
Gambar 4. 21 Grafik *drift ratio* arah X struktur M3RT, M3RDPS-sh, dan M3RDPB-sh



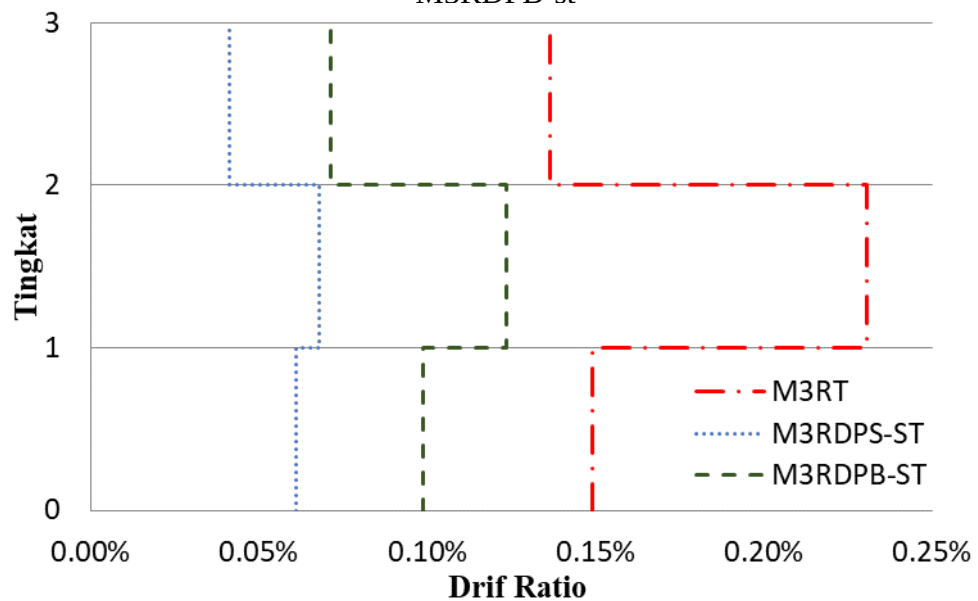
Gambar 4. 22 Grafik *drift ratio* arah Y struktur M3RT, M3RDPS-sh, dan M3RDPB-sh

Dapat dilihat pada gambar 4.21 dan 4.22 pada struktur gedung 3 lantai *drift ratio* terbesar terjadi pada lantai 2 yang dimana untuk arah X *drift ratio* terbesar dimiliki oleh struktur M3RT dengan nilai 0.2331%, pada struktur M3RDPS-sh mengalami penurunan *drift ratio* dengan nilai 0.0975% dan untuk struktur M3RDPB-sh juga terjadi penurunan dengan nilai 0.1469%. Untuk arah Y juga mendapatkan hasil yang sama yaitu *drift ratio* terbesar dimiliki oleh struktur M3RT dengan nilai 0.2308%, pada struktur M3RDPS-sh mengalami penurunan *drift ratio* dengan nilai 0.0610% dan untuk struktur M3RDPB-sh juga terjadi penurunan dengan nilai 0.1057%. Dari hasil yang didapatkan dapat disimpulkan bahwa penambahan dinding pengisi pada struktur akan memperkecil nilai *drift ratio* pada struktur tersebut.

b) Grafik *drift ratio* struktur M3RT, M3RDPS-st, M3RDPB-st



Gambar 4. 23 Grafik *drift ratio* arah X struktur M3RT, M3RDPS-st, dan M3RDPB-st



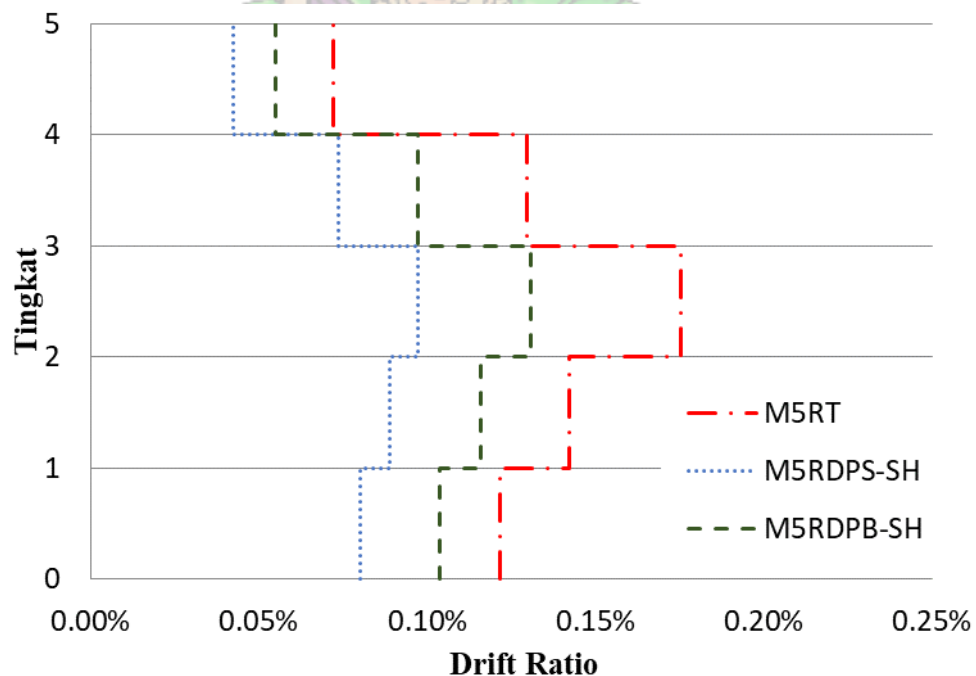
Gambar 4. 24 Grafik *drift ratio* arah Y struktur M3RT, M3RDPS-st, dan M3RDPB-st

Dapat dilihat pada gambar 4.23 dan 4.24 pada struktur gedung 3 lantai *drift ratio* terbesar terjadi pada lantai 2 yang dimana untuk arah X *drift ratio* terbesar dimiliki oleh struktur M3RT dengan nilai 0.2331%, pada struktur M3RDPS-st

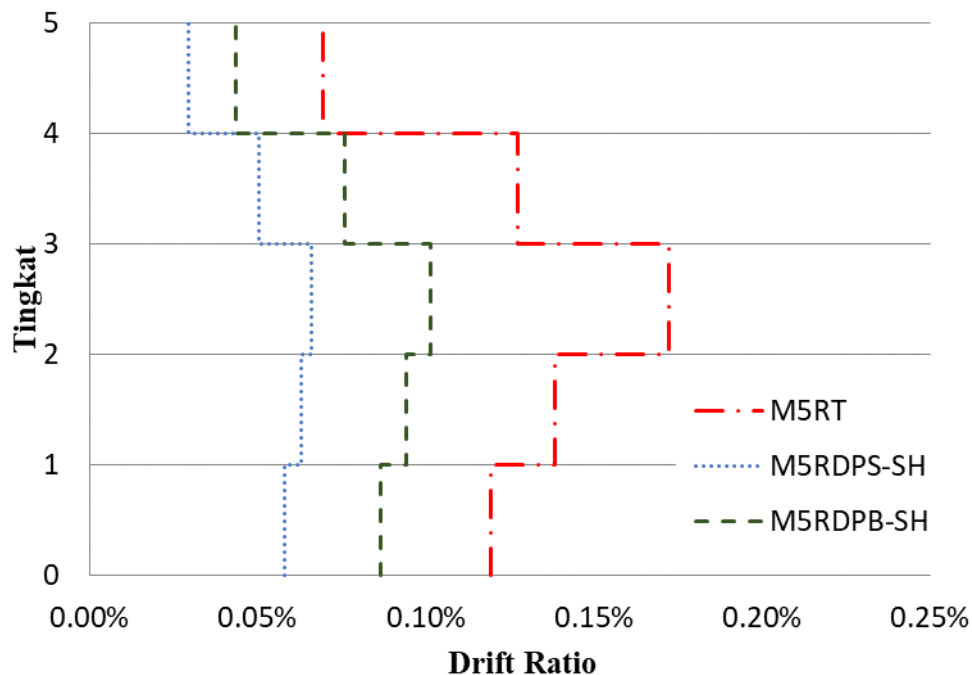
mengalami penurunan *drift ratio* dengan nilai 0.1084% dan untuk struktur M3RDPB-st juga terjadi penurunan dengan nilai 0.1630%. Untuk arah Y juga mendapatkan hasil yang sama yaitu *drift ratio* terbesar dimiliki oleh struktur M3RT dengan nilai 0.2308%, pada struktur M3RDPS-st mengalami penurunan *drift ratio* dengan nilai 0.0679% dan untuk struktur M3RDPB-st juga terjadi penurunan dengan nilai 0.1236%. Dari hasil yang didapatkan dapat disimpulkan bahwa penambahan dinding pengisi pada struktur akan memperkecil nilai *drift ratio* pada struktur tersebut.

4.3.2.2. Struktur M5RT, M5RDPS-sh, M5RDPB-sh, M5RDPS-st, M5RRDPB-st

a) Grafik *drift ratio* struktur M5RT, M5RDPS-sh, M5RDPB-sh

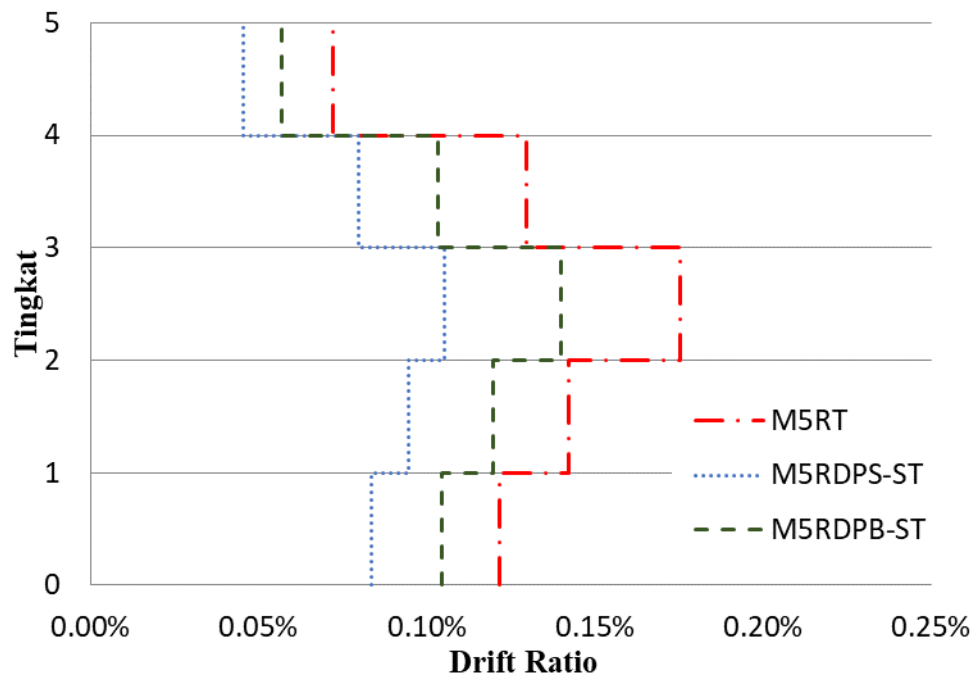
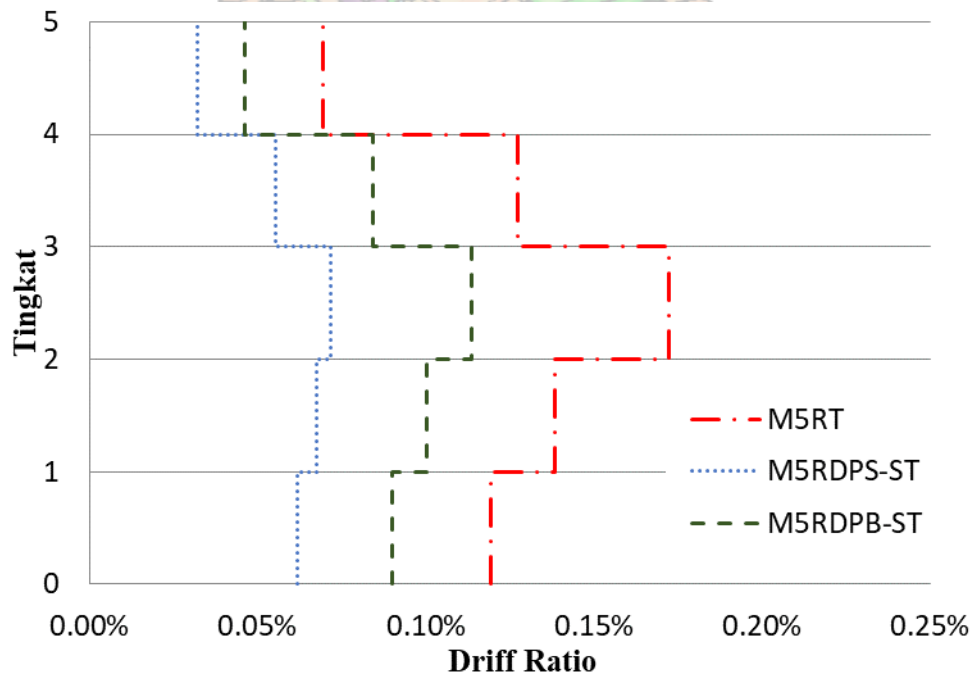


Gambar 4. 25 Grafik *drift ratio* arah X struktur M5RT, M5RDPS-sh, dan M5RDPB-sh



Gambar 4. 26 Grafik *drift ratio* arah Y struktur M5RT, M5RDPS-sh, dan M5RDPB-sh

Dapat dilihat pada gambar 4.25 dan 4.26 pada struktur gedung 5 lantai *drift ratio* terbesar terjadi pada lantai 3 yang dimana untuk arah X *drift ratio* terbesar dimiliki oleh struktur M5RT dengan nilai 0.1756% pada struktur M5RDPS-sh mengalami penurunan *drift ratio* dengan nilai 0.0974% dan untuk struktur M5RDPB-sh juga terjadi penurunan dengan nilai 0.1308%. Untuk arah Y juga mendapatkan hasil yang sama yaitu *drift ratio* terbesar dimiliki oleh struktur M5RT dengan nilai 0.1722% pada struktur M5RDPS-sh mengalami penurunan *drift ratio* dengan nilai 0.0660% dan untuk struktur M5RDPB-sh juga terjadi penurunan dengan nilai 0.1015%. Dari hasil yang didapatkan dapat disimpulkan bahwa penambahan dinding pengisi pada struktur akan memperkecil nilai *drift ratio* pada struktur tersebut.

b) Grafik *drift ratio* struktur M5RT, M5RDPS-st, M5RDPB-stGambar 4. 27 Grafik *drift ratio* arah X struktur M5RT, M5RDPS-st, dan M5RDPB-stGambar 4. 28 Grafik *drift ratio* arah Y struktur M5RT, M5RDPS-st, dan M5RDPB-st

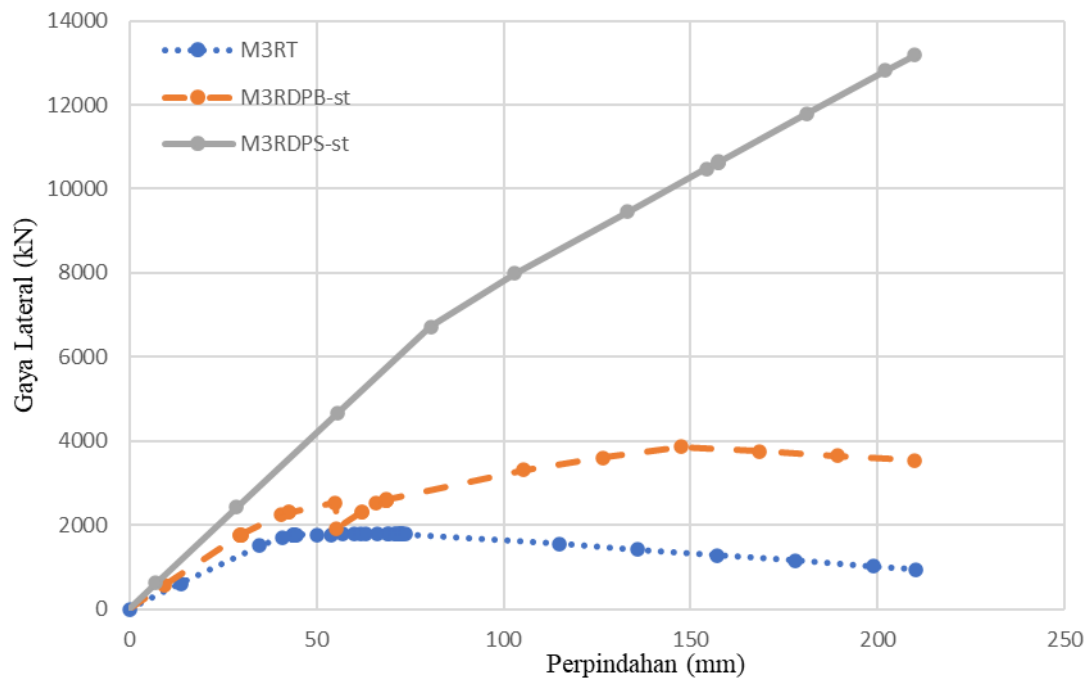
Dapat dilihat pada Gambar 4.27 dan 4.28 pada struktur gedung 5 lantai *drift ratio* terbesar terjadi pada lantai 3 yang dimana untuk arah X *drift ratio* terbesar dimiliki oleh struktur M5RT dengan nilai 0.1756% pada struktur M5RDPS-st mengalami penurunan *drift ratio* dengan nilai 0.0974% dan untuk struktur M5RDPB-st juga terjadi penurunan dengan nilai 0.1308%. Untuk arah Y juga mendapatkan hasil yang sama yaitu *drift ratio* terbesar dimiliki oleh struktur M5RT dengan nilai 0.1722% pada struktur M5RDPS-st mengalami penurunan *drift ratio* dengan nilai 0.0660% dan untuk struktur M5RDPB-st juga terjadi penurunan dengan nilai 0.1015%. Dari hasil yang didapatkan dapat disimpulkan bahwa penambahan dinding pengisi pada struktur akan memperkecil nilai *drift ratio* pada struktur tersebut.

