



ITS
Institut
Teknologi
Sepuluh Nopember

PROYEK AKHIR - VC191845

EVALUASI RUMAH PRACETAK MODULAR SEDERHANA DUA LANTAI (STUDI KASUS PADA PENELITIAN RUSPIN BALITBANG PUPR)

MUHAMMAD FAISAL
NRP. 10111610013014

Dosen Pembimbing 1
Ridho Bayuaji, ST., MT., Ph.D

Dosen Pembimbing 2
Dr. Eng. Yuyun Tajunnisa, ST., MT.

SARJANA TERAPAN - TRPPBS
DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
FAKULTAS VOKASI
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA 2020



PROYEK AKHIR - VC191845

EVALUASI RUMAH PRACETAK MODULAR SEDERHANA DUA LANTAI (STUDI PADA KASUS PENELITIAN RUSPIN BALITBANG PUPR)

MUHAMMAD FAISAL
NRP. 10111610013014

Dosen Pembimbing 1
Ridho Bayuaji, ST., MT., Ph.D

Dosen Pembimbing 2
Dr. Eng. Yuyun Tajunnisa, ST., MT.

SARJANA TERAPAN - TRPPBS
DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
FAKULTAS VOKASI
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA 2020



FINAL PROJECT - VC191845

**EVALUATION OF SIMPLE-MODULAR TWO
STOREYS PRECAST HOUSE (CASE STUDY ON
BALITBANG PUPR RESEARCH OF RUSPIN)**

MUHAMMAD FAISAL
NRP. 10111610013014

Advisor Lecturer 1
Ridho Bayuaji, ST., MT., Ph.D

Advisor Lecturer 2
Dr. Eng. Yuyun Tajunnisa, ST., MT.

APPLIED BACHELOR - TRPPBS
CIVIL INFRASTRUCTURE ENGINEERING DEPARTMENT
VOCATIONAL FACULTY
SEPULUH NOPEMBER INSTITUTE OF TECHNOLOGY
SURABAYA 2020

LEMBAR PENGESAHAN

EVALUASI RUMAH PRACETAK MODULAR SEDERHANA DUA LANTAI (STUDI KASUS PADA PENELITIAN RUSPIN BALITBANG PUPR)

PROYEK AKHIR

Diajukan untuk memenuhi salah satu syarat kelulusan pada
Program Studi Sarjana Terapan Teknik Infrastruktur Sipil
Fakultas Vokasi
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya

Disusun oleh,

MAHASISWA



Muhammad Faisal
NRP. 10111610013014

Mengetahui,

DOSEN PEMBIMBING 1



DOSEN PEMBIMBING 2





Berita Acara Sidang Proyek Akhir

Departemen Teknik Infrastruktur Sipil Fakultas Vokasi ITS

Semester Genap 2019-2020

Nomor BA :

Nomor Jadwal :

46

Program Studi : D4 Teknik Sipil (TRPPBS)

Diinout oleh : Dr. Eng. Yuyun Tajunnisa, ST., MT.

Bahwa pada hari ini : Jumat, 07-Agt-2020

Pukul : 13:00 s/d 15:00

Di tempat : Online Meeting

Telah dilaksanakan sidang Proposal Tugas Akhir dengan judul:

USULAN PANEL DAN SAMBUNGAN RUMAH PRACETAK MODULAR SEDERHANA 2 LANTAI

Yang dihadiri dan diresentasikan oleh mahasiswa :

(Hadir / Tidak Hadir)

10111610013014 MUHAMMAD FAISAL

Hadir

Yang dihadiri oleh dosen Pembimbing:

(Hadir / Tidak Hadir)

1 Ridho Bayuaji, ST, MT., Ph.D.

Hadir

2 Dr. Eng. Yuyun Tajunnisa, ST., MT.

Hadir

Yang dihadiri oleh dosen Penguji:

(Hadir / Tidak Hadir)

1 Nur Achmad Husin, ST., MT.

Hadir

2 R. Buyung Anugraha A, ST., MT.

Hadir

3

Bahwasanya musyawarah pembimbing dan penguji pada sidang proyek akhir ini memutuskan:

10111610013014 MUHAMMAD FAISAL

LULUS, DENGAN REVISI MINOR

Catatan / revisi / masukan :

Nur Achmad Husin, ST., MT.

1. tolong dibedakan desainnya tumpuan dan lapangan.

2. Judulnya: diganti evaluasi ./ bukan: usulan

3. Jangan di Kaitkan desain dg rumah ramah lingkungan.

Judulnya: Rumah pracetak..

4. Knapa dianalisa pake pushover?

Pembahasan perlu lebih dipertajam, kapan dikatakan IO, dst

Berapa energi yang ditahan struktur
Probability of failure, portal atau struktur?

5. Tujuan TA
6. Desain sendi plastik dimana?
7. Urutan SP
8. displacementsnya pada portalnya
9. Berapa base shear max. yang mampu dipikul?, displacement max?
10. Gambar Joint pondasi dan kolom
11. Gambar denah angker pada pondasi, Gambar detail dilengkapi
12. Gempa tahun berapa? (2019)

R. Buyung Anugraha A., ST., MT.

1. Klasifikasi tanah ditambahi diketerangan hanya pada jenis tanah lunak.
2. Joint dikontrol apa saja, tolong dicek lagi bautnya, apa cukup.
3. Analisa elemen ditunjukkan apakah cukup desainnya.
4. Sambungan tumpuan dan lapangan, tolong dibedakan desainnya momen tumpuan dan lapangan
5. Elemen juga dibedakan tumpuan dan lapangan.
6. Kondisi struktur baik, harusnya sebutkan standarnya dibandingkan.
7. Gambar2 detil: sloof, balok kolom pracetak, sambungan pondasi?
8. detil sambungan pondasi.
9. SA=0,8?

Tindak lanjut :

Mahasiswa memperbaiki/merevisi Proyek Akhir sesuai dengan masukan di atas.

Penutup :

Demikian Berita Acara Sidang Proyek Akhir ini dibuat sebagai panduan revisi oleh Mahasiswa.

Lampiran :

Tempelkan screen capture peserta meeting online disini.

The screenshot shows a Zoom meeting interface. At the top, there are four video thumbnails of participants: Yohan Spurno, Nur Ahmad H., R. Buyung Anugraha, and Muhammad Husni. Below the thumbnails is a presentation slide with the title "ANIMASI METODE PELAKSANAAN" and a 3D wireframe model of a rectangular frame structure. On the right side, there is a "Participants (6)" list with the following names and status icons: Yohan Spurno (1...), Muhammad Fa... (Ca-host), R. Buyung Anugraha A (Sambir...), Sri Sabali, Nur Ahmad Husni (1972113198...), and Fidiha Saqaji (197367101930042...).



EVALUASI RUMAH PRACETAK MODULAR SEDERHANA DUA LANTAI (STUDI KASUS PADA PENELITIAN RUSPIN BALITBANG PUPR)

Nama Mahasiswa : Muhammad Faisal
NRP : 10111610013014
Dosen Pembimbing 1 : Ridho Bayuaji, ST., MT., Ph.D
Dosen Pembimbing 2 : Dr. Eng. Yuyun Tajunnisa, ST., MT.

ABSTRAK

Pusat Litbang Permukiman telah menghasilkan berbagai hasil penelitian dan pengembangan di bidang permukiman, salah satunya adalah rumah sistem panel instan (RUSPIN). Konsep yang dipakai adalah *knockdown* sistem rumah beton precast tahan gempa yang efisien, murah, cepat, aman serta nyaman bagi lingkungan dan penghuni di dalamnya.

Tujuan penelitian tugas akhir ini adalah untuk menganalisa dan menemukan desain komponen panel dan sambungan yang optimal untuk struktur rumah dua lantai dengan memperhatikan potensi beban gempa wilayah koefisien dasar seismik C, D, dan E di Indonesia berdasarkan hasil evaluasi kinerja komponen struktur RUSPIN eksisting.

Hasil uji menggunakan *pushover analysis* dengan bantuan program SAP2000 dan untuk wilayah kategori koefisien dasar seismik C, D, dan E dengan kondisi tanah lunak didapatkan *drift ratio* 0.23%, 0.36%, dan 0.67%. Untuk ketiga wilayah tersebut menunjukkan bahwa level kinerja struktur masuk kriteria *Immediate Occupancy* yang berarti terjadi kerusakan kecil pada struktur dan bangunan dapat segera digunakan kembali.

Hasil uji struktur re-desain dengan ukuran penampang panel 250x100 mm didapatkan *drift ratio* 0.28 %, 0.43%, dan 0.77%. Untuk ketiga wilayah menunjukkan bahwa level kinerja struktur masuk kriteria *Immediate Occupancy* yang berarti terjadi kerusakan kecil pada struktur dan bangunan dapat segera digunakan kembali.

Kata Kunci: Evaluasi, RUSPIN, Rumah Pracetak, Analisa Pushover

**EVALUATION OF SIMPLE-MODULAR TWO-STOREYS
PRECAST HOUSE (CASE STUDY ON BALITBANG PUPR
RESEARCH OF RUSPIN)**

Student Name : *Muhammad Faisal*
NRP : *10111610013014*
Advisor Lecturer 1 : *Ridho Bayuaji, ST., MT., Ph.D*
Advisor Lecturer 2 : *Dr. Eng. Yuyun Tajunnisa, ST., MT.*

ABSTRACT

Settlement Research and Development Center has been produced various research and development results in the settlement sector, one of which is Instant Panel System of Precast House (RUSPIN). The concept used was earthquake resistant, efficient, cheap, fast, safe, and comfortable of Concrete Precast House System for the environment and the inhabitant in it.

The aim of the final project research was to analyze and find the optimal panel and connection component design for two storeys house with observes basic seismic coefficient (C, D, E) quake load area potential in Indonesia based on evaluation result of performance of existing structural component of RUSPIN.

The test result used pushover analysis with SAP2000 program and for basic seismic coefficient (C, D, E) area category with soft soil condition obtained drift ratio 0.23%, 0.36%, 0.67% for the three areas that mentioned shows that performance structure level was on Immediate Occupancy criteria which was occur minor damage on the structural and building but can reuse soon.

The test result of re-design structure with panel dimension 250 x 100 mm obtained drift ratio 0.28%, 0.43%, 0.77% for the three areas shows performance structure level was on Immediate Occupancy which was occur minor damage on the structural and building but can reuse soon.

Keywords: *Evaluation, Ruspín, Precast House, Pushover Analysis*

KATA PENGANTAR

Puji syukur kehadirat Tuhan Yang Maha Esa karena atas segala rahmat-Nya sehingga Penulis dapat menyelesaikan Proyek Akhir yang berjudul EVALUASI RUMAH PRACETAK MODULAR SEDERHANA DUA LANTAI (STUDI KASUS PADA PENELITIAN RUSPIN BALITBANG PUPR) ini dengan cukup baik dan lancar.

Tak lupa juga Penulis ucapkan Terimakasih yang sebanyak-banyaknya kepada pihak-pihak yang telah membantu Penulis dan penyusunan Proyek Akhir ini, antara lain kepada:

1. Mohammad Khoiri, ST., MT., selaku Kepala Departemen Teknik Infrastruktur Sipil FV-ITS yang memberikan Penulis kesempatan untuk menuntut ilmu di Sarjana Terapan Teknik Infrastruktur Sipil FV-ITS.
2. Ridho Bayuaji, ST., MT., Ph.D, selaku Dosen Pembimbing 1 Penulis selama mengerjakan Proyek Akhir ini yang sangat membantu dalam memberikan nasihat dan pendapatnya.
3. Dr. Eng. Yuyun Tajunnisa, ST., MT., selaku Dosen Pembimbing 2 Penulis selama mengerjakan Proyek Akhir ini yang sangat membantu dalam memberikan nasihat dan pendapatnya.
4. Orangtua Penulis yang selalu memberikan dukungan berupa nasihat, semangat, dan finansial selama perkuliahan sampai dengan pengerjaan Proyek Akhir ini.

Penulis menyadari jika dalam Proyek Akhir ini masih jauh dari kata sempurna dan masih banyak kekurangan. Maka dari itu Penulis mengharapkan kritik dan saran yang membangun sehingga dapat dijadikan masukan dalam penyempurnaan penulisan Proyek Akhir nantinya. Semoga dapat bermanfaat untuk penelitian selanjutnya dan para pembaca.

Surabaya, 25 Juni 2020
Penulis

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN.....	i
ABSTRAK	v
<i>ABSTRACT</i>	vi
KATA PENGANTAR	vii
DAFTAR ISI	viii
DAFTAR GAMBAR	xiv
DAFTAR TABEL.....	xxi
BAB I	1
PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah.....	2
1.3 Batasan Masalah	2
1.4 Tujuan	2
1.5 Manfaat.....	2
BAB II.....	3
TINJAUAN PUSTAKA.....	3
2.1 Struktur Beton Pracetak	3
2.1.1 Dasar Teori Sambungan	4
2.1.2 Sambungan Baut Mutu Tinggi.....	6
2.2 Tahan Gempa.....	9
2.2.1 Wilayah Gempa	9
2.2.2 Kategori Desain Seismik (KDS).....	11
2.3 Evaluasi Kinerja Struktur dengan Analisa Pushover	13
2.3.1 Analisa Pushover.....	13

2.3.2	Target Perpindahan	16
2.3.3	Level Kinerja Struktur.....	19
2.4	Analisis Probabilitas Kerusakan Bangunan dengan Metode Hazus	20
2.4.1	Deskripsi Tipe Bangunan	20
2.4.2	<i>Building Structural Fragility Parameter</i>	21
2.5	Rumah Sistem Panel Instan (RUSPIN).....	25
2.5.1	Keunggulan RUSPIN	26
2.5.2	Komponen RUSPIN.....	27
2.6	Penelitian Sebelumnya Mengenai Rumah Pracetak Sederhana .	29
2.7	Metode Elemen Hingga.....	30
2.8	Alat Bantu Sipil: ABAQUS 2017.....	30
BAB III.....		33
METODOLOGI.....		33
3.1	Studi Literatur.....	34
3.2	Denah Rumah	35
3.3	Perencanaan Komponen	36
3.3.1	Komponen RUSPIN Eksisting.....	36
3.3.2	Komponen Sambungan	38
3.3.3	Pemasangan Komponen dan Sambungan.....	38
3.4	Analisa Pembebanan Struktur dengan Program SAP2000	41
3.4.1	Beban Statis	42
3.4.2	Beban Gempa.....	42
3.4.3	Analisis pembebanan NonLinier Pushover	42
3.5	Pembahasan Hasil Analisis Pushover	43
3.6	Uji Parsial Sambungan.....	43

BAB IV	45
ANALISA PUSHOVER STRUKTUR EKSISTING	45
4.1 Pembebanan Gravitasi.....	45
4.2 Pembebanan Gaya Dorong Lateral	45
4.3 Kurva Kapasitas.....	45
4.4 Mekanisme Sendi Plastis.....	49
4.4.1 Distribusi Sendi Plastis.....	49
4.4.2 Tahapan Sendi Plastis Struktur <i>Pushover</i> Arah X.....	58
4.4.3 Tahapan Sendi Plastis Struktur <i>Pushover</i> Arah Y.....	60
4.5 Evaluasi Titik Kinerja Bangunan Eksisting	63
4.5.1 Metode FEMA 356	63
4.5.2 Metode ATC 40	66
4.6 Evaluasi Kinerja.....	76
4.6.1 Distribusi Sendi Plastis Saat <i>Performance Point</i>	80
4.7 Studi Kerusakan Bangunan	82
BAB V.....	89
ANALISA BAUT SAMBUNGAN EKSISTING	89
5.1 Data Perencanaan Sambungan.....	89
5.2 Sambungan Balok Dengan Kolom.....	90
5.3 Analisa Kekuatan Baut Menggunakan ABAQUS Struktur Eksisting.....	95
5.3.1 Hasil Analisa <i>Software Abaqus</i>	104
BAB VI	105
ANALISA PUSHOVER STRUKTUR RE-DESAIN.....	105
6.1 Kurva Kapasitas Struktur Re-Desain	105
6.2 Mekanisme Sendi Plastis.....	109

6.2.1	Distribusi Sendi Plastis Struktur Re-Desain	109
6.2.2	Tahapan Sendi Plastis Struktur Re-Desain Arah X	115
6.2.3	Tahapan Sendi Plastis Struktur Re-Desain Arah Y	117
6.3	Evaluasi Titik Kinerja Bangunan Re-Desain	119
6.3.1	Metode FEMA 356 Struktur Re-Desain.....	119
6.3.2	Metode ATC-40 Struktur Re-Desain	122
6.4	Evaluasi Kinerja.....	130
6.4.1	Distribusi Sendi Plastis Saat <i>Performance Point</i>	134
6.5	Studi Kerusakan Bangunan	136
BAB VII	143
ANALISA STRUKTUR RE-DESAIN	143
7.1	Hasil Re-Desain Panel Struktur.....	143
7.2	Cek Kapasitas Balok	153
7.2.1	Data Perencanaan Balok.....	154
7.2.2	Perhitungan Momen Kapasitas Balok Lapangan	156
7.2.3	Perhitungan Momen Kapasitas Balok Tumpuan	158
7.2.4	Perhitungan Kapasitas Geser Balok	160
7.2.5	Perhitungan Torsi Balok.....	161
7.3	Cek Kapasitas Kolom.....	162
7.3.1	Data Perencanaan Kolom	162
7.3.2	Perhitungan Kapasitas Kolom	164
BAB VIII	179
ANALISA BAUT SAMBUNGAN RE-DESAIN	179
8.1	Perencanaan Sambungan Re-Desain.....	179
8.2	Sambungan S1	180
8.3	Sambungan S2	185

8.4 Sambungan S3	190
8.5 Sambungan S4	193
8.6 Sambungan Panel P1 dengan P2.....	197
8.7 Sambungan Kolom Ke Pondasi.....	201
8.7.1 Kuat Baja Angkur Dalam Tarik.....	203
8.7.2 Kekuatan Jebol (<i>Breakout</i>) Beton Angkur Dalam Tarik.....	203
8.7.3 Kekuatan Cabut Angkur Dari Betonnya (<i>Pull-out</i>)	204
8.7.4 Kekuatan Baja Angkur Dalam Geser	205
8.7.5 Kuat Jebol Beton (<i>Break-out</i>) Terhadap Geser.....	205
8.7.6 Cek Interaksi Gaya Geser dan Tarik	206
8.7.7 Rekapitulasi Kuat Nominal Angkur.....	207
8.8 Hasil Analisa Software Abaqus Re-desain.....	207
BAB IX	211
PERENCANAAN PANEL PELAT	211
9.1 Data Perencanaan Plat Pracetak.....	211
9.2 Pembebanan Pelat Pracetak.....	212
9.3 Penulangan Pelat Pracetak.....	213
BAB X.....	217
PERENCANAAN TANGGA KAYU	217
10.1 Data Perencanaan Tangga.....	217
10.2 Perencanaan Jumlah Injakan	217
10.3 Perencanaan Plat Bordes Tangga	219
10.4 Perencanaan Anak Tangga.....	220
10.5 Perencanaan Ibu Tangga.....	222
10.6 Perencanaan Balok Bordes	223

10.7	Perencanaan Kolom Kayu.....	224
BAB XI		227
METODE PELAKSANAAN		227
11.1	Penggalian Tanah Pondasi	227
11.2	Pemasangan Pondasi.....	228
11.3	Pemasangan Sloof	229
11.4	Pemasangan Kolom	230
11.5	Pemasangan Balok.....	231
11.6	Pemasangan Kolom dan Balok Lantai 2.....	232
11.7	Pemasangan Panel Lantai	233
11.8	Pemasangan Tangga Kayu	234
11.9	Pemasangan Dinding Hebel.....	235
BAB XII		237
KESIMPULAN DAN SARAN		237
12.1	Kesimpulan	237
12.2	Saran	239
DAFTAR PUSTAKA		241
BIOGRAFI PENULIS		243
LAMPIRAN		245

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Baut dan spesifikasinya.....	7
Gambar 2. 2 Peta respons spektra percepatan 0,2 detik di batuan dasar SB untuk probabilitas terlampaui 2% dalam 50 tahun	10
Gambar 2. 3 Peta respons spektra percepatan 1 detik di batuan dasar SB untuk probabilitas terlampaui 2% dalam 50 tahun	10
Gambar 2. 4 Desain spektra indonesia.....	11
Gambar 2. 5 Posisi sumbu lokal balok.....	14
Gambar 2. 6 Posisi sumbu lokal kolom	14
Gambar 2. 7 Penentuan titik kinerja menurut metode spektrum kapasitas	17
Gambar 2. 8 Parameter data respons spektrum rencana	18
Gambar 2. 9 Aplikasi ruspin pada rumah satu lantai	25
Gambar 2. 10 Model perakitan satu modul RUSPIN	26
Gambar 2. 11 Panel P1	27
Gambar 2. 12 Panel P2.....	28
Gambar 2. 13 Baut sambungan.....	28
Gambar 3. 1 Flowchart penelitian.....	34
Gambar 3. 2 Denah rumah 2 lantai	35
Gambar 3. 3 Panel P1 eksisting	36
Gambar 3. 4 Panel 2 eksisting	37
Gambar 3. 5 Detail sambungan tampak samping	38
Gambar 3. 6 Portal struktur Ruspin	38
Gambar 3. 7 Struktur Ruspin penuh 2 lantai	39
Gambar 3. 8 Sambungan balok-balok.....	39
Gambar 3. 9 Pemasangan kolom pojok	40
Gambar 3. 10 Pemasangan kolom tengah	40
Gambar 3. 11 Pemasangan kolom tepi.....	41
Gambar 4. 1 Kurva kapasitas pushover arah X	46
Gambar 4. 2 Kurva kapasitas pushover arah Y	47
Gambar 4. 3 Perbandingan kurva kapasitas arah X dan Y.....	49
Gambar 4. 4 Distribusi sendi plastis pada step-25 pushover arah Y	51
Gambar 4. 5 Grafik displacement dan base shear sendi plastis pertama arah X.....	58
Gambar 4. 6 Step saat terjadinya Sendi plastis pertama arah X (step 17)	58

Gambar 4. 7 Grafik displacement dan base shear pada saat kinerja mencapai IO arah X	59
Gambar 4. 8 Step saat kinerja struktur mencapai IO arah X (step 39) ..	59
Gambar 4. 9 Grafik displacement dan base shear pada saat kinerja LS arah X.....	60
Gambar 4. 10 Step saat kinerja struktur mencapai LS arah X (step 47)	60
Gambar 4. 11 Grafik displacement dan base shear sendi plastis pertama arah Y	61
Gambar 4. 12 Step saat terjadinya Sendi plastis pertama Arah Y (step 17)	61
Gambar 4. 13 Grafik displacement dan base shear pada saat kinerja IO arah Y	62
Gambar 4. 14 Step saat kinerja struktur mencapai IO arah Y (step 39)	62
Gambar 4. 15 Grafik displacement dan base shear pada saat kinerja LS arah Y	63
Gambar 4. 16 Step saat kinerja struktur mencapai LS arah Y (step 47)	63
Gambar 4. 17 Hasil calculate pushover curve FEMA 356 untuk KDS C	64
Gambar 4. 18 Hasil calculate pushover curve FEMA 356 untuk KDS D	65
Gambar 4. 19 Hasil calculate pushover curve FEMA 356 untuk KDS E	66
Gambar 4. 20 Define pushover parameters for ATC40 capacity spektrum	67
Gambar 4. 21 Input pada kotak dialog parameters for ATC-40 capacity spektrum	67
Gambar 4. 22 Capacity spektrum pushover arah X hasil SAP2000	68
Gambar 4. 23 Capacity spektrum pushover arah X hasil SAP2000	68
Gambar 4. 24 Grafik capacity spektrum dan demand spektrum arah X	70
Gambar 4. 25 Grafik capacity spektrum dan demand spektrum arah Y	71
Gambar 4. 26 Kurva kapasitas arah X metode ATC-40 untuk KDS C .	72
Gambar 4. 27 Kurva kapasitas arah Y metode ATC-40 untuk KDS C .	72
Gambar 4. 28 Kurva kapasitas arah X metode ATC-40 untuk KDS D .	73
Gambar 4. 29 Kurva kapasitas arah Y metode ATC-40 untuk KDS D .	74
Gambar 4. 30 Kurva kapasitas arah X metode ATC-40 untuk KDS E. .	75
Gambar 4. 31 Kurva kapasitas arah Y metode ATC-40 untuk KDS E. .	75

Gambar 4. 32 Distribusi sendi plastis pada step- 12 KDS C.....	80
Gambar 4. 33 Distribusi sendi plastis pada step 12 KDS D.....	81
Gambar 4. 34 Distribusi sendi plastis pada step-17 KDS E.....	81
Gambar 4. 35 Matrik probabilitas kerusakan bangunan KDS C	85
Gambar 4. 36 Matrik probabilitas kerusakan bangunan KDS D.....	86
Gambar 4. 37 Probabilitas kerusakan bangunan KDS E	88
Gambar 5. 1 Denah sambungan eksisting yang ditinjau.....	89
Gambar 5. 2 Gaya yang Bekerja pada sambungan.....	90
Gambar 5. 3 Gaya Geser yang Bekerja Pada Baut	91
Gambar 5. 4 Gaya Tarik yang Bekerja	92
Gambar 5. 5 Keruntuhan Geser Pada Baut	93
Gambar 5. 6 Keruntuhan Tarik Pada Baut	94
Gambar 5. 7 Run Abaqus	96
Gambar 5. 8 Permodelan Baut.....	96
Gambar 5. 9 Permodelan Plat.....	97
Gambar 5. 10 Create Section.....	99
Gambar 5. 11 Edit Section	99
Gambar 5. 12 Assign Section	100
Gambar 5. 13 Assign Mesh Control	100
Gambar 5. 14 Assign Element Type.....	101
Gambar 5. 15 Seed Part.....	101
Gambar 5. 16 Mesh Part.....	102
Gambar 5. 17 Verify Mesh.....	102
Gambar 5. 18 Permodelan Baut Dengan Software Abaqus	104
Gambar 6. 1 Kurva kapasitas arah X re-desain	105
Gambar 6. 2 Kurva kapasitas arah Y re-desain	107
Gambar 6. 3 Perbandingan kurva kapasitas arah X dan arah Y re-desain	108
Gambar 6. 4 Grafik displacement dan base shear sendi plastis ke-1 arah X redesain.....	115
Gambar 6. 5 Step saat terjadinya Sendi plastis pertama struktur arah X redesain (step 17).....	115
Gambar 6. 6 Grafik displacement dan base shear pada saat kinerja mencapai IO arah X re-desain	116
Gambar 6. 7 Step saat kinerja struktur mencapai IO arah X redesain (step 39)	116

Gambar 6. 8 Grafik displacement dan base shear sendi plastis ke-1 arah Y redesain.....	117
Gambar 6. 9 Step saat terjadinya Sendi plastis pertama Arah Y redesain	117
Gambar 6. 10 Displacement dan base shear pada kinerja IO arah Y redesain	118
Gambar 6. 11 saat kinerja struktur mencapai IO arah Y redesain.....	118
Gambar 6. 12 Hasil calculate pushover curve FEMA 356 untuk KDS C Re-Desain	119
Gambar 6. 13 Hasil calculate pushover curve FEMA 356 untuk KDS D Re-Desain	120
Gambar 6. 14 Hasil calculate pushover curve FEMA 356 untuk KDS E re-desain	121
Gambar 6. 15 Capacity spectrum pushover arah X re-desain	122
Gambar 6. 16 Capacity spectrum pushover arah Y re-desain	122
Gambar 6. 17 Capacity spectrum dan demand spectrum arah X re-desain	124
Gambar 6. 18 Capacity spectrum dan demand spectrum arah Y re-desain	125
Gambar 6. 19 Kurva kapasitas arah X metode ATC-40 untuk KDS C re-desain	126
Gambar 6. 20 Kurva kapasitas arah Y metode ATC-40 untuk KDS C re-desain	126
Gambar 6. 21 Kurva kapasitas arah X metode ATC-40 untuk KDS D re-desain	127
Gambar 6. 22 Kurva kapasitas arah Y metode ATC-40 untuk KDS D re-desain	128
Gambar 6. 23 Kurva kapasitas arah X metode ATC-40 untuk KDS E re-desain	129
Gambar 6. 24 Kurva kapasitas arah Y metode ATC-40 untuk KDS E re-desain	129
Gambar 6. 25 Distribusi sendi plastis pada step- 12 KDS C re-desain	134
Gambar 6. 26 Distribusi sendi plastis pada step-12 KDS D re-desain	135
Gambar 6. 27 Distribusi sendi plastis pada step-19 KDS E Re-Desain	135

Gambar 6. 28 Matrik probabilitas kerusakan bangunan KDS C re-desain	139
Gambar 6. 29 probabilitas kerusakan bangunan KDS D re-desain	140
Gambar 6. 30 Matrik probabilitas kerusakan bangunan KDS E re-desain	142
Gambar 7. 1 Penulangan Panel P1	143
Gambar 7. 2 Penampang panel P2 redesain	143
Gambar 7. 3 Penulangan panel P2 Re-Desain	144
Gambar 7. 4 Sambungan baut M16	144
Gambar 7. 5 Balok Redesain	144
Gambar 7. 6 Kolom pojok re-desain	145
Gambar 7. 7 Kolom tengah re-desain	146
Gambar 7. 8 Kolom tepi re-desain	147
Gambar 7. 9 Sambungan Balok dengan Kolom lantai 2	148
Gambar 7. 10 Sambungan Balok Kolom lantai 2 3D	148
Gambar 7. 11 sambungan Balok dengan Kolom lantai Atap tipe 1	149
Gambar 7. 12 Hubungan balok dengan Kolom Tipe 1 3D	149
Gambar 7. 13 Sambungan Balok dengan Kolom Tipe 2	150
Gambar 7. 14 Hubungan balok dengan kolom tipe 2 3D	150
Gambar 7. 15 Sambungan Sloof dengan kolom	151
Gambar 7. 16 Sambungan Sloof dengan Kolom 3D	151
Gambar 7. 17 Sambungan Kolom Re-desain	152
Gambar 7. 18 Full Panel Re-desain 2 lantai	153
Gambar 7. 19 Denah lokasi balok yang ditinjau	154
Gambar 7. 20 Dimensi balok yang ditinjau	154
Gambar 7. 21 Gaya-gaya ultimate pada balok tinjau	155
Gambar 7. 22 Denah lokasi kolom yang ditinjau	162
Gambar 7. 23 Kolom tengah re-desain	163
Gambar 7. 24 Kolom tepi re-desain	164
Gambar 7. 25 Dimensi kolom pojok re-desain	164
Gambar 7. 26 Diagram interaksi kolom tepi KDS E	166
Gambar 7. 27 Diagram interaksi kolom tepi KDS D	167
Gambar 7. 28 Diagram interaksi kolom tepi KDS C	168
Gambar 7. 29 Diagram interaksi kolom pojok KDS E	171
Gambar 7. 30 Diagram interaksi kolom pojok KDS D	172
Gambar 7. 31 Diagram interaksi kolom pojok KDS C	173

Gambar 7. 32 Diagram interaksi kolom tengah KDS E.....	175
Gambar 7. 33 Diagram interaksi kolom tengah KDS D	176
Gambar 7. 34 Diagram interaksi kolom tengah KDS C	177
Gambar 8. 1 Denah sambungan re-desain yang ditinjau.....	179
Gambar 8. 2 Detail Sambungan S1.....	180
Gambar 8. 3 Output Diagram Momen dan Geser S2 Dari SAP2000 ..	180
Gambar 8. 4 Gaya yang Bekerja Pada sambungan S1	181
Gambar 8. 5 Gaya Geser yang Bekerja Pada Baut sambungan S1.....	182
Gambar 8. 6 Gaya Tarik yang Bekerja sambungan balok tengah bentang	183
Gambar 8. 7 Detail Sambungan S2.....	185
Gambar 8. 8 Output Diagram Momen dan Geser Dari SAP2000 Frame 5	185
Gambar 8. 9 Output Diagram Momen dan Geser Dari SAP2000 Frame 6	186
Gambar 8. 10 Gaya yang bekerja pada sambungan S2.....	186
Gambar 8. 11 Gaya geser pada yang terjadi pada sambungan kolom pojok lt.1 dan lt.2.....	188
Gambar 8. 12 Detail Sambungan S3.....	190
Gambar 8. 13 Output Diagram Momen dan Geser S3 Dari SAP2000	190
Gambar 8. 14 Detail Sambungan S4.....	193
Gambar 8. 15 Output Diagram Momen dan Geser S4 Dari SAP2000	193
Gambar 8. 16 Gaya yang Bekerja pada sambungan balok atap dan kolom	194
Gambar 8. 17 sambungan Panel P1-P2 re-desain yang ditinjau.....	197
Gambar 8. 18 Detail Sambungan Panel P1 dan P2.....	198
Gambar 8. 19 Sambungan kolom ke pondasi.....	202
Gambar 8. 20 Permodelan Baut Dengan Software Abaqus	207
Gambar 8. 21 Visualisasi Tegangan yang terjadi dengan Software Abaqus	208
Gambar 9. 1 Panel lantai citicon.....	211
Gambar 10. 1 Denah tangga kayu.....	218
Gambar 10. 2 Tampak samping tangga kayu	218
Gambar 10. 3 Visualisasi 3D tangga kayu	219
Gambar 11. 1 Galian Tanah Pondasi	227
Gambar 11. 2 Pasir urug.....	228

Gambar 11. 3 Cor pondasi dan pemasangan batako	229
Gambar 11. 4 Rangkaian Joint Kolom Dengan Sloof.....	230
Gambar 11. 5 Pemasangan komponen kolom lantai 1	231
Gambar 11. 6 Pemasangan Balok atas	231
Gambar 11. 7 Panel pada lantai 1 sudah terpasang.....	232
Gambar 11. 8 Panel pada lantai 2 sudah terpasang.....	233
Gambar 11. 9 Grouting pada panel lantai	234
Gambar 11. 10 Panel lantai 2 telah terpasang	234
Gambar 11. 11 Penempatan tangga pada bangunan	235
Gambar 11. 12 Dinding hebel telah terpasang	236

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 KDS berdasarkan parameter respon percepatan pada periode pendek	12
Tabel 2. 2 KDS berdasarkan parameter respon percepatan pada periode 1 detik.....	12
Tabel 2. 3 Batasan simpangan untuk berbagai level kinerja struktur (FEMA 356, 2000).....	15
Tabel 2. 4 Batasan simpangan untuk berbagai level kinerja struktur (ATC-40)	15
Tabel 2. 5 Target level kinerja struktur gedung menurut FEMA 356 (2000).....	19
Tabel 3. 1 Pembebanan statis bangunan	42
Tabel 4. 1 Data kurva kapasitas arah X.....	46
Tabel 4. 2 Data kurva kapasitas arah Y.....	48
Tabel 4. 3 Distribusi sendi plastis untuk pushover arah X.....	50
Tabel 4. 4 Distribusi sendi plastis untuk pushover arah Y.....	50
Tabel 4. 5 Distribusi sendi plastis.....	51
Tabel 4. 6 Keterangan jenis warna pada sendi Ilastis	57
Tabel 4. 7 Output capacity curve dan demand spectrum arah X.....	69
Tabel 4. 8 Output capacity curve dan demand spectrum arah Y.....	70
Tabel 4. 9 Performance point pada titik kontrol tinjauan KDS C	73
Tabel 4. 10 Performance point titik kontrol tinjauan pada KDS D	74
Tabel 4. 11 Performance point titik kontrol tinjauan pada KDS E.....	76
Tabel 4. 12 Rangkuman target perpindahan KDS C.....	76
Tabel 4. 13 Rangkuman target perpindahan KDS D	77
Tabel 4. 14 Rangkuman target perpindahan KDS E.....	78
Tabel 4. 15 Perbandingan hasil analisa Pushover eksisting	80
Tabel 4. 16 Model tipe bangunan yang digunakan.....	82
Tabel 4. 17 Building structural Fragility	83
Tabel 4. 18 Rekapitulasi Nilai Sd	83
Tabel 4. 19 Probabilitas kerusakan gedung KDS C.....	84
Tabel 4. 20 Cumulative probability KDS C	84
Tabel 4. 21 Probabilitas kerusakan gedung KDS D	85
Tabel 4. 22 Cumulative probability KDS D.....	86
Tabel 4. 23 Probabilitas kerusakan gedung KDS E.....	87
Tabel 4. 24 Cumulative probability KDS E	87

Tabel 5. 1 Material Properties Baut	98
Tabel 5. 2 Material Properties Plat	98
Tabel 6. 1 Data kurva kapasitas arah X re-desain	106
Tabel 6. 2 Data kurva kapasitas arah Y re-desain	107
Tabel 6. 3 Distribusi sendi plastis panel re-desain	109
Tabel 6. 4 Output capacity curve dan demand spectrum arah X re-desain	123
Tabel 6. 5 Output capacity curve dan demand spectrum arah Y re-desain	124
Tabel 6. 6 Performance point titik kontrol tinjauan pada KDS C re-desain	127
Tabel 6. 7 Performance point titik kontrol tinjauan pada KDS D re-desain	128
Tabel 6. 8 Performance point titik kontrol tinjauan pada KDS E re-desain	130
Tabel 6. 9 Rangkuman target perpindahan KDS C re-desain	130
Tabel 6. 10 Rangkuman target perpindahan KDS D re-desain	131
Tabel 6. 11 Rangkuman target perpindahan KDS E Re-Desain	132
Tabel 6. 12 Perbandingan hasil analisa Pushover Re-desain	134
Tabel 6. 13 Model tipe bangunan yang digunakan.....	136
Tabel 6. 14 Building structural Fragility	137
Tabel 6. 15 Rekapitulasi nilai Sd re-desain.....	137
Tabel 6. 16 Probabilitas kerusakan gedung KDS C re-desain.....	138
Tabel 6. 17 Cumulative probability KDS C re-desain.....	138
Tabel 6. 18 Probabilitas kerusakan gedung KDS D re-desain	139
Tabel 6. 19 Cumulative probability KDS D re-desain.....	140
Tabel 6. 20 Probabilitas kerusakan gedung KDS E re-desain.....	141
Tabel 6. 21 Cumulative probability KDS E re-desain	141
Tabel 7. 1 Rekapitulasi penulangan balok	156
Tabel 7. 2 Kondisi tulangan tarik dan tekan balok tinjau	156
Tabel 7. 3 Contoh perhitungan Mn balok	160
Tabel 7. 4 Kontrol kapasitas lentur balok tinjau.....	160
Tabel 7. 5 Contoh perhitungan Vn balok	161
Tabel 7. 6 Kontrol kapasitas geser balok tinjau.....	161
Tabel 7. 7 Gaya-gaya input untuk SPColoumn kolom tepi.....	165
Tabel 7. 8 Gaya - gaya pada diagram interaksi kolom tepi KDS E.....	166

Tabel 7. 9 Gaya - gaya pada diagram interaksi kolom tepi KDS D	167
Tabel 7. 10 Gaya - gaya pada diagram interaksi kolom tepi KDS C...	168
Tabel 7. 11 Perhitungan kapasitas geser kolom tepi.....	169
Tabel 7. 12 Cek kapasitas geser kolom tepi tinjau	169
Tabel 7. 13 Gaya-gaya input untuk SPColumn kolom pojok.....	170
Tabel 7. 14 Gaya - gaya pada diagram interaksi kolom pojok KDS E	170
Tabel 7. 15 Gaya - gaya pada diagram interaksi kolom pojok KDS D	171
Tabel 7. 16 Gaya - gaya pada diagram interaksi kolom pojok KDS C	172
Tabel 7. 17 Perhitungan kapasitas geser kolom pojok.....	173
Tabel 7. 18 Cek kapasitas geser kolom pojok tinjau	174
Tabel 7. 19 Gaya-gaya input untuk SPColumn kolom tengah	174
Tabel 7. 20 Gaya - gaya pada diagram interaksi kolom tengah KDS E	175
Tabel 7. 21 Gaya - gaya pada diagram interaksi kolom tengah KDS D	176
Tabel 7. 22 Gaya - gaya pada diagram interaksi kolom tengah KDS C	177
Tabel 7. 23 Perhitungan kapasitas geser kolom tengah	178
Tabel 7. 24 Cek kapasitas geser kolom tengah tinjau	178
Tabel 8. 1 Rekapitulasi Gaya Dalam Sambungan S2	186
Tabel 8. 2 Rekapitulasi Gaya Dalam sambungan Panel P1 dan P2.....	199
Tabel 8. 3 Rekapitulasi Perhitungan Geser Baut Sambungan SP.....	200
Tabel 8. 4 Rekapitulasi Perhitungan Tumpu Baut Sambungan SP	201
Tabel 8. 5 Rekapitulasi Perhitungan Geser Baut Sambungan SP.....	201
Tabel 8. 6 Rekapitulasi kuat nominal angkur pada sambungan tinjau	207
Tabel 8. 7 Hasil Analisa Tenggangan Baut (Balok-Kolom)	208
Tabel 8. 8 Hasil Analisa Tenggangan Baut (Balok bentang tengah).....	209
Tabel 8. 9 Hasil Analisa Tenggangan Baut kolom tengah bentang.....	209
Tabel 8. 10 Hasil Analisa Tenggangan Baut kolom.....	210

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Gempa bumi adalah getaran bumi yang dihasilkan oleh percepatan energi yang dilepaskan (Lutgens, 1982). Gempa bumi di Indonesia seringkali terjadi mengingat Indonesia merupakan pertemuan tiga buah lempeng tektonik yang membentuk jalur vulkanis yang memberikan efek besar terhadap penyebaran gempa. Pada tahun 2018, terdapat banyak kasus gempa bumi yang menyebabkan kerusakan dan kerugian aset dan fisik bangunan. Sebagai contoh gempa yang terjadi di pulau Lombok, menurut data BNPB (Badan Nasional Penanggulangan Bencana) terdapat 32.129 unit rumah rusak.

Pusat Litbang Permukiman telah menghasilkan berbagai hasil penelitian dan pengembangan di bidang permukiman, salah satunya adalah RUSPIN. Teknologi RUSPIN merupakan rumah tinggal yang menerapkan teknologi konstruksi sistem pracetak *knockdown* kecil dengan sistem sambungan mur dan baut.

Penelitian pada RUSPIN Baru dilakukan pada struktur dengan Kategori Desain Seismik (KDS) A, B, dan C untuk struktur dua lantai. Wilayah Indonesia banyak yang termasuk Kategori Desain Seismik D, E, F maka perlu dilakukan penelitian lebih lanjut agar struktur mampu diterapkan pada struktur dengan KDS tersebut (Balai Pengembangan Teknologi Perumahan Tradisional Denpasar, 2015).

Dari latar belakang tersebut, maka penulis mengangkatnya sebagai Proyek Akhir dengan judul “**EVALUASI RUMAH PRACETAK MODULAR SEDERHANA DUA LANTAI (STUDI KASUS PADA PENELITIAN RUSPIN BALITBANG PUPR)**” untuk mengevaluasi dan mendesain struktur rumah pracetak sederhana yang mampu diaplikasikan pada seluruh wilayah gempa di Indonesia.

1.2 Rumusan Masalah

Dengan memperhatikan potensi gaya gempa di wilayah Indonesia, maka perlu mengevaluasi rumah 2 lantai precast tahan gempa RUSPIN BALITBANG PUPR dengan pengaruh beban gempa untuk wilayah KDS C,D, dan E sehingga dapat didesain komponen panel modular dan sambungannya.

1.3 Batasan Masalah

1. Tidak menganalisa komponen struktur bawah
2. Penelitian dilakukan untuk Klasifikasi tanah lunak (SE)

1.4 Tujuan

Menganalisis dan menemukan desain komponen panel dan sambungan yang optimal dengan memperhatikan potensi beban gempa di wilayah Indonesia

1.5 Manfaat

1. Memberikan pengetahuan tentang konstruksi Rumah pracetak modular sistem *knockdown*
2. Bisa dijadikan referensi penelitian atau riset tentang penelitian Rumah pracetak sederhana selanjutnya
3. Masyarakat dapat mempunyai pilihan alternatif struktur rumah yang kuat dan mudah diaplikasikan

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Struktur Beton Pracetak

Struktur beton pracetak adalah teknologi konstruksi struktur beton dengan komponen-komponen penyusun yang dicetak terlebih dahulu pada suatu tempat khusus (*off site fabrication*), terkadang komponen tersebut disusun dan disatukan terlebih dahulu (*pre-assembly*), dan selanjutnya dipasang di lokasi yang diinginkan, dengan demikian sistem pracetak ini berbeda dengan konstruksi konvensional terutama pada aspek perencanaan yang tergantung atau ditentukan pula oleh metode pelaksanaan dari fabrikasi, penyatuan dan pemasangannya, serta ditentukan pula oleh teknis perilaku sistem pracetak dalam hal cara penyambungan antar komponen joint. (Abduh, 2007)

Sedangkan yang dimaksud dengan panel berdasarkan CT-13 *ACI Concrete Terminology* adalah elemen beton yang mempunyai ukuran relatif tipis dibandingkan dengan dimensi lainnya dan dibatasi oleh sambungan atau tepian.

Pelaksanaan bangunan dengan menggunakan metode struktur beton pracetak memiliki kelebihan dan kekurangan jika dibandingkan dengan struktur beton konvensional pada umumnya. Adapun kelebihan dari struktur beton pracetak, yaitu:

1. Kecepatan dalam pelaksanaan pembangunannya
2. Dicapai tingkatan fleksibilitas dalam proses perancangannya
3. Pekerjaan di lokasi proyek menjadi sederhana
4. Biaya lebih ekonomis
5. Cocok untuk lahan yang terbatas/tidak luas, mengurangi kebisingan, lebih bersih, dan ramah lingkungan

Teknologi struktur beton pracetak mempunyai kelemahan sebagai berikut:

1. Kerusakan yang mungkin timbul selama proses transportasi

2. Dibutuhkan peralatan lapangan dengan kapasitas angkat yang cukup untuk mengangkat komponen konstruksi dan menempatkannya pada posisi tertentu
3. Diperlukan perencanaan yang detail pada bagian sambungan
4. Tidak ekonomis bagi produksi tipe elemen yang jumlahnya sedikit
5. Panjang dan bentuk elemen pracetak terbatas sesuai dengan kapasitas alat angkat dan alat angkut
6. Memerlukan lahan yang besar untuk produksi dalam jumlah yang besar

Menurut SNI 03-2847-2013 tentang Persyaratan Beton Struktural Untuk Bangunan Gedung, desain dari komponen struktur pracetak dan sambungannya harus melibatkan semua kondisi pembebanan dari awal fabrikasi sampai penggunaan akhir pada struktur, termasuk pembongkaran bekisting, penyimpanan, dan pada saat transportasi.

Bila komponen struktur pracetak disertakan ke dalam sistem struktur maka gaya dan deformasi yang terjadi pada dan disebelah sambungan harus disertakan kedalam desain.

2.1.1 Dasar Teori Sambungan

Menurut SNI 1729-2002, sambungan terdiri dari beberapa komponen sambungan (plat pengisi, pelat buhul, pelat pendukung, dan pelat penyambung) dan alat pengencang (baut dan las).

ACI 550.1R-01 *Emulating Cast-in-Place Detailing in Precast Concrete Structures* menjelaskan sambungan untuk sistem pracetak. Lokasi ideal untuk sambungan sistem rangka adalah pada titik gaya dalam rangka, terutama gaya momen, berada pada nilai minimum.

Sambungan tipe tumpu adalah sambungan yang dibuat dengan menggunakan baut yang dikencangkan dengan tangan, atau baut mutu tinggi yang dikencangkan untuk menimbulkan gaya tarik minimum yang disyaratkan, yang kuat rencananya

disalurkan oleh gaya geser pada baut dan tumpuan pada bagian-bagian yang disambungkan.

Sambungan tipe friksi adalah sambungan yang dibuat dengan menggunakan baut mutu tinggi yang dikencangkan untuk menimbulkan tarikan baut minimum yang disyaratkan sedemikian rupa sehingga gaya – gaya geser rencana disalurkan melalui jepitan yang bekerja dalam bidang kontak dan gesekan yang ditimbulkan antara bidang – bidang kontak.

Salah satu bagian terpenting dari sistem struktur beton pracetak ialah perilaku dari sambungannya. Sambungan berfungsi untuk menghubungkan elemen-elemen struktur yang sama atau berbeda. Sambungan juga harus berfungsi menyatukan masing-masing komponen beton pracetak tersebut menjadi satu kesatuan yang monolit sehingga dapat mengupayakan stabilitas struktur bangunannya.

Pada sistem pracetak, masalah sambungan harus memenuhi beberapa persyaratan berikut (Elliot, 2002):

1. Sambungan direncanakan bertransalasi dalam batas tertentu (pada titik kumpul umumnya terjadi deformasi geser yang signifikan dan timbulnya celah).
2. Sambungan direncanakan mampu menahan beban sesuai perencanaan baik sebagai sistem secara keseluruhan maupun sebagai *individual members*.
3. Sambungan direncanakan memiliki kekuatan dan kekakuan yang cukup agar mampu berperilaku stabil dalam menahan beban.
4. Sambungan direncanakan mempertimbangkan adanya penyimpangan baik dalam pemasangan maupun ukuran masing-masing elemen pracetak (dalam pembuatannya toleransi minimum yang diijinkan sebesar 3 mm).

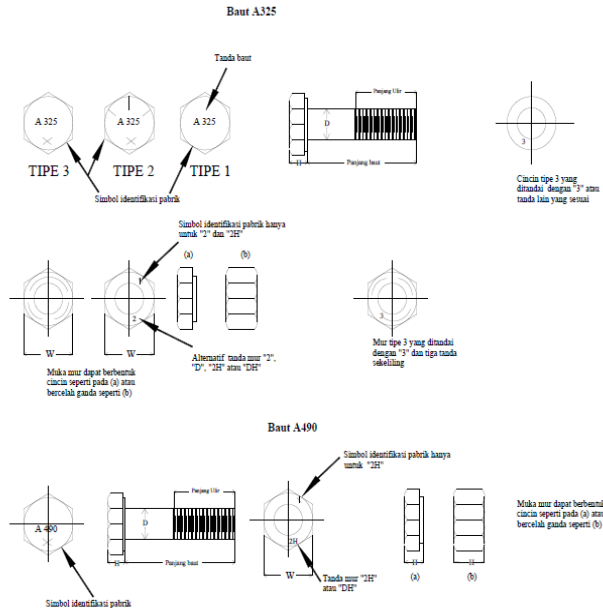
Menurut SNI 03-2847-2013 bila komponen struktur pracetak disertakan ke dalam sistem struktur maka gaya dan deformasi yang terjadi pada dan di sebelah sambungan harus

disertakan dalam desain. Gaya-gaya yang diizinkan untuk disalurkan antara komponen-komponen struktur adalah dengan *joint grouting*, kunci geser, sambungan mekanis, sambungan baja tulangan, penutup atas bertulang (*reinforced topping*) atau kombinasi dari cara-cara tersebut. Kemampuan sambungan untuk menyalurkan gaya-gaya diantara komponen-komponen struktur harus ditentukan dengan analisis dan pengujian.

2.1.2 Sambungan Baut Mutu Tinggi

Ada dua jenis baut mutu tinggi yang ditunjukkan oleh ASTM sebagai A₃₂₅ dan A₄₉₀. Baut ini memiliki kepala segi enam yang tebal dan digunakan dengan mur segi enam yang setengah halus (*semifinished*). Bagian ulirnya lebih pendek daripada bagian baut yang tidak struktural, dan dapat dipotong atau digiling. Baut A₃₂₅ terbuat dari baja karbon sedang yang diberi perlakuan panas sekitar 558 sampai 634 MPa yang tergantung pada diameter. Baut A₄₉₀ juga diberi perlakuan panas tetapi dibuat dari baja paduan (*alloy*) dengan kekuatan leleh sekitar 793 sampai 896 MPa tergantung pada diameter baut.

Diameter baut kekuatan tinggi berkisar antara $\frac{1}{2}$ dan $1\frac{1}{2}$ inchi. Diameter yang paling sering digunakan pada konstruksi gedung adalah $\frac{3}{4}$ sampai $\frac{7}{8}$ inchi, sedang ukuran yang paling umum digunakan dalam perencanaan jembatan adalah $\frac{7}{8}$ dan 1 inchi.



Gambar 2. 1 *Baut dan spesifikasinya*
Sumber: Struktur Baja, Disain dan Prilaku, salom dkk

Baut kekuatan tinggi dikembangkan untuk menimbulkan tegangan tarik yang ditetapkan pada baut sehingga terjadi gaya jepit pada sambungan. Oleh karena itu, pemindahan beban kerja yang sesungguhnya pada sambungan terjadi akibat adanya gesekan pada potongan yang disambung. Sambungan dengan baut mutu tinggi dapat direncanakan sebagai tipe gesek, bila daya tahan slip yang tinggi dikehendaki (Salmon dkk, 1991).

SNI 03-1729-2015 menyatakan, suatu baut yang memikul gaya terfaktor, R_u harus memenuhi syarat berikut:

$$R_u \leq \phi R_n$$

Keterangan:

R_u : faktor reduksi kekuatan = 0,75

R_n : kuat nominal baut

Kuat geser yang ditentukan oleh satu buah baut yang mengalami geser pada penampangnya adalah:

$$R_n = F_{nv} \cdot A_B$$

Keterangan:

F_{nv} = kuat geser nominal sesuai tabel J3.2 SNI 1729-2015

A_b = Luas penampang baut

Kuat tarik yang ditentukan oleh satu buah baut yang mengalami tarik pada penampangnya adalah:

$$R_n = F_{nt} \cdot A_B$$

Keterangan:

F_{nt} = kuat tarik nominal sesuai tabel J3.2 SNI 1729-2015

A_b = Luas penampang baut

Kekuatan Tumpu yang tersedia dilubang-lubang baut harus ditentukan untuk keadaan batas tumpuan adalah:

$$R_n = 1,2 \times l_c \times f_u \leq 2,4 \times d \times t \times f_u$$

f_u = kuat tarik minimum yang diisyaratkan oleh material baut

d = diameter baut

l_c = jarak bersih plat dalam arah dari gaya, antar tepi lubang dan tepi lubang yang berdekatan atau tepi dari material

t = tebal plat

Kekuatan tarik yang tersedia dari baut yang menahan kombinasi Tarik dan geser harus ditentukan sesuai keadaan batas keruntuhan geser adalah:

$$R_n = 0,75 \times F'_{nt} \times A_b$$

$$F'_{nt} \leq 1,3F_{nt} - \frac{F_{nt}}{\phi F_{nv}} \times F_{rv} \leq F_n$$

Dimana:

F_{nt} = kuat tarik nominal sesuai tabel J3.2 SNI 1729-2015

F_{nv} = kuat geser nominal sesuai tabel J3.2 SNI 1729-2015

F_{rv} = tegangan geser yang diperlukan

2.2 Tahan Gempa

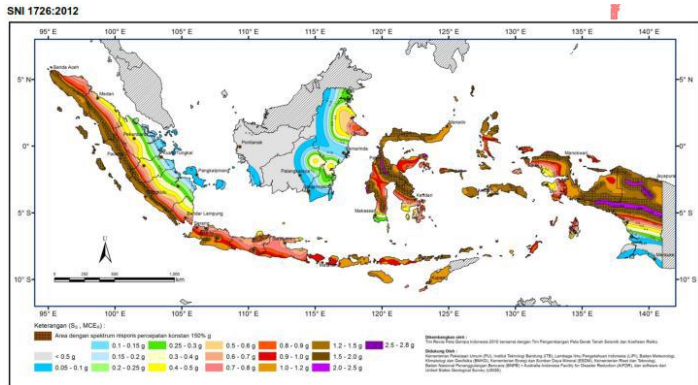
Dalam perencanaan struktur bangunan tahan gempa, diperlukan standar dan peraturan-peraturan perencanaan bangunan untuk menjamin keselamatan penghuni terhadap gempa besar yang mungkin terjadi serta menghindari dan meminimalisasi kerusakan struktur bangunan dan korban jiwa terhadap gempa bumi yang sering terjadi. Oleh karena itu, struktur bangunan tahan gempa harus memiliki kekuatan, kekakuan, dan stabilitas yang cukup untuk mencegah terjadinya keruntuhan bangunan. Filosofi dan konsep dasar perencanaan bangunan tahan gempa adalah:

1. Pada saat terjadi gempa ringan, struktur bangunan dan fungsi bangunan harus dapat tetap berjalan (*servicable*) sehingga struktur harus kuat dan tidak ada kerusakan baik pada elemen struktural dan elemen nonstruktural bangunan.
2. Pada saat terjadi gempa sedang, struktur diperbolehkan mengalami kerusakan pada elemen nonstruktural, tetapi tidak diperbolehkan terjadi kerusakan pada elemen struktural.
3. Pada saat terjadi gempa besar, diperbolehkan terjadi kerusakan pada elemen struktural dan nonstruktural, namun tidak boleh sampai menyebabkan bangunan runtuh sehingga tidak ada korban jiwa atau dapat meminimalkan jumlah korban jiwa.

2.2.1 Wilayah Gempa

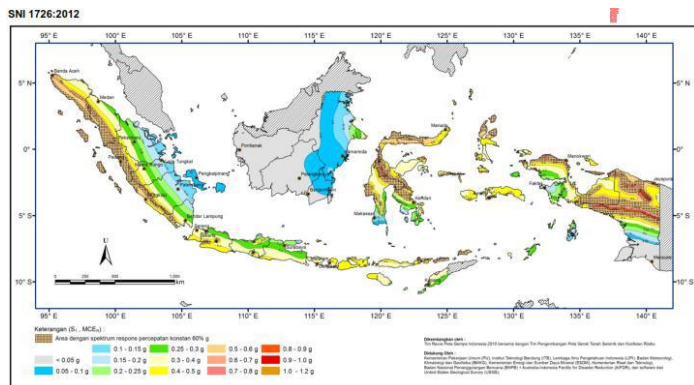
Berdasarkan SNI 03-1726-2012 pasal 14, wilayah gempa ditetapkan berdasarkan parameter S_s (percepatan batuan dasar pada periode pendek 0,2 detik) dan S_1 (percepatan batuan dasar pada periode 1 detik). Pada Peta wilayah gempa SNI 03 1726-2012, wilayah gempa dibagi berdasarkan percepatan maksimum batuan dasar dan respon spektra di batuan dasar. Pada SNI 03-1726-2012 ini, zonasi

peta gempa menggunakan peta gempa untuk probabilitas 2% terlampaui dalam 50 tahun atau memiliki periode ulang 2500 tahun. Untuk klasifikasi wilayah gempa, peta gempa terbaru ini menggunakan warna-warna yang menunjukkan parameter SS dan S1 untuk setiap besaran spektrum respons percepatan. Untuk lebih jelasnya dapat diperhatikan pada gambar dibawah ini.



Gambar 2. 2 Peta respons spektra percepatan 0,2 detik di batuan dasar SB untuk probabilitas terlampaui 2% dalam 50 tahun

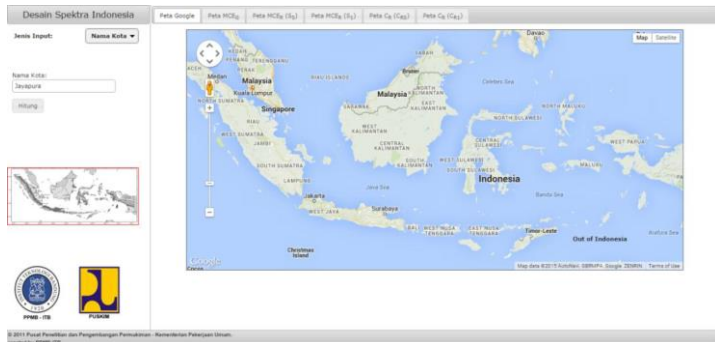
Sumber: SNI 1726-2012



Gambar 2. 3 Peta respons spektra percepatan 1 detik di batuan dasar SB untuk probabilitas terlampaui 2% dalam 50 tahun

Sumber: SNI 1726-2012

Di dalam peta zonasi gempa ini, setiap warna mewakili besaran parameter percepatan batuan dasar mulai dari yang terendah hingga yang paling tinggi. Daerah yang tidak memiliki warna (Daerah abu-abu) adalah daerah yang tidak terpengaruh oleh gempa karena berada jauh dari lempeng benua yang merupakan pusat gempa bumi terjadi. Untuk mengetahui nilai percepatan batuan pada tiap-tiap kota yang ingin direncanakan maupun lokasi yang lebih akurat dari peta diatas, bisa dilakukan analisa menggunakan program bantu Desain Spektra Indonesia



Gambar 2. 4 Desain spektra indonesia

Sumber: puskim.pu.go.id

2.2.2 Kategori Desain Seismik (KDS)

Didalam peraturan gempa SNI 03-1726-2012 struktur ditetapkan memiliki kategori desain seismik berdasarkan kategori risikonya I, II, atau III dan IV dan parameter respon percepatan desainnya yaitu S_{DS} dan S_{D1} . KDS diklasifikasikan kedalam tiga tingkatan secara berturut-turut yaitu: Rendah (KDS A dan B), Menengah (KDS C) dan Tinggi (KDS D, E dan F) (Sapta,2014).

Struktur dengan Kategori Risiko I, II atau III yang berlokasi di wilayah dengan nilai spektral percepatan 1 detik, S_1 pada peta zonasi gempa lebih besar atau sama dengan 0,75

harus ditetapkan sebagai struktur dengan KDS E dan untuk struktur yang berkategori IV yang berlokasi di wilayah dengan nilai spektral percepatan 1 detik, S_1 pada peta zonasi gempa lebih besar atau sama dengan 0,75 harus ditetapkan sebagai struktur dengan KDS F.

Semua struktur lainnya penentuan KDS berdasarkan Kategori Risikonya dan parameter respons spektral percepatan desainnya, S_{DS} dan S_{D1} (SNI 1726-2012 ps. 6.3). Terlepas dari nilai perioda fundamental getaran struktur, T masing-masing bangunan dan struktur harus ditetapkan kedalam KDS yang paling parah dengan mengacu pada tabel berikut.

Tabel 2. 1 KDS berdasarkan parameter respons percepatan pada periode pendek

Nilai S_{DS}	Kategori Risiko	
	I, II, III	IV
$S_{DS} < 0,167$	A	A
$0,167 \leq S_{DS} \leq 0,33$	B	C
$0,33 \leq S_{DS} \leq 0,5$	C	D
$0,5 \leq S_{DS}$	D	D

Tabel 2. 2 KDS berdasarkan parameter respons percepatan pada periode 1 detik

Nilai S_{D1}	Kategori Risiko	
	I, II, III	IV
$S_{D1} < 0,067$	A	A
$0,067 \leq S_{D1} \leq 0,133$	B	C
$0,133 \leq S_{D1} \leq 0,2$	C	D
$0,2 \leq S_{D1}$	D	D

2.3 Evaluasi Kinerja Struktur dengan Analisa Pushover

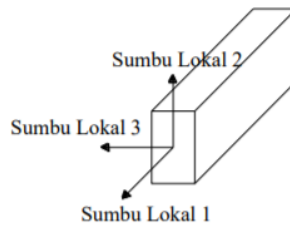
2.3.1 Analisa Pushover

Analisis pushover (ATC 40, 1996) merupakan salah satu komponen *Performance Based Seismic Design* yang menjadi sarana dalam mencari kapasitas dari suatu struktur. Menurut SNI 03-1726-2019, analisa pushover atau analisa beban dorong statik adalah suatu cara analisa statik dua dimensi atau tiga dimensi linier dan non-linier, dimana pengaruh gempa rencana terhadap struktur gedung dianggap sebagai beban-beban statik yang menangkap pada pusat massa masing masing lantai, yang nilainya ditingkatkan secara berangsur-angsur sampai melampaui pembebanan yang menyebabkan terjadinya pelelehan (sendi plastis) pertama di dalam struktur gedung, kemudian dengan peningkatan beban lebih lanjut mengalami perubahan bentuk elastoplastis yang besar sampai mencapai kondisi di ambang keruntuhan.

Hasil akhir dari analisis ini berupa nilai-nilai gaya-gaya geser dasar (*base shear*) untuk menghasilkan perpindahan dari struktur tersebut. Nilai-nilai tersebut akan digambarkan dalam bentuk kurva kapasitas yang merupakan gambaran perilaku struktur dalam bentuk perpindahan lateral terhadap beban (*demand*) yang diberikan. Selain itu, analisis pushover dapat menampilkan secara visual elemen-elemen struktur yang mengalami kegagalan, sehingga dapat dilakukan pencegahan dengan melakukan pendetailan khusus pada elemen struktur tersebut.

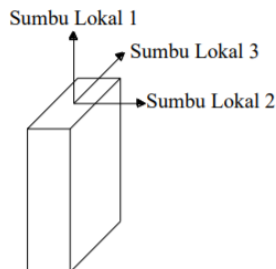
Karena yang dievaluasi adalah komponen maka jumlahnya relatif sangat banyak, oleh karena itu analisa pushover sepenuhnya harus dikerjakan oleh komputer (fasilitas pushover dan evaluasi kinerja yang terdapat secara built-in pada program SAP2000, mengacu pada FEMA 356). Tahapan utama dalam analisa pushover adalah:

1. Perilaku leleh dan pasca leleh pada elemen struktur dimodelkan dalam *hinges properties* yang merupakan kondisi dimana struktur mengalami leleh pertama, sehingga dimensi dan mutu beton serta tulangan mempengaruhi. *Hinges properties* untuk elemen balok adalah momen M_3 , yang berarti sendi plastis terjadi hanya karena momen searah sumbu lokal 3. Posisi sumbu lokal 3 pada elemen balok dapat dilihat pada gambar 2.5 berikut ini.



Gambar 2. 5 Posisi sumbu lokal balok

Hinge properties untuk elemen kolom adalah $P-M_2-M_3$ yang artinya sendi plastis terjadi karena interaksi gaya aksial (P) dan momen (M) sumbu lokal 2 dan sumbu lokal 3. Posisi sumbu lokal 2 dan sumbu lokal 3 pada kolom dapat dilihat pada gambar 2.6 berikut.



Gambar 2. 6 Posisi sumbu lokal kolom

Jika tidak ada data eksperimental atau analisis dari perilaku plastifikasi sendi plastis elemen balok dan kolom maka kurva Beban Lendutan Umum berikut, dengan parameter a, b, c, seperti yang didefinisikan dalam Tabel 2.3 and 2.4, dapat digunakan untuk mengevaluasi komponen portal beton yang dikerjakan secara otomatis oleh program komputer SAP2000.

Tabel 2. 3 Batasan simpangan untuk berbagai level kinerja struktur (FEMA 356, 2000)

Level Kinerja Struktur	Drift (%)	Keterangan
<i>Immediate Occupancy</i>	1,0	<i>Transient</i>
<i>Life Safety</i>	2,0	<i>Transient</i>
	1,0	<i>Permanent</i>
<i>Collapse Prevention</i>	4,0	<i>Transient</i> atau <i>Permanent</i>

Tabel 2. 4 Batasan simpangan untuk berbagai level kinerja struktur (ATC-40)

Batas simpangan antar tingkat	Level kinerja struktur			
	<i>Immediate Occupancy</i>	<i>Damage Control</i>	<i>Life Safety</i>	<i>Structural Stability</i>
Simpangan total maksimum	0,01	0,01 – 0,02	0,02	0,33 (V_i/P_i)
Simpangan inelastis maksimum	0,005	0,005 – 0,015	Tidak dibatasi	Tidak dibatasi

- Letak sendi plastis pada analisa Pushover dengan SAP2000 hanya dapat dinyatakan sebagai panjang relatif 0 dan 1, yang berarti sendi plastis terletak pada joint-joint pertemuan balok dan kolom. Dengan kata lain, sendi

plastis hanya bisa diletakkan pada start joint, end joint, ataupun pada kedua joint tersebut dari elemen balok atau kolom.

3. Menentukan titik kontrol untuk memonitor besarnya perpindahan struktur. Rekaman besarnya perpindahan titik kontrol dan gaya geser dasar digunakan untuk menyusun kurva pushover.
4. Analisis Pushover dilakukan setelah struktur dibebani oleh beban gravitasi yang direncanakan. Jadi setelah struktur dibebani oleh beban gravitasi, beban statik lateral diberikan secara berangsur-angsur untuk mencapai target displacement tertentu.
5. Membuat kurva pushover yang menggambarkan hubungan antara gaya geser dasar (*base shear*) dan perpindahan (*displacement*).
6. Estimasi besarnya perpindahan lateral saat gempa rencana (target perpindahan). Titik kontrol didorong sampai taraf perpindahan tersebut, yang mencerminkan perpindahan maksimum yang diakibatkan oleh intensitas gempa rencana yang ditentukan.

2.3.2 Target Perpindahan

Gaya dan deformasi setiap komponen/elemen dihitung terhadap “perpindahan tertentu” di titik kontrol yang disebut sebagai “target perpindahan” dengan notasi δ_t dan dianggap sebagai perpindahan maksimum yang terjadi saat bangunan mengalami gempa rencana. Menurut Wiryanto Dewobroto (2005) untuk mendapatkan perilaku struktur pasca keruntuhan maka perlu dibuat analisa pushover untuk membuat kurva hubungan gaya geser dasar dan perpindahan lateral titik kontrol sampai minimal 150% dari target perpindahan (δ_t).

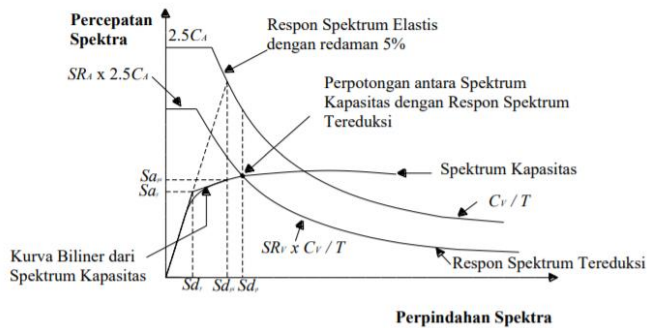
Analisa pushover dilakukan dengan memberikan beban lateral pada pola tertentu sebagai simulasi beban gempa, dan

harus diberikan bersama-sama dengan pengaruh kombinasi beban mati dan tidak kurang dari 25% dari beban hidup yang disyaratkan. Kriteria evaluasi level kinerja kondisi bangunan didasarkan pada gaya dan deformasi yang terjadi ketika perpindahan titik kontrol sama dengan target perpindahan δ_t . Jadi parameter target perpindahan sangat penting perannya bagi perencanaan berbasis kinerja.