4.4 Hasil Analisis Kinerja Struktur (Pushover)

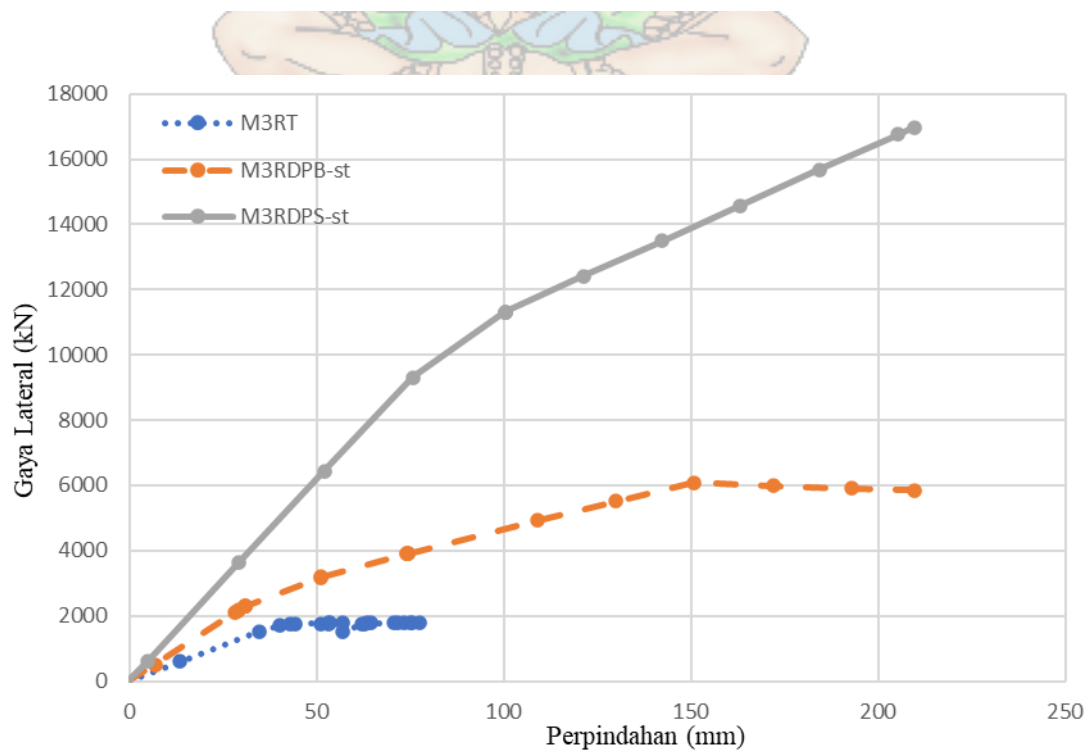
Analisis pushover merupakan lanjutan dari analisis sebelumnya, yang dimana pada perencanaan gedung hanya memperhitungkan kondisi linier atau batas tahan terhadap gempa rencana. Analisis pushover dilakukan untuk mengetahui level kinerja dari struktur gedung yang diberikan beban gempa hingga bangunan tersebut runtuh. Dari analisis tersebut akan didapatkan kurva antara gaya lateral dengan perpindahan yang terjadi pada struktur. Untuk menampilkan tabel perhitungan analisis SAP2000 yaitu: **Display - Show Static Pusover Curve – File - Display Tables.**

4.4.1. Hasil Analisis Struktur M3RT, M3RDPS-st, dan M3RDPB-st

4.4.1.1. Kurva M3RT, M3RDPS-st, dan M3RDPB-st



Gambar 4. 29 Pushover arah X struktur M3RT, M3RDPS-st, dan M3RDPB-st



Gambar 4. 30 Pushover arah Y struktur M3RT, M3RDPS-st, dan M3RDPB-st

Dari Gambar 4.29 dan Gambar 4.30 dapat dilihat perbedanaan kurva pushover dari ketiga model yang ditinjau. Dimana pada struktur M3RDPS-st dan M3RDPB-st memiliki kekakuan yang lebih tinggi jika dibandingkan dengan struktur M3RT. Hal ini menunjukkan bahwa kinerja dari struktur M3RDPS-st dan M3RDPB-st lebih baik dibandingkan dengan struktur M3RT.

4.4.1.2. Target Perpindahan struktur M3RT, M3RDPS-st, dan M3RDPB-st

Metode yang digunakan untuk menentukan target perpindahan adalah metode analisis *Applied Technology Council* (ATC-40) yang sudah terintegrasi dengan aplikasi SAP2000. Dari kurva pushover didapatkan nilai *performance point* berdasarkan fungsi spektrum ragam yang sudah didefinisikan sebelumnya, berdasarkan koordinat gaya geser dasar dan simpangan pada *performance point* maka dapat ditentukan posisi dan perilaku struktur. Nilai *performance point* dapat dilihat sebagai berikut

Tabel 4. 12 Nilai *performance point*

ATC 40		D (mm)	D1 (mm)	V (N)	T _{eff}	B _{eff}	H (mm)	D/H
M3RT		68.369	13.77132	1785882	0.965	0.253	10500	0.006511
M3RDPS-st	arah X	62.66	7.148359	5238869	0.509	0.051	10500	0.005968
M3RDPB-st		55.475	9.460993	1920110	0.805	0.27	10500	0.005283
M3RT		68.817	13.51326	1781855.3	0.967	0.25	10500	0.006554
M3RDPS-st	arah Y	52.062	5.03403	6426284	0.422	0.05	10500	0.004958
M3RDPB-st		57.867	6.816875	3385891	0.625	0.127	10500	0.005511

4.4.1.3. Mekanisme Terjadinya Sendi Plastis M3RT arah X

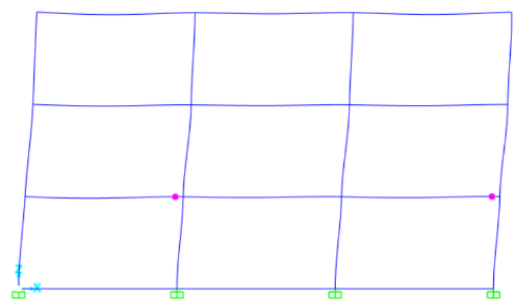
Berikut merupakan mekanisme sendi plastis pada model M3RT arah X yang ditunjukkan sesuai dengan hasil program SAP2000.

Tabel 4. 13 Sendi Plastis M3RT arah X

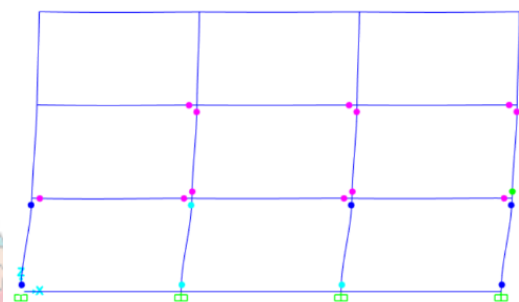
Step	Displacement (mm)	Base Force (N)	A-B	B-IO	IO-LS	LS-CP	CP-C	C-D	D-E	E	Total
0	0.03884	0	808	0	0	0	0	0	0	0	808
1	13.771322	605061.5	804	4	0	0	0	0	0	0	808
2	34.778325	1510068.17	752	56	0	0	0	0	0	0	808
3	40.887011	1711682.39	714	94	0	0	0	0	0	0	808
4	43.491487	1756732.92	692	116	0	0	0	0	0	0	808
5	43.95198	1761467.65	686	122	0	0	0	0	0	0	808
6	43.971643	1761857.5	686	122	0	0	0	0	0	0	808
7	44.008602	1762253.69	686	122	0	0	0	0	0	0	808
8	44.008603	1748408.82	684	124	0	0	0	0	0	0	808
9	44.010703	1748476.62	684	124	0	0	0	0	0	0	808
10	44.348184	1757173.29	684	124	0	0	0	0	0	0	808
11	44.636982	1759195.75	682	126	0	0	0	0	0	0	808
12	50.203215	1769826.87	678	130	0	0	0	0	0	0	808
13	53.906784	1771816.96	676	120	10	0	2	0	0	0	808
14	56.914831	1778937.76	672	106	24	0	6	0	0	0	808
15	60.156217	1782967.9	670	96	36	0	6	0	0	0	808
16	61.776909	1783505.54	670	88	44	0	6	0	0	0	808
17	63.129992	1784713.87	670	88	44	0	6	0	0	0	808
18	66.371377	1785091.72	670	88	38	6	6	0	0	0	808
19	68.829425	1786064.45	670	88	30	14	6	0	0	0	808
20	69.484678	1786513.89	670	88	28	14	6	2	0	0	808
21	71.117054	1788983.34	670	88	16	22	6	6	0	0	808
22	71.120998	1788772.34	670	88	16	22	6	6	0	0	808
23	72.127463	1788495.5	670	88	16	20	6	8	0	0	808
24	72.184883	1788239.8	670	88	16	20	6	8	0	0	808
25	72.34067	1788239.61	670	88	16	18	6	10	0	0	808
26	72.667754	1787642.17	670	88	16	18	6	10	0	0	808
27	72.672574	1787691.08	670	88	16	18	6	10	0	0	808
28	72.672912	1787687.7	670	88	16	18	6	10	0	0	808
29	72.675012	1787781.05	670	88	16	18	6	10	0	0	808
30	73.921312	1786179.69	670	88	14	18	6	12	0	0	808
31	114.862102	1551656.6	670	88	0	0	2	48	0	0	808
32	135.862102	1417465.39	670	88	0	0	2	48	0	0	808
33	156.862102	1283206.02	670	88	0	0	2	48	0	0	808

34	177.862102	1149259.24	670	88	0	0	2	48	0	0	808
35	198.862102	1015267.99	670	88	0	0	2	48	0	0	808
36	210.03884	944674.61	670	88	0	0	2	48	0	0	808

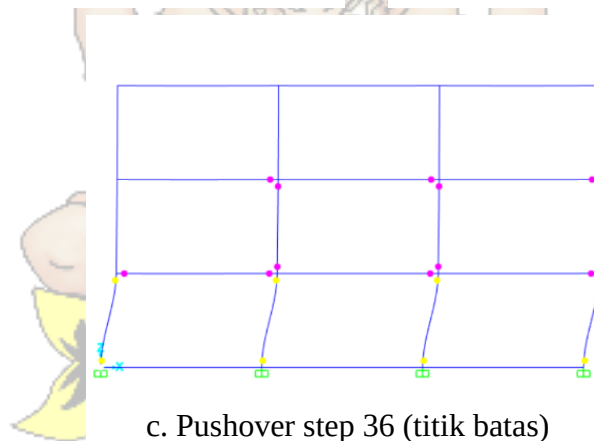
Titik Leleh
 Titik Kinerja
 Titik Batas



c. Pushover step 4 (titik kinerja)



b. Pushover step 1 (titik leleh)



c. Pushover step 36 (titik batas)

Gambar 4. 31 Sendi Plasti pada model M5RT arah x

Pada Tabel 4.13 dan gambar 4.31 menunjukkan bahawa kinerja struktur sudah mencapai titik C (titik runtuh). Leleh pertama terjadi pada balok lantai 1 (step 1). Kondisi titik kinerja terjadi pada step 4 sebagian besar komponen struktur balok telah mencapai kondisi B (titik leleh) dan pada kolom lantai 1 telah terjadi kondisi LS. Kondisi batas terjadi pada step 36, Sebagian besar komponen struktur balok dan kolom telah mencapai kondisi B (titik leleh), dan beberapa kolom lantai 1 sudah mengalami kondisi C (titik runtuh).

4.4.1.4. Mekanisme Terjadinya Sendi Plastis M3RT arah Y

Berikut merupakan mekanisme sendi plastis pada model M3RT arah

Y yang ditunjukkan sesuai dengan hasil program SAP2000.

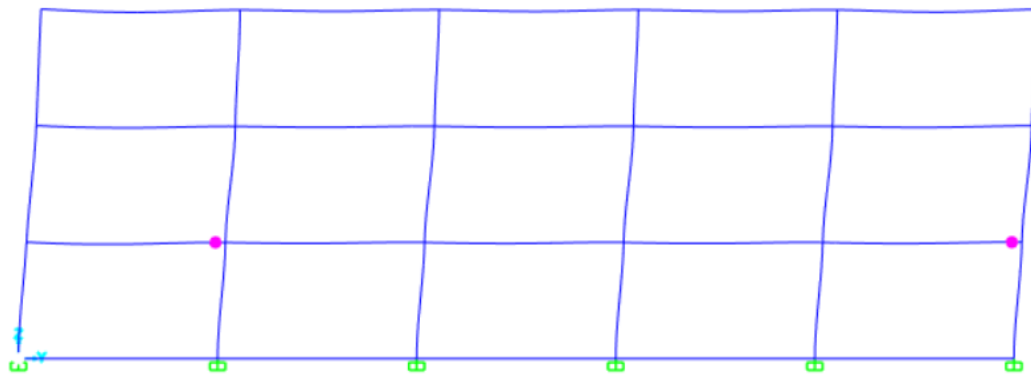
Tabel 4. 14 Sendi Plastis M3RT arahY

Step	Displacement (mm)	Base Force (N)	A-B	B-IO	IO-LS	LS-CP	CP-C	C-D	D-E	E	Total
0	-0.038631	0	808	0	0	0	0	0	0	0	808
1	13.513262	604764.07	804	4	0	0	0	0	0	0	808
2	34.854242	1529353.94	738	70	0	0	0	0	0	0	808
3	40.152788	1707814.89	704	104	0	0	0	0	0	0	808
4	43.080914	1757713.47	672	136	0	0	0	0	0	0	808
5	44.322808	1764323.25	670	138	0	0	0	0	0	0	808
6	51.170669	1766926.38	670	138	0	0	0	0	0	0	808
7	53.059374	1772825.42	666	136	4	0	2	0	0	0	808
8	53.121255	1757380.98	652	150	4	0	2	0	0	0	808
9	53.55006	1771534.01	652	148	6	0	2	0	0	0	808
10	57.06456	1775634.93	652	126	28	0	2	0	0	0	808
11	57.085561	1520776.36	644	116	46	0	2	0	0	0	808
12	62.225165	1746444.8	644	116	46	0	2	0	0	0	808
13	62.698017	1758342.42	644	116	46	0	2	0	0	0	808
14	63.528051	1771983.48	644	116	46	0	2	0	0	0	808
15	64.586919	1781212.17	644	116	46	0	2	0	0	0	808
16	70.815877	1782159.31	644	116	24	20	2	2	0	0	808
17	71.778138	1783754.63	644	116	20	22	2	4	0	0	808
18	73.366022	1785154.77	644	116	16	20	2	10	0	0	808
19	75.127854	1783955.28	644	116	12	22	2	12	0	0	808
20	75.44323	1783898.03	644	116	10	20	2	16	0	0	808
21	77.635667	1779279.27	644	116	6	16	0	26	0	0	808

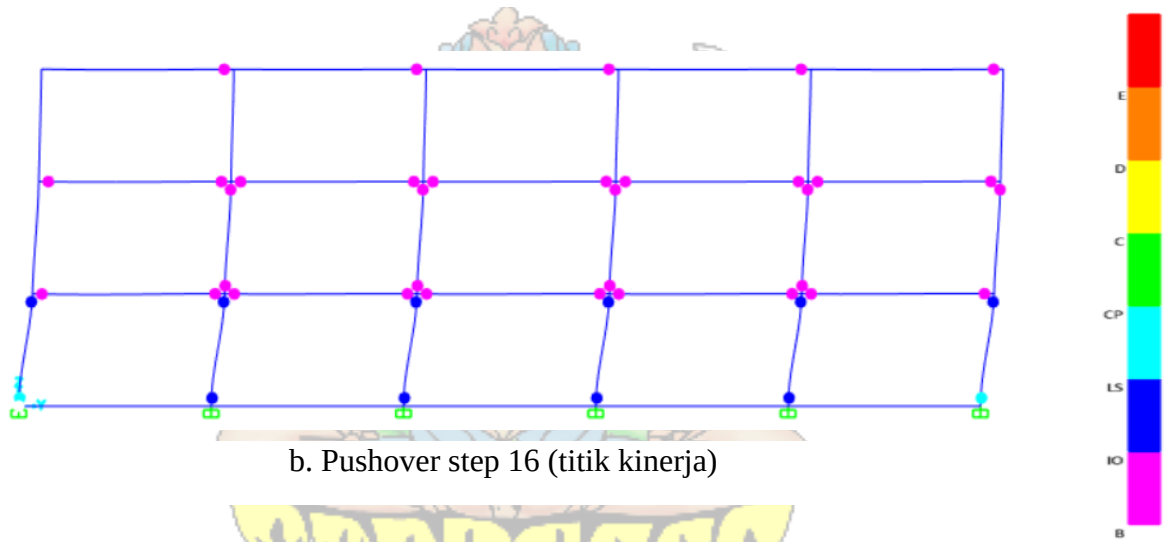
Titik Leleh

Titik Kinerja

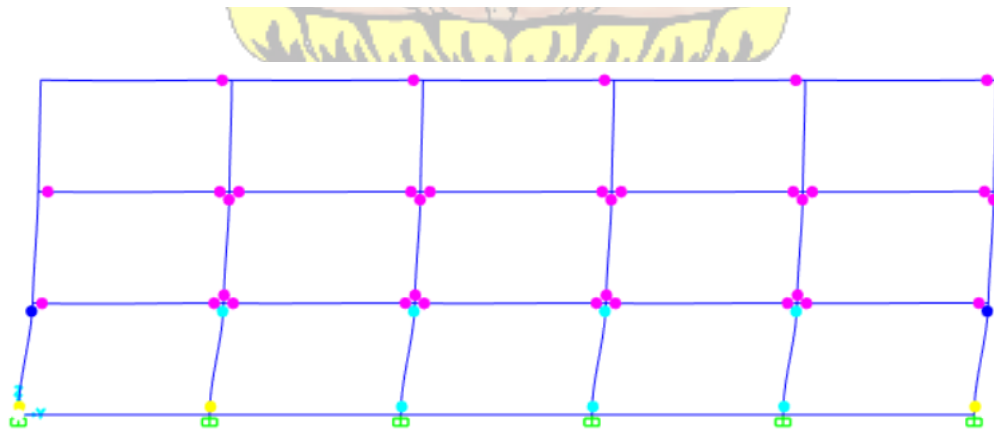
Titik Batas



a. Pushover step 1 (titik leleh)



b. Pushover step 16 (titik kinerja)



d. Pushover step 21 (titik batas)

Gambar 4. 32 Sendi plasti pada model M3RT arah Y

Pada Tabel 4.14 dan gambar 4.32 menunjukkan bahawa kinerja struktur sudah mencapai titik C (titik runtuh). Leleh peratama terjadi pada balok lantai 1 (step 1). Kondisi titik kinerja terjadi pada step 16 sebagian besar komponen struktur balok telah mencapai kondisi B (titik leleh) dan pada kolom lantai 1 telah terjadi kondisi LS dan ada beberapa kolom dalam kondisi CP. Kondisi batas terjadi pada step 21, Sebagian besar komponen struktur balok dan kolom telah mencapai kondisi B (titik leleh). Dan ada kolom lantai 1 yang mengalami kondisi C (titik runtuh).

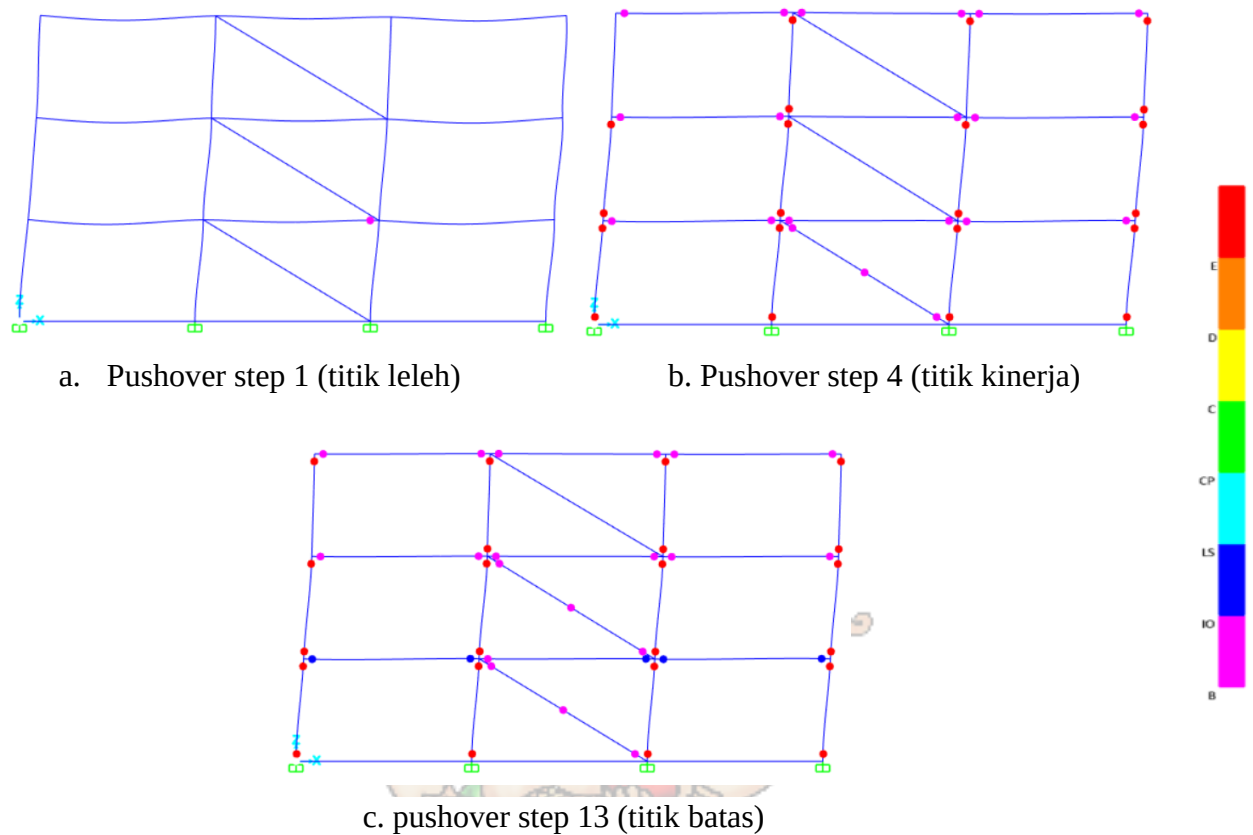
4.4.1.5. Mekanisme Terjadinya Sendi Plastis M3RDPS-st arah X

Berikut merupakan mekanisme sendi plastis pada model M3RDPS-st arah X yang ditunjukkan sesuai dengan hasil program SAP2000.