1. Metode Spektrum Kapasitas (ATC 40)

Dalam Metode Spektrum Kapasitas, proses dimulai dengan menghasilkan kurva hubungan gaya perpindahan yang memperhitungkan kondisi inelastis struktur yang hasilnya diplot-kan dalam format ADRS (*acceleration displacement response spectrum*).

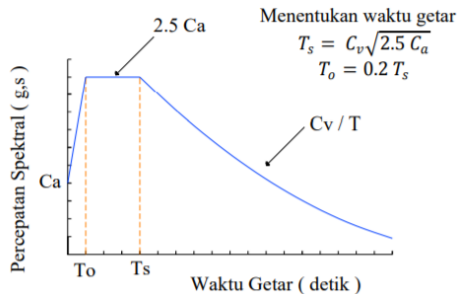
Kurva kapasitas dengan modifikasi tertentu diubah menjadi spektrum kapasitas (*capacity spectrum*), sedangkan respons spektrum diubah dalam format *acceleration displacement response spectrum*, ADRS. Format ADRS adalah gabungan antara *acceleration* dan *displacement respons spektra* dimana absis merupakan *acceleration* (S_a) dan ordinat merupakan *displacement* (S_d) sedangkan periode, T , adalah garis miring dari pusat sumbu.



Gambar 2. 7 Penentuan titik kinerja menurut metode spektrum kapasitas

Gambar 2.7 menunjukkan metode spektrum kapasitas menyajikan secara grafis tiga buah grafik yaitu spektrum kapasitas (*capacity spectrum*), respons spektrum dan spektrum demand dalam format ADRS. Untuk mengetahui perilaku dari struktur yang ditinjau terhadap intensitas gempa yang diberikan, kurva kapasitas kemudian dibandingkan dengan tuntutan (*demand*) kinerja yang berupa respons spektrum berbagai intensitas (periode ulang) gempa. Target perpindahan diperoleh melalui titik perpotongan antara spektrum kapasitas dan dan *spektrum demand*.

Data yang perlu dimasukkan cukup memberikan kurva Respons Spektrum Rencana dengan parameter seperti pada gambar berikut:



Gambar 2. 8 Parameter data respons spektrum rencana

Untuk mengetahui titik performa dari struktur, maka data yang perlu diinputkan adalah nilai C_a dan C_v , yaitu:

C_a = Peak Ground Acceleration atau percepatan batuan dasar gempa periode ulang tertentu

C_v = koefisien percepatan gempa dari kurva Respons Spektrum pada saat periode bangunan sebesar 1 detik

2.3.3 Level Kinerja Struktur

Target level kinerja struktur gedung menurut FEMA 356 (2000) ditampilkan dalam Tabel 2.5 berikut:

Tabel 2. 5 Target level kinerja struktur gedung menurut FEMA 356 (2000)

	<i>Collapse Prevention Level</i>	Life Safety Level	Immadiate Occupancy Level	Operational Level
Kerusakan menyeluruh	Berat	Sedang	Ringan	Sangat ringan
Umum	Kekakuan dan kekuatan yang tersisa tinggal sedikit, tetapi kolom dan dinding tetap berfungsi dalam memikul beban. Simpangan permanen besar. Kerusakan pada dinding pengisi dan parapet. Bangunan di ambang runtuh	Kekakuan dan kekuatan masih banyak tersisa pada setiap tingkat. Kemampuan memikul beban gravitasi elemen tetap berfungsi. Tidak terdapat kegagalan <i>out-ofplane</i> pada dinding atau parapet. Terdapat simpangan permanen. Kerusakan pada partisi. Bangunan membutuhkan perbaikan	Tidak ada simpangan permanen. Struktur tetap memiliki kekuatan dan kekakuan rencana. Retak ringan pada partisi, langit – langit dan elemen struktur. Elevator dapat difungsikan kembali. Proteksi terhadap api dapat beroperasi	Tidak ada simpangan permanen. Struktur tetap memiliki kekuatan dan kekakuan rencana. Retak ringan pada partisi, langit – langit dan elemen struktur. Semua sistem yang penting untuk beroperasi tetap berfungsi
Komponen non-struktur	Kerusakan besar	Resiko kejatuhan dapat dicegah, tetapi banyak komponen arsitektural, system mesin dan listrik yang rusak	Peralatan dan muatan umumnya aman, tetapi mungkin tidak beroperasi akibat adanya kerusakan mesin	Terdapat kerusakan yang tidak berarti. Daya dan utilitas tetap tersedia, yang dimungkinkan dai sumber cadangan

2.4 Analisis Probabilitas Kerusakan Bangunan dengan Metode Hazus

Metode *HAZUS* digunakan untuk memprediksi tingkat kerusakan struktur bangunan yang disebabkan oleh guncangan akibat beban gempa. Metode *HAZUS* membagi tingkat kerusakan menjadi 4 keadaan tingkat yaitu *slight* (rusak ringan), *moderate* (rusak sedang), *extensive* (rusak berat), dan *complete* (roboh atau hancur).

Dari perhitungan dengan metode *HAZUS* dapat diketahui seberapa besar tingkat probabilitas pada keempat kategori kerusakan tersebut pada bangunan yang dianalisa dan dapat digunakan dalam upaya untuk mitigasi bencana.

2.4.1 Deskripsi Tipe Bangunan

Menurut *HAZUS* terdapat 36 jenis tipe bangunan yang berdasarkan FEMA, untuk selengkapnya dapat dijelaskan pada Tabel 2.6.

Tabel 2. 6 Model Tipe Bangunan Menurut HAZUS

No	Kode	Description	Height			
			Range		Typical	
			Name	Stories	Stories	Ft
1	W1	Wood, Light Frame (5,000 sq.ft.)		1-2	1	14
2	W2	Wood, Commercial and Industrial (>5,000 sq.ft)		All	2	24
3	S1L	Steel Moment Frame	Low-Rise	1-3	2	24
4	S1M		Mid-Rise	4-7	5	60
5	S1H		High-Rise	+8	13	156
6	S2L	Steel Brace Frame	Low-Rise			
7	S2M		Mid-Rise			
8	S2H		High-Rise			
9	S3	Steel Light Frame		All	1	15
10	S4L	Steel Frame With Cast-In Place Concrete Shear Wall	Low-Rise	1-3	2	24
11	S4M		Mid-Rise	4-7	5	60
12	S4H		High-Rise	+8	13	156
13	S5L	Steel Frame With	Low-Rise	1-3	2	24

14	S5M	Unreinforced Masonry	Mid-Rise	4-7	5	60
15	S5H	Infill Wall	High-Rise	+8	13	156
16	C1L	Concrete Moment Frame	Low-Rise	1-3	2	20
17	C1M		Mid-Rise	4-7	5	50
18	C1H		High-Rise	+8	12	120
19	C2L	Concrete Shear Wall	Low-Rise	1-3	2	20
20	C2M	Concrete Shear Wall	Mid-Rise			
21	C2H		High-Rise			
22	C3L	Concrete Frame With	Low-Rise	1-3	2	20
23	C3M	Unreinforced Masonry	Mid-Rise	4-7	5	50
24	C3H	Infill Walls	High-Rise	+8	12	120
25	PC1	Precast Concrete Tilt-Up Walls		All	1	15
26	PC2L	Precast Concrete Frame With Concrete Shear Walls	Low-Rise	1-3	2	20
27	PC2M		Mid-Rise	4-7	5	50
28	PC2H		High-Rise	+8	12	120
29	RM1L	Reinforced Masonry Bearing Walls With Wood or Metal Deck Diaphragms	Low-Rise	1-3	2	20
30	RM1M		Mid-Rise	+4	5	50
31	RM2L	Reinforced Masonry Bearing Walls With	Low-Rise	1-3	2	20
32	RM2M	Precast Concrete Diaphragms	Mid-Rise	4-7	5	50
33	RM2H		High-Rise	+8	12	120
34	URML	Unreinforced Masonry Bearing Walls	Low-Rise	1-2	1	15
35	URMM		Mid-Rise	+3	3	35
36	MH	Mobile Homes		All	1	10

Sumber: HAZUZ, 1999

2.4.2 Building Structural Fragility Parameter

Dalam menghitung probabilitas tingkat kerusakan, perlu membutuhkan parameter-parameter tertentu. Dalam hal ini parameter yang dibutuhkan dalam menghitung probabilitas kerusakan membutuhkan parameter *summarize median* dan *lognormal standard deviation* (β_{sds}). Parameter tersebut sudah ditentukan berdasarkan tingkat kerusakan. Kemudian parameter tersebut dibedakan kembali berdasarkan tingkatan *code seismic design level* yakni *high*,

moderate, low. Dijelaskan pada tabel *structural fragility curve parameter* pada *chapter 6 Direct Physical Damage – Essential and High Potential Loss Facilities* halaman 14-15. Tabel *building structural fragility* menurut HAZUS yang disajikan pada Tabel 2.7 dan Tabel 2.8.

Tabel 2. 7 Building Structural Fragility – High Code Seismic Design Level

Building Properties			Interstory Drift at				Spectral Displacement (inches)							
Type	Roof	Modal	Threshold of Damage State				Slight		Moderate		Extensive		Complete	
			Slight	Moderate	Extensive	Complete	Median	Beta	Median	Beta	Median	Beta	Median	Beta
W1	168	126	0.0050	0.0150	0.0300	0.1250	0.63	0.66	1.89	0.72	6.30	0.72	15.75	0.91
W2	288	216	0.0050	0.0150	0.0300	0.1250	1.08	0.69	3.24	0.77	10.80	0.89	27.00	0.85
S1L	288	216	0.0075	0.0150	0.0375	0.1000	1.62	0.67	3.40	0.70	8.10	0.71	21.60	0.68
S1M	720	540	0.0050	0.0100	0.0250	0.0667	2.70	0.62	5.40	0.62	13.50	0.63	36.00	0.71
S1H	1872	1123	0.0037	0.0075	0.0188	0.0500	4.21	0.63	8.42	0.62	21.06	0.62	56.16	0.63
S2L	288	216	0.0063	0.0125	0.0375	0.1000	1.35	0.69	2.70	0.80	8.10	0.89	21.60	0.84
S2M	720	540	0.0042	0.0083	0.0250	0.0667	2.25	0.62	4.50	0.66	13.50	0.66	36.00	0.71
S2H	1872	1123	0.0031	0.0063	0.0188	0.0500	3.51	0.63	7.02	0.63	21.06	0.63	56.16	0.66
S3	180	135	0.0050	0.0100	0.0300	0.0875	0.68	0.66	1.35	0.71	4.05	0.80	11.81	0.90
S4L	288	216	0.0050	0.0100	0.0300	0.0875	1.08	0.77	2.16	0.82	6.48	0.92	18.90	0.91
S4M	720	540	0.0033	0.0067	0.0200	0.0583	1.80	0.69	3.60	0.67	10.80	0.68	31.50	0.82
S4H	1872	1123	0.0025	0.0050	0.0150	0.0438	2.81	0.62	5.62	0.63	16.85	0.65	49.14	0.73
S5L														
S5M														
S5H														
C1L	240	180	0.0063	0.0125	0.0375	0.1000	1.13	0.69	2.25	0.74	6.75	0.82	18.00	0.81
C1M	600	450	0.0042	0.0083	0.0250	0.0667	1.87	0.63	3.75	0.65	11.25	0.66	30.00	0.71
C1H	1440	864	0.0031	0.0063	0.0188	0.0500	2.70	0.63	5.40	0.63	16.20	0.63	43.20	0.69
C2L	240	180	0.0050	0.0125	0.0375	0.1000	0.90	0.69	2.25	0.72	6.75	0.82	18.00	0.95
C2M	600	450	0.0033	0.0083	0.0250	0.0667	1.50	0.65	3.75	0.69	11.25	0.66	30.00	0.70
C2H	1440	864	0.0025	0.0063	0.0188	0.0500	2.16	0.62	5.40	0.63	16.20	0.64	43.20	0.69
C3L														
C3M														
C3H														
PC1	180	135	0.0050	0.0100	0.0300	0.0875	0.68	0.63	1.35	0.74	4.05	0.79	11.81	0.96
PC2L	240	180	0.0050	0.0100	0.0300	0.0875	0.90	0.76	1.80	0.80	5.40	0.87	15.75	0.97
PC2M	600	450	0.0033	0.0067	0.0200	0.0583	1.50	0.66	3.00	0.73	9.00	0.72	26.25	0.73
PC2H	1440	864	0.0025	0.0050	0.0150	0.0438	2.16	0.62	4.32	0.64	12.96	0.65	37.80	0.74
RM1L	240	180	0.0050	0.0100	0.0300	0.0875	0.90	0.70	1.80	0.74	5.40	0.76	15.75	0.98
RM1M	600	450	0.0033	0.0067	0.0200	0.0583	1.50	0.63	3.00	0.68	9.00	0.70	26.25	0.70
RM2L	240	180	0.0050	0.0100	0.0300	0.0875	0.90	0.66	1.80	0.70	5.40	0.76	15.75	0.97
RM2M	600	450	0.0033	0.0067	0.0200	0.0583	1.50	0.63	3.00	0.70	9.00	0.69	26.25	0.68
RM2H	1440	864	0.0025	0.0050	0.0150	0.0438	2.16	0.63	4.32	0.63	12.96	0.63	37.80	0.65
URML														
URMM														
MH	120	120	0.0050	0.0100	0.0300	0.0875	0.60	0.81	1.20	0.89	3.60	0.97	10.50	0.86

Sumber: HAZUS, 1999

Table 2. 8 Building Structural Fragility – Moderate Code Seismic Design Level

Building Properties			Interstory Drift at Threshold of Damage State				Spectral Displacement (inches)							
Type	Height (inches)		Slight	Moderate	Extensive	Complete	Slight		Moderate		Extensive		Complete	
	Roof	Modal					Median	Beta	Median	Beta	Median	Beta	Median	Beta
W1	168	126	0.0050	0.0124	0.0383	0.0937	0.63	0.76	1.56	0.77	4.82	0.78	11.81	0.96
W2	288	216	0.0050	0.0124	0.0383	0.0938	1.08	0.79	2.68	0.86	8.27	0.88	20.25	0.84
S1L	288	216	0.0075	0.0130	0.0294	0.0750	1.62	0.73	2.80	0.71	6.35	0.70	16.20	0.77
S1M	720	540	0.0050	0.0086	0.0196	0.0500	2.70	0.64	4.67	0.65	10.58	0.66	27.00	0.75
S1H	1872	1123	0.0037	0.0065	0.0147	0.0375	4.21	0.62	7.29	0.62	16.51	0.66	42.12	0.70
S2L	288	216	0.0063	0.0108	0.0292	0.0750	1.35	0.82	2.34	0.83	6.30	0.89	16.20	0.85
S2M	720	540	0.0042	0.0072	0.0194	0.0500	2.25	0.66	3.90	0.66	10.50	0.68	27.00	0.81
S2H	1872	1123	0.0031	0.0054	0.0146	0.0375	3.51	0.62	6.08	0.63	16.38	0.65	42.12	0.71
S3	180	135	0.0050	0.0087	0.0234	0.0656	0.68	0.77	1.17	0.81	3.16	0.89	8.86	0.89
S4L	288	216	0.0050	0.0087	0.0234	0.0656	1.08	0.88	1.87	0.92	5.05	0.98	14.18	0.87
S4M	720	540	0.0033	0.0058	0.0156	0.0437	1.80	0.70	3.12	0.67	8.41	0.70	23.62	0.90
S4H	1872	1123	0.0025	0.0043	0.0117	0.0328	2.81	0.66	4.87	0.66	13.13	0.70	36.86	0.81
S5L														
S5M														
S5H														
C1L	240	180	0.0063	0.0108	0.0292	0.0750	1.13	0.80	1.95	0.82	5.25	0.84	13.50	0.81
C1M	600	450	0.0042	0.0072	0.0194	0.0500	1.87	0.66	3.25	0.67	8.75	0.66	22.50	0.84
C1H	1440	864	0.0031	0.0054	0.0146	0.0375	2.70	0.64	4.68	0.64	12.60	0.68	32.40	0.81
C2L	240	180	0.0050	0.0105	0.0289	0.0750	0.90	0.77	1.89	0.86	5.21	0.91	13.50	0.89
C2M	600	450	0.0033	0.0070	0.0193	0.0500	1.50	0.71	3.16	0.70	8.68	0.69	22.50	0.83
C2H	1440	864	0.0025	0.0053	0.0145	0.0375	2.16	0.64	4.55	0.65	12.51	0.66	32.40	0.79
C3L														
C3M														
C3H														
PCI	180	135	0.0050	0.0087	0.0234	0.0656	0.68	0.79	1.17	0.81	3.16	0.86	8.86	1.00
PC2L	240	180	0.0050	0.0087	0.0234	0.0656	0.90	0.83	1.56	0.89	4.21	0.97	11.81	0.89
PC2M	600	450	0.0033	0.0058	0.0156	0.0438	1.50	0.76	2.60	0.74	7.01	0.73	19.69	0.88
PC2H	1440	864	0.0025	0.0043	0.0117	0.0328	2.16	0.65	3.75	0.66	10.10	0.70	28.35	0.81
RM1L	240	180	0.0050	0.0087	0.0234	0.0656	0.90	0.80	1.56	0.85	4.21	0.92	11.81	0.97
RM1M	600	450	0.0033	0.0058	0.0156	0.0438	1.50	0.73	2.60	0.75	7.01	0.75	19.69	0.80
RM2L	240	180	0.0050	0.0087	0.0234	0.0656	0.90	0.77	1.56	0.81	4.21	0.92	11.81	0.96
RM2M	600	450	0.0033	0.0058	0.0156	0.0438	1.50	0.72	2.60	0.72	7.01	0.72	19.69	0.77
RM2H	1440	864	0.0025	0.0043	0.0117	0.0328	2.16	0.63	3.75	0.65	10.10	0.66	28.35	0.76
URM1L														
URM1M														
MH	120	120	0.0050	0.0100	0.0300	0.0875	0.60	0.81	1.20	0.89	3.60	0.97	10.50	0.86

Sumber: HAZUZ, 1999

Tabel 2. 9 Building Structural Fragility – Low Code Seismic Design Level

Building Properties			Interstory Drift at				Spectral Displacement (inches)							
Type	Height (inches)		Threshold of Damage State				Slight		Moderate		Extensive		Complete	
	Roof	Modal	Slight	Moderate	Extensive	Complete	Median	Beta	Median	Beta	Median	Beta	Median	Beta
W1	168	126	0.0050	0.0124	0.0383	0.0937	0.63	0.80	1.56	0.81	4.82	0.88	11.81	1.01
W2	288	216	0.0050	0.0124	0.0383	0.0938	1.08	0.89	2.68	0.89	8.27	0.86	20.25	0.97
S1L	288	216	0.0075	0.0119	0.0253	0.0625	1.62	0.73	2.58	0.73	5.47	0.75	13.50	0.93
S1M	720	540	0.0050	0.0080	0.0169	0.0417	2.70	0.66	4.30	0.70	9.12	0.78	22.50	0.91
S1H	1872	1123	0.0037	0.0060	0.0127	0.0313	4.21	0.64	6.72	0.66	14.23	0.68	35.10	0.86
S2L	288	216	0.0063	0.0100	0.0250	0.0625	1.35	0.89	2.16	0.89	5.40	0.88	13.50	0.97
S2M	720	540	0.0042	0.0067	0.0167	0.0417	2.25	0.67	3.60	0.68	9.00	0.74	22.50	0.92
S2H	1872	1123	0.0031	0.0050	0.0125	0.0313	3.51	0.62	5.62	0.63	14.04	0.68	35.10	0.84
S3	180	135	0.0050	0.0080	0.0201	0.0547	0.68	0.89	1.08	0.90	2.71	0.98	7.38	0.85
S4L	288	216	0.0050	0.0080	0.0200	0.0547	1.08	0.98	1.73	0.95	4.33	0.97	11.81	0.98
S4M	720	540	0.0033	0.0053	0.0134	0.0364	1.80	0.69	2.88	0.72	7.22	0.81	19.68	0.98
S4H	1872	1123	0.0025	0.0040	0.0100	0.0273	2.81	0.66	4.50	0.67	11.26	0.78	30.71	0.93
S5L	288	216	0.0038	0.0075	0.0188	0.0438	0.81	1.00	1.62	1.00	4.05	1.03	9.45	0.91
S5M	720	540	0.0025	0.0050	0.0125	0.0292	1.35	0.74	2.70	0.72	6.75	0.78	15.75	0.94
S5H	1872	1123	0.0019	0.0037	0.0094	0.0219	2.11	0.67	4.21	0.69	10.53	0.74	24.57	0.90
C1L	240	180	0.0063	0.0100	0.0250	0.0625	1.13	0.85	1.80	0.85	4.50	0.88	11.25	0.95
C1M	600	450	0.0042	0.0067	0.0167	0.0417	1.87	0.70	3.00	0.69	7.50	0.75	18.75	0.95
C1H	1440	864	0.0031	0.0050	0.0125	0.0313	2.70	0.66	4.32	0.71	10.80	0.79	27.00	0.95
C2L	240	180	0.0050	0.0096	0.0247	0.0625	0.90	0.91	1.72	0.94	4.44	1.01	11.25	0.90
C2M	600	450	0.0033	0.0064	0.0164	0.0417	1.50	0.76	2.86	0.74	7.40	0.74	18.75	0.94
C2H	1440	864	0.0025	0.0048	0.0123	0.0313	2.16	0.66	4.12	0.67	10.66	0.74	27.00	0.91
C3L	240	180	0.0038	0.0075	0.0188	0.0438	0.68	0.92	1.35	0.99	3.38	1.04	7.88	0.88
C3M	600	450	0.0025	0.0050	0.0125	0.0292	1.12	0.77	2.25	0.79	5.62	0.78	13.12	0.93
C3H	1440	864	0.0019	0.0038	0.0094	0.0219	1.62	0.68	3.24	0.69	8.10	0.70	18.90	0.88
PC1	180	135	0.0050	0.0080	0.0201	0.0547	0.68	0.89	1.08	0.95	2.71	1.00	7.38	0.96
PC2L	240	180	0.0050	0.0080	0.0201	0.0547	0.90	0.98	1.44	0.98	3.61	1.02	9.84	0.91
PC2M	600	450	0.0033	0.0053	0.0134	0.0364	1.50	0.76	2.40	0.75	6.02	0.75	16.40	0.94
PC2H	1440	864	0.0025	0.0040	0.0100	0.0273	2.16	0.66	3.46	0.68	8.66	0.73	23.63	0.92
RM1L	240	180	0.0050	0.0080	0.0201	0.0547	0.90	0.97	1.44	1.01	3.61	1.07	9.84	0.88
RM1M	600	450	0.0033	0.0053	0.0134	0.0364	1.50	0.78	2.40	0.78	6.02	0.78	16.40	0.94
RM2L	240	180	0.0050	0.0080	0.0201	0.0547	0.90	0.94	1.44	0.98	3.61	1.05	9.84	0.89
RM2M	600	450	0.0033	0.0053	0.0134	0.0364	1.50	0.76	2.40	0.75	6.02	0.75	16.40	0.92
RM2H	1440	864	0.0025	0.0040	0.0100	0.0273	2.16	0.66	3.46	0.67	8.66	0.80	23.63	0.89
URML	180	135	0.0038	0.0075	0.0187	0.0438	0.51	0.89	1.01	0.91	2.53	0.96	5.91	1.09
URMM	420	315	0.0025	0.0050	0.0125	0.0292	0.79	0.81	1.57	0.84	3.94	0.87	9.19	0.82
MH	120	120	0.0050	0.0100	0.0300	0.0875	0.60	0.81	1.20	0.89	3.60	0.97	10.50	0.86

Sumber: HAZUZ, 1999

Dari Tabel 2.7 sampai dengan Tabel 2.9 dapat dihitung probabilitas kerusakan (*probability of being in or exceeding a damage state*) dengan Persamaan berikut:

$$P [ds \leq S_d] = \Phi \frac{1}{\beta_{ds}} \ln \left(\frac{S_d}{S_d, ds} \right)$$

Dimana:

$P [ds \leq S_d]$ = peluang kemungkinan mengalami kejadian kerusakan

S_d = perpindahan spektral, inch

S_d, ds = nilai median dari perpindahan spektral pada saat bangunan mencapai kondisi batas kerusakan

- β_{ds} = nilai standar logaritma natural dari perpindahan spektral untuk status kerusakan
- ϕ = nilai fungsi estándar kumulatif distribusi normal

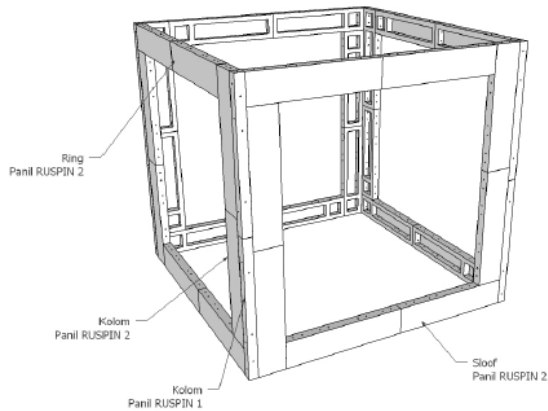
2.5 Rumah Sistem Panel Instan (RUSPIN)

Teknologi RUSPIN adalah pengembangan dari Teknologi RISHA, yaitu merupakan perwujudan pembangunan rumah dengan sistem modular, yaitu konsep yang membagi sistem menjadi bagian-bagian kecil (modul) dengan ukuran yang efisien agar dapat dirakit menjadi sejumlah besar produk yang berbeda-beda. Desain bangunan rumah dengan sistem modular ini dapat diubah-ubah atau dikembangkan sesuai dengan keinginan atau kebutuhan dari penghuninya (BALITBANG PUPR,2013).



*Gambar 2. 9 Aplikasi ruspin pada rumah satu lantai
Sumber: BALITBANG PUPR,2013*

Karena menggunakan sistem modular, RUSPIN merupakan rumah *knock down*, dengan proses pembangunan strukturnya dengan menggabungkan panel-panel beton pracetak dengan baut. Maka pembangunan rumah ini dapat diselesaikan dengan waktu jauh lebih cepat (BALITBANG PUPR,2013).



Gambar 2. 10 Model perakitan satu modul RUSPIN
Sumber: BALITBANG PUPR,2013

2.5.1 Keunggulan RUSPIN

Keunggulan atau kelebihan di aplikasikannya RUSPIN pada rumah tinggal adalah sebagai berikut (BALITBANG PUPR, 2013):

1. Sederhana
 Panel struktur RUSPIN memiliki bentuk sederhana, baik dari ukuran dan bahan bangunan. Panel struktur untuk RUSPIN hanya terdiri 2 jenis.
2. Cepat
 Perakitan RUSPIN dua lantai di lapangan menggunakan 7 orang tenaga kerja belum terampil membutuhkan waktu total 4 hari untuk struktur lantai 1 dan 4 hari untuk struktur lantai 2. Mulai dari penyiapan lahan sampai dengan *finishing*.
3. Fleksibel
 Teknologi RUSPIN tidak hanya untuk rumah sederhana tetapi dapat dikembangkan untuk rumah mewah, baik satu lantai maupun dua lantai.

4. Kuat

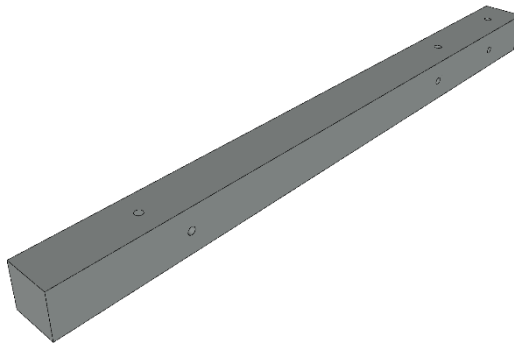
Berdasarkan hasil pengujian Simulasi numerik struktur RUSPIN dua lantai dengan desain konfigurasi tahun 2016 telah dilakukan dan menunjukkan bahwa desain struktur RUSPIN dua lantai dapat digunakan pada wilayah Denpasar yang termasuk dalam wilayah gempa cukup berat.

2.5.2 Komponen RUSPIN

Pada teknologi RUSPIN, komponen struktural utama terdiri dari 2 panel, yaitu: panel struktural tipe 1 (P1), dan panel struktural tipe 2 (P2). Kedua panel RUSPIN tersebut merupakan bagian dari sistem rangka (BALITBANG PUPR, 2013).

1. Panel Struktural P1

Panel tipe 1 mempunyai dimensi 10 cm x 10 cm x 150 cm yang berfungsi sebagai kolom pada setiap titik kumpul dengan detail dalam Gambar 2.11.

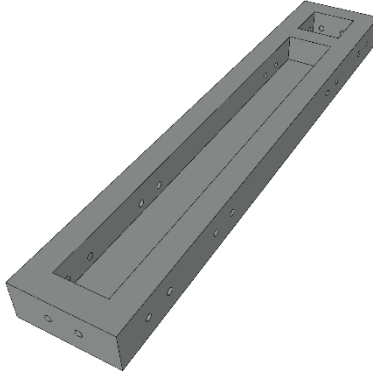


Gambar 2. 11 Panel P1

2. Panel Struktural P2

Panel tipe 2 mempunyai ukuran tebal 2 cm, lebar 30 cm, tinggi 135 cm yang dikelilingi rangka ukuran 6 cm x 10 cm, dengan tambahan balok ukuran 6 cm x 10 cm dengan

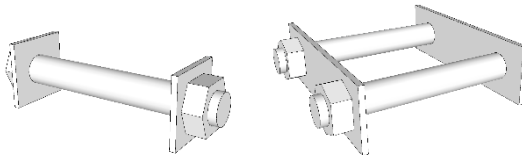
jarak 30 cm dari ujung panel, dilengkapi lubang angkur pada rangka dengan diameter lubang 16 mm pada tiap sisi tebal sebanyak 8 buah dengan jarak antar as lubang 10 cm dengan detail dalam Gambar 2.12.



Gambar 2. 12 Panel P2

3. Baut Sambungan

Baut penyambung antar komponen menggunakan mur baut galvanis diameter 12 mm dan 100 mm, variasi panjang 7 in., 9 in., dan 12 in. dan menggunakan ring cincin tebal 3 mm, ring pelat 3 mm x 40 mm x 175 mm yang dilengkapi lubang diameter 15 mm dengan jarak antar as lubang sebesar 135 mm.



Gambar 2. 13 Baut sambungan

2.6 Penelitian Sebelumnya Mengenai Rumah Pracetak Sederhana

Pada penelitian sebelumnya telah dilakukan analisis sambungan pracetak untuk bangunan rumah sederhana 1 dan 2 lantai. Sambungan yang diusulkan untuk menyambung kolom dan kolom pracetak adalah sambungan kering (*dry joint*) berupa batang penyambung dari baja yang di mur. Tipe Sambungan seperti ini telah diteliti sebelumnya oleh Noorhidana (2000), namun untuk tipe kolom 200x200 saja dan Tirtayasa (2009) struktur dengan FEM untuk tipe kolom 150x150 dan 200x200. Penelitian Tersebut telah Membuktikan bahwa tipe sambungan ini ternyata mampu menyalurkan gaya gempa dengan baik dan berperilaku daktail penuh.

Widodo (2011) melakukan penelitian terhadap beton pracetak untuk sambungan balok ditengah bentang. Pemodelan balok untuk bangunan 1 lantai digunakan dimensi balok 15x15 dengan tulangan lentur 4Ø10 dan tulangan geser Ø10-50 mm, sedangkan untuk pemodelan balok untuk bangunan 2 lantai digunakan dimensi balok 15x20 dengan tulangan lentur 6D13 dan tulangan geser Ø10-50 mm. Panjang benda uji balok yaitu 150 cm. Hasil yang diperoleh dari penelitian ini, untuk balok 15x15 didapatkan nilai daktalitas yang baik, sedangkan untuk balok 15x20 terjadi kegagalan pada sambungan las.

Penelitian RUSPIN sebagai konstruksi rumah satu lantai telah dilakukan pada tahun 2013 melalui pengujian portal struktur rumah satu lantai. Tampilan luar baut dan pelat sambungan diminimalkan, jumlah penggunaan panel kolom pada pertemuan ruang berkurang dan menghasilkan ruang yang lebih luas, jumlah sambungan berkurang sehingga dapat menambah kecepatan pemasangan, dan penghematan biaya hingga 10% dibandingkan dengan RISHA. Analisis hasil pengujian menunjukkan teknologi RUSPIN dapat diterapkan untuk konstruksi rumah satu lantai yang memenuhi syarat tahan gempa (Balai Pengembangan Teknologi Perumahan Tradisional Denpasar, 2013).

Penelitian RUSPIN dikembangkan lagi pada tahun 2015 pada konstruksi rumah 2 lantai dengan mempertimbangkan kategori desain sesimik pada wilayah gempa di Indonesia. Hasil akhir penelitian menunjukkan sambungan kolom-balok lantai dua belum memenuhi syarat kekakuan sehingga hanya dapat digunakan pada struktur dengan Kategori Desain Seismik (KDS) A, B, C. Wilayah Indonesia banyak yang termasuk Kategori Desain Seismik D, E, F maka sambungan balok-kolom struktur RUSPIN dua lantai perlu ditingkatkan agar mampu diterapkan pada struktur dengan KDS tersebut (Balai Pengembangan Teknologi Perumahan Tradisional Denpasar, 2015).

2.7 Metode Elemen Hingga

Metode elemen hingga merupakan salah satu metode numerik yang dapat digunakan untuk menyelesaikan masalah struktural, termal dan elektromagnetik. dalam metode ini seluruh masalah yang kompleks seperti variasi bentuk, kondisi batas dan beban diselesaikan dengan metode pendekatan. karena keanekaragaman dan fleksibilitas sebagai perangkat analisis, metode ini mendapat perhatian dalam dunia teknik (Sinaga, 2018).

Metode elemen hingga adalah suatu alat numerik yang digunakan dalam menyelesaikan masalah teknik seperti persamaan diferensial dan integral dengan metode pendekatan. Metoda itu mula-mula dikembangkan untuk mempelajari tentang struktur dan tekanan (Clough 1960) dan kemudian berkembang pada masalah mekanika kontinu (Zienkiewicz dan Cheung, 1965).

2.8 Alat Bantu Sipil: ABAQUS 2017

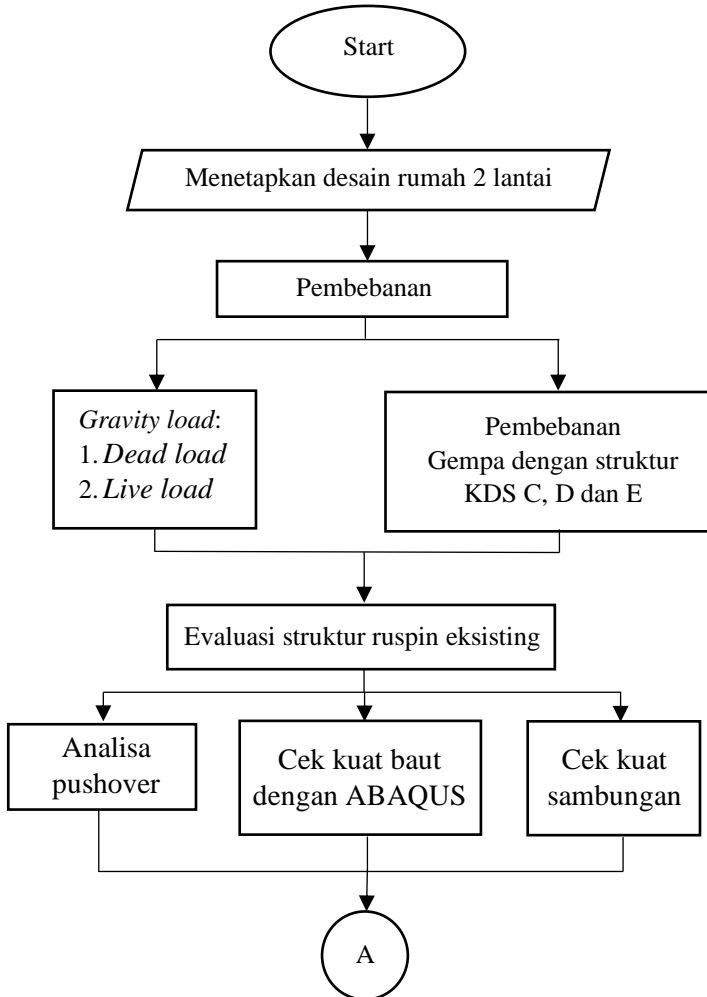
ABAQUS merupakan program komputer berbasis elemen hingga untuk menganalisis berbagai macam permasalahan non-linier termasuk beton bertulang. Kemampuan program ini tidak diragukan lagi karena mampu untuk melakukan meshing dengan akurat dengan berbagai pilihan model elemen agar dapat semakin mendekati dengan kondisi sebenarnya serta mampu melakukan

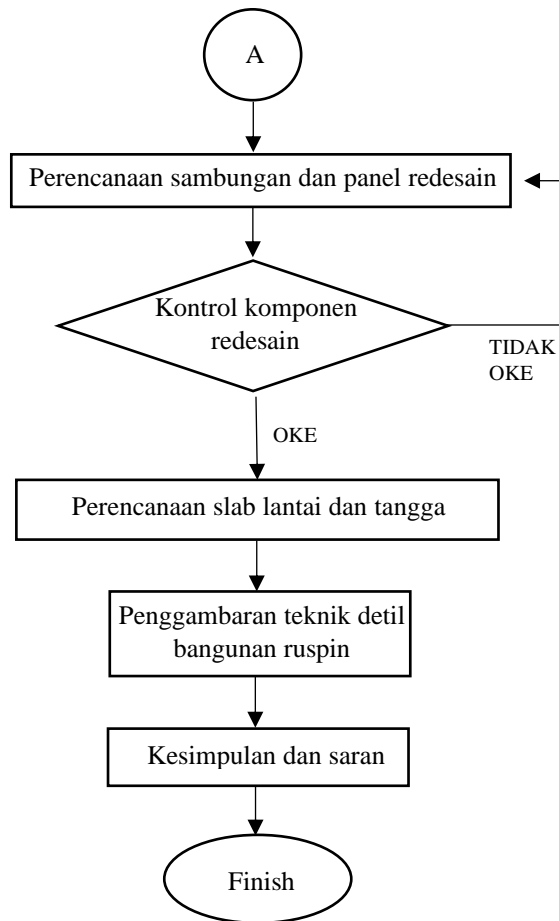
analisis dinamik maupun statik *loading*. ABAQUS memberikan solusi berbagai persamaan konstitutif untuk menyelesaikan permasalahan non-linier sehingga memudahkan pengguna untuk memilih solusi yang tepat untuk model yang akan dianalisis.

Konsistensi ABAQUS dalam pengembangan software memberikan kemajuan dalam ketepatan permodelan material, geometri dan model pembebanan sehingga bisa semakin memperoleh hasil yang eksak dan mendekati kondisi nyata. Dalam pemodelan, ABAQUS memberikan banyak pilihan model yang dapat digunakan. Pengguna dapat memilih model sesuai geometri, material, perilaku benda uji yang akan dimodelkan.

Halaman ini sengaja dikosongkan

BAB III METODOLOGI





Gambar 3. 1 Flowchart penelitian

3.1 Studi Literatur

Metode yang digunakan dalam penulisan tugas akhir ini adalah studi literatur dengan mengumpulkan data-data maupun literatur tentang RUSPIN dari BALITBANG PUPR dan Penelitian sebelumnya yang telah dilakukan serta teori umum sambungan

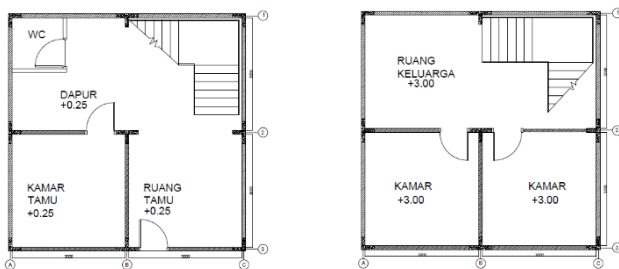
yang mengatur tentang perencanaan sambungan baut dan keterangan lain yang berkaitan tentang pembahasan tugas akhir ini, serta masukan-masukan dari dosen pembimbing. Selain itu juga akan dilakukan analisis dengan metode numerik dengan elemen hingga.

Studi penganalisaan struktur dilakukan secara analitis dengan program komputer. Permodelan Struktur dan analisis struktur RUSPIN menggunakan Program SAP2000. Pemodelan konfigurasi sambungan dilakukan pada program AutoCad dan proses penganalisaan.

3.2 Denah Rumah

Langkah awal penelitaian ini ialah merencanakan Denah rumah. Denah rumah yang direncanakan adalah rumah 2 lantai. Pada gambar menunjukkan denah rumah yang akan dirancang. Perencanaan ini didasarkan pada data-data perencanaan sebagai berikut:

1. Mutu beton = 25 Mpa
2. Mutu baja tulangan = 240 Mpa
3. Jumlah lantai = 2 lantai
4. Tinggi tiap lantai = 3 m
5. Luas bangunan = 36 m²



Gambar 3. 2 Denah rumah 2 lantai
Sumber: Dokumen penulis

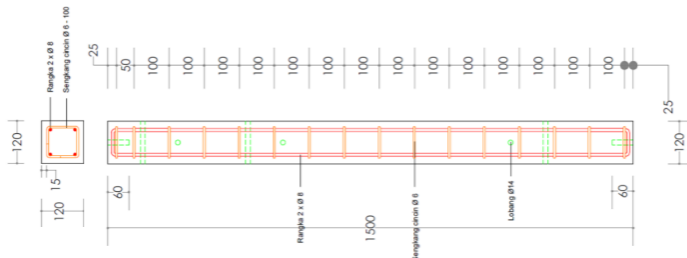
3.3 Perencanaan Komponen

Perencanaan Komponen yang diteliti harus melalui beberapa proses, supaya benda yang akan *input* di Abaqus tidak terjadi kesalahan mulai dari dimensi, material, dan pembebanan yang akan di *input*.

3.3.1 Komponen RUSPIN Eksisting

1. Panel P1

Memiliki lebar 12 cm dan tinggi 12 cm. Tulangan longitudinal menggunakan besi $\phi 8$ mm sedangkan tulangan Sengkang digunakan $\phi 6$ -100. Detail penampang dapat dilihat pada Gambar 3.3

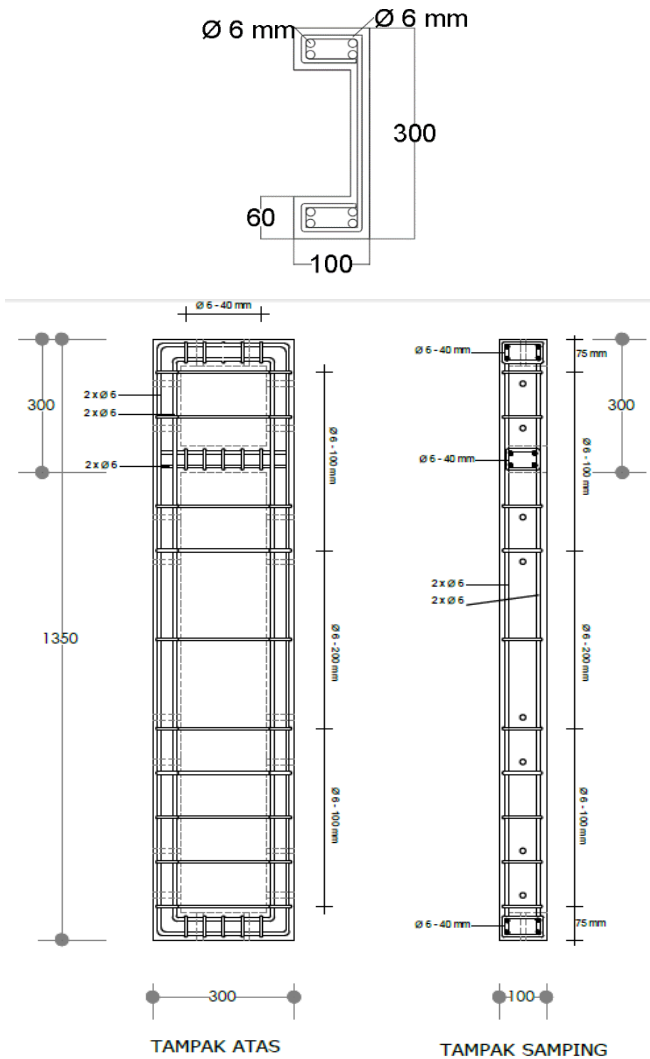


Gambar 3. 3 Panel P1 eksisting

Sumber: Modul RUSPIN, BALITBANG PUPR

2. Panel P2

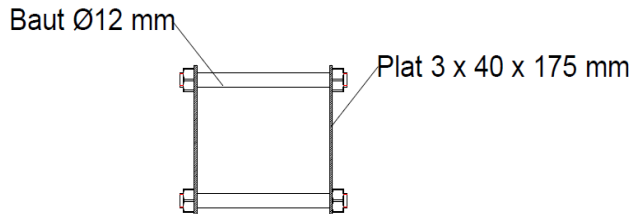
Memiliki lebar 10 cm dan tinggi 30 cm. Tulangan longitudinal menggunakan besi $\phi 8$ mm sedangkan tulangan Sengkang digunakan $\phi 6$ -100 untuk daerah tumpuan dan $\phi 6$ -200 pada untuk daerah lapangan. Tulangan Sengkang untuk arah vertikal digunakan besi $\phi 6$ -40. Detail penampang dapat dilihat pada Gambar 3.4.



Gambar 3. 4 Panel 2 eksisting
Sumber: Modul RUSPIN, BALITBANG PUPR

3.3.2 Komponen Sambungan

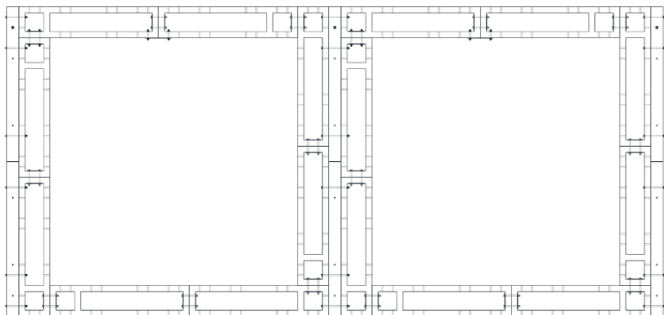
Kegiatan setelah menentukan detail balok adalah menentukan model dan dimensi sambungan. Sambungan balok yang digunakan adalah sambungan kering (*dry joint*). Sambungan di desain menggunakan ring pelat 3 mm x 40 mm x 175 mm yang dilengkapi lubang diameter 15 mm dengan jarak antar as lubang sebesar 135 mm dan baut M12. Detail sambungan dapat dilihat pada Gambar 3.5.



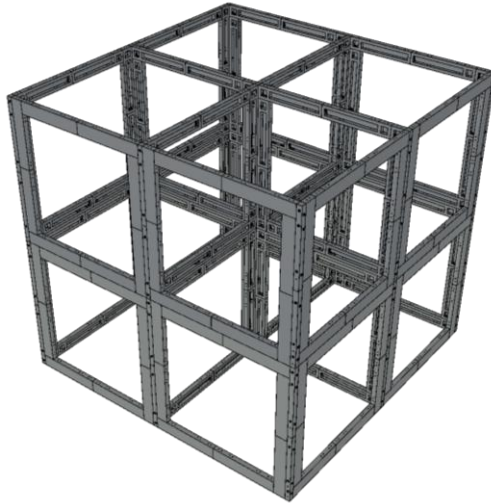
Gambar 3. 5 Detail sambungan tampak samping
Sumber: Dokumen penulis

3.3.3 Pemasangan Komponen dan Sambungan

Struktur Ruspín terdiri dari komponen P1 dan P2 yang disusun dan disambung menggunakan baut menjadi balok dan kolom sehingga menjadi satu kesatuan struktur.



Gambar 3. 6 Portal struktur Ruspín
Sumber: Modul RUSPIN, BALITBANG PUPR



Gambar 3. 7 Struktur Ruspin penuh 2 lantai
Sumber: Dokumen penulis

1. Balok-Balok

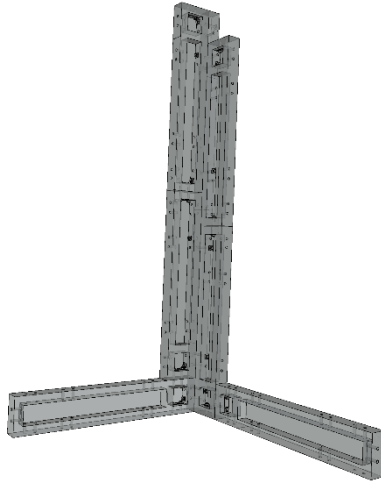
Balok Terdiri dari panel P2 berjumlah dua yang disambung dengan baut. Detail dapat dilihat pada gambar 3.8.



Gambar 3. 8 Sambungan balok-balok
Sumber: Dokumen penulis

2. Kolom Pojok

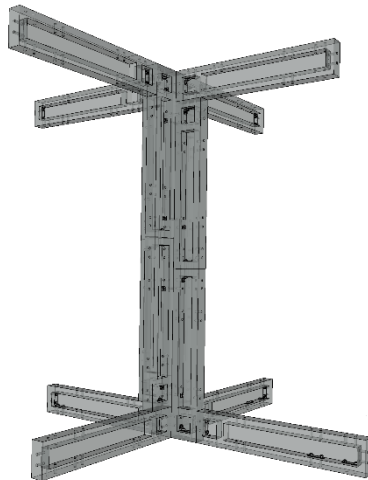
Kolom Pojok Terdiri dari panel P1 sebagai komponen peyambung dan komponen panel P2 berjumlah dua yang disambung dengan baut. Detail dapat dilihat pada gambar 3.9.



Gambar 3. 9 Pemasangan kolom pojok
Sumber: Dokumen penulis

3. Kolom Tengah

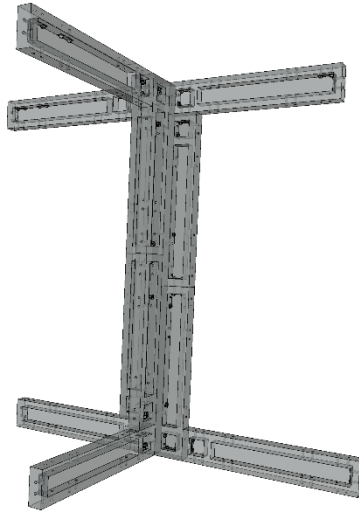
Kolom Tengah Terdiri dari panel P1 sebagai komponen peyambung dan komponen panel P2 berjumlah empat yang disambung dengan baut. Detail dapat dilihat pada gambar 3.10.



Gambar 3. 10 Pemasangan kolom tengah
Sumber: Dokumen penulis

4. Kolom Tepi

Kolom Tepi Terdiri dari panel P1 sebagai komponen peyambung dan komponen panel P2 berjumlah tiga yang disambung dengan baut. Detail dapat dilihat pada gambar 3.11.



*Gambar 3. 11 Pemasangan kolom tepi
Sumber: Dokumen penulis*

5. Sambungan Balok dengan Kolom

Terdapat beberapa macam tipe sambungan tergantung pada letak posisi sambungan tersebut.

3.4 Analisa Pembebanan Struktur dengan Program SAP2000

Analisis pembebanan struktur dengan program SAP2000 bertujuan untuk mengetahui beban dan gaya-gaya yang bekerja pada struktur secara keseluruhan. Hasil output tiap elemen nantinya akan di input ke program Abaqus untuk dianalisis beban dan gaya-gaya yang bekerja pada komponen sambungannya.

3.4.1 Beban Statis

Beban tetap terdiri dari beban mati (*dead load*) dan beban hidup (*live load*).

Tabel 3. 1 Pembebanan statis bangunan

Beban mati		
spesi (2 cm)	42	kg/m ²
tegel	24	kg/m ²
plafond	11	kg/m ²
penggantung	7	kg/m ²
utilitas	30	kg/m ²
Dinding bata ringan	144	kg/m ²
Beban hidup		
Beban hidup hunian	192	kg/m ²

3.4.2 Beban Gempa

Peninjauan beban gempa dilakukan dengan melakukan analisis dinamik respons spektrum dengan mengacu pada SNI 1726-2012. Pada penelitian rumah diasumsikan struktur yang masuk kategori desain seismik C, D, dan E.

3.4.3 Analisis pembebanan NonLinier Pushover

Pada *static pushover case* dibuat dua macam pembebanan, dimana yang pertama adalah pembebanan akibat beban gravitasi. Dalam analisis ini beban gravitasi yang digunakan adalah beban mati dengan koefisien 1 dan beban hidup dengan koefisien 1 (dianggap analisis tanpa dipengaruhi koefisien apapun). Setelah kondisi pertama selesai dijalankan, pembebanan bangunan dilanjutkan dengan kondisi kedua yakni akibat beban lateral.

Pada analisis ini *pushover case* untuk beban gravitasi diberi nama GRAV. Untuk beban lateral digunakan *push to*

displacement magnitude yang artinya proses pushover dilakukan hingga target *displacement* tercapai.

Hasil pushover disimpan secara *multiple states* dengan jumlah minimum 10 *steps* dan maksimum 100 *steps*. Untuk simapngan target yang ingin dicapai digunakan sesuai dengan *default* program SAP 2000 yaitu sebesar 4% kali tinggi bangunan total. Pada penelitian ini *pushover case* untuk beban lateral akibat gempa diberi nama PUSH.

3.5 Pembahasan Hasil Analisis Pushover

Dari *performance point* didapatkan nilai *displacement* efektif, gaya geser dasar, waktu getar efektif dan damping efektif. Dari nilai *displacement* akan diketahui kriteria kinerja seismik struktur berdasarkan ATC-40 dan FEMA 356. Berdasarkan hasil analisis data dan pembahasan, maka dapat dibuat kesimpulan yang sesuai dengan tujuan penelitian.

3.6 Uji Parsial Sambungan

Pengujian dilakukan menggunakan aplikasi Abaqus. Sambungan Baut diberi pembebanan hasil dari Analisa SAP 2000. Data yang direkam selama pengujian adalah regangan dan tegangan yang terjadi pada baut.

Halaman ini sengaja dikosongkan

BAB IV

ANALISA PUSHOVER STRUKTUR EKSISTING

4.1 Pembebanan Gravitasi

Struktur dibebani oleh beban gravitasi, yaitu kombinasi beban mati dengan koefisien pembebanan 1,2 dan beban hidup dengan koefisien pembebanan 1,6. Pada tahap ini, sudah diperhitungkan kondisi nonlinier.

4.2 Pembebanan Gaya Dorong Lateral

Tahap kedua, analisis dilanjutkan dengan memberikan pola beban dorong lateral pada struktur. Pendefinisian tahap kedua melalui menu *Define-Loads Cases-Add New Case*. Nama analisis adalah PUSH. Tipe analisis ditentukan *Static-Nonlinear*.

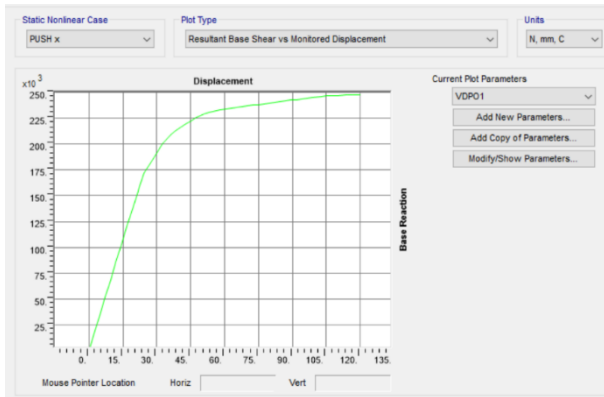
Karena tahap kedua baru dilakukan setelah tahap pertama selesai, maka opsi *Continue from State at End of Nonlinear Case* diaktifkan, dengan akhir dari analisis GRAV sebagai permulaan dari analisis tahap kedua. Tipe beban adalah *Acceleration* untuk pembebanan arah-X, dan untuk pembebanan arah-Y dengan *scale factor* yang digunakan adalah 3,27.

4.3 Kurva Kapasitas

Hubungan antara perpindahan lateral lantai atap dan gaya geser dasar digambarkan dalam suatu kurva yang menggambarkan kapasitas struktur dan hal tersebut dinamakan kurva kapasitas (*capacity curve*). Kurva kapasitas yang didapatkan dari analisis *pushover* menggambarkan kekuatan struktur yang besarnya sangat tergantung dari kemampuan momen deformasi dari masing-masing komponen struktur. Cara termudah untuk membuat kurva ini adalah dengan mendorong struktur secara bertahap (*pushover*) dan mencatat hubungan antara gaya geser dasar (*base shear*) dan perpindahan (*displacement*) atap akibat beban lateral yang

dikerjakan pada struktur dengan pola pembebanan tertentu.

Cara menampilkan bentuk kurva kapasitas di program SAP2000 dengan pilih *display – show static pushover curve*. Maka akan muncul kurva kapasitas dari masing- masing desain pembeban yang telah didesain. Dapat dilihat pada Gambar 4.1 dan Gambar 4.2 berikut.



Gambar 4. 1 Kurva kapasitas pushover arah X

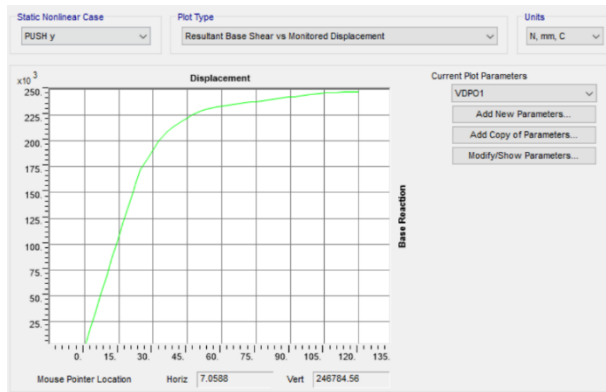
Sumber: Dokumen penulis

Dari kurva kapasitas arah X dan Y, melalui SAP2000 diperoleh tabel antara *base Reaction (V)* dan *displacement (D)* menampilkannya dengan cara *file – display tables*, dilihat pada Tabel 4.1 dan Tabel 4.2.

Tabel 4. 1 Data kurva kapasitas arah X

<i>Step</i>	<i>Displacement (mm)</i>	<i>Base force (N)</i>	<i>Step</i>	<i>Displacement (mm)</i>	<i>Base force (N)</i>
0	-0.000149	0	24	65.164709	235526.52
1	2.399851	17127.73	25	67.564709	236219.95
2	4.799851	34255.46	26	69.964709	236913.37
3	7.199851	51383.2	27	72.364709	237606.8
4	9.599851	68510.93	28	74.764709	238300.22

5	11.999851	85638.66	29	77.164709	238993.65
6	14.399851	102766.39	30	79.564709	239687.07
7	16.799851	119894.12	31	81.964709	240380.5
8	19.199851	137021.85	32	84.364709	241073.92
9	21.599851	154149.59	33	86.764709	241767.35
10	22.059535	157430.15	34	89.164709	242460.77
11	24.517201	171809	35	91.564709	243154.2
12	28.236011	185682.29	36	93.964709	243847.62
13	32.589592	200185.29	37	96.364709	244541.04
14	36.058418	208865.17	38	98.764709	245133.31
15	38.458418	213073.52	39	102.586086	245991.98
16	42.870502	219406.55	40	104.986086	246388.34
17	45.270502	222567	41	107.386086	246784.7
18	47.670502	225727.45	42	109.786086	247181.05
19	50.775238	229118.83	43	113.180947	247680.62
20	53.175238	230701.14	44	114.341274	247745.05
21	57.964709	233446.24	45	116.741274	247798.19
22	60.364709	234139.67	46	119.141274	247851.32
23	62.764709	234833.1	47	119.999851	247825.65



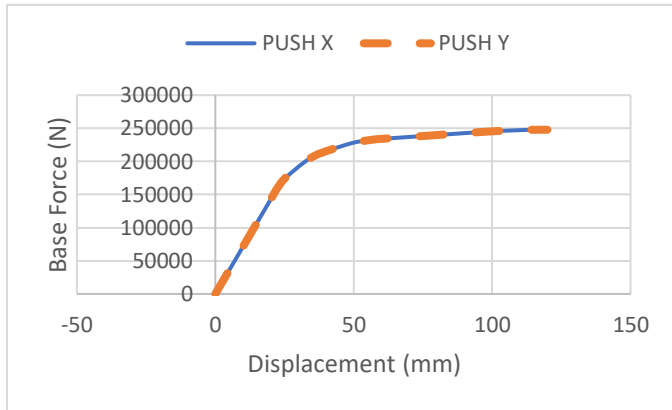
Gambar 4. 2 Kurva kapasitas pushover arah Y
Sumber: Dokumen penulis

Tabel 4. 2 Data kurva kapasitas arah Y

<i>Step</i>	<i>Displacement (mm)</i>	<i>Base force (N)</i>	<i>Step</i>	<i>Displacement (mm)</i>	<i>Base force (N)</i>
0	-0.000152	0	24	65.16481	235526.41
1	2.399848	17127.73	25	67.56481	236219.84
2	4.799848	34255.46	26	69.96481	236913.27
3	7.199848	51383.19	27	72.36481	237606.69
4	9.599848	68510.93	28	74.76481	238300.11
5	11.999848	85638.66	29	77.16481	238993.54
6	14.399848	102766.39	30	79.56481	239686.96
7	16.799848	119894.12	31	81.96481	240380.39
8	19.199848	137021.85	32	84.36481	241073.81
9	21.599848	154149.58	33	86.76481	241767.24
10	22.059568	157430.4	34	89.16481	242460.66
11	24.517259	171809.3	35	91.56481	243154.08
12	28.23586	185681.69	36	93.96481	243847.51
13	32.589482	200184.83	37	96.36481	244540.93
14	36.058268	208864.72	38	98.76481	245133.2
15	38.458268	213073.06	39	102.585924	245991.82
16	42.870538	219406.37	40	104.985924	246388.17
17	45.270538	222566.81	41	107.385924	246784.53
18	47.670538	225727.26	42	109.785924	247180.89
19	50.775257	229118.67	43	113.180864	247680.46
20	53.175257	230700.98	44	114.341405	247744.91
21	57.96481	233446.14	45	116.741405	247798.04
22	60.36481	234139.56	46	119.141405	247851.18
23	62.76481	234832.99	47	119.999848	247825.51

Dari Tabel 4.1 dapat dilihat untuk kurva kapasitas *pushover* arah x gaya geser dasar maksimum sebesar 247825.65 N dengan *displacement* pada atap sebesar 119.999851 mm berakhir di step ke-47. Dari Tabel 4.2 dapat dilihat untuk kurva kapasitas *pushover* arah y gaya geser dasar maksimum sebesar 247825.51 N dengan *displacement* pada atap sebesar 119.999848 mm berakhir di step ke-47. Perbandingan kurva kapasitas *pushover* arah x dan arah y

dilihat pada Gambar 4.3



Gambar 4. 3 Perbandingan kurva kapasitas arah X dan Y
Sumber: Dokumen penulis

4.4 Mekanisme Sendi Plastis

Setelah dilakukan analisis *pushover*, struktur mulai mengalami sendi plastis akibat momen yang terjadi melebihi momen kapasitas elemen tersebut. Perilaku struktur saat beban yang bekerja relatif kecil, maka momen yang bekerja disetiap penampangnya masih dalam keadaan elastis, sementara jika setelah beban ditingkatkan secara bertahap akan mengakibatkan besar momen pada salah satu penampang mencapai keadaan plastis.

4.4.1 Distribusi Sendi Plastis

Sendi plastis akibat momen lentur terjadi pada struktur jika beban yang bekerja melebihi kapasitas momen lentur yang ditinjau. Sesuai dengan metode perencanaan kolom kuat balok lemah, untuk desain pada struktur berdaktilitas parsial dan penuh mekanisme tingkat tidak diperkenankan terjadi.

Hasil analisis beban dorong berupa distribusi jumlah sendi plastis yang terjadi selengkapnya ditampilkan dalam tabel sebagai berikut:

Tabel 4. 3 Distribusi sendi plastis untuk pushover arah X

TABLE: Pushover Capacity Curve												
LoadCase	Step	Displacement	BaseForce	AtoB	BtoIO	IOtoLS	LStoCP	CPToC	CtoD	DtoE	BeyondE	Total
Text	Unitless	mm	N	Unitless	Unitless	Unitless	Unitless	Unitless	Unitless	Unitless	Unitless	Unitless
PUSH x	14	32.282249	157430.15	215	1	0	0	0	0	0	0	216
PUSH x	15	35.048845	170317.22	214	2	0	0	0	0	0	0	216
PUSH x	16	39.048698	187150.5	210	6	0	0	0	0	0	0	216
PUSH x	17	42.796593	199745.29	206	10	0	0	0	0	0	0	216
PUSH x	18	46.280956	208865.17	196	20	0	0	0	0	0	0	216
PUSH x	19	48.680956	212530.91	196	20	0	0	0	0	0	0	216
PUSH x	20	51.433736	216303.45	192	24	0	0	0	0	0	0	216
PUSH x	21	53.833736	219094.95	192	24	0	0	0	0	0	0	216
PUSH x	22	56.233736	221886.45	192	24	0	0	0	0	0	0	216
PUSH x	23	58.633736	224677.95	192	24	0	0	0	0	0	0	216
PUSH x	24	61.408893	227712.25	186	30	0	0	0	0	0	0	216
PUSH x	25	63.670033	229202.09	184	30	2	0	0	0	0	0	216

Sumber: Dokumen penulis

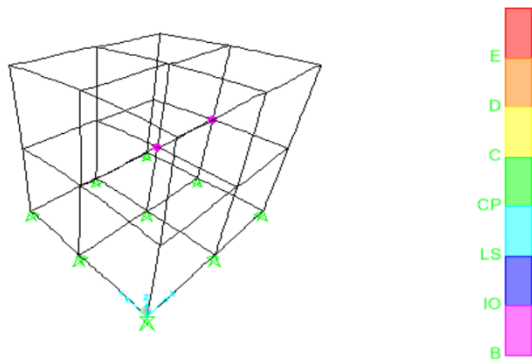
Dari tabel diatas dapat dilihat bahwa pada step ke-14 dengan *displacement* 32.28 mm distribusi sendi plastis mulai muncul pada kategori B-IO. Sedangkan diperalihan 63.67 mm pada step 25 awal sendi plastis terjadi pada kategori *Life Safety*.

Tabel 4. 4 Distribusi sendi plastis untuk pushover arah Y

TABLE: Pushover Capacity Curve												
LoadCase	Step	Displacement	BaseForce	AtoB	BtoIO	IOtoLS	LStoCP	CPToC	CtoD	DtoE	BeyondE	Total
Text	Unitless	mm	N	Unitless	Unitless	Unitless	Unitless	Unitless	Unitless	Unitless	Unitless	Unitless
PUSH y	14	32.29791	157430.4	215	1	0	0	0	0	0	0	216
PUSH y	15	35.064346	170315.91	214	2	0	0	0	0	0	0	216
PUSH y	16	39.064521	187148.32	210	6	0	0	0	0	0	0	216
PUSH y	17	42.813163	199745.76	206	10	0	0	0	0	0	0	216
PUSH y	18	46.296425	208864.72	196	20	0	0	0	0	0	0	216
PUSH y	19	48.696425	212530.68	196	20	0	0	0	0	0	0	216
PUSH y	20	51.448812	216303.33	192	24	0	0	0	0	0	0	216
PUSH y	21	53.848812	219095.57	192	24	0	0	0	0	0	0	216
PUSH y	22	56.248812	221887.82	192	24	0	0	0	0	0	0	216
PUSH y	23	58.648812	224680.06	192	24	0	0	0	0	0	0	216
PUSH y	24	61.421923	227712.38	186	30	0	0	0	0	0	0	216
PUSH y	25	63.68369	229202	184	30	2	0	0	0	0	0	216

Sumber: Dokumen penulis

Dari tabel diatas dapat dilihat bahwa pada step ke-14 dengan *displacement* 32.29 mm distribusi sendi plastis mulai muncul pada kategori B-IO. Sedangkan diperalihan 63.68 mm pada step 25 awal sendi plastis terjadi pada kategori *Life Safety*.



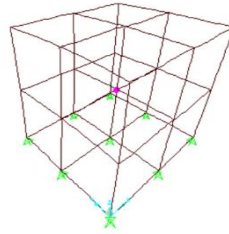
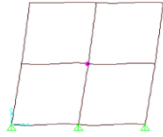
Gambar 4. 4 Distribusi sendi plastis pada step-25 pushover arah Y
 Sumber: Dokumen penulis

Warna pada sendi plastis menunjukkan secara grafis posisi dan tingkat kerusakan yang terjadi pada sendi plastis. Distribusi sendi plastis pada tiap tahapan peningkatan beban lateral hingga titik kinerja tercapai yang terjadi pada komponen struktur ditampilkan pada Tabel 4.5

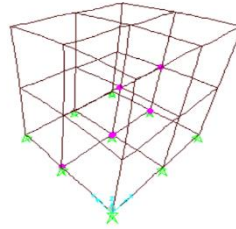
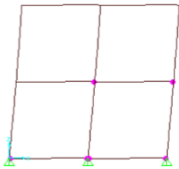
Tabel 4. 5 Distribusi sendi plastis

STEP 0	

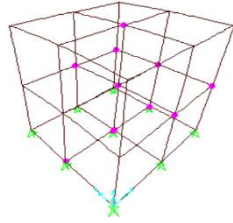
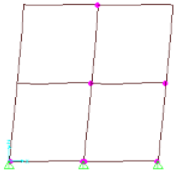
Step 1- 17



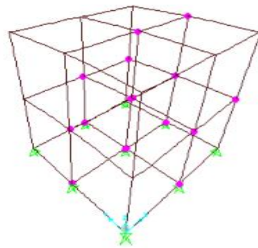
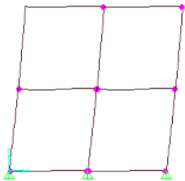
STEP 18-23

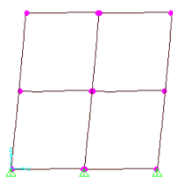


STEP 24

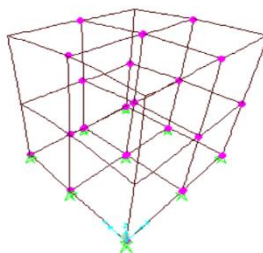


STEP 25

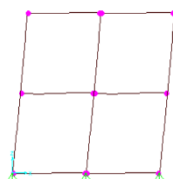


STEP 26-28

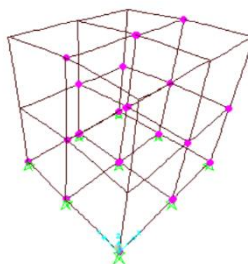
E
D
C
CP
LS
IO
B



E
D
C
CP
LS
IO
B

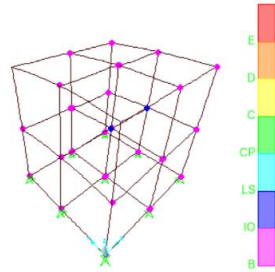
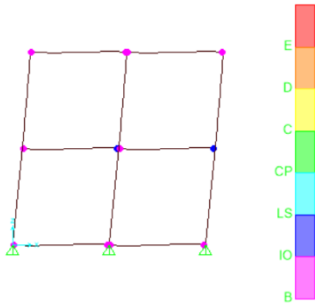
STEP 29-34

E
D
C
CP
LS
IO
B

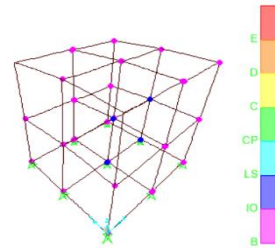
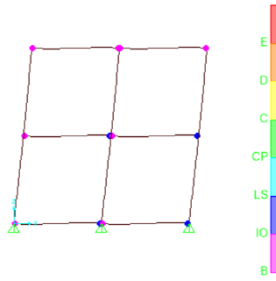


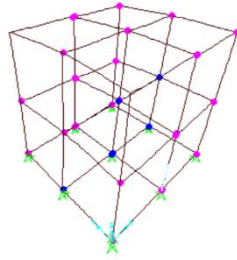
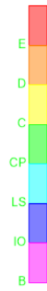
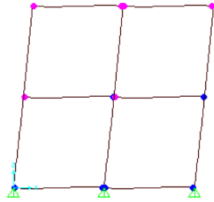
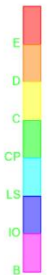
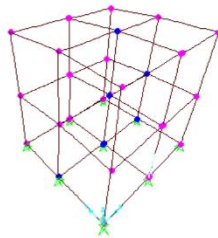
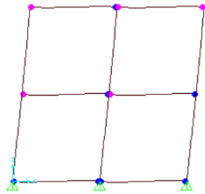
E
D
C
CP
LS
IO
B

STEP 35-38



STEP 39



STEP 40-45**STEP 40-47**

Pada program SAP2000, perilaku elemen sendi plastis ditunjukkan dalam bentuk warna yang setiap warna menunjukkan kondisi sendi plastis yang berbeda- beda. Penjelasan mengenai kondisi sendi plastis sesuai warna dalam program SAP2000 dapat dilihat pada Tabel 4.6.

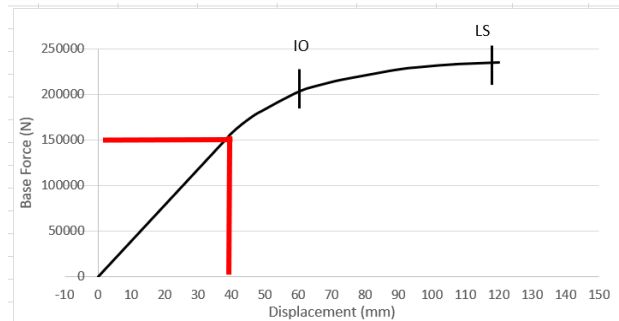
Tabel 4. 6 Keterangan jenis warna pada sendi ilastis

Keterangan	Simbol	Keterangan
B – IO		Menunjukkan batas linier yang kemudian diikuti terjadi pelelehan pertama pada struktur.
IO – LS		Kerusakan kecil pada struktur (tidak berarti), kekakuan struktur hampir sama saat sebelum terjadi gempa.
LS – CP		Kerusakan mulai dari kecil hingga sedang, kekakuan struktur berkurang tapi masih mempunyai ambang yang cukup besar terhadap keruntuhan.
CP – C		Kerusakan parah pada struktur, kekuatan dan kekakuan berkurang cukup banyak.
C – D		Batas maksimum gaya geser masih mampu ditahan gedung.
D – E		Degradasi kekuatan struktur besar, kondisi struktur tidak stabil hampir runtuh.
E		Struktur sudah tidak mampu menahan gaya geser dan runtuh.

4.4.2 Tahapan Sendi Plastis Struktur *Pushover* Arah X

1. Step saat Mulai Terjadi sendi Plastis

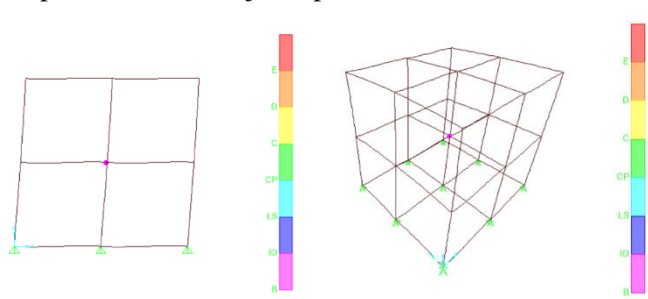
Sendi plastis mulai terjadi pada step-17 saat hasil *Pushover* diperoleh hasil displacement = 39.940723 mm dan gaya geser dasar target $V_t = 157430.15$ N pada balok.



Gambar 4. 5 Grafik displacement dan base shear sendi plastis pertama arah X

Sumber: Dokumen penulis

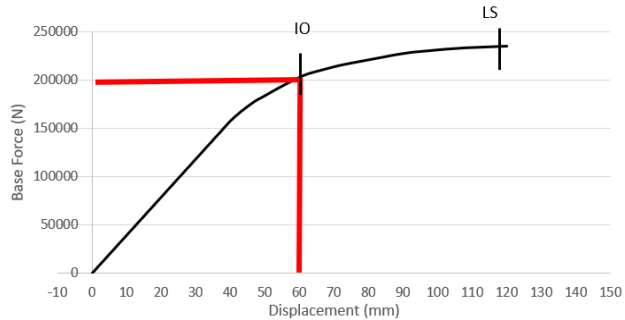
Hal tersebut ditandai dengan munculnya titik-titik plastis pada ujung-ujung balok berwarna ungu artinya sendi plastis berada pada level kinerja B-IO. Step awal terjadi sendi pastis arah X disajikan pada Gambar 4.6.



Gambar 4. 6 Step saat terjadinya Sendi plastis pertama arah X (step 17)

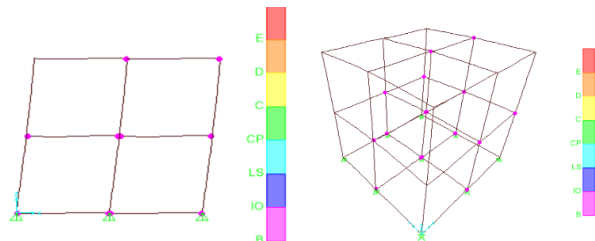
Sumber: Dokumen penulis

2. Step Ketika mencapai kinerja *Immidiatae occupancy*
 Level kinerja *Immidiatae occupancy* ini ditandai dengan diperolehnya hasil displacement = 61.821783 mm dan gaya geser dasar target $V_t = 205596.37$ N pada step-25.



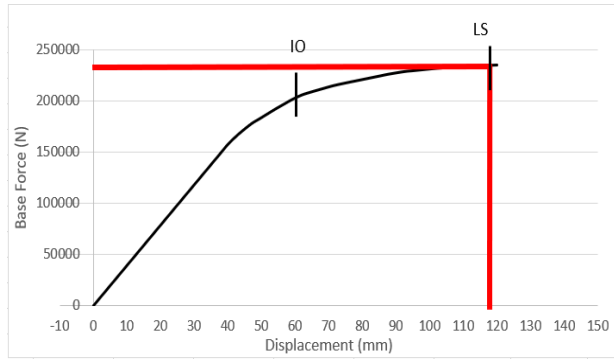
Gambar 4. 7 Grafik displacement dan base shear pada saat kinerja mencapai IO arah X
Sumber: Dokumen penulis

Terjadinya titik-titik sendi plastis pada balok dengan warna ungu terlihat pada Gambar 4.8.



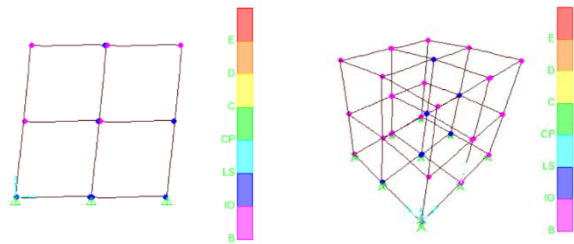
Gambar 4. 8 Step saat kinerja struktur mencapai IO arah X (step 39)
Sumber: Dokumen penulis

3. Step Ketika mencapai kinerja *Life Safety*
 Level kinerja *life safety* ini ditandai dengan diperolehnya hasil displacement = 119.999 mm dan gaya geser dasar target $V_t = 23507.8$ N pada step-47.



Gambar 4. 9 Grafik displacement dan base shear pada saat kinerja LS arah X
Sumber: Dokumen penulis

Terjadinya titik-titik sendi plastis Pada kinerja struktur mencapai LS ditandai dengan pada balok dengan warna biru terlihat pada Gambar 4.10.

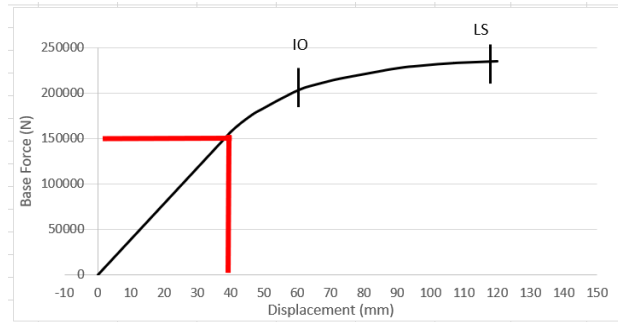


Gambar 4. 10 Step saat kinerja struktur mencapai LS arah X (step 47)
Sumber: Dokumen penulis

4.4.3 Tahapan Sendi Plastis Struktur *Pushover* Arah Y

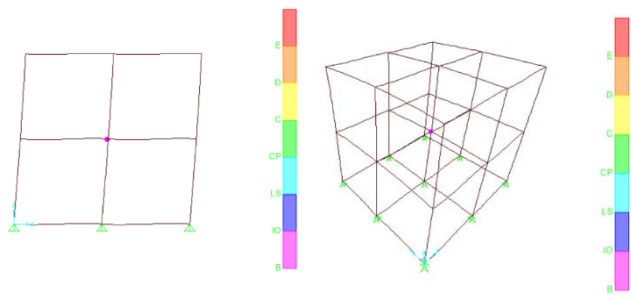
1. Step saat Mulai Terjadi sendi Plastis

Sendi plastis mulai terjadi pada step-17 saat hasil *Pushover* diperoleh hasil displacement = 39.940723 mm dan gaya geser dasar target $V_t = 157430.15$ N pada balok.



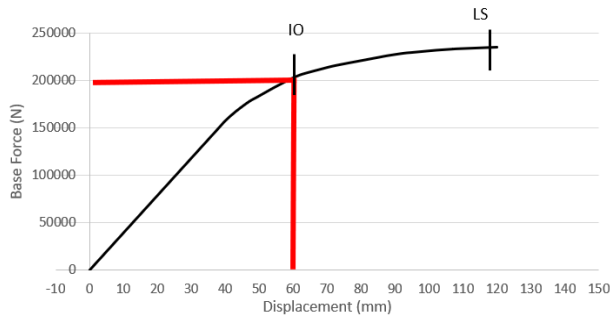
Gambar 4. 11 Grafik displacement dan base shear sendi plastis pertama arah Y
Sumber: Dokumen penulis

Hal tersebut ditandai dengan munculnya sendi plastis pada ujung-ujung balok berwarna ungu artinya sendi plastis berada pada level kinerja B-IO. Step awal terjadi sendi pastis arah Y disajikan pada Gambar 4.12.



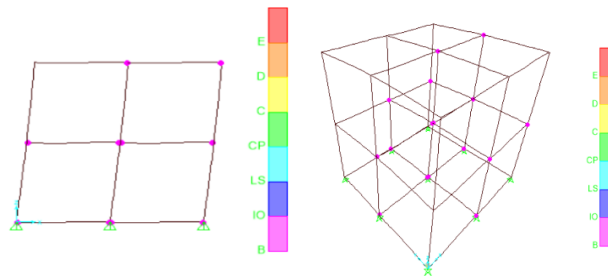
Gambar 4. 12 Step saat terjadinya Sendi plastis pertama Arah Y (step 17)
Sumber: Dokumen penulis

2. Step Ketika mencapai kinerja *Immidiata occupancy*
 Level kinerja *Immidiata occupancy* ini ditandai dengan diperolehnya hasil displacement = 61.821783 mm dan gaya geser dasar target $V_t = 205596.37$ N pada step-25.



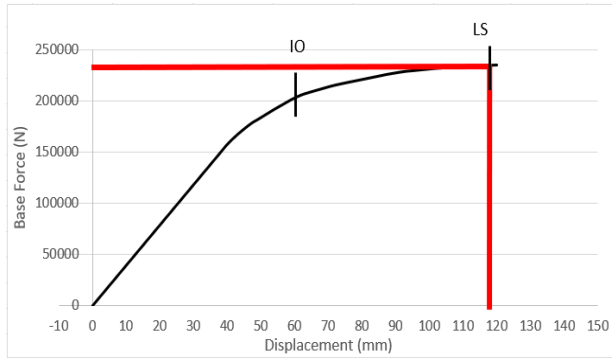
Gambar 4. 13 Grafik displacement dan base shear pada saat kinerja IO arah Y
Sumber: Dokumen penulis

Terjadinya titik-titik sendi plastis pada balok dengan warna ungu terlihat pada Gambar 4.14.



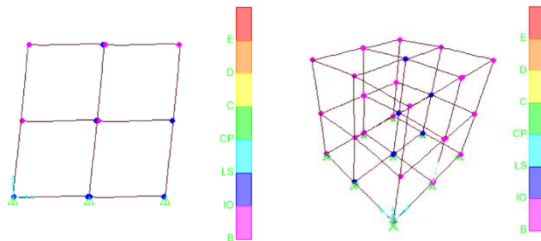
Gambar 4. 14 Step saat kinerja struktur mencapai IO arah Y (step 39)
Sumber: Dokumen penulis

3. Step Ketika mencapai kinerja *Life Safety*
 Level kinerja *life safety* ini ditandai dengan diperolehnya hasil displacement = 119.999 mm dan gaya geser dasar target $V_t = 23507.8$ N pada step-47.



Gambar 4. 15 Grafik displacement dan base shear pada saat kinerja LS arah Y
Sumber: Dokumen penulis

Terjadinya titik-titik sendi plastis Pada kinerja struktur mencapai LS ditandai dengan pada balok dengan warna biru terlihat pada Gambar 4.16.



Gambar 4. 16 Step saat kinerja struktur mencapai LS arah Y (step 47)
Sumber: Dokumen penulis

4.5 Evaluasi Titik Kinerja Bangunan Eksisting

4.5.1 Metode FEMA 356

1. KDS C Kota Palembang

Untuk mengetahui Nilai *performance point* menggunakan metode FEMA 356 diperlukan input nilai $S_s = 0,345$ dan $S_1 = 0,192$ dari kurva respon spektrum wilayah gempa sesuai

SNI 1726-2019 dengan kondisi tanah lunak (SE). Besaran nilai yang didapatkan sebagai berikut:

Units	
N, mm, C	
Item	Value
C0	1.4624
C1	1.3945
C2	1.
C3	1.
Sa	0.5258
Te	0.2354
Ti	0.2354
Ki	3942.8174
Ke	3942.8174
Alpha	0.9997
R	6.4017
Vy	9459.7712
Weight	115179.11
Cm	1.

Gambar 4. 17 Hasil calculate pushover curve FEMA 356 untuk KDS C
Sumber: Dokumen penulis

Dari gambar 4.17 didapat hasil sebagai berikut:

$$T_e = 0.2354$$

$$C_0 = 1.4624$$

$$C_1 = 1.3945$$

$$C_2 = 1.0$$

$$C_3 = 1.0$$

$$S_a = 0.5258$$

Maka target perpindahan diperoleh:

$$\delta_t = C_0 C_1 C_2 C_3 S_a \left(\frac{T_e}{2\pi} \right)^2 g$$

$$\delta_T = 0,14 \text{ m} = 14 \text{ mm}$$

2. KDS D Kota Medan

Untuk mengetahui Nilai *performance point* menggunakan metode FEMA 356 diperlukan input nilai $S_s = 0,598$ dan $S_1 = 0,362$ dari kurva respon spektrum wilayah gempa sesuai

SNI 1726-2019 dengan kondisi tanah lunak (SE). Besaran nilai yang didapatkan sebagai berikut:

Units	
N, mm, C	
Item	Value
C0	1.4624
C1	1.3986
C2	1.
C3	1.
Sa	0.7903
Te	0.2354
Tl	0.2354
Ki	3942.8174
Ke	3942.8174
Alpha	0.9997
R	9.6226
Vy	9459.7712
Weight	115179.11
Cm	1.

Gambar 4. 18 Hasil calculate pushover curve FEMA 356 untuk KDS D
Sumber: Dokumen penulis

$$T_e = 0.2354$$

$$C_0 = 1.4624$$

$$C_1 = 1.3945$$

$$C_2 = 1.0$$

$$C_3 = 1.0$$

$$S_a = 0.7903$$

Maka target perpindahan diperoleh:

$$\delta_t = C_0 C_1 C_2 C_3 S_a \left(\frac{T_e}{2\pi} \right)^2 g$$

$$\delta_T = 0,221 \text{ m} = 22,1 \text{ mm}$$

3. KDS E Kota Banda Aceh

Untuk mengetahui Nilai *performance point* menggunakan metode FEMA 356 diperlukan input nilai $S_s = 1,433$ dan $S_1 = 0,717$ dari kurva respon spektrum wilayah gempa sesuai SNI 1726-2019 dengan kondisi tanah lunak (SE). Besaran nilai yang didapatkan sebagai berikut:

Item	Value
C0	1.4643
C1	1.3959
C2	1.
C3	1.
Sa	1.433
Te	0.2354
TI	0.2354
KI	3942.8174
Ke	3942.8174
Alpha	0.7861
R	1.3413
Vy	123058.
Weight	115179.11
Cm	1.

Gambar 4. 19 Hasil calculate pushover curve FEMA 356 untuk KDS E
Sumber: Dokumen penulis

$$\begin{aligned}
 T_e &= 0.2354 \\
 C_0 &= 1.4624 \\
 C_1 &= 1.3945 \\
 C_2 &= 1.0 \\
 C_3 &= 1.0 \\
 S_a &= 1.433
 \end{aligned}$$

Maka target perpindahan diperoleh:

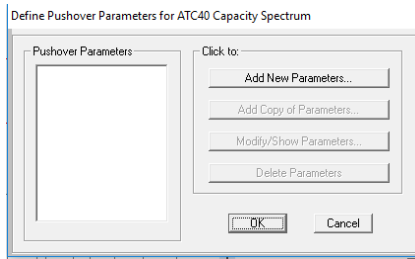
$$\delta_t = C_0 C_1 C_2 C_3 S_a \left(\frac{T_e}{2\pi} \right)^2 \text{ g}$$

$$\delta_T = 0,40567 \text{ m} = 40,567 \text{ mm}$$

4.5.2 Metode ATC 40

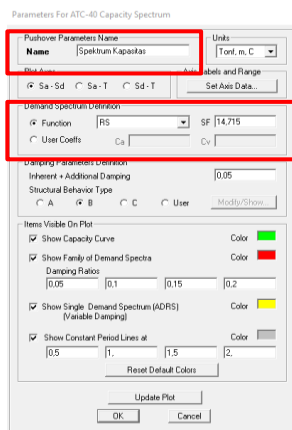
Dalam metode *capacity spectrum*, kurva kapasitas yang dihasilkan dalam analisis *pushover* yakni hubungan antara gaya geser dasar dan perpindahan oleh SAP2000 dikonversi ke dalam bentuk spektrum kapasitas dengan format *ADRS (Acceleration Displacement Respon Spectrum)*, yaitu S_a dan S_d (sebagai *spektrum capacity*), caranya dengan klik *Define – Pushover Parameter Sets – ATC*

40 capacity spektrum, kemudian akan muncul kotak dialog seperti pada Gambar 4.20 kemudian klik *Add New Parameters*.



Gambar 4. 20 Define pushover parameters for ATC40 capacity spektrum

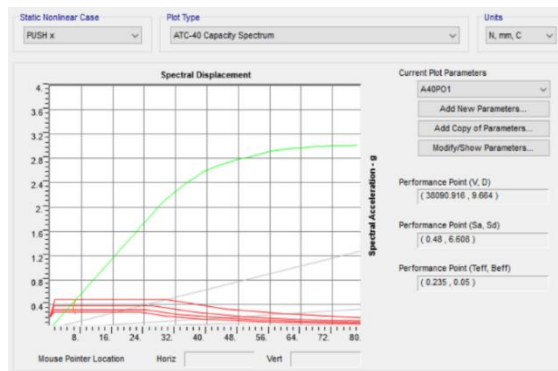
Kemudian isi kotak dialog berikut sesuai dengan Gambar 4.21 kemudian klik OK.



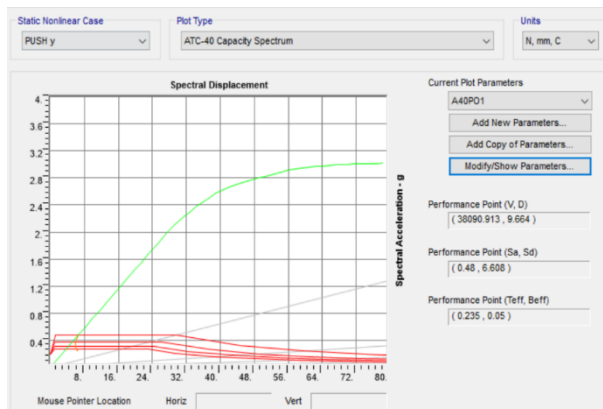
Gambar 4. 21 Input pada kotak dialog parameters for ATC-40 capacity spectrum

Pada kotak dialog *Pushover Parameters Name* diisi dengan Spektrum Kapasitas. Kemudian pada kotak dialog *Demand Spektrum Definition* diisi dengan klik *User coeffs* dengan nilai C_a dan C_v yang sesuai kurva respons spektrum

rencana. Pada penelitian kali ini kondisi tanah yang ditinjau yaitu tanah lunak (SE). Kemudian untuk menampilkan hasil modifikasi spektrum kapasitas pada program SAP2000 dilakukan dengan cara klik *Display – Show-Static Pushover Curve* – pada *plot type* pilih *ATC-40 Capacity Spectrum*. Kurva *capacity spectrum* dan *demand spectrum* arah x (PUSH X) dan arah y (PUSH Y) disajikan pada Gambar 4.22 dan Gambar 4.23.



Gambar 4. 22 Capacity spectrum pushover arah X hasil SAP2000
Sumber: Dokumen penulis



Gambar 4. 23 Capacity spectrum pushover arah X hasil SAP2000
Sumber: Dokumen penulis

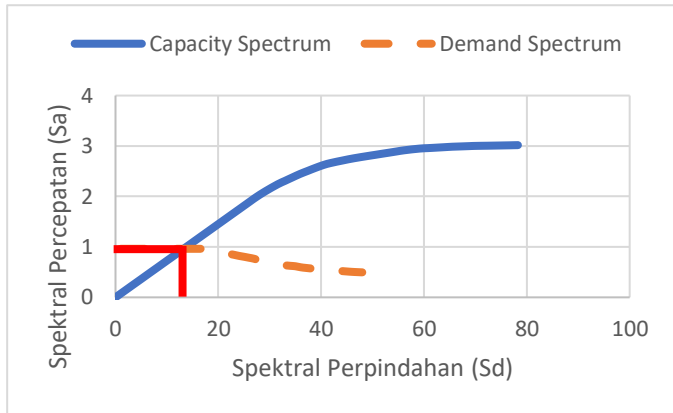
Kemudian dapat dibuat tabel *output* hasil *capacity spectrum* dan *demand spectrum* untuk lebih jelasnya dilihat pada Tabel 4.7 dan Tabel 4.8 berikut ini.

Tabel 4. 7 Output capacity curve dan demand spectrum arah X

<i>Step</i>	<i>Sd (C)</i>	<i>Sa (C)</i>	<i>Sd (D)</i>	<i>Sa (D)</i>	<i>Step</i>	<i>Sd (C)</i>	<i>Sa (C)</i>	<i>Sd (D)</i>	<i>Sa (D)</i>
0	0	0	13.251	0.9625	24	38.898	2.566773	12.189	0.804308
1	1.641	0.119207	13.251	0.9625	25	40.506	2.625157	12.108	0.784685
2	3.282	0.238413	13.251	0.9625	26	41.891	2.663478	12.014	0.763861
3	4.924	0.35762	13.251	0.9625	27	44.242	2.714432	11.872	0.728401
4	6.565	0.476827	13.251	0.9625	28	46.358	2.756656	11.801	0.701719
5	8.206	0.596033	13.251	0.9625	29	48.945	2.799663	11.753	0.672255
6	9.847	0.71524	13.251	0.9625	30	50.38	2.822742	11.75	0.658361
7	11.488	0.834446	13.251	0.9625	31	51.815	2.845748	11.763	0.646036
8	13.13	0.953653	13.251	0.9625	32	53.251	2.868687	11.788	0.63504
9	14.771	1.07286	13.251	0.9625	33	54.687	2.891563	11.824	0.625181
10	16.412	1.192066	13.251	0.9625	34	56.123	2.914379	11.868	0.616304
11	18.053	1.311273	13.251	0.9625	35	59.097	2.948534	11.95	0.596215
12	19.694	1.43048	13.251	0.9625	36	60.713	2.957689	11.983	0.583766
13	21.336	1.549686	13.251	0.9625	37	62.329	2.966939	12.028	0.572534
14	22.977	1.668893	13.251	0.9625	38	63.946	2.976273	12.082	0.562352
15	24.618	1.7881	13.251	0.9625	39	65.563	2.985683	12.145	0.553083
16	26.259	1.907306	13.251	0.9625	40	67.229	2.991917	12.209	0.543321
17	27.313	1.983845	13.251	0.9625	41	68.896	2.998265	12.28	0.534394
18	29.155	2.102997	13.084	0.943776	42	69.69	3.001324	12.316	0.53041
19	31.573	2.242536	12.837	0.911794	43	71.414	3.004195	12.39	0.521196
20	32.954	2.308134	12.645	0.885683	44	73.14	3.007219	12.47	0.512724
21	34.34	2.373974	12.509	0.864734	45	74.868	3.010379	12.569	0.50537
22	35.919	2.447254	12.393	0.844355	46	76.598	3.013662	12.711	0.50009
23	37.408	2.507017	12.27	0.822334	47	78.267	3.016933	12.853	0.495433

Pada Tabel 4.7 terdapat parameter *Sd* dan *Sa (C)* kemudian ada parameter *Sd* dan *Sa (D)* dari hasil tersebut dapat dibuat sebuah grafik yang dinamakan *performance*

point yakni bertemunya grafik Sd dan Sa (C) serta grafik Sd dan Sa (D). Disajikan pada Gambar 4.24.



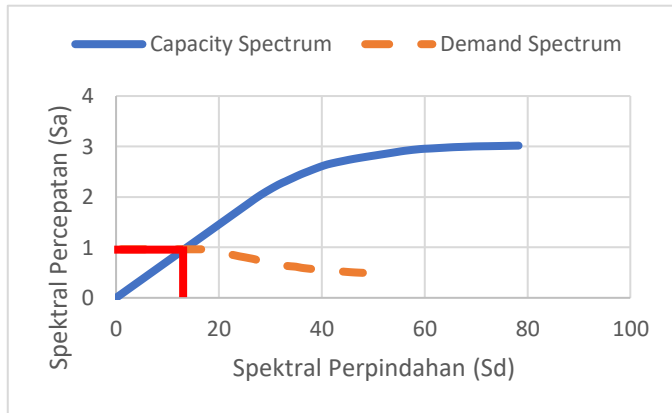
Gambar 4. 24 Grafik capacity spectrum dan demand spectrum arah X
Sumber: Dokumen penulis

Tabel 4. 8 Output capacity curve dan demand spectrum arah Y

Step	Sd (C)	Sa (C)	Sd (D)	Sa (D)	Step	Sd (C)	Sa (C)	Sd (D)	Sa (D)
0	0	0	13.251	0.9625	24	38.898	2.566773	12.189	0.804308
1	1.641	0.119207	13.251	0.9625	25	40.506	2.625157	12.108	0.784685
2	3.282	0.238413	13.251	0.9625	26	41.891	2.663478	12.014	0.763861
3	4.924	0.35762	13.251	0.9625	27	44.242	2.714432	11.872	0.728401
4	6.565	0.476827	13.251	0.9625	28	46.358	2.756656	11.801	0.701719
5	8.206	0.596033	13.251	0.9625	29	48.945	2.799663	11.753	0.672255
6	9.847	0.71524	13.251	0.9625	30	50.38	2.822742	11.75	0.658361
7	11.488	0.834446	13.251	0.9625	31	51.815	2.845748	11.763	0.646036
8	13.13	0.953653	13.251	0.9625	32	53.251	2.868687	11.788	0.63504
9	14.771	1.07286	13.251	0.9625	33	54.687	2.891563	11.824	0.625181
10	16.412	1.192066	13.251	0.9625	34	56.123	2.914379	11.868	0.616304
11	18.053	1.311273	13.251	0.9625	35	59.097	2.948534	11.95	0.596215
12	19.694	1.43048	13.251	0.9625	36	60.713	2.957689	11.983	0.583766
13	21.336	1.549686	13.251	0.9625	37	62.329	2.966939	12.028	0.572534

14	22.977	1.668893	13.251	0.9625	38	63.946	2.976273	12.082	0.562352
15	24.618	1.7881	13.251	0.9625	39	65.563	2.985683	12.145	0.553083
16	26.259	1.907306	13.251	0.9625	40	67.229	2.991917	12.209	0.543321
17	27.313	1.983845	13.251	0.9625	41	68.896	2.998265	12.28	0.534394
18	29.155	2.102997	13.084	0.943776	42	69.69	3.001324	12.316	0.53041
19	31.573	2.242536	12.837	0.911794	43	71.414	3.004195	12.39	0.521196
20	32.954	2.308134	12.645	0.885683	44	73.14	3.007219	12.47	0.512724
21	34.34	2.373974	12.509	0.864734	45	74.868	3.010379	12.569	0.50537
22	35.919	2.447254	12.393	0.844355	46	76.598	3.013662	12.711	0.50009
23	37.408	2.507017	12.27	0.822334	47	78.267	3.016933	12.853	0.495433

Pada Tabel 4.8 terdapat parameter S_d dan S_a (C) kemudian ada parameter S_d dan S_a (D) dari hasil tersebut dapat dibuat sebuah grafik yang dinamakan *performance point* yakni bertemunya grafik S_d dan S_a (C) serta grafik S_d dan S_a (D). Disajikan pada Gambar 4.25 berikut ini



Gambar 4. 25 Grafik capacity spectrum dan demand spectrum arah Y
 Sumber: Dokumen penulis

Untuk mengetahui Nilai *performance point* menggunakan metode ATC-40 diperlukan input nilai C_a dan C_v dari kurva respon spektrum rencana.

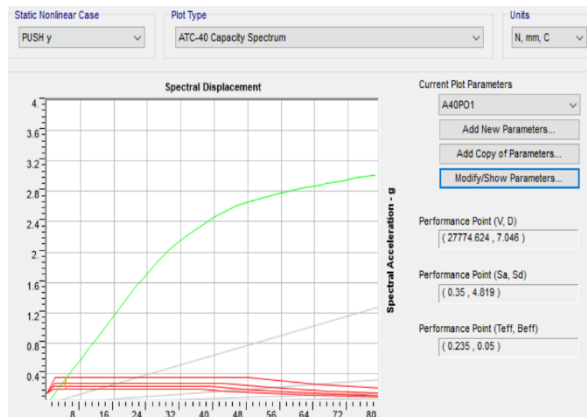
1. KDS C Kota Palembang

$$C_a = 0.14$$

$$C_v = 0.26$$



Gambar 4. 26 Kurva kapasitas arah X metode ATC-40 untuk KDS C
Sumber: Dokumen penulis



Gambar 4. 27 Kurva kapasitas arah Y metode ATC-40 untuk KDS C
Sumber: Dokumen penulis

Terlihat pada Gambar 4.26 bahwa hasil *Pushover* untuk arah X diperoleh hasil $\delta t = 7.046$ mm dan gaya geser dasar target $V_t = 27774.626$ N.

Terlihat pada Gambar 4.27 bahwa hasil *Pushover* untuk arah Y diperoleh hasil $\delta t = 7.046$ mm dan gaya geser dasar target $V_t = 27774.624$ N.

Tabel 4. 9 Performance point pada titik kontrol tinjauan KDS C

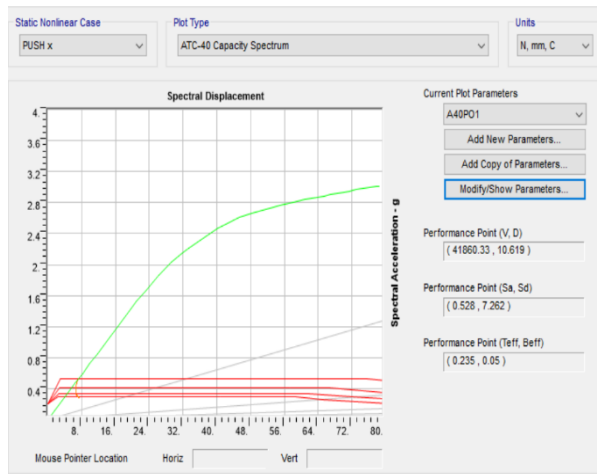
	V, D (N)	Sa, Sd (mm)	Teff, β_{eff}
Arah x	27774.424; 7.046	0.35; 4.819	0.235; 0,05
Arah Y	27774.624; 7.046	0.35; 4.819	0.235; 0,05

Sumber: Dokumen penulis

2. KDS D Kota Medan

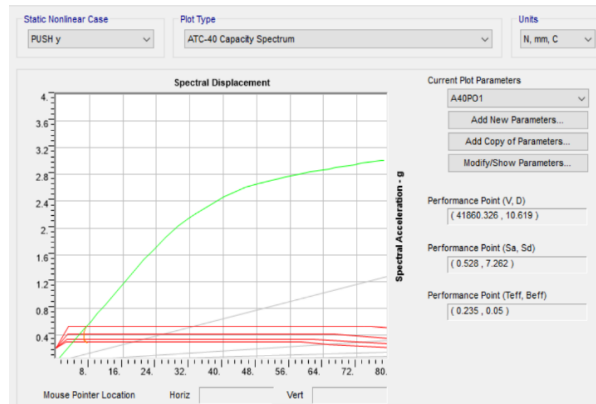
$C_a = 0.211$

$C_v = 0.401$



Gambar 4. 28 Kurva kapasitas arah X metode ATC-40 untuk KDS D

Sumber: Dokumen penulis



Gambar 4. 29 Kurva kapasitas arah Y metode ATC-40 untuk KDS D
Sumber: Dokumen penulis

Terlihat pada Gambar 4.28 bahwa hasil *Pushover* untuk arah X diperoleh hasil $\delta t = 10.619$ mm dan gaya geser dasar target $V_t = 41860.33$ N.

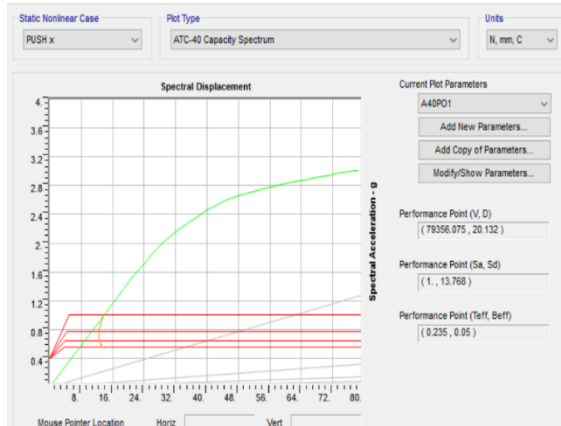
Terlihat pada Gambar 4.29 bahwa hasil *Pushover* untuk arah Y diperoleh hasil $\delta t = 10.619$ mm dan gaya geser dasar target $V_t = 41860.26$ N.

Tabel 4. 10 Performance point titik kontrol tinjauan pada KDS D

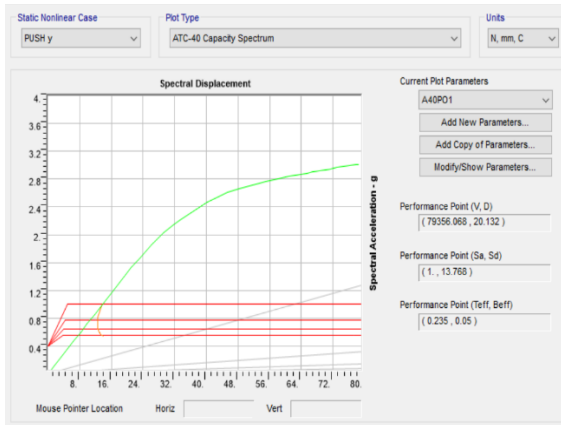
	V, D (N)	Sa, Sd (mm)	Teff, β_{eff}
Arah x	41060.33; 10.619	0.528; 7.262	0.235; 0,05
Arah Y	41060.33; 10.619	0.528; 7.262	0.235; 0,05

Sumber: Dokumen penulis

2. KDS E Kota Banda Aceh
 $C_a = 0.385$
 $C_v = 0.704$



Gambar 4. 30 Kurva kapasitas arah X metode ATC-40 untuk KDS E
Sumber: Dokumen penulis



Gambar 4. 31 Kurva kapasitas arah Y metode ATC-40 untuk KDS E

Terlihat pada Gambar 4.31 bahwa hasil *Pushover* untuk arah X diperoleh hasil $\delta_t = 20.132$ mm dan gaya geser dasar target $V_t = 79356.075$ N.

Terlihat pada Gambar 4.32 bahwa hasil *Pushover* untuk

arah Y diperoleh hasil $\delta t = 20.132$ mm dan gaya geser dasar target $V_t = 79356.075$ N.

Tabel 4. 11 Performance point titik kontrol tinjauan pada KDS E

	V, D (N)	Sd (mm)	Teff, β_{eff}
Arah x	79356.058; 20.132	13.768	0.235; 0,05
Arah Y	79356.058; 20.132	13.768	0.235; 0,05

4.6 Evaluasi Kinerja

1. KDS C Kota Palembang

Tabel 4. 12 Rangkuman target perpindahan KDS C

Kriteria	Target Perpindahan
	Arah X (mm)
SNI 2847-2019	
Koefisien perpindahan FEMA 356	14 mm
Koefisien perpindahan ATC-40	7.04 mm

Displacement maksimum untuk bangunan yang berada di wilayah koefisien dasar seismik C ditentukan menurut SNI 1726-2019 sebesar $0.02 H = 0.02 \times 6000 = 120$ mm

$14 \text{ mm} < 120 \text{ mm}$

Maka kinerja *displacement* gedung baik

i) Kinerja gedung Menurut FEMA 356

$$= \frac{14}{6000} \times 100 \% = 0.23 \%$$

Level kinerja struktur telah mencapai *Immediate Occupancy* yakni ada kerusakan yang pada struktur dimana kekuatan

dan kekakuannya hampir sama dengan kondisi sebelum gempa dan gedung dapat digunakan kembali.

ii) Kinerja gedung Menurut ATC-40.

- Maksimal Drift = $\frac{Dt}{H}$
 $= \frac{7.04}{6000} = 0.001$

- Maksimal in elastic Drift = $\frac{Dt-D0}{H}$
 $= \frac{7.04 - 3.892}{6000} = 0.00053$

Nilai *drift ratio* yang dihasilkan telah mencapai pada level *Immediate Occupancy* yakni ada kerusakan yang pada struktur dimana kekuatan dan kekakuannya hampir sama dengan kondisi sebelum gempa dan gedung dapat digunakan kembali.

2. KDS D Kota Medan

Tabel 4. 13 Rangkuman target perpindahan KDS D

Kriteria	Target Perpindahan
	Arah X (mm)
SNI 2847-2019	
Koefisien perpindahan FEMA 356	22 mm
Koefisien perpindahan ATC-40	10.6mm

Displacement maksimum untuk bangunan yang berada di wilayah koefisien dasar seismik D ditentukan menurut SNI 1726-2019 sebesar $0.015 H = 0.015 \times 6000 = 90 \text{ mm}$

$$22 \text{ mm} < 90 \text{ mm}$$

Maka kinerja *displacement* gedung baik.

i) Kinerja gedung Menurut FEMA 356

$$= \frac{22}{6000} \times 100 \% = 0.36 \%$$

Level kinerja struktur telah mencapai *Immediate Occupancy* yakni ada kerusakan yang pada struktur dimana kekuatan dan kekakuannya hampir sama dengan kondisi sebelum gempa dan gedung dapat digunakan kembali.

ii) Kinerja gedung Menurut ATC-40.

- Maksimal Drift = $\frac{Dt}{H}$
 $= \frac{10.6}{6000} = 0.0017$

- Maksimal in elastic Drift = $\frac{Dt-D0}{H}$
 $= \frac{10.6 - 5.865}{6000} = 0.0007$

Nilai *drift ratio* yang dihasilkan telah mencapai pada level *Immediate Occupancy* yakni ada kerusakan yang pada struktur dimana kekuatan dan kekakuannya hampir sama dengan kondisi sebelum gempa dan gedung dapat digunakan kembali.

3. KDS E Kota Banda Aceh

Tabel 4. 14 Rangkuman target perpindahan KDS E

Kriteria	Target Perpindahan
	Arah X (mm)
SNI 2847-2019	
Koefisien perpindahan FEMA 356	40.567 mm
Koefisien perpindahan ATC-40	20.13 mm

Displacement maksimum untuk bangunan yang berada di wilayah koefisien dasar seismik E ditentukan menurut SNI

$$1726-2019 \text{ sebesar } \frac{0.015 H}{\rho} = \frac{0.015 \times 6000}{1.3} = 69 \text{ mm}$$

$$40.567 \text{ mm} < 69 \text{ mm}$$

Maka kinerja *displacement* gedung baik.

i) Kinerja gedung Menurut FEMA 356

$$= \frac{40.567}{6000} \times 100 \% = 0.676\%$$

Level kinerja struktur telah mencapai *Immediate Occupancy* yakni ada kerusakan yang pada struktur dimana kekuatan dan kekakuannya hampir sama dengan kondisi sebelum gempa dan gedung dapat digunakan kembali.

ii) Kinerja gedung Menurut ATC-40.

$$\begin{aligned} \bullet \text{ Maksimal Drift} &= \frac{Dt}{H} \\ &= \frac{20.13}{6000} = 0.003 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \bullet \text{ Maksimal in elastic Drift} &= \frac{Dt-D0}{H} \\ &= \frac{20.13 - 10.703}{6000} = 0.001 \end{aligned}$$

Nilai *drift ratio* yang dihasilkan telah mencapai pada level *Immediate Occupancy* yakni ada kerusakan yang pada struktur dimana kekuatan dan kekakuannya hampir sama dengan kondisi sebelum gempa dan gedung dapat digunakan kembali.

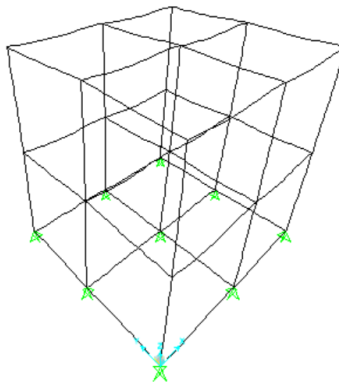
Dari Tabel 4.15 perbandingan hasil analisa pushover pada koefisien dasar seismik wilayah C, D dan E didapatkan bangunan rumah masih mampu menahan gaya-gaya bekerja pada struktur.

Tabel 4. 15 Perbandingan hasil analisa Pushover eksisting

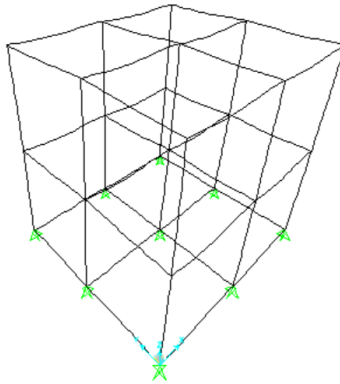
	KDS C	KDS D	KDS E
Cek SN1 1726-2019	memenuhi	memenuhi	memenuhi
Performance Point FEMA 356	14 mm	22 mm	40.567 mm
Performance Point ATC-40	7.04 mm	10.6 mm	20.13 mm
Koefisien perpindahan FEMA 356	Immediate Occupancy	Immediate Occupancy	Immediate Occupancy
Koefisien perpindahan ATC-40	Immediate Occupancy	Immediate Occupancy	Immediate Occupancy
Sendi plastis pada saat performance point	Belum terjadi	Belum terjadi	Terjadi pada Balok pada lantai 2
Jumlah sendi plastis yang terjadi	0	0	6

4.6.1 Distribusi Sendi Plastis Saat *Performance Point*

Pada KDS C dan KDS D, sendi plastis terjadi pada step 12 dimana sendi plastis belum terjadi pada struktur bangunan rumah.

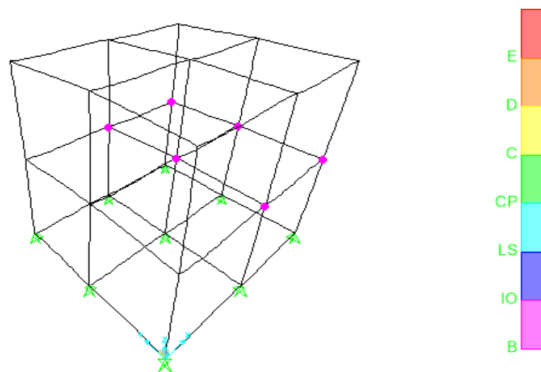


Gambar 4. 32 Distribusi sendi plastis pada step- 12 KDS C
Sumber: Dokumen penulis



Gambar 4. 33 Distribusi sendi plastis pada step 12 KDS D
Sumber: Dokumen penulis

Pada KDS E, sendi plastis terjadi pada step 17 dimana sendi plastis telah terjadi pada balok lantai 2 dan telah mencapai level *Immadiate Occupancy*.



Gambar 4. 34 Distribusi sendi plastis pada step-17 KDS E
Sumber: Dokumen penulis

4.7 Studi Kerusakan Bangunan

Parameter-parameter yang dibutuhkan untuk menghitung nilai probabilitas kegagalan struktur antara lain adalah median spectral displacement point dan standar deviasi masing-masing damage state. Penentuan parameter-parameter tersebut akan dijelaskan sebagai berikut ini.

Adapun langkah-langkah dalam mendapatkan tingkat kerusakan suatu bangunan dengan menggunakan metode HAZUS.

1. Mendeskripsikan model tipe bangunan yang ditinjau

Bangunan yang digunakan adalah bangunan bertipe struktur rangka beton bertulang (*concrete moment frame*) dengan *range low-rise* karena bangunan mempunyai 2 lantai maka label bangunan yang digunakan adalah CIL. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada Tabel 4.16.

Tabel 4. 16 Model tipe bangunan yang digunakan

No	Label	Description	Height			
			Range		Typical	
			Name	Stories	Stories	Feet
16	CIL	Concrete moment frame	Low-rise	1-3	2	20
17	CIM		Mid-rise	4-7	5	50
18	CIH		High-rise	+8	12	120

2. Setelah diketahui tipe struktur nilai standar deviasi diperoleh dari tabel HAZUS yang diklasifikasikan berdasarkan jumlah lantai, bahan konstruksi dan sistem struktural yang dimiliki, langkah selanjutnya adalah menentukan nilai median spectral displacement (Sd,ds) dan standar deviasi (β ds) yang dapat dilihat pada Tabel 4.17.

Tabel 4. 17 Building structural Fragility

Building Properties			Intensity Drift at				Spectral Displacement (inches)							
Type	Height (inches)		Threshold of Damage State				Slight		Moderate		Extensive		Complete	
	Floor	Modal	Slight	Moderate	Extensive	Complete	Median	Beta	Median	Beta	Median	Beta	Median	Beta
W1	168	126	0.0050	0.0124	0.0383	0.0937	0.63	0.80	1.56	0.81	4.82	0.88	11.81	1.01
W2	288	216	0.0050	0.0124	0.0383	0.0938	1.08	0.89	2.68	0.89	8.27	0.86	20.25	0.97
S1L	288	216	0.0075	0.0119	0.0253	0.0625	1.62	0.73	2.58	0.73	5.47	0.75	13.50	0.93
S1M	720	540	0.0050	0.0080	0.0169	0.0417	2.70	0.66	4.30	0.70	9.12	0.78	22.50	0.91
S1H	1872	1123	0.0037	0.0060	0.0127	0.0313	4.21	0.64	6.72	0.66	14.33	0.68	35.10	0.86
S2L	288	216	0.0063	0.0100	0.0250	0.0625	1.35	0.89	2.16	0.89	5.40	0.88	13.50	0.97
S2M	720	540	0.0042	0.0067	0.0167	0.0417	2.25	0.67	3.60	0.68	9.00	0.74	22.50	0.92
S2H	1872	1123	0.0031	0.0050	0.0125	0.0313	3.51	0.62	5.62	0.63	14.04	0.68	35.10	0.84
S3	180	135	0.0050	0.0080	0.0201	0.0547	0.68	0.89	1.08	0.90	2.71	0.98	7.38	0.85
S4L	288	216	0.0050	0.0080	0.0200	0.0547	1.08	0.98	1.73	0.95	4.33	0.97	11.81	0.98
S4M	720	540	0.0033	0.0053	0.0134	0.0364	1.80	0.69	2.88	0.72	7.22	0.81	19.68	0.98
S4H	1872	1123	0.0025	0.0040	0.0100	0.0273	2.81	0.66	4.50	0.67	11.26	0.78	30.71	0.93
S5L	288	216	0.0038	0.0075	0.0188	0.0438	0.81	1.00	1.62	1.00	4.05	1.03	9.45	0.91
S5M	720	540	0.0025	0.0050	0.0125	0.0292	1.35	0.74	2.70	0.72	6.75	0.78	15.75	0.94
S5H	1872	1123	0.0019	0.0037	0.0094	0.0219	2.11	0.67	4.21	0.69	10.53	0.74	24.57	0.90
C1L	240	180	0.0063	0.0100	0.0250	0.0625	1.13	0.85	1.80	0.85	4.50	0.88	11.25	0.95
C1M	600	450	0.0042	0.0067	0.0167	0.0417	1.87	0.70	3.00	0.69	7.50	0.75	18.75	0.95
C1H	1440	864	0.0031	0.0050	0.0125	0.0313	2.70	0.66	4.32	0.71	10.80	0.79	27.00	0.95
C2L	240	180	0.0050	0.0096	0.0247	0.0625	0.90	0.91	1.72	0.94	4.44	1.01	11.25	0.90
C2M	600	450	0.0033	0.0064	0.0164	0.0417	1.50	0.76	2.86	0.74	7.40	0.71	18.75	0.94
C2H	1440	864	0.0025	0.0048	0.0123	0.0313	2.16	0.66	4.12	0.67	10.66	0.74	27.00	0.91
C3L	240	180	0.0038	0.0075	0.0188	0.0438	0.68	0.92	1.35	0.99	3.38	1.04	7.88	0.88
C3M	600	450	0.0025	0.0050	0.0125	0.0292	1.12	0.77	2.25	0.79	5.62	0.78	13.12	0.93
C3H	1440	864	0.0019	0.0038	0.0094	0.0219	1.62	0.68	3.24	0.69	8.10	0.70	18.90	0.88
PC1	180	135	0.0050	0.0080	0.0201	0.0547	0.68	0.89	1.08	0.95	2.71	1.00	7.38	0.96
PC1L	240	180	0.0050	0.0080	0.0201	0.0547	0.90	0.98	1.44	0.98	3.61	1.02	9.84	0.91
PC2M	600	450	0.0033	0.0053	0.0134	0.0364	1.50	0.76	2.40	0.75	6.02	0.75	16.40	0.94
PC2H	1440	864	0.0025	0.0040	0.0100	0.0273	2.16	0.66	3.46	0.68	8.66	0.73	23.63	0.92
RM1L	240	180	0.0050	0.0080	0.0201	0.0547	0.90	0.97	1.44	1.01	3.61	1.07	9.84	0.88
RM1M	600	450	0.0033	0.0053	0.0134	0.0364	1.50	0.78	2.40	0.78	6.02	0.78	16.40	0.94
RM2L	240	180	0.0050	0.0080	0.0201	0.0547	0.90	0.94	1.44	0.98	3.61	1.05	9.84	0.89
RM2M	600	450	0.0033	0.0053	0.0134	0.0364	1.50	0.76	2.40	0.75	6.02	0.75	16.40	0.92
RM2H	1440	864	0.0025	0.0040	0.0100	0.0273	2.16	0.66	3.46	0.67	8.66	0.80	23.63	0.89
URML	180	135	0.0038	0.0075	0.0187	0.0438	0.51	0.89	1.01	0.91	2.53	0.96	5.91	1.08
URMM	420	315	0.0025	0.0050	0.0125	0.0292	0.79	0.81	1.57	0.84	3.94	0.87	9.19	0.82
MH	120	120	0.0050	0.0100	0.0300	0.0875	0.60	0.81	1.20	0.89	3.80	0.97	10.50	0.86

Sumber: HAZUS, MH21

3. Probabilitas kerusakan (*Building Damage Probability*)

Diketahui nilai S_d dari hasil analisa pushover performance point strukur digunakan untuk mengetahui kemungkinan terjadinya kerusakan di masa mendatang. Untuk membuat *building damage Probability* digunakan koefisien-koefisien sesuai dengan *code seismic* dan model tipe bangunan yang telah ditentukan.

Tabel 4. 18 Rekapitulasi Nilai S_d

KDS	S_d
C	4.819
D	7.262
E	13.768

A. KDS C

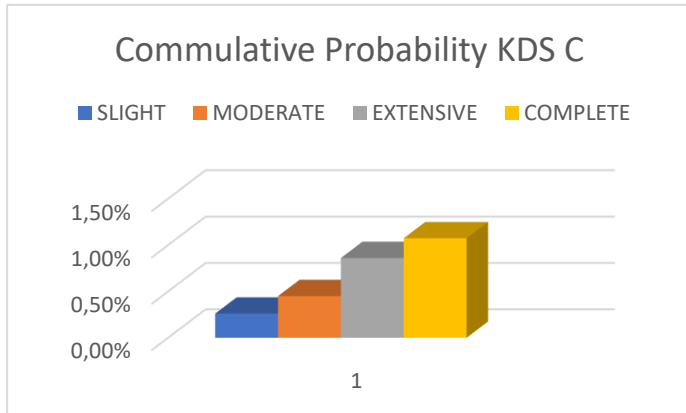
Tabel 4. 19 Probabilitas kerusakan gedung KDS C

<i>Slight</i>						
Sd	S ds	b ds	Sd/ S ds	Ln (Sd/ Sds)	(Ln (Sd/ S ds))/b ds	$\phi [(Ln (Sd/ S ds)) / b ds]$
4.819	28.702	17.526	0.167897707	-1.78440	-0.10181	-0.00260645
<i>Moderate</i>						
Sd	S ds	b ds	Sd/ S ds	Ln (Sd/ Sds)	(Ln (Sd/ S ds))/b ds	$\phi [(Ln (Sd/ S ds)) / b ds]$
4.819	57.15	18.796	0.08432196	-2.47311	-0.13158	-0.00452623354
<i>Extensive</i>						
Sd	S ds	b ds	Sd/ S ds	Ln (Sd/ Sds)	(Ln (Sd/ S ds))/b ds	$\phi [(Ln (Sd/ S ds)) / b ds]$
4.819	171.45	20.828	0.02810732	-3.57173	-0.17149	-0.00866007897
<i>Complete</i>						
Sd	S ds	b ds	Sd/ S ds	Ln (Sd/ Sds)	(Ln (Sd/ S ds))/b ds	$\phi [(Ln (Sd/ S ds)) / b ds]$
4.819	457.2	20.574	0.010540245	-4.55255	-0.22128	-0.01073193803

Kemudian dihitung *cumulative probability*, untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada Tabel 4.20 berikut ini.

Tabel 4. 20 Cummulative probality KDS C

<i>Cummulative probability</i>	<i>Slight</i>	<i>Moderate</i>	<i>Extensive</i>	<i>Complete</i>	<i>None collapse</i>
	0.00261	0.0045	0.0086	0.01073	0.9997
	0.261%	0.45%	0.86%	1.073%	87.356%



Gambar 4. 35 Matrik probabilitas kerusakan bangunan KDS C
Sumber: Dokumen penulis

Gambar 4.35 menunjukkan bahwa gedung yang diteliti memiliki persentase probabilitas kerusakan akibat gempa, baik dari level kerusakan kecil hingga runtuh total sebesar 2.64% dan persentase probabilitas bangunan untuk tidak roboh atau *none collapse* sebesar 87.356%.

B. KDS D

Tabel 4. 21 Probabilitas kerusakan gedung KDS D

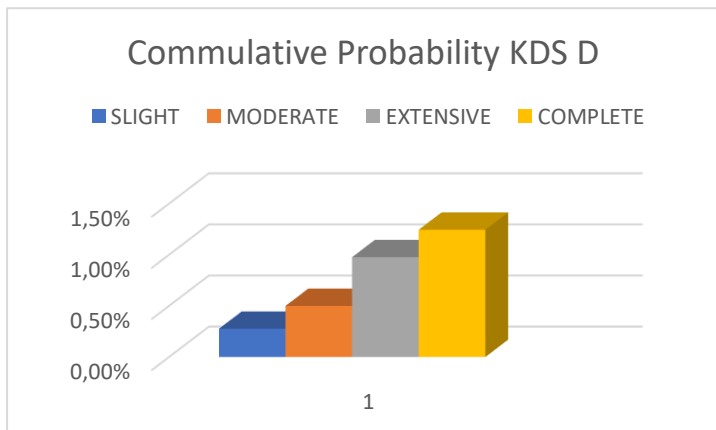
<i>Slight</i>						
Sd	S ds	b ds	Sd/ S ds	Ln (Sd/ Sds)	(Ln (Sd/ S ds))/b ds	ϕ [(Ln (Sd/ S ds))/b ds]
7.262	28.702	17.526	0.253013727	-1.37431	-0.07842	-0.002760229
<i>Moderate</i>						
Sd	S ds	b ds	Sd/ S ds	Ln (Sd/ Sds)	(Ln (Sd/ S ds))/b ds	ϕ [(Ln (Sd/ S ds))/b ds]
7.262	57.15	18.796	0.127069116	-2.06302	-0.10976	-0.00499401986
<i>Extensive</i>						
Sd	S ds	b ds	Sd/ S ds	Ln (Sd/ Sds)	(Ln (Sd/ S ds))/b ds	ϕ [(Ln (Sd/ S ds))/b ds]
7.262	171.45	20.828	0.042356372	-3.16164	-0.15180	-0.00976057331

<i>Complete</i>						
Sd	S ds	b ds	Sd/ S ds	Ln (Sd/ Sds)	(Ln (Sd/ S ds))/b ds	ϕ [(Ln (Sd/ S ds))/b ds]
7.262	457.2	20.574	0.01588364	-4.14247	-0.20134	-0.01244310186

Kemudian dihitung *cumulative probability*, untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada Tabel 4.22 berikut ini.

Tabel 4. 22 Cummulative probality KDS D

<i>Cummulative probability</i>	<i>Slight</i>	<i>Moderate</i>	<i>Extensive</i>	<i>Complete</i>	<i>None Collapse</i>
	0.00276	0.004994	0.00976	0.01244	0.970046
	0.276 %	0.4994 %	0.976%	1.244 %	97.0046 %



Gambar 4. 36 Matrik probabilitas kerusakan bangunan KDS D

Sumber: Dokumen penulis

Gambar 4.36 menunjukkan bahwa gedung yang diteliti memiliki persentase probabilitas kerusakan akibat gempa, baik

dari level kerusakan kecil hingga runtuh total sebesar 2,9954% dan persentase probabilitas bangunan untuk tidak roboh atau *none collapse* sebesar 97,0046%.

C. KDS E

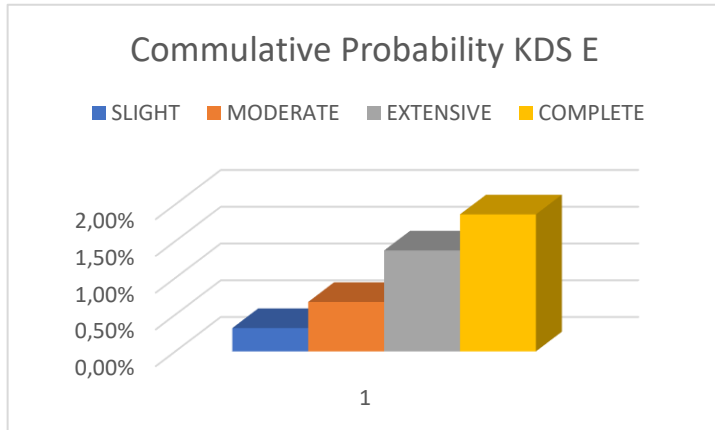
Tabel 4. 23 Probabilitas kerusakan gedung KDS E

<i>Slight</i>						
Sd	S ds	b ds	Sd/ S ds	Ln (Sd/ Sds)	(Ln (Sd/ S ds))/b ds	ϕ [(Ln (Sd/ S ds))/b ds]
13.678	28.702	17.526	0.476552157	-0.74118	-0.04229	-0.003167536
<i>Moderate</i>						
Sd	S ds	b ds	Sd/ S ds	Ln (Sd/ Sds)	(Ln (Sd/ S ds))/b ds	ϕ [(Ln (Sd/ S ds))/b ds]
13.678	57.15	18.796	0.239335083	-1.42989	-0.07607	-0.00673256681
<i>Extensive</i>						
Sd	S ds	b ds	Sd/ S ds	Ln (Sd/ Sds)	(Ln (Sd/ S ds))/b ds	ϕ [(Ln (Sd/ S ds))/b ds]
13.678	171.45	20.828	0.079778361	-2.52850	-0.12140	-0.01373025190
<i>Complete</i>						
Sd	S ds	b ds	Sd/ S ds	Ln (Sd/ Sds)	(Ln (Sd/ S ds))/b ds	ϕ [(Ln (Sd/ S ds))/b ds]
13.678	457.2	20.574	0.029916885	-3.50933	-0.17057	-0.01864343407

Kemudian dihitung *cumulative probability*, untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada Tabel 4.24 berikut ini.

Tabel 4. 24 Cummulative probality KDS E

<i>Cummulative probability</i>	<i>slight</i>	<i>moderate</i>	<i>extensive</i>	<i>complete</i>	<i>None collapse</i>
	0.00317	0.00673	0.01373	0.01864	0.95773
	0.317 %	0.673 %	1.373 %	1.864 %	95.73%

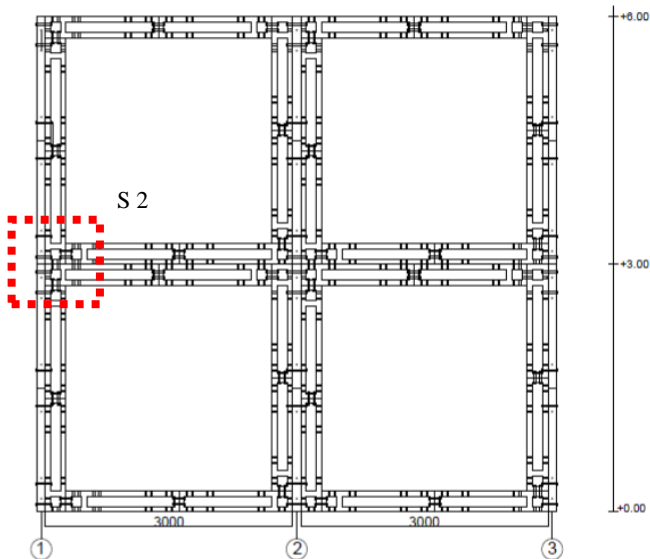


Gambar 4. 37 Probabilitas kerusakan bangunan KDS E
Sumber: Dokumen penulis

Gambar 4.37 menunjukkan bahwa gedung yang diteliti memiliki persentase probabilitas kerusakan akibat gempa, baik dari level kerusakan kecil hingga runtuh total sebesar 4.227% dan persentase probabilitas bangunan untuk tidak roboh atau *none collapse* sebesar 95,773 %

BAB V

ANALISA BOUT SAMBUNGAN EKSISTING



Gambar 5. 1 Denah sambungan eksisting yang ditinjau
Sumber: Dokumen penulis

5.1 Data Perencanaan Sambungan

Digunakan satu *sample* sambungan untuk meninjau struktur eksisting bangunan, yaitu pada sambungan balok kolom lantai 2.

- Pu1 = 19122 N
- Mu1 = 2086839 Nmm
- Vu1 = 1455 N
- Pu2 = 15207 N
- Mu2 = 2886238,5 Nmm
- Vu2 = 3730 N

Spesifikasi baut:

Tipe A325

Ukuran 16 mm (A_b) = 113,04 mm²

Tegangan leleh (f_y) = 558 MPa

Tegangan tarik putus (f_u) = 825 MPa

Kekuatan tarik nominal (F_{nt}) = 620 MPa

Kekuatan geser nominal (F_{nv}) = 457 MPa

Spesifikasi plat baja:

Ukuran plat = 3 x 35 x 180 mm

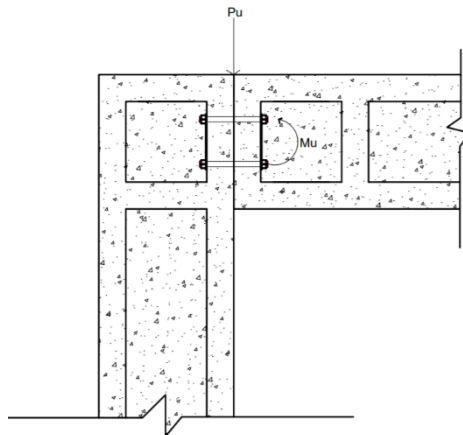
L_c = 25 mm

Tegangan leleh (f_y) = 240 MPa

Tegangan tarik putus (f_u) = 370 MPa

5.2 Sambungan Balok Dengan Kolom

Sambungan Balok Dengan Kolom direncanakan dengan sambungan kaku (*rigid connection*) dimana sambungan memikul beban geser P_u dan momen M_u .