Tabel 4. 15 Sendi Plastis M3RDPS-st arahX

Step	Displacement (mm)	Base Force (N)	A-B	B-IO	IO-LS	LS-CP	CP-C	C-D	D-E	E	Total
0	-0.208111	0	862	0	0	0	0	0	0	0	862
1	7.148359	619506.6	860	2	0	0	0	0	0	0	862
2	28.715212	2425098	814	38	0	0	0	0	0	10	862
3	55.582246	4653236	684	78	0	0	0	0	0	100	862
4	80.566888	6720466	630	104	0	0	0	0	0	128	862
5	102.920044	7991711	600	130	0	0	0	0	0	132	862
6	133.060419	9455914	587	133	4	0	0	0	0	138	862
7	154.240339	10484994	577	135	8	0	0	0	0	142	862
8	157.405362	10638744	574	138	8	0	0	0	0	142	862
9	157.407462	10638624	574	138	8	0	0	0	0	142	862
10	157.53069	10648087	574	138	8	0	0	0	0	142	862
11	181.029295	11792327	558	152	10	0	0	0	0	142	862
12	202.029295	12812236	555	151	14	0	0	0	0	142	862
13	209.791889	13189369	555	147	18	0	0	0	0	142	862

Titik Leleh
 Titik Kinerja
 Titik Batas



Gambar 4. 33 Sendi Plastis pada model M3RDPS-st arah X

Pada Tabel 4.15 dan gambar 4.33 menunjukkan bahwa kinerja struktur sudah mencapai Kondisi E (titik Keruntuhan). Leleh pertama terjadi pada balok lantai 1 (step 1). Kondisi titik kinerja terjadi pada step 4 sebagian besar komponen struktur balok telah mencapai kondisi B (titik leleh), pada dinding lantai 1 terjadi kondisi B (titik leleh) dan pada kolom lantai 1, 2 dan 3 telah terjadi kondisi E. Kondisi batas terjadi pada step 13, Sebagian besar komponen struktur balok dan kolom telah mencapai kondisi B (titik leleh). Dan Sebagian kolom telah mengalami kondisi E (titik keruntuhan).

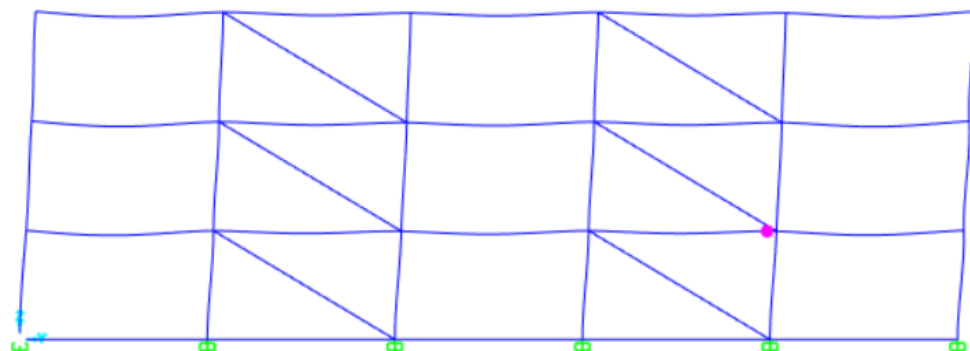
4.4.1.6. Mekanisme Terjadinya Sendi Plastis M3RDPS-st arah Y

Berikut merupakan mekanisme sendi plastis pada model M3RDPS-st arah Y yang ditunjukkan sesuai dengan hasil program SAP2000.

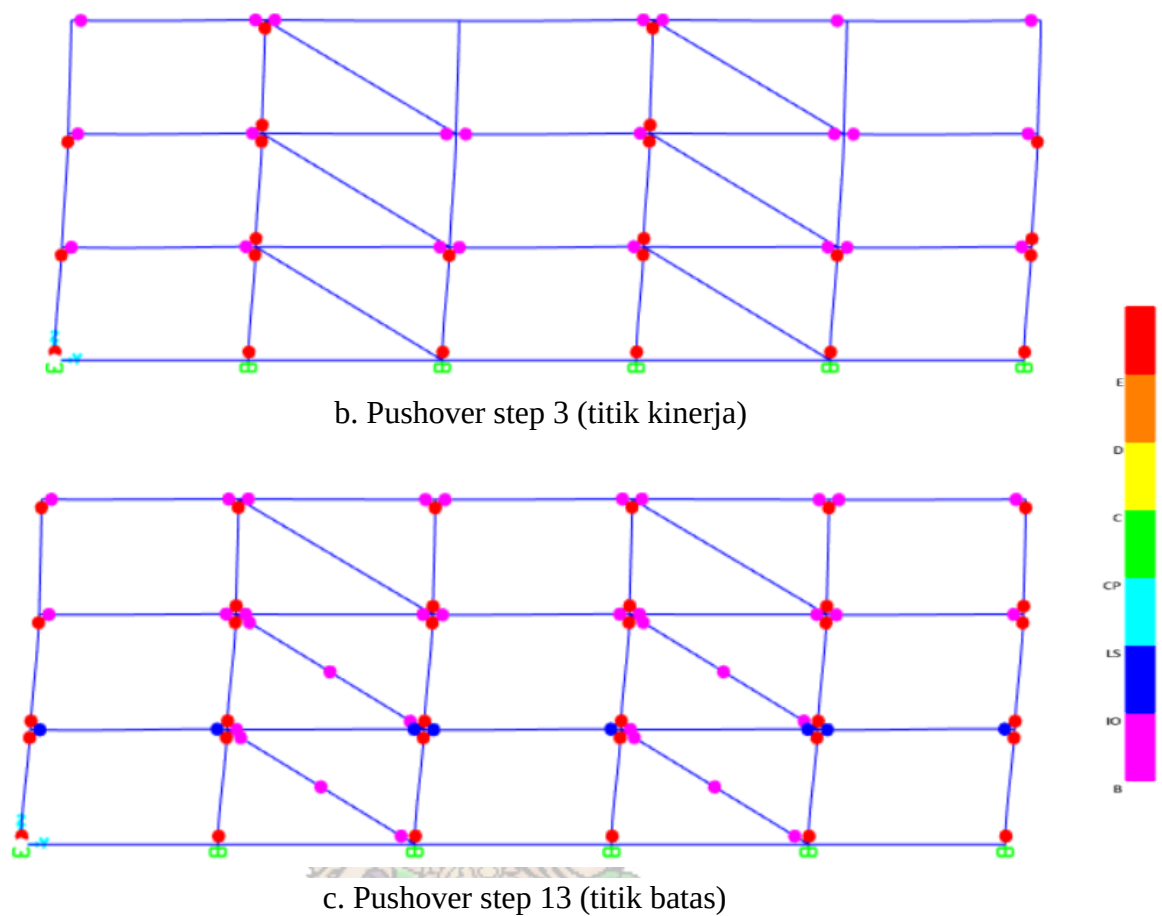
Tabel 4. 16 Sendi Plastis M3RDPS-st arah Y

Step	Displacement (mm)	Base Force (N)	A-B	B-IO	IO-LS	LS-CP	CP-C	C-D	D-E	E	Total
0	-0.379392	0	862	0	0	0	0	0	0	0	862
1	5.03403	616198.6	860	2	0	0	0	0	0	0	862
2	29.115906	3625249	796	46	0	0	0	0	0	20	862
3	52.083999	6428960	691	81	0	0	0	0	0	90	862
4	75.759876	9316657	630	116	0	0	0	0	0	116	862
5	100.316243	11315621	587	141	0	0	0	0	0	134	862
6	100.323215	11316192	587	141	0	0	0	0	0	134	862
7	100.325315	11316948	587	141	0	0	0	0	0	134	862
8	121.325315	12405156	581	141	4	0	0	0	0	136	862
9	142.325315	13493547	577	137	12	0	0	0	0	136	862
10	163.325315	14581990	573	139	12	0	0	0	0	138	862
11	184.325315	15669847	562	142	18	0	0	0	0	140	862
12	205.325315	16757555	560	142	20	0	0	0	0	140	862
13	209.620608	16980051	560	142	20	0	0	0	0	140	862

Titik Leleh Titik Kinerja Titik Batas



a. Pushover step 1 (titi leleh)



Gambar 4. 34 Sendi Plastis pada model M3RDPS-st arah Y

Pada Tabel 4.16 dan gambar 4.34 menunjukkan bahwa kinerja struktur sudah mencapai Kondisi E (titik Keruntuhan). Leleh pertama terjadi pada balok lantai 1 (step 1). Kondisi titik kinerja terjadi pada step 3 sebagian besar komponen struktur balok telah mencapai kondisi B (titik leleh) dan pada kolom lantai 1, 2 dan 3 telah terjadi kondisi E. Kondisi batas terjadi pada step 13, Sebagian besar komponen struktur balok dan kolom telah mencapai kondisi B (titik leleh). Dan Sebagian kolom telah mengalami kondisi E (titik keruntuhan).

4.4.1.7. Mekanisme Terjadinya Sendi Plastis M3RDPB-st arah X

Berikut merupakan mekanisme sendi plastis pada model M3RDPB-ST arah X yang ditunjukkan sesuai dengan hasil program SAP2000.

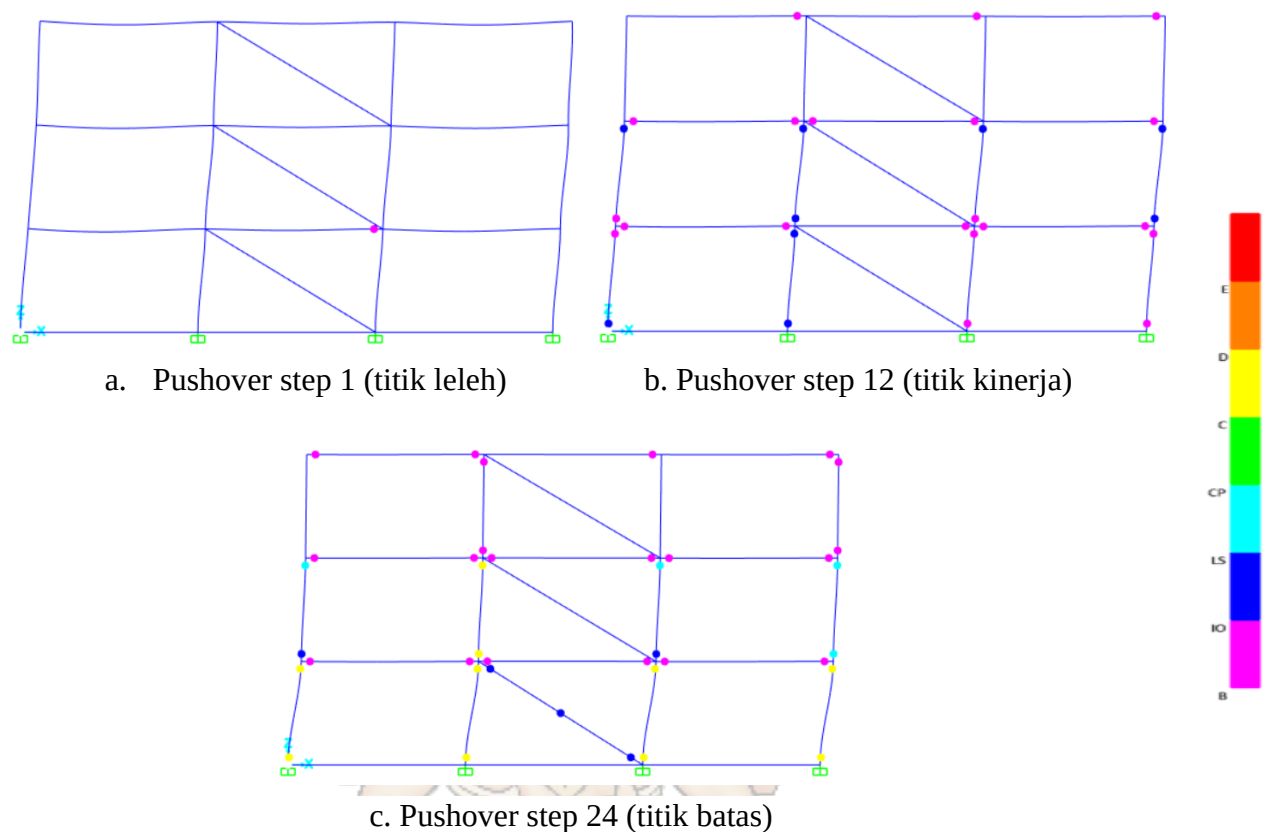
Tabel 4. 17 Sendi Plastis M3RDPB-st arah X

Step	Displacement (mm)	Base Force (N)	A-B	B-IO	IO-LS	LS-CP	CP-C	C-D	D-E	E	Total
0	-0.088876	0	863	0	0	0	0	0	0	0	863
1	9.460993	571121.7	861	2	0	0	0	0	0	0	863
2	29.466171	1752147	815	48	0	0	0	0	0	0	863
3	29.467768	1752161	815	48	0	0	0	0	0	0	863
4	29.761816	1768147	815	48	0	0	0	0	0	0	863
5	29.762914	1768317	815	48	0	0	0	0	0	0	863
6	29.765014	1768203	815	48	0	0	0	0	0	0	863
7	40.457571	2247138	761	102	0	0	0	0	0	0	863
8	42.613677	2302738	747	114	0	0	2	0	0	0	863
9	42.615777	2300023	747	114	0	0	2	0	0	0	863
10	55.092271	2537793	717	138	6	0	2	0	0	0	863
11	55.335038	1911700	703	106	51	0	3	0	0	0	863
12	62.189934	2322359	703	106	51	0	3	0	0	0	863
13	62.192034	2322258	703	106	51	0	3	0	0	0	863
14	65.9405	2529071	701	108	51	0	3	0	0	0	863
15	68.49149	2599494	700	95	65	0	3	0	0	0	863
16	68.499493	2598459	700	95	65	0	3	0	0	0	863
17	68.57103	2600199	700	95	65	0	3	0	0	0	863
18	68.576085	2598887	700	95	65	0	3	0	0	0	863
19	105.36913	3314997	678	93	36	12	6	38	0	0	863
20	126.36913	3601704	672	95	24	16	4	52	0	0	863
21	147.36913	3865980	662	105	8	15	4	69	0	0	863
22	168.36913	3755645	662	105	8	15	4	69	0	0	863
23	189.36913	3646114	662	105	8	15	4	69	0	0	863
24	209.911124	3539162	662	102	11	15	4	69	0	0	863

Titik Leleh

Titik Kinerja

Titik Batas



Gambar 4. 35 Sendi Plastis pada model M3RDPB-st arah X

Pada Tabel 4.17 dan gambar 4.35 menunjukkan bahawa kinerja struktur sudah mencapai Kondisi IO (dapat segera dihuni) dan belum mencapai titik E (titik keruntuhan). Leleh pertama terjadi pada balok lantai 1 (step 1). Kondisi titik kinerja terjadi pada step 12 sebagian besar komponen struktur balok telah mencapai kondisi B (titik leleh) dan pada kolom lantai 1, 2 dan 3 sudah terjadi kondisi IO. Kondisi batas terjadi pada step 24, Sebagian besar komponen struktur balok dan kolom telah mencapai kondisi B (titik leleh), pada dinding lantai 1 terjadi kondisi IO dan sebagian kolom lantai 1 dan 2 telah mengalami kondisi C (titik runtuh).

4.4.1.8. Mekanisme Terjadinya Sendi Plastis M3RDPB-st arah Y

Berikut merupakan mekanisme sendi plastis pada model M3RDPB-ST arah Y yang ditunjukkan sesuai dengan hasil program SAP2000.

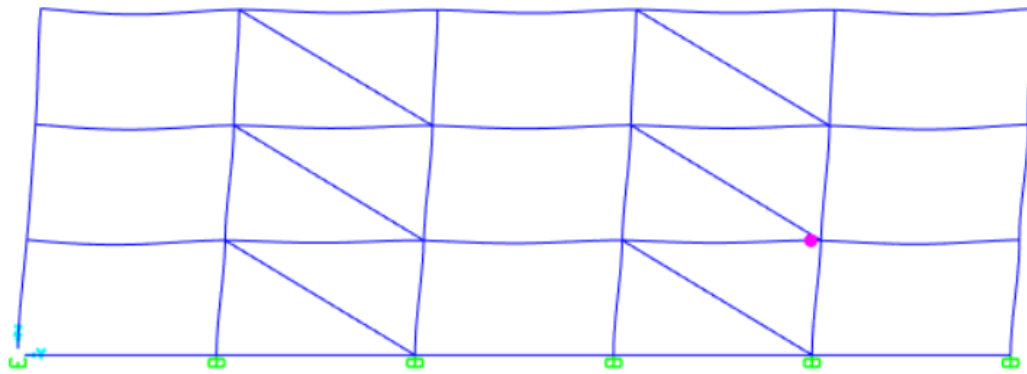
Tabel 4. 18 Sendi Plastis M3RDPB-st arah Y

Step	Displacement (mm)	Base Force (N)	A-B	B-IO	IO-LS	LS-CP	CP-C	C-D	D-E	E	Total
0	-0.237814	0	863	0	0	0	0	0	0	0	863
1	6.816875	506461	861	2	0	0	0	0	0	0	863
2	28.300301	2111292	805	58	0	0	0	0	0	0	863
3	28.736443	2141662	799	64	0	0	0	0	0	0	863
4	29.094699	2188849	795	68	0	0	0	0	0	0	863
5	30.784505	2298752	789	74	0	0	0	0	0	0	863
6	30.785533	2298522	789	74	0	0	0	0	0	0	863
7	30.792287	2298974	789	74	0	0	0	0	0	0	863
8	30.794387	2298914	789	74	0	0	0	0	0	0	863
9	51.251932	3185507	708	148	6	0	1	0	0	0	863
10	51.260782	3174554	708	146	8	0	1	0	0	0	863
11	73.970895	3901052	680	127	45	10	1	0	0	0	863
12	74.028534	3894801	680	127	44	11	1	0	0	0	863
13	74.29972	3905319	680	127	39	16	1	0	0	0	863
14	74.322932	3904018	680	127	39	16	1	0	0	0	863
15	108.946323	4931302	654	119	33	12	1	44	0	0	863
16	129.946323	5523128	634	133	24	15	1	56	0	0	863
17	150.946323	6079616	612	155	10	14	0	72	0	0	863
18	171.946323	5991139	612	155	10	14	0	72	0	0	863
19	192.946104	5910929	612	155	10	14	0	72	0	0	863
20	209.762186	5847975	612	155	10	14	0	72	0	0	863

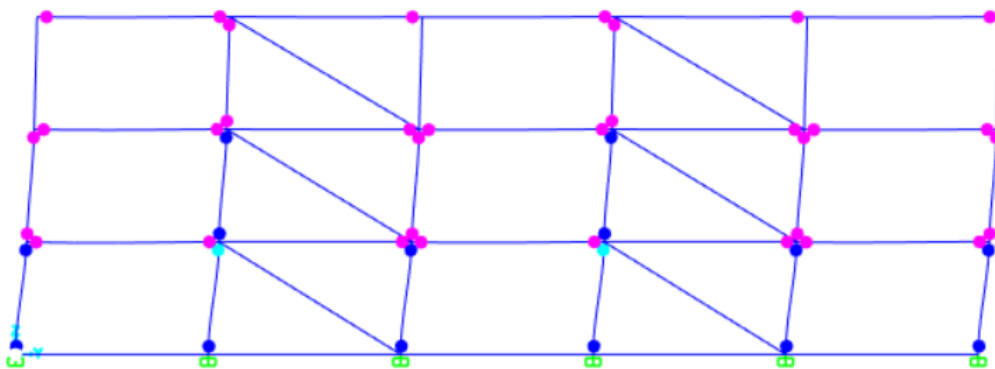
Titik Leleh

Titik Kinerja

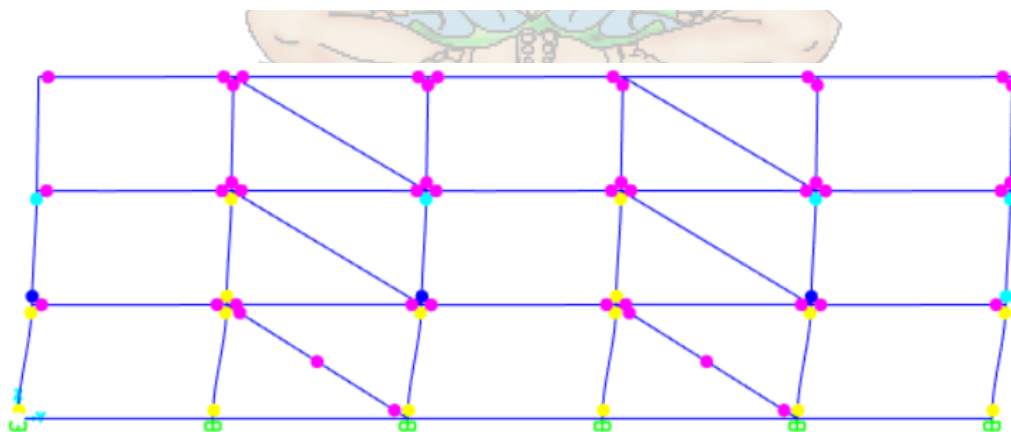
Titik Batas



a. Pushover step 1 (titik leleh)



b. Pushover step 11 (titik kinerja)



c. Pushover step 20 (titik batas)



Gambar 4. 36 Sendi Plastis pada model M3RDPB-st arah Y

Pada Tabel 4.18 dan gambar 4.36 menunjukkan bahawa kinerja struktur sudah mencapai Kondisi IO (dapat segera dihuni) dan belum mencapai titik E (titik keruntuhan). Leleh pertama terjadi pada balok lantai 1 (step 1). Kondisi titik kinerja terjadi pada step 11 sebagian besar komponen struktur balok telah mencapai kondisi B (titik leleh) dan pada kolom lantai 1 dan 2 sudah terjadi kondisi IO. Kondisi batas terjadi pada step 20, Sebagian besar komponen struktur balok dan kolom telah mencapai kondisi B (titik leleh), pada dinding lantai 1 terjadi kondisi B dan sebagian kolom lantai 1 dan 2 telah mengalami kondisi C (titik runtuh).

4.4.1.9. Evaluasi kinerja struktur M3RT, M3RDPS-st, dan M3RDPB-st

Dari data yang sudah didapatkan yaitu berupa *base shear* dan *monitored displacement* dilanjutkan dengan mengevaluasi kinerja dari struktur yang ditinjau, untuk menentukan tingkat kinerja perlu dilakukan perhitungan kembali dengan metode ATC-40. Berikut perhitungan kinerja struktur yaitu:

- Maksimum Total *Drift* : $\frac{Dt}{H}$
- Maksimum Total Inelastik *Drift* : $\frac{(Dt - D1)}{H}$

Dimana:

Dt : Nilai perpindahan atap saat *performance point*

$D1$: Nilai perpindahan atap saat beban dorong step ke-1

H : Tinggi total bangunan

Setelah dilakukan perhitungan maksimum total drift dan maksimum total inelastic drift, dilanjutkan dengan menentukan level kinerja dengan melihat Batasan rasio drift ATC-40.

Tabel 4. 19 Batasan rasio *drift* ATC-40

<i>Parameter</i>	<i>Performance Level</i>			
	IO	DC	LS	SB
Maksimum Total <i>Drift</i>	0,01	0,01 - 0,002	0,02	0,33 Vi/Pi
Maksimum Total Inelastik <i>Drift</i>	0,005	0,005 - 0,015	<i>No Limit</i>	<i>No Limit</i>

Berikut hasil perhitungan maksimum total drift dan maksimum inelastik drift:

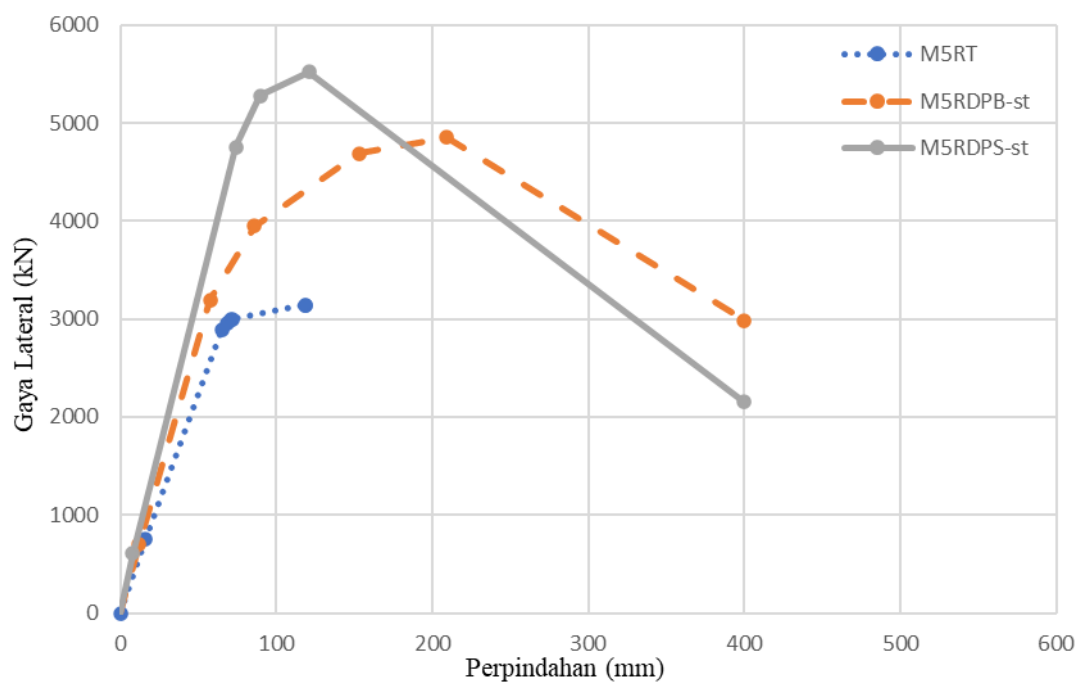
Tabel 4. 20 Kontrol kinerja struktur (*Performance Level*)

Uraian	<i>Kinerja Struktur (Performance Level)</i>		
	Nilai	Kontrol	Kinerja
a) Struktur M3RT			
Maksimum Total <i>Drift</i> (X)	0.00651	< 0,01	IO
Maksimum Total Inelastik <i>Drift</i> (X)	0.00520	< 0,005	DC
Maksimum Total <i>Drift</i> (Y)	0.00655	< 0,01	IO
Maksimum Total Inelastik <i>Drift</i> (Y)	0.00527	< 0,005	IO
b) Struktur M3RDPS-st			
Maksimum Total <i>Drift</i> (X)	0.00597	< 0,01	IO
Maksimum Total Inelastik <i>Drift</i> (X)	0.00529	< 0,005	DC
Maksimum Total <i>Drift</i> (Y)	0.00496	< 0,01	IO
Maksimum Total Inelastik <i>Drift</i> (Y)	0.00448	< 0,005	IO
c) Struktur M3RDPB-st			
Maksimum Total <i>Drift</i> (X)	0.00528	< 0,01	IO
Maksimum Total Inelastik <i>Drift</i> (X)	0.00438	< 0,005	IO
Maksimum Total <i>Drift</i> (Y)	0.00551	< 0,01	IO
Maksimum Total Inelastik <i>Drift</i> (Y)	0.00486	< 0,005	IO

Berdasarkan hasil analisis program SAP2000 dan perhitungan menggunakan metode ATC-40 didapatkan kinerja struktur M3RT, M3RDPS-st, dan M3RDPB-st masuk dalam kataegori level kinerja *Immediate Occupancy* (IO).

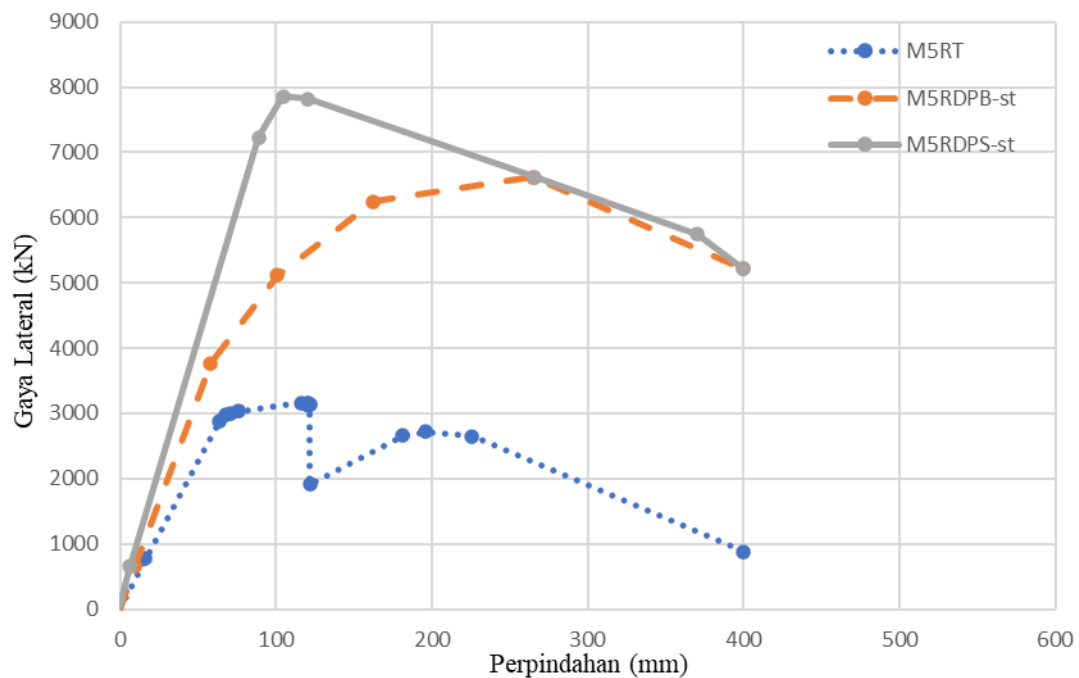
4.4.2. Hasil Analisis Struktur M5RT, M5RDPS-st, dan M5RDPB-st

4.4.2.1. Kurva M5RT, M5RDPS-st, dan M5RDPB-st



Gambar 4. 37 Pushover arah X struktur M5RT, M5RDPS-st, dan M5RDPB-st

UNMAS DENPASAR



Gambar 4. 38 Pushover arah Y struktur M5RT, M5RDPS-st, dan M5RDPB-st

Dari Gambar 4.37 dan Gambar 4.38 dapat dilihat perbedaan kurva pushover dari ketiga model yang ditinjau. Dimana pada struktur M5RDPS-st dan M5RDPB-st memiliki kekakuan yang lebih tinggi jika dibandingkan dengan struktur M5RT. Hal ini menunjukkan bahwa kinerja dari struktur M5RDPS-st dan M5RDPB-st lebih baik dibandingkan dengan struktur M5RT.

4.4.2.2. Target Perpindahan struktur M5RT, M5RDPS-st, dan M5RDPB-st

Tabel 4. 21 Nilai *Performance point*

ATC 40		D (mm)	D1 (mm)	V (N)	T _{eff}	B _{eff}	H (mm)	D/H
M5RT		99.611	15.9273	3083587.6	1.139	0.171	17500	0.005692
M5RDPS-st	arah X	88.582	8.098621	5235908	0.839	0.092	17500	0.005062
M5RDPB-st		92.181	12.21137	4017406	0.975	0.138	17500	0.005267
M5RT		97.421	15.94378	3100377.5	1.125	0.173	17500	0.005567
M5RDPS-st	arah Y	85.372	6.407428	6936872	0.715	0.058	17500	0.004878
M5RDPB-st		87.799	9.526011	4703111	0.879	0.113	17500	0.005017

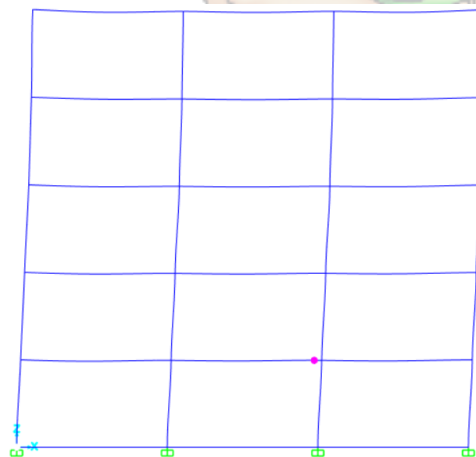
4.4.2.3. Mekanisme Terjadinya Sendi Plastis M5RT arah X

Berikut merupakan mekanisme sendi plastis pada model M5RT arah X yang ditunjukkan sesuai dengan hasil program SAP2000.

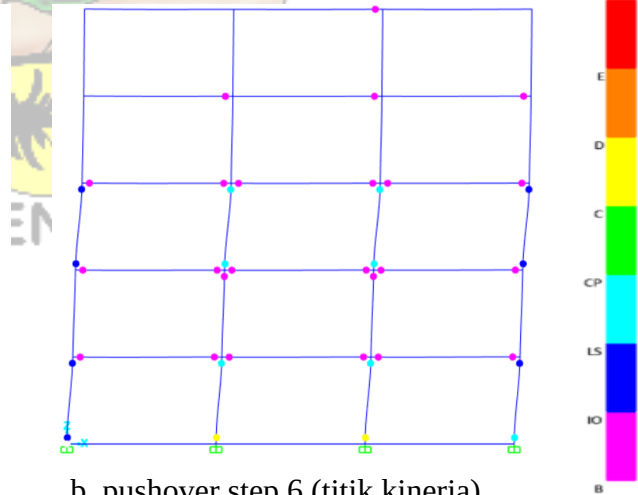
Tabel 4. 22 Sendi Plastis M5RT arah X

Step	Displacement (mm)	Base Force (N)	A-B	B-IO	IO-LS	LS-CP	CP-C	C-D	D-E	E	Total
0	0.034332	0	1296	0	0	0	0	0	0	0	1296
1	15.927301	757867.42	1294	2	0	0	0	0	0	0	1296
2	64.950947	2883261.85	1109	187	0	0	0	0	0	0	1296
3	68.66939	2960690.16	1079	217	0	0	0	0	0	0	1296
4	71.370875	2993990.57	1067	229	0	0	0	0	0	0	1296
5	71.901321	2998045.52	1065	231	0	0	0	0	0	0	1296
6	118.417623	3141647.3	1039	161	56	26	4	10	0	0	1296
7	118.481597	3142158.9	1039	161	56	26	4	10	0	0	1296

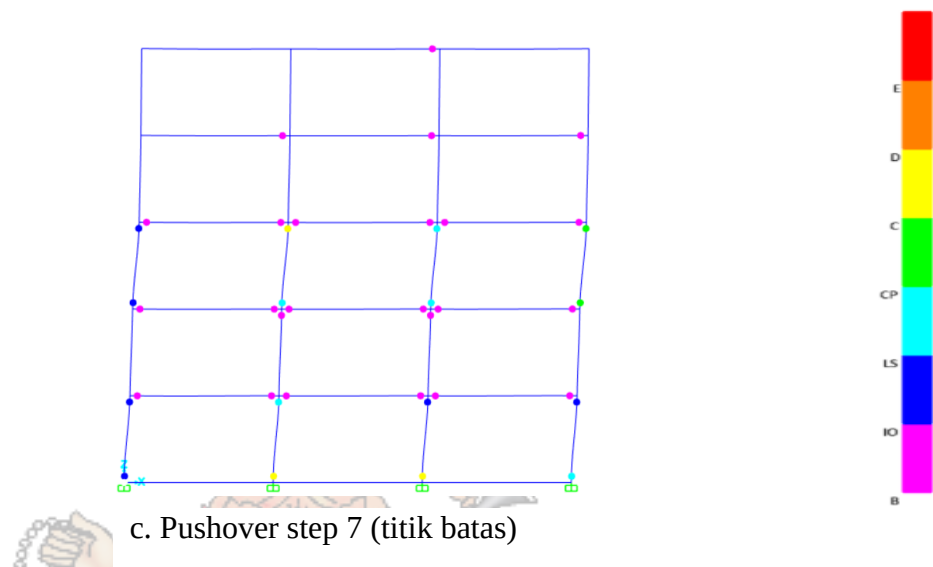
Titik Leleh Titik Kinerja Titik Batas



a. Pushover step 1 (titik leleh)



b. pushover step 6 (titik kinerja)



Gambar 4. 39 Sendi plastis pada model M5RT arah X

Pada Tabel 4.22 dan gambar 4.39 menunjukkan bahwa kinerja struktur sudah mencapai Kondisi IO (dapat segera dihuni) dan belum mencapai titik E (titik keruntuhan). Leleh peratama terjadi pada balok lantai 1 (step 1). Kondisi titik kinerja terjadi pada step 6 sebagian besar komponen struktur balok telah mencapai kondisi B (titik leleh) dan pada kolom lantai 1 dan 2 sudah terjadi kondisi IO. Kondisi batas terjadi pada step 7, Sebagian besar komponen struktur balok dan kolom telah mencapai kondisi B (titik leleh), ada beberapa kolom lantai 3 telah mengalami kondisi C (titik runtuh).

4.4.2.4. Mekanisme Terjadinya Sendi Plastis M5RT arah Y

Berikut merupakan mekanisme sendi plastis pada model M5RT arah Y yang ditunjukkan sesuai dengan hasil program SAP2000.