Gambar 5. 2 Gaya yang Bekerja pada sambungan

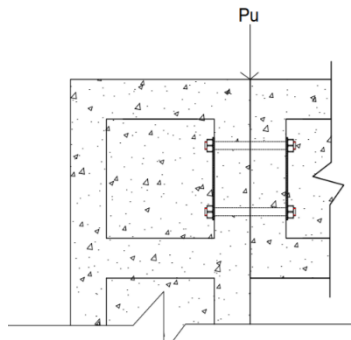
Sumber: Modul RUSPIN, BALITBANG PUPR 2015)

- Kuat geser baut

$$\begin{aligned}\phi R_n &= \phi \times f_{nv} \times A_b \\ &= 0.75 \times 457 \times 113.04 \\ &= 38744.46 \text{ N}\end{aligned}$$
- Kontrol geser baut

$$V_u \leq \phi R_n$$

$$V_u = \frac{P_u}{n}$$



Gambar 5. 3 Gaya Geser yang Bekerja Pada Baut

- Kuat tumpu baut

$$\begin{aligned}R_n &= 1.2 \times l_c \times f_u \leq 2.4 \times d \times t \times f_u \\ &= 1.2 \times 36.5 \times 825 \leq 2.4 \times 312 \times 3 \times 825 \\ &= 216810 \leq 142560\end{aligned}$$

Maka ambil nilai terkecil

$$\begin{aligned}\phi R_n &= 0.75 \times 142560 \\ &= 106920 \text{ N}\end{aligned}$$

- Kontrol tumpu baut

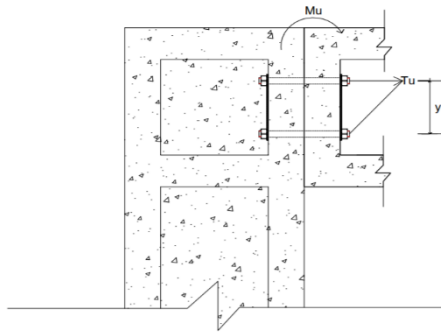
$$P_u \leq \phi R_n$$
- Kuat Tarik baut

$$\phi R_n = 0.75 \times F_{nt} \times A_b$$

$$= 0.75 \times 620 \times 113.04$$

$$= 52563.6 \text{ N}$$

- Kontrol Tarik baut
 $T_u \leq \phi R_n$
- Kuat kombinasi Tarik dan geser baut
 $\phi R_n = 0.75 \times F'_{nt} \times A_b$
 $F'_{nt} \leq 1.3 F_{nt} - \frac{F_{nt}}{\phi F_{nv}}$ $F_{rv} \leq F_{nt}$ (ambil nilai terkecil)
 $F_{rv} = \frac{V_u}{n}$
- Kontrol kombinasi Tarik dan geser baut
 $T_u \leq \phi R_n$
- Mencari nilai tegangan Tarik yang terjadi (T_u)
 $T_u = \frac{M_u \times Y_{max}}{\Sigma Y^2}$



Gambar 5. 4 Gaya Tarik yang Bekerja

Gaya-gaya yang terjadi pada baut

$$P_u = 68554.41 \text{ N}$$

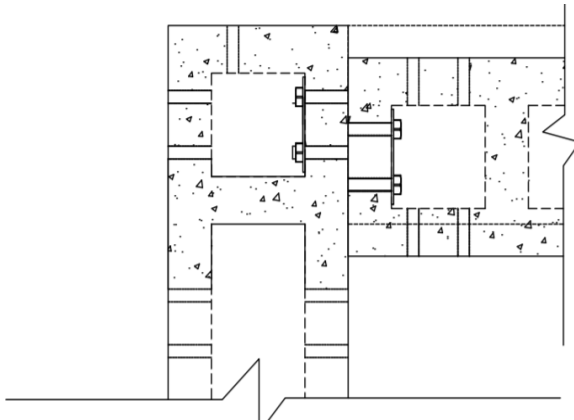
$$M_u = 26797581.8 \text{ N.mm}$$

- Kontrol geser baut

$$V_u \leq \phi R_n$$

$$V_u = \frac{P_u}{n} = \frac{68554.41}{2} = 34277.2 \text{ N}$$

$$34277.2 \text{ N} \leq 38744.46 \text{ N (OK)}$$



Gambar 5. 5 Keruntuhan Geser Pada Baut

- Kontrol tumpu baut

$$P_u \leq \phi R_n$$

$$68554.41 \text{ N} \leq 93466.4 \text{ N (OK)}$$

- Kontrol Tarik baut

$$T_u \leq \phi R_n$$

$$T_u = \frac{M_u \times Y_{max}}{\sum Y^2}$$

$$= \frac{26797581.8 \times 90}{90^2}$$

$$= 36759.7748 \text{ N}$$

$$36759.7748 \leq 93466.4 \text{ (OK)}$$

- Kontrol kombinasi Tarik dan geser baut

$$T_u \leq \phi R_n$$

$$T_u = \frac{M_u \times Y_{max}}{\sum Y^2}$$

$$= \frac{2573184.236 \times 90}{90^2}$$

$$= 297750.9089 \text{ N}$$

$$F'_{nt} \leq 1.3 \times F_{nt} - \frac{F_{nt}}{\phi F_{nv}} \times F_{rv} \leq F_{nt}$$

$$1.3 \times 620 - \frac{620}{0.75 \times 457} \times \frac{34277.2}{113.04} \leq 620$$

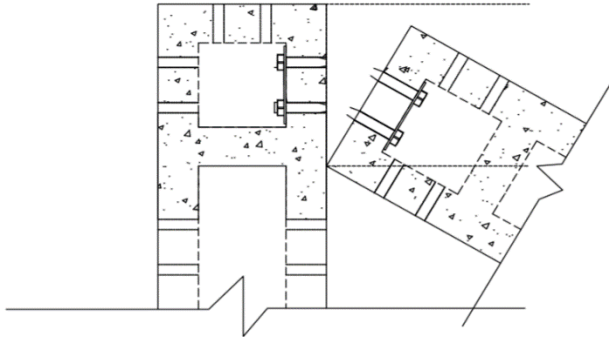
$$497.46 \leq 620$$

Maka dipakai nilai $F'_{nt} = 497.46 \text{ mpa}$

$$\phi R_n = 0.75 \times 620 \times 200.96$$

$$= 42174.7473 \text{ N}$$

$$= 42174.743 \leq 297750.9089 \text{ (NOT OK)}$$



Gambar 5. 6 Keruntuhan Tarik Pada Baut

Pada Lampiran 1 (Tabel 1) dapat dilihat rekapitulasi kuat geser baut sambungan balok dengan kolom bahwa dari semua baut yang dilakukan perhitungan kuat tariknya masih memenuhi dari kuat Tarik desain baut ϕR_n .

Pada Lampiran 1 (Tabel 2) dapat dilihat rekapitulasi kuat tumpu baut sambungan balok dengan kolom bahwa dari semua baut yang dilakukan perhitungan kuat tariknya masih memenuhi dari kuat Tarik desain baut ϕR_n .

Pada Lampiran 1 (Tabel 3) dapat dilihat rekapitulasi kuat Tarik baut sambungan balok dengan kolom bahwa dari semua baut yang dilakukan perhitungan kuat tariknya masih memenuhi dari kuat Tarik desain baut $\emptyset R_n$.

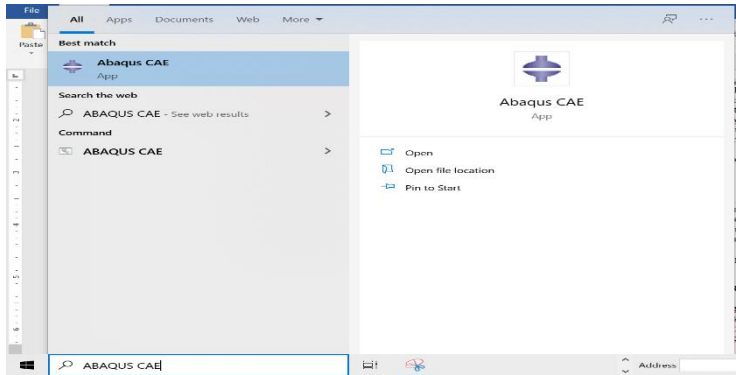
Pada Lampiran 1 (Tabel 4) dapat dilihat rekapitulasi kontrol kombinasi kuat tarik sambungan balok dengan kolom bahwa dari semua baut yang dilakukan perhitungan kuat tariknya masih memenuhi dari kuat Tarik desain baut $\emptyset R_n$.

5.3 Analisa Kekuatan Baut Menggunakan ABAQUS Struktur Eksisting

Penggunaan ABAQUS CAE sebagai sarana untuk memasukkan input data ke dalam file berperan penting bagi desainer pemula yang ingin melakukan analisis numerik. Sebelum memulai menggambar benda uji menggunakan ABAQUS, langkah pertama yang perlu dilakukan adalah mempersiapkan ukuran dari benda yang akan digambar. Dimensi dari model yang diukur diambil dari model yang sebenarnya sehingga diperoleh bentuk yang mendekati model sesungguhnya.

1. Membuka Menu ABAQUS CAE 6.11-2

Untuk masuk ke program ABAQUS CAE bisa dipilih dari desktop atau panel *start*, kemudian klik icon ABAQUS CAE setelah itu akan muncul pada *viewport* muncul maka pilih *creating model database*.

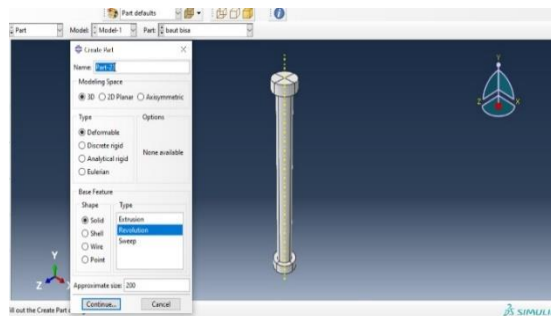


Gambar 5. 7 Run Abaqus
Sumber: Dokumen penulis

2. Part Modul ABAQUS CAE

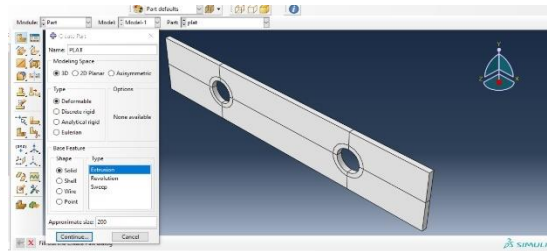
Dalam melakukan permodelan yang harus diperhatikan adalah bentuk, model dan dimensi benda dibuat karena disini tersedia beberapa model yang bisa dipilih dan berpengaruh terhadap proses simulasi yang akan dilakukan.

Modul part pada ABAQUS memiliki beberapa tipe, tipe solid untuk penggambaran benda padat dan wire untuk tipe sejenis kawat.



Gambar 5. 8 Permodelan Baut
Sumber: Dokumen penulis

Pada simulasi ini dibuat lembaran kolom yang berjenis *deformable solid revolution*, *deformable* karena tegangan yang diterima diatas batas proporsional (*plastic area*), dengan diamter baut 12 mm dan panjang baut 142 mm.



Gambar 5. 9 Permodelan Plat
Sumber: Dokumen penulis

a. Plat

Pada simulasi ini dibuat lembaran plat yang berjenis *deformable solid* plat dibuat *deformable* karena tegangan yang diterima diatas batas proporsional (*plastic area*), dengan P x L, 175 x 40 mm dan tebal 3 mm.

3. *Property modul*

Dalam memasukan *property* material kedalam model yang telah dibuat harus cermat dan teliti karena bisa jadi ada bagian yang lupa memberikan definisi material, *section* material dan assign *section* material yang akan diuji. Pilih *model property* kemudian klik *create material* dari kotak dialog *edit* material lakukan proses memasukan data material benda yang akan dianalisis.

4.8 Double klik material, dan ketik nama Baut dan Plat

4.9 Untuk material baut klik *mechanical*, klik *elasticity*, pilih *elastic* isikan *young's modulus* 200000 MPa dan *poisson ratio* 0.3

4.10 Klik *mechanical*, klik *plasticity*, pilih *plastic*

4.11 Isikan data *Yield stress* dan *plastic strain* untuk mutu baut $f_y=558$ $f_u= 850$ sebagai berikut

Tabel 5. 1 Material Properties Baut

Yield stress	plastic strain
560.7	0
588.3	0.0013
616.3	0.00319
644.9	0.0059
674.5	0.00976
705.4	0.01519
738.2	0.02274
773.7	0.03311
812.7	0.04715
856.8	0.06589
907.5	0.09053

4.12 Kemudian untuk langkah yang sama isikan material untuk Plat dengan kekuatan $f_y= 240$ Mpa $f_u= 370$ mpa

4.13 Klik *mechanical*, klik *elastic*, masukan 200.000 MPa pada kotak *young's modulus* dan 0.3 pada kotak *poisson ratio*

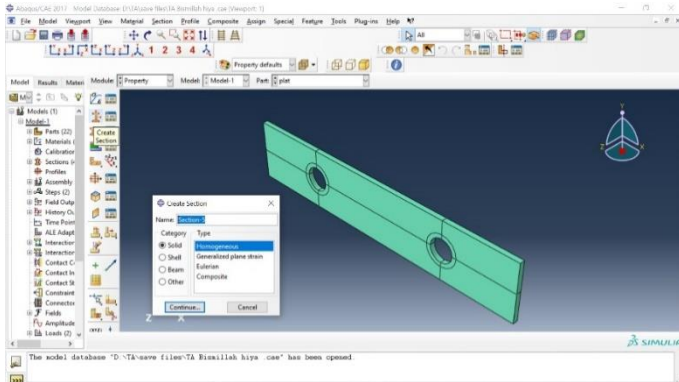
4.14 Klik *plasticity*, klik *plastic*, isikan besarnya nilai plastisitasnya sesuai. Isikan nilai *plasticity* terlebih dahulu

4.15 Isikan data *Yield stress* dan *plastic strain* untuk mutu plat $f_y=240$ $f_u= 370$ sebagai berikut

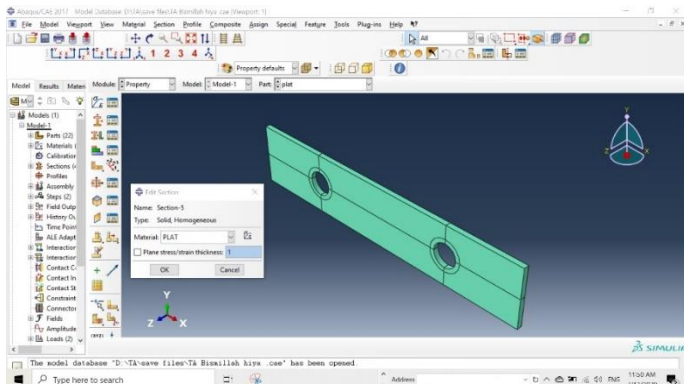
Tabel 5. 2 Material Properties Plat

Yield stress	plastic strain
243.36	0
256.9954501	0.001765987
270.8216402	0.004061236

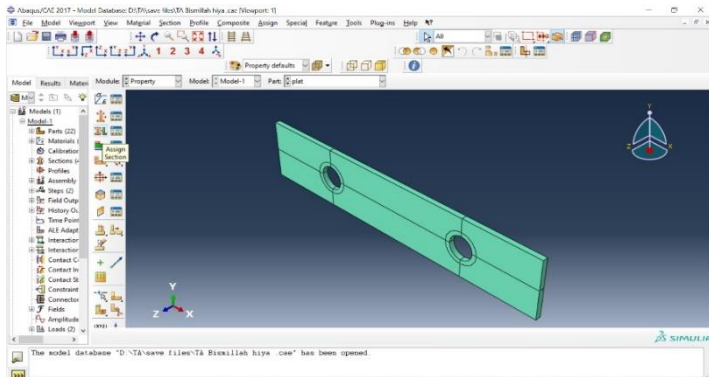
284.9184311	0.007088246
299.3957843	0.011109684
314.4028804	0.01646054
330.1393925	0.023560679
346.8692906	0.032926744
364.9376038	0.045181828
384.7906134	0.061060638
407	0.081407275



Gambar 5. 10 Create Section
Sumber: Dokumen penulis



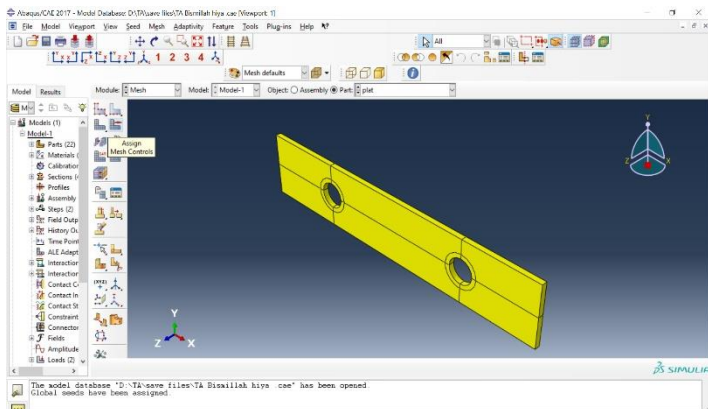
Gambar 5. 11 Edit Section



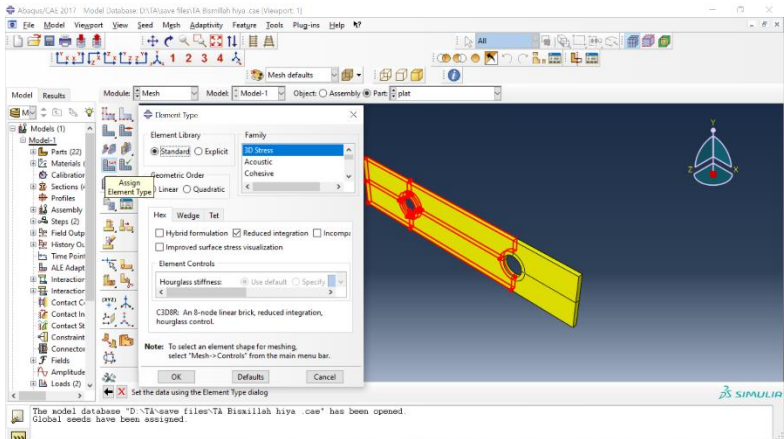
Gambar 5. 12 Assign Section

Sumber: Dokumen penulis

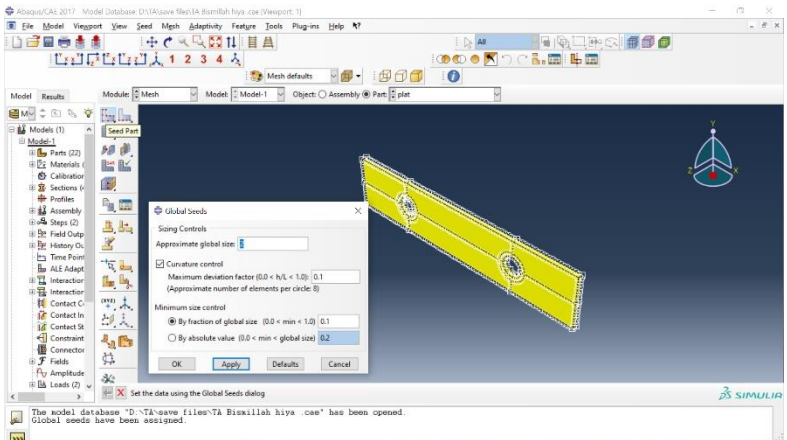
- 4.16** Kembali ke modul *property*, pilih *assign section*, klik *create section* dan isikan nama *section* yang dibuat pilih *category = solid* dan *type = homogeneous*. Selanjutnya akan muncul form *edit section* seperti pada Gambar 4.25,
- 4.17** pilih nama material, klik OK. Klik *assign section* seperti pada Gambar 4.24 pilih *cell* yang akan dipasangkan ke *section* pada kanvas lalu, klik *done*



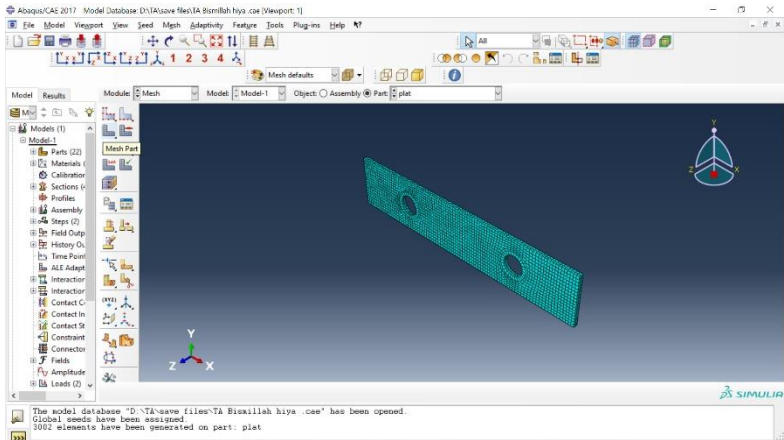
Gambar 5. 13 Assign Mesh Control



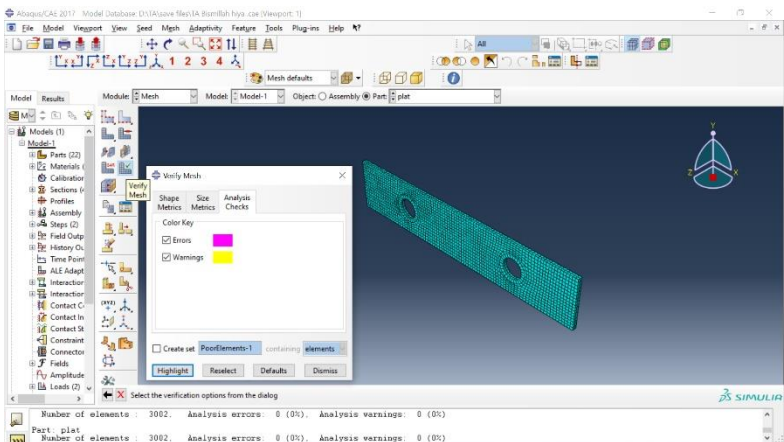
Gambar 5. 14 Assign Element Type
Sumber: Dokumen penulis



Gambar 5. 15 Seed Part



Gambar 5. 16 Mesh Part
Sumber: Dokumen penulis



Gambar 5. 17 Verify Mesh

4. Mesh merupakan fasilitas untuk melakukan pembagian dan penentuan tipe *element type part* ataupun *assembly*.

4.17.1.1.1 Assign mesh control untuk menentukan metode *mesh* seperti pada Gambar 4.27 pilih *cell* yang mau di *mesh*

control klik *done*. Pilih tipe *element hex, technique = structured*

4.17.1.1.2 *Assign element type* untuk menentukan tipe elemen yang digunakan seperti pada Gambar 4.28 pilih *cell* yang mau ditentukan tipe elemennya. Pilih *element library = explicit, geometric order = linear, family = 3D stress*, pilih *hex, element control = reduced integration* seperti pada Gambar 4.26, klik OK.

4.17.1.1.3 *Seed part* untuk menentukan ukuran elemen yang akan di mesh seperti pada Gambar 4.29 selanjutnya pilih *cell* dari *part*, klik *done*. Akan muncul tampilan seperti pada Gambar 4.29, isikan ukuran *mesh*, klik OK

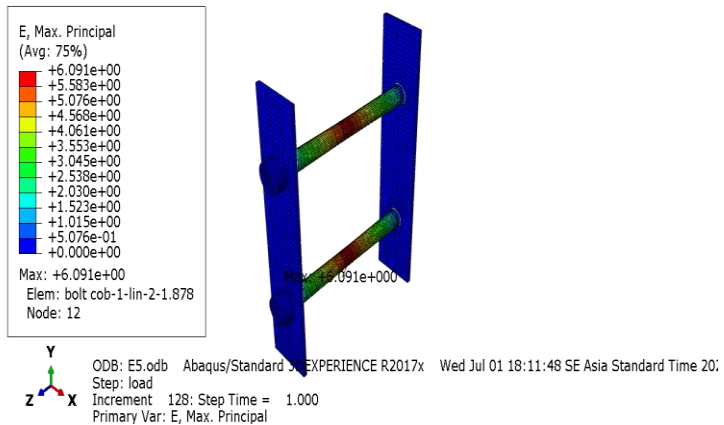
4.17.1.1.4 *Mesh part* untuk melakukan *mesh elemen* seperti pada Gambar 4.30 selanjutnya pilih *cell* dari *part*, klik *done* dan klik OK hasilnya dapat dilihat pada Gambar 4.30

4.17.1.1.5 *Verify mesh* untuk melakukan pengecekan *mesh* seperti pada Gambar 4.31 selanjutnya pilih *cell* dari *part*, klik *done*, akan muncul tampilan seperti pada Gambar 4.31, pilih *analysis check* dan *highlight*

5. Dalam analisis ini ditentukan step sesuai dengan perubahan nilai pembebanan. Sehingga dalam satu siklus pembebanan jika memungkinkan akan dilakukan setiap satu step ABAQUS.
6. *Modul interaction* berfungsi untuk menentukan bidang kontak atau jenis interaksi yang dialami oleh model.
7. *Load* merupakan fasilitas untuk memasukkan beban (*Load*) dan *Boundary Condition*. *Modul load* digunakan untuk menentukan jenis beban yang dikenakan pada model.
8. *Modul mesh* ini dipergunakan untuk mengontrol pembuatan mesh pada model. Jumlah node dan element bisa dikontrol dengan *mesh control*, termasuk bentuk element mesh serta bagaimana penempatan jumlah nodenya.

9. *Modul job* berfungsi untuk mendeskripsikan model kemudian diserahkan kepada program ABAQUS untuk melakukan analisis numerik.
10. *Visualization* merupakan fasilitas untuk menampilkan keluaran analisis numerik secara grafis meliputi kontur tegangan, regangan, *displacement*, damage parameter dan parameter output lainnya.

5.3.1 Hasil Analisa Software Abaqus



Gambar 5. 18 Permodelan Baut Dengan Software Abaqus

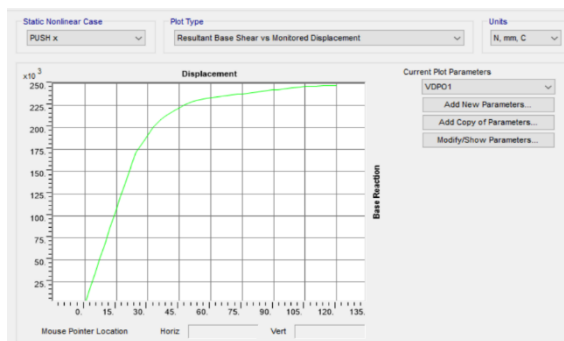
BAB VI

ANALISA PUSHOVER STRUKTUR RE-DESAIN

6.1 Kurva Kapasitas Struktur Re-Desain

Hubungan antara perpindahan lateral lantai atap dan gaya geser dasar digambarkan dalam suatu kurva yang menggambarkan kapasitas struktur dan hal tersebut dinamakan kurva kapasitas (*capacity curve*). Kurva kapasitas yang didapatkan dari analisis *pushover* menggambarkan kekuatan struktur yang besarnya sangat tergantung dari kemampuan momen deformasi dari masing-masing komponen struktur. Cara termudah untuk membuat kurva ini adalah dengan mendorong struktur secara bertahap (*pushover*) dan mencatat hubungan antara gaya geser dasar (*base shear*) dan perpindahan (*displacement*) atap akibat beban lateral yang dikerjakan pada struktur dengan pola pembebanan tertentu.

Cara menampilkan bentuk kurva kapasitas di program SAP2000 dengan pilih *display – show static pushover curve*. Maka akan muncul kurva kapasitas dari masing-masing desain pembebanan yang telah didesain. Dapat dilihat pada Gambar 6.1 dan Gambar 6.2.

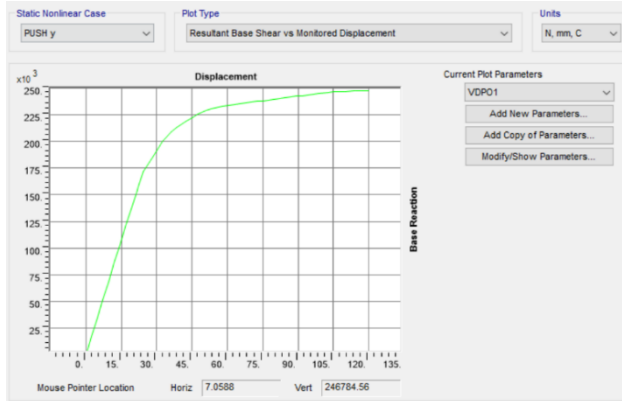


Gambar 6. 1 Kurva kapasitas arah X re-desain
Sumber: Dokumen penulis

Dari kurva kapasitas arah x, melalui SAP2000 diperoleh tabel antara *base Reaction (V)* dan *displacement (D)* menampilkannya dengan cara *file – display tables*, dilihat pada Tabel 6.1 dan Tabel 6.2.

Tabel 6. 1 Data kurva kapasitas arah X re-desain

<i>Step</i>	<i>Displacement (mm)</i>	<i>Base force (N)</i>	<i>Step</i>	<i>Displacement (mm)</i>	<i>Base force (N)</i>
0	0.000586	0	25	60.043148	143918.01
1	2.400586	6085.74	26	63.450103	148386.1
2	4.800586	12171.48	27	65.850103	151401.05
3	7.200586	18257.21	28	68.250103	154415.99
4	9.600586	24342.95	29	70.650103	157430.94
5	12.000586	30428.69	30	73.691916	161043.59
6	14.400586	36514.43	31	77.092201	164220.77
7	16.800586	42600.17	32	81.317935	167529.59
8	19.200586	48685.9	33	83.717935	169357.53
9	21.600586	54771.64	34	86.117935	171055.81
10	24.000586	60857.38	35	88.517935	172754.08
11	26.400586	66943.12	36	90.917935	174452.36
12	28.800586	73028.86	37	93.317935	176150.64
13	31.200586	79114.59	38	95.717935	177673
14	33.600586	85200.33	39	98.117935	178765.06
15	36.000586	91286.07	40	100.517935	179510.23
16	38.400586	97371.81	41	102.917935	180255.41
17	40.800586	103457.54	42	105.317935	181000.58
18	43.200586	109543.28	43	107.717935	181745.75
19	45.600586	115629.02	44	110.117935	182490.92
20	46.81955	118428.22	45	112.517935	183236.09
21	49.21955	123335.85	46	114.917935	183981.26
22	51.61955	128243.48	47	117.317935	184726.43
23	54.01955	133151.1	48	119.717935	185471.61
24	65.164709	235526.52	49	120.000586	185559.37



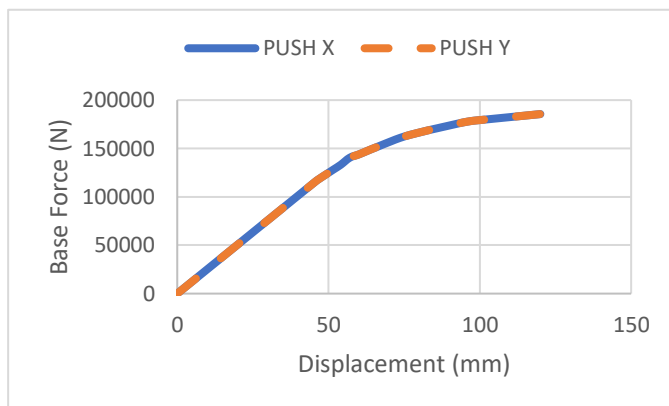
Gambar 6. 2 Kurva kapasitas arah Y re-desain
Sumber: Dokumen penulis

Tabel 6. 2 Data kurva kapasitas arah Y re-desain

<i>Step</i>	<i>Displacement (mm)</i>	<i>Base force (N)</i>	<i>Step</i>	<i>Displacement (mm)</i>	<i>Base force (N)</i>
0	0.000575	0	25	60.043235	143918.16
1	2.400575	6085.74	26	63.449897	148385.82
2	4.800575	12171.47	27	65.849897	151400.77
3	7.200575	18257.21	28	68.249897	154415.71
4	9.600575	24342.95	29	70.649897	157430.65
5	12.000575	30428.69	30	73.691837	161043.47
6	14.400575	36514.42	31	77.092045	164220.6
7	16.800575	42600.16	32	81.317951	167529.56
8	19.200575	48685.9	33	83.717951	169357.49
9	21.600575	54771.64	34	86.117951	171055.77
10	24.000575	60857.37	35	88.517951	172754.05
11	26.400575	66943.11	36	90.917951	174452.33
12	28.800575	73028.85	37	93.317951	176150.6
13	31.200575	79114.59	38	95.717951	177672.96
14	33.600575	85200.32	39	98.117951	178765.02
15	36.000575	91286.06	40	100.517951	179510.19
16	38.400575	97371.8	41	102.917951	180255.36

17	40.800575	103457.53	42	105.317951	181000.53
18	43.200575	109543.27	43	107.717951	181745.71
19	45.600575	115629.01	44	110.117951	182490.88
20	46.81943	118427.96	45	112.517951	183236.05
21	49.21943	123335.59	46	114.917951	183981.22
22	51.61943	128243.21	47	117.317951	184726.39
23	54.01943	133150.83	48	119.717951	185471.56
24	57.643235	140454.69	49	120.000575	185559.31

Dari Tabel 6.1 dapat dilihat untuk kurva kapasitas *pushover* arah x gaya geser dasar maksimum sebesar 185559.31 N dengan *displacement* pada atap sebesar 120.000575 mm berakhir di step ke-49. Dari Tabel 6.2 dapat dilihat untuk kurva kapasitas *pushover* arah y gaya geser dasar maksimum sebesar 185559.3 N dengan *displacement* pada atap sebesar 185559.37 mm berakhir di step ke-49. Perbandingan kurva kapasitas *pushover* arah X dan arah Y dilihat pada Gambar 6.3.



Gambar 6. 3 Perbandingan kurva kapasitas arah X dan arah Y re-desain

Sumber: Dokumen penulis

6.2 Mekanisme Sendi Plastis

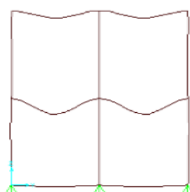
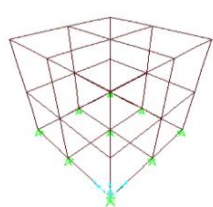
Setelah dilakukan analisis *pushover*, struktur mulai mengalami sendi plastis akibat momen yang terjadi melebihi momen kapasitas elemen tersebut. Perilaku struktur saat beban yang bekerja relatif kecil, maka momen yang bekerja disetiap penampang masih dalam keadaan elastis, sementara jika setelah beban ditingkatkan secara bertahap akan mengakibatkan besar momen pada salah satu penampang mencapai keadaan plastis.

Pada program SAP2000, perilaku elemen sendi plastis ditunjukkan dalam bentuk warna yang setiap warna menunjukkan kondisi sendi plastis yang berbeda- beda. Penjelasan mengenai kondisi sendi plastis sesuai warna dalam program SAP2000 dapat dilihat pada Tabel 4.8.

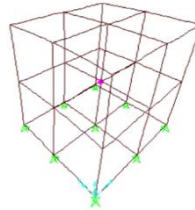
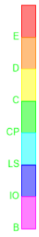
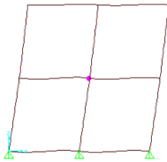
6.2.1 Distribusi Sendi Plastis Struktur Re-Desain

Hasil analisis beban dorong berupa distribusi jumlah sendi plastis yang terjadi selengkapnya ditampilkan dalam tabel 6.3.

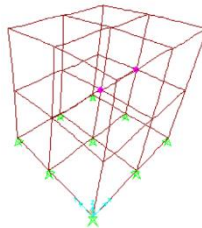
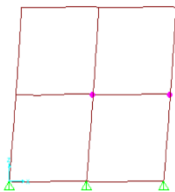
Tabel 6. 3 Distribusi sendi plastis panel re-desain

STEP 0-18	
	

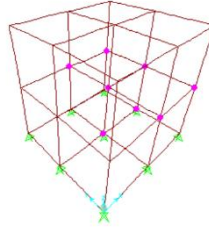
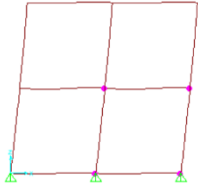
Step 19



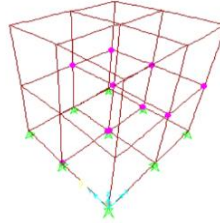
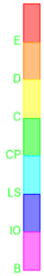
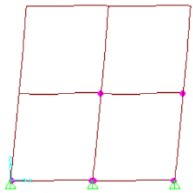
STEP 20-23



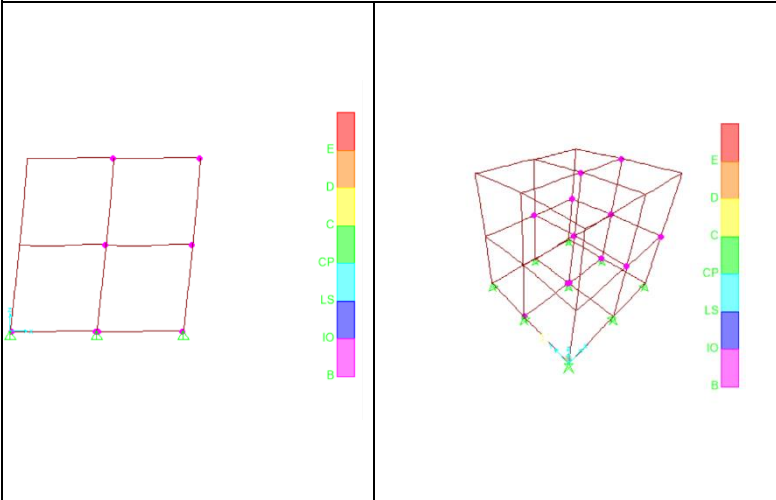
STEP 24-25



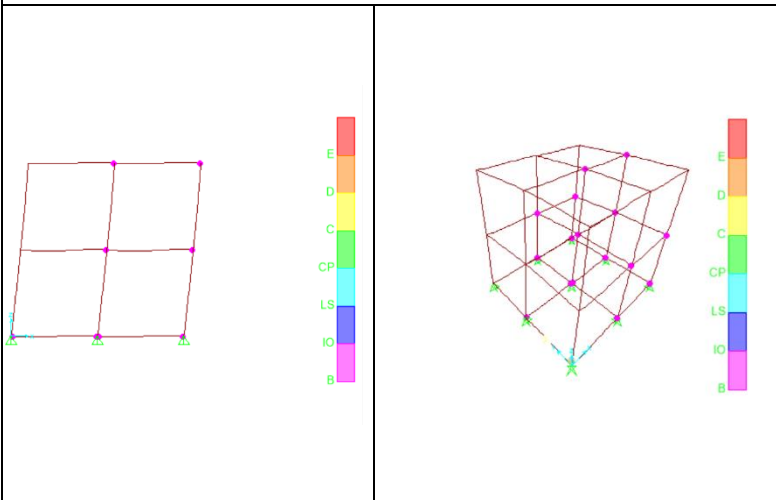
STEP 26-29



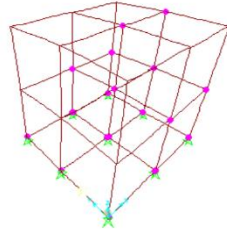
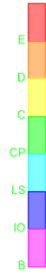
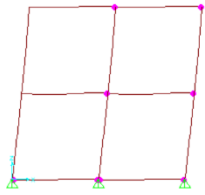
STEP 30



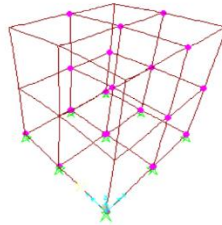
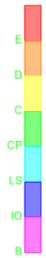
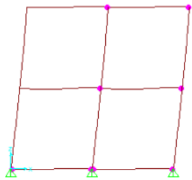
STEP 32



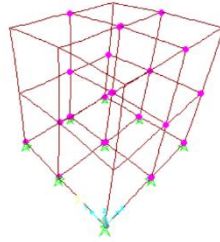
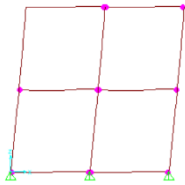
STEP 33-36



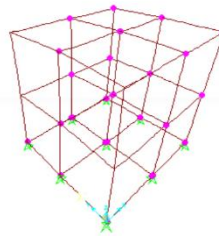
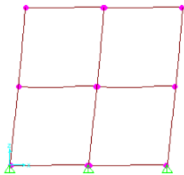
STEP 37



STEP 38



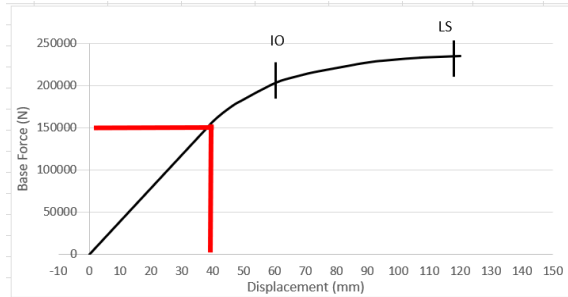
STEP 39-49



6.2.2 Tahapan Sendi Plastis Struktur Re-Desain Arah X

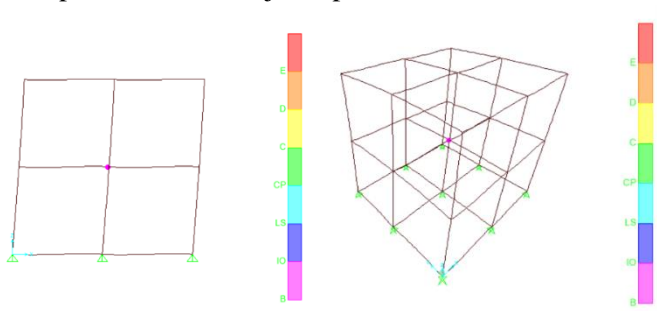
1. Step saat Mulai Terjadi sendi Plastis

Sendi plastis mulai terjadi pada step-19 saat hasil *Pushover* diperoleh hasil displacement = 39.940723 mm dan gaya geser dasar target $V_t = 157430.15$ N pada balok.



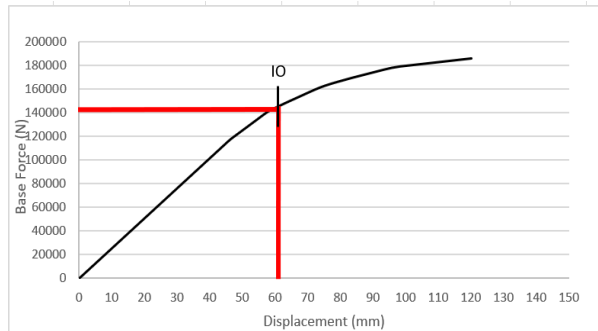
Gambar 6. 4 Grafik displacement dan base shear sendi plastis ke-1 arah X redesain
Sumber: Dokumen penulis

Hal tersebut ditandai dengan munculnya titik-titik plastis pada ujung-ujung balok berwarna ungu artinya sendi plastis berada pada level kinerja B-IO. Step awal terjadi sendi plastis arah X disajikan pada Gambar 6.5.



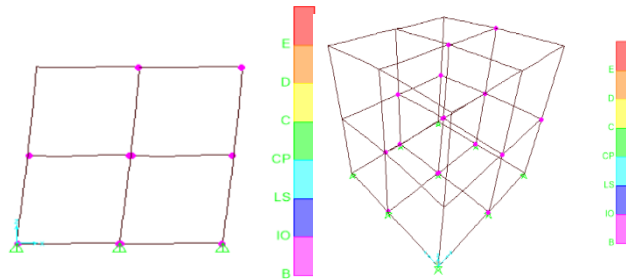
Gambar 6. 5 Step saat terjadinya Sendi plastis pertama struktur arah X redesain (step 17)
Sumber: Dokumen penulis

2. Step Ketika mencapai kinerja *Immidiatae occupancy*
 Level kinerja *Immidiatae occupancy* ini ditandai dengan diperolehnya hasil displacement = 60.042 mm dan gaya geser dasar target $V_t = 143918.01$ N pada step-25.



Gambar 6. 6 Grafik displacement dan base shear pada saat kinerja mencapai IO arah X re-desain
Sumber: Dokumen penulis

Terjadinya titik-titik sendi plastis pada balok dengan warna ungu terlihat pada Gambar 6.7.

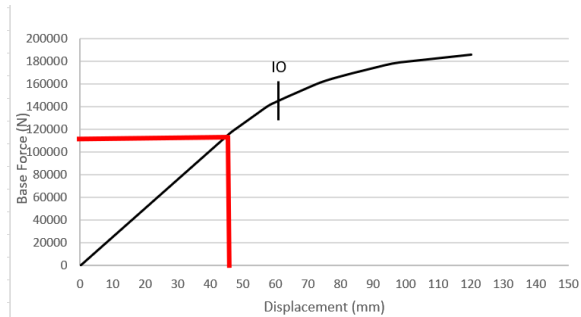


Gambar 6. 7 Step saat kinerja struktur mencapai IO arah X re-desain (step 39)
Sumber: Dokumen penulis

6.2.3 Tahapan Sendi Plastis Struktur Re-Desain Arah Y

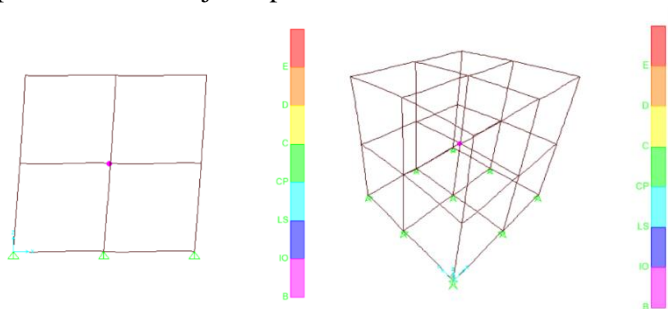
1. Step saat Mulai Terjadi sendi Plastis

Sendi plastis mulai terjadi pada step-19 saat hasil *Pushover* diperoleh hasil displacement = 45.600586 mm dan gaya geser dasar target $V_t = 115629.02$ N pada balok.



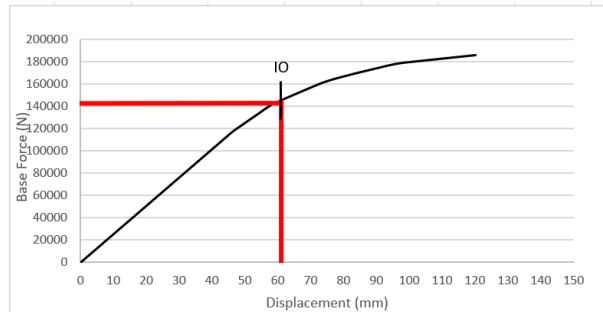
Gambar 6. 8 Grafik displacement dan base shear sendi plastis ke-1 arah Y redesain
Sumber: Dokumen penulis

Hal tersebut ditandai dengan munculnya sendi plastis pada ujung-ujung balok berwarna ungu artinya sendi plastis berada pada level kinerja B-IO. Step awal terjadi sendi plastis arah Y disajikan pada Gambar 6.9.



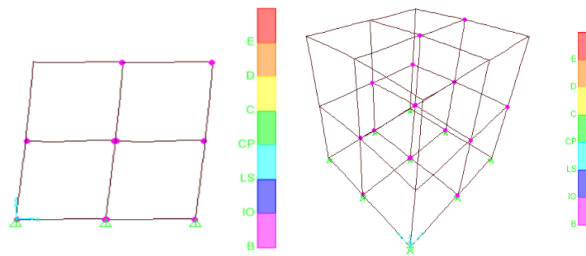
Gambar 6. 9 Step saat terjadinya Sendi plastis pertama Arah Y redesain
Sumber: Dokumen penulis

2. Step Ketika mencapai kinerja *Immidiatae occupancy*
 Level kinerja *Immidiatae occupancy* ini ditandai dengan diperolehnya hasil displacement = 60.042 mm dan gaya geser dasar target $V_t = 143918.01$ N pada step-25.



Gambar 6. 10 Displacement dan base shear pada kinerja IO arah Y redesain
Sumber: Dokumen penulis

Terjadinya titik-titik sendi plastis pada balok dengan warna ungu terlihat pada Gambar 6.11.



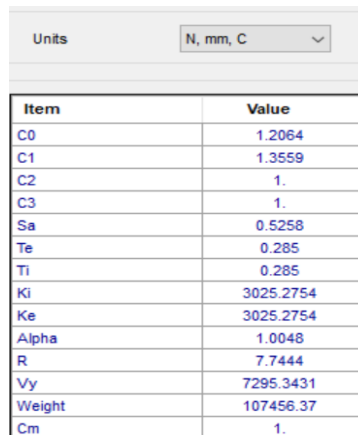
Gambar 6. 11 saat kinerja struktur mencapai IO arah Y redesain
Sumber: Dokumen penulis

6.3 Evaluasi Titik Kinerja Bangunan Re-Desain

6.3.1 Metode FEMA 356 Struktur Re-Desain

1. KDS C Kota Palembang

Untuk mengetahui Nilai *performance point* menggunakan metode FEMA 356 diperlukan input nilai $S_s = 0,345$ dan $S_1 = 0,192$ dari kurva respon spektrum wilayah gempa sesuai SNI 1726-2019 dengan kondisi tanah lunak (SE). Besaran nilai yang didapatkan sebagai berikut:



Item	Value
C0	1.2064
C1	1.3559
C2	1.
C3	1.
Sa	0.5258
Te	0.285
Ti	0.285
Ki	3025.2754
Ke	3025.2754
Alpha	1.0048
R	7.7444
Vy	7295.3431
Weight	107456.37
Cm	1.

Gambar 6. 12 Hasil calculate pushover curve FEMA 356 untuk KDS C Re-Desain
Sumber: Dokumen penulis

Dari gambar 6.6 didapat hasil sebagai berikut:

$$T_e = 0.285$$

$$C_0 = 1.2064$$

$$C_1 = 1.3559$$

$$C_2 = 1.0$$

$$C_3 = 1.0$$

$$S_a = 0.5258$$

Maka target perpindahan diperoleh:

$$\delta_t = C_0 C_1 C_2 C_3 S_a \left(\frac{T_e}{2\pi} \right)^2 g$$

$$\delta_T = 0,17 \text{ m} = 17 \text{ mm}$$

2. KDS D Kota Medan

Untuk mengetahui Nilai *performance point* menggunakan metode FEMA 356 diperlukan input nilai $S_s = 0,598$ dan $S_1 = 0,362$ dari kurva respon spektrum wilayah gempa sesuai SNI 1726-2019 dengan kondisi tanah lunak (SE). Besaran nilai yang didapatkan sebagai berikut:

Units	
N, mm, C	
Item	Value
C0	1.2064
C1	1.3615
C2	1.
C3	1.
Sa	0.7903
Te	0.285
Ti	0.285
Ki	3025.2754
Ke	3025.2754
Alpha	1.0048
R	11.6409
Vy	7295.3431
Weight	107456.37
Cm	1.

Gambar 6. 13 Hasil calculate pushover curve FEMA 356 untuk KDS D Re-Desain
Sumber: Dokumen penulis

$$T_e = 0.285$$

$$C_0 = 1.2064$$

$$C_1 = 1.3615$$

$$C_2 = 1.0$$

$$C_3 = 1.0$$

$$S_a = 0.7903$$

Maka target perpindahan diperoleh:

$$\delta_t = C_0 C_1 C_2 C_3 S_a \left(\frac{T_e}{2\pi} \right)^2 g$$

$$\delta_T = 0,26 \text{ m} = 26 \text{ mm}$$

3. KDS E Kota Banda Aceh



Item	Value
C0	1.1905
C1	1.3578
C2	1.
C3	1.
Sa	1.433
Te	0.285
Ti	0.285
Ki	3052.295
Ke	3052.295
Alpha	0.9565
R	1.6826
Vy	91513.82
Weight	107456.37
Cm	1.

Gambar 6. 14 Hasil calculate pushover curve FEMA 356 untuk KDS E re-desain

Sumber: Dokumen penulis

$$T_e = 0.285$$

$$C_0 = 1.1905$$

$$C_1 = 1.3578$$

$$C_2 = 1.0$$

$$C_3 = 1.0$$

$$S_a = 1.433$$

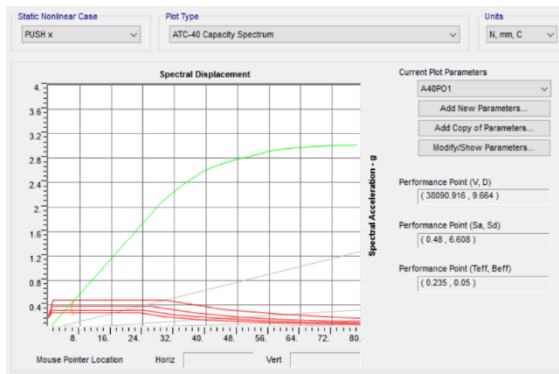
Maka target perpindahan diperoleh:

$$\delta_t = C_0 C_1 C_2 C_3 S_a \left(\frac{T_e}{2\pi} \right)^2 g$$

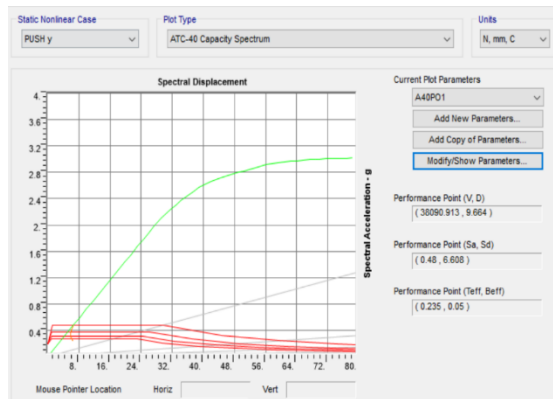
$$\delta_T = 0,464 \text{ m} = 46,4 \text{ mm}$$

6.3.2 Metode ATC-40 Struktur Re-Desain

Kurva *capacity spectrum* dan *demand spectrum* arah X dan arah Y disajikan pada Gambar 6.9 dan Gambar 6.10.



Gambar 6. 15 Capacity spectrum pushover arah X re-desain
Sumber: Dokumen penulis



Gambar 6. 16 Capacity spectrum pushover arah Y re-desain
Sumber: Dokumen penulis

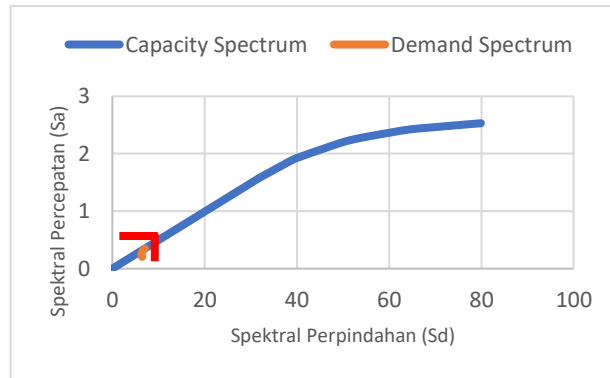
Kemudian dapat dibuat tabel *output* hasil *capacity spectrum* dan *demand spectrum* untuk lebih jelasnya dilihat pada Tabel 6.4 dan Tabel 6.5 berikut ini.

Tabel 6. 4 Output capacity curve dan demand spectrum arah X re-desain

<i>Step</i>	<i>Sd (C)</i>	<i>Sa (C)</i>	<i>Sd (D)</i>	<i>Sa (D)</i>	<i>Step</i>	<i>Sd (C)</i>	<i>Sa (C)</i>	<i>Sd (D)</i>	<i>Sa (D)</i>
0	0	0	7.06	0.35	25	40.926	1.95278	6.745	0.321829
1	1.66	0.082264	7.06	0.35	26	43.112	2.015105	6.624	0.309634
2	3.319	0.164529	7.06	0.35	27	44.639	2.057312	6.563	0.302456
3	4.979	0.246793	7.06	0.35	28	46.166	2.099526	6.518	0.296431
4	6.638	0.329058	7.06	0.35	29	47.695	2.141744	6.487	0.291321
5	8.298	0.411322	7.06	0.35	30	49.603	2.192836	6.459	0.285552
6	9.957	0.493587	7.06	0.35	31	51.674	2.238956	6.419	0.278129
7	11.617	0.575851	7.06	0.35	32	54.421	2.284367	6.356	0.266819
8	13.276	0.658116	7.06	0.35	33	55.994	2.309217	6.335	0.261238
9	14.936	0.74038	7.06	0.35	34	57.603	2.331695	6.316	0.255659
10	16.595	0.822644	7.06	0.35	35	59.211	2.354199	6.307	0.250757
11	18.255	0.904909	7.06	0.35	36	60.819	2.376729	6.306	0.246422
12	19.914	0.987173	7.06	0.35	37	62.427	2.399282	6.311	0.242568
13	21.574	1.069438	7.06	0.35	38	64.083	2.419342	6.317	0.238478
14	23.233	1.151702	7.06	0.35	39	65.645	2.434697	6.32	0.234417
15	24.893	1.233967	7.06	0.35	40	67.23	2.44557	6.321	0.229923
16	26.552	1.316231	7.06	0.35	41	68.816	2.456418	6.327	0.225844
17	28.212	1.398496	7.06	0.35	42	70.402	2.467242	6.338	0.222126
18	29.871	1.48076	7.06	0.35	43	71.987	2.478045	6.354	0.218723
19	31.531	1.563024	7.06	0.35	44	73.573	2.488828	6.373	0.215599
20	32.345	1.601179	7.029	0.347979	45	75.159	2.499591	6.396	0.212722
21	33.892	1.668837	6.973	0.343367	46	76.745	2.510336	6.422	0.210065
22	35.438	1.736514	6.931	0.33964	47	78.331	2.521064	6.45	0.207605
23	36.986	1.804207	6.9	0.336598	48	79.917	2.531776	6.481	0.205323
24	39.355	1.904803	6.853	0.331709	49	80.104	2.533037	6.485	0.205065

Pada Tabel 6.4 terdapat parameter *Sd* dan *Sa (C)* kemudian ada parameter *Sd* dan *Sa (D)* dari hasil tersebut

dapat dibuat sebuah grafik yang dinamakan *performance point* yakni bertemunya grafik S_d dan S_a (C) serta grafik S_d dan S_a (D). Disajikan pada Gambar 6.17.



Gambar 6. 17 Capacity spectrum dan demand spectrum arah X re-desain

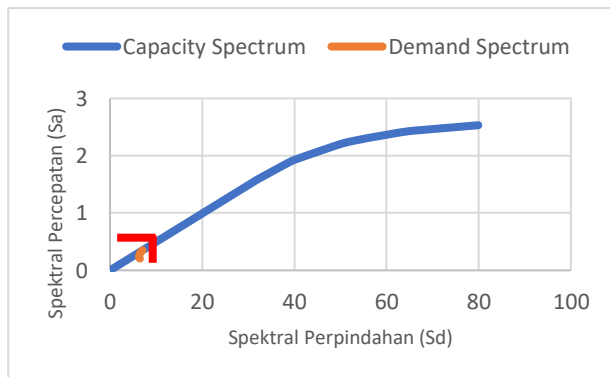
Sumber: Dokumen penulis

Tabel 6. 5 Output capacity curve dan demand spectrum arah Y re-desain

Step	Sd (C)	Sa (C)	Sd (D)	Sa (D)	Step	Sd (C)	Sa (C)	Sd (D)	Sa (D)
0	0	0	7.06	0.35	25	40.926	1.952782	6.745	0.321829
1	1.66	0.082264	7.06	0.35	26	43.112	2.015101	6.624	0.309634
2	3.319	0.164529	7.06	0.35	27	44.638	2.057308	6.563	0.302457
3	4.979	0.246793	7.06	0.35	28	46.166	2.099522	6.518	0.296432
4	6.638	0.329058	7.06	0.35	29	47.695	2.14174	6.487	0.291321
5	8.298	0.411322	7.06	0.35	30	49.603	2.192835	6.459	0.285552
6	9.957	0.493587	7.06	0.35	31	51.674	2.238954	6.419	0.278129
7	11.617	0.575851	7.06	0.35	32	54.421	2.284367	6.356	0.266819
8	13.276	0.658116	7.06	0.35	33	55.994	2.309217	6.335	0.261238
9	14.936	0.74038	7.06	0.35	34	57.603	2.331694	6.316	0.255659
10	16.595	0.822644	7.06	0.35	35	59.211	2.354199	6.307	0.250757
11	18.255	0.904909	7.06	0.35	36	60.819	2.376729	6.306	0.246422
12	19.914	0.987173	7.06	0.35	37	62.427	2.399281	6.311	0.242568

13	21.574	1.069438	7.06	0.35	38	64.083	2.419342	6.317	0.238478
14	23.233	1.151702	7.06	0.35	39	65.645	2.434697	6.32	0.234417
15	24.893	1.233967	7.06	0.35	40	67.23	2.445569	6.321	0.229923
16	26.552	1.316231	7.06	0.35	41	68.816	2.456417	6.327	0.225844
17	28.212	1.398496	7.06	0.35	42	70.402	2.467242	6.338	0.222126
18	29.871	1.48076	7.06	0.35	43	71.987	2.478045	6.354	0.218723
19	31.531	1.563024	7.06	0.35	44	73.573	2.488828	6.373	0.215599
20	32.345	1.601176	7.029	0.347979	45	75.159	2.499591	6.396	0.212722
21	33.891	1.668834	6.973	0.343367	46	76.745	2.510336	6.422	0.210065
22	35.438	1.736511	6.931	0.33964	47	78.331	2.521064	6.45	0.207605
23	36.986	1.804203	6.9	0.336598	48	79.917	2.531776	6.481	0.205323
24	39.355	1.904805	6.853	0.331709	49	80.104	2.533036	6.485	0.205065

Pada Tabel 6.5 terdapat parameter S_d dan S_a (C) kemudian ada parameter S_d dan S_a (D) dari hasil tersebut dapat dibuat sebuah grafik yang dinamakan *performance point* yakni bertemunya grafik S_d dan S_a (C) serta grafik S_d dan S_a (D). Disajikan pada Gambar 6.18 berikut ini



Gambar 6. 18 Capacity spectrum dan demand spectrum arah Y re-desain

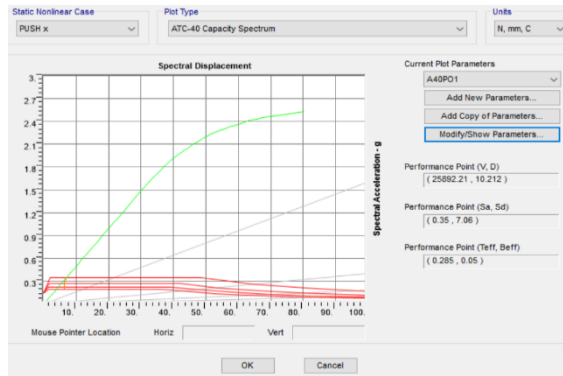
Sumber: Dokumen penulis

Untuk mengetahui Nilai *performance point* menggunakan metode ATC-40 diperlukan input nilai C_a dan C_v dari kurva respon spektrum rencana dengan kondisi tanah lunak (SE).

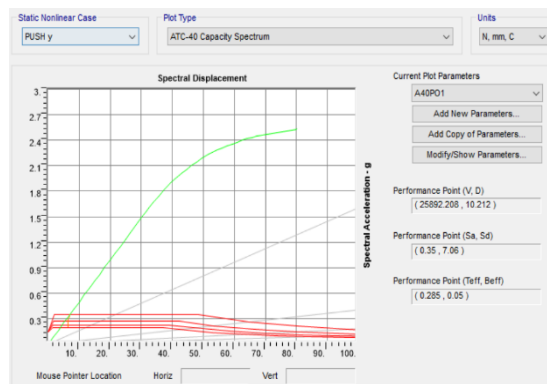
1. KDS C Kota Palembang

$$C_a = 0.14$$

$$C_v = 0.26$$



Gambar 6. 19 Kurva kapasitas arah X metode ATC-40 untuk KDS C re-desain
Sumber: Dokumen penulis



Gambar 6. 20 Kurva kapasitas arah Y metode ATC-40 untuk KDS C re-desain
Sumber: Dokumen penulis

Terlihat pada Gambar 6.19 bahwa hasil *Pushover* untuk arah X diperoleh hasil $\delta_t = 10.212$ mm dan gaya geser dasar target $V_t = 25892.21$ N.

Terlihat pada Gambar 6.20 bahwa hasil *Pushover* untuk arah Y diperoleh hasil $\delta_t = 10.212$ mm dan gaya geser dasar target $V_t = 25892.208$ N.

Tabel 6. 6 Performance point titik kontrol tinjauan pada KDS C re-desain

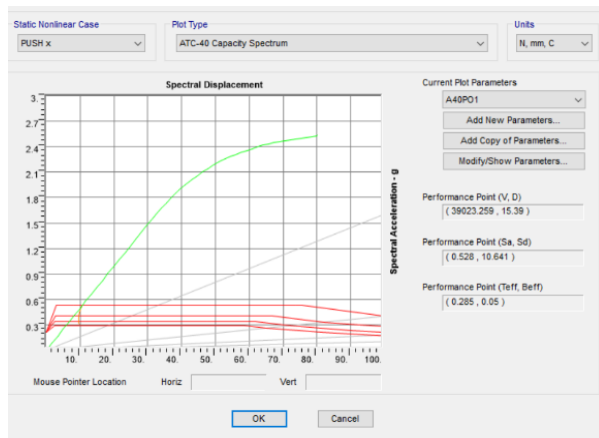
	V, D (N)	Sa, Sd (mm)	Teff, β_{eff}
Arah x	25892.21; 10,212	0.35; 7.06	0.285; 0,05
Arah Y	25892.21; 10,212	0.35; 7.06	0.285; 0,05

Sumber: Dokumen penulis

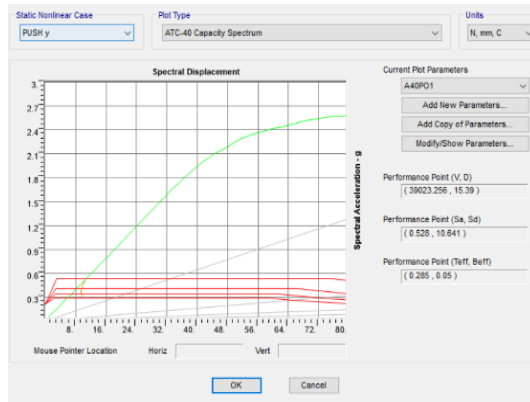
2. KDS D Kota Medan

$C_a = 0.211$

$C_v = 0.401$



Gambar 6. 21 Kurva kapasitas arah X metode ATC-40 untuk KDS D re-desain
Sumber: Dokumen penulis



Gambar 6. 22 Kurva kapasitas arah Y metode ATC-40 untuk KDS D re-desain
Sumber: Dokumen penulis

Terlihat pada Gambar 6.21 bahwa hasil *Pushover* untuk arah X diperoleh hasil $\delta t = 15.39$ mm dan gaya geser dasar target $V_t = 39023.259$ N.

Terlihat pada Gambar 6.22 bahwa hasil *Pushover* untuk arah Y diperoleh hasil $\delta t = 15.39$ mm dan gaya geser dasar target $V_t = 39023.256$ N.

Tabel 6. 7 Performance point titik kontrol tinjauan pada KDS D re-desain

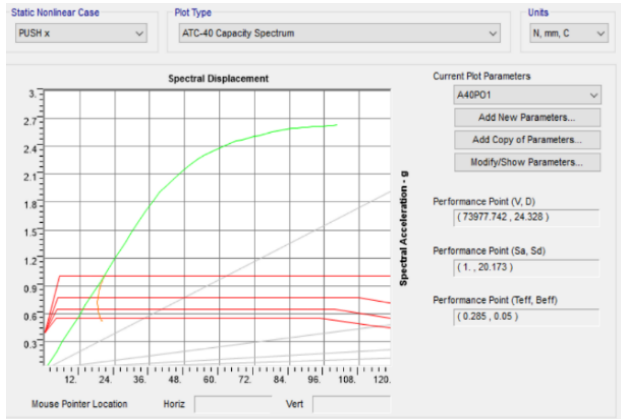
	V, D (N)	Sa, Sd (mm)	Teff, β_{eff}
Arah x	39023.259; 15.39	0.528; 10.641	0.285; 0,05
Arah Y	39023.259; 15.39	0.528; 10.641	0.285; 0,05

Sumber: Dokumen penulis

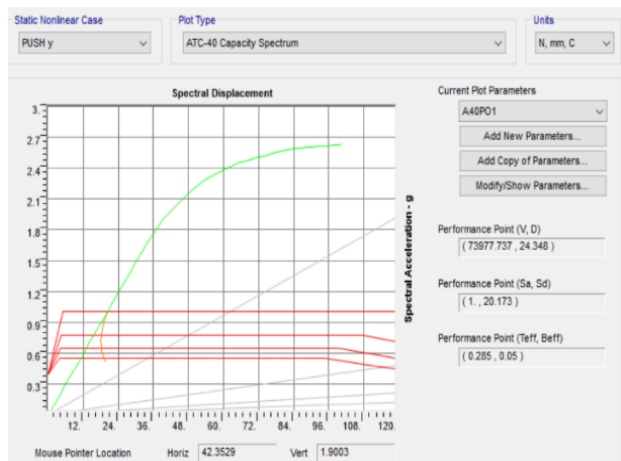
3. KDS E Kota Banda Aceh

$C_a = 0.385$

$C_v = 0.704$



Gambar 6. 23 Kurva kapasitas arah X metode ATC-40 untuk KDS E re-desain
 Sumber: Dokumen penulis



Gambar 6. 24 Kurva kapasitas arah Y metode ATC-40 untuk KDS E re-desain
 Sumber: Dokumen penulis

Terlihat pada Gambar 6.23 bahwa hasil *Pushover* untuk arah X diperoleh hasil $\delta_t = 24.346$ mm dan gaya geser dasar target $V_t = 73977.742$ N.

Terlihat pada Gambar 6.24 bahwa hasil *Pushover* untuk arah Y diperoleh hasil $\delta_t = 24.346$ mm dan gaya geser dasar target $V_t = 73977.737$ N.

Tabel 6. 8 Performance point titik kontrol tinjauan pada KDS E re-desain

	V, D (N)	Sa, Sd (mm)	Teff, β_{eff}
Arah x	73977.742; 24.346	1; 20.173	0.285; 0,05
Arah Y	73977.737; 24.346	1; 20.173	0.285; 0,05

6.4 Evaluasi Kinerja

1. KDS C Kota Palembang

Tabel 6. 9 Rangkuman target perpindahan KDS C re-desain

Kriteria	Target Perpindahan
	Arah X (mm)
SNI 2847-2019	
Koefisien perpindahan FEMA 356	17 mm
Koefisien perpindahan ATC-40	8.5029 mm

Displacement maksimum untuk bangunan yang berada di wilayah koefisien dasar seismik C ditentukan menurut SNI 1726-2019 sebesar $0.02 H = 0.02 \times 6000 = 120$ mm

$$17 \text{ mm} < 120 \text{ mm}$$

Maka kinerja *displacement* gedung baik

i) Kinerja gedung Menurut FEMA 356

$$= \frac{17}{6000} \times 100 \% = 0.28 \%$$

Level kinerja struktur telah mencapai *Immediate Occupancy* yakni ada kerusakan yang pada struktur dimana kekuatan dan kekakuannya hampir sama dengan kondisi sebelum gempa dan gedung dapat digunakan kembali.

ii) Kinerja gedung Menurut ATC-40.