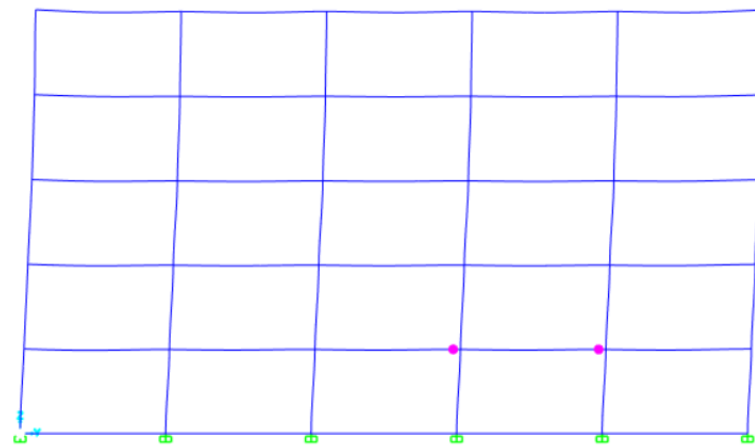
Tabel 4. 23 Sendi Plastis M5RT arah Y

Step	Displacement (mm)	Base Force (N)	A-B	B-IO	IO-LS	LS-CP	CP-C	C-D	D-E	E	Total
0	-0.036312	0	1296	0	0	0	0	0	0	0	1296
1	15.943777	776527.57	1292	4	0	0	0	0	0	0	1296
2	63.995359	2885499.27	1099	197	0	0	0	0	0	0	1296
3	67.856067	2968534.25	1057	239	0	0	0	0	0	0	1296
4	71.040423	3003663.09	1047	249	0	0	0	0	0	0	1296
5	76.190726	3033636.77	1035	261	0	0	0	0	0	0	1296
6	115.834108	3158263.7	1015	185	60	24	4	8	0	0	1296
7	119.96528	3164238.27	1015	185	46	34	4	12	0	0	1296
8	120.05326	3164406.73	1013	187	46	34	4	12	0	0	1296
9	120.15326	3133599.02	1013	187	44	36	4	12	0	0	1296
10	120.523192	3133832.05	1013	187	44	32	4	16	0	0	1296
11	120.585761	3135672.07	1013	187	44	32	4	16	0	0	1296
12	120.587342	3135748.65	1013	187	44	32	4	16	0	0	1296
13	121.239757	3137251.7	1013	187	44	32	4	16	0	0	1296
14	121.241277	3137311.4	1013	187	44	32	4	16	0	0	1296
15	121.742131	3138465	1013	187	44	30	4	18	0	0	1296
16	121.842131	1913721.72	993	207	38	26	6	26	0	0	1296
17	181.170573	2661121.48	991	209	8	12	4	72	0	0	1296
18	196.002684	2716157.24	991	209	4	10	2	80	0	0	1296
19	225.666905	2647087.61	991	209	2	8	2	84	0	0	1296
20	796.495031	3370365.92	961	238	0	6	5	38	0	48	1296
21	798.352305	3410948.76	956	243	0	6	5	38	0	48	1296
22	798.815808	3429014.84	956	243	0	6	5	38	0	48	1296
23	798.931684	3429257.59	956	243	0	6	5	38	0	48	1296
24	799.076529	3432787.26	956	243	0	6	5	38	0	48	1296
25	799.091013	3434534.49	956	243	0	6	5	38	0	48	1296
26	799.119982	-3434062	956	243	0	6	5	38	0	48	1296
27	799.17792	-3430888.4	956	243	0	6	5	38	0	48	1296
28	799.409672	3434046.16	956	243	0	6	5	38	0	48	1296
29	799.424156	3441104.15	954	245	0	6	5	38	0	48	1296

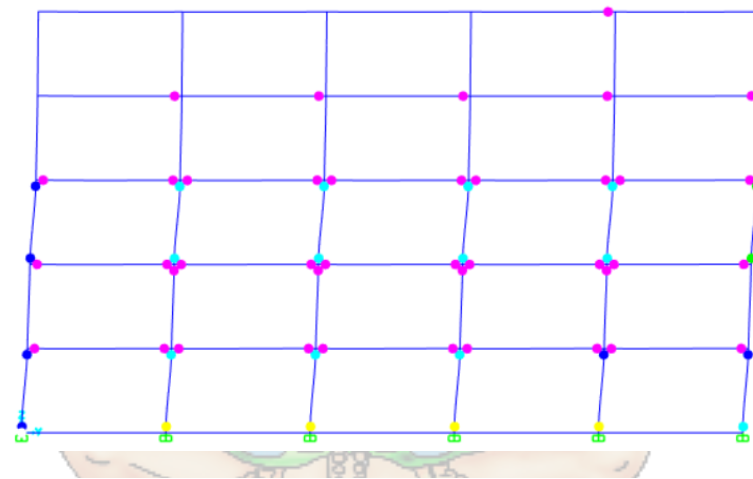
Titik Leleh

Titik Kinerja

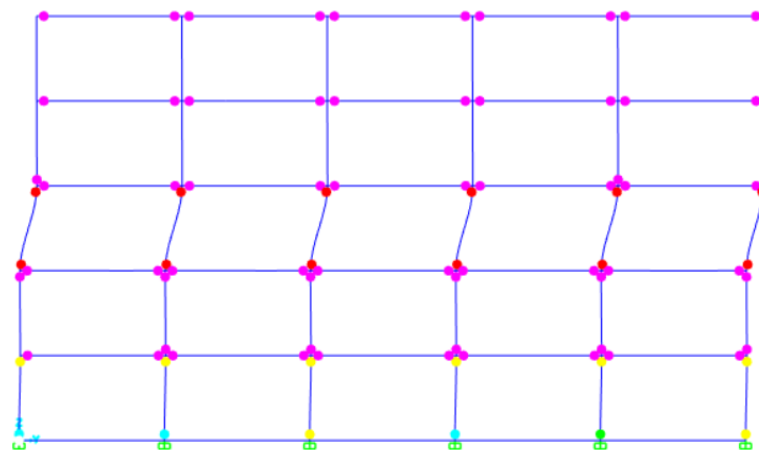
Titik Batas



a. Pushover step 1 (titik leleh)



b. Pushover step 6 (titik kinerja)



c. Pushover step 29 (titik batas)

Gambar 4. 40 Sendi plastis pada model M5RT arah Y

Pada Tabel 4.22 dan gambar 4.39 menunjukkan bahawa kinerja struktur sudah mencapai Kondisi IO (dapat segera dihuni) dan sudah mencapai titik E (titik keruntuhan). Leleh pertama terjadi pada balok lantai 1 (step 1). Kondisi titik kinerja terjadi pada step 6 sebagian besar komponen struktur balok telah mencapai kondisi B (titik leleh) dan pada kolom lantai 1 dan 2 sudah terjadi kondisi IO. Kondisi batas terjadi pada step 29, Sebagian besar komponen struktur balok dan kolom telah mencapai kondisi B (titik leleh), ada beberapa kolom lantai 1 dan 3 telah mengalami kondisi C-D (titik runtuh).

4.4.2.5. Mekanisme Terjadinya Sendi Plastis M5RDPS-st arah X

Berikut merupakan mekanisme sendi plastis pada model M5RDPS-st arah X yang ditunjukkan sesuai dengan hasil program SAP2000.

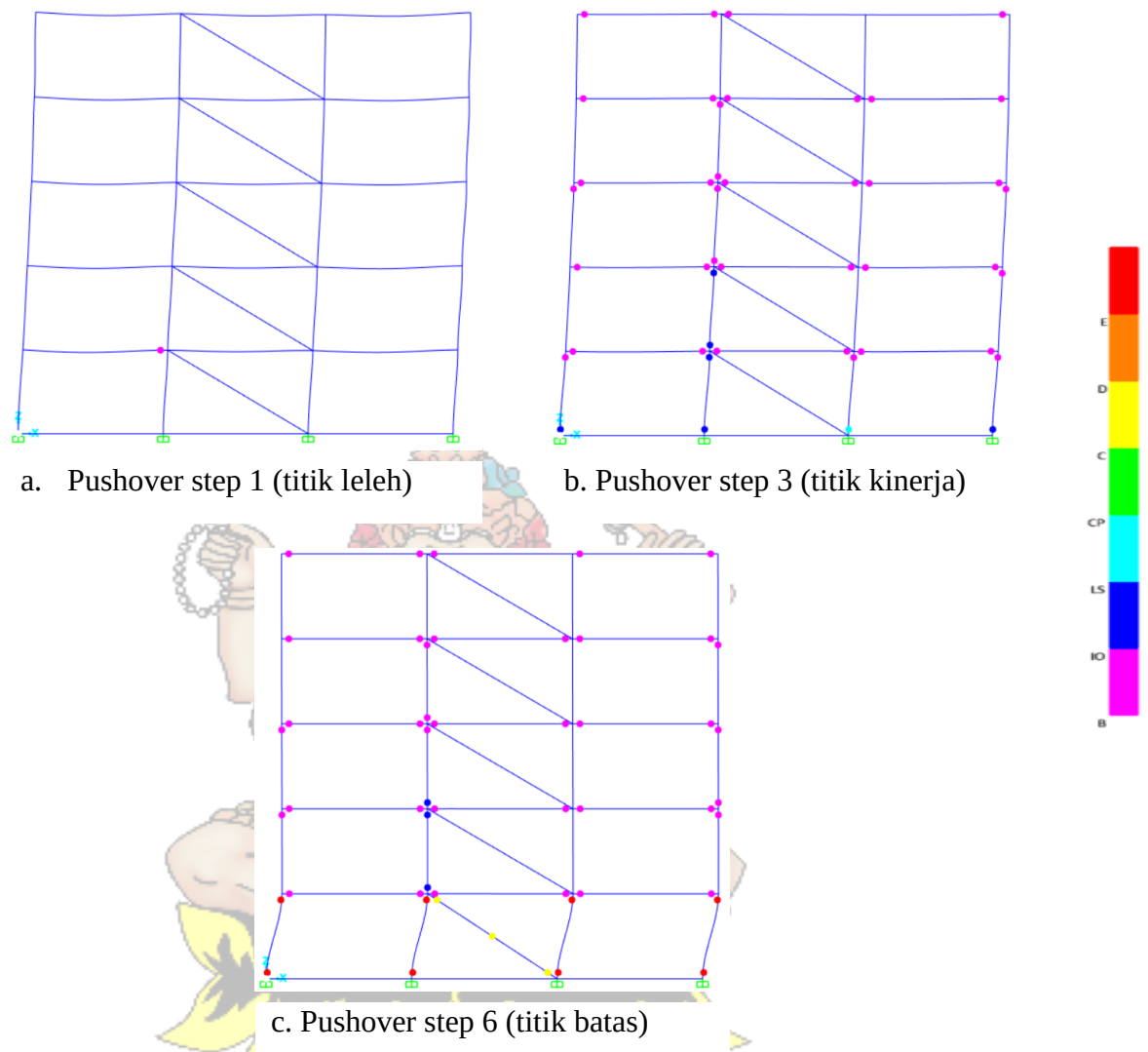
Tabel 4. 24 Sendi Plastis M5RDPS-st arah X

Step	Displacement (mm)	Base Force (N)	A-B	B-IO	IO-LS	LS-CP	CP-C	C-D	D-E	E	Total
0	-0.372988	0	1386	0	0	0	0	0	0	0	1386
1	8.098621	606792.91	1384	2	0	0	0	0	0	0	1386
2	74.23377	4754650.05	1149	237	0	0	0	0	0	0	1386
3	89.85877	5278722.81	1087	269	28	1	1	0	0	0	1386
4	121.10877	5519917.15	1058	273	8	5	2	40	0	0	1386
5	789.703858	- 2426405.56	1039	286	6	0	1	36	0	18	1386
6	793.607728	- 2540704.13	1038	287	6	0	1	36	0	18	1386

Titik Leleh

Titik Kinerja

Titik Batas



Gambar 4. 41 Sendi plastis pada model M5DPS-st arah X

Pada Tabel 4.24 dan gambar 4.41 menunjukkan bahawa kinerja struktur mencapai Kondisi IO (dapat segera dihuni) dan sudah mencapai titik E (titik keruntuhan). Leleh pertama terjadi pada balok lantai 1 (step 1). Kondisi titik kinerja terjadi pada step 3 sebagian besar komponen struktur balok telah mencapai kondisi B (titik leleh) dan pada kolom lantai 1 dan 2 sudah terjadi kondisi IO. Kondisi batas terjadi pada step 6, Sebagian besar komponen struktur balok dan kolom telah mencapai kondisi B (titik leleh), untuk dinding

lantai 1 sudah mencapai kondisi C, dan ada beberapa kolom lantai 1 telah mengalami kondisi E (titik runtuh).

4.4.2.6. Mekanisme Terjadinya Sendi Plastis M5RDPS-st arah Y

Berikut merupakan mekanisme sendi plastis pada model M5RDPS-st arah Y yang ditunjukkan sesuai dengan hasil program SAP2000.

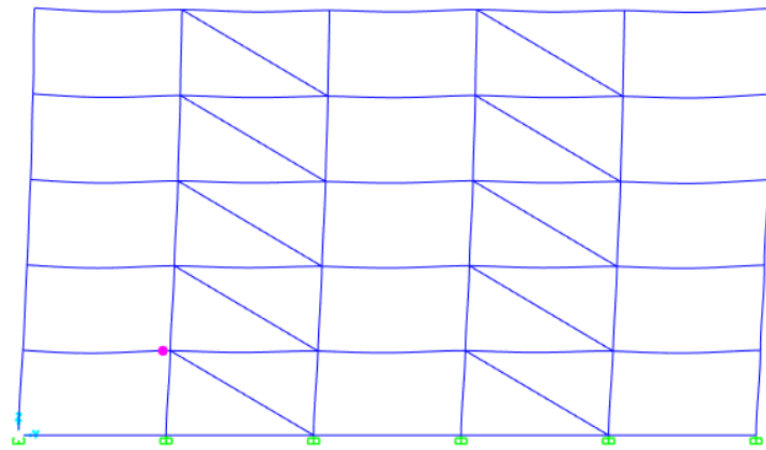
Tabel 4. 25 Sendi Plastis M5RDPS-st arah Y

Step	Displacement (mm)	Base Force (N)	A-B	B-IO	IO-LS	LS-CP	CP-C	C-D	D-E	E	Total
0	-0.641333	0	1386	0	0	0	0	0	0	0	1386
1	6.407428	666677	1384	2	0	0	0	0	0	0	1386
2	89.078616	7231215	1070	279	36	0	1	0	0	0	1386
3	104.703616	7862190	1040	292	27	14	5	8	0	0	1386
4	120.328616	7814433	1040	283	16	2	3	42	0	0	1386
5	370.518992	5740514	1040	271	14	12	1	48	0	0	1386
6	798.662546	-932292	1038	273	14	0	1	20	0	40	1386
7	800.615671	-990189	1038	273	14	0	1	20	0	40	1386
8	800.737741	-999590	1038	273	14	0	1	20	0	40	1386
9	800.768259	-1013011	1038	273	14	0	1	20	0	40	1386
10	800.781203	-1012852	1038	273	14	0	1	20	0	40	1386
11	800.811721	-1011214	1038	273	14	0	1	20	0	40	1386
12	800.81935	-1011150	1038	273	14	0	1	20	0	40	1386
13	800.82078	-1011569	1038	273	14	0	1	20	0	40	1386
14	800.821734	-1011663	1038	273	14	0	1	20	0	40	1386

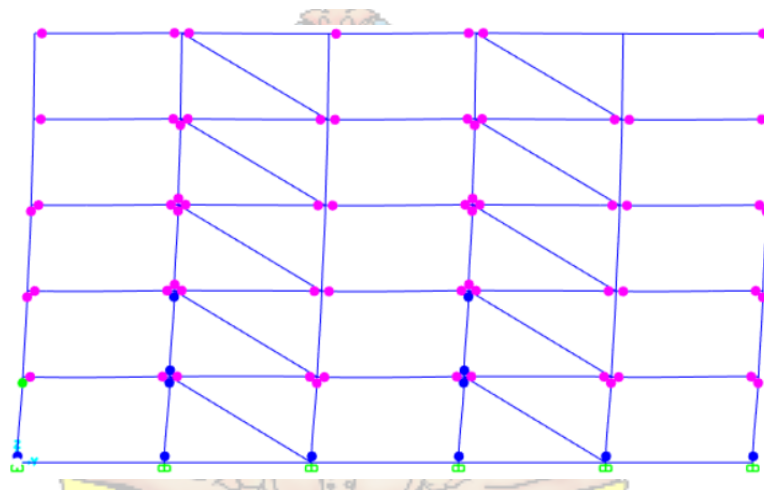
Titik Leleh

Titik Kinerja

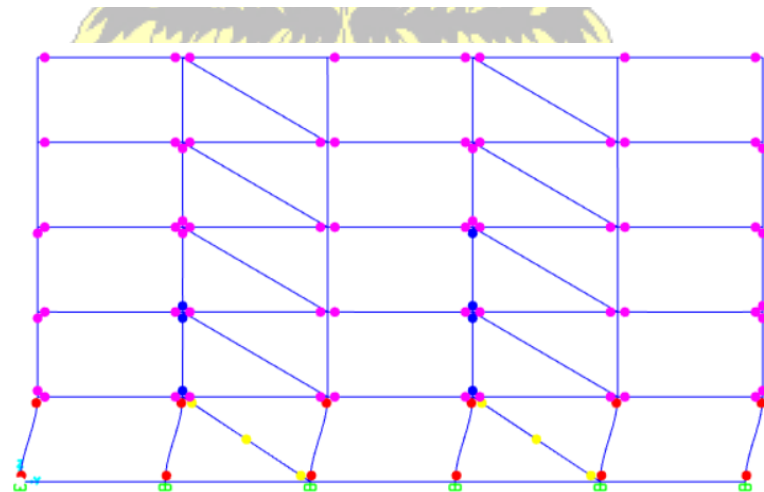
Titik Batas



a. Pushover step 1 (titik leleh)



b. Pushover step 2 (titik kinerja)



c. Pushover step 14 (titik batas)

Gambar 4. 42 Sendi plastis pada model M5DPS-st arah Y

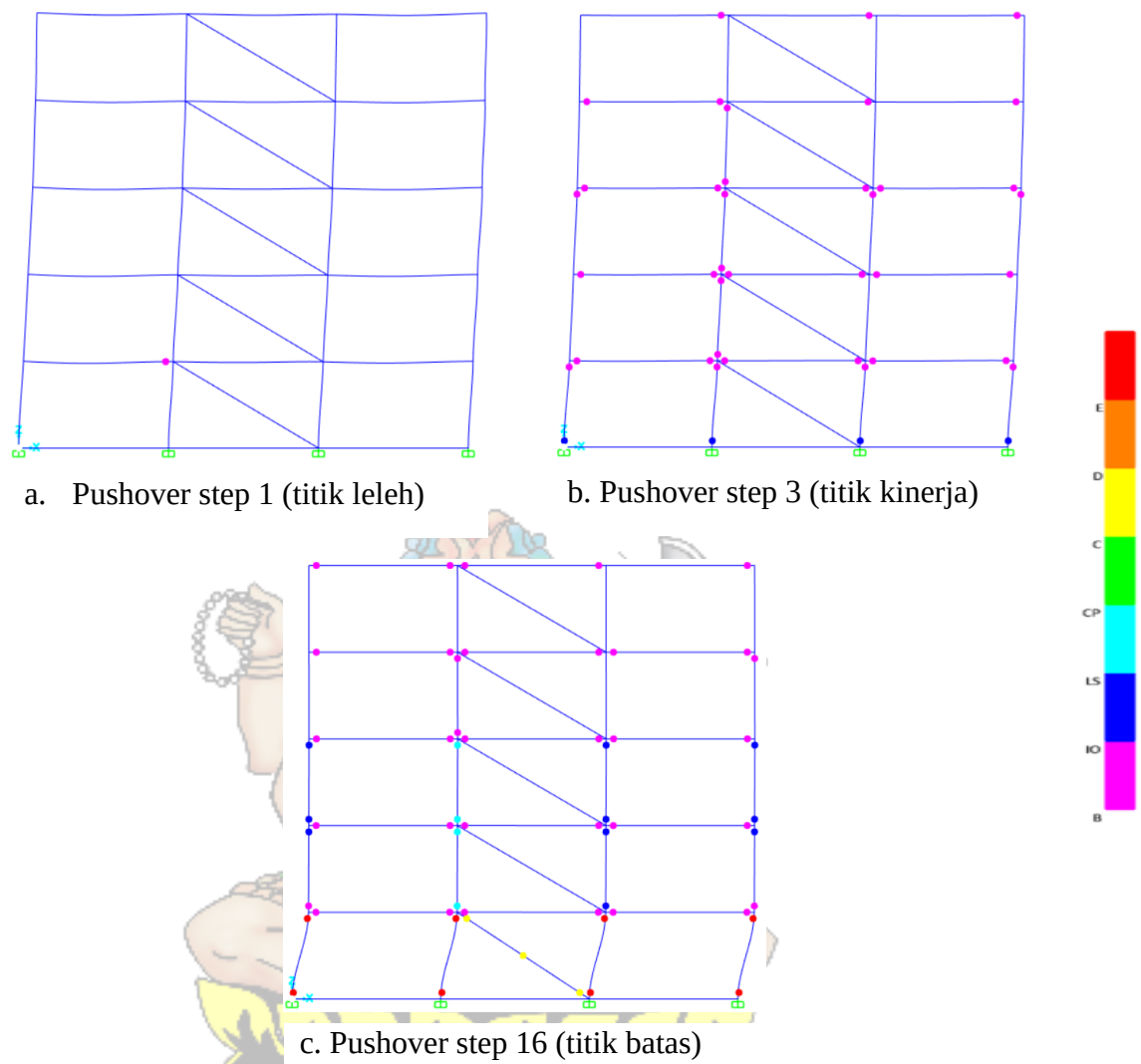
Pada Tabel 4.25 dan gambar 4.42 menunjukkan bahawa kinerja struktur mencapai Kondisi IO (dapat segera dihuni) dan sudah mencapai titik E (titik keruntuhan). Leleh pertama terjadi pada balok lantai 1 (step 1). Kondisi titik kinerja terjadi pada step 2 sebagian besar komponen struktur balok telah mencapai kondisi B (titik leleh) dan pada kolom lantai 1 dan 2 sudah terjadi kondisi IO. Kondisi batas terjadi pada step 14, Sebagian besar komponen struktur balok dan kolom telah mencapai kondisi B (titik leleh), untuk dinding lantai 1 sudah mencapai kondisi C, dan ada beberapa kolom lantai 1 telah mengalami kondisi E (titik runtuh).