- Maksimal Drift = $\frac{Dt}{H}$
 $= \frac{10.212}{6000} = 0.0017$

- Maksimal in elastic Drift = $\frac{Dt-D_0}{H}$
 $= \frac{10.212 - 5.605}{6000} = 0.007$

Nilai *drift ratio* yang dihasilkan telah mencapai pada level *Immediate Occupancy* yakni ada kerusakan yang pada struktur dimana kekuatan dan kekakuannya hampir sama dengan kondisi sebelum gempa dan gedung dapat digunakan kembali.

2. KDS D Kota Medan

Tabel 6. 10 Rangkuman target perpindahan KDS D re-desain

Kriteria	Target Perpindahan
	Arah X (mm)
SNI 2847-2019	
Koefisien perpindahan FEMA 356	26 mm
Koefisien perpindahan ATC-40	12.86 mm

Displacement maksimum untuk bangunan yang berada di wilayah koefisien dasar seismik D ditentukan menurut SNI 1726-2019 sebesar $0.015 H = 0.015 \times 6000 = 90 \text{ mm}$

$$22 \text{ mm} < 90 \text{ mm}$$

Maka kinerja *displacement* gedung baik.

i) Kinerja gedung Menurut FEMA 356

$$= \frac{26}{6000} \times 100 \% = 0.4333\%$$

Level kinerja struktur telah mencapai *Immediate Occupancy* yakni ada kerusakan yang pada struktur dimana kekuatan dan kekakuannya hampir sama dengan kondisi sebelum gempa dan gedung dapat digunakan kembali.

ii) Kinerja gedung Menurut ATC-40.

- Maksimal Drift = $\frac{Dt}{H}$
 $= \frac{15.39}{6000} = 0.002$

- Maksimal in elastic Drift = $\frac{Dt-D0}{H}$
 $= \frac{15.39 - 8.488}{6000} = 0.001$

Nilai *drift ratio* yang dihasilkan telah mencapai pada level *Immediate Occupancy* yakni ada kerusakan yang pada struktur dimana kekuatan dan kekakuannya hampir sama dengan kondisi sebelum gempa dan gedung dapat digunakan kembali.

3. KDS E Kota Banda Aceh

Tabel 6. 11 Rangkuman target perpindahan KDS E Re-Desain

Kriteria	Target Perpindahan
	Arah X (mm)
SNI 2847-2019	
Koefisien perpindahan FEMA 356	46.4 mm
Koefisien perpindahan ATC-40	24.346 mm

Displacement maksimum untuk bangunan yang berada di wilayah koefisien dasar seismik E ditentukan menurut SNI 1726-2019 sebesar $\frac{0.015 H}{\rho} = \frac{0.015 \times 6000}{1.3} = 69 \text{ mm}$

46.4 mm < 69 mm

Maka kinerja *displacement* gedung baik.

i) Kinerja gedung Menurut FEMA 356

$$= \frac{46.4}{6000} \times 100 \% = 0.77\%$$

Level kinerja struktur telah mencapai *Immediate Occupancy* yakni ada kerusakan yang pada struktur dimana kekuatan dan kekakuannya hampir sama dengan kondisi sebelum gempa dan gedung dapat digunakan kembali.

ii) Kinerja gedung Menurut ATC-40.

- Maksimal Drift = $\frac{Dt}{H}$
$$= \frac{24.346}{6000} = 0.004$$

- Maksimal in elastic Drift = $\frac{Dt-D0}{H}$
$$= \frac{24.346-16.015}{6000} = 0.001$$

Nilai *drift ratio* yang dihasilkan telah mencapai pada level *Immediate Occupancy* yakni ada kerusakan yang pada struktur dimana kekuatan dan kekakuannya hampir sama dengan kondisi sebelum gempa dan gedung dapat digunakan kembali.

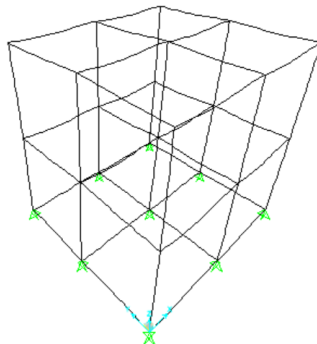
Dari Tabel 6.12 perbandingan hasil analisa pushover pada koefisien dasar seismik wilayah C, D dan E didapatkan bangunan rumah masih mampu menahan gaya-gaya bekerja pada struktur.

Tabel 6. 12 Perbandingan hasil analisa Pushover Re-desain

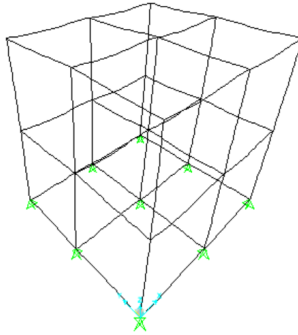
	KDS C	KDS D	KDS E
Cek SN1 1726-2019	memenuhi	memenuhi	memenuhi
Performance Point FEMA 356	17 mm	26 mm	46.4 mm
Performance Point ATC-40	10.212 mm	15.39 mm	24.346 mm
Koefisien perpindahan FEMA 356	Immediate Occupancy	Immediate Occupancy	Immediate Occupancy
Koefisien perpindahan ATC-40	Immediate Occupancy	Immediate Occupancy	Immediate Occupancy
Sendi plastis pada saat performance point	Belum terjadi	Belum terjadi	Terjadi pada Balok pada lantai 2
Jumlah sendi plastis yang terjadi	0	0	8

6.4.1 Distribusi Sendi Plastis Saat *Performance Point*

Pada KDS C dan KDS D, sendi plastis terjadi pada step 14 dimana sendi plastis belum terjadi pada struktur bangunan rumah.

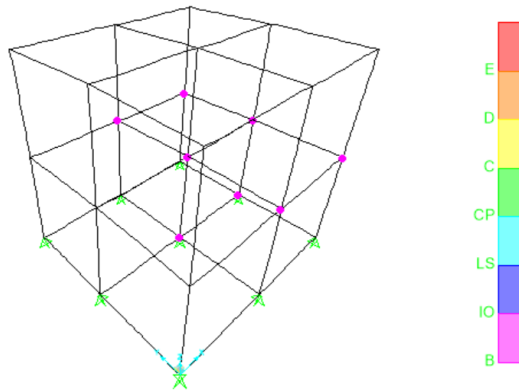


Gambar 6. 25 Distribusi sendi plastis pada step- 12 KDS C re-desain



Gambar 6. 26 Distribusi sendi plastis pada step-12 KDS D re-desain

Pada KDS E, sendi plastis terjadi pada step 19 dimana sendi plastis telah terjadi pada balok lantai 2 dan telah mencapai level *Immadiate Occupancy*.



Gambar 6. 27 Distribusi sendi plastis pada step-19 KDS E Re-Desain
Sumber: Dokumen penulis

6.5 Studi Kerusakan Bangunan

Parameter-parameter yang dibutuhkan untuk menghitung nilai probabilitas kegagalan struktur antara lain adalah median spectral displacement point dan standar deviasi masing-masing damage state. Penentuan parameter-parameter tersebut akan dijelaskan sebagai berikut ini. Adapun langkah-langkah dalam mendapatkan tingkat kerusakan suatu bangunan dengan menggunakan metode HAZUS.

1. Mendeskripsikan model tipe bangunan yang ditinjau Bangunan yang digunakan adalah bangunan bertipe struktur rangka beton bertulang (*concrete moment frame*) dengan *range low-rise* karena bangunan mempunyai 2 lantai jadi label bangunan yang digunakan adalah CIL. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada Tabel 6.13.

Tabel 6. 13 Model tipe bangunan yang digunakan

No	Label	Description	Height			
			Range		Typical	
			Name	Stories	Stories	Feet
16	CIL	Concrete moment frame	Low-rise	1-3	2	20
17	CIM		Mid-rise	4-7	5	50
18	CIH		High-rise	+8	12	120

2. Setelah diketahui tipe struktur nilai standar deviasi diperoleh dari tabel HAZUS yang diklasifikasikan berdasarkan jumlah lantai, bahan konstruksi dan sistem struktural yang dimiliki, langkah selanjutnya adalah menentukan nilai median spectral displacement (S_d, d_s) dan standar deviasi (β_{d_s}) yang dapat dilihat pada Tabel 6.14.

Tabel 6. 14 Building structural Fragility

Building Properties			Intensity Drift at				Spectral Displacement (inches)							
Type	Height (inches)		Threshold of Damage State				Slight		Moderate		Extensive		Complete	
	Floor	Modal	Slight	Moderate	Extensive	Complete	Median	Beta	Median	Beta	Median	Beta	Median	Beta
W1	168	126	0.0050	0.0124	0.0383	0.0937	0.63	0.80	1.56	0.81	4.82	0.88	11.81	1.01
W2	288	216	0.0050	0.0124	0.0383	0.0938	1.08	0.89	2.68	0.89	8.27	0.86	20.25	0.97
S1L	288	216	0.0075	0.0119	0.0253	0.0625	1.62	0.73	2.58	0.73	5.47	0.75	13.50	0.93
S1M	720	540	0.0050	0.0080	0.0169	0.0417	2.70	0.66	4.30	0.70	9.12	0.78	22.50	0.91
S1H	1872	1123	0.0037	0.0060	0.0127	0.0313	4.21	0.64	6.72	0.66	14.33	0.68	35.10	0.86
S2L	288	216	0.0063	0.0100	0.0250	0.0625	1.35	0.89	2.16	0.89	5.40	0.88	13.50	0.97
S2M	720	540	0.0042	0.0067	0.0167	0.0417	2.25	0.67	3.60	0.68	9.00	0.74	22.50	0.92
S2H	1872	1123	0.0031	0.0050	0.0125	0.0313	3.51	0.62	5.62	0.63	14.04	0.68	35.10	0.84
S3	180	135	0.0050	0.0080	0.0201	0.0547	0.68	0.89	1.08	0.90	2.71	0.98	7.38	0.85
S4L	288	216	0.0050	0.0080	0.0200	0.0547	1.08	0.98	1.73	0.95	4.33	0.97	11.81	0.98
S4M	720	540	0.0033	0.0053	0.0134	0.0364	1.80	0.69	2.88	0.72	7.22	0.81	19.68	0.98
S4H	1872	1123	0.0025	0.0040	0.0100	0.0273	2.81	0.66	4.50	0.67	11.26	0.78	30.71	0.93
S5L	288	216	0.0038	0.0075	0.0188	0.0438	0.81	1.00	1.62	1.00	4.05	1.03	9.45	0.91
S5M	720	540	0.0025	0.0050	0.0125	0.0292	1.35	0.74	2.70	0.72	6.75	0.78	15.75	0.94
S5H	1872	1123	0.0019	0.0037	0.0094	0.0219	2.11	0.67	4.21	0.69	10.53	0.74	24.57	0.90
C1L	240	180	0.0063	0.0100	0.0250	0.0625	1.13	0.85	1.80	0.85	4.50	0.88	11.25	0.95
C1M	600	450	0.0042	0.0067	0.0167	0.0417	1.87	0.70	3.00	0.69	7.50	0.75	18.75	0.95
C1H	1440	864	0.0031	0.0050	0.0125	0.0313	2.70	0.66	4.32	0.71	10.80	0.79	27.00	0.95
C2L	240	180	0.0050	0.0086	0.0247	0.0625	0.90	0.91	1.72	0.94	4.44	1.01	11.25	0.90
C2M	600	450	0.0033	0.0064	0.0164	0.0417	1.50	0.76	2.86	0.74	7.40	0.74	18.75	0.94
C2H	1440	864	0.0025	0.0048	0.0123	0.0313	2.16	0.66	4.12	0.67	10.66	0.74	27.00	0.91
C3L	240	180	0.0038	0.0075	0.0188	0.0438	0.68	0.92	1.35	0.99	3.38	1.04	7.88	0.88
C3M	600	450	0.0025	0.0050	0.0125	0.0292	1.12	0.77	2.25	0.79	5.62	0.78	13.12	0.93
C3H	1440	864	0.0019	0.0038	0.0094	0.0219	1.62	0.68	3.24	0.69	8.10	0.70	18.90	0.88
PC1	180	135	0.0050	0.0080	0.0201	0.0547	0.68	0.89	1.08	0.95	2.71	1.00	7.38	0.96
PC2L	240	180	0.0050	0.0080	0.0201	0.0547	0.90	0.98	1.44	0.98	3.61	1.02	9.84	0.91
PC2M	600	450	0.0033	0.0053	0.0134	0.0364	1.50	0.76	2.40	0.75	6.02	0.75	16.40	0.94
PC2H	1440	864	0.0025	0.0040	0.0100	0.0273	2.16	0.66	3.46	0.68	8.66	0.73	23.63	0.92
RM1L	240	180	0.0050	0.0080	0.0201	0.0547	0.90	0.97	1.44	1.01	3.61	1.07	9.84	0.88
RM1M	600	450	0.0033	0.0053	0.0134	0.0364	1.50	0.78	2.40	0.78	6.02	0.78	16.40	0.94
RM2L	240	180	0.0050	0.0080	0.0201	0.0547	0.90	0.94	1.44	0.98	3.61	1.05	9.84	0.89
RM2M	600	450	0.0033	0.0053	0.0134	0.0364	1.50	0.76	2.40	0.75	6.02	0.75	16.40	0.92
RM2H	1440	864	0.0025	0.0040	0.0100	0.0273	2.16	0.66	3.46	0.67	8.66	0.80	23.63	0.89
URML	180	135	0.0038	0.0075	0.0187	0.0438	0.51	0.89	1.01	0.91	2.53	0.96	5.91	1.06
URMM	420	315	0.0025	0.0050	0.0125	0.0292	0.79	0.81	1.57	0.84	3.94	0.87	9.19	0.82
MH	120	120	0.0050	0.0100	0.0300	0.0875	0.60	0.81	1.20	0.89	3.80	0.97	10.50	0.86

3. Probabilitas kerusakan (*Building Damage Probability*)

Diketahui nilai S_d dari hasil analisa pushover performance point strukur digunakan untuk mengetahui kemungkinan terjadinya kerusakan di masa mendatang. Untuk membuat *building damage Probability* digunakan koefisien-koefisien sesuai dengan *code seismic* dan model tipe bangunan yang telah ditentukan.

Tabel 6. 15 Rekapitulasi nilai S_d re-desain

KDS	Sds
C	4.18
D	7.262
E	13.768

Hasil probabilitas tingkat kerusakan disajikan pada Tabel 6.16 berikut ini.

A. KDS C Re-Desain

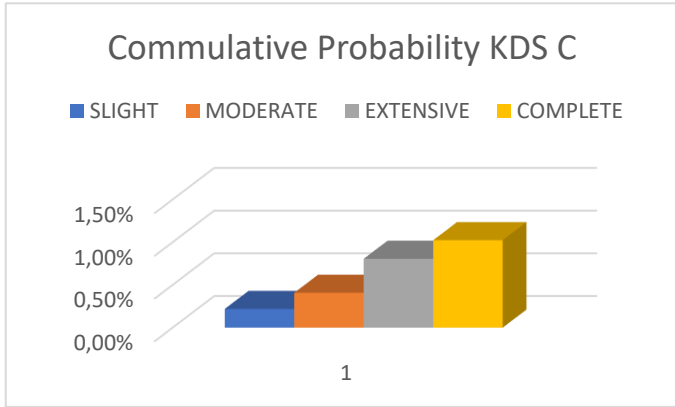
Tabel 6. 16 Probabilitas kerusakan gedung KDS C re-desain

<i>Slight</i>						
Sd	S ds	b ds	Sd/ S ds	Ln (Sd/ Sds)	(Ln (Sd/ S ds))/b ds	$\Phi [(Ln (Sd/ S ds)) / b ds]$
4.18	28.702	17.526	0.24597589	-1.40252	-0.08003	-0.002192691
<i>Moderate</i>						
Sd	S ds	b ds	Sd/ S ds	Ln (Sd/ Sds)	(Ln (Sd/ S ds))/b ds	$\Phi [(Ln (Sd/ S ds)) / b ds]$
4.18	57.15	18.796	0.123534558	-2.09123	-0.11126	-0.00408322517
<i>Extensive</i>						
Sd	S ds	b ds	Sd/ S ds	Ln (Sd/ Sds)	(Ln (Sd/ S ds))/b ds	$\Phi [(Ln (Sd/ S ds)) / b ds]$
4.18	171.45	20.828	0.041178186	-3.18985	-0.15315	-0.00805578705
<i>Complete</i>						
Sd	S ds	b ds	Sd/ S ds	Ln (Sd/ Sds)	(Ln (Sd/ S ds))/b ds	$\Phi [(Ln (Sd/ S ds)) / b ds]$
4.18	457.2	20.574	0.01544182	-4.17068	-0.20272	-0.01023715038

Kemudian dihitung *cumulative probability*, untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada Tabel 6.17 berikut ini.

Tabel 6. 17 Cummulative probality KDS C re-desain

<i>Cummulative probability</i>	<i>slight</i>	<i>moderate</i>	<i>extensive</i>	<i>complete</i>	<i>None collapse</i>
	0.00219	0.00408	0.00806	0.010237	0.9754
	0.219 %	0.408 %	0.806 %	1.0237 %	97.54 %



Gambar 6. 28 Matrik probabilitas kerusakan bangunan KDS C re-desain

Sumber: Dokumen penulis

Gambar 6.28 menunjukkan bahwa gedung yang diteliti dengan memiliki persentase probabilitas kerusakan akibat gempa, baik dari level kerusakan kecil hingga runtuh total sebesar 2.4567 % dan persentase probabilitas bangunan untuk tidak roboh atau *none collapse* sebesar 97.5433%.

B. KDS D Re-Desain

Tabel 6. 18 Probabilitas kerusakan gedung KDS D re-desain

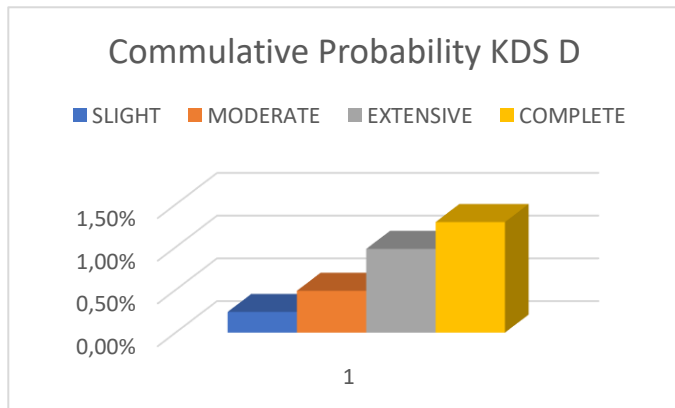
<i>Slight</i>						
Sd	S ds	b ds	Sd/ S ds	Ln (Sd/ Sds)	(Ln (Sd/ S ds))/b ds	$\phi[(Ln (Sd/ S ds))/b ds]$
10.641	28.702	17.526	0.370740715	-0.99225	-0.05662	-0.002417504
<i>Moderate</i>						
Sd	S ds	b ds	Sd/ S ds	Ln (Sd/ Sds)	(Ln (Sd/ S ds))/b ds	$\phi[(Ln (Sd/ S ds))/b ds]$
10.641	57.15	18.796	0.186194226	-1.68096	-0.08943	-0.00490087667
<i>Extensive</i>						
Sd	S ds	b ds	Sd/ S ds	Ln (Sd/ Sds)	(Ln (Sd/ S ds))/b ds	$\phi[(Ln (Sd/ S ds))/b ds]$
10.641	171.45	20.828	0.062064742	-2.77958	-0.13345	-0.00980885948

<i>Complete</i>						
Sd	S ds	b ds	Sd/ S ds	Ln (Sd/ Sds)	(Ln (Sd/ S ds))/b ds	ϕ [(Ln (Sd/ S ds))/b ds]
10.641	457.2	20.574	0.023274278	-3.76041	-0.18277	-0.01294044804

Kemudian dihitung *cumulative probability*, untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada Tabel 6.19 berikut ini.

Tabel 6. 19 Cummulative probability KDS D re-desain

<i>Cummulative probability</i>	<i>slight</i>	<i>moderate</i>	<i>extensive</i>	<i>complete</i>	<i>None collapse</i>
	0.00242	0.00490	0.0098	0.01294	0.96994
	0.242 %	0.490%	0.98 %	1.294 %	96.994%



Gambar 6. 29 probabilitas kerusakan bangunan KDS D re-desain

Sumber: Dokumen penulis

Gambar 6.29 menunjukkan bahwa gedung yang diteliti dengan memiliki persentase probabilitas kerusakan akibat gempa, baik dari level kerusakan kecil hingga runtuh total sebesar 3.006 %

dan persentase probabilitas bangunan untuk tidak roboh atau *none collapse* sebesar 96,994%.

C. KDS E Re-Desain

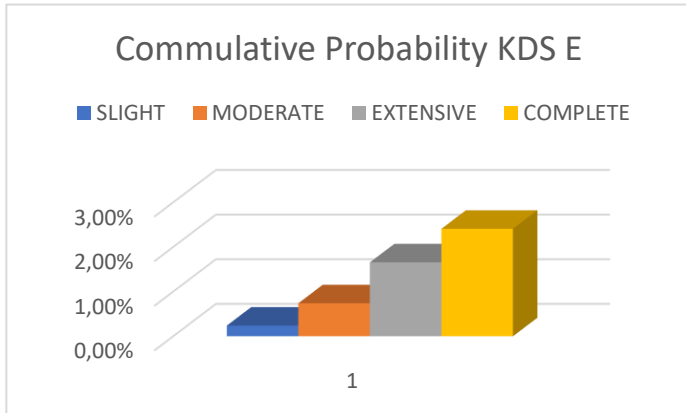
Tabel 6. 20 Probabilitas kerusakan gedung KDS E re-desain

<i>Slight</i>						
Sd	S ds	b ds	Sd/ S ds	Ln (Sd/ Sds)	(Ln (Sd/ S ds))/b ds	$\phi[(Ln (Sd/ S ds))/b ds]$
20.173	28.702	17.526	0.702843007	-0.35262	-0.02012	-0.002394271
<i>Moderate</i>						
Sd	S ds	b ds	Sd/ S ds	Ln (Sd/ Sds)	(Ln (Sd/ S ds))/b ds	$\phi [(Ln (Sd/ S ds))/b ds]$
20.173	57.15	18.796	0.352983377	-1.04133	-0.05540	-0.00739615508
<i>Extensive</i>						
Sd	S ds	b ds	Sd/ S ds	Ln (Sd/ Sds)	(Ln (Sd/ S ds))/b ds	$\phi [(Ln (Sd/ S ds))/b ds]$
20.173	171.45	20.828	0.117661126	-2.13995	-0.10274	-0.01655201640
<i>Complete</i>						
Sd	S ds	b ds	Sd/ S ds	Ln (Sd/ Sds)	(Ln (Sd/ S ds))/b ds	$\phi [(Ln (Sd/ S ds))/b ds]$
20.173	457.2	20.574	0.044122922	-3.12078	-0.15169	-0.02407247634

Kemudian dihitung *cumulative probability*, untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada Tabel 6.21 berikut ini.

Tabel 6. 21 Cummulative probability KDS E re-desain

<i>Cummulative probability</i>	<i>slight</i>	<i>moderate</i>	<i>extensive</i>	<i>complete</i>	<i>None collapse</i>
	0.00239	0.007396	0.01655	0.02407	0.9995
	0.239 %	0.7396 %	1.655 %	2.407 %	94.9594 %



Gambar 6. 30 Matrik probabilitas kerusakan bangunan KDS E re-desain

Sumber: Dokumen penulis

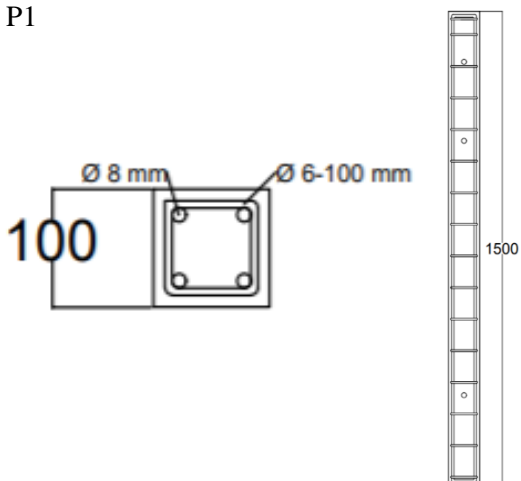
Gambar 6.30 menunjukkan bahwa gedung yang diteliti dengan memiliki persentase probabilitas kerusakan akibat gempa, baik dari level kerusakan kecil hingga runtuh total sebesar 5.0406% dan persentase probabilitas bangunan untuk tidak roboh atau *none collapse* sebesar 94.9594%.

BAB VII ANALISA STRUKTUR RE-DESAIN

7.1 Hasil Re-Desain Panel Struktur

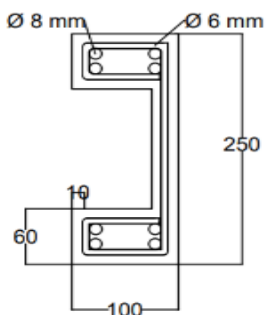
Mutu beton (f_c') = 25 mpa
Mutu baja tulangan (f_y) = 240 mpa

1. Panel P1

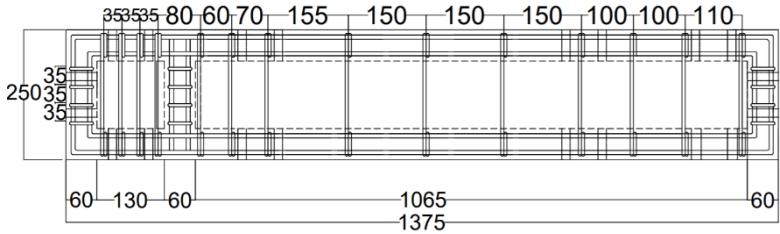


Gambar 7. 1 Penulangan Panel P1
Sumber: Dokumen penulis

2. Panel P2

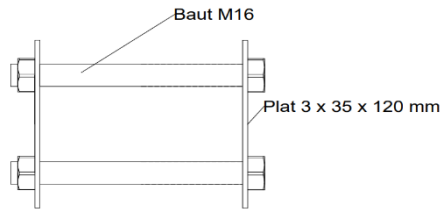


Gambar 7. 2 Penampang panel P2 redesain
Sumber: Dokumen penulis



Gambar 7. 3 Penulangan panel P2 Re-Desain
Sumber: Dokumen penulis

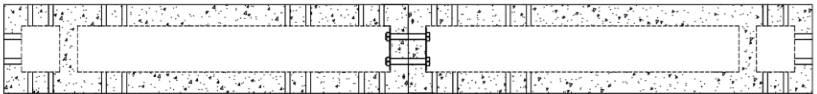
3. Sambungan



Gambar 7. 4 Sambungan baut M16
Sumber: Dokumen penulis

4. Balok

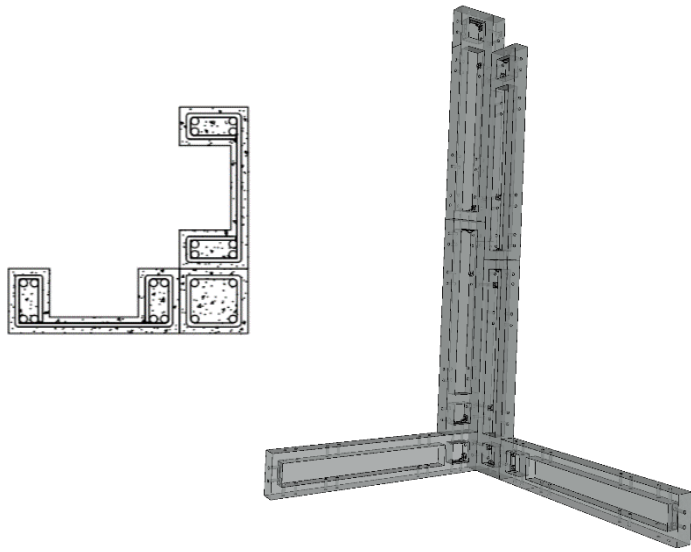
Balok Terdiri dari panel P2 berjumlah dua yang disambung dengan baut. Detail dapat dilihat pada gambar 7.5



Gambar 7. 5 Balok Redesain
Sumber: Dokumen penulis

5. Kolom Pojok

Kolom Pojok Terdiri dari panel P1 sebagai komponen penyambung dan komponen panel P2 berjumlah dua yang disambung dengan baut. Detail dapat dilihat pada gambar 7.6.

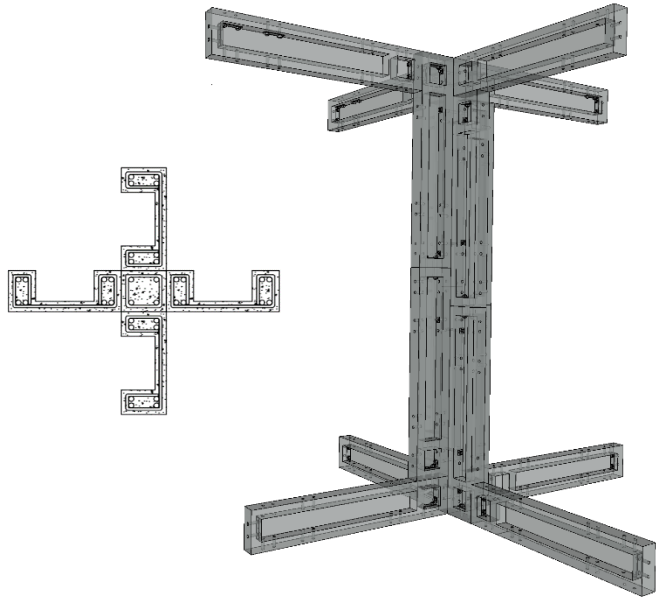


Gambar 7. 6 Kolom pojok re-desain

Sumber: Dokumen penulis

6. Kolom Tengah

Kolom Tengah terdiri dari panel P1 sebagai komponen penyambung dan komponen panel P2 berjumlah empat yang disambung dengan baut. Detail dapat dilihat pada gambar 7.7.

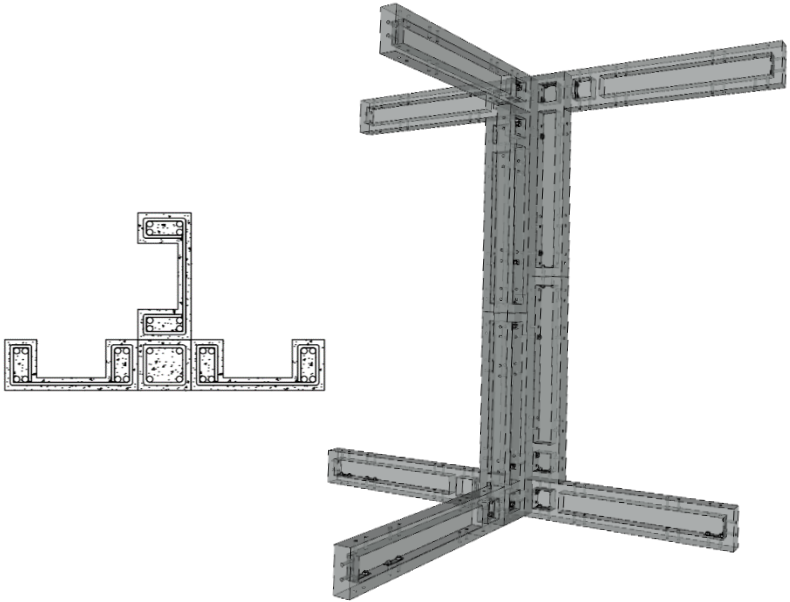


Gambar 7. 7 Kolom tengah re-desain

Sumber: Dokumen penulis

7. Kolom Tepi

Kolom Tepi Terdiri dari panel P1 sebagai komponen penyambung dan komponen panel P2 berjumlah tiga yang disambung dengan baut. Detail dapat dilihat pada gambar 7.8.

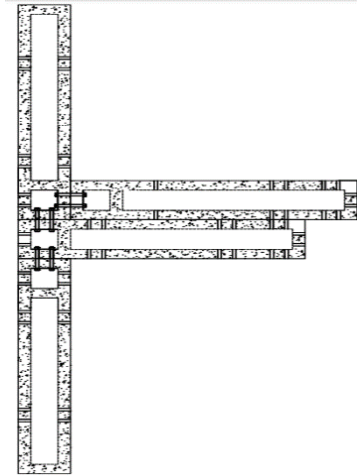


*Gambar 7. 8 Kolom tepi re-desain
Sumber: Dokumen penulis*

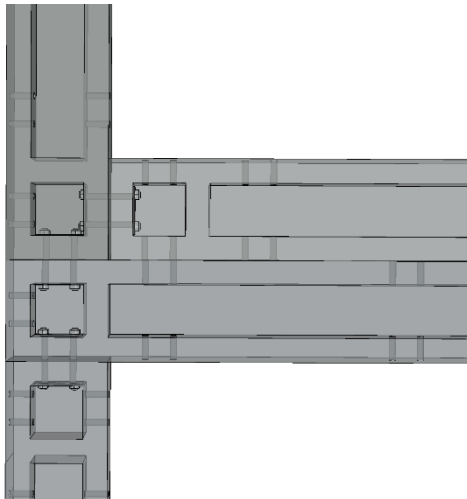
8. Detail Sambungan

Terdapat Beberapa macam tipe sambungan tergantung pada letak posisi sambungan tersebut.

- Hubungan balok kolom Lantai 2



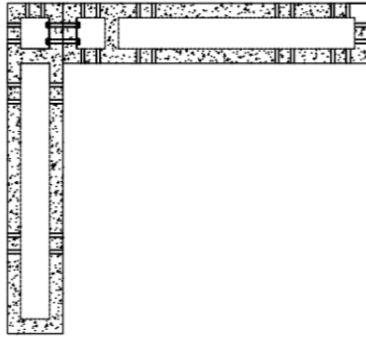
Gambar 7. 9 Sambungan Balok dengan Kolom lantai 2



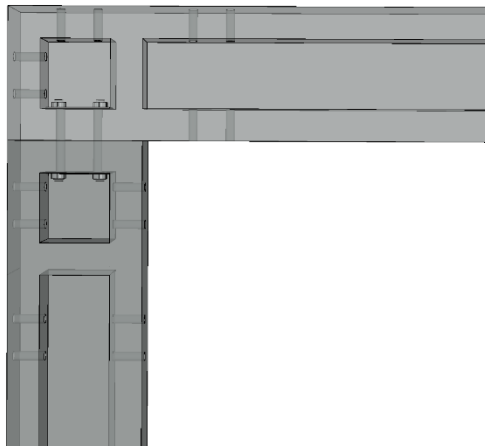
Gambar 7. 10 Sambungan Balok Kolom lantai 2 3D

Sumber: Dokumen penulis

- Hubungan balok dengan kolom lantai atap tipe 1

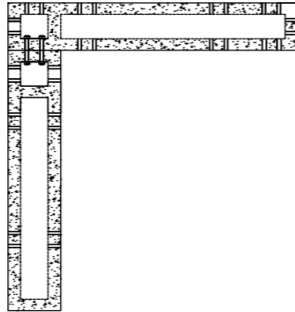


Gambar 7. 11 sambungan Balok dengan Kolom lantai Atap tipe 1

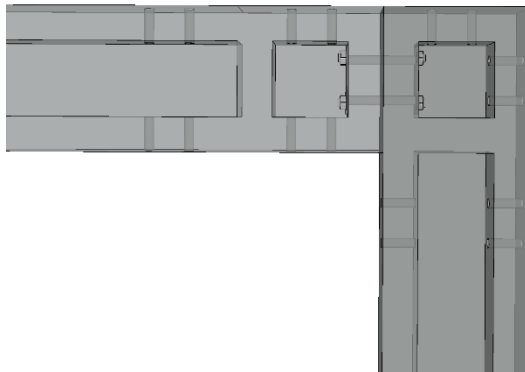


Gambar 7. 12 Hubungan balok dengan Kolom Tipe 1 3D
Sumber: Dokumen penulis

- Hubungan balok dengan kolom atap tepi 2



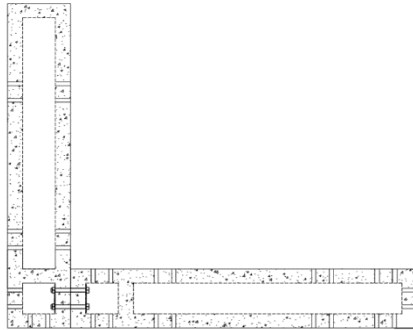
Gambar 7. 13 Sambungan Balok dengan Kolom Tipe 2



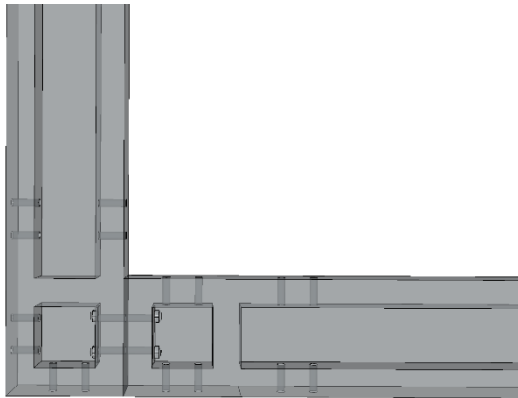
Gambar 7. 14 Hubungan balok dengan kolom tipe 2 3D

Sumber: Dokumen penulis

- Sambungan Sloof dengan Kolom



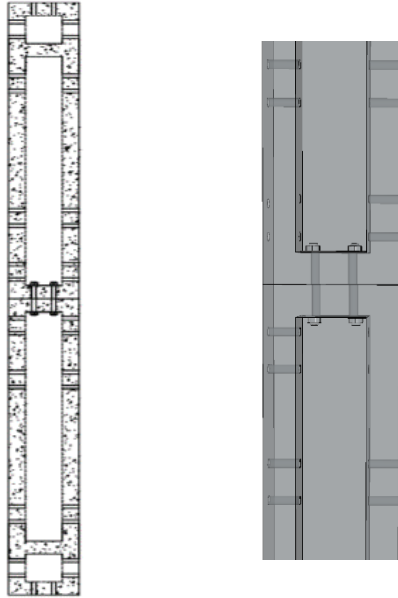
Gambar 7. 15 Sambungan Sloof dengan kolom



Gambar 7. 16 Sambungan Sloof dengan Kolom 3D

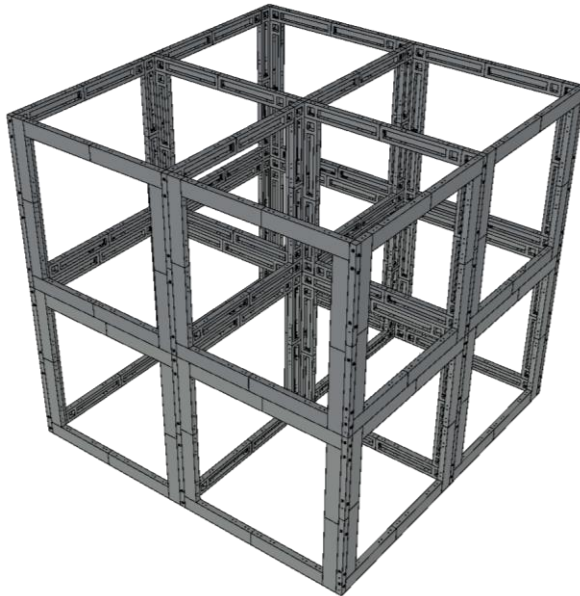
Sumber: Dokumen penulis

- Sambungan Antar Kolom



***Gambar 7. 17 Sambungan Kolom Re-desain
Sumber: Dokumen penulis***

9. Struktur Penuh Re-desain 2 lantai
Struktur ketika semua panel telah selesai dipasang dapat dilihat pada gambar 7.18.



*Gambar 7. 18 Full Panel Re-desain 2 lantai
Sumber: Dokumen penulis*

Perhitungan struktur re-desain meliputi perhitungan kapasitas panel balok dan kolom. Berupa pengecekan pada momen (M_u), geser (V_u), dan Torsi (T).

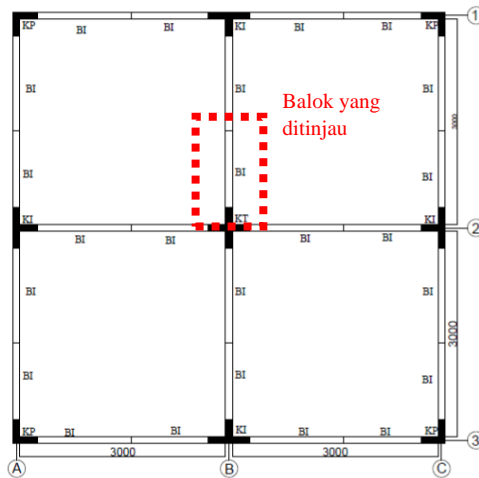
7.2 Cek Kapasitas Balok

Dipilih satu untuk objek kontrol balok seperti pada gambar 7.19. Objek yang sama diambil pada setiap lantai dan pengecekan dilakukan untuk setiap KDS C, D, dan E.

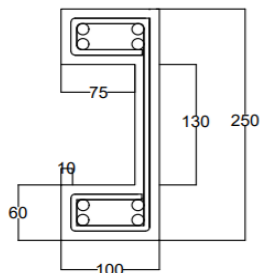
7.2.1 Data Perencanaan Balok

Direncanakan balok dengan spesifikasi sebagai berikut:

- Mutu beton (f_c') = 25 MPa
- Mutu baja (f_y) = 400 MPa
- Lebar balok = 250 mm
- Panjang balok = 1375 mm
- Tebal selimut = 10 mm

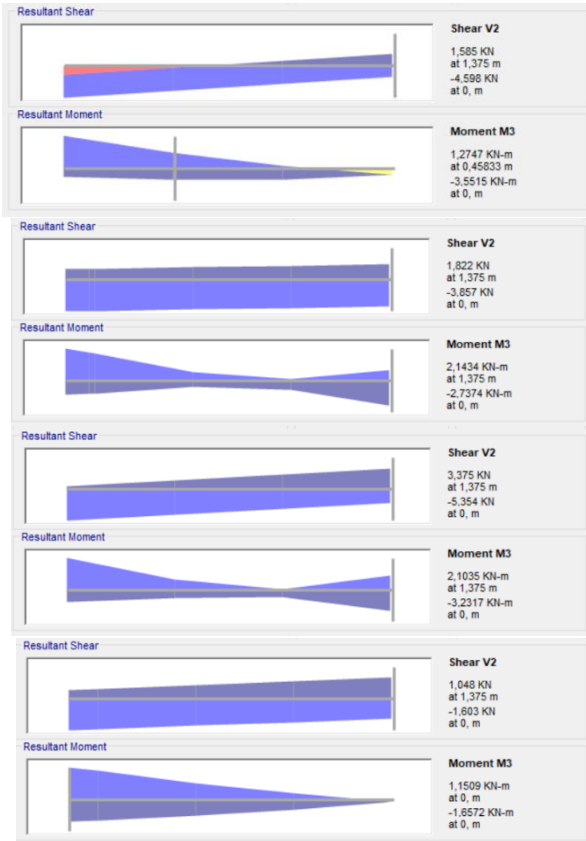


Gambar 7. 19 Denah lokasi balok yang ditinjau
 Sumber: Dokumen penulis



Gambar 7. 20 Dimensi balok yang ditinjau
 Sumber: Dokumen penulis

Analisa menggunakan SAP2000 dan didapat gaya-gaya sebagai berikut:



Gambar 7. 21 Gaya-gaya ultimate pada balok tinjau
Sumber: Dokumen penulis

Rencana penulangan pada panel balok dapat dilihat pada tabel 7.1 dan hasil momen kapasitas pada balok tinjau dapat dilihat pada tabel 7.3. Untuk kapasitas geser dapat dilihat pada tabel 7.4.

Tabel 7. 1 Rekapitulasi penulangan balok

	Tumpuan				Lapangan			
	Atas		Bawah		Atas		Bawah	
Longitudinal	4	Ø8	4	Ø8	4	Ø8	4	Ø8
Transversal	Ø6 -100				Ø6 -150			

$$d'' = t_f + \text{Øtul. Trans} + (\text{Øtul. Longitudinal}/2)$$

$$= 10 + 6 + (8/2)$$

$$= 20 \text{ mm}$$

$$d = h - d''$$

$$= 250 - 20$$

$$= 230 \text{ mm}$$

Tabel 7. 2 Kondisi tulangan tarik dan tekan balok tinjau

daerah	tulangan		kondisi	Tarik As; tekan As' (mm ²)	d' (mm)	d (mm)
tumpuan	4	D8	tarik	201,06	20	230
	4	D8	tekan	201,06	20	230
lapangan	4	D8	tarik	201,06	20	230
	4	D8	tekan	201,06	20	230

7.2.2 Perhitungan Momen Kapasitas Balok Lapangan

a. Analisa tulangan rangkap

$$C_c' + C_s' = T$$

$$0,85.f_c'.b_w.a + A_s'.(f_s'-0,85.f_c') = A_s.f_y$$

$$0,85.f_c'.b_w.\beta_1.x + A_s'.(((x-t_f)/x).600)-0,85.f_c') = A_s.f_y$$

$$0,85.f_c'.b_w.\beta_1.x + A_s'.(1-(d/x)).600 - A_s'.0,85.f_c' = A_s.f_y$$

$$0,85.f_c'.b_w.\beta_1.x + A_s'.600 - A_s'.600.(t_f/x) - A_s'.0,85.f_c' -$$

$$A_s.f_y = 0$$

$$0,85.f_c'.b_w.\beta_1.x^2 + A_s'.600.x - A_s.f_y.x - A_s'.0,85.f_c'.x -$$

$$A_s'.600.d'' = 0$$

$$0,85 \cdot f_c' \cdot b_w \cdot \beta_1 \cdot x^2 + (A_s' \cdot 600 - A_s \cdot f_y - A_s' \cdot 0,85 \cdot f_c')x - A_s' \cdot 600 \cdot d'' = 0$$

Dari penjabaran diatas, didapat persamaan berikut:

$$a = 0,85 \times f_c' \times b_w \times \beta_1$$

$$= 0,85 \times 25 \times 100 \times 0,8$$

$$= 1700 \text{ N}$$

$$b = A_s' \times 600 - A_s \times f_y - A_s' \times 0,85 \times f_c'$$

$$= 201,06 \times 600 - 201,06 \times 240 - 201,06 \times 0,8 \times 25$$

$$= 68109,7 \text{ N}$$

$$c = A_s' \times 600 \times d''$$

$$= 201,06 \times 600 \times 20$$

$$= 2412743 \text{ N}$$

Dari persamaan matematika $ax^2 + bx + c$, didapat persamaan:

$$x_{1,2} = \frac{-b \pm \sqrt{b^2 - 4a(-c)}}{2a}$$

$$x_1 = \frac{-67282,3 + \sqrt{67282,3^2 - 4 \times 1700(-2412743)}}{2 \times 1700} = 23$$

$$x_2 = \frac{-67282,3 - \sqrt{67282,3^2 - 4 \times 1700(-2412743)}}{2 \times 1700} = -62,7$$

Maka,

$$x = 22,6 \text{ mm}$$

$$a = \frac{x}{\beta_1} = 28,3 \text{ mm}$$

$$f_s' = (x - d')/x \cdot 600$$

$$= (22,6 - 20)/22,6 \times 600$$

$$= 70 \text{ MPa} < f_y \text{ (belum leleh) dipakai } f_s'$$

b. Mencari nilai Mn:

Contoh perhitungan daerah lapangan:

$$\begin{aligned}
C_s' &= A_s' \times (f_s' - 0,85 \times f_c') \\
&= 201,06 \times (-70 - 0,85 \times 25) \\
&= 9774,2 \text{ N} \\
C_c &= 0,85 \times f_c' \times b_w \times a \\
&= 0,85 \times 25 \times 100 \times 28,3 \\
&= 60126 \text{ N} \\
T &= A_s \times f_y \\
&= 201,06 \times 240 \\
&= 48254,86 \text{ N} \\
M_n &= T \cdot \left(d - \frac{a}{2}\right) + C_s'(d - d'') \\
&= 48254,86 \times (230 - 28,3/2) + 9774,2 \times (230 - 20) \\
&= 12468533 \text{ Nmm}
\end{aligned}$$

7.2.3 Perhitungan Momen Kapasitas Balok Tumpuan

a. Analisa tulangan rangkap

$$\begin{aligned}
C_c' + C_s' &= T \\
0,85 \cdot f_c' \cdot b_w \cdot a + A_s' \cdot (f_s' - 0,85 \cdot f_c') &= A_s \cdot f_y \\
0,85 \cdot f_c' \cdot b_w \cdot \beta_1 \cdot x + A_s' \cdot (((x - t_f) / x) \cdot 600) - 0,85 \cdot f_c' &= A_s \cdot f_y \\
0,85 \cdot f_c' \cdot b_w \cdot \beta_1 \cdot x + A_s' \cdot (1 - (d / x)) \cdot 600 - A_s' \cdot 0,85 \cdot f_c' &= A_s \cdot f_y \\
0,85 \cdot f_c' \cdot b_w \cdot \beta_1 \cdot x + A_s' \cdot 600 - A_s' \cdot 600 \cdot (t_f / x) - A_s' \cdot 0,85 \cdot f_c' - & \\
A_s \cdot f_y &= 0 \\
0,85 \cdot f_c' \cdot b_w \cdot \beta_1 \cdot x^2 + A_s' \cdot 600 \cdot x - A_s \cdot f_y \cdot x - A_s' \cdot 0,85 \cdot f_c' \cdot x - & \\
A_s' \cdot 600 \cdot d'' &= 0 \\
0,85 \cdot f_c' \cdot b_w \cdot \beta_1 \cdot x^2 + (A_s' \cdot 600 - A_s \cdot f_y - A_s' \cdot 0,85 \cdot f_c') x - & \\
A_s' \cdot 600 \cdot d'' &= 0
\end{aligned}$$

Dari penjabaran diatas, didapat persamaan berikut:

$$\begin{aligned}
a &= 0,85 \times f_c' \times b_w \times \beta_1 \\
&= 0,85 \times 25 \times 100 \times 0,8 \\
&= 1700 \text{ N} \\
b &= A_s' \times 600 - A_s \times f_y - A_s' \times 0,85 \times f_c' \\
&= 201,06 \times 600 - 201,06 \times 240 - 201,06 \times 0,8 \times 25
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
&= 68109,7 \text{ N} \\
c &= A_s' \times 600 \times d'' \\
&= 201,06 \times 600 \times 20 \\
&= 2412743 \text{ N}
\end{aligned}$$

Dari persamaan matematika $ax^2 + bx + c$, didapat persamaan:

$$\begin{aligned}
x_{1,2} &= \frac{-b \pm \sqrt{b^2 - 4a(-c)}}{2a} \\
x_1 &= \frac{-67282,3 + \sqrt{67282,3^2 - 4 \times 1700(-2412743)}}{2 \times 1700} = 23 \\
x_2 &= \frac{-67282,3 - \sqrt{67282,3^2 - 4 \times 1700(-2412743)}}{2 \times 1700} = -62,7
\end{aligned}$$

Maka,

$$\begin{aligned}
x &= 22,6 \text{ mm} \\
a &= \frac{x}{\beta_1} = 28,3 \text{ mm}
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
fs' &= (x - d')/x \cdot 600 \\
&= (22,6 - 20)/22,6 \times 600 \\
&= 70 \text{ MPa} < fy \text{ (belum leleh) dipakai } fs'
\end{aligned}$$

b. Mencari nilai Mn:

Contoh perhitungan daerah lapangan :

$$\begin{aligned}
Cs' &= A_s' \times (fs' - 0,85 \times fc') \\
&= 201,06 \times (-70 - 0,85 \times 25) \\
&= 9774,2 \text{ N}
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
Cc &= 0,85 \times fc' \times bw \times a \\
&= 0,85 \times 25 \times 100 \times 28,3 \\
&= 60126 \text{ N}
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
T &= A_s \times fy \\
&= 201,06 \times 240 \\
&= 48254,86 \text{ N}
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 M_n &= T \cdot \left(d - \frac{a}{2} \right) + C_s' (d - d'') \\
 &= 48254,86 \times (230 - 28,3/2) + 9774,2 \times (230 - 20) \\
 &= 12468533 \text{ Nmm}
 \end{aligned}$$

Tabel 7. 3 Contoh perhitungan Mn balok

daerah	tulangan		kondisi	tarik As; tekan As' (mm ²)	Mn (N.mm)	ϕMn (kN.m)
tumpuan	4	D8	tarik	201,06	12468533	11,22
	4	D8	tekan	201,06		
lapangan	4	D8	tarik	201,06	12468533	11,22
	4	D8	tekan	201,06		

Tabel 7. 4 Kontrol kapasitas lentur balok tinjau

Nama Balok	KDS	Titik	Mu (kNm)	ØMn (kNm)	Cek
balok atap					
frame 9	e	tumpuan	1,662	11,22	OK
		lapangan	0,6431	11,22	OK

Rekapitulasi kontrol momen kapasitas balok dapat dilihat pada Lampiran 2.

7.2.4 Perhitungan Kapasitas Geser Balok

Contoh perhitungan kapasitas geser balok tinjau

$$A_v = 2 \times 0,25 \times \pi \times D^2 = 2 \times 0,25 \times 3,14 \times 6^2 = 56,5 \text{ mm}^2$$

$$\begin{aligned}
 V_c &= 0,17 \times \sqrt{f_c} \times b_w \times d \\
 &= 0,17 \times \sqrt{25} \times 100 \times 230 \\
 &= 19550 \text{ N}
 \end{aligned}$$

$$V_s = A_v \times f_y \times d/s$$

$$\begin{aligned}
 &= 56,5 \times 240 \times 230/100 \\
 &= 31214,9 \text{ N} \\
 V_n &= V_c + V_s = 19550 + 31214 = 50764,9 \text{ N} \\
 \phi V_n &= \phi \times V_n \\
 &= 0,75 \times 50764,9 = 38,1 \text{ kNm}
 \end{aligned}$$

Tabel 7. 5 Contoh perhitungan Vn balok

daerah	tulangan		Av (mm ²)	Vc (N)	Vs (N)	Vn (N)	ϕVn (kNm)
	Ø	s (mm)					
tumpuan	Ø6	- 100	56,5	19550	31214,9	50764,9	38,1
lapangan	Ø6	- 150	56,5	19550	20809,9	40359,9	30,3

Tabel 7. 6 Kontrol kapasitas geser balok tinjau

Nama Balok	KDS	Titik	Vu (kN)	ØVn (kN)	Cek
balok atap					
frame 9	e	tumpuan	1,56	38,07	OK
		lapangan	1,228	30,27	OK

Rekapitulasi kontrol kapasitas geser balok dapat dilihat pada Lampiran 3.

7.2.5 Perhitungan Torsi Balok

$$T_u = 67876 \text{ Nmm}$$

$$\begin{aligned}
 T_c &= \frac{\phi \cdot \sqrt{f_c'}}{12} \times \frac{A_{cp}^2}{p_{cp}} \\
 &= \frac{0,9 \cdot \sqrt{25}}{12} \times \frac{(250 \cdot 100)^2}{2 \cdot (250+100)} \\
 &= 334821,43 \text{ Nmm}
 \end{aligned}$$

Kontrol:

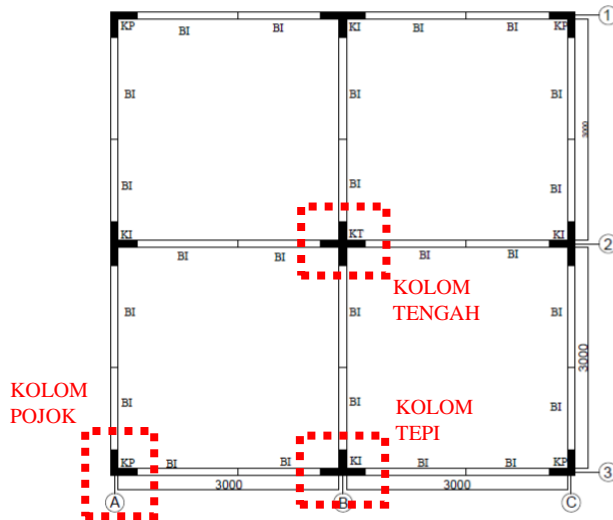
$T_u < T_c$

67876 Nmm < 334821, 43 Nmm (TIDAK PERLU TORSI)

7.3 Cek Kapasitas Kolom

Dipilih tiga kolom untuk objek kontrol kolom seperti pada gambar 7.22. Objek yang sama diambil pada setiap lantai dan pengecekan dilakukan untuk setiap KDS C, D, dan E.

7.3.1 Data Perencanaan Kolom



Gambar 7. 22 Denah lokasi kolom yang ditinjau

Sumber: Dokumen penulis

Direncanakan kolom dengan spesifikasi sebagai berikut:

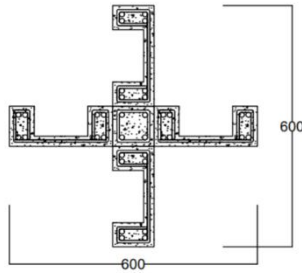
- Kolom Tengah (KT):

$F_c' = 25 \text{ MPa}$

$F_y = 400 \text{ MPa}$

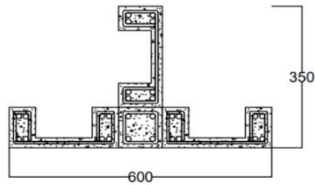
$h = 600 \text{ mm}$

$b_w = 600 \text{ mm}$
 $D \text{ tul.} = \text{Ø}8 \text{ (tul. Utama)}$
 $\quad = \text{Ø}6 \text{ (tul. Senggang)}$
 $n \text{ tul.} = 40 \text{ bh (X+Y)}$
 $t_s = 10 \text{ mm}$
 $d = 458 \text{ mm}$
 $d' = 451,5 \text{ mm}$



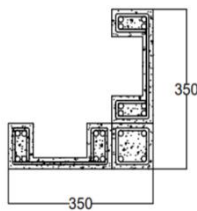
Gambar 7. 23 Kolom tengah re-desain
Sumber: Dokumen penulis

- Kolom Tepi (KTE):
 - $F_c' = 25 \text{ MPa}$
 - $F_y = 400 \text{ MPa}$
 - $h = 600 \text{ mm}$
 - $b_w = 350 \text{ mm}$
 - $D \text{ tul.} = \text{Ø}8 \text{ (tul. Utama)}$
 - $\quad = \text{Ø}6 \text{ (tul. Senggang)}$
 - $n \text{ tul.} = 12 \text{ bh (arah X)}$
 - $\quad = 20 \text{ bh (Arah X)}$
 - $t_s = 10 \text{ mm}$
 - $d = 482 \text{ mm}$
 - $d' = 222 \text{ mm}$



Gambar 7. 24 Kolom tepi re-desain
Sumber: Dokumen penulis

- Kolom Pojok (KP):
 - $F_c' = 25 \text{ MPa}$
 - $F_y = 400 \text{ MPa}$
 - $h = 350 \text{ mm}$
 - $b_w = 350 \text{ mm}$
 - D tul. = $\varnothing 8$ (tul. Utama)
 - = $\varnothing 6$ (tul. Sengkang)
 - n tul. = 12 bh (arah X)
 - = 12 bh (Arah X)
 - ts = 10 mm
 - d = 331 mm
 - d' = 321 mm



Gambar 7. 25 Dimensi kolom pojok re-desain
Sumber: Dokumen penulis

7.3.2 Perhitungan Kapasitas Kolom

Untuk mengetahui kapasitas kolom re-desain digunakan program bantu SPColoumn dengan melakukan input gaya-

gaya terjadi (P dan M3) hasil output SAP2000 seperti pada Tabel 7.7.

1. Kolom Tepi
 - a. Kapasitas Momen

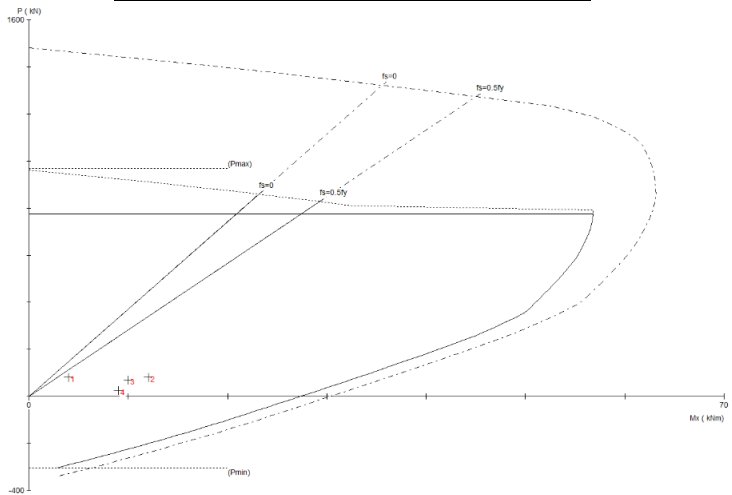
Tabel 7. 7 Gaya-gaya input untuk SPColumnn kolom tepi

KOLOM	KDS	P (kN)	M3 (kNm)
TEPI	e	83,574	4,809
	e	81,112	12,96
	e	70,484	10,743
	e	27,31	9,158
	d	74,631	2,9043
	d	72,17	6,6415
	d	63,98	7,16
	d	22,925	6,7481
	c	71,897	2,3411
	c	69,526	4,8267
	c	62,087	6,1105
	c	24,938	3,897

- KDS E

Tabel 7. 8 Gaya - gaya pada diagram interaksi kolom tepi KDS E

Kondisi	P	M3	ϵ_t
	kN	kNm	
Aksial tekan murni	970,3	-1,82	-0,0012
$f_s = 0.0$	860	23,14	0
$f_s = 0.5 f_y$	828,6	29,28	0,0006
$f_s = f_y$	801,8	34,18	0,0012
$\epsilon_t = 0,005$	917,8	56,12	0,005
Lentur murni	776,2	56,82	0,00657
Aksial tarik murni	0	27,31	0,04298



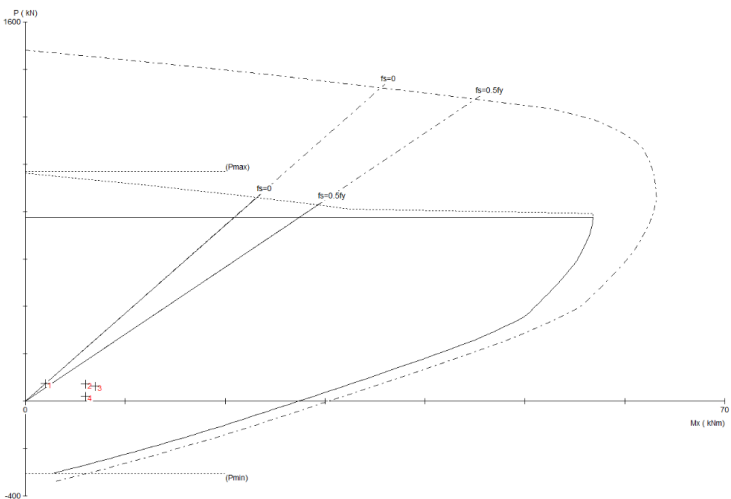
Gambar 7. 26 Diagram interaksi kolom tepi KDS E
Sumber: Dokumen penulis

Dari gambar 7.26 diketahui bahwa momen – momen ultimate yang diinput masih berada didalam diagram interaksi yang menunjukkan bahwa kolom tepi masih mampu menerima beban yang terjadi untuk KDS E Banda Aceh.

- KDS D

Tabel 7. 9 Gaya - gaya pada diagram interaksi kolom tepi KDS D

Kondisi	P	M3	ϵ_t
	kN	kNm	
Aksial tekan murni	970,3	-1,82	-0,0012
$f_s = 0.0$	860	23,14	0
$f_s = 0.5 f_y$	828,6	29,28	0,0006
$f_s = f_y$	801,8	34,18	0,0012
$\epsilon_s = 0,005$	917,8	56,12	0,005
Lentur murni	776,2	56,82	0,00657
Aksial tarik murni	0	27,31	0,04298



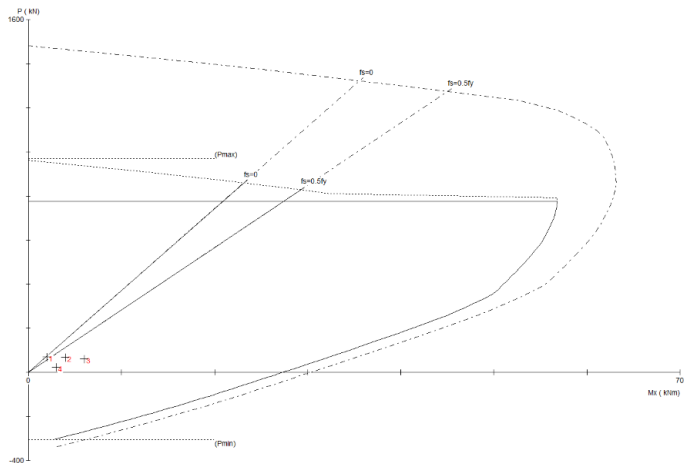
Gambar 7. 27 Diagram interaksi kolom tepi KDS D
Sumber: Dokumen penulis

Dari gambar 7.27 diketahui bahwa momen – momen ultimate yang diinput masih berada didalam diagram interaksi yang menunjukkan bahwa kolom tepi masih mampu menerima beban yang terjadi untuk KDS D Medan.

- KDS C

Tabel 7. 10 Gaya - gaya pada diagram interaksi kolom tepi KDS C

Kondisi	P	M3	ϵ_t
	kN	kNm	
Aksial tekan murni	970,3	-1,82	-0,0012
$f_s = 0.0$	860	23,14	0
$f_s = 0.5 f_y$	828,6	29,28	0,0006
$f_s = f_y$	801,8	34,18	0,0012
$\epsilon_t = 0,005$	917,8	56,12	0,005
Lentur murni	776,2	56,82	0,00657
Aksial tarik murni	0	27,31	0,04298



Gambar 7. 28 Diagram interaksi kolom tepi KDS C
Sumber: Dokumen penulis

Dari gambar 7.28 diketahui bahwa momen – momen ultimate yang diinput masih berada didalam diagram interaksi yang menunjukkan bahwa kolom tepi masih mampu menerima beban yang terjadi untuk KDS C Palembang.

b. Kapasitas Geser

Tabel 7. 11 Perhitungan kapasitas geser kolom tepi

	tulangan		Av (mm ²)	Vc (N)	Vs (N)	Vn (N)	ϕVn (kNm)
	∅	s (mm)					
K tepi X	∅6	- 100	56,5	132034,8	12548,6	144583,4	108,4
K tepi Y	∅6	- 100	56,5	280784,8	26685,7	307470,5	230,6

Contoh perhitungan

$$A_v = 2 \times 0,25 \times \pi \times D^2 = 2 \times 0,25 \times 3,14 \times 6^2 = 56,5 \text{ mm}^2$$

$$V_c = 0,17 \times \sqrt{f_c'} \times b_w \times d = 0,17 \times \sqrt{25} \times 350 \times 321 = 132034,8 \text{ N}$$

$$V_s = A_v \times f_y \times d / s = 56,5 \times 240 \times 321 / 100 = 12548,6 \text{ N}$$

$$V_n = V_c + V_s = 132034 + 12548,6 = 144583,4 \text{ N}$$

$$\phi V_n = (0,75 \times V_n) / 1000 = 0,75 \times 144583,4 = 108,4 \text{ kN}$$

Tabel 7. 12 Cek kapasitas geser kolom tepi tinjau

Nama Balok	KDS	Vu (kNm)	ϕVn (kNm)	Cek
Kolom tengah				
frame 185	e	11,234	1108,4	OK

2. Kolom Pojok
a. Kapasitas Momen

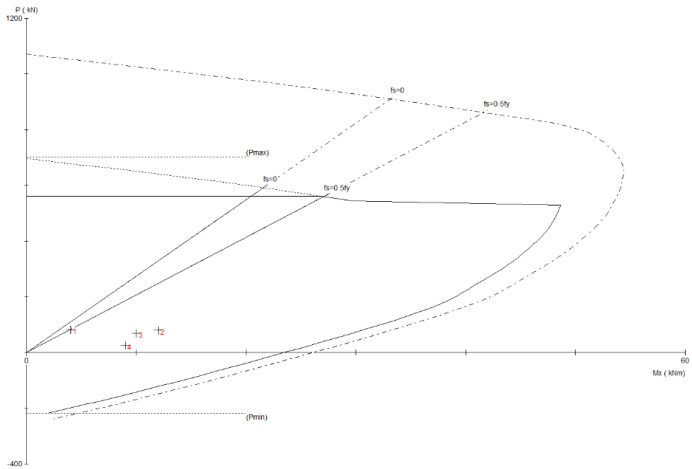
Tabel 7. 13 Gaya-gaya input untuk SPColoumn kolom pojok

KOLOM	KDS	P (kN)	M3 (kNm)
POJOK	e	55,715	4,53
	e	53,926	11,1263
	e	45	9,71
	e	15,766	5,412
	d	49,395	2,558
	d	47,607	5,5424
	d	42,132	6,3
	d	14,743	4,04
	c	47,586	2,144
	c	45,799	4,0196
	c	40,932	5,2899
	c	14,348	3,58

- KDS E

Tabel 7. 14 Gaya - gaya pada diagram interaksi kolom pojok KDS E

Kondisi	P	M3	ϵ_t
	kN	kNm	
Aksial tekan murni	702,4	-1,28	-0,0012
$f_s = 0.0$	592,1	21,55	0
Lentur murni	562	26,88	0,00058
$f_s = 0.5 f_y$	560,8	27,08	0,0006
$f_s = f_y$	533,9	31,45	0,0012
$\epsilon_t = 0,005$	554,6	48,84	0,005
Aksial tarik murni	0	23,46	0,03851



Gambar 7. 29 Diagram interaksi kolom pojok KDS E

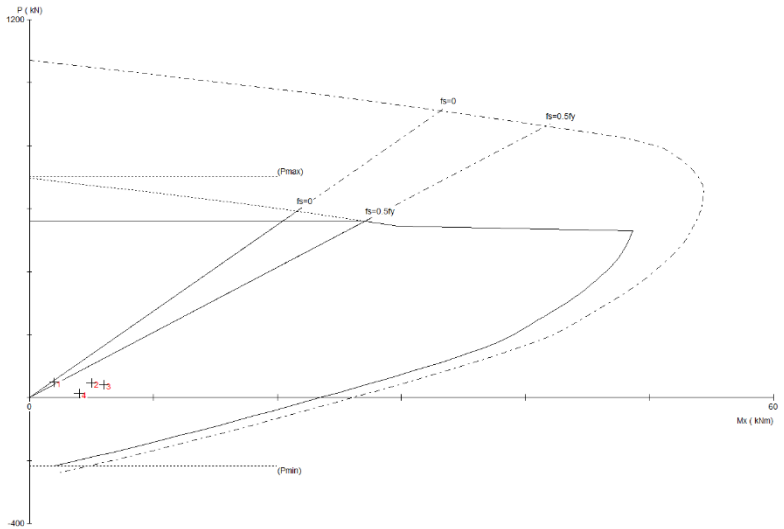
Sumber: Dokumen penulis

Dari gambar 7.29 diketahui bahwa momen – momen ultimate yang diinput masih berada didalam diagram interaksi yang menunjukkan bahwa kolom pojok masih mampu menerima beban yang terjadi untuk KDS E Banda Aceh.

- KDS D

Tabel 7. 15 Gaya - gaya pada diagram interaksi kolom pojok KDS D

Kondisi	P	M3	ϵ_t
	kN	kNm	
Aksial tekan murni	702,4	-1,28	-0,0012
$f_s = 0.0$	592,1	21,55	0
Lentur murni	562	26,88	0,00058
$f_s = 0.5 f_y$	560,8	27,08	0,0006
$f_s = f_y$	533,9	31,45	0,0012
$\epsilon_t = 0,005$	554,6	48,84	0,005
Aksial tarik murni	0	23,46	0,03851



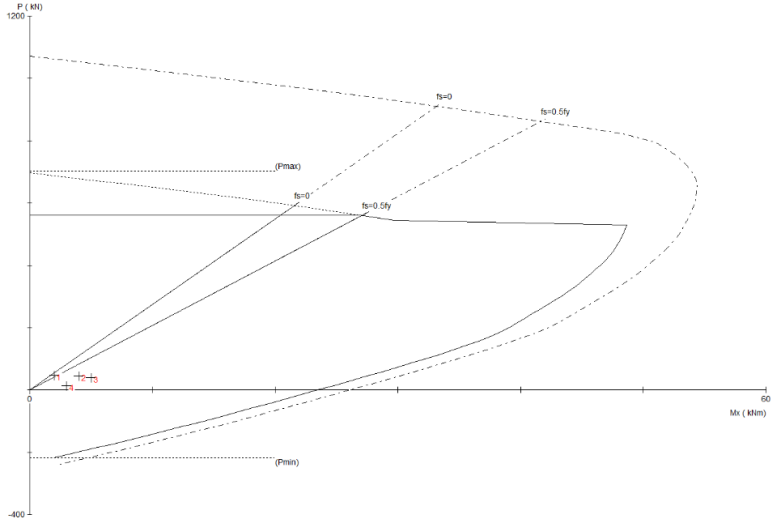
Gambar 7. 30 Diagram interaksi kolom pojok KDS D

Sumber: Dokumen penulis

- **KDS C**

Tabel 7. 16 Gaya - gaya pada diagram interaksi kolom pojok KDS C

Kondisi	P	M3	ϵ_t
	kN	kNm	
Aksial tekan murni	702,4	-1,28	-0,0012
$f_s = 0.0$	592,1	21,55	0
Lentur murni	562	26,88	0,00058
$f_s = 0.5 f_y$	560,8	27,08	0,0006
$f_s = f_y$	533,9	31,45	0,0012
$\epsilon_t = 0,005$	554,6	48,84	0,005
Aksial tarik murni	0	23,46	0,03851



Gambar 7. 31 Diagram interaksi kolom pojok KDS C
Sumber: Dokumen penulis

Dari gambar 7.31 diketahui bahwa momen – momen ultimate yang diinput masih berada didalam diagram interaksi yang menunjukkan bahwa kolom pojok masih mampu menerima beban yang terjadi untuk KDS C Palembang.

b. Kapasitas Geser

Tabel 7. 17 Perhitungan kapasitas geser kolom pojok

	tulangan		Av (mm ²)	Vc (N)	Vs (N)	Vn (N)	ϕVn (kNm)
	Ø	s (mm)					
K pojok	Ø6	- 100	56,5	190995	18152,1	209147,1	156,9

Tabel 7. 18 Cek kapasitas geser kolom pojok tinjau

Nama Balok	KDS	Vu (kNm)	ϕV_n (kNm)	Cek
Kolom tengah				
frame 184	e	10,779	156,9	OK

3. Kolom Tengah
 - a. Kapasitas Momen

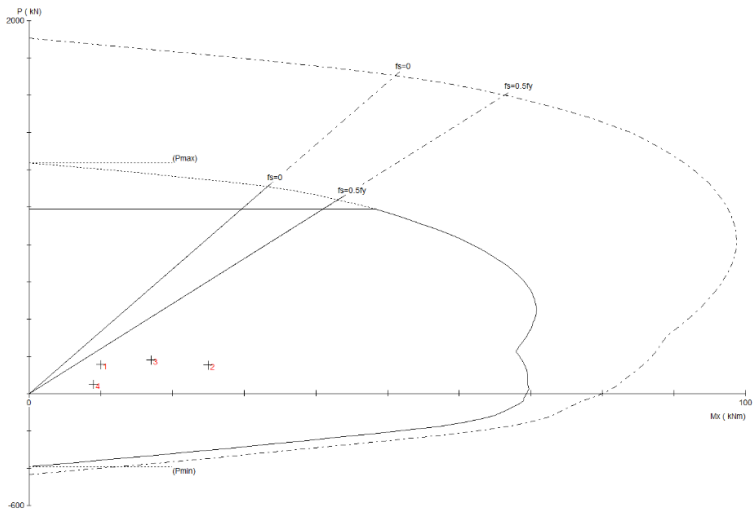
Tabel 7. 19 Gaya-gaya input untuk SPColumnn kolom tengah

KOLOM	KDS	P (kN)	M3 (kNm)
TENGAH	e	156,885	10,321
	e	154,177	25,1423
	e	180,288	17,1311
	e	51,23	9,2665
	d	156,441	4,33
	d	153,308	10,516
	d	144,623	7,5785
	d	51,236	3,936
	c	156,84	2,55
	c	153,415	6,1909
	c	144,479	4,7541
	c	51,22	2,3639

- KDS E

Tabel 7. 20 Gaya - gaya pada diagram interaksi kolom tengah KDS E

Kondisi	P	M3	ϵ_t
	kN	kNm	
Aksial tekan murni	1238,2	0	-0,0012
$f_s = 0.0$	1109,5	33,25	0
$f_s = 0.5 f_y$	1039,9	43,13	0,0006
Lentur murni	990,5	48,37	0,00084
$f_s = f_y$	908,1	54,72	0,0012
$\epsilon_t = 0,005$	0	69,47	0,00452
Aksial tarik menentukan	-43,9	69,06	0,005



Gambar 7. 32 Diagram interaksi kolom tengah KDS E

Sumber: Dokumen penulis

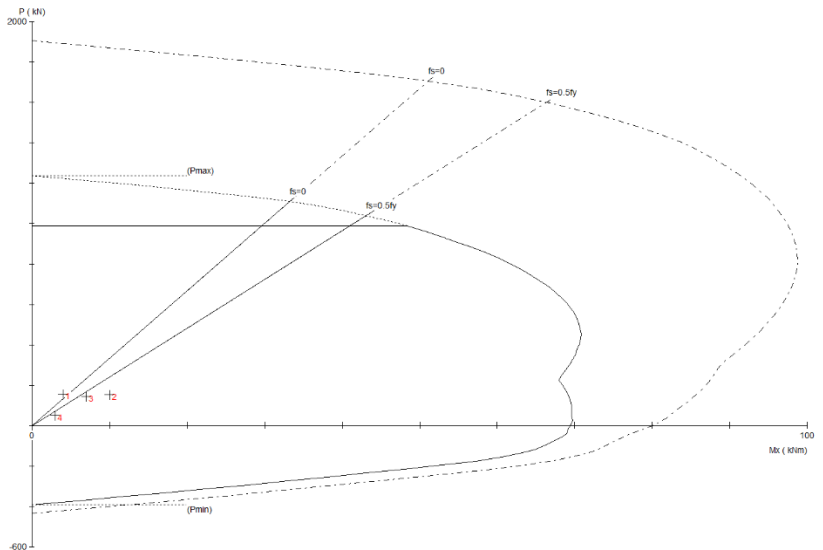
Dari gambar 7.33 diketahui bahwa momen – momen ultimate yang diinput masih berada didalam diagram interaksi yang menunjukkan bahwa kolom tengah

masih mampu menerima beban yang terjadi untuk KDS E Banda Aceh.

- KDS D

Tabel 7. 21 Gaya - gaya pada diagram interaksi kolom tengah KDS D

Kondisi	P	M3	ϵ_t
	kN	kNm	
Aksial tekan murni	1238,2	0	-0,0012
$f_s = 0.0$	1109,5	33,25	0
$f_s = 0.5 f_y$	1039,9	43,13	0,0006
Lentur murni	990,5	48,37	0,00084
$f_s = f_y$	908,1	54,72	0,0012
$\epsilon_t = 0,005$	0	69,47	0,00452
Aksial tarik menentukan	-43,9	69,06	0,005



Gambar 7. 33 Diagram interaksi kolom tengah KDS D

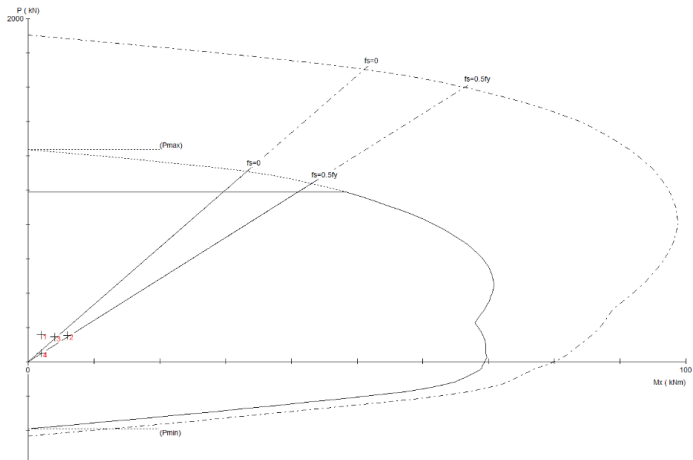
Sumber: Dokumen penulis

Dari gambar 7.33 diketahui bahwa momen – momen ultimate yang diinput masih berada didalam diagram interaksi yang menunjukkan bahwa kolom tengah masih mampu menerima beban yang terjadi untuk KDS D Medan.

- KDS C

Tabel 7. 22 Gaya - gaya pada diagram interaksi kolom tengah KDS C

Kondisi	P	M3	ϵ_t
	kN	kNm	
Aksial tekan murni	1238,2	0	-0,0012
$f_s = 0.0$	1109,5	33,25	0
$f_s = 0.5 f_y$	1039,9	43,13	0,0006
Lentur murni	990,5	48,37	0,00084
$f_s = f_y$	908,1	54,72	0,0012
$\epsilon_t = 0,005$	0	69,47	0,00452
Aksial tarik murni	-43,9	69,06	0,005



Gambar 7. 34 Diagram interaksi kolom tengah KDS C

Sumber: Dokumen penulis

Dari gambar 7.34 diketahui bahwa momen – momen ultimate yang diinput masih berada didalam diagram interaksi yang menunjukkan bahwa kolom tengah masih mampu menerima beban yang terjadi untuk KDS C Palembang.

b. Kapasitas Geser

Tabel 7. 23 Perhitungan kapasitas geser kolom tengah

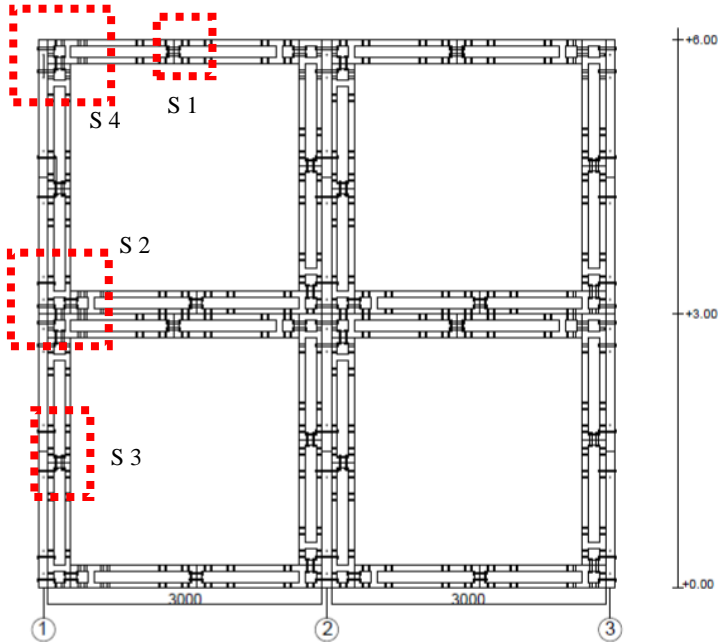
	tulangan		Av (mm ²)	Vc (N)	Vs (N)	Vn (N)	ϕVn (kNm)
	∅	s (mm)					
K tengah	∅6	- 100	56,5	204521,4	25531,7	230053,1	172,5

Tabel 7. 24 Cek kapasitas geser kolom tengah tinjau

Nama Balok	KDS	Vu (kNm)	ϕVn (kNm)	Cek
Kolom tengah				
frame 182	e	5,53	172,5	OK

Rekapitulasi kontrol kapasitas geser kolom dapat dilihat pada Lampiran 4.

BAB VIII ANALISA BOUT SAMBUNGAN RE-DESAIN



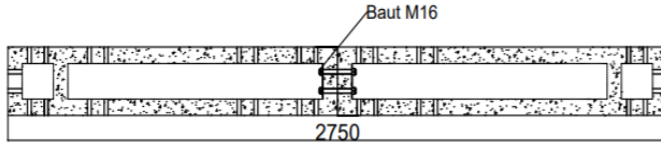
Gambar 8. 1 Denah sambungan re-desain yang ditinjau

Sumber: Dokumen penulis

8.1 Perencanaan Sambungan Re-Desain

Digunakan empat *sample* sambungan untuk meninjau struktur re-desain bangunan, yaitu pada sambungan kolom-kolom lantai 1, sambungan balok-kolom lantai 2, sambungan balok-balok lantai 2, dan sambungan balok-kolom lantai atap.

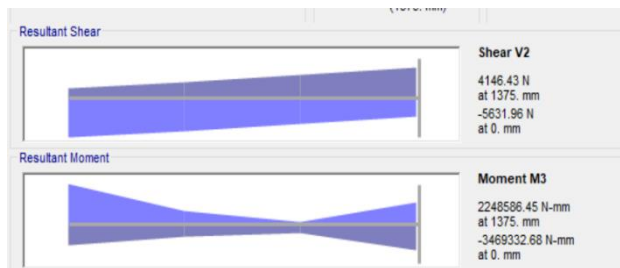
8.2 Sambungan S1



Gambar 8. 2 Detail Sambungan S1

Sumber: Dokumen penulis

- Sambungan Balok Daerah Lapangan
Analisa dilakukan dengan program SAP2000 didapatkan gaya dalam yang terjadi sebagai berikut:

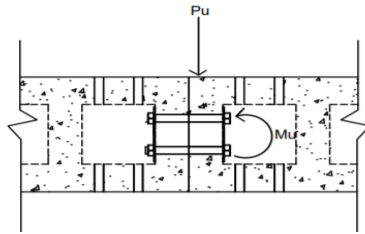


Gambar 8. 3 Output Diagram Momen dan Geser S2 Dari SAP2000

Sumber: Dokumen penulis

$$P_u = 4146 \text{ N}$$

$$M_u = 3469332 \text{ N.mm}$$



Gambar 8. 4 Gaya yang Bekerja Pada sambungan S1

- Spesifikasi baut:

Tipe A325	
Ukuran 16 mm (A_b)	= 200.96 mm ²
Tegangan leleh (f_y)	= 558 mpa
Tegangan tarik putus (f_u)	= 825 mpa
Kekuatan tarik nominal (F_{nt})	= 620 mpa
Kekuatan geser nominal (F_{nv})	= 457 mpa

- Spesifikasi plat baja:

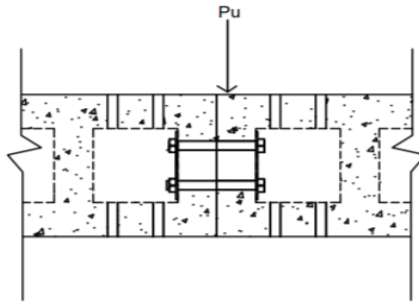
Ukuran plat	= 3 x 35 x 180 mm
Lc	= 25 mm
Tegangan leleh (f_y)	= 240 mpa
Tegangan tarik putus (f_u)	= 370 mpa

- Jarak antar baut yang Direncanakan sesuai dengan SNI-1729-2015:
 1. Jarak minimum baut ke tepi plat untuk ukuran baut M16 = 22 mm
 2. Jarak spasi minimum antar baut $3d=48$ mm
 3. Jarak spasi maksimum antar baut sebesar 24 x tebal plat = 72 mm

Diambil jarak baut sebesar = 70 mm

Diambil jarak baut ke tepi plat sebesar = 25 mm

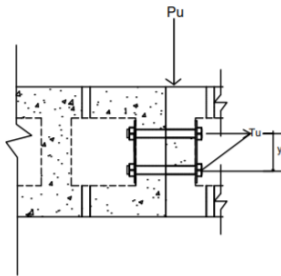
- Kuat geser baut
 $\phi R_n = \phi \times f_{nv} \times A_b$
 $= 0.75 \times 457 \times 200.96$
 $= 68879.04 \text{ N}$
- Kontrol geser baut
 $V_u \leq \phi R_n$
 $V_u = \frac{P_u}{n}$



Gambar 8. 5 Gaya Geser yang Bekerja Pada Baut sambungan SI

- Kuat tumpu baut
 $R_n = 1.2 \times l_c \times f_u \leq 2.4 \times d \times t \times f_u$
 $= 1.2 \times 25 \times 825 \leq 2.4 \times 16 \times 3 \times 825$
 $= 148500 \leq 190050 \text{ (OK)}$
 $\phi R_n = 0.75 \times 148500$
 $= 111375 \text{ N}$
- Kontrol tumpu baut
 $P_u \leq \phi R_n$
- Kuat Tarik baut
 $\phi R_n = 0.75 \times F_{nt} \times A_b$
 $= 0.75 \times 620 \times 200.96$
 $= 93466.4 \text{ N}$
- Kontrol Tarik baut
 $T_u \leq \phi R_n$

- Kuat kombinasi Tarik dan geser baut
 $\phi R_n = 0.75 \times F'_{nt} \times A_b$
 $F'_{nt} \leq 1.3 F_{nt} - \frac{F_{nt}}{\phi F_{nv}}$ $F_{rv} \leq F_{nt}$ (ambil nilai terkecil)
 $F_{rv} = \frac{V_u}{A_b}$
- Kontrol kombinasi Tarik dan geser baut
 $T_u \leq \phi R_n$
- Mencari nilai tegangan Akibat Momen yang terjadi
 $T_u = \frac{M_u \times Y_{max}}{\Sigma Y^2}$



Gambar 8. 6 Gaya Tarik yang Bekerja sambungan balok tengah bentang

- Kontrol geser baut
 $V_u \leq \phi R_n$
 $V_u = \frac{P_u}{n} = \frac{5631}{2} = 2815.5 \text{ N}$
 $746.5 \text{ N} \leq 68879.04 \text{ N (OK)}$
- Kontrol tumpu baut
 $P_u \leq \phi R_n$
 $5631 \text{ N} \leq 93466.4 \text{ N (OK)}$
- Tegangan Akibat momen pada baut
 $T_u \leq \phi R_n$

$$\begin{aligned}
 T_u &= \frac{Mu \times Y_{max}}{\Sigma Y^2} \\
 &= \frac{3469332 \times 70}{70^2} \\
 &= 49561.88571 \text{ N}
 \end{aligned}$$

$$49561.88571 \leq 93466.4 \text{ (OK)}$$

- Kontrol kombinasi Tarik dan geser baut

$$T_u \leq \emptyset R_n$$

$$\begin{aligned}
 T_u &= \frac{Mu \times Y_{max}}{\Sigma Y^2} \\
 &= \frac{3469332 \times 70}{70^2} \\
 &= 49561.88571 \text{ N}
 \end{aligned}$$

$$F'_{nt} \leq 1.3 \times F_{nt} - \frac{F_{nt}}{\emptyset F_{nv}} \times F_{rv} \leq F_{nt}$$

$$1.3 \times 620 - \frac{620}{0.75 \times 457} \times \frac{2815.5}{200.96} \leq 620$$

$$791.744 \leq 620$$

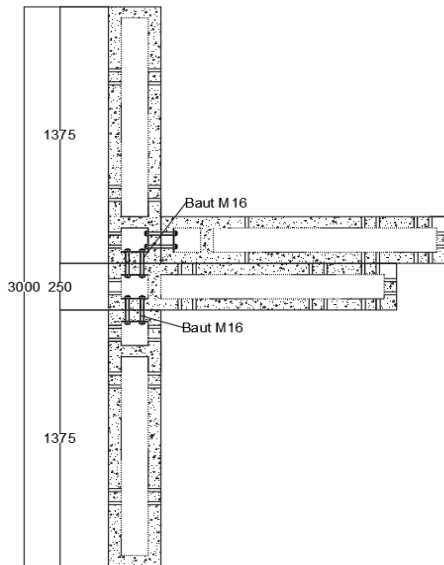
Maka dipakai nilai $F'_{nt} = 620 \text{ mpa}$

$$\emptyset R_n = 0.75 \times 620 \times 200.96$$

$$= 93446.4 \text{ N}$$

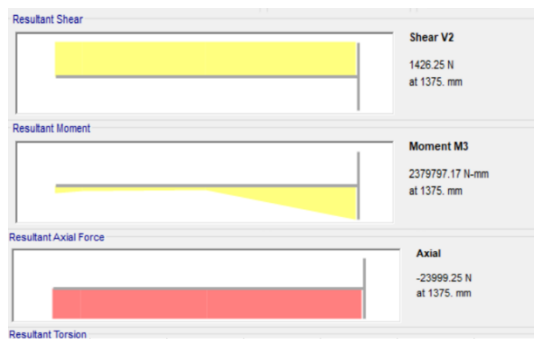
$$49561.88571 \leq 93446.4 \text{ (OK)}$$

8.3 Sambungan S2

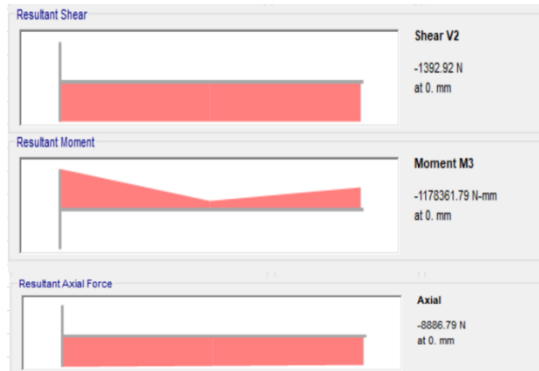


Gambar 8. 7 Detail Sambungan S2
Sumber: Dokumen penulis

- Sambungan Kolom Lantai 1 dengan Kolom Lantai 2
Analisa dilakukan dengan program SAP2000 didapatkan gaya dalam yang terjadi sebagai berikut:



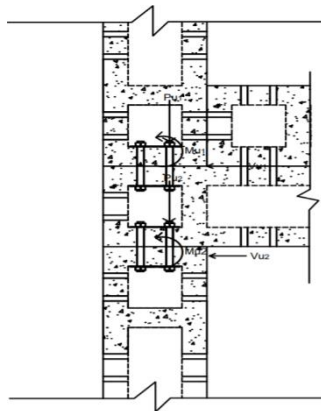
Gambar 8. 8 Output Diagram Momen dan Geser Dari SAP2000 Frame 5
Sumber: Dokumen penulis



**Gambar 8. 9 Output Diagram Momen dan Geser Dari
SAP2000 Frame 6
Sumber: Dokumen penulis**

Tabel 8. 1 Rekapitulasi Gaya Dalam Sambungan S2

Frame	Pu(kN)	Mu(kN.mm)	Vu (kN)
5	23999	2379797	1426.25
6	8886	1178361	1392.92



**Gambar 8. 10 Gaya yang bekerja pada
sambungan S2
Sumber: Dokumen penulis**

- Spesifikasi baut:
 - Tipe A325
 - Ukuran 16 mm (Ab) = 200.96 mm²
 - Tegangan leleh (fy) = 558 mpa
 - Tegangan tarik putus (fu) = 825 mpa
 - Kekuatan tarik nominal (Fnt) = 620 mpa
 - Kekuatan geser nominal (Fnv) = 457 mpa
- Spesifikasi plat baja:
 - Ukuran plat = 3 x 35 x 180 mm
 - Lc = 25 mm
 - Tegangan leleh (fy) = 240 mpa
 - Tegangan tarik putus (fu) = 370 mpa
- Jarak antar baut yang Direncanakan sesuai dengan SN1-1729-2015:
 1. Jarak minimum baut ke tepi plat untuk ukuran baut M16 = 22 mm
 2. Jarak spasi minimum antar baut 3d=48 m
 3. Jarak spasi maksimum antar baut sebesar 24 x tebal plat = 72 mm

Diambil jarak baut sebesar = 70 mm

Diambil jarak baut ke tepi plat sebesar = 25 mm

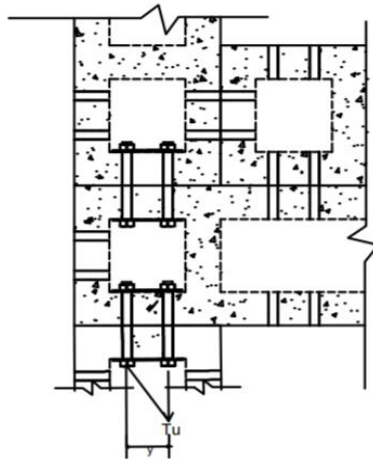
- Kuat geser baut

$$\begin{aligned} \emptyset R_n &= \emptyset \times f_{nv} \times A_b \\ &= 0.75 \times 457 \times 200.96 \\ &= 68879.04 \text{ N} \end{aligned}$$
- Kontrol geser baut

$$\frac{V_u}{n} \leq \emptyset R_n$$

- Kuat tumpu baut
 $R_n = 1.2 \times l_c \times f_u \leq 2.4 \times d \times t \times f_u$
 $= 1.2 \times 25 \times 825 \leq 2.4 \times 16 \times 3 \times 825$
 $= 148500 \leq 190050 \text{ (OK)}$
 $\phi R_n = 0.75 \times 148500$
 $= 11375 \text{ N}$
- Kontrol tumpu baut
 $V_u \leq \phi R_n$
- Kuat Tarik Baut
 $\phi R_n = 0.75 \times F_{nt} \times A_b$
 $= 0.75 \times 620 \times 200.96$
 $= 93466.4 \text{ N}$
- Kontrol Tarik baut
 $T_u \leq \phi R_n$
- Mencari nilai tegangan yang terjadi akibat momen dan gaya geser

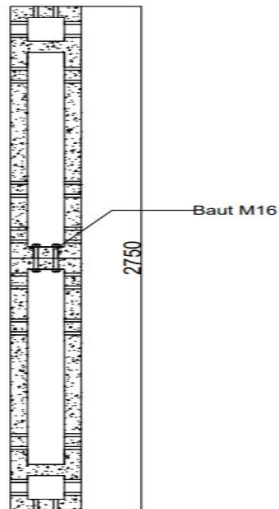
$$T_u = \frac{P_u}{n} + \frac{M_u \times Y_{max}}{\Sigma Y^2}$$



Gambar 8. 11 Gaya geser pada yang terjadi pada sambungan kolom pojok lt.1 dan lt.2
Sumber: Dokumen penulis

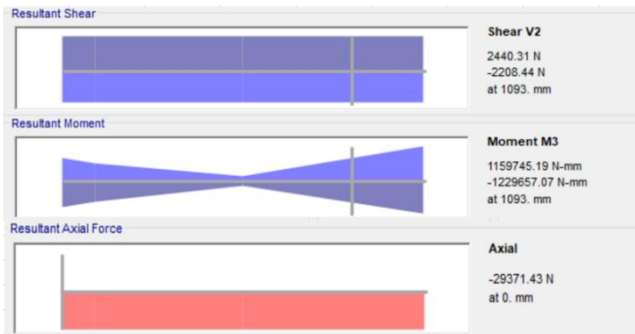
- Perhitungan Kontrol geser baut
 - a. $\frac{V_{u1}}{n} \leq \phi R_n$
 $= \frac{1426.25}{2} = 713 \text{ N}$
 $713 \text{ N} \leq 68879.04 \text{ N (OK)}$
 - b. $\frac{V_{u2}}{n} \leq \phi R_n$
 $= \frac{1392.92}{2} = 696 \text{ N}$
 $696 \text{ N} \leq 68879.04 \text{ N (OK)}$
- Perhitungan Kontrol tumpu baut
 - a. $P_{u1} \leq \phi R_n$
 $1426.25 \text{ N} \leq 93466.4 \text{ N (OK)}$
 - b. $P_{u2} \leq \phi R_n$
 $1392.92 \text{ N} \leq 93466.4 \text{ N (OK)}$
- Perhitungan Kontrol Akibat Momen dan Axial yang terjadi
 $T_u \leq \phi R_n$
 - a. $T_{u1} = \frac{P_{u1}}{n} + \frac{M_{u1} \times Y_{max}}{\Sigma Y^2}$
 $= \frac{23999}{2} + \frac{2379797 \times 70}{70^2}$
 $= 34190.4625 \text{ N}$
 $34190.4625 \leq 93466.4 \text{ (OK)}$
 - a. $T_{u2} = \frac{P_{u2}}{n} + \frac{M_{u2} \times Y_{max}}{\Sigma Y^2}$
 $= \frac{8886}{2} + \frac{1178361 \times 70}{70^2}$
 $= 26729 \text{ N}$
 $26729 \leq 93466.4 \text{ (OK)}$

8.4 Sambungan S3



Gambar 8. 12 Detail Sambungan S3
Sumber: Dokumen penulis

Analisa dilakukan dengan program SAP2000 didapatkan gaya dalam yang terjadi sebagai berikut:



Gambar 8. 13 Output Diagram Momen dan Geser S3 Dari SAP2000
Sumber: Dokumen penulis

$$P_u = 29371 \text{ N}$$

$$M_u = 1229657.07 \text{ N.mm}$$

$$V_u = 2440.31 \text{ N}$$

Perencanaan kekuatan sambungan baut:

- Baut
Tipe A325
Ukuran 16 mm ($A_b = 200.96 \text{ mm}^2$)
Tegangan leleh (f_y) = 558 mpa
Tegangan tarik putus (f_u) = 825 mpa
Kekuatan tarik nominal (F_{nt}) = 620 mpa
Kekuatan geser nominal (F_{nv}) = 457 mpa
- Plat
Ukuran plat = 3 x 35 x 180 mm
 $l_c = 25 \text{ mm}$
Tegangan leleh (f_y) = 240 mpa
Tegangan tarik putus (f_u) = 370 mpa
- Jarak antar baut yang Direncanakan sesuai dengan SN1-1729-2015:
 1. Jarak minimum baut ke tepi plat untuk ukuran baut M16 = 22 mm
 2. Jarak spasi minimum antar baut $3d = 48 \text{ mm}$
 3. Jarak spasi maksimum antar baut sebesar 24 x tebal plat = 72 mm

Diambil jarak baut sebesar = 70 mm

Diambil jarak baut ke tepi plat sebesar = 25 mm

- Kuat geser baut
$$\begin{aligned}\phi R_n &= \phi \times f_{nv} \times A_b \\ &= 0.75 \times 457 \times 200.96 \\ &= 68879.04 \text{ N}\end{aligned}$$

- Kontrol geser baut

$$\frac{V_u}{n} \leq \phi R_n$$
- Kuat tumpu baut

$$R_n = 1.2 \times l_c \times f_u \leq 2.4 \times d \times t \times f_u$$

$$= 1.2 \times 25 \times 825 \leq 2.4 \times 16 \times 3 \times 825$$

$$= 148500 \leq 190050 \text{ (OK)}$$

$$\phi R_n = 0.75 \times 148500$$

$$= 111375 \text{ N}$$
- Kontrol tumpu baut

$$V_u \leq \phi R_n$$
- Kuat Tarik baut

$$\phi R_n = 0.75 \times F_{nt} \times A_b$$

$$= 0.75 \times 620 \times 200.96$$

$$= 93466.4 \text{ N}$$
- Kontrol Tarik baut

$$T_u \leq \phi R_n$$
- Mencari nilai tegangan Akibat Momen dan Axial yang terjadi

$$T_u = \frac{P_u}{n} + \frac{M_u \times Y_{max}}{\Sigma Y^2}$$
- Perhitungan geser baut

$$\frac{V_u}{n} \leq \phi R_n$$

$$= \frac{2440}{2} = 1220.155 \text{ N}$$

$$1220.155 \text{ N} \leq 68879.04 \text{ N (OK)}$$
- Kontrol tumpu baut

$$P_u \leq \phi R_n$$

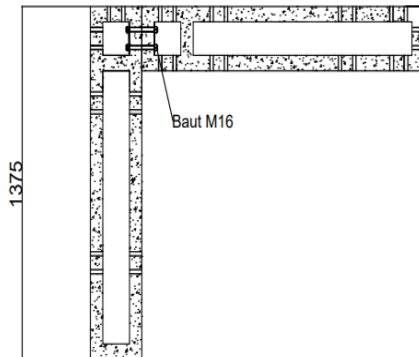
$$2440 \text{ N} \leq 93466.4 \text{ N (OK)}$$

- Perhitungan Tegangan akibat Momen dan Axial yang terjadi

$$T_u \leq \phi R_n$$

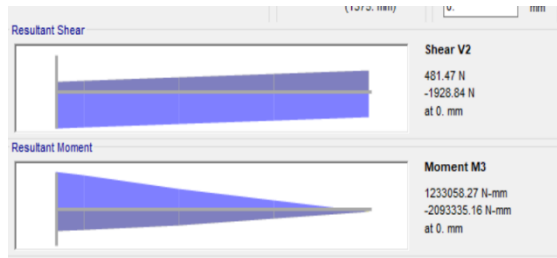
$$\begin{aligned}
 T_u &= \frac{P_u}{n} + \frac{M_u \times Y_{max}}{\Sigma Y^2} \\
 &= \frac{29371.43}{2} + \frac{122957 \times 70}{70^2} \\
 &= 32252.24357 \text{ N} \\
 32252.24357 &\leq 93466.4 \text{ (OK)}
 \end{aligned}$$

8.5 Sambungan S4



Gambar 8. 14 Detail Sambungan S4

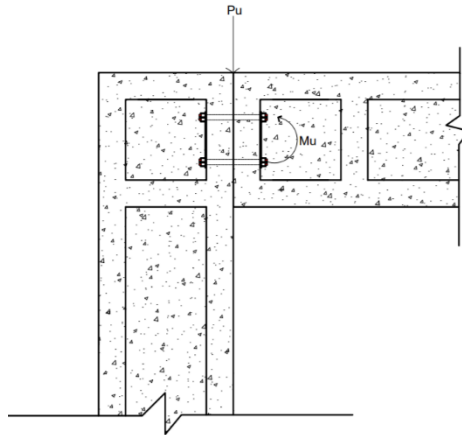
- Sambungan Balok Dengan Kolom Lantai Atap Tumpuan Analisa dilakukan dengan program SAP2000 didapatkan gaya dalam yang terjadi sebagai berikut:



Gambar 8. 15 Output Diagram Momen dan Geser S4 Dari SAP2000

$$P_u = 1928.84 \text{ N}$$

$$M_u = 2093335.16 \text{ N.mm}$$



Gambar 8. 16 Gaya yang Bekerja pada sambungan balok atap dan kolom

Perencanaan kekuatan sambungan baut:

- Baut
 - Tipe A325
 - Ukuran 16 mm (A_b) = 200.96 mm²
 - Tegangan leleh (f_y) = 558 mpa
 - Tegangan tarik putus (f_u) = 825 mpa
 - Kekuatan tarik nominal (F_{nt}) = 620 mpa
 - Kekuatan geser nominal (F_{nv}) = 457 mpa
- Plat
 - Ukuran plat = 3 x 35 x 180 mm
 - L_c = 25 mm
 - Tegangan leleh (f_y) = 240 mpa
 - Tegangan tarik putus (f_u) = 370 mpa
- Jarak antar baut yang Direncanakan sesuai dengan SN1-1729-2015:
 1. Jarak minimum baut ke tepi plat untuk ukuran baut M16 = 22 mm

2. Jarak spasi minimum antar baut $3d=48$ mm
3. Jarak spasi maksimum antar baut sebesar $24 \times$ tebal plat
= 72 mm

Diambil jarak baut sebesar = 70 mm

Diambil jarak baut ke tepi sebesar = 25 mm

- Kuat geser baut

$$\begin{aligned} \phi R_n &= \phi \times f_{nv} \times A_b \\ &= 0.75 \times 457 \times 200.96 \\ &= 68879.04 \text{ N} \end{aligned}$$
- Kontrol geser baut

$$V_u \leq \phi R_n$$

$$V_u = \frac{P_u}{n}$$
- Kuat tumpu baut

$$\begin{aligned} R_n &= 1.2 \times l_c \times f_u \leq 2.4 \times d \times t \times f_u \\ &= 1.2 \times 25 \times 825 \leq 2.4 \times 16 \times 3 \times 825 \\ &= 148500 \leq 190050 \text{ (OK)} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \phi R_n &= 0.75 \times 148500 \\ &= 11375 \text{ N} \end{aligned}$$
- Kontrol tumpu baut

$$P_u \leq \phi R_n$$
- Kuat Tarik baut

$$\begin{aligned} \phi R_n &= 0.75 \times F_{nt} \times A_b \\ &= 0.75 \times 620 \times 200.96 \\ &= 93466.4 \text{ N} \end{aligned}$$
- Kontrol Tarik baut

$$T_u \leq \phi R_n$$
- Kuat kombinasi Tarik dan geser baut

$$\phi R_n = 0.75 \times F'_{nt} \times A_b$$

$$F'_{nt} \leq 1.3 F_{nt} - \frac{F_{nt}}{\phi F_{nv}} \quad F_{rv} \leq F_{nt} \text{ (ambil nilai terkecil)}$$

$$F_{rv} = \frac{Vu}{A_b}$$

- Kontrol kombinasi Tarik dan geser baut

$$T_u \leq \phi R_n$$

- Mencari nilai tegangan Akibat Momen Yang Terjadi

$$T_u = \frac{M_u \times Y_{max}}{\Sigma Y^2}$$

- Kontrol geser baut

$$V_u \leq \phi R_n$$

$$V_u = \frac{P_u}{n} = \frac{1928.84}{2} = 964.42 \text{ N}$$

$$= 964.2 \text{ N} \leq 68879.04 \text{ N (OK)}$$

- Kontrol tumpu baut

$$P_u \leq \phi R_n$$

$$1928.84 \text{ N} \leq 93466.4 \text{ N (OK)}$$

- Kontrol Tarik baut

$$T_u \leq \phi R_n$$

$$T_u = \frac{M_u \times Y_{max}}{\Sigma Y^2}$$

$$= \frac{2093335.16 \times 70}{70^2}$$

$$= 29904$$

$$= 29904 \leq 93466.4 \text{ (OK)}$$

- Kontrol kombinasi Tarik dan geser baut

$$T_u \leq \phi R_n$$

$$T_u = \frac{M_u \times Y_{max}}{\Sigma Y^2}$$

$$= \frac{2093335.16 \times 70}{70^2}$$

$$= 29904$$

$$= 29904 \leq 93466.4 \text{ (OK)}$$

$$F'_{nt} \leq 1.3 \times F_{nt} - \frac{F_{nt}}{\phi F_{nv}} \times F_{rv} \leq F_{nt}$$

$$1.3 \times 620 - \frac{620}{0.75 \times 457} \times \frac{2216.221}{200.96} \leq 620$$

$$794.7787769 \leq 620$$

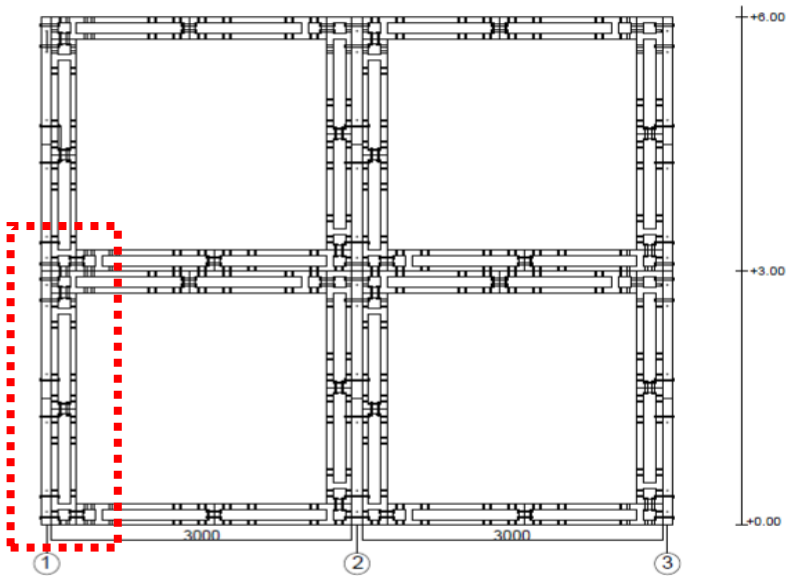
Maka dipakai nilai $F'_{nt} = 620 \text{ mpa}$

$$\phi R_n = 0.75 \times 620 \times 200.96$$

$$= 93446.4 \text{ N}$$

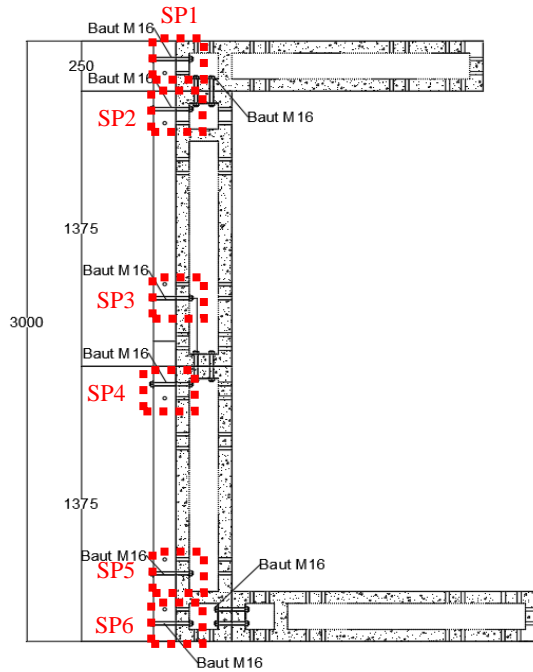
$$= 29904 \leq 93446.4 \text{ (OK)}$$

8.6 Sambungan Panel P1 dengan P2



Gambar 8. 17 sambungan Panel P1-P2 re-desain yang ditinjau

- Sambungan Panel P1 dan P2



Gambar 8. 18 Detail Sambungan Panel P1 dan P2
Sumber: Dokumen penulis

Analisa dilakukan dengan program SAP2000 didapatkan gaya dalam yang terjadi sebagai berikut:

Tabel 8. 2 Rekapitulasi Gaya Dalam sambungan Panel P1 dan P2

Sambungan	Pu(N)	Vu(N)	Mu (N.Mm)
SP1	19071	3238.6	2420589
SP2	24039	3039.32	2106276
SP3	24463	3039	354079
SP4	3808	3223	1654266
SP5	3384	3223	344501
SP6	3272	3223.35	2500703

Perencanaan kekuatan sambungan baut:

- **Baut**
Tipe A325
Ukuran 16 mm ($A_b = 200.96 \text{ mm}^2$)
Tegangan leleh (f_y) = 558 mpa
Tegangan tarik putus (f_u) = 825 mpa
Kekuatan tarik nominal (F_{nt}) = 620 mpa
Kekuatan geser nominal (F_{nv}) = 457 mpa
- **Plat**
Ukuran plat = 3 x 35 x 180 mm
 $l_c = 25 \text{ mm}$
Tegangan leleh (f_y) = 240 mpa
Tegangan tarik putus (f_u) = 370 mpa
- Jarak antar baut yang Direncanakan sesuai dengan SN1-1729-2015:
 1. Jarak minimum baut ke tepi plat untuk ukuran baut M16 = 22 mm
 2. Jarak spasi minimum antar baut $3d = 48 \text{ mm}$
 3. Jarak spasi maksimum antar baut sebesar 24 x tebal plat = 72 mm

Diambil jarak baut sebesar = 70 mm

Diambil jarak baut ke tepi plat sebesar = 25 mm

- Kuat geser baut
 $\emptyset Rn = \emptyset \times f_{nv} \times A_b$
 $= 0.75 \times 457 \times 200.96$
 $= 68879.04 \text{ N}$
- Kontrol geser baut
 $P_u \leq \emptyset Rn$
- Kuat tumpu baut
 $R_n = 1.2 \times l_c \times f_u \leq 2.4 \times d \times t \times f_u$
 $= 1.2 \times 25 \times 825 \leq 2.4 \times 16 \times 3 \times 825$
 $= 148500 \leq 190050 \text{ (OK)}$
 $\emptyset Rn = 0.75 \times 148500$
 $= 11375 \text{ N}$
- Kontrol tumpu baut
 $P_u \leq \emptyset Rn$
- Kuat Tarik baut
 $\emptyset Rn = 0.75 \times F_{nt} \times A_b$
 $= 0.75 \times 620 \times 200.96$
 $= 93466.4 \text{ N}$
- Kontrol Tarik baut
 $V_u \leq \emptyset Rn$

- Perhitungan Kuat geser baut

Tabel 8. 3 Rekapitulasi Perhitungan Geser Baut Sambungan SP

Sambungan	$P_u(\text{N})$	$\emptyset Rn$	CEK
SP1	19071	68879.04	OK
SP2	24039	68879.04	OK
SP3	24463	68879.04	OK
SP4	3808	68879.04	OK
SP5	3384	68879.04	OK
SP6	3272	68879.04	OK

- Perhitungan Tumpu Baut

Tabel 8. 4 Rekapitulasi Perhitungan Tumpu Baut Sambungan SP

Sambungan	Pu(N)	Ø Rn	CEK
SP1	19071	68879.04	OK
SP2	24039	68879.04	OK
SP3	24463	68879.04	OK
SP4	3808	68879.04	OK
SP5	3384	68879.04	OK
SP6	3272	68879.04	OK

- Perhitungan Tarik geser Baut

Tabel 8. 5 Rekapitulasi Perhitungan Geser Baut Sambungan SP

Sambungan	Vu(N)	Ø Rn	CEK
SP1	3238.6	93466.4	OK
SP2	3039.32	93466.4	OK
SP3	3039	93466.4	OK
SP4	3223	93466.4	OK
SP5	3223	93466.4	OK
SP6	3223.35	93466.4	OK

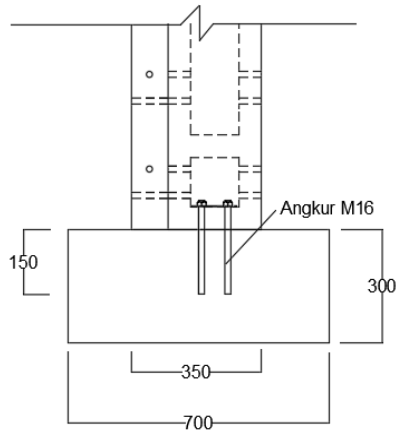
8.7 Sambungan Kolom Ke Pondasi

Sambungan Kolom antar Kolom direncanakan dengan sambungan baut dimana beban yang bekerja pada sambungan sebagai berikut

$$P_u = 54620.43 \text{ N}$$

$$M_u = 76752689 \text{ N.mm}$$

$$V_u = 5050.71 \text{ N}$$



Gambar 8. 19 Sambungan kolom ke pondasi

Sumber: Dokumen penulis

Perencanaan kekuatan sambungan baut:

- Angkur
 - HILTI HAS E, Grade 5.8
 - Ukuran 16 mm ($A_b = 200.96 \text{ mm}^2$)
 - Tegangan leleh (f_{ya}) = 400 mpa
 - Tegangan putus (f_{uta}) = 500 mpa
 - Tinggi Angkur = 150 mm
 - Pitch = 3 mm /ulir
- Plat
 - Ukuran plat = 3 x 35 x 180 mm
 - lc= 25 mm
 - Tegangan leleh (f_y) = 240 mpa
 - Tegangan tarik putus (f_u) = 370 mpa

8.7.1 Kuat Baja Angkur Dalam Tarik

Kekuatan nominal angkur dalam menahan tarik diatur dalam SNI 2847-2019 pasal 17.4.1 kekuatan nominal angkur dihitung dengan persamaan sebagai berikut:

$$N_{sa} = A_{se} \times N \times F_{uta}$$

Dengan:

$$A_{se} = \frac{\pi}{4} (d_a - 0,9382P)^2$$

$$A_{se} = \frac{\pi}{4} (16 - 0,9382 \times 3)^2$$

$$A_{se} = 136,47 \text{ mm}^2$$

Sehingga kuat nominal angkur dalam tarik:

$$\begin{aligned} \phi N_{sa} &= 0,75 \times 136,47 \times 500 \times 2 \\ &= 102352,25 \text{ N} \end{aligned}$$

8.7.2 Kekuatan Jebol (*Breakout*) Beton Angkur Dalam Tarik

Kekuatan jebol beton untuk kelompok dihitung berdasarkan SNI 2847-2019 pasal 17.4.2.1.

$$N_{cbg} = \frac{A_{Nc}}{A_{Nco}} \times \psi_{ec,N} \times \psi_{ed,N} \times \psi_{c,N} \times \psi_{cp,N} \times N_b$$

Posisi angkur $C_a = 90 \text{ mm} < 1,5h_{ef} = 225 \text{ mm}$. Maka pengaruh jebol beton perlu dievaluasi.

$$\begin{aligned} A_{Nco} &= 9 \times H_{ef}^2 \\ &= 9 \times 150^2 \\ &= 44100 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Angkur kelompok $C_a < 1,5h_{ef}$; $S_1 < 3h_{ef}$; dan $S_2 < 3h_{ef}$; maka:

$$\begin{aligned} A_{Nc} &= (2 \times C_{a1} + S_1) + (2 \times 1,5h_{ef} + 5 \times S_2) \\ &= (2 \times 90 + 70) + (2 \times 225 + 5 \times 70) \end{aligned}$$

$$= 820.5 \text{ mm}^2$$

$$A_{Nc}/A_{Nco} = 0.018650$$

Untuk angkur tanam cor ditempat, $Kc = 10$ sehingga:

$$N_b = kc \times \lambda_a \times \sqrt{f_c'} \times h_{ef}^{1.5}$$

$$= 2 \times 10 \times 1 \times \sqrt{25} \times 150^{1.5}$$

$$= 53796.492 \text{ N}$$

Untuk $C_{a,min} < 1,5h_{ef}$

$$\psi_{ed,N} = 0,7 + 0,3 \frac{C_{a,min}}{1,5h_{ef}}$$

$$= 0,7 + 0,3 \frac{90}{672255}$$

$$= 0,957143$$

$$\Psi_{ec,N} = 1$$

$$\Psi_{c,N} = 1,25$$

$$\Psi_{cp,N} = 1$$

$$N_{cbg} = \frac{ANc}{ANco} \times \Psi_{ec,N} \times \psi_{ed,N} \times \Psi_{c,N} \times \Psi_{cp,N} \times N_b$$

$$= 0.01 \times 1 \times 0.957 \times 1,25 \times 1 \times 53797$$

$$= 53796.492 \text{ N}$$

8.7.3 Kekuatan Cabut Angkur Dari Betonnya (*Pull-out*)

Menurut SNI 2847-2019 pasal 17.4.3.1 kuat cabut angkur terhadap gaya tarik dihitung sebagai berikut:

$$N_{pn} = \Psi_{c,p} \times N_p$$

Kekuatan cabut angkur dalam tarik untuk stud berkepala atau baut kerkepala tunggal nilai N_p dihitung dengan:

$$N_p = 8 \times A_{brg} \times f_c'$$

$$= 8 \times 200.96 \times 25$$

$$= 40192 \text{ N}$$

$$\Psi_{c,p} = 1,4$$

Maka kuat cabut angkur adalah:

$$\Phi N_{pn} = \Phi \Psi_{c,p} \times N_p$$

$$= 0,75 \times 1.4 \times 40192 \times 2$$

$$= 84403.2 \text{ N}$$

8.7.4 Kekuatan Baja Angkur Dalam Geser

Kuat geser baut angkur rencana ΦV_{sa} , diatur dalam SNI 2847-2019 pasal 17.5.1.2 untuk stud berkepala dicor ditempat.

$$\Phi V_{sa} = \Phi A_{cse,v} \times f_{uta}$$

$$\Phi A_{cse,v} = \frac{\pi}{4} \times (da - 0,938P)^2$$

$$= 136.476 \text{ mm}^2$$

$$\Phi V_{sa} = \Phi A_{cse,v} \times f_{uta}$$

$$= 0,65 \times 136.476 \times 500 \times 2$$

$$= 88709.398 \text{ N}$$

8.7.5 Kuat Jebol Beton (*Break-out*) Terhadap Geser

Berdasarkan SNI 2847-2019 pasal 17.5.1.3 kekuatan jebol beton terhadap geser (V_{cbg}) untuk angkur dalam kelompok dihitung dengan persamaan sebagai berikut:

$$V_{cbg} = \frac{A_{vc}}{A_{vco}} \times \Psi_{ec,v} \times \Psi_{ed,v} \times \Psi_{c,v} \times \Psi_{cp,v} \times V_b$$

Dengan:

$$A_{vco} = 4,5C_{al}^2 = 4,5 \times 452^2 = 812812,5 \text{ mm}^2$$

$$H_a = 1,5C_{al} = 1,5 \times 425 = 637,5 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned}
 A_{vc} &= (2 \times 1,5 \times C_{a1} + 5 \times S_2) \times H_a \\
 &= (2 \times 1,5 \times 90 + 5 \times 150) \times 135 \\
 &= 59400 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

$$V_b = \left(0,6 \times \left(\frac{le}{da} \right)^{0,2} \sqrt{da} \right) \times \lambda a \times \sqrt{fc'} \times C_{a1}^{1,5}$$

$$\begin{aligned}
 V_b &= \left(0,6 \times \left(\frac{150}{16} \right)^{0,2} \sqrt{16} \right) \times 1 \times \sqrt{25} \times 90^{1,5} \\
 &= 16030.212 \text{ N}
 \end{aligned}$$

$$\Psi_{ec,v} = 1$$

$$\Psi_{ed,v} = 1$$

$$\Psi_{c,v} = 1,4$$

$$\Psi_{h,v} = 1$$

Sehingga:

$$\begin{aligned}
 \phi V_{cbg} &= 0,65 \times \frac{4050}{59400} \times 1 \times 1 \times 1,4 \times 1 \times 311226,5 \\
 &= 213949.9 \text{ N}
 \end{aligned}$$

8.7.6 Cek Interaksi Gaya Geser dan Tarik

Interaksi gaya Tarik dan geser yang terjadi perlu dicek sesuai dengan ketentuan SNI 2847:2019 pasal 17.6

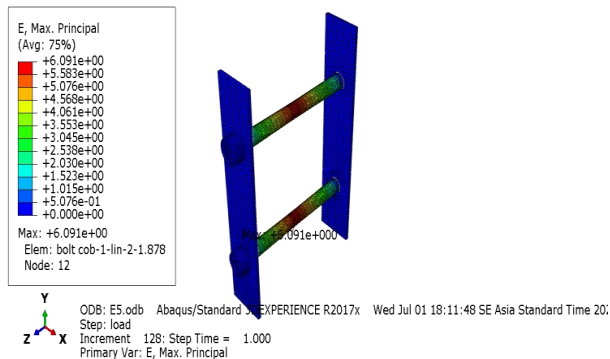
- $\frac{Nua}{\phi N_{pn}} = \frac{36443.44}{84403.2} = 0.43177794 > 0.2 \text{ (OK)}$
- $\frac{Vua}{\phi V_{pn}} = \frac{50507.1}{213949.896} = 0.23606976 > 0.2 \text{ (OK)}$
- $\frac{Nua}{\phi N_{pn}} + \frac{Vua}{\phi V_{pn}} = 0.66748 < 1.2 \text{ (OK)}$

8.7.7 Rekapitulasi Kuat Nominal Angkur

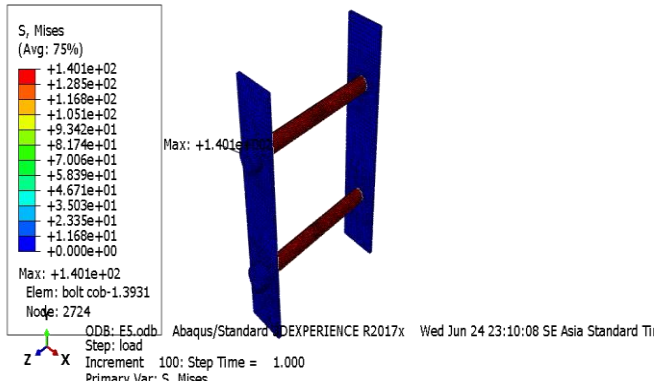
Tabel 8. 6 Rekapitulasi kuat nominal angkur pada sambungan tinjau

Kondisi	Kuat Nominal (kN)	Besaran Gaya (kN)	Rasio
Kuat baja angkur dalam tarik (ϕN_{sa})	102352.5	36443.44	0.35605813
Kuat jebol (<i>break-out</i>) beton dalam tarik (ϕN_{cbg})	53796.4915	36443.44	0.67743154
Kekuatan cabut angkur dari beton (<i>pull-out</i>) (ϕN_{pn})	84403.2	36443.44	0.43177794
Kekuatan baja angkur dalam geser (ϕV_{sa})	88709.398	50507.1	0.56935456
Kuat jebol (<i>break-out</i>) beton terhadap geser (ϕV_{cbg})	213949.896	50507.1	0.23606976

8.8 Hasil Analisa Software Abaqus Re-desain



Gambar 8. 20 Permodelan Baut Dengan Software Abaqus
Sumber: Dokumen penulis



Gambar 8. 21 Visualisasi Tegangan yang terjadi dengan Software Abaqus

Sumber: Dokumen penulis

Analisa dengan software Abaqus dilakukan untuk mengetahui nilai tegangan dan regangan yang terjadi pada baut. Pada Tabel 8.6 didapatkan hasil tegangan dan regangan sambungan balok dengan kolom yang sudah sesuai dengan tegangan $f_y=558$ mpa dan regangan $\varepsilon = f_y / E = 558/200000 = 0.00279$ yang direncanakan.

Tabel 8. 7 Hasil Analisa Tegangan Baut (Balok-Kolom)

	lantai	Tegangan	regangan
Sambungan balok - kolom tengah	atap	353.00	0.00191
Sambungan balok - kolom tengah	Lt 2	553	0.00220
sambungan balok - kolom Pojok	atap	314.00	0.00170
sambungan balok - kolom Pojok	Lt 2	540.00	0.00482
sambungan balok- kolom Tepi	atap	194.00	0.00105
sambungan balok- kolom Tepi	Lt 2	498.00	0.00172

Pada Tabel 8.7 didapatkan hasil tegangan dan regangan sambungan balok pada tengah bentang yang sudah sesuai dengan tegangan $f_y=558$ mpa dan regangan $\varepsilon = f_y / E = 558/200000 = 0.00279$ yang direncanakan.

Tabel 8. 8 Hasil Analisa Tegangan Baut (Balok bentang tengah)

	lantai	Tegangan	regangan
Sambungan balok tengah bentang	atap	165	0.00089
Sambungan balok tengah bentang	Lt 2	362.10	0.00196
sambungan Sloof tengah bentang	Sloof	349.60	0.00120

Pada Tabel 8.8 didapatkan hasil tegangan dan regangan sambungan kolom pada tengah bentang yang sudah sesuai dengan tegangan $f_y=558$ mpa dan regangan $\varepsilon = f_y / E = 558/200000 = 0.00279$ yang direncanakan.

Tabel 8. 9 Hasil Analisa Tegangan Baut kolom tengah bentang

	lantai	Tegangan	regangan
sambungan kolom tepi tengah bentang	lt 2	139.00	0.00075
sambungan kolom pojok tengah bentang	lt2	174.50	0.00094
sambungan kolom tengah tengah bentang	lt 2	500.00	0.00271
sambungan kolom tepi tengah bentang	lt 1	349.00	0.00189
sambungan kolom pojok tengah bentang	lt1	287.00	0.00152
sambungan kolom tengah tengah bentang	lt.1	274.40	0.00148

Pada Tabel 8.9 didapatkan hasil tegangan dan regangan sambungan kolom pada tengah bentang yang sudah sesuai dengan tegangan $f_y=558$ mpa dan regangan $\varepsilon = f_y / E = 558/200000 = 0.00279$ yang direncanakan.