4.4.2.7. Mekanisme Terjadinya Sendi Plastis M5RDPB-st arah X

Berikut merupakan mekanisme sendi plastis pada model M5RDPB-st arah X yang ditunjukkan sesuai dengan hasil program SAP2000.

Tabel 4. 26 Sendi Plastis M5RDPB-st arah X

Step	Displacement (mm)	Base Force (N)	A-B	B-IO	IO-LS	LS-CP	CP-C	C-D	D-E	E	Total
0	-0.157203	0	1386	0	0	0	0	0	0	0	1386
1	12.211369	707088	1384	2	0	0	0	0	0	0	1386
2	57.839733	3194096	1231	155	0	0	0	0	0	0	1386
3	85.971766	3949217	1130	232	21	0	3	0	0	0	1386
4	152.968029	4685010	1061	203	75	6	1	40	0	0	1386
5	209.48605	4852114	1045	200	65	23	5	48	0	0	1386
6	807.770408	-1199223	1037	202	65	23	5	36	0	18	1386
7	824.128097	-1287877	1037	202	65	23	5	36	0	18	1386
8	840.028614	-1440154	1036	203	65	23	5	34	0	20	1386
9	843.847393	-1496982	1036	203	65	23	5	34	0	20	1386
10	845.772237	-1549307	1036	203	65	23	5	34	0	20	1386
11	845.81628	-1547792	1036	203	65	23	5	34	0	20	1386
12	845.821121	-1547868	1036	203	65	23	5	34	0	20	1386
13	845.826692	-1547876	1036	203	65	23	5	34	0	20	1386
14	845.841365	-1547028	1036	203	65	23	5	34	0	20	1386
15	846.884947	-1522996	1036	203	65	23	5	34	0	20	1386
16	848.467751	-1577956	1036	203	65	23	5	34	0	20	1386



Gambar 4. 43 Sendi plastis pada model M5DPB-st arah X

Pada Tabel 4.26 dan gambar 4.43 menunjukkan bahwa kinerja struktur mencapai Kondisi IO (dapat segera dihuni) dan sudah mencapai titik E (titik keruntuhan). Leleh pertama terjadi pada balok lantai 1 (step 1). Kondisi titik kinerja terjadi pada step 3 sebagian besar komponen struktur balok telah mencapai kondisi B (titik leleh) dan pada kolom lantai 1 sudah terjadi kondisi IO. Kondisi batas terjadi pada step 16, Sebagian besar komponen struktur balok dan kolom telah mencapai kondisi B (titik leleh), untuk dinding lantai 1

sudah mencapai kondisi C, dan ada beberapa kolom lantai 1 telah mengalami kondisi E (titik runtuh).

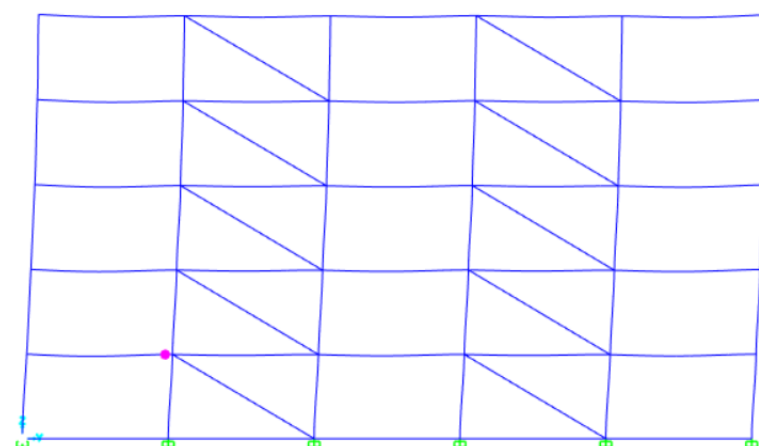
4.4.2.8. Mekanisme Terjadinya Sendi Plastis M5RDPB-st arah Y

Berikut merupakan mekanisme sendi plastis pada model M5RDPB-st arah Y yang ditunjukkan sesuai dengan hasil program SAP2000.

Tabel 4. 27 Sendi Plastis M5RDPB-st arah Y

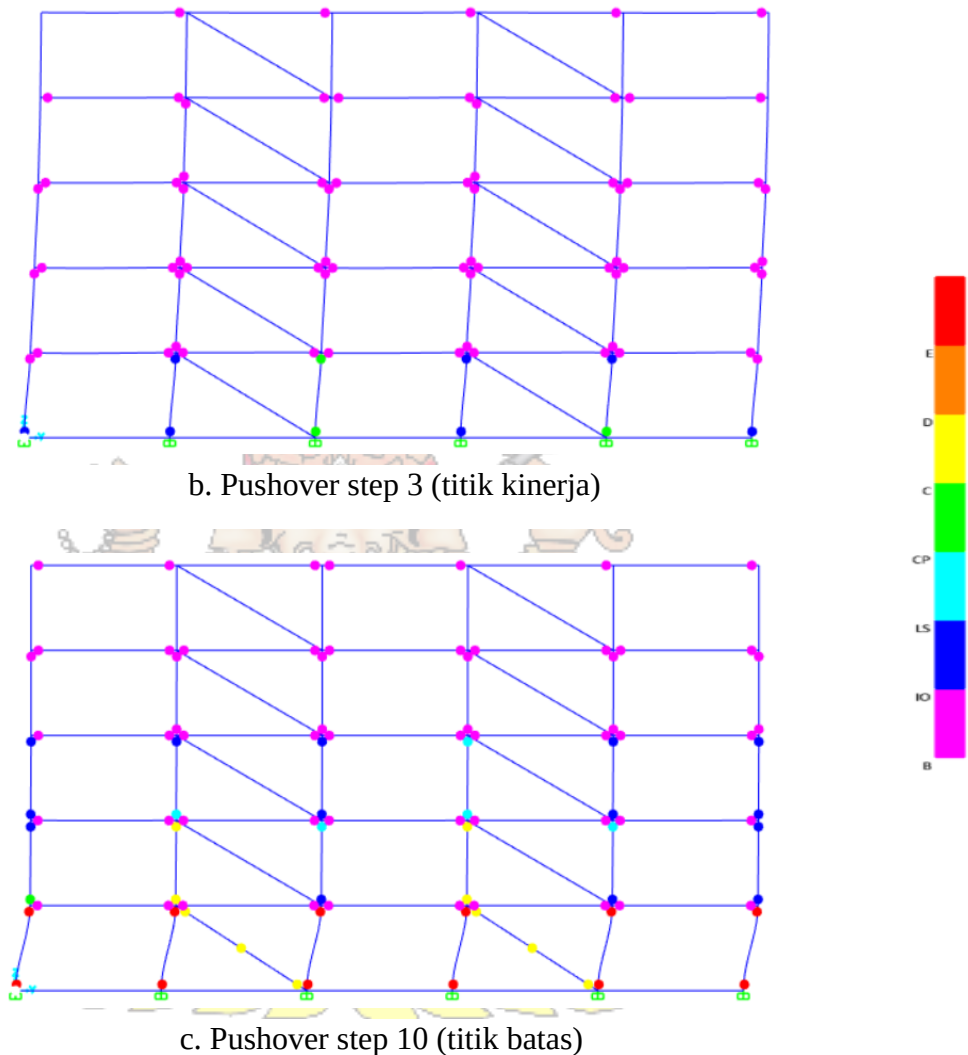
Step	Displacement (mm)	Base Force (N)	A-B	B-IO	IO-LS	LS-CP	CP-C	C-D	D-E	E	Total
0	-0.353367	0	1386	0	0	0	0	0	0	0	1386
1	9.526011	659684	1384	2	0	0	0	0	0	0	1386
2	58.071427	3764509	1211	173	0	0	2	0	0	0	1386
3	100.799777	5113581	1069	273	26	12	6	0	0	0	1386
4	162.426447	6248507	1023	229	61	26	1	46	0	0	1386
5	264.896044	6618809	1000	230	63	12	7	74	0	0	1386
6	793.227373	1140620	992	238	51	12	7	54	0	32	1386
7	804.048316	947348	992	238	51	12	7	54	0	32	1386
8	805.647381	897289	992	238	51	12	7	54	0	32	1386
9	806.243023	857309	992	238	51	12	7	53	1	32	1386
10	804.388554	749728	992	238	51	12	7	51	0	35	1386

Titik Leleh Titik Kinerja Titik Batas



a. Pushover step 1 (titik leleh)





Gambar 4. 44 Sendi plastis pada model M5DPB-st arah Y

Pada Tabel 4.27 dan gambar 4.44 menunjukkan bahawa kinerja struktur mencapai Kondisi IO (dapat segera dihuni) dan sudah mencapai titik E (titik keruntuhan). Leleh pertama terjadi pada balok lantai 1 (step 1). Kondisi titik kinerja terjadi pada step 3 sebagian besar komponen struktur balok telah mencapai kondisi B (titik leleh) dan pada kolom lantai 1 sudah terjadi kondisi CP. Kondisi batas terjadi pada step 10, Sebagian besar komponen struktur

balok dan kolom telah mencapai kondisi B (titik leleh), untuk dinding lantai 1 sudah mencapai kondisi C, dan ada beberapa kolom lantai 1 telah mengalami kondisi E (titik runtuh).

4.4.2.9. Evaluasi Kinerja Struktur M5RT, M5RDPS-st, dan M5RDPB-st

Dari data yang sudah didapatkan yaitu berupa *base shear* dan *monitored displacement* dilanjutkan dengan mengevaluasi kinerja dari struktur yang ditinjau, untuk menentukan tingkat kinerja perlu dilakukan perhitungan kembali dengan metode ATC-40. Berikut perhitungan kinerja struktur yaitu:

- Maksimum Total *Drift* : $\frac{Dt}{H}$
- Maksimum Total Inelastik *Drift* : $\frac{(Dt - D1)}{H}$

Dimana:

Dt : Nilai perpindahan atap saat *performance point*

D1 : Nilai perpindahan atap saat beban dorong step ke-1

H : Tinggi total bangunan

UNMAS DENPASAR

Setelah dilakukan perhitungan maksimum total drift dan maksimum total inelastic drift, dilanjutkan dengan menentukan level kinerja dengan melihat Batasan rasio drift ATC-40.

Tabel 4. 28 29 Batasan rasio *drift* ATC-40

<i>Parameter</i>	<i>Performance Level</i>			
	IO	DC	LS	SB
Maksimum Total <i>Drift</i>	0,01	0,01 - 0,002	0,02	0,33 V_i/P_i
Maksimum Total Inelastik <i>Drift</i>	0,005	0,005 - 0,015	<i>No Limit</i>	<i>No Limit</i>

Berikut hasil perhitungan maksimum total drift dan maksimum inelastik drift:

Tabel 4. 30 kontrol kinerja struktur (*performance Level*)

Uraian	<i>Kinerja Struktur (Performance Level)</i>		
	Nilai	Kontrol	Kinerja
a) Struktur M5RT			
Maksimum Total <i>Drift</i> (X)	0.00569	< 0,01	IO
Maksimum Total Inelastik <i>Drift</i> (X)	0.00478	< 0,005	IO
Maksimum Total <i>Drift</i> (Y)	0.00557	< 0,01	IO
Maksimum Total Inelastik <i>Drift</i> (Y)	0.00466	< 0,005	IO
b) Struktur M5RDPB-st			
Maksimum Total <i>Drift</i> (X)	0.00506	< 0,01	IO
Maksimum Total Inelastik <i>Drift</i> (X)	0.00460	< 0,005	IO
Maksimum Total <i>Drift</i> (Y)	0.00488	< 0,01	IO
Maksimum Total Inelastik <i>Drift</i> (Y)	0.00451	< 0,005	IO
c) Struktur M5RDPB-st			
Maksimum Total <i>Drift</i> (X)	0.00527	< 0,01	IO
Maksimum Total Inelastik <i>Drift</i> (X)	0.00457	< 0,005	IO
Maksimum Total <i>Drift</i> (Y)	0.00502	< 0,01	IO
Maksimum Total Inelastik <i>Drift</i> (Y)	0.00447	< 0,005	IO

Berdasarkan hasil analisis program SAP2000 dan perhitungan menggunakan metode ATC-40 didapatkan kinerja keseluruhan struktur M5RT, M5RDPS-st, dan M5RDPB-st masuk dalam kataegori level kinerja *Immediate Occupancy* (IO).

4.5 Pembahasan

Pada penelitian ini dilakukan analisis perilaku dan kinerja pada struktur gedung beton bertulang, yang dimana ada 2 variasi ketinggian lantai yaitu gedung 3 dan 5 lantai. Terlebih dahulu dilakukan analisis perilaku yang mencari nilai simpangan antar lantai dan *drift ratio* struktur, lalu dilanjutkan dengan analisis kinerja yaitu analisis static nonlinier pushover untuk mencari kurva pushover, target perpindahan dan level kinerja dari struktur, berikut hasil yang didapatkan:

a) Hasil analisis perilaku struktur

Untuk simpangan antar lantai gedung 3 dan 5 lantai, semua struktur yang dimodelkan untuk arah X dan Y sudah memenuhi persyaratan pada BSN, (2019) yaitu simpangan antar tingkat harus lebih kecil dari simpangan izin, yang dimana untuk kekakuan struktur M3RDPS dan M3RDPB memiliki kekakuan yang lebih baik dari pada model M3RT dibuktikan dari nilai simpangan M3RDPS-sh arah X lebih kaku 55%, dan arah Y lebih kaku 71%, simpangan M3RDPS-st lebih kaku 50% dan arah Y lebih kaku 67% , untuk simpangan M3RDPB-sh arah X lebih kaku 32% dan arah Y lebih kaku 49%, sedangkan simpangan M3RDPB-st arah X lebih kaku 28% dan untuk arah Y lebih kaku 43%. Maka untuk struktur gedung lantai 3 struktur yang paling baik yaitu pada model RDPS karna memiliki nilai kekakuan yang paling besar dari pada model yang lainnya.

Untuk struktur gedung 5 lantai dimana kekakuan struktur M5RDPS dan M5RDPB memiliki kekakuan yang lebih baik dari pada model M5RT dibuktikan dari nilai simpangan M5RDPS-sh arah X lebih kaku 40%, dan

arah Y lebih kaku 57%, simpangan M5RDPS-st lebih kaku 36% dan arah Y lebih kaku 54%, untuk simpangan M5RDPB-sh arah X lebih kaku 22% dan arah Y lebih kaku 36%, sedangkan simpangan M5RDPB-st arah X lebih kaku 18% dan untuk arah Y lebih kaku 31%. Maka untuk struktur gedung lantai 5 struktur yang paling baik yaitu pada model RDPS karna memiliki nilai kekakuan yang paling besar dari pada model yang lainnya.

Untuk *drift ratio* dari grafik yang pada struktur 3 lantai mengalami *drift ratio* terbesar pada lantai 2, sedangkan untuk struktur 5 lantai *drift ratio* terbesar terjadi pada lantai 3. struktur M3RDPS dan M3RDPB terjadi penurunan *drift ratio* pada semua lantai jika dibandingkan dengan struktur M3RT, dan *drift ratio* struktur M3RDPS memiliki *drift ratio* yang paling kecil dengan nilai 0.0610% - 0.1084%, sedangkan untuk struktur M3RDPB mendapatkan nilai 0.1057% - 0.1630%, dan untuk M3RT mendapat nilai 0.2308% - 0.2331%. Begitu juga dengan struktur M5RDPS dan M5RDPB terjadi penurunan *drift ratio* pada semua lantai jika dibandingkan dengan struktur M5RT, dan *drift ratio* struktur M5RDPS memiliki *drift ratio* yang paling kecil dengan nilai 0.0660% - 0.1053%, sedangkan untuk struktur M5RDPB mendapatkan nilai 0.1015% - 0.1399%, dan untuk M5RT mendapat nilai 0.1722% - 0.1756%. Dari semua data *drift ratio* yang didapatkan dapat dilihat bahwa penambahan dinding pengisi pada struktur akan memperkecil *drift ratio* dari struktur tersebut, dan nilai yang didapatkan sudah sesuai dengan BSN, (2019), yaitu nilai *drift ratio* tidak lebih besar dari 0.02 atau 2%.

b) Hasil analisis kinerja struktur

Hasil gedung 3 lantai didapatkan titik kinerja model M3RT berdasarkan metode ATC 40 yaitu target perpindahan arah X = 68.369 mm dengan gaya geser maksimum sebesar 1785882 N kinerja yang diperlihatkan oleh struktur adalah *Immediate Occupancy* (IO), target perpindahan arah Y = 68.817 mm dengan gaya geser maksimum sebesar 1781855.3 N kinerja yang diperlihatkan oleh struktur adalah *Immediate Occupancy* (IO). Untuk model M3RDPS-st target perpindahan arah X = 62.66 mm dengan gaya geser maksimum sebesar 5238869 N kinerja yang diperlihatkan oleh struktur adalah *Immediate Occupancy* (IO), target perpindahan arah Y = 52.062 mm dengan gaya geser maksimum sebesar 6426284 N kinerja yang diperlihatkan oleh struktur adalah *Immediate Occupancy* (IO). Untuk model M3RDPB-st target perpindahan arah X = 55.475 mm dengan gaya geser maksimum sebesar 1920110 N kinerja yang diperlihatkan oleh struktur adalah *Immediate Occupancy* (IO), target perpindahan arah Y = 57.867 mm dengan gaya geser maksimum sebesar 3385891 N kinerja yang diperlihatkan oleh struktur adalah *Immediate Occupancy* (IO). Hasil ini sesuai dengan penelitian Sigmund dan Penava, (2012), dimana semua struktur dengan dinding pengisi, baik dengan dan tanpa lubang, memiliki kekakuan yang lebih tinggi dibandingkan dengan struktur rangka terbuka.