Tabel 8. 10 Hasil Analisa Tenggangan Baut kolom

	tegangan	regangan
sambungan kolom tepi lantai 1 ke lantai 2	526.00	0.00183
sambungan kolom pojok lantai 1 ke lantai 2	323.00	0.00175
sambungan kolom tengah lantai 1 ke lantai 2	540.00	0.00292

BAB IX PERENCANAAN PANEL PELAT

9.1 Data Perencanaan Plat Pracetak

Mutu Material:

- $f'c = 25 \text{ MPa}$
- $F_y = 240 \text{ MPa}$

Asumsi beton tiap tahap:

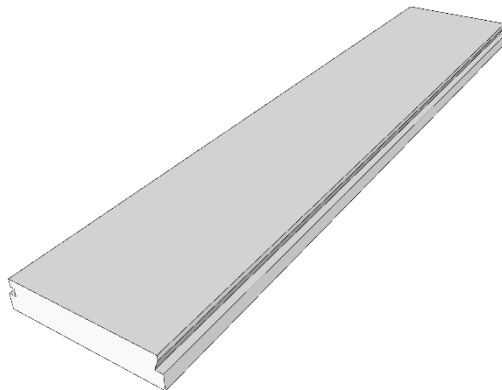
- Saat pengangkatan ($f'c 1$)
= $46\%f'c = 11,5 \text{ MPa}$ (umur 3 hari)
- Saat pemasangan ($f'c 2$)
= $65\%f'c = 16,25 \text{ MPa}$ (umur 7 hari)
- Setelah pemasangan penumpukan ($f'c 3$)
= $88\%f'c = 22 \text{ MPa}$ (umur 14 hari)

Dimensi pelat: (Citicon precast slab):

- Tebal pelat precast = 125 mm
- $L_y = 2970 \text{ mm}$
- $L_x = 600 \text{ mm}$

Rencana tulangan:

- $\emptyset = 8 \text{ mm}$
- $s = 250 \text{ mm}$



*Gambar 9. 1 Panel lantai citicon
Sumber: Dokumen penulis*

9.2 Pembebanan Pelat Pracetak

Beban mati:

- Berat sendiri pelat = 780 kg/m^3

Beban mati tambahan:

- Dinding = 575 kg/m^2
- Plafond = $6,5 \text{ kg/m}^2$
- Keramik = 13 kg/m^2
- Spesi = 5 kg/m^2
- Duct, plumb = 16 kg/m^2

Beban hidup:

- Pekerja = 200 kg/m^2
- Lantai rumah = 192 kg/m^2

Kondisi saat pengangkatan:

Beban mati:

- Berat sendiri pelat = $1,25 \times 780 = 97,5 \text{ kg/m}^2$
- Berat kejut = $1,5 \times 97,5 = 146,25 \text{ kg/m}^2$

Beban per 1meter lebar pelat:

$$q_U = 146,25 \text{ kg/m}^2 \times 1 \text{ m} = 146,25 \text{ kg/m}^2$$

Kondisi saat pemasangan:

Beban mati:

- Berat sendiri pelat = $97,5 \text{ kg/m}^2$

Beban hidup:

- Beban pekerja = 200 kg/m^2

$$\begin{aligned} q_U &= 1,2D + 1,6L = (1,2 \times 97,5) + (1,6 \times 200) \\ &= 437 \text{ kg/m}^2 \end{aligned}$$

Beban per 1meter lebar pelat:

$$q_U = 437 \text{ kg/m}^2 \times 1 \text{ m} = 437 \text{ kg/m}^2$$

Kondisi setelah penumpukan:

Beban mati:

- Berat sendiri pelat = 97,5 kg/m²
- Beban mati tambahan = 615 kg/m²

Beban hidup:

- Lantai rumah = 192 kg/m²

$$\begin{aligned}q_U &= 1,2(D+SD) + 1,6L \\ &= 1,2 \times (97,5+615) + (1,6 \times 192) \\ &= 1162,8 \text{ kg/m}^2\end{aligned}$$

Beban per 1meter pelat:

$$q_U = 1162,8 \text{ kg/m}^2 \times 1 \text{ m} = 1162,8 \text{ kg/m}^2$$

9.3 Penulangan Pelat Pracetak

Momen yang terjadi:

$$\begin{aligned}M_x &= 0,0107 \times q_U \times a^2 \times b \\ &= 0,0107 \times 146,25 \times 0,6^2 \times 2,97 \\ &= 1,67 \text{ kg.m} \\ &= 16731,6435 \text{ N.mm}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}M_y &= 0,0107 \times q_U \times a \times b^2 \\ &= 0,0107 \times 146,25 \times 0,6 \times 2,97^2 \\ &= 8,28 \text{ kg.m} \\ &= 82821,6353 \text{ N.mm}\end{aligned}$$

Penulangan pelat:

Arah x:

$$\begin{aligned}\rho_b &= \frac{0,85 \cdot f'_c \cdot \beta}{f_y} \times \frac{600}{600+f_y} = \frac{0,85 \cdot 17,181 \cdot 1}{240} \times \frac{600}{600+240} \\ &= 0,02909\end{aligned}$$

$$\rho_{\text{maks}} = 0,75 \times \rho_b = 0,02182$$

$$\rho_{\min} = 0,0014$$

$$m = \frac{f_y}{0,85 \times f'c} = \frac{240}{0,85 \times 17,181} = 24,55$$



$$dx = \text{tsp} - \text{decking} - \varnothing/2 = 101 \text{ mm}$$

$$Rn = \frac{M_u}{\varnothing b d^2} = \frac{16731,6435}{0,9 \times 1000 \times 101^2} = 0,0018$$

$$\rho = \frac{1}{m} \left[1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot m \cdot Rn}{f_y}} \right] = 0,000007 < \rho_{\min}$$

Maka digunakan $\rho = 0,0014$

$$\text{As perlu} = \rho \times b \times d = 141,40 \text{ mm}^2$$

Dipasang tul. Lentur $\varnothing 8$ -250 mm

$$\text{As pasang} = 201,06 \text{ mm}^2$$

Cek:

As pasang > As perlu

$$201,06 \text{ mm}^2 > 141,40 \text{ mm}^2 \text{ (MEMENUHI)}$$

Arah y:

$$\rho_b = \frac{0,85 \cdot f'c \cdot \beta}{f_y} \times \frac{600}{600 + f_y} = \frac{0,85 \cdot 17,181 \cdot 1}{240} \times \frac{600}{600 + 240} = 0,02909$$

$$\rho_{\text{maks}} = 0,75 \times \rho_b = 0,02182$$

$$\rho_{\min} = 0,0014$$

$$m = \frac{f_y}{0,85 \times f'c} = \frac{240}{0,85 \times 17,181} = 24,55$$

$$dx = \text{tsp} - \text{decking} - \varnothing/2 = 93 \text{ mm}$$

$$R_n = \frac{M_u}{\phi b d^2} = \frac{82821,6353}{0,9 \times 1000 \times 93^2} = 0,0106$$

$$\rho = \frac{1}{m} \left[1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot m \cdot R_n}{f_y}} \right] = 0,000044 < \rho_{\min}$$

Maka digunakan $\rho = 0,0014$

$$A_s \text{ perlu} = \rho \times b \times d = 130,2 \text{ mm}^2$$

Dipasang tul. Lentur Ø8-250 mm

$$A_s \text{ pasang} = 201,06 \text{ mm}^2$$

Cek:

$A_s \text{ pasang} > A_s \text{ perlu}$

$$201,06 \text{ mm}^2 > 130,2 \text{ mm}^2 \text{ (MEMENUHI)}$$

Kontrol retak:

- Mencari tinggi balok tekan persegi ekuivalen (a)

$$a = \frac{A_s \times f_y}{0,85 \times f'_c \times b} = \frac{201,06 \times 240}{0,85 \times 17,181 \times 1000} = 2,27081709 \text{ mm}$$

- Jarak serat tekan terjauh ke sumbu netral (c)

$$c = \frac{a}{\beta_1} = \frac{1,519957}{0,85} = 2,67155 \text{ mm}$$

Diasumsukan pelat beton berumur 3 hari:

$$f'_c 1 = 11,5 \text{ MPa}$$

$$f_r = 0,62 \times \lambda \times \sqrt{f'_c 1} = 2,1 \text{ MPa}$$

$$I = 1/12 \times b \times h^3 = 162760417 \text{ mm}^4$$

Kontrol:

$$M = 1/10 \times qD \times (Lx/2)^2 = 1,31625 \text{ kg.m} \\ = 13163 \text{ N.mm}$$

$$\sigma = M \cdot c / I < f_r \\ = 35164,27 / 162760417 < 2,1 \text{ MPa} \\ = 0,000216049 < 2,1 \text{ MPa (OK)}$$

$$M_{cr} = f_r \cdot I / c \geq M \\ = 128093229,2 \text{ Nmm} \geq 13163 \text{ N.mm (OK)}$$

Halaman ini sengaja dikosongkan

BAB X PERENCANAAN TANGGA KAYU

10.1 Data Perencanaan Tangga

Tinggi tangga	= 300 cm
Lebar injakan (i)	= 22 cm
Panjang Tangga	= 120 cm
Lebar Railling Tangga	= 5 cm
Lebar bordes	= 120 cm

- Kayu kelas III

Berat Jenis kayu	= 0.4 g/ cm ³
Modulus Elastisitas	= 80000 kg/cm ²
Tegangan Izin Lentur(σ_t)	= 75 kg/cm ²
Tegangan izin Tekan (σ_{tk})	= 15 kg/cm ²

10.2 Perencanaan Jumlah Injakan

- Persyaratan - Persyaratan Jumlah Injakan Tangga

60	cm	$< (2t + I) <$	65	cm
25°		$< a <$	40°	

Dimana:

t = tinggi injakan (cm)

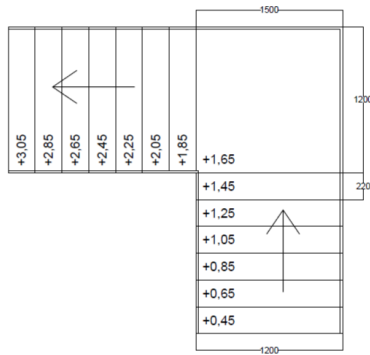
i = lebar injakan (cm)

a = kemiringan tangga

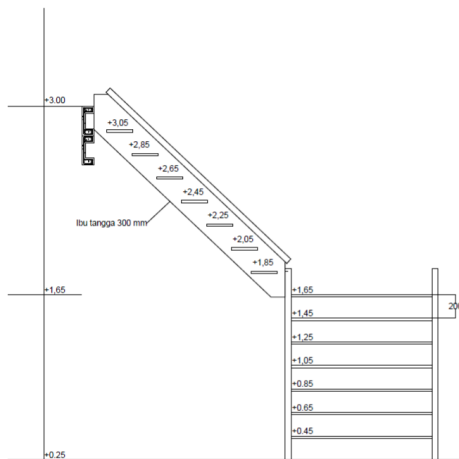
- Perhitungan Jumlah Injakan Tangga

$$\begin{aligned} \text{Tinggi tanjakan (t)} &= \frac{65-22}{2} \\ &= 21.5 \text{ cm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Jumlah Tanjakan} &= \frac{300}{21.5} = 13,7 \\ &= 14 \text{ buah} \end{aligned}$$



Gambar 10. 1 Denah tangga kayu
Sumber: Dokumen penulis



Gambar 10. 2 Tampak samping tangga kayu
Sumber: Dokumen penulis



Gambar 10. 3 Visualisasi 3D tangga kayu
Sumber: Dokumen penulis

10.3 Perencanaan Plat Bordes Tangga

Tebal Plat = 2 cm
 Lebar Bordes = 120 cm
 Berat Jenis kayu = 0.4 g/cm³

- Perencanaan Pembebanan Bordes

- Beban Mati

$$\begin{aligned} \text{Berat Plat Bordes} &= 2 \times 120 \times 0.4 \\ &= 144 \text{ g/cm} \\ &= 14,4 \text{ kg/m} \end{aligned}$$

- Beban Hidup

$$\begin{aligned} 1.2 D + 1.6 L &= 200 \times 1.2 = 240 \text{ kg/m} \\ &= (1.2 \times 9,6) + (1.6 \times 240) \\ &= 396 \text{ kg/m} \\ &= 3,96 \text{ kg/cm} \end{aligned}$$

- Perhitungan Momen

$$\begin{aligned} M_D &= \frac{1}{8} q_D L^4 = \frac{1}{8} \times 9,6 \times 1,2^4 \\ &= 0,288 \text{ Kg.m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_L &= \frac{1}{8} q_L L^4 = \frac{1}{8} \times 240 \times 1,2^4 \\ &= 4,8 \text{ Kg.m} \end{aligned}$$

- Perhitungan Kombinasi Pembebanan MU

$$\begin{aligned} M_u &= 1,2 D + 1,6 L \\ &= (1,2 \times 0,288) + (1,6 \times 4,8) \\ &= 8,0256 \text{ kg.m} \\ &= 802,56 \text{ kg.cm} \end{aligned}$$

- Kontrol Tegangan Lentur

$$\begin{aligned} \frac{M_u}{S_x} &\leq \sigma_{lt} \\ S_x &= \frac{1}{6} b h^2 = \frac{1}{6} \times 120 \times 4 = 80 \text{ cm}^3 \\ &= \frac{802,56}{80} = 10,256 \text{ kg/cm}^2 \\ &= 10,256 \leq 75 \text{ (OK)} \end{aligned}$$

- Kontrol Lendutan

$$\text{Lendutan izin pada konstruksi Terlindung} = \frac{L}{300}$$

$$\Delta \text{ max} = \frac{5}{584} \times \frac{w L^4}{E.I}$$

$$I = \frac{1}{12} b h^3 = \frac{1}{12} \times 120 \times 8 = 80 \text{ cm}^4$$

$$\Delta \text{ max} = \frac{5}{584} \times \frac{4,0128 \times 120^4}{80.000 \times 80} = 0,02 \text{ cm}$$

$$0,02 \leq \frac{120}{300}$$

$$0,02 \leq 0,4 \text{ (OK)}$$

10.4 Perencanaan Anak Tangga

$$\text{Tebal} = 2 \text{ cm}$$

$$\text{Lebar} = 22 \text{ cm}$$

Berat Jenis kayu = 0.4 g/cm^3

• Perencanaan Pembebanan

- Beban Mati

$$\begin{aligned}\text{Berat Anak Tangga} &= 2 \times 22 \times 0.4 \\ &= 17.6 \text{ g/cm} \\ &= 1.76 \text{ kg/m}\end{aligned}$$

- Beban Hidup = $200 \times 0.22 = 44 \text{ kg/m}$

$$\begin{aligned}W_u &= 1.2 D + 1.6 L \\ &= (1.2 \times 1.76) + (1.6 \times 44) \\ &= 72.512 \text{ kg/m} \\ &= 0.72 \text{ kg/cm}\end{aligned}$$

• Perhitungan Momen

$$\begin{aligned}M_D &= \frac{1}{8} q_D L^4 = \frac{1}{8} \times 1.76 \times 0.22^4 \\ &= 0.01 \text{ Kg.m}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}M_L &= \frac{1}{8} q_L L^4 = \frac{1}{8} \times 240 \times 0.22^4 \\ &= 0.262 \text{ Kg.m}\end{aligned}$$

• Perhitungan Kombinasi Pembebanan MU

$$\begin{aligned}M_u &= 1.2 D + 1.6 L \\ &= (1.2 \times 0.01) + (1.6 \times 0.262) \\ &= 0.43 \text{ kg.m} \\ &= 43 \text{ kg.cm}\end{aligned}$$

• Kontrol Tegangan Lentur

$$\begin{aligned}\frac{M_u}{S_x} &\leq \sigma_{lt} \\ S_x &= \frac{1}{6} b h^2 = \frac{1}{6} \times 22 \times 4 = 14.677 \text{ cm}^3 \\ &= \frac{43}{14.677} = 3.6 \text{ kg/cm}^2 \\ &= 2.99 \leq 75 \text{ (OK)}\end{aligned}$$

- Kontrol Lendutan

Lendutan izin pada konstruksi Terlindung = $\frac{L}{300}$

$$\Delta \max = \frac{5}{584} \times \frac{wL^4}{E.I}$$

$$I = \frac{1}{12} bh^3 = \frac{1}{12} \times 22 \times 8 = 14.677 \text{ cm}^4$$

$$\Delta \max = \frac{5}{584} \times \frac{0.72 \times 22^4}{80.000 \times 14.677} = 0.19 \text{ cm}$$

$$0.02 \leq \frac{120}{300}$$

$$0.19 \leq 0.4 \text{ (OK)}$$

10.5 Perencanaan Ibu Tangga

Tebal = 300 cm

Lebar = 30 cm

Berat Jenis kayu = 0.4 g/cm³

- Perencanaan Pembebanan

- Beban Mati

$$\begin{aligned} \text{Berat Anak Tangga} &= 2 \times 22 \times 0.4 \\ &= 17.6 \text{ g/cm} \\ &= 1.76 \text{ kg/m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Berat Tiang railing tangga} &= 3 \times 3 \times 0.4 \\ &= 3.6 \text{ g/cm} \\ &= 0.36 \text{ kg/m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Berat Hand Railing} &= 5 \times 5 \times 0.4 \\ &= 20 \text{ g/cm} \\ &= 2 \text{ kg/m} \end{aligned}$$

- Beban Hidup = 200 x 1.5 = 300 kg/m

Dari program bantu SAP 2000 didapatkan

Mu = 14437 kg.cm

Δ = 0.00264 cm

- Kontrol Tegangan Lentur

$$\frac{M_u}{S_x} \leq \sigma_t$$

$$\begin{aligned} S_x &= \frac{1}{6} bh^2 = \frac{1}{6} \times 3 \times 30^2 = 450 \text{ cm}^3 \\ &= \frac{14437}{450} = 27.313 \text{ kg/cm}^2 \\ &= 27.3 \leq 75 \text{ (OK)} \end{aligned}$$

- Kontrol Lendutan

$$\text{Lendutan izin pada konstruksi Terlindung} = \frac{L}{300}$$

$$0.002 \leq \frac{145}{300}$$

$$0.002 \leq 0.5 \text{ (OK)}$$

10.6 Perencanaan Balok Bordes

Tebal = 300 cm

Lebar = 30 cm

Berat Jenis kayu = 0.4 g/cm³

- Perencanaan Pembebanan

- Beban Mati

Berat Tiang railing tangga = 3 x 3 x 0.4

= 3.6 g/cm

= 0.36 kg/m

Berat Hand Railling = 5 x 5 x 0.4

= 20 g/cm

= 2 kg/m

- Beban Hidup = 200 x 1.2 = 240 kg/m

Dari program bantu SAP 2000 didapatkan:

Mu = 13722 kg.cm

Δ = 0.022 cm

- Kontrol Tegangan Lentur

$$\frac{M_u}{S_x} \leq \sigma_t$$

$$\begin{aligned}
 S_x &= \frac{1}{6} b h^2 = \frac{1}{6} \times 3 \times 30^2 = 450 \text{ cm}^3 \\
 &= \frac{13722}{450} = 27.313 \text{ kg/cm}^2 \\
 &= 30.49 \leq 75 \text{ (OK)}
 \end{aligned}$$

- Kontrol Lentutan

$$\text{Lentutan izin pada kontruksi Terlindung} = \frac{L}{300}$$

$$0.002 \leq \frac{120}{300}$$

$$0.022 \leq 0.4 \text{ (OK)}$$

10.7 Perencanaan Kolom Kayu

$$d1 = 100 \text{ mm}$$

$$d2 = 100 \text{ mm}$$

$$l1 = 1320 \text{ mm}$$

$$l2 = 660 \text{ mm}$$

$$A_g = 10000$$

- Kayu Kode Mutu E8 dan Kelas Mutu A

$$P = 26.59$$

$$E = 8000$$

$$E_{\text{min}} = 4000$$

$$F_c = 4.9 \text{ mpa}$$

- Faktor Koreksi sesuai SNI 7973-2013

$$C_m = 0.8$$

$$C_t = 1$$

$$C_f = 1$$

$$C_i = 0.8$$

$$K_f = 2.4$$

$$\phi_c = 0.9$$

$$\lambda = 0.8$$

Dengan Bantuan Program SAP 2000 didapatkan gaya yang bekerja pada kolom Sebagai berikut

$$P_u = 26538 \text{ N}$$

- Menentukan Panjang Efektif Kolom

$$L_e = K_e \times L$$

$$K_e = 1 \text{ (Tabel G1 SNI 7973-2013)}$$

$$L_{e1} = 1 \times 1320 = 1320$$

$$L_{e2} = 1 \times 660 = 660$$

- Menentukan Rasio Kelangsingan

$$\frac{L_e}{d} \leq 50$$

$$\frac{L_{e1}}{d1} = \frac{1320}{100} = 13.2 \leq 50 \text{ (OK)}$$

$$\frac{L_{e2}}{d2} = \frac{1366020}{100} = 6.6 \leq 50 \text{ (OK)}$$

- Menghitung Faktor Stabilitas Kolom

$$C_p = \frac{1 + (F_{cE} + F^*_c)}{2c} - \sqrt{\left(\frac{1 + (F_{cE} + F^*_c)}{2c}\right)^2 - \frac{(F_{cE} + F^*_c)}{c}}$$

$$F_{cE} = \frac{0.822 E_{min}}{\left(\frac{L_e}{d}\right)^2}$$

$$= \frac{0.822 \times 4000}{(13.2)^2} = 18.8705234$$

$$F^*_c = F_c \times C_m \times C_t \times C_f \times C_I$$

$$= 0.8 \times 4.9 \times 0.8 \times 1 \times 1 \times 0.8 = 2.508$$

$$C = 0.8$$

$$C_p = \frac{1 + (18.87 + 2.508)}{1.6} - \sqrt{\left(\frac{1 + (18.87 + 2.508)}{1.6}\right)^2 - \frac{(18.87 + 2.508)}{0.8}}$$

$$= 1.117$$

- Menghitung Kuat Tekan Terkoreksi

$$F_c' = F_c \times C_m \times C_t \times C_f \times C_I \times C_p \times K_f \times \phi_c \times \lambda$$

$$= 0.8 \times 4.9 \times 0.8 \times 1 \times 1 \times 0.8 \times 1.117 \times$$

$$2.4 \times 0.9 \times 0.8$$

$$= 4.84313911$$

- Kapasitas Tekan Terkoreksi

$$P' = F_c' \times A_g$$

$$= 48431.3911 \text{ N}$$

$$= 48431.3911 \leq 26538 \text{ (OK)}$$

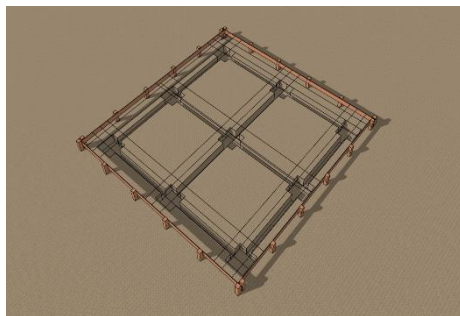
Halaman ini sengaja dikosongkan

BAB XI

METODE PELAKSANAAN

11.1 Penggalian Tanah Pondasi

1. Tancapkan 2 buah paku kira-kira 1 m dan 5 m dari ujung papan duga pada arah lebar bangunan. Tarik benang dari kedua paku ke papan duga yang ada di hadapannya. Gunakan pasekon untuk memastikan benang tegak lurus terhadap papan duga.
2. Gunakan cara yang sama dengan poin 1 untuk papan duga pada arah panjang bangunan. Jumlah paku yang ditancapkan adalah sebanyak 3 buah dengan jarak 1 m, 4 m, dan 7 m dari ujung papan duga.
3. Gunakan cara yang sama dengan poin 1 dan 2 untuk memperoleh garis-garis dari benang yang membentuk denah rencana bangunan. (Garis dari benang merupakan sumbu dinding bangunan) Tancapkan 2 buah paku di sebelah kanan dan kiri paku as dinding bangunan dengan jarak masing-masing 35 cm. Hubungkan paku-paku yang saling berhadapan dengan benang sedemikian, sehingga membentuk pola galian pondasi setempat.
4. Gali tanah untuk pondasi dengan mengikuti pola galian pondasi hingga kedalaman 20 cm dari permukaan tanah yang telah diratakan dan dibersihkan

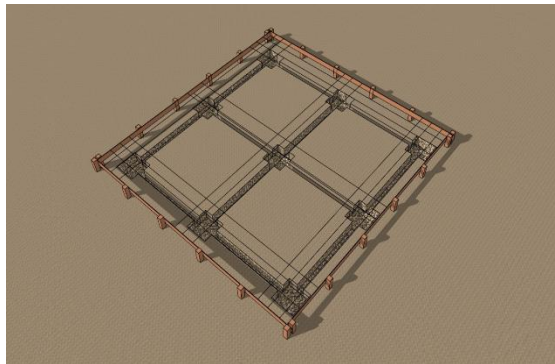


Gambar 11. 1 Galian Tanah Pondasi
Sumber: Dokumen penulis

11.2 Pemasangan Pondasi

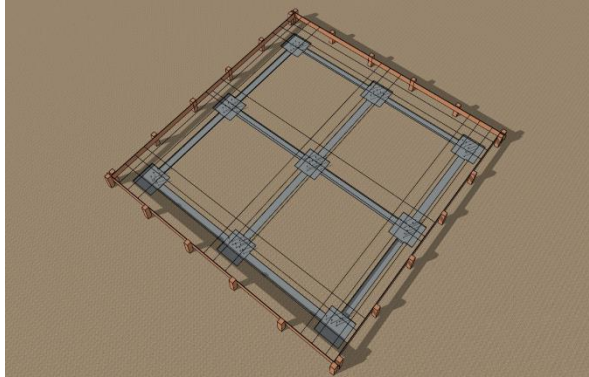
Lahan yang akan dibangun harus sudah memiliki pondasi bangunan yang diberi angkur diameter 16 mm dan kedalaman tertanam minimal 30 cm untuk dibaut dengan komponen 2 pada tiap bagian pojok rangka bangunan. Permukaan pondasi dikondisikan dengan diberi lapisan mortar semen agar memiliki permukaan yang rata sebelum pemasangan komponen RUSPIN pada umur mortar semen minimal 3 hari.

1. Hamparkan pasir urug pada galian pondasi dan padatkan sehingga diperoleh tebal padat pasir urug di bawah pondasi sebesar 8 cm.



Gambar 11. 2 Pasir urug
Sumber: Dokumen penulis

2. Tempatkan pondasi plat dan batako untuk pondasi menerus pada masing-masing galian dan atur sedemikian sehingga baut yang tertanam pada pondasi sejajar dengan benang as dinding bangunan baik pada arah lebar maupun arah panjang bangunan

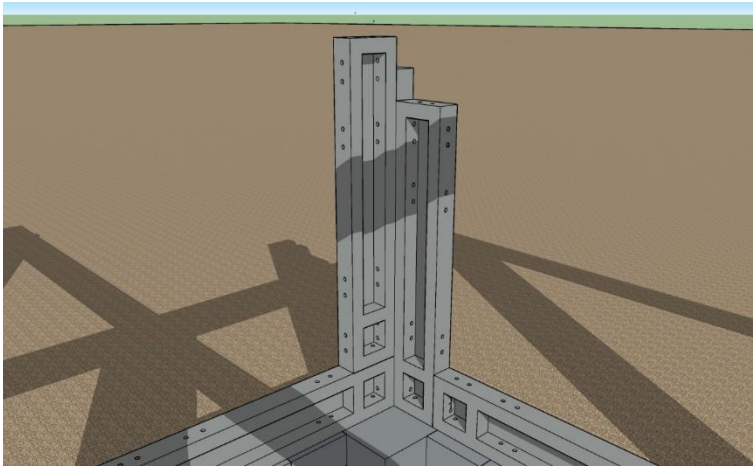


Gambar 11. 3 Cor pondasi dan pemasangan batako

Sumber: Dokumen penulis

11.3 Pemasangan Sloof

1. Pasang komponen tipe 1 pada pondasi dan sambungkan dengan komponen tipe 2 menggunakan mur-ring-baut hingga $\frac{1}{2}$ kekuatan, kemudian sambungkan komponen tipe 2 dengan lainnya menggunakan sambungan murring-baut, juga dengan $\frac{1}{2}$ kekuatan. Posisi kotak kecil komponen tipe 2 selalu berada pada posisi titik kumpul pojok/joint rangka struktur.
2. Bila seluruh komponen tipe 1 dan 2 telah terpasang sesuai denah, kencangkan sambungan mur-ring-baut hingga mencapai kekuatan penuh menggunakan kunci momen dengan gaya torsi 2,5 Nm. Selama dilakukan pengencangan tersebut harus selalu dilakukan pengecekan kelurusan dan kerataan (water-pass) setiap balok dengan berpedoman pada benang benang as dinding yang ada.

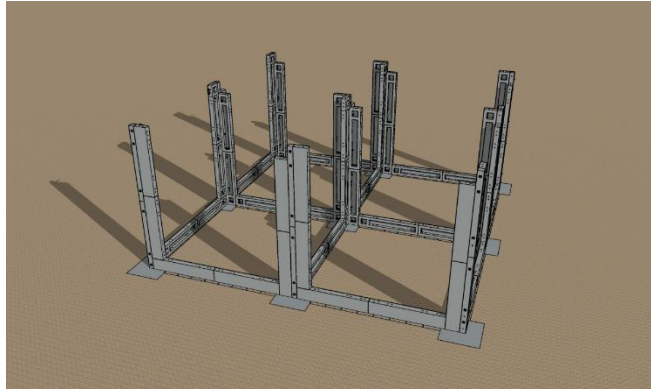


Gambar 11. 4 Rangkaian Joint Kolom Dengan Sloof
Sumber: Dokumen penulis

11.4 Pemasangan Kolom

Setelah rangkaian sloof dari komponen telah terpasang, maka dilanjutkan dengan memasang komponen kolom yang belum terpasang dengan langkah sebagai berikut:

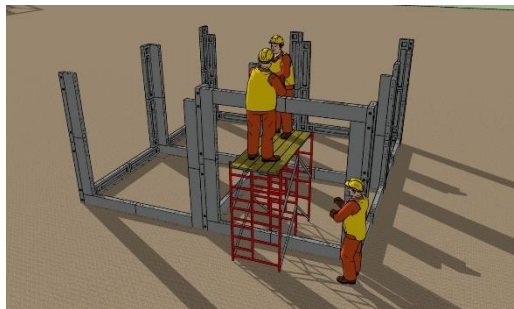
1. Pasang komponen tipe 1 dan tipe 2 untuk kolom dan sambungkan dengan menggunakan sambungan mur-ring-baut dengan $\frac{1}{2}$ kekuatan setelah komponen-komponen kolom tersebut terpasang secara vertikal. Posisi kotak kecil komponen tipe 2 selalu berada pada posisi titik kumpul pojok/joint rangka struktur.
2. Gunakan water-pass untuk mengecek komponen-komponen kolom terpasang secara vertikal.



Gambar 11. 5 Pemasangan komponen kolom lantai 1
Sumber: Dokumen penulis

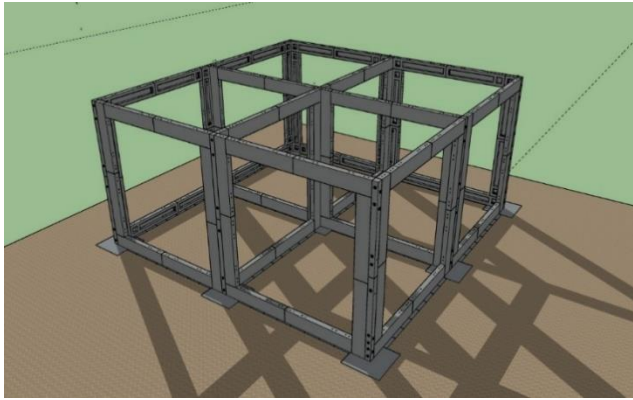
11.5 Pemasangan Balok

1. Sebelum sambungan pada kolom-kolom dikencangkan penuh, pasang komponen tipe 2 untuk balok atas (ring balok) menggunakan sambungan murring-baut dengan $\frac{1}{2}$ kekuatan. Posisi kotak kecil komponen tipe 2 selalu berada pada posisi titik kumpul pojok/joint rangka struktur
2. Gunakan perancah dan tangga dalam pemasangan komponen-komponen balok atas untuk memudahkan dalam pemasangan hingga terpasang lurus dan horisontal.



Gambar 11. 6 Pemasangan Balok atas
Sumber: Dokumen penulis

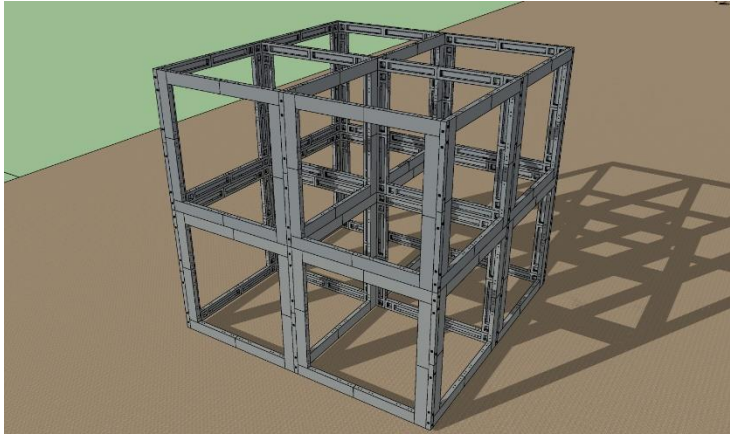
3. Kencangkan sambungan mur-ring-baut di komponen balok atas dan kolom hingga mencapai kekuatan penuh menggunakan kunci momen dengan gaya torsi 2,5 Nm sambil terus menerus di cek kelurusan dan kerataan rangkaian komponen dengan menggunakan alat water-pass pada setiap komponen yang sedang dikencangkan.
4. Hasil akhir terpasang dari satu modul 3 m x 3 m x 3 m.



*Gambar 11. 7 Panel pada lantai 1 sudah terpasang
Sumber: Dokumen penulis*

11.6 Pemasangan Kolom dan Balok Lantai 2

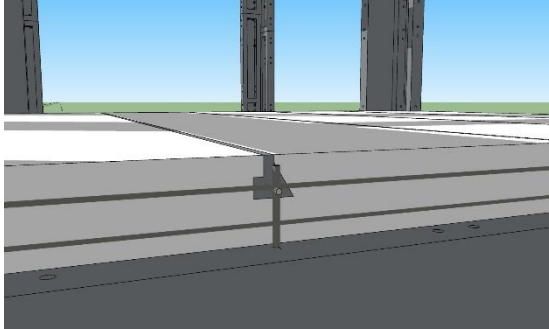
Digunakan langkah – langkah yang sama dengan pemasangan kolom dan balok pada lantai 1.



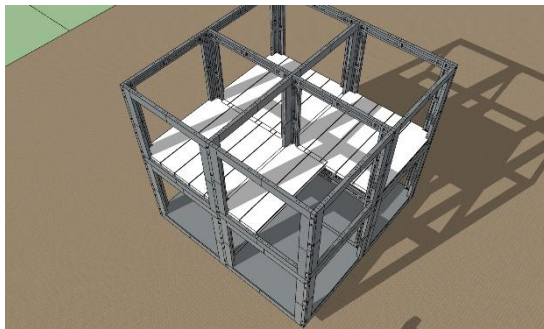
Gambar 11. 8 Panel pada lantai 2 sudah terpasang
Sumber: Dokumen penulis

11.7 Pemasangan Panel Lantai

1. Pengecekan gambar kerja peletakan panel lantai dengan keadaan lapangan
2. Pengukuran jarak bentang lantai
3. Naikkan panel lantai menggunakan katrol ke tempat pemasangan
4. Pada balok peletakan diberikan thin bed mortar, kemudian peletakan panel dapat dilakukan.
5. Pasang besi pengisi panel lantai dan ikatkan pada angkur
6. Isikan semen grouting pada celah panel lantai



Gambar 11. 9 Grouting pada panel lantai
Sumber: Dokumen penulis

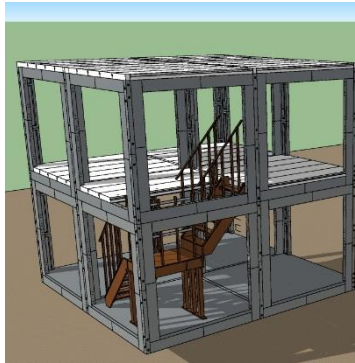


Gambar 11. 10 Panel lantai 2 telah terpasang
Sumber: Dokumen penulis

11.8 Pemasangan Tangga Kayu

1. Dilakukan pengukuran lebar tangga, tinggi tangga dan persiapan keperluan kayu untuk tangga
2. Siapkan 6 kayu ukuran 10x10 cm untuk tiang tangganya. Kemudian pasang masing – masing 3 kayu di sisi kanan dan kiri disesuaikan dengan ketinggian lantai. Untuk penyambungan kayu digunakan lem kayu dan pemakuan pada kayu

3. Sambungkan bagian bagian atas dan bawah tiang dengan kayu agar lebih kuat
4. Buat balok kayu untuk di bagian tengah bordes
5. Buat ibu tangga dengan sudut sesuai keinginan
6. Sambungkan ibu tangga dengan tiangnya menggunakan lem kayu dan pemakuan
7. Pada ibu tangga ukurlah tempat bantalan anak tangga
8. Potong papan kayu dan aplikasikan diatas bantalan anak tangga dan sambungkan dengan lem kayu dan paku
9. Setelah selesai, bisa di cat atau finishing lainnya

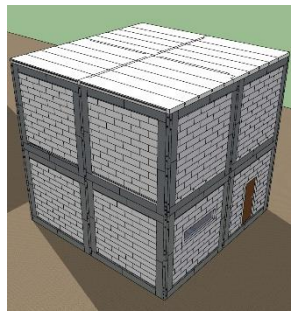


*Gambar 11. 11 Penempatan tangga pada bangunan
Sumber: Dokumen penulis*

11.9 Pemasangan Dinding Hebel

1. Siapkan material bata ringan, semen, serta air
2. Gunakan benang untuk meratakan posisi dinding
3. Untuk perekat hebel dibuat pasta dari campuran air dan semen (9,5 – 10,5 L air dan 40 kg semen)
4. Untuk mencegah pengerasan semen yang terlalu cepat, rendam terlebih dahulu hebel beberapa saat
5. Berikan pasta semen pada kolom dengan ketebalan 3 mm pada kolom dan 10-20 mm pada alas hebel

6. Untuk pasta antar hebel digunakan tebal 3 mm dan cek kerataannya menggunakan waterpass
7. Setelah didiamkan sampai mengering sempurna, diberikan plesteran pada dinding agar lebih rata dan kokoh
8. Lakukan penyiraman pada dinding hebel
9. Kemudian dipasang papan pembatas bidang kerja pada tepi dinding
10. Pasang plesteran dibuat dengan campuran 6 – 6,5 L air dan 40 kg semen dengan ketebalan 10 mm
11. Diamkan plesteran 2 – 3 minggu ketika penyusutan berhenti menyusut
12. Lalu untuk pelapisan acian menggunakan 13,5 – 14,5 L air dan 40 kg semen dengan ketebalan 1 – 3 mm
13. Buat acian dengan tebal 1 – 1,5 mm lalu setelah kering diberi acian sampai ketebalan 3 mm
14. Haluskan acian dengan menggunakan kuas basah dan digosong dengan kertas semen



Gambar 11. 12 Dinding hebel telah terpasang
Sumber: Dokumen penulis

BAB XII KESIMPULAN DAN SARAN

12.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil evaluasi kinerja Rumah Ruspın menggunakan metode analisa pushover dengan bantuan program SAP 2000 dan Analisa komponen sambungan menggunakan software abaqus maka diperoleh kesimpulan sebagai berikut:

1. Berdasarkan titik kinerja yang didapatkan diperoleh bahwa rasio simpangan struktur Rasio simpangan struktur yang terjadi masih lebih kecil dari batas simpangan yang disyaratkan oleh FEMA 356 dan ATC-40 untuk level *Immediate Occupancy*, yaitu 1%. Oleh karena itu, level kinerja struktur adalah *Immediate Occupancy* yakni ada kerusakan pada struktur dimana kekuatan dan kekakuannya hampir sama dengan kondisi sebelum gempa dan gedung dapat digunakan kembali
2. Dari hasil dengan Analisa perhitungan dan pengujian dengan Software abaqus terdapat baut yang melebihi Tegangan dan regangan yang diijinkan yaitu tegangan leleh baut sebesar $f_y=558$ MPa dan regangan sebesar $\epsilon = f_y / E = 558/200000 = 0.00279$
3. Hasil Analisa probabilitas keruntuhan struktur untuk wilayah KDS C, D, E menunjukkan bahwa gedung yang diteliti dengan kategori *design seismic level low code* memiliki persentase probabilitas bangunan untuk tidak roboh atau *none collapse* mencapai lebih dari 90% Sehingga Struktur dapat dikatakan aman.

Berdasarkan hasil Analisa komponen panel redesain menggunakan metode analisa pushover dengan bantuan program SAP 2000 maka diperoleh kesimpulan sebagai berikut:

1. Berdasarkan titik kinerja yang didapatkan diperoleh bahwa rasio simpangan struktur Rasio simpangan struktur yang terjadi masih lebih kecil dari batas simpangan yang disyaratkan oleh FEMA 356 dan ATC-40 untuk level ***Immediate Occupancy***, yaitu 1%. Oleh karena itu, level kinerja struktur adalah ***Immediate Occupancy*** yakni ada kerusakan pada struktur dimana kekuatan dan kekakuannya hampir sama dengan kondisi sebelum gempa dan gedung dapat digunakan kembali.
2. Dari hasil dengan Analisa perhitungan dan pengujian dengan Software abaqus semua baut memenuhi Tegangan dan regangan yang diijinkan yaitu tegangan leleh baut sebesar $f_y=558$ MPa dan regangan sebesar $\epsilon = f_y / E = 558/200000 = 0.00279$
3. Hasil Analisa probabilitas keruntuhan struktur untuk wilayah KDS C, D, E menunjukkan bahwa gedung yang diteliti dengan kategori *design seismic level low code* memiliki persentase probabilitas bangunan untuk tidak roboh atau *none collapse* mencapai lebih dari 90% Sehingga Struktur dapat dikatakan aman.

12.2 Saran

Pemodelan komponen panel struktur dengan program SAP 2000 dan komponen sambungan baut dengan program abaqus yang dilakukan pada tugas akhir ini dinilai sudah cukup baik. Akan tetapi perlu diadakan penelitian lebih lanjut yang dapat dilakukan kedepannya, seperti:

1. Memodelkan dan menganalisa komponen panel dan sambungan secara bersamaan menggunakan software berbasis *finite element* untuk mengetahui interaksi antara panel dan sambungan.
2. Menggunakan studi kasus dilapangan. Sehingga harapan dari pengguna adalah agar elemen struktur yang dimodelkan dapat berperilaku sesuai kondisi aslinya dapat terpenuhi.
3. Penelitian selanjutnya dapat dilakukan desain panel dengan memperhatikan faktor ukuran modular struktur sehingga dapat didesain untuk berbagai macam tipe ruangan
4. Penelitian selanjutnya dilakukan untuk desain panel pracetak yang memiliki sambungan antar panel lebih sederhana sehingga pengaplikasiannya lebih mudah

Halaman ini sengaja dikosongkan

DAFTAR PUSTAKA

- Nawy, Edward G., 1990. *Beton Bertulang: Suatu Pendekatan Dasar*, PT. Eresco, Bandung.
- Alfitasari. 2010. *Perilaku dan Perancangan Balok Beton Pracetak untuk Rumah Sederhana Cepat Bangun Tahan Gempa dengan Sistem Rangka Terbuka (Open-Frame)*. Surabaya: Tesis Magister Bidang Keahlian Struktur – Teknik Sipil, ITS.
- Sinaga, Sadtes L. 2018. *Analisa Distribusi Tegangan Baut Pada Sambungan Web-flange Gelagar Baja dengan Cara Analitis dan Program Ansys*. Medan: Tugas Akhir Teknik Sipil Universitas Sumatera Utara.
- Pangestu, Kusumawardhana. 2010. *Kapasitas Lentur Sambungan Balok Pracetak Balok Beton bertulang Solo: Tugas Akhir Teknik Sipil Universitas Sebelas Maret*
- Badan Standardisasi Nasional. 2012. *SNI 03-1727-2012 Tata Cara Perhitungan Pembebanan Untuk Bangunan Gedung*. Jakarta : Badan Standardisasi Nasional.
- Badan Standardisasi Nasional. 2012. *SNI 2847-13 Tata Cara Perencanaan Struktur Beton Untuk Bangunan Gedung*. Jakarta : Badan Standardisasi Nasional
- Badan Standardisasi Nasional. 2012. *SNI 03-1727-2012 Tata Cara Perhitungan Pembebanan Untuk Bangunan Gedung*. Jakarta : Badan Standardisasi Nasional
- Budianto. 2010. *Perilaku dan Perancangan Sambungan Balok Kolom Pracetak untuk Rumah Sederhana Cepat Bangun Tahan Gempa dengan Sistem Rangka*

Berdinding Pengisi (Infilled Frame). Surabaya: Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Imran, I., Kamaludin, Hanafiah.1999. *Perilaku Sambungan Antara Elemen Beton Pracetak pada Rangkaian Balok-Kolom Terhadap Beban Lateral Siklik*. Surabaya: Jurusan Teknik Sipil, Institut Teknologi Bandung.

Balai Penelitian dan Pengembangan Kementerian PUPR. 2013. *Modul E-learning RUSPIN*. Bandung. Balai Penelitian dan Pengembangan Kementerian PUPR

Nurdianti, Ulfa. 2013. *Studi Keandalan Struktur Gedung Tinggi Tidak Beraturan Menggunakan Pushover Analysis Pada Tanah Medium*. Makassar. Jurusan Sipil Fakultas Teknik, Universitas Hasanuddin.

BIOGRAFI PENULIS



Penulis dilahirkan di Yogyakarta, 22 Juni 1998, merupakan anak pertama dari 4 bersaudara. Penulis telah menempuh pendidikan formal yaitu di SDIT Nurul Fikri, SMP JIBBS, dan MAN 4 Jakarta. Setelah lulus dari MAN 4 Jakarta tahun 2016, penulis mengikuti SMITS dan diterima di Jurusan Teknik Infrastruktur Sipil (S.Tr) FV-ITS dan terdaftar dengan NRP. 10111610013014. Di Jurusan Teknik Infrastruktur Sipil ini Penulis mengambil Bidang Studi Teknologi Rekayasa Pengelolaan dan Pemeliharaan Bangunan Sipil (TRPPBS). Penulis sempat aktif di beberapa kegiatan kepanitiaan yang diselenggarakan baik di tingkat Institut, Fakultas, maupun Jurusan. Penulis juga sempat aktif di Himpunan Mahasiswa Diploma Sipil (HMDS) sebagai Wakahima pada kepengurusan periode 2018/2019. Penulis dapat dihubungi melalui email di muhfsl@gmail.com

Halaman ini sengaja dikosongkan

LAMPIRAN

Lampiran 1

Tabel 1. Hasil Perhitungan Kuat Geser Baut Struktur Eksisting

KDS	Kolom	Pu (N)	Vu (N)	ØRn	Kontrol geser baut
c	6	24666,84	109,1067	342,8	OK
c	7	45468,98	201,119	342,8	OK
c	12	68554,41	303,2308	342,8	OK
c	16	10358,58	45,81821	342,8	OK
c	15	2228,65	9,857794	342,8	OK
c	24	11067,39	48,95342	342,8	OK
d	6	24189,96	106,9973	342,8	OK
d	7	45468,98	201,119	342,8	OK
d	12	69493,13	307,3829	342,8	OK
d	16	9992,91	44,20077	342,8	OK
d	15	10236,56	45,27849	342,8	OK
d	24	21475,29	94,98978	342,8	OK
e	6	24189,96	106,9973	342,8	OK
e	7	45468,98	201,119	342,8	OK
e	12	76493,13	338,3454	342,8	OK
e	16	9992,91	44,20077	342,8	OK
e	15	10236,56	45,27849	342,8	OK
e	24	21475,29	94,98978	342,8	OK

Tabel 2. Hasil Perhitungan Kuat Tumpu Baut Eksisting

KDS	Kolom	Pu (N)	ØRn	Kontrol kuat tumpu baut
c	6	24666,84	142560	OK
c	7	45468,98	142560	OK
c	12	68554,41	142560	OK
c	16	10358,58	142560	OK
c	15	2228,65	142560	OK
c	24	11067,39	142560	OK
d	6	24189,96	142560	OK
d	7	45468,98	142560	OK
d	12	69493,13	142560	OK
d	16	9992,91	142560	OK
d	15	10236,29	142560	OK
d	24	21475,29	142560	OK
e	6	24189,96	142560	OK
e	7	45468,98	142560	OK
e	12	76493,13	142560	OK
e	16	9992,91	142560	OK
e	15	10236,29	142560	OK
e	24	21475,29	142560	OK

Tabel 3. Hasil Perhitungan Kuat Tarik Baut struktur Eksisting

KDS	Kolom	Mu (N.mm)	Tu (N)	ØRn	Kontrol kuat tarik baut
c	6	18282036	93754,03	52563,6	NOT OK
c	7	20021095	102672,3	52563,6	NOT OK
c	12	544811,9	27922,11	52563,6	OK
c	16	3416234	17519,15	52563,6	OK
c	15	7275933	37312,48	52563,6	OK
c	24	17988720	92249,84	52563,6	NOT OK
d	6	20021095	102672,3	52563,6	NOT OK
d	7	2679782	127423,5	52563,6	NOT OK
d	12	5202714	26680,58	52563,6	OK
d	16	6069696	31126,64	52563,6	OK
d	15	17988720	92249,84	52563,6	NOT OK
d	24	9617750	49321,79	52563,6	OK
e	6	20021095	102672,3	52563,6	NOT OK
e	7	2679782	127423,5	52563,6	NOT OK
e	12	5202714	26680,58	52563,6	OK
e	16	6069696	31126,64	52563,6	OK
e	15	17988720	92249,84	52563,6	NOT OK
e	24	9617750	49321,79	52563,6	OK

Tabel 3. Hasil Perhitungan Kuat Tarik dan Geser Baut Eksisting

KDS	Kolom	Mu (N.mm)	Tu (N)	ØRn	Kontrol kuat tarik dan geser baut
c	6	18282036	93754,03	52563,6	NOT OK
c	7	20021095	102672,3	50983,32904	NOT OK
c	12	544811,9	137423,5	42174,7473	NOT OK
c	16	3416234	27922,11	52563,6	OK
c	15	7275933	37312,48	52563,6	OK
c	24	17988720	37312,48	52563,6	OK
d	6	20021095	92249,84	52563,6	NOT OK
d	7	2679782	102672,3	50983,32904	NOT OK
d	12	5202714	137423,5	41816,56502	NOT OK
d	16	6069696	26680,58	52563,6	OK
d	15	17988720	31126,64	52563,6	OK
d	24	9617750	49321,79	52563,6	OK
e	6	20021095	92249,84	52563,6	NOT OK
e	7	2679782	102672,3	50983,32904	NOT OK
e	12	5202714	137423,5	39145,61316	NOT OK
e	16	6069696	26680,58	52563,6	OK
e	15	17988720	31126,64	52563,6	OK
e	24	9617750	49321,79	52563,6	OK

Lampiran 2

Tabel 1. Rekapitulasi Kontrol Lentur Balok Atap KDS E Re-Desain

Nama Balok	KDS	Titik	Mu (kNm)	ØMn (kNm)	Cek
balok atap					
frame 9	e	tumpuan	1,662	11,22	OK
		lapangan	0,6431	11,22	OK
frame 11	e	tumpuan	0,8572	11,22	OK
		lapangan	0,3305	11,22	OK
frame 20	e	tumpuan	1,6642	11,22	OK
		lapangan	0,6499	11,22	OK
frame 16	e	tumpuan	0,8303	11,22	OK
		lapangan	0,311	11,22	OK
frame 15	e	tumpuan	0,4281	11,22	OK
		lapangan	0,0375	11,22	OK
frame 14	e	tumpuan	1,8255	11,22	OK
		lapangan	0,7353	11,22	OK
frame 17	e	tumpuan	1,829	11,22	OK
		lapangan	0,7341	11,22	OK
frame 18	e	tumpuan	1,7003	11,22	OK
		lapangan	0,6473	11,22	OK
frame 19	e	tumpuan	0,5393	11,22	OK
		lapangan	0,1472	11,22	OK

Tabel 2. Rekapitulasi Kontrol Lentur Balok Atap KDS D Re-Desain

Nama Balok	KDS	Titik	Mu (kNm)	ØMn (kNm)	Cek
balok atap					
frame 9	d	tumpuan	0,7678	11,22	OK
		lapangan	0,1884	11,22	OK
frame 11	d	tumpuan	0,6955	11,22	OK
		lapangan	0,2113	11,22	OK
frame 20	d	tumpuan	0,759	11,22	OK
		lapangan	0,1925	11,22	OK
frame 16	d	tumpuan	0,6807	11,22	OK
		lapangan	0,2026	11,22	OK
frame 15	d	tumpuan	0,3876	11,22	OK
		lapangan	0,0607	11,22	OK
frame 14	d	tumpuan	0,8815	11,22	OK
		lapangan	0,2336	11,22	OK
frame 17	d	tumpuan	0,8642	11,22	OK
		lapangan	0,2239	11,22	OK
frame 18	d	tumpuan	0,7105	11,22	OK
		lapangan	0,1438	11,22	OK
frame 19	d	tumpuan	0,4598	11,22	OK
		lapangan	0,0043	11,22	OK

Tabel 3. Rekapitulasi Kontrol Lentur Balok Atap KDS C Re-Desain

Nama Balok	KDS	Titik	Mu (kNm)	ØMn (kNm)	Cek
balok atap					
frame 9	c	tumpuan	0,5747	11,22	OK
		lapangan	0,0834	11,22	OK
frame 11	c	tumpuan	0,6568	11,22	OK
		lapangan	0,1857	11,22	OK
frame 20	c	tumpuan	0,566	11,22	OK
		lapangan	0,0925	11,22	OK
frame 16	c	tumpuan	0,643	11,22	OK
		lapangan	0,1437	11,22	OK
frame 15	c	tumpuan	0,3908	11,22	OK
		lapangan	0,0853	11,22	OK
frame 14	c	tumpuan	0,6736	11,22	OK
		lapangan	0,1304	11,22	OK
frame 17	c	tumpuan	0,6563	11,22	OK
		lapangan	0,1259	11,22	OK
frame 18	c	tumpuan	0,507	11,22	OK
		lapangan	0,236	11,22	OK
frame 19	c	tumpuan	0,4277	11,22	OK
		lapangan	0,1388	11,22	OK

Tabel 4. Rekapitulasi Kontrol Lentur Balok Lt2 Atas KDS E Re-Desain

Nama Balok	KDS	Titik	Mu (kNm)	ØMn (kNm)	Cek
balok lt.2 atas					
frame 40	e	tumpuan	8,1204	11,22	OK
		lapangan	2,9898	11,22	OK
frame 36	e	tumpuan	7,8356	11,22	OK
		lapangan	3,9794	11,22	OK
frame 130	e	tumpuan	8,121	11,22	OK
		lapangan	2,979	11,22	OK
frame 126	e	tumpuan	7,4483	11,22	OK
		lapangan	3,8701	11,22	OK
frame 34	e	tumpuan	7,3312	11,22	OK
		lapangan	2,583	11,22	OK
frame 28	e	tumpuan	8,6199	11,22	OK
		lapangan	3,2264	11,22	OK
frame 129	e	tumpuan	8,5096	11,22	OK
		lapangan	3,1393	11,22	OK
frame 2	e	tumpuan	7,0779	11,22	OK
		lapangan	2,2617	11,22	OK
frame 42	e	tumpuan	5,2336	11,22	OK
		lapangan	2,1131	11,22	OK

Tabel 5. Rekapitulasi Kontrol Lentur Balok Lt2 Atas KDS D Re-Desain

Nama Balok	KDS	Titik	Mu (kNm)	ØMn (kNm)	Cek
balok lt.2 atas					
frame 40	d	tumpuan	4,4781	11,22	OK
		lapangan	1,1126	11,22	OK
frame 36	d	tumpuan	6,109	11,22	OK
		lapangan	2,5979	11,22	OK
frame 130	d	tumpuan	4,4588	11,22	OK
		lapangan	1,0851	11,22	OK
frame 126	d	tumpuan	5,7762	11,22	OK
		lapangan	2,5511	11,22	OK
frame 34	d	tumpuan	5,0541	11,22	OK
		lapangan	1,058	11,22	OK
frame 28	d	tumpuan	4,8557	11,22	OK
		lapangan	1,2915	11,22	OK
frame 129	d	tumpuan	4,8076	11,22	OK
		lapangan	1,2331	11,22	OK
frame 2	d	tumpuan	3,62	11,22	OK
		lapangan	0,5321	11,22	OK
frame 42	d	tumpuan	3,3736	11,22	OK
		lapangan	0,7142	11,22	OK

Tabel 6. Rekapitulasi Kontrol Lentur Balok Lt2 Atas KDS C Re-Desain

Nama Balok	KDS	Titik	Mu (kNm)	ØMn (kNm)	Cek
balok lt.2 atas					
frame 40	c	tumpuan	3,4013	11,22	OK
		lapangan	0,9514	11,22	OK
frame 36	c	tumpuan	5,5985	11,22	OK
		lapangan	2,2455	11,22	OK
frame 130	c	tumpuan	3,3819	11,22	OK
		lapangan	0,9812	11,22	OK
frame 126	c	tumpuan	5,2818	11,22	OK
		lapangan	2,1535	11,22	OK
frame 34	c	tumpuan	4,3773	11,22	OK
		lapangan	0,7443	11,22	OK
frame 28	c	tumpuan	3,7428	11,22	OK
		lapangan	0,8726	11,22	OK
frame 129	c	tumpuan	3,713	11,22	OK
		lapangan	0,8993	11,22	OK
frame 2	c	tumpuan	2,5977	11,22	OK
		lapangan	1,309	11,22	OK
frame 42	c	tumpuan	3,1184	11,22	OK
		lapangan	0,7887	11,22	OK

Tabel 7. Rekapitulasi Kontrol Lentur Balok Lt2 Bawah KDS E Re-Desain

Nama Balok	KDS	Titik	Mu (kNm)	ØMn (kNm)	Cek
balok lt.2 bawah					
frame 40	e	tumpuan	7,9606	11,22	OK
		lapangan	3,8689	11,22	OK
frame 36	e	tumpuan	6,1699	11,22	OK
		lapangan	2,7288	11,22	OK
frame 130	e	tumpuan	7,9396	11,22	OK
		lapangan	3,8803	11,22	OK
frame 126	e	tumpuan	6,2032	11,22	OK
		lapangan	2,7541	11,22	OK
frame 34	e	tumpuan	5,4201	11,22	OK
		lapangan	3,2719	11,22	OK
frame 28	e	tumpuan	8,1484	11,22	OK
		lapangan	3,8466	11,22	OK
frame 129	e	tumpuan	8,0316	11,22	OK
		lapangan	3,881	11,22	OK
frame 2	e	tumpuan	7,3656	11,22	OK
		lapangan	3,6243	11,22	OK
frame 42	e	tumpuan	5,3482	11,22	OK
		lapangan	3,1463	11,22	OK

Tabel 8. Rekapitulasi Kontrol Lentur Balok Lt2 Bawah KDS D Re-Desain

Nama Balok	KDS	Titik	Mu (kNm)	ØMn (kNm)	Cek
balok lt.2 bawah					
frame 40	d	tumpuan	3,6277	11,22	OK
		lapangan	1,6725	11,22	OK
frame 36	d	tumpuan	3,1293	11,22	OK
		lapangan	1,1607	11,22	OK
frame 130	d	tumpuan	3,6066	11,22	OK
		lapangan	1,6779	11,22	OK
frame 126	d	tumpuan	3,0589	11,22	OK
		lapangan	1,1921	11,22	OK
frame 34	d	tumpuan	2,2522	11,22	OK
		lapangan	1,6583	11,22	OK
frame 28	d	tumpuan	3,8098	11,22	OK
		lapangan	1,6041	11,22	OK
frame 129	d	tumpuan	3,7235	11,22	OK
		lapangan	1,6464	11,22	OK
frame 2	d	tumpuan	3,2959	11,22	OK
		lapangan	1,6116	11,22	OK
frame 42	d	tumpuan	2,2619	11,22	OK
		lapangan	1,6288	11,22	OK

Tabel 9. Rekapitulasi Kontrol Lentur Balok Lt2 Bawah KDS C Re-Desain

Nama Balok	KDS	Titik	Mu (kNm)	ØMn (kNm)	Cek
balok lt.2 bawah					
frame 40	c	tumpuan	2,3464	11,22	OK
		lapangan	1,0174	11,22	OK
frame 36	c	tumpuan	2,2301	11,22	OK
		lapangan	0,7014	11,22	OK
frame 130	c	tumpuan	2,3252	11,22	OK
		lapangan	1,0243	11,22	OK
frame 126	c	tumpuan	2,129	11,22	OK
		lapangan	0,7233	11,22	OK
frame 34	c	tumpuan	1,3153	11,22	OK
		lapangan	1,1875	11,22	OK
frame 28	c	tumpuan	2,5268	11,22	OK
		lapangan	0,9493	11,22	OK
frame 129	c	tumpuan	2,4494	11,22	OK
		lapangan	0,9786	11,22	OK
frame 2	c	tumpuan	2,0924	11,22	OK
		lapangan	1,0115	11,22	OK
frame 42	c	tumpuan	1,3492	11,22	OK
		lapangan	1,1728	11,22	OK

Tabel 10. Rekapitulasi Kontrol Lentur Sloof KDS E Re-Desain

Nama Balok	KDS	Titik	Mu (kNm)	ØMn (kNm)	Cek
Sloof					
frame 57	e	tumpuan	5,0439	11,22	OK
		lapangan	1,5687	11,22	OK
frame 59	e	tumpuan	4,9001	11,22	OK
		lapangan	1,5445	11,22	OK
frame 68	e	tumpuan	5,0345	11,22	OK
		lapangan	1,564	11,22	OK
frame 64	e	tumpuan	4,8651	11,22	OK
		lapangan	1,5423	11,22	OK
frame 63	e	tumpuan	4,7935	11,22	OK
		lapangan	1,4466	11,22	OK
frame 62	e	tumpuan	5,024	11,22	OK
		lapangan	1,5892	11,22	OK
frame 65	e	tumpuan	4,9913	11,22	OK
		lapangan	1,5537	11,22	OK
frame 66	e	tumpuan	4,5972	11,22	OK
		lapangan	1,3994	11,22	OK
frame 67	e	tumpuan	4,5373	11,22	OK
		lapangan	1,3257	11,22	OK

Tabel 11. Rekapitulasi Kontrol Lentur Sloof KDS D Re-Desain

Nama Balok	KDS	Titik	Mu (kNm)	ØMn (kNm)	Cek
Sloof					
frame 57	d	tumpuan	3,061	11,22	OK
		lapangan	0,5886	11,22	OK
frame 59	d	tumpuan	2,9808	11,22	OK
		lapangan	0,6071	11,22	OK
frame 68	d	tumpuan	3,0515	11,22	OK
		lapangan	0,5956	11,22	OK
frame 64	d	tumpuan	2,9542	11,22	OK
		lapangan	0,5104	11,22	OK
frame 63	d	tumpuan	2,8925	11,22	OK
		lapangan	0,521	11,22	OK
frame 62	d	tumpuan	3,0985	11,22	OK
		lapangan	0,6078	11,22	OK
frame 65	d	tumpuan	3,0639	11,22	OK
		lapangan	0,6131	11,22	OK
frame 66	d	tumpuan	2,6952	11,22	OK
		lapangan	0,3616	11,22	OK
frame 67	d	tumpuan	2,6942	11,22	OK
		lapangan	0,3786	11,22	OK

Tabel 12. Rekapitulasi Kontrol Lentur Sloof KDS C Re-Desain

Nama Balok	KDS	Titik	Mu (kNm)	ØMn (kNm)	Cek
Sloof					
frame 57	c	tumpuan	2,4747	11,22	OK
		lapangan	0,5162	11,22	OK
frame 59	c	tumpuan	2,4132	11,22	OK
		lapangan	0,4728	11,22	OK
frame 68	c	tumpuan	2,4652	11,22	OK
		lapangan	0,5004	11,22	OK
frame 64	c	tumpuan	2,3891	11,22	OK
		lapangan	0,5178	11,22	OK
frame 63	c	tumpuan	2,3304	11,22	OK
		lapangan	0,5267	11,22	OK
frame 62	c	tumpuan	2,5292	11,22	OK
		lapangan	0,4792	11,22	OK
frame 65	c	tumpuan	2,494	11,22	OK
		lapangan	0,9397	11,22	OK
frame 66	c	tumpuan	2,1329	11,22	OK
		lapangan	0,6648	11,22	OK
frame 67	c	tumpuan	2,1492	11,22	OK
		lapangan	0,6203	11,22	OK

Lampiran 3

Tabel 1. Rekapitulasi Kontrol Geser Balok Atap KDS E Re-Desain

Nama Balok	KDS	Titik	Vu (kN)	ØVn (kN)	Cek
balok atap					
frame 9	e	tumpuan	1,56	38,07	OK
		lapangan	1,228	30,27	OK
frame 11	e	tumpuan	1,017	38,07	OK
		lapangan	0,749	30,27	OK
frame 20	e	tumpuan	1,562	38,07	OK
		lapangan	1,231	30,27	OK
frame 16	e	tumpuan	1,005	38,07	OK
		lapangan	0,737	30,27	OK
frame 15	e	tumpuan	0,798	38,07	OK
		lapangan	0,535	30,27	OK
frame 14	e	tumpuan	1,673	38,07	OK
		lapangan	1,344	30,27	OK
frame 17	e	tumpuan	1,679	38,07	OK
		lapangan	1,351	30,27	OK
frame 18	e	tumpuan	1,606	38,07	OK
		lapangan	1,274	30,27	OK
frame 19	e	tumpuan	1,116	38,07	OK
		lapangan	0,851	30,27	OK

Tabel 2. Rekapitulasi Kontrol Geser Balok Atap KDS D Re-Desain

Nama Balok	KDS	Titik	Vu (kN)	ØVn (kN)	Cek
balok atap					
frame 9	d	tumpuan	0,967	38,07	OK
		lapangan	0,635	30,27	OK
frame 11	d	tumpuan	0,946	38,07	OK
		lapangan	0,678	30,27	OK
frame 20	d	tumpuan	0,961	38,07	OK
		lapangan	0,635	30,27	OK
frame 16	d	tumpuan	0,941	38,07	OK
		lapangan	0,676	30,27	OK
frame 15	d	tumpuan	0,734	38,07	OK
		lapangan	0,469	30,27	OK
frame 14	d	tumpuan	1,055	38,07	OK
		lapangan	0,721	30,27	OK
frame 17	d	tumpuan	1,045	38,07	OK
		lapangan	0,71	30,27	OK
frame 18	d	tumpuan	0,95	38,07	OK
		lapangan	0,617	30,27	OK
frame 19	d	tumpuan	0,915	38,07	OK
		lapangan	0,648	30,27	OK

Tabel 3. Rekapitulasi Kontrol Geser Balok Atap KDS C Re-Desain

Nama Balok	KDS	Titik	Vu (kN)	ØVn (kN)	Cek
balok atap					
frame 9	c	tumpuan	0,839	38,07	OK
		lapangan	0,501	30,27	OK
frame 11	c	tumpuan	0,929	38,07	OK
		lapangan	0,664	30,27	OK
frame 20	c	tumpuan	0,833	38,07	OK
		lapangan	0,507	30,27	OK
frame 16	c	tumpuan	0,926	38,07	OK
		lapangan	0,643	30,27	OK
frame 15	c	tumpuan	0,718	38,07	OK
		lapangan	0,452	30,27	OK
frame 14	c	tumpuan	0,918	38,07	OK
		lapangan	0,586	30,27	OK
frame 17	c	tumpuan	0,908	38,07	OK
		lapangan	0,579	30,27	OK
frame 18	c	tumpuan	0,813	38,07	OK
		lapangan	0,105	30,27	OK
frame 19	c	tumpuan	0,882	38,07	OK
		lapangan	0,619	30,27	OK

Tabel 4. Rekapitulasi Kontrol Geser Balok Lt2 Atas KDS E Re-Desain

Nama Balok	KDS	Titik	Vu (kN)	ØVn (kN)	Cek
balok lt.2 atas					
frame 40	e	tumpuan	8,031	79,46	OK
		lapangan	6,122	63,17	OK
frame 36	e	tumpuan	7,286	79,46	OK
		lapangan	5,725	63,17	OK
frame 130	e	tumpuan	8,019	79,46	OK
		lapangan	6,11	63,17	OK
frame 126	e	tumpuan	6,817	79,46	OK
		lapangan	5,282	63,17	OK
frame 34	e	tumpuan	8,744	79,46	OK
		lapangan	7,198	63,17	OK
frame 28	e	tumpuan	8,349	79,46	OK
		lapangan	6,428	63,17	OK
frame 129	e	tumpuan	8,279	79,46	OK
		lapangan	6,347	63,17	OK
frame 2	e	tumpuan	7,605	79,46	OK
		lapangan	5,696	63,17	OK
frame 42	e	tumpuan	6,09	79,46	OK
		lapangan	4,568	63,17	OK

Tabel 5. Rekapitulasi Kontrol Geser Balok Lt2 Atas KDS D Re-Desain

Nama Balok	KDS	Titik	Vu (kN)	ØVn (kN)	Cek
balok lt.2 atas					
frame 40	d	tumpuan	5,634	79,46	OK
		lapangan	3,725	63,17	OK
frame 36	d	tumpuan	6,661	79,46	OK
		lapangan	5,115	63,17	OK
frame 130	d	tumpuan	5,622	79,46	OK
		lapangan	3,702	63,17	OK
frame 126	d	tumpuan	6,259	79,46	OK
		lapangan	4,736	63,17	OK
frame 34	d	tumpuan	7,571	79,46	OK
		lapangan	6,048	63,17	OK
frame 28	d	tumpuan	5,904	79,46	OK
		lapangan	3,995	63,17	OK
frame 129	d	tumpuan	5,894	79,46	OK
		lapangan	3,973	63,17	OK
frame 2	d	tumpuan	5,217	79,46	OK
		lapangan	3,285	63,17	OK
frame 42	d	tumpuan	5,268	79,46	OK
		lapangan	3,734	63,17	OK

Tabel 6. Rekapitulasi Kontrol Geser Balok Lt2 Atas KDS C Re-Desain

Nama Balok	KDS	Titik	Vu (kN)	ØVn (kN)	Cek
balok lt.2 atas					
frame 40	c	tumpuan	4,925	79,46	OK
		lapangan	1,096	63,17	OK
frame 36	c	tumpuan	6,477	79,46	OK
		lapangan	4,954	63,17	OK
frame 130	c	tumpuan	4,914	79,46	OK
		lapangan	2,97	63,17	OK
frame 126	c	tumpuan	6,094	79,46	OK
		lapangan	4,571	63,17	OK
frame 34	c	tumpuan	7,223	79,46	OK
		lapangan	5,677	63,17	OK
frame 28	c	tumpuan	5,181	79,46	OK
		lapangan	3,272	63,17	OK
frame 129	c	tumpuan	5,189	79,46	OK
		lapangan	3,268	63,17	OK
frame 2	c	tumpuan	4,511	79,46	OK
		lapangan	2,614	63,17	OK
frame 42	c	tumpuan	5,025	79,46	OK
		lapangan	3,503	63,17	OK

Tabel 7. Rekapitulasi Kontrol Geser Balok Lt2 Bawah KDS E Re-Desain

Nama Balok	KDS	Titik	Vu (kN)	ØVn (kN)	Cek
balok lt.2 bawah					
frame 40	e	tumpuan	6,202	79,46	OK
		lapangan	5,533	63,17	OK
frame 36	e	tumpuan	5,221	79,46	OK
		lapangan	2,239	63,17	OK
frame 130	e	tumpuan	6,188	79,46	OK
		lapangan	5,519	63,17	OK
frame 126	e	tumpuan	5,22	79,46	OK
		lapangan	4,547	63,17	OK
frame 34	e	tumpuan	4,622	79,46	OK
		lapangan	3,957	63,17	OK
frame 28	e	tumpuan	6,265	79,46	OK
		lapangan	5,597	63,17	OK
frame 129	e	tumpuan	6,176	79,46	OK
		lapangan	5,511	63,17	OK
frame 2	e	tumpuan	6,005	79,46	OK
		lapangan	5,344	63,17	OK
frame 42	e	tumpuan	4,594	79,46	OK
		lapangan	3,267	63,17	OK

Tabel 8. Rekapitulasi Kontrol Geser Balok Lt2 Bawah KDS D Re-Desain

Nama Balok	KDS	Titik	Vu (kN)	ØVn (kN)	Cek
balok lt.2 bawah					
frame 40	d	tumpuan	3,344	79,46	OK
		lapangan	2,679	63,17	OK
frame 36	d	tumpuan	3,22	79,46	OK
		lapangan	2,555	63,17	OK
frame 130	d	tumpuan	3,33	79,46	OK
		lapangan	2,661	63,17	OK
frame 126	d	tumpuan	3,116	79,46	OK
		lapangan	2,451	63,17	OK
frame 34	d	tumpuan	2,517	79,46	OK
		lapangan	1,848	63,17	OK
frame 28	d	tumpuan	3,446	79,46	OK
		lapangan	2,773	63,17	OK
frame 129	d	tumpuan	3,384	79,46	OK
		lapangan	2,723	63,17	OK
frame 2	d	tumpuan	3,212	79,46	OK
		lapangan	2,551	63,17	OK
frame 42	d	tumpuan	2,476	79,46	OK
		lapangan	1,811	63,17	OK

Tabel 9. Rekapitulasi Kontrol Geser Balok Lt2 Bawah KDS C Re-Desain

Nama Balok	KDS	Titik	Vu (kN)	ØVn (kN)	Cek
balok lt.2 bawah					
frame 40	c	tumpuan	2,499	79,46	OK
		lapangan	1,834	63,17	OK
frame 36	c	tumpuan	2,629	79,46	OK
		lapangan	1,96	63,17	OK
frame 130	c	tumpuan	2,485	79,46	OK
		lapangan	1,812	63,17	OK
frame 126	c	tumpuan	2,494	79,46	OK
		lapangan	1,829	63,17	OK
frame 34	c	tumpuan	1,895	79,46	OK
		lapangan	1,23	63,17	OK
frame 28	c	tumpuan	2,613	79,46	OK
		lapangan	1,948	63,17	OK
frame 129	c	tumpuan	2,559	79,46	OK
		lapangan	1,894	63,17	OK
frame 2	c	tumpuan	2,386	79,46	OK
		lapangan	1,717	63,17	OK
frame 42	c	tumpuan	1,85	79,46	OK
		lapangan	1,173	63,17	OK

Tabel 10. Rekapitulasi Kontrol Geser Balok Lt2 Bawah KDS E Re-Desain

Nama Balok	KDS	Titik	Vu (kN)	ØVn (kN)	Cek
sloof					
frame 9	e	tumpuan	5,527	38,07	OK
		lapangan	3,919	30,27	OK
frame 11	e	tumpuan	5,413	38,07	OK
		lapangan	3,825	30,27	OK
frame 20	e	tumpuan	5,52	38,07	OK
		lapangan	3,913	30,27	OK
frame 16	e	tumpuan	5,392	38,07	OK
		lapangan	3,813	30,27	OK
frame 15	e	tumpuan	5,356	38,07	OK
		lapangan	3,748	30,27	OK
frame 14	e	tumpuan	5,52	38,07	OK
		lapangan	3,9332	30,27	OK
frame 17	e	tumpuan	5,5	38,07	OK
		lapangan	3,902	30,27	OK
frame 18	e	tumpuan	5,267	38,07	OK
		lapangan	3,708	30,27	OK
frame 19	e	tumpuan	5,219	38,07	OK
		lapangan	3,631	30,27	OK

Tabel 11. Rekapitulasi Kontrol Geser Balok Lt2 Bawah KDS D Re-Desain

Nama Balok	KDS	Titik	Vu (kN)	ØVn (kN)	Cek
sloof					
frame 9	d	tumpuan	4,025	38,07	OK
		lapangan	2,607	30,27	OK
frame 11	d	tumpuan	4,134	38,07	OK
		lapangan	2,575	30,27	OK
frame 20	d	tumpuan	4,199	38,07	OK
		lapangan	2,611	30,27	OK
frame 16	d	tumpuan	4,121	38,07	OK
		lapangan	2,494	30,27	OK
frame 15	d	tumpuan	4,085	38,07	OK
		lapangan	2,497	30,27	OK
frame 14	d	tumpuan	4,246	38,07	OK
		lapangan	2,658	30,27	OK
frame 17	d	tumpuan	4,224	38,07	OK
		lapangan	2,655	30,27	OK
frame 18	d	tumpuan	3,99	38,07	OK
		lapangan	2,373	30,27	OK
frame 19	d	tumpuan	3,981	38,07	OK
		lapangan	2,373	30,27	OK

Tabel 12. Rekapitulasi Kontrol Geser Balok Lt2 Bawah KDS C Re-Desain

Nama Balok	KDS	Titik	Vu (kN)	ØVn (kN)	Cek
sloof					
frame 9	c	tumpuan	3,814	38,07	OK
		lapangan	2,207	30,27	OK
frame 11	c	tumpuan	3,756	38,07	OK
		lapangan	2,216	30,27	OK
frame 20	c	tumpuan	3,808	38,07	OK
		lapangan	2,239	30,27	OK
frame 16	c	tumpuan	3,745	38,07	OK
		lapangan	1,749	30,27	OK
frame 15	c	tumpuan	3,709	38,07	OK
		lapangan	2,14	30,27	OK
frame 14	c	tumpuan	3,869	38,07	OK
		lapangan	2,271	30,27	OK
frame 17	c	tumpuan	3,846	38,07	OK
		lapangan	3,846	30,27	OK
frame 18	c	tumpuan	3,613	38,07	OK
		lapangan	2,005	30,27	OK
frame 19	c	tumpuan	3,614	38,07	OK
		lapangan	2,026	30,27	OK

Lampiran 4

Tabel 1. Rekapitulasi Kontrol Geser Kolom Tengah KDS E Re-Desain

Nama Balok	KDS	Vu (kNm)	ϕV_n (kNm)	Cek
Kolom tengah				
frame 185	e	11,234	172,5	OK
frame 184	e	10,779	172,5	OK
frame 183	e	10,474	172,5	OK
frame 182	e	5,53	172,5	OK

Tabel 2. Rekapitulasi Kontrol Geser Kolom Tengah KDS D Re-Desain

Nama Balok	KDS	Vu (kNm)	ϕV_n (kNm)	Cek
Kolom tengah				
frame 185	d	11,234	172,5	OK
frame 184	d	10,779	172,5	OK
frame 183	d	10,474	172,5	OK
frame 182	d	5,53	172,5	OK

Tabel 3. Rekapitulasi Kontrol Geser Kolom Tengah KDS C Re-Desain

Nama Balok	KDS	Vu (kNm)	ϕV_n (kNm)	Cek
Kolom tengah				
frame 185	c	2,75	172,5	OK
frame 184	c	4,793	172,5	OK
frame 183	c	4,788	172,5	OK
frame 182	c	1,495	172,5	OK

Tabel 4. Rekapitulasi Kontrol Geser Kolom Pojok KDS E Re-Desain

Nama Balok	KDS	Vu (kNm)	ϕVn (kNm)	Cek
Kolom pojok				
frame 160	e	3,46	156,9	OK
frame 161	e	5,313	156,9	OK
frame 162	e	15,034	156,9	OK
frame 163	e	3,481	156,9	OK

Tabel 5. Rekapitulasi Kontrol Geser Kolom Pojok KDS D Re-Desain

Nama Balok	KDS	Vu (kNm)	ϕVn (kNm)	Cek
Kolom pojok				
frame 160	d	2,913	156,9	OK
frame 161	d	11,326	156,9	OK
frame 162	d	11,311	156,9	OK
frame 163	d	2,661	156,9	OK

Tabel 6. Rekapitulasi Kontrol Geser Kolom Pojok KDS C Re-Desain

Nama Balok	KDS	Vu (kNm)	ϕVn (kNm)	Cek
Kolom pojok				
frame 160	c	2,127	156,9	OK
frame 161	c	10,219	156,9	OK
frame 162	c	10,21	156,9	OK
frame 163	c	2,42	156,9	OK

Tabel 7. Rekapitulasi Kontrol Geser Kolom Tepi X KDS E Re-Desain

Nama Balok	KDS	Vu (kNm)	ϕV_n (kNm)	Cek
Kolom tepi arah X				
frame 177	e	11,234	108,4	OK
frame 176	e	10,779	108,4	OK
frame 175	e	10,474	108,4	OK
frame 174	e	5,53	108,4	OK

Tabel 8. Rekapitulasi Kontrol Geser Kolom Tepi X KDS D Re-Desain

Nama Balok	KDS	Vu (kNm)	ϕV_n (kNm)	Cek
Kolom tepi arah X				
frame 177	d	3,39	108,4	OK
frame 176	d	10,79	108,4	OK
frame 175	d	10,77	108,4	OK
frame 174	d	4,277	108,4	OK

Tabel 9. Rekapitulasi Kontrol Geser Kolom Tepi X KDS C Re-Desain

Nama Balok	KDS	Vu (kNm)	ϕV_n (kNm)	Cek
Kolom tepi arah X				
frame 177	c	2,515	108,4	OK
frame 176	c	10,284	108,4	OK
frame 175	c	10,273	108,4	OK
frame 174	c	0,19	108,4	OK

Tabel 10. Rekapitulasi Kontrol Geser Kolom Tepi Y KDS E Re-Desain

Nama Balok	KDS	Vu (kNm)	ϕV_n (kNm)	Cek
Kolom tepi arah Y				
frame 177	e	11,234	230,6	OK
frame 176	e	10,779	230,6	OK
frame 175	e	10,474	230,6	OK
frame 174	e	5,53	230,6	OK

Tabel 11. Rekapitulasi Kontrol Geser Kolom Tepi Y KDS D Re-Desain

Nama Balok	KDS	Vu (kNm)	ϕV_n (kNm)	Cek
Kolom tepi arah Y				
frame 177	d	3,39	230,6	OK
frame 176	d	10,79	230,6	OK
frame 175	d	10,77	230,6	OK
frame 174	d	4,277	230,6	OK

Tabel 12. Rekapitulasi Kontrol Geser Kolom Tepi Y KDS D Re-Desain

Nama Balok	KDS	Vu (kNm)	ϕV_n (kNm)	Cek
Kolom tepi arah Y				
frame 177	c	2,515	230,6	OK
frame 176	c	10,284	230,6	OK
frame 175	c	10,273	230,6	OK
frame 174	c	0,19	230,6	OK

LAMPIRAN GAMBAR TEKNIK PROYEK AKHIR

EVALUASI RUMAH PRACETAK MODULAR SEDERHANA 2 LANTAI (STUDI KASUS PADA PENELITIAN RUSPIN BALITBANG PUPR)

MUHAMMAD FAISAL
NRP. 10111610013014

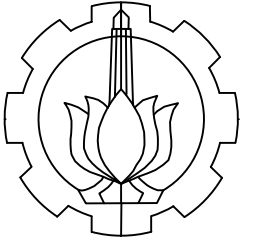
Dosen Pembimbing 1
Ridho Bayuaji, ST., MT., Ph.D

Dosen Pembimbing 2
Dr. Eng. Yuyun Tajunnisa, ST., MT.

SARJANA TERAPAN - TRPPBS
DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
FAKULTAS VOKASI
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA 2020

DAFTAR ISI

NO.	JUDUL GAMBAR	SKALA
1	DENAH LANTAI 1	1:100
2	DENAH LANTAI 2	1:100
3	TAMPAK UTARA	1:100
4	TAMPAK SELATAN	1:100
5	TAMPAK TIMUR	1:100
6	TAMPAK BARAT	1:100
7	POTONGAN A-A'	1:100
8	POTONGAN B-B'	1:100
9	PANEL PER LANTAI	1:100
10	DENAH PEMBALOKAN LANTAI ATAP	1:100
11	DENAH PEMBALOKAN LANTAI 2	1:100
12	DENAH SLOOF	1:100
13	DENAH KOLOM DAN PONDASI	1:100
14	KOMPONEN EKSISTING	1:25
15	PENULANGAN PANEL EKSISTING	1:50
16	KOMPONEN REDESAIN	1:50
17	PENULANGAN REDESAIN PANEL	1:50
18	DETAIL SAMBUNGAN PL1	1:50
19	DETAIL SAMBUNGAN PL2	1:50
20	DETAIL SAMBUNGAN PL3	1:50
21	SAMBUNGAN KOLOM DAN BALOK ATAP	1:50
22	DETAIL SAMBUNGAN BALOK KOLOM TENGAH BENTANG	1:50
23	DETAIL SAMBUNGAN KOLOM BALOK LANTAI 2	1:25
24	DETAIL SAMBUNGAN SLOOF DENGAN KOLOM	1:25
25	DETAIL SAMBUNGAN KOLOM TENGAH DENGAN PONDASI	1:50
26	DETAIL SAMBUNGAN KOLOM TEPI DENGAN PONDASI	1:10
27	DETAIL SAMBUNGAN KOLOM POJOK DENGAN PONDASI	1:25
28	DETAIL TANGGA	1:25



DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
FAKULTAS VOKASI
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
2020

NAMA PROJEK

EVALUASI RUMAH MODULAR
SEDERHANA 2 LANTAI (STUDI
KASUS PENELITIAN RUSPIN
BALITBANG PUPR)

NAMA GAMBAR

DENAH LANTAI 1

MAHASISWA

MUHAMMAD FAISAL
10111610013014

DOSEN PEMBIMBING 1

Ridho Bayuaji, ST., MT., Ph.D

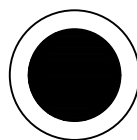
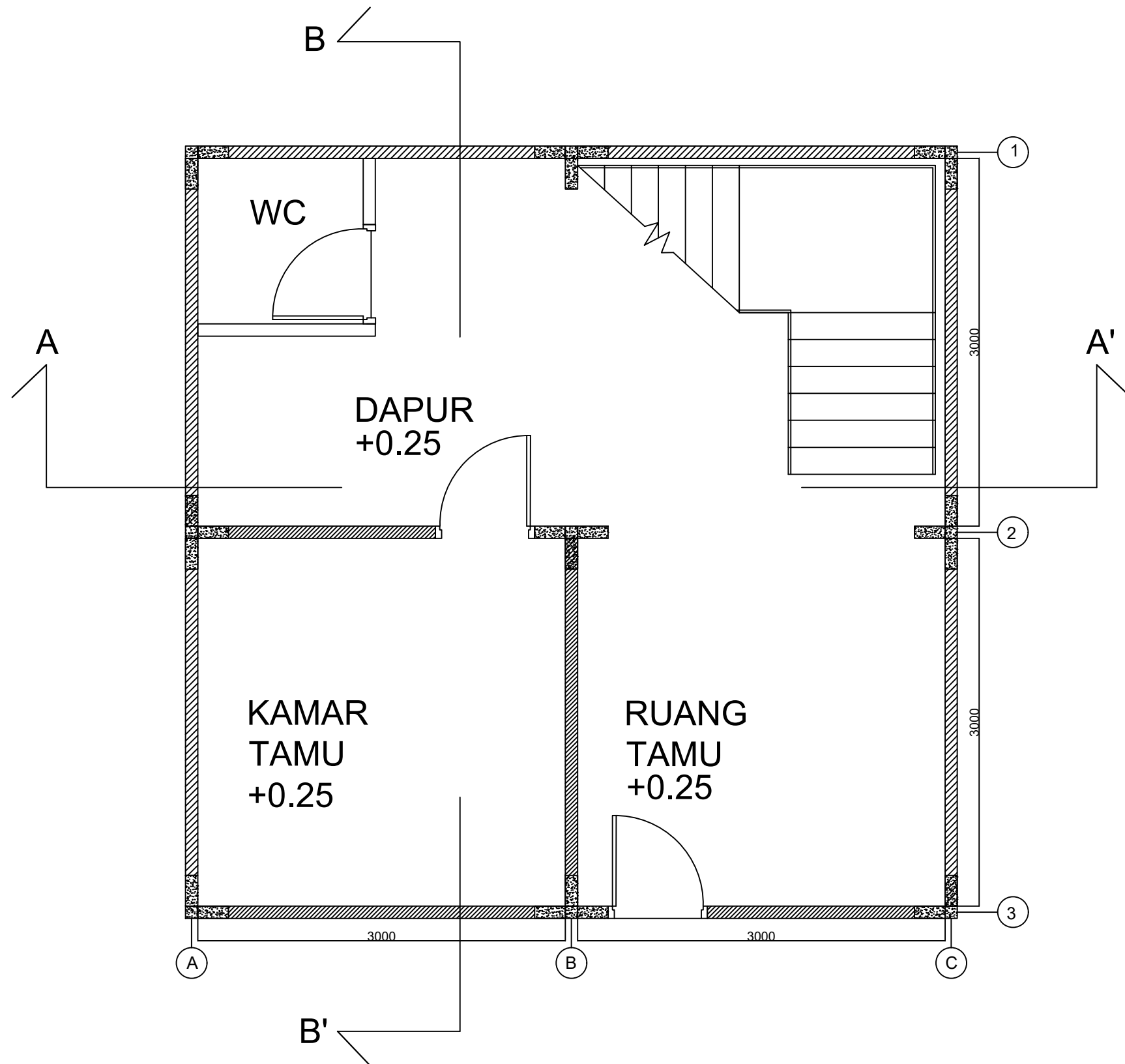
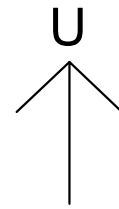
PEMBIMBING 2

Dr. Eng. Yuyun Tajunnisa, ST., MT

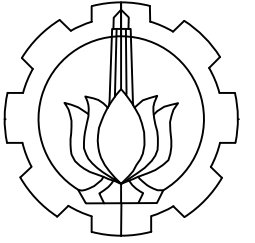
KETERANGAN GAMBAR:

Panel 1 : 1375 x 250 x 100 mm
Panel 2 : 1500 x 100 mm

Tinggi bangunan : 6000 mm
Lebar bangunan : 6000 mm



DENAH LANTAI 1
SKALA 1:100



DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
FAKULTAS VOKASI
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
2020

NAMA PROJEK

EVALUASI RUMAH MODULAR
SEDERHANA 2 LANTAI (STUDI
KASUS PENELITIAN RUSPIN
BALITBANG PUPR)

NAMA GAMBAR

DENAH LANTAI 2

MAHASISWA

MUHAMMAD FAISAL
10111610013014

DOSEN PEMBIMBING 1

Ridho Bayuaji, ST., MT., Ph.D

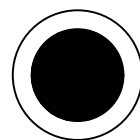
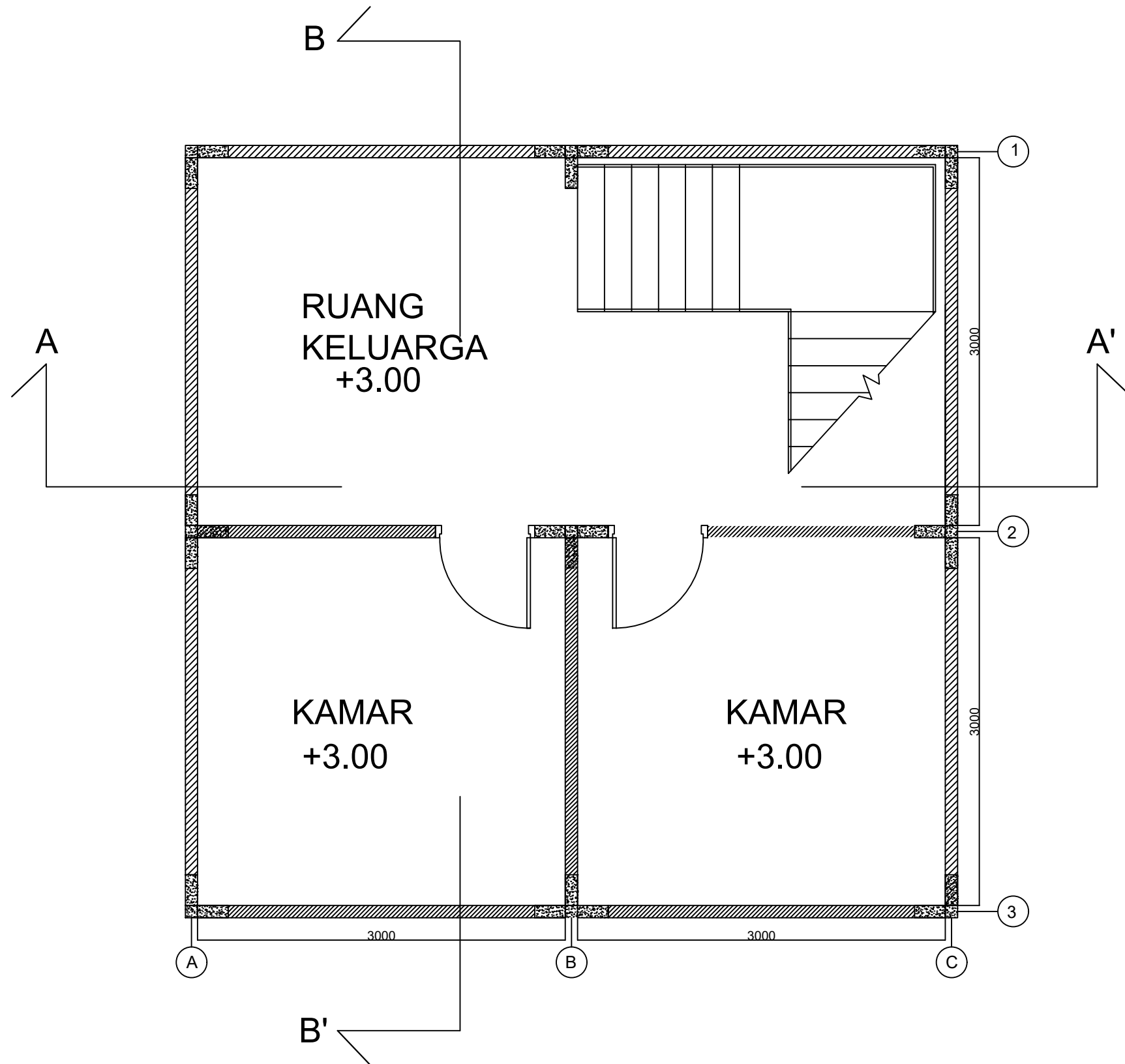
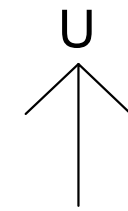
PEMBIMBING 2

Dr. Eng. Yuyun Tajunnisa, ST., MT

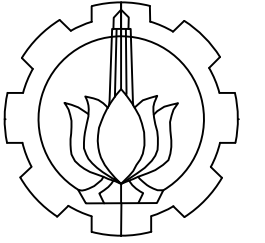
KETERANGAN GAMBAR:

Panel 1 : 1375 x 250 x 100 mm
Panel 2 : 1500 x 100 mm

Tinggi bangunan : 6000 mm
Lebar bangunan : 6000 mm



DENAH LANTAI 2
SKALA 1:100



DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
FAKULTAS VOKASI
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
2020

NAMA PROJEK

EVALUASI RUMAH MODULAR
SEDERHANA 2 LANTAI (STUDI
KASUS PENELITIAN RUSPIN
BALITBANG PUPR)

NAMA GAMBAR

TAMPAK UTARA

MAHASISWA

MUHAMMAD FAISAL
10111610013014

DOSEN PEMBIMBING 1

Ridho Bayuaji, ST., MT., Ph.D

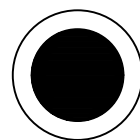
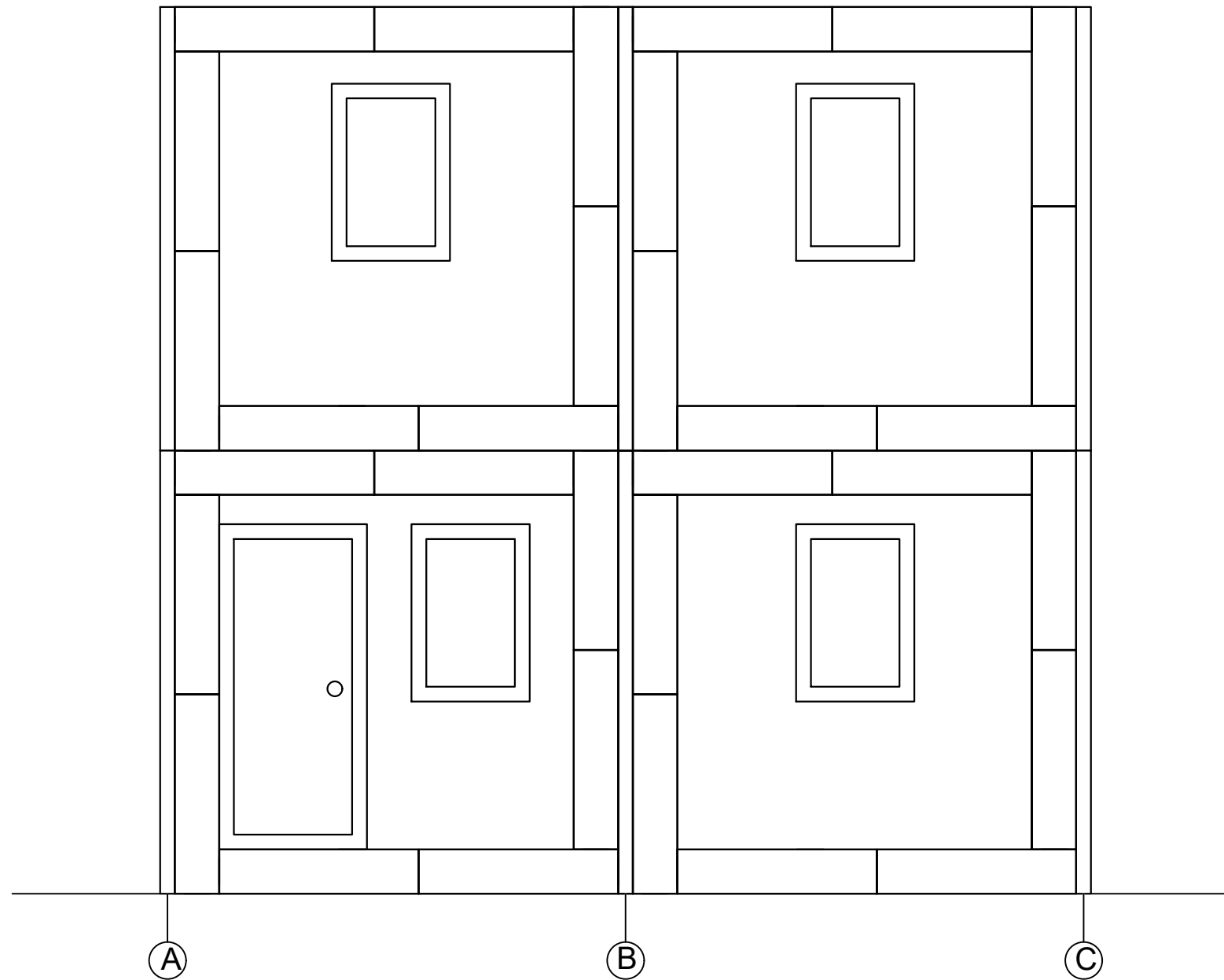
PEMBIMBING 2

Dr. Eng. Yuyun Tajunnisa, ST., MT

KETERANGAN GAMBAR:

Panel 1 : 1375 x 250 x 100 mm
Panel 2 : 1500 x 100 mm

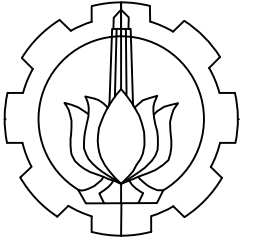
Tinggi bangunan : 6000 mm
Lebar bangunan : 6000 mm



TAMPAK UTARA
SKALA 1:100

3

28



DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
FAKULTAS VOKASI
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
2020

NAMA PROJEK

EVALUASI RUMAH MODULAR
SEDERHANA 2 LANTAI (STUDI
KASUS PENELITIAN RUSPIN
BALITBANG PUPR)

NAMA GAMBAR

TAMPAK SELATAN

MAHASISWA

MUHAMMAD FAISAL
10111610013014

DOSEN PEMBIMBING 1

Ridho Bayuaji, ST., MT., Ph.D

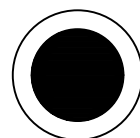
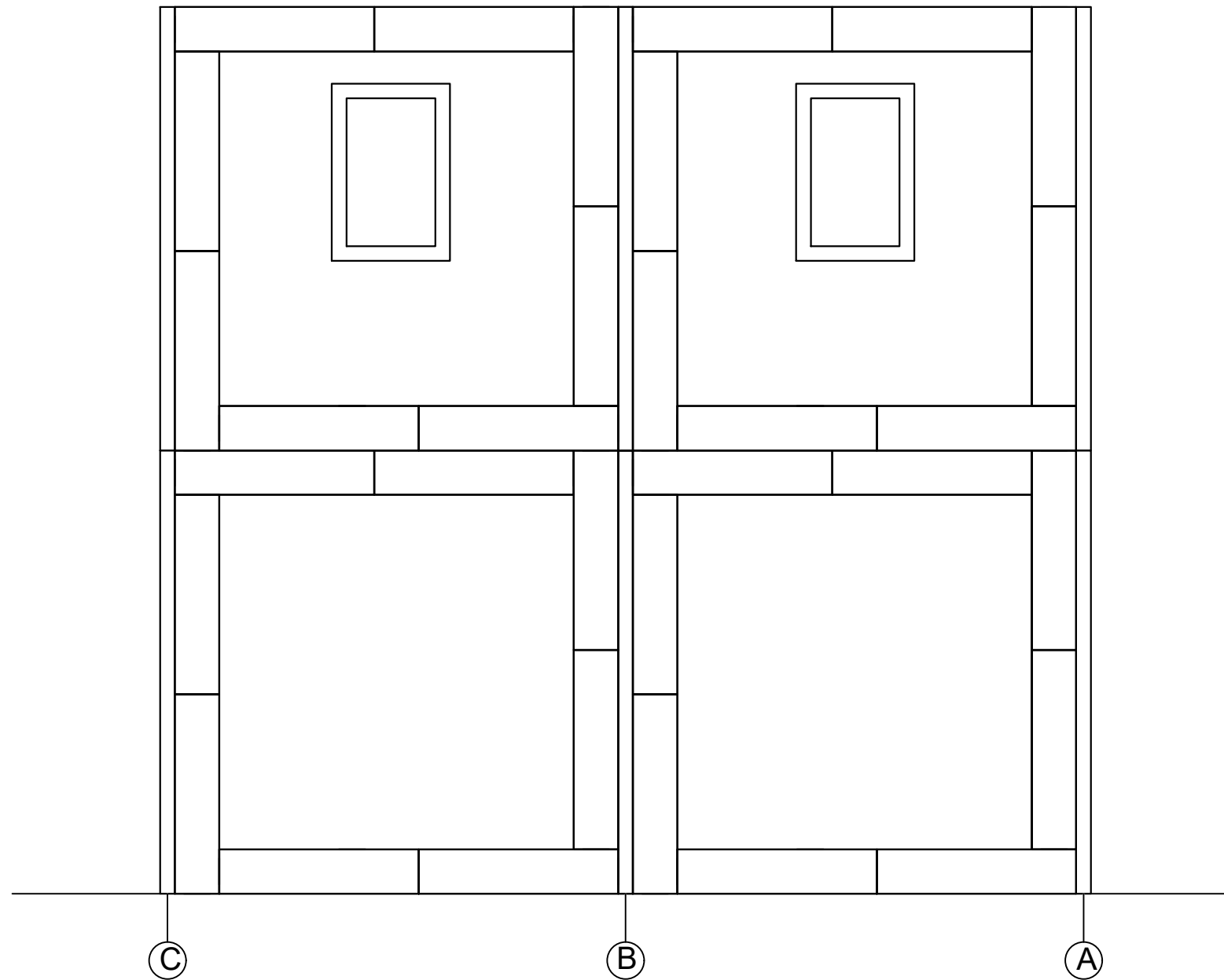
PEMBIMBING 2

Dr. Eng. Yuyun Tajunnisa, ST., MT

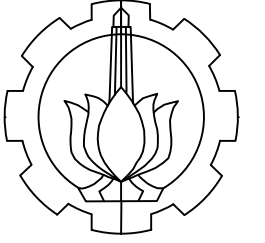
KETERANGAN GAMBAR:

Panel 1 : 1375 x 250 x 100 mm
Panel 2 : 1500 x 100 mm

Tinggi bangunan : 6000 mm
Lebar bangunan : 6000 mm



TAMPAK SELATAN
SKALA 1:100



DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
FAKULTAS VOKASI
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
2020

NAMA PROJEK

EVALUASI RUMAH MODULAR
SEDERHANA 2 LANTAI (STUDI
KASUS PENELITIAN RUSPIN
BALITBANG PUPR)

NAMA GAMBAR

TAMPAK TIMUR

MAHASISWA

MUHAMMAD FAISAL
10111610013014

DOSEN PEMBIMBING 1

Ridho Bayuaji, ST., MT., Ph.D

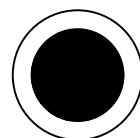
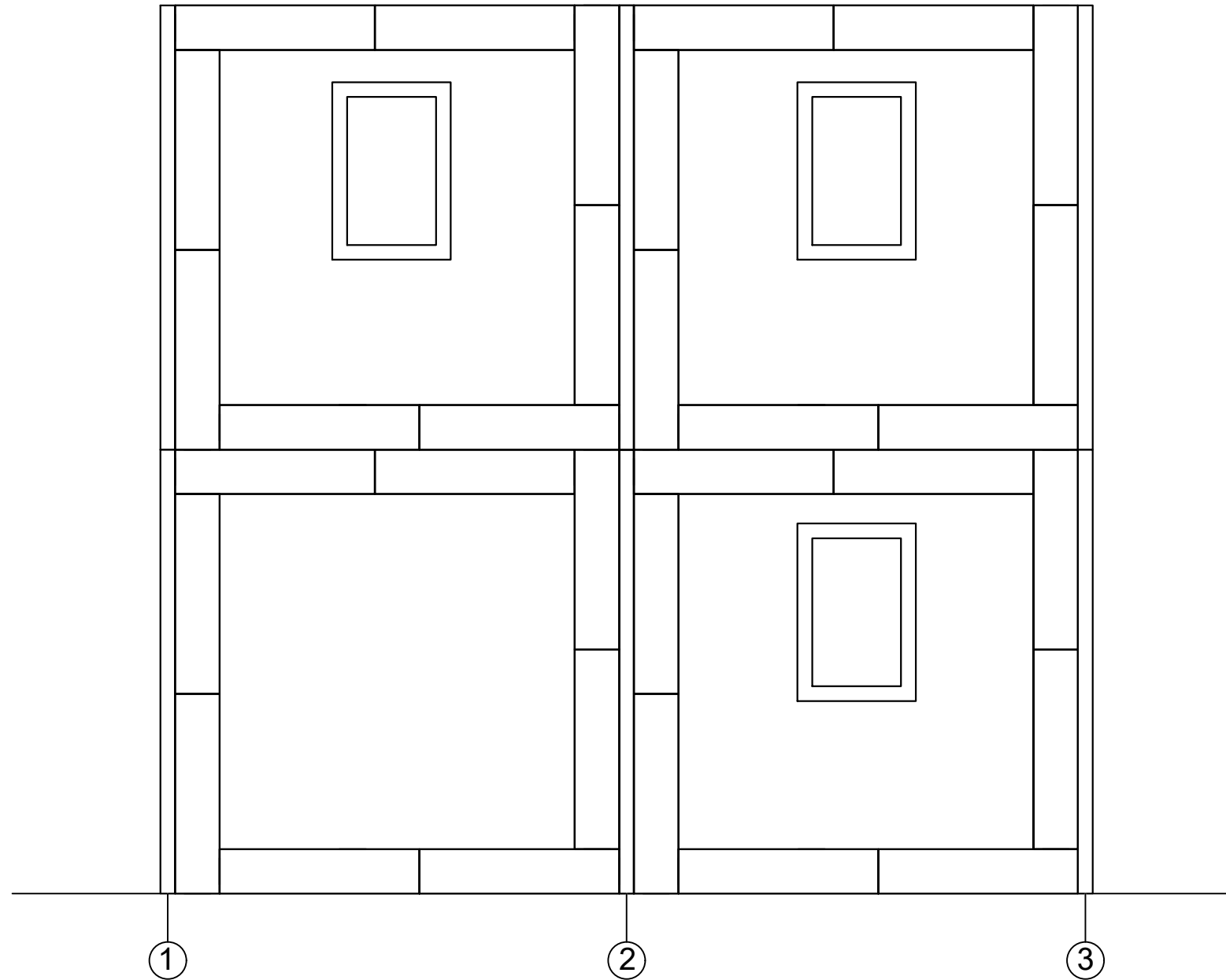
PEMBIMBING 2

Dr. Eng. Yuyun Tajunnisa, ST., MT

KETERANGAN GAMBAR:

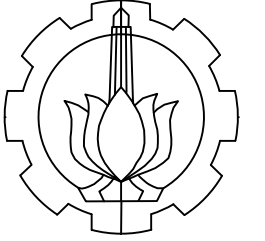
Panel 1 : 1375 x 250 x 100 mm
Panel 2 : 1500 x 100 mm

Tinggi bangunan : 6000 mm
Lebar bangunan : 6000 mm



TAMPAK TIMUR
SKALA 1:100

5 28



DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
FAKULTAS VOKASI
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
2020

NAMA PROJEK

EVALUASI RUMAH MODULAR
SEDERHANA 2 LANTAI (STUDI
KASUS PENELITIAN RUSPIN
BALITBANG PUPR)

NAMA GAMBAR

TAMPAK BARAT

MAHASISWA

MUHAMMAD FAISAL
10111610013014

DOSEN PEMBIMBING 1

Ridho Bayuaji, ST., MT., Ph.D

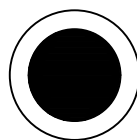
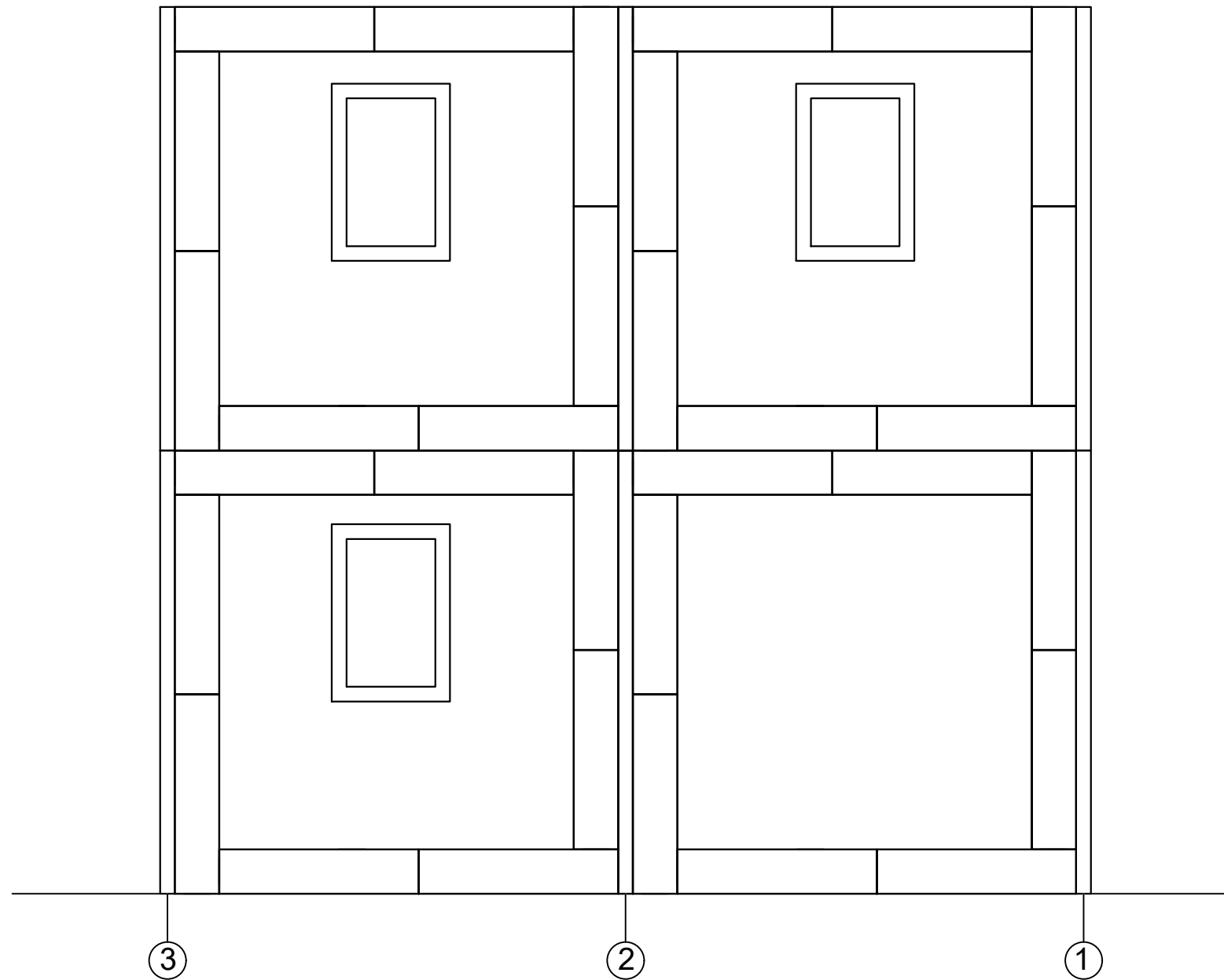
PEMBIMBING 2

Dr. Eng. Yuyun Tajunnisa, ST., MT

KETERANGAN GAMBAR:

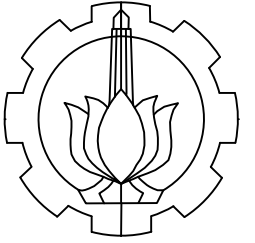
Panel 1 : 1375 x 250 x 100 mm
Panel 2 : 1500 x 100 mm

Tinggi bangunan : 6000 mm
Lebar bangunan : 6000 mm



TAMPAK BARAT
SKALA 1:100

6 28



DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
FAKULTAS VOKASI
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
2020

NAMA PROJEK

EVALUASI RUMAH MODULAR
SEDERHANA 2 LANTAI (STUDI
KASUS PENELITIAN RUSPIN
BALITBANG PUPR)

NAMA GAMBAR

POTONGAN A-A'

MAHASISWA

MUHAMMAD FAISAL
10111610013014

DOSEN PEMBIMBING 1

Ridho Bayuaji, ST., MT., Ph.D

PEMBIMBING 2

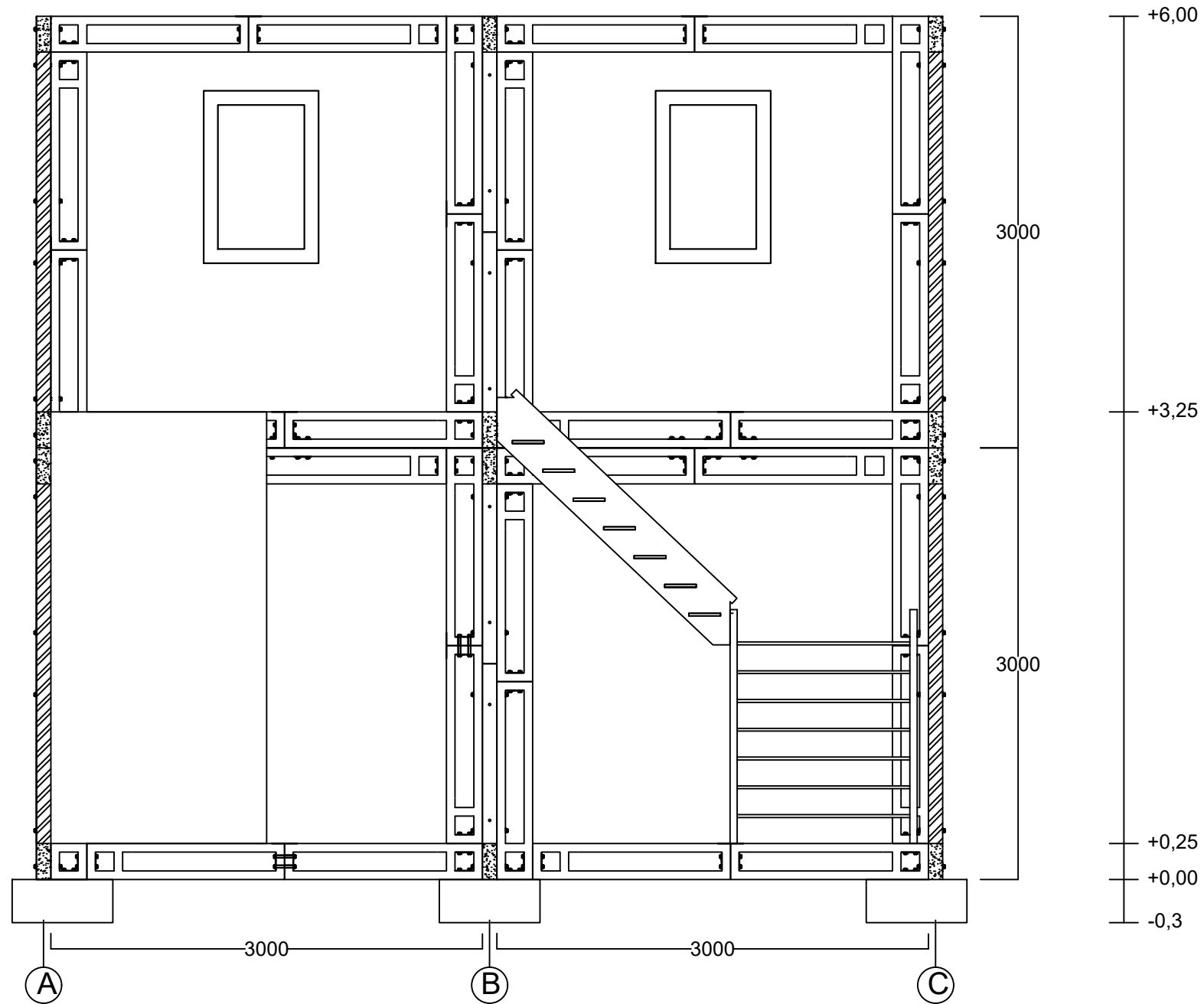
Dr. Eng. Yuyun Tajunnisa, ST., MT

KETERANGAN GAMBAR:

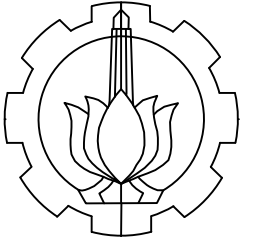
Panel 1 : 1375 x 250 x 100 mm
Panel 2 : 1500 x 100 mm

Tinggi bangunan : 6000 mm
Lebar bangunan : 6000 mm

Baut : M16



 **POTONGAN A-A'**
SKALA 1:100



DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
FAKULTAS VOKASI
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
2020

NAMA PROJEK

EVALUASI RUMAH MODULAR
SEDERHANA 2 LANTAI (STUDI
KASUS PENELITIAN RUSPIN
BALITBANG PUPR)

NAMA GAMBAR

POTONGAN B-B'

MAHASISWA

MUHAMMAD FAISAL
10111610013014

DOSEN PEMBIMBING 1

Ridho Bayuaji, ST., MT., Ph.D

PEMBIMBING 2

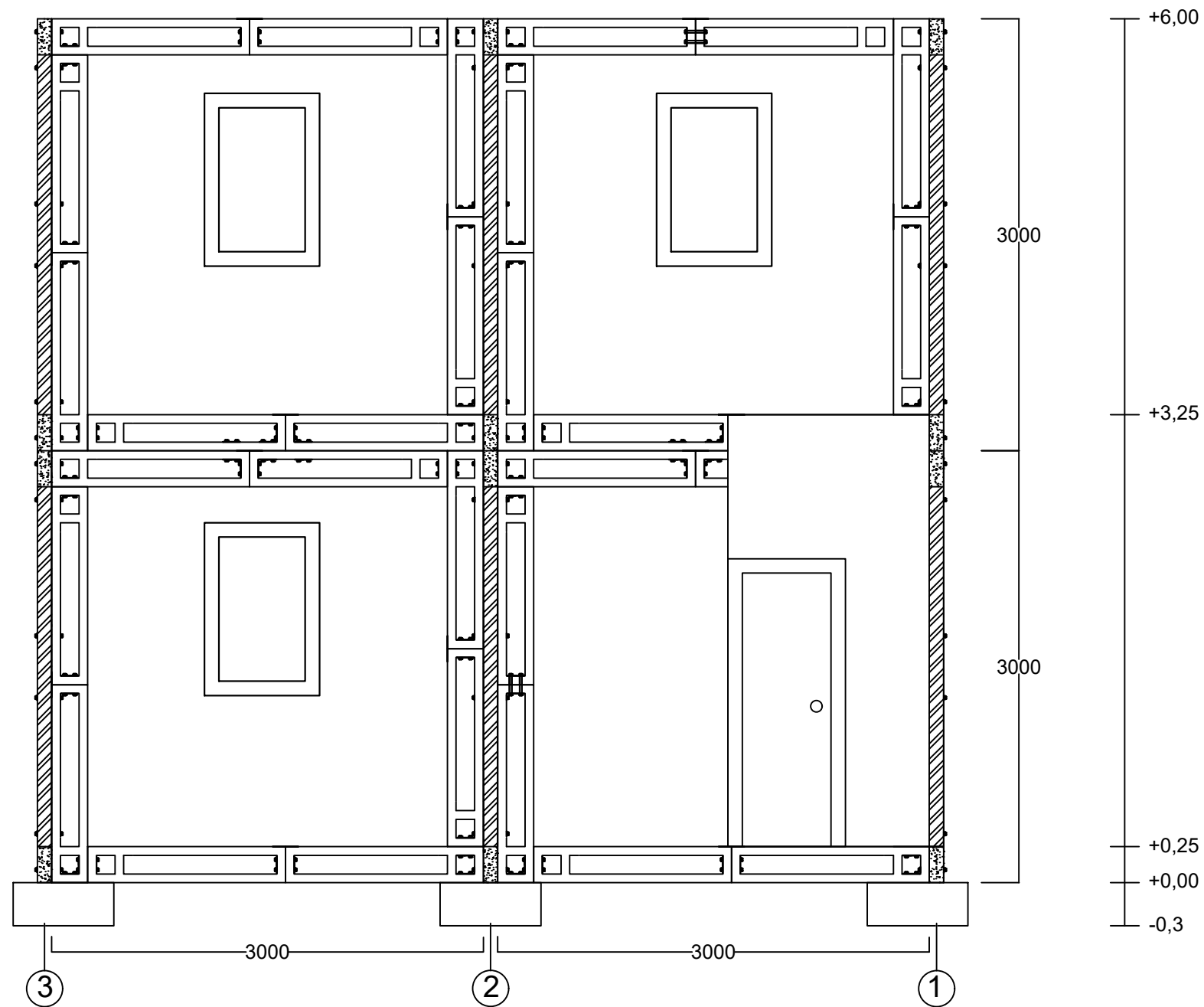
Dr. Eng. Yuyun Tajunnisa, ST., MT

KETERANGAN GAMBAR:

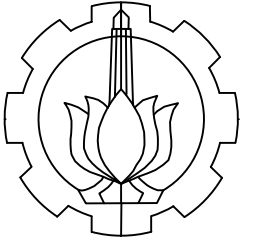
Panel 1 : 1375 x 250 x 100 mm
Panel 2 : 1500 x 100 mm

Tinggi bangunan : 6000 mm
Lebar bangunan : 6000 mm

Baut : M16



 **POTONGAN B-B'**
SKALA 1:100



DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
FAKULTAS VOKASI
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
2020

NAMA PROJEK

EVALUASI RUMAH MODULAR
SEDERHANA 2 LANTAI (STUDI
KASUS PENELITIAN RUSPIN
BALITBANG PUPR)

NAMA GAMBAR

PANEL PER LANTAI

MAHASISWA

MUHAMMAD FAISAL
10111610013014

DOSEN PEMBIMBING 1

Ridho Bayuaji, ST., MT., Ph.D

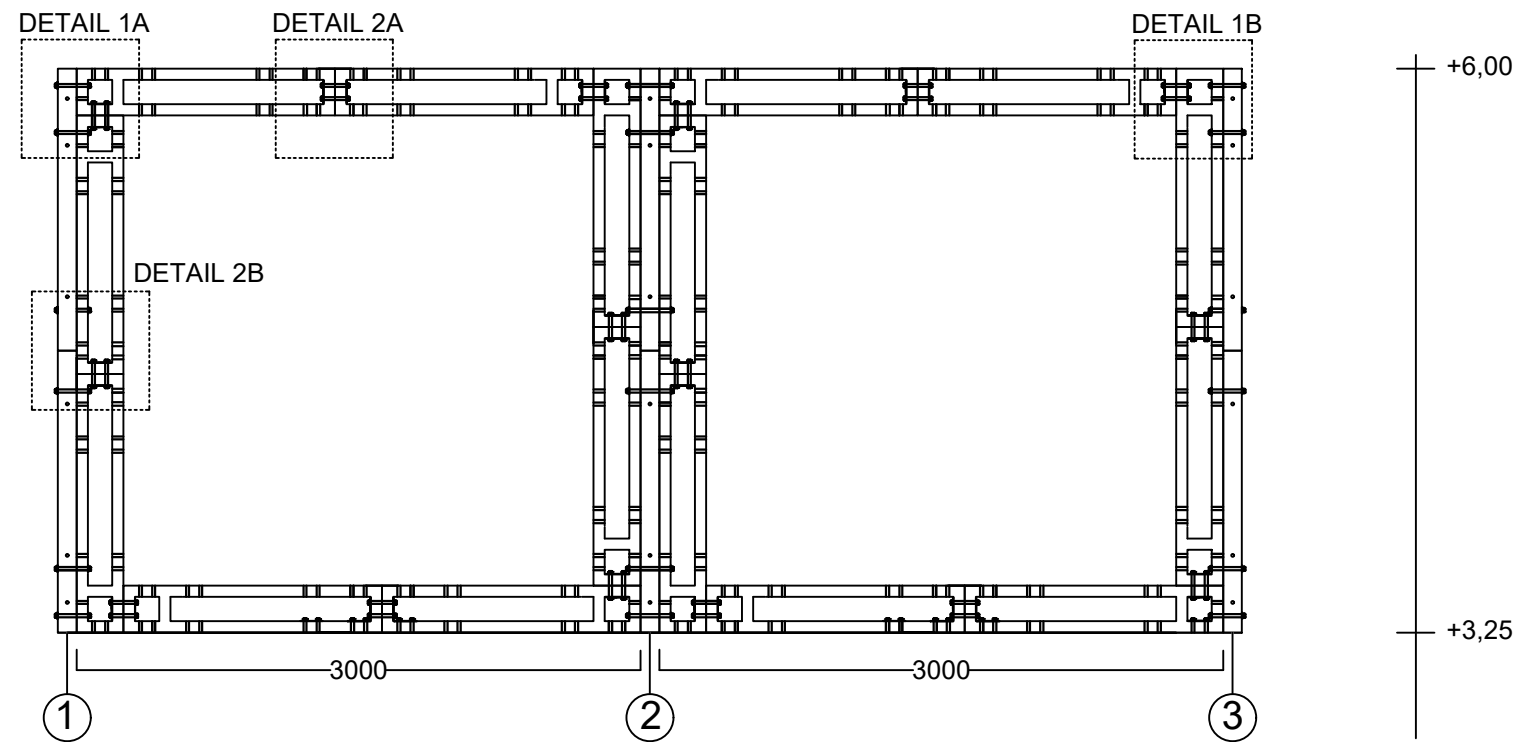
PEMBIMBING 2

Dr. Eng. Yuyun Tajunnisa, ST., MT

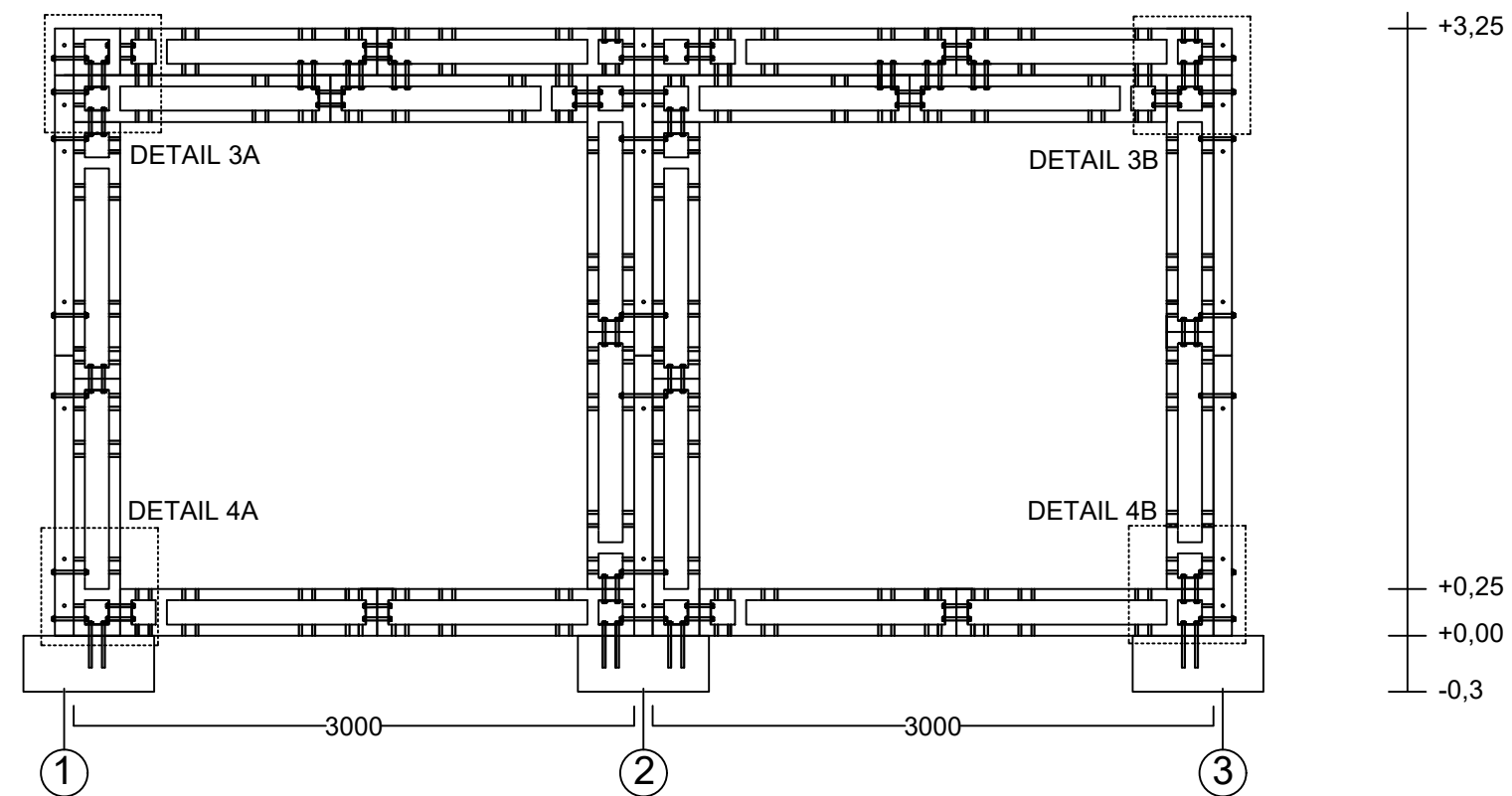
KETERANGAN GAMBAR:

Lebar tangga = 1200 mm
Lebar bordes = 1200 mm
Panjang bordes = 1500 mm
Tinggi injakan = 200 mm
Lebar injakan = 220 mm
Tebal papan kayu = 20 mm

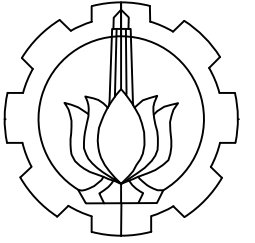
Tinggi bordes = 1650 mm
Tinggi lantai 1 = 3000 mm
Jumlah injakan = 14 buah



 **PANEL LANTAI 2**
SKALA 1:100



 **PANEL LANTAI 1**
SKALA 1:100



DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
FAKULTAS VOKASI
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
2020

NAMA PROJEK

EVALUASI RUMAH MODULAR
SEDERHANA 2 LANTAI (STUDI
KASUS PENELITIAN RUSPIN
BALITBANG PUPR)

NAMA GAMBAR

DENAH PEMBALOKAN LANTAI
ATAP

MAHASISWA

MUHAMMAD FAISAL
10111610013014

DOSEN PEMBIMBING 1

Ridho Bayuaji, ST., MT., Ph.D

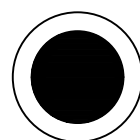
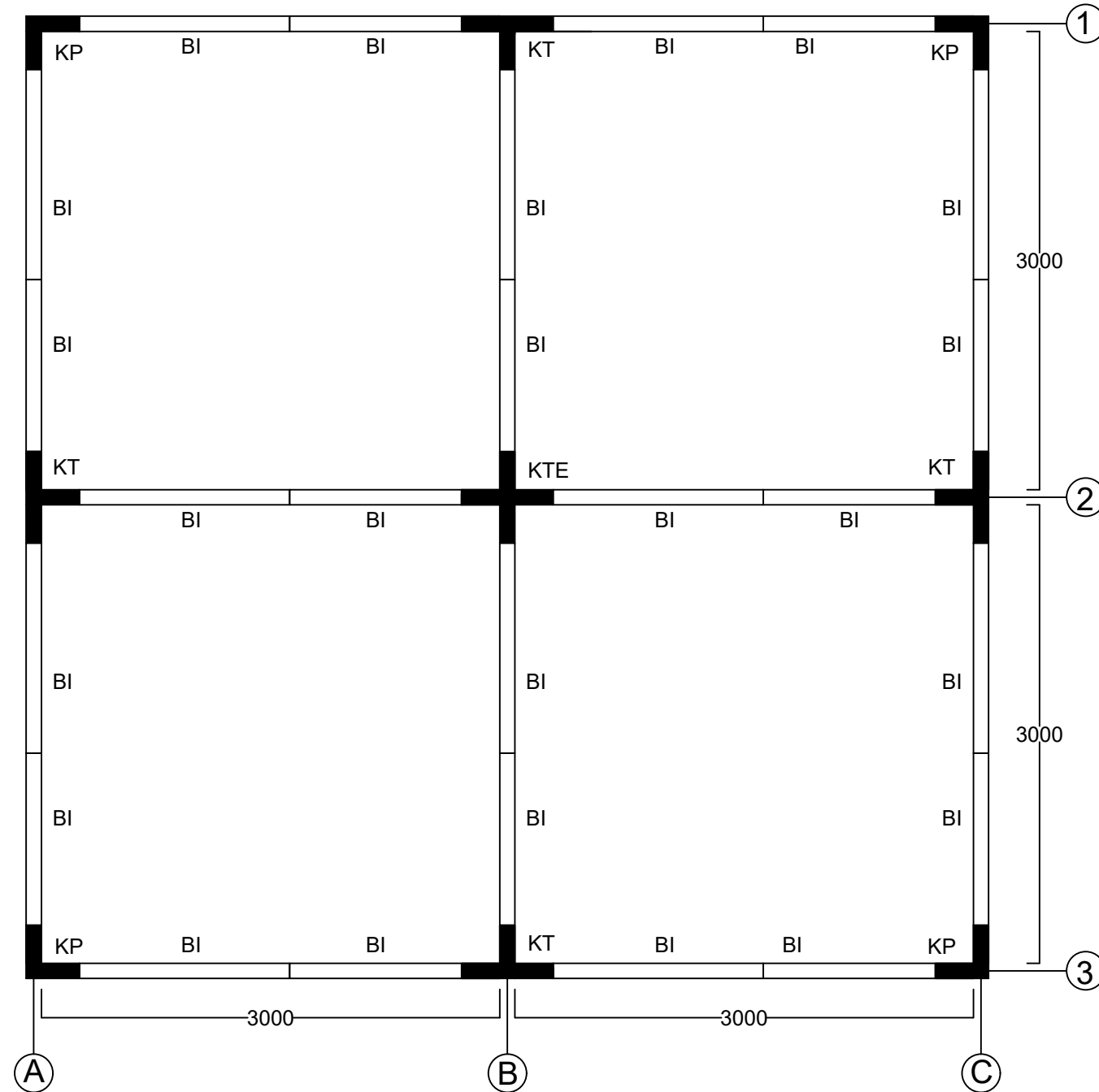
PEMBIMBING 2

Dr. Eng. Yuyun Tajunnisa, ST., MT

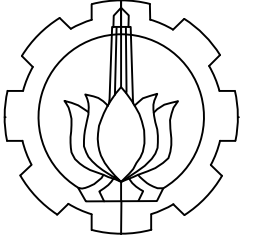
KETERANGAN GAMBAR:

Panjang bangunan = 6000 mm
Lebar bangunan = 6000 mm

BI = Balok induk
KT = Kolom tepi
KTE = Kolom tengah
KP = Kolom pojok



DENAH PEMBALOKAN LANTAI ATAP
SKALA 1:100



DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
FAKULTAS VOKASI
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
2020

NAMA PROJEK

EVALUASI RUMAH MODULAR
SEDERHANA 2 LANTAI (STUDI
KASUS PENELITIAN RUSPIN
BALITBANG PUPR)

NAMA GAMBAR

DENAH PEMBALOKAN LANTAI 2

MAHASISWA

MUHAMMAD FAISAL
10111610013014

DOSEN PEMBIMBING 1

Ridho Bayuaji, ST., MT., Ph.D

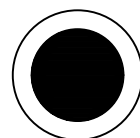
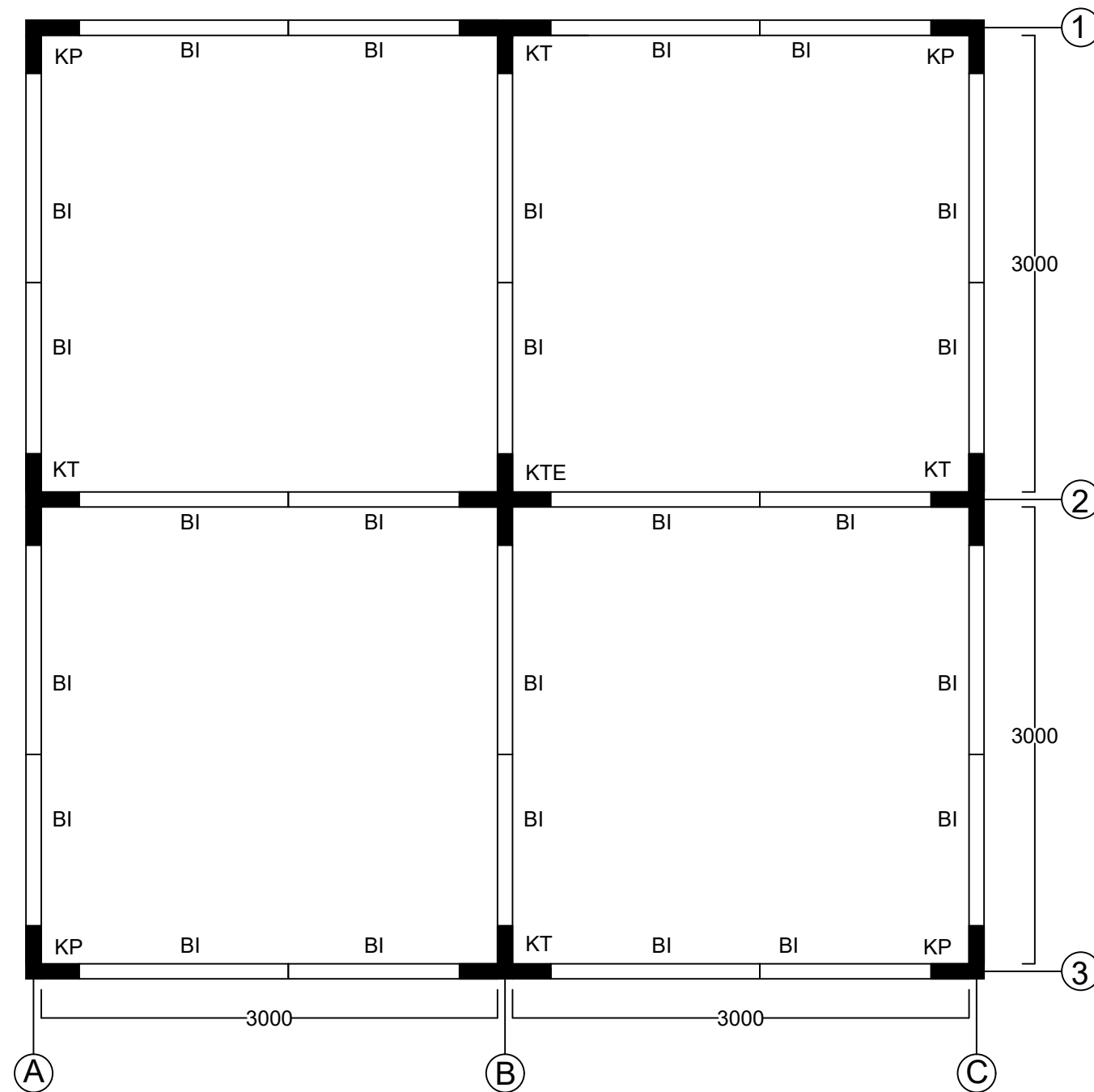
PEMBIMBING 2

Dr. Eng. Yuyun Tajunnisa, ST., MT

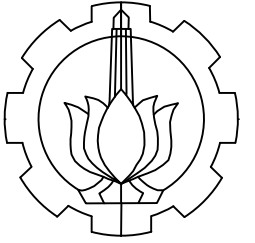
KETERANGAN GAMBAR:

Panjang bangunan = 6000 mm
Lebar bangunan = 6000 mm

BI = Balok induk
KT = Kolom tepi
KTE = Kolom tengah
KP = Kolom pojok



DENAH PEMBALOKAN LANTAI 2
SKALA 1:100



DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
FAKULTAS VOKASI
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
2020

NAMA PROJEK

EVALUASI RUMAH MODULAR
SEDERHANA 2 LANTAI (STUDI
KASUS PENELITIAN RUSPIN
BALITBANG PUPR)

NAMA GAMBAR

DENAH SLOOF

MAHASISWA

MUHAMMAD FAISAL
10111610013014

DOSEN PEMBIMBING 1

Ridho Bayuaji, ST., MT., Ph.D

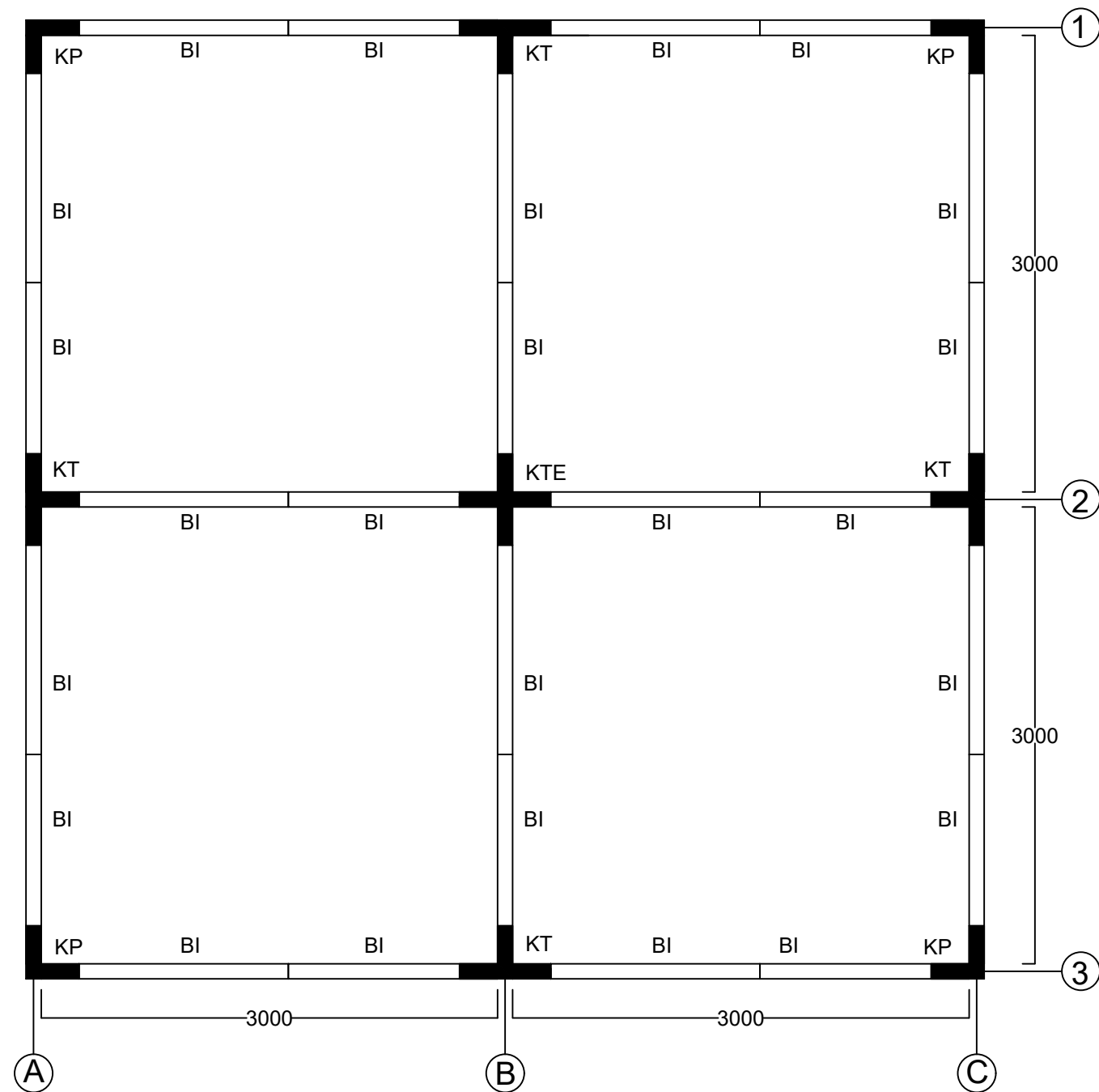
PEMBIMBING 2

Dr. Eng. Yuyun Tajunnisa, ST., MT

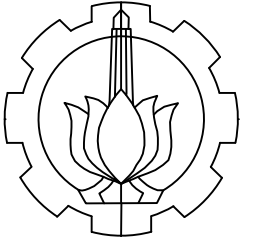
KETERANGAN GAMBAR:

Panjang bangunan = 6000 mm
Lebar bangunan = 6000 mm

BI = Balok induk
KT = Kolom tepi
KTE = Kolom tengah
KP = Kolom pojok



 **DENAH SLOOF**
SKALA 1:100



DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
FAKULTAS VOKASI
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
2020

NAMA PROJEK

EVALUASI RUMAH MODULAR
SEDERHANA 2 LANTAI (STUDI
KASUS PENELITIAN RUSPIN
BALITBANG PUPR)

NAMA GAMBAR

DENAH KOLOM DAN PONDASI

MAHASISWA

MUHAMMAD FAISAL
10111610013014

DOSEN PEMBIMBING 1

Ridho Bayuaji, ST., MT., Ph.D

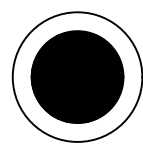