Hasil dari kinerja gedung 5 lantai didapatkan titik kinerja model M5RT berdasarkan metode ATC 40 yaitu target perpindahan arah X =

99.611 mm dengan gaya geser maksimum sebesar 3083587.6 N kinerja yang diperlihatkan oleh struktur adalah *Immediate Occupancy* (IO), target perpindahan arah Y = 97.421 mm dengan gaya geser maksimum sebesar 3100377.5 N kinerja yang diperlihatkan oleh struktur adalah *Immediate Occupancy* (IO). Untuk model M5RDPS-st target perpindahan arah X = 88.582 mm dengan gaya geser maksimum sebesar 5235908 N kinerja yang diperlihatkan oleh struktur adalah *Immediate Occupancy* (IO), target perpindahan arah Y = 85.372 mm dengan gaya geser maksimum sebesar 6936872 N kinerja yang diperlihatkan oleh struktur adalah *Immediate Occupancy* (IO). Untuk model M5RDPB-st target perpindahan arah X = 92.181 mm dengan gaya geser maksimum sebesar 4017406 N kinerja yang diperlihatkan oleh struktur adalah *Immediate Occupancy* (IO), target perpindahan arah Y = 87.799 mm dengan gaya geser maksimum sebesar 4703111 N kinerja yang diperlihatkan oleh struktur adalah *Immediate Occupancy* (IO). Hasil ini sesuai dengan penelitian Sigmund dan Penava, (2012), dimana semua struktur dengan dinding pengisi, baik dengan dan tanpa lubang, memiliki kekakuan yang lebih tinggi dibandingkan dengan struktur rangka terbuka.

BAB V

SIMPULAN DAN SARAN

5.1 Simpulan

Studi analisis gedung beton bertulang dengan dan tanpa pasangan dinding pengisi berlubang terhadap beban gempa dilakukan dengan dimodelkan 2 variasi lantai yaitu gedung 3 dan 5 lantai, dinding dimodelkan dengan metode elemen *shell* dan strat diagonal, dilakukan analisis linier untuk mengetahui perilaku struktur dan dilanjutkan dengan analisis *nonlinier static pushover* untuk mengetahui kinerja dari struktur. Berdasarkan hasil analisis perilaku dan kinerja struktur didapatkan kesimpulan sebagai berikut:

1. Perbedaan perilaku struktur yang terjadi meliputi simpangan maksimum, simpangan antar lantai dan *drift ratio*, yaitu:
 - a) Simpangan antar lantai untuk struktur 3 lantai, didapatkan struktur yang paling baik yaitu pada model M3RDPS karena memiliki nilai kekakuan yang paling besar dari pada model M3RT dan M3RDPB, dimana model M3RDPS-sh arah X lebih kaku 55%, dan arah Y lebih kaku 71%, simpangan M3RDPS-st lebih kaku 50% dan arah Y lebih kaku 67%. Sedangkan simpangan antar lantai Struktur gedung 5 lantai didapatkan struktur yang paling baik yaitu model M5RDPS karena struktur ini memiliki kekakuan yang paling besar, dapat dibuktikan dari nilai simpangan M5RDPS-sh arah X lebih kaku 40%, dan arah Y lebih kaku 57%, simpangan M5RDPS-st lebih kaku 36% dan arah Y lebih kaku 54%.

- b) Untuk *drift ratio* dari grafik yang didapatkan untuk struktur 3 lantai struktur M3RDPS memiliki hasil *drift ratio* terbaik karena nilai *drift ratio* nya paling kecil dengan nilai 0.0610% - 0.1084%, jika dibandingkan dengan struktur M3RDPB sebesar 0.1057% - 0.1630% dan M3RT sebesar 0.2308% - 0.2331%. Untuk struktur 5 lantai model M5RDPS memiliki hasil *drift ratio* terbaik karena nilai *drift ratio* nya paling kecil dengan nilai 0.0660% - 0.1053%, jika dibandingkan dengan struktur M5RDPB sebesar 0.1015% - 0.1399% dan M5RT sebesar 0.1722% - 0.1756%. Maka dapat disimpulkan penambahan dinding pengisi pada struktur akan memperkecil *drift ratio* dari struktur tersebut.
2. Hasil dari kinerja struktur gedung 3 dan 5 lantai didapatkan level kinerja dari semua model yaitu masuk ke kondisi *Immediate Occupancy* (IO), namun didapatkan titik kinerja model yang terbaik yaitu pada struktur RDPS karena memperoleh kekuatan yang lebih baik jika dibandingkan dengan struktur RDPB dan RT, namun dari segi daktilitas struktur RDPB memperoleh nilai yang lebih baik.

Secara keseluruhan penambahan dinding pengisi memiliki pengaruh terhadap kekuatan struktur yang dimana dari segi kekuatan struktur model RDPS mendapatkan hasil yang paling bagus jika dibandingkan dengan model yang lain, namun dari segi daktilitas model RDPB lah yang memperoleh hasil yang paling bagus, dan pada penerapannya model RDPS maupun RDPB baik untuk diaplikasikan dilapangan.

5.2 Saran

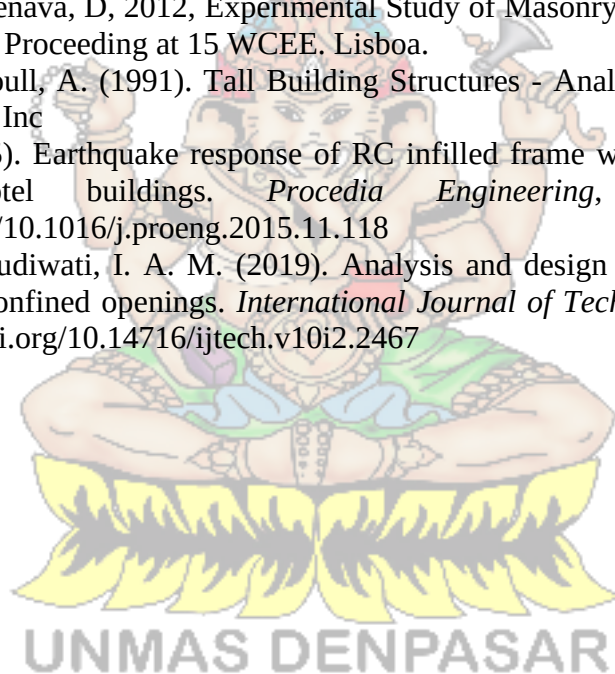
Berdasarkan hasil penelitian, terdapat beberapa saran yang dapat dipertimbangkan untuk penelitian selanjutnya, yaitu:

1. Pengaplikasian struktur dilapangan disarankan untuk ditambahkan dinding pengisi, karna dinding pengisi jelas dapat meningkatkan kekuatan dari struktur.
2. Perlu dilakukan analisis dengan menggunakan penampang kritis atau bangunan yang sudah mengalami kegagalan, sehingga dampak dari penambahan dinding pengisi pada struktur tersebut dapat terlihat signifikan.
3. Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut mengenai variasi ketebalan dinding pada model gedung dengan jumlah lantai yang lebih tinggi, agar dapat mengetahui pengaruh ketebalan dinding terhadap perilaku dan kinerja dari struktur.
4. Dalam penelitian analisis *Static Nonlinear Pushover* menggunakan metode Applied Technology Council (ATC 40), untuk penelitian selanjutnya diharapkan menggunakan peraturan ATC 40 terbaru atau menggunakan FEMA 356 dan FEMA 440 yang terbaru agar dapat mengetahui perbedaan analisis jika menggunakan metode yang berbeda.

DAFTAR PUSTAKA

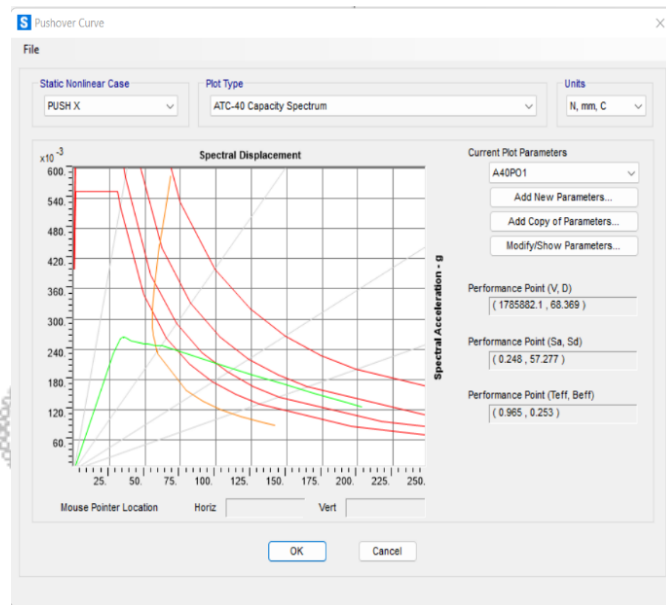
- Agarwal, P., & Shrikhande, M. (2006). Earthquake Resistant Design of Structures. *PHI Learning Pvt. Ltd., New Delhi*.
- Agus, I. P., Wirawan, P., Diartama, I. K., Tubuh, K., & Wiryadi, I. G. G. (2022). *DINDING PENGISI DENGAN BUKAAN SENTRIS*. 11, 49–56. <https://doi.org/10.22146/jcef.XXXXX>
- BSN. (2019a). Persyaratan Beton Struktural untuk Bangunan Gedung dan Penjelasan (SNI 2847:2019). In *Standar Nasional Indonesia (SNI)* (Issue 8).
- BSN. (2019b). Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non Gedung (SNI 1726:2019). In *Standar Nasional Indonesia (SNI)* (Issue 8).
- BSN. (2020). *Penetapan Standar Nasional Indonesia 1727: 2020 Beban desain minimum dan kriteria terkait untuk bangunan gedung dan struktur lain sebagai revisi dari Standar Nasional Indonesia 1727: 2013 Beban minimum untuk perancangan bangunan gedung dan. 8*.
- Budiwati, I. A. M. and Sukrawa, M. (2017). Kinerja Struktur Rangka Beton Bertulang dengan Penambahan Dinding Pengisi Berlubang sebagai Perkuatan Seismik. *Jurnal Teknik Sipil*, 24(1), 43–50. <https://doi.org/10.5614/jts.2017.24.1.6>
- CSI. (2016). SAP2000 Integrated Solution for Structural Analysis and Design. *Computers & Structures Inc*, 556.
- Dewobroto, W. (2005). Analisa Inelastis Portal - Dinding Pengisi dengan “Equivalent Diagonal Strut.” *Jurnal Teknik Sipil ITB*, 12(4), 229–240.
- Dorji, J., & Thambiratnam, D. P. (2009). Modelling and Analysis of Infilled Frame Structures Under Seismic Loads. In *The Open Construction and Building Technology Journal* (Vol. 3).
- FEMA 273. (1997). NEHRP guidelines for the seismic rehabilitation of buildings. *Federal Emergency Management Agency, October*.
- FEMA 356. (2000). Prestandard and Commentary for the Seismic Rehabilitation of Buildings. *Federal Emergency Management Agency, (November)*, :40–70.
- FEMA 547. (2006). Techniques for the seismic rehabilitation of existing buildings. *8th US National Conference on Earthquake Engineering 2006*, 6, 3646–3656.
- Grimm, C. (1975). Strength and Related Properties of Brick Masonry. *Journal of Structural Engineering*, Vol. 101, 217-232
- Imran, I., & Aryanto, A. (2009). Behavior of Reinforced Concrete Frames In-Filled with Lightweight Materials Under Seismic Loads. *Civil Engineering Dimension*, 11(2), 69–77. <https://doi.org/10.9744/ced.11.2.pp.69-77>
- Kakaletsis, D.J., and Karayannis, C.G., 2009, Experimental Investigation of Infilled Reinforced Concrete Frames with Openings. *ACI Structural Journal*. Title no. 106-S14
- Kaushik, H. B., Rai, D. C., & Jain, S. K. (2007). Stress-Strain Characteristics of Clay Brick Masonry under Uniaxial Compression. *Journal of Materials in Civil Engineering*, 19(9), 728–739. [https://doi.org/10.1061/\(asce\)0899-1561\(2007\)19:9\(728\)](https://doi.org/10.1061/(asce)0899-1561(2007)19:9(728))

- Liauw, T. C., & Kwan, K. H. (1984). Nonlinear behaviour of nonintegral infilled frames. "Comput. Struct, 18, 551– 560.
- Mander, J. B., Priestley, M. J. N., & Park, R. (1989). Modelo teórico esfuerzo-deformación para hormigón confinado. *J. Struct. Eng*, 114(8), 1804–1826.
- Mehrabi, A.B., Shing, P.B., Schuller, M.P., Noland, J.L. 1996. Experimental evaluation of masonry-ified RC Frame. *Struct. Engrg., ASCE*, 122(1), pp. 228–237.
- Murty, C.V., Brazev, S., Faison, H., Comartin, C. D., & Irfanoglu, A. (2009). Prilaku Bangunan Struktur Rangka Beton Bertulang dengan Dinding Pengisi dari Bata Terhadap Gempa. Oakland:EERI.
- Paulay, T., & Priestley, M. J. (1992). *Seismic Design of Reinforced Concrete and Masonry Buildings*. John Wiley and Sons, Inc.
- PPIUG. (1983). Peraturan Pembebanan Indonesia untuk Gedung. *Diektorat Penyelidikan Masalah Bangunan, Bandung*, 3–32.
- Sigmund, V, and Penava, D, 2012, Experimental Study of Masonry Infilled R/C Frames with Opening, Proceeding at 15 WCEE. Lisboa.
- Smith, B. S., & Coull, A. (1991). *Tall Building Structures - Analysis & Design*. John Wiley & Sons Inc
- Sukrawa, M. (2015). Earthquake response of RC infilled frame with wall openings in low-rise hotel buildings. *Procedia Engineering*, 125, 933–939. <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2015.11.118>
- Sukrawa, M., & Budiwati, I. A. M. (2019). Analysis and design methods for infilled frames with confined openings. *International Journal of Technology*, 10(2), 394–404. <https://doi.org/10.14716/ijtech.v10i2.2467>

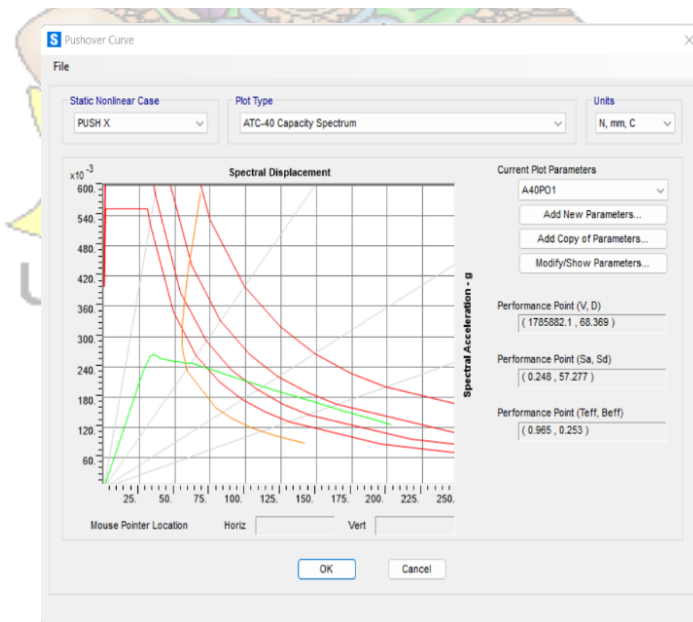


LAMPIRAN

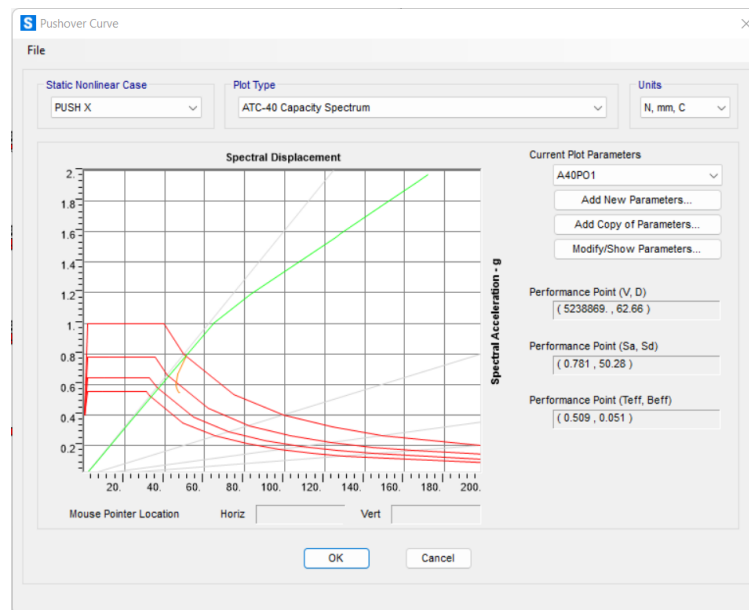
A. Kurva Pushover Berdasarkan ATC-40



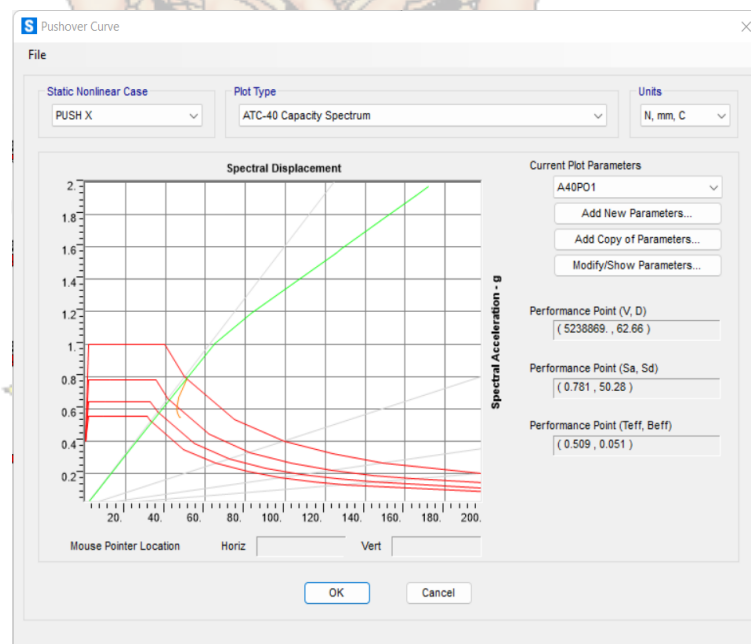
Gambar A.1 Kurva Pushover M3RT arah X



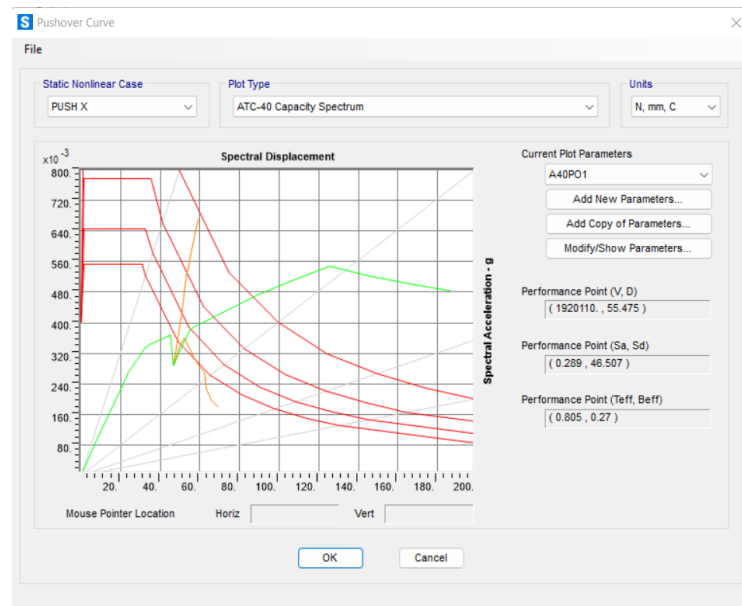
Gambar A.2 Kurva Pushover M3RT arah Y



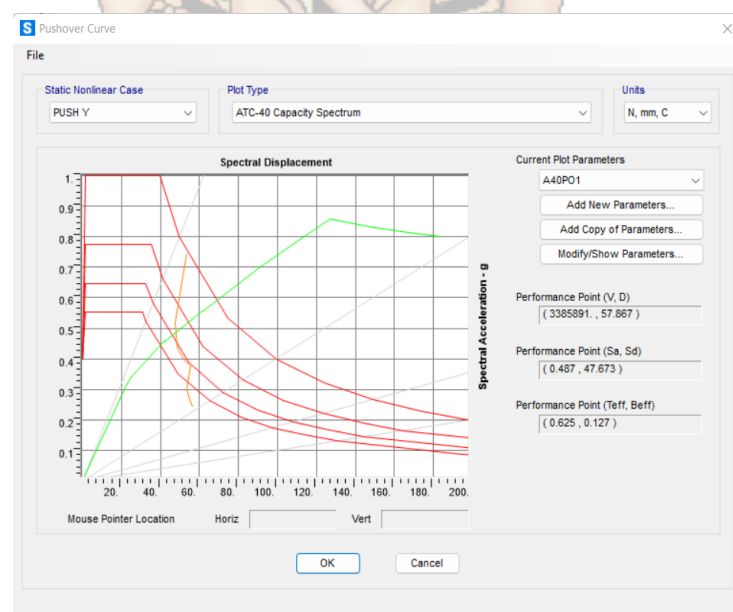
Gambar A.4 Kurva Pushover M3RDPS arah X



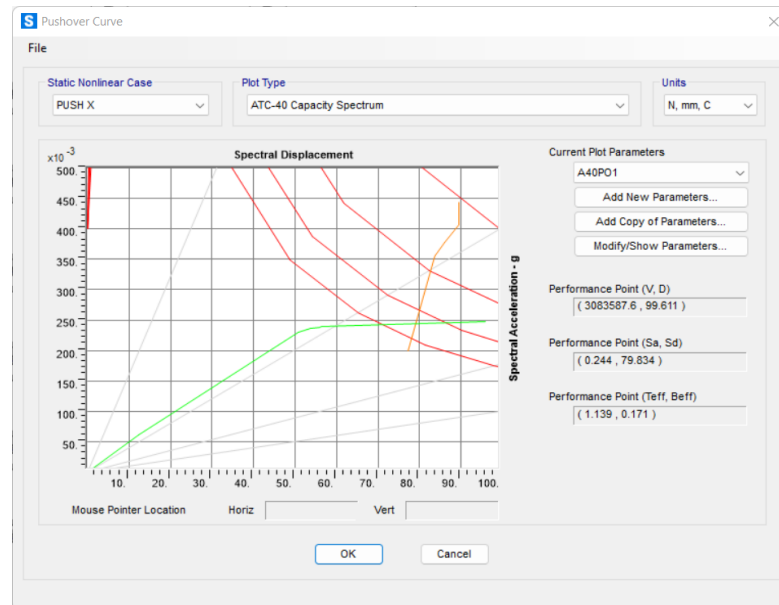
Gambar A.3 Kurva Pushover M3RDPS arah Y



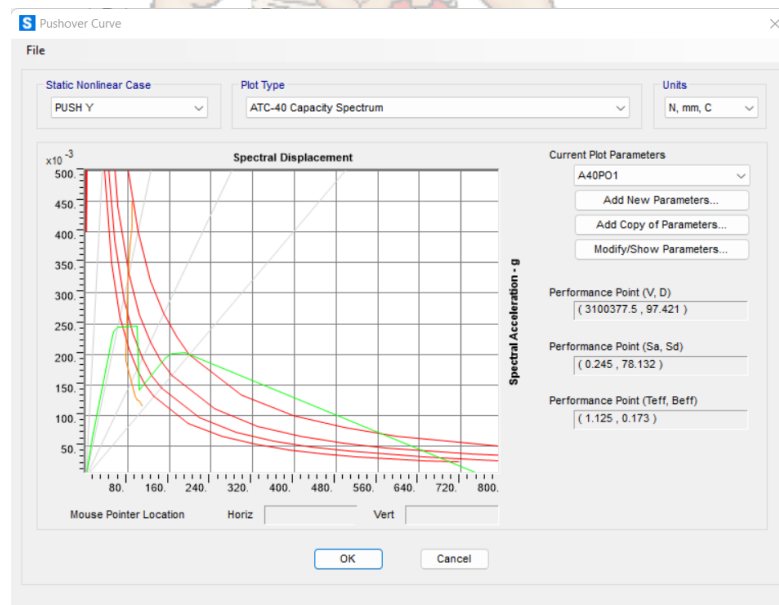
Gambar A.5 Kurva Pushover M3RDPB arah X



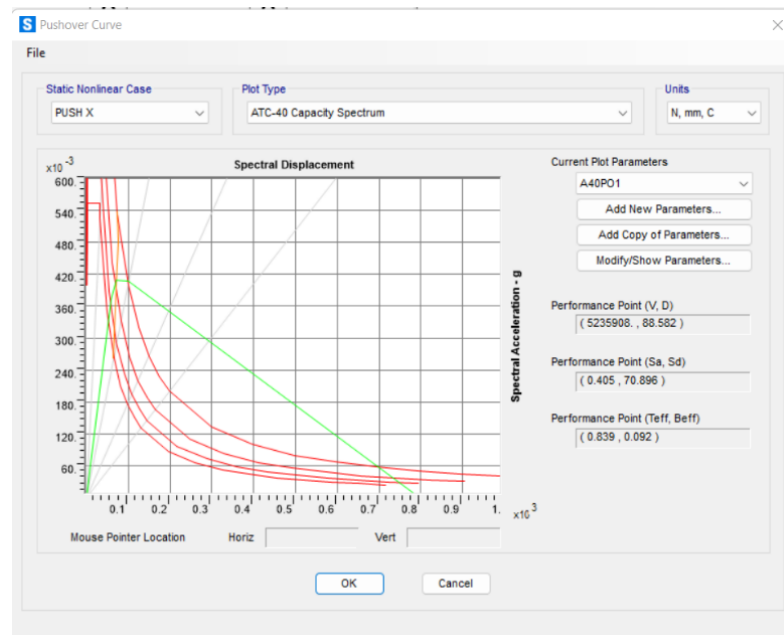
Gambar A .6 Kurva Pushover M3RDPB arah Y



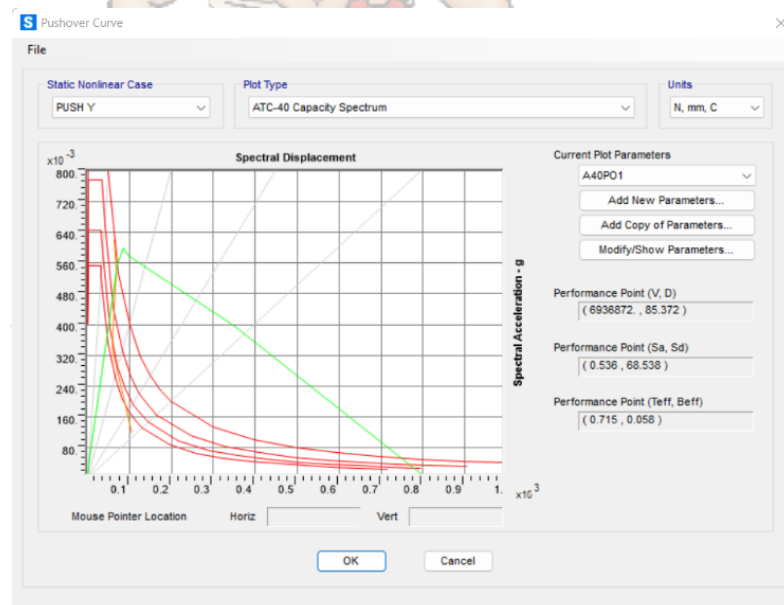
Gambar A.7 Kurva Pushover M5RT arah X



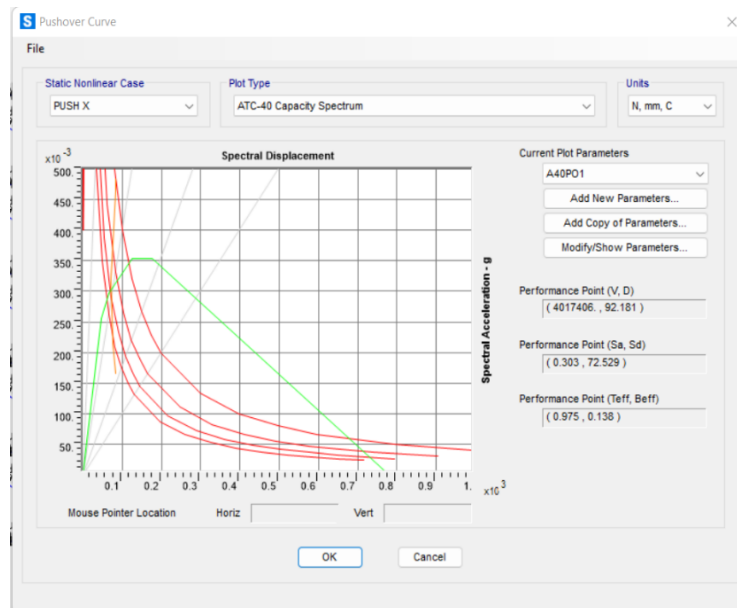
Gambar A.8 Kurva Pushover M5RT arah Y



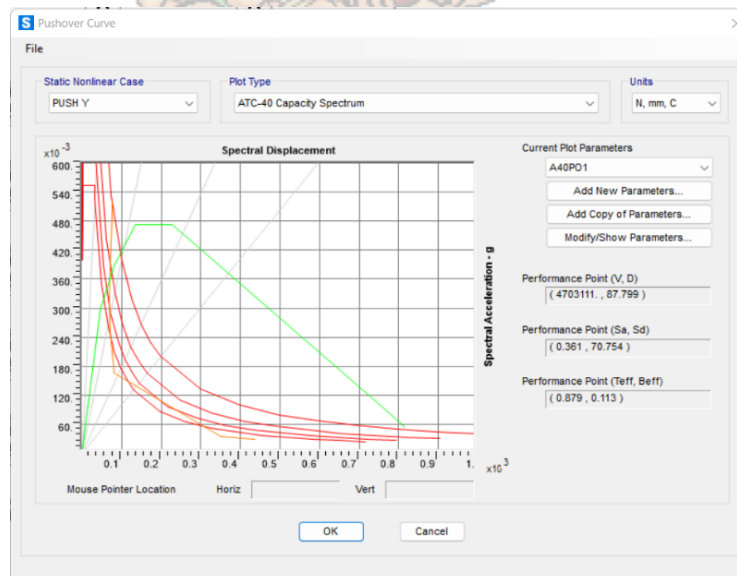
Gambar A.9 Kurva Pushover M5RDPS arah X



Gambar A.10 Kurva Pushover M5RDPS arah Y



Gambar A.11 Kurva Pushover M5RDPB arah X



Gambar A.12 Kurva Pushover M5RDPB arah Y



UNIVERSITAS MAHASARASWATI DENPASAR

Fakultas Teknik

Program Studi Teknik Sipil (S1)

Terakreditasi B (SK BAN PT No. 1215/SK/BAN-PT/Akred/S/IV/2019)

Sekretariat : Jalan Kamboja No.11A Denpasar 80223

Telp/Fax : (0361) 240551

Website: <http://www.ftunmas.ac.id> , E-mail: ft@unmas.ac.id



KARTU ASISTENSI MAHASISWA

Nama : I Made Laksana Wira Saputra
NPM : 2005222010071
Dosen Pembimbing : Dr.Ir. I Made Sastra Wibawa, M.Erg.
NPK/NIP : 826390178

NO	TANGGAL	INSTRUKSI/PERBAIKAN/KOREKSI	PARAF DOSEN
1	28/2022 3	- Perbaiki cover - Tambah referensi pada latar belakang - Perbaiki penulisan pustaka pada BAB II.	
2	18/2022 4	- BAB I : - Perbaiki penulisan kata pada latar belakang - Perbaiki penulisan pada rumusan masalah - BAB II : - Perbaiki penulisan sitasi. - cek kembali sumber FEMA - Perbaiki pustaka BSN - Perbaiki judul pada sub bab penelitian terkait. - BAB III : - Perbaiki penempatan gambar. - Daftar Pustaka : - cek kembali tata cara penulisan daftar - konsisten dalam penggunaan sumber BSN	
3	9/5/2022	- BAB I : - dicak kembali spasi pada sub bab 1.5 - BAB II : - Perbaiki penulisan daftar pustaka - tambahkan / lengkapi kepanjangan dari singkatan model. - BAB III : - Perbaiki kerangka pikir - Perbaiki flow chart. - daftar Pustaka : - Perbaiki cara penulisan daftar pustaka - Pustaka yg dipakai diakhir harus tertulis di daftar pustaka demikian sebaliknya.	
4	10/5/2022	- Tambahkan sub bab Prinsip & Metode Penelitian - Analis diujes.	

5		- Ade Dpt dwygs	✓
6		-	
7		-	
8		-	

Denpasar..... 10 MEI 2022
Pembimbing Skripsi



Dr.Ir. I Made Sastra Wibawa, M.Erg.
826390178



UNMAS DENPASAR

UNIVERSITAS MAHASARASWATI DENPASAR

Fakultas Teknik

Program Studi Teknik Sipil (S1)

Terakreditasi B (SK BAN PT No. 1215/SK/BAN-PT/Akred/S/IV/2019)

Sekretariat : Jalan Kamboja No.11A Denpasar 80223

Telp/Fax : (0361) 240551

Website: <http://www.ftunmas.ac.id> , E-mail: ft@unmas.ac.idSNI ISO 9001:2015
G.01-ID0121-T-2019KARTU ASISTENSI MAHASISWA

Nama : I Made Laksana Wira Saputra
 NPM : 2005222010071
 Dosen Pembimbing : Dr.Ir. I Made Sastra Wibawa, M.Erg.
 NPK/NIP : 826390178

NO	TANGGAL	INSTRUKSI/PERBAIKAN/KOREKSI	PARAF DOSEN
1	11 Juli 2022	- Perbaiki kata pengantar - BAB I : - Perbaiki penulisan daftar pustaka pada latar belakang - lengkapi penjelasan batasan masalah - BAB II : - Perbaiki penulisan daftar pustaka - Perbaiki penulisan pada sub bab - tambahkan pustaka pada sub bab 2.1.3 - BAB III : - Perbaiki penulisan bagan alir, kata alir - Penjelasan gambar pada sub bab 3.1.3	
2	18 Juli 2022	- BAB IV : - Hilangkan / Perbaiki sub bab umum - BAB V : - Perbaiki penulisan pada sub bab simpulan - Perbaiki / tambahkan saran yang berkaitan dengan penelitian. - Daftar pustaka : - cek penulisan dan cantumkan semua pustaka yang berkaitan dengan naskah.	
3	25 Juli 2022	- Hilangkan BAB 2 Schedule pada pro Skripsi, yang ada di proposal	
4	28 Juli 2022	- Selesaikan pendahuluan, latar belakang, rumusan masalah, tujuan penelitian, manfaat penelitian - Cek Daftar pustaka & yg ada di naskah.	

5	29/2022 17	- All Sparting	f-
6		-	
7		-	
8		-	

29 Juli 2022
Denpasar.....
Pembimbing Skripsi

29/22
17


Dr. Ir. I Made Sastra Wibawa, M.Erg.
826390178



UNIVERSITAS MAHASARASWATI DENPASAR

Fakultas Teknik

Program Studi Teknik Sipil (S1)

Terakreditasi B (SK BAN PT No. 1215/SK/BAN-PT/Akred/S/IV/2019)

Sekretariat : Jalan Kamboja No.11A Denpasar 80223

Telp/Fax : (0361) 240551

Website: <http://www.ftunmas.ac.id> , E-mail: ft@unmas.ac.id



KARTU ASISTENSI MAHASISWA

Nama : I Made Laksana Wira Saputra
NPM : 2005222010071
Dosen Pembimbing : I Putu Agus Putra Wirawan, ST., MT
NPK/NIP : 829321753

NO	TANGGAL	INSTRUKSI/PERBAIKAN/KOREKSI	PARAF DOSEN
1	24 Maret 2022	- BAB I : - Perbaiki latar belakang - Perbaiki Rumusan masalah - Perbaiki tujuan dan manfaat - tambah batasan masalah - BAB II : - Perbaiki Penulisan kutipan - tambahkan keterangan satuan pada rumus. - Perbaiki nama gambar - tambah tinjauan pustaka	
2	06 April 2022	- BAB I : Tambahkan referensi untuk 30-60% bukaan menurut Penelitian Sukrawa (2015) - BAB II : Penelitian Wirawan kawa ke penelitian terkait. - BAB III : Deskripsi → rencanakan penelitian, perbaiki kerangka pikir, bagan alir, cara pemodelan strat.	
3	22 April 2022	- BAB I : Perbaiki rumusan masalah, tujuan dan manfaat. - BAB II : Perbaiki Penulisan judul pada sub bab penelitian terkait. - BAB III : - Perbaiki kerangka pikir. - Perbaiki bagan alir. - tambahkan langkah pada pemodelan gap dan stat - tambahkan gambar ROP dan RPPB	
4	29 April 2022	- BAB III : - Perbaiki kerangka pikir - Tambahkan literatur pada studi literatur - tambahkan keterangan arah x dan y pada denah. - Perbaiki tabel estimasi dimensi - tambahkan penjelasan pada pemodelan Strat.	

5	10 Mei 2022	- Aec Lanjutkan PPT!	
6		-	
7		-	
8		-	

Denpasar... 20 Mei 2022
Pembimbing Skripsi



I Putu Agus Putra Wirawan, ST., MT
829321753



UNIVERSITAS MAHASARASWATI DENPASAR
Fakultas Teknik
Program Studi Teknik Sipil (S1)

Terakreditasi B (SK BAN PT No. 1215/SK/BAN-PT/Akred/S/IV/2019)

Sekretariat : Jalan Kamboja No.11A Denpasar 80223

Telp/Fax : (0361) 240551

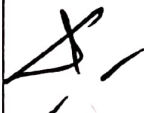
Website: <http://www.ftunmas.ac.id> , E-mail: ft@unmas.ac.id



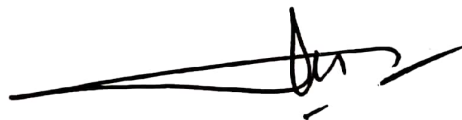
KARTU ASISTENSI MAHASISWA

Nama : I Made Laksana Wira Saputra
NPM : 2005222010071
Dosen Pembimbing : Ir. I Putu Agus Putra Wirawan, ST., MT
NPK/NIP : 829321753

NO	TANGGAL	INSTRUKSI/PERBAIKAN/KOREKSI	PARAF DOSEN
1	24 Juni 2022	- BAB IV : - Perbaiki Perhitungan model strat - Perbaiki Model struktur.	
2	27 Juni 2022	- BAB IV : - Perbaiki Model Struktur - Cari Simpangan antar lantai - buat kan grafik Simpangan. - Isi beban pada model dinding.	
3	3 Juli 2022	- BAB IV : - Perbaiki dimensi Penampang pada model Struktur.	
4	5 Juli 2022	- BAB IV : - lanjut mencari Drift Ratio	

5	8 Juli 2022	- BAB IV : - Perbaiki grafik drift ratio - Lanjut ke analisis pushover.	
6	11 Juli 2022	- BAB IV : - Cari kurva pushover - Mekanisme sendi plastis - Cari evaluasi level kinerja pushover	
7	27 Juli 2022	- BAB IV : - Tambahkan pembahasan - BAB V : - Perbaiki kesimpulan dan saran.	
8	28 Juli 2022	Acc	

Denpasar... 28 Juli 2022
 Pembimbing Skripsi



Ir. I Putu Agus Putra Wirawan, ST., MT
 829321753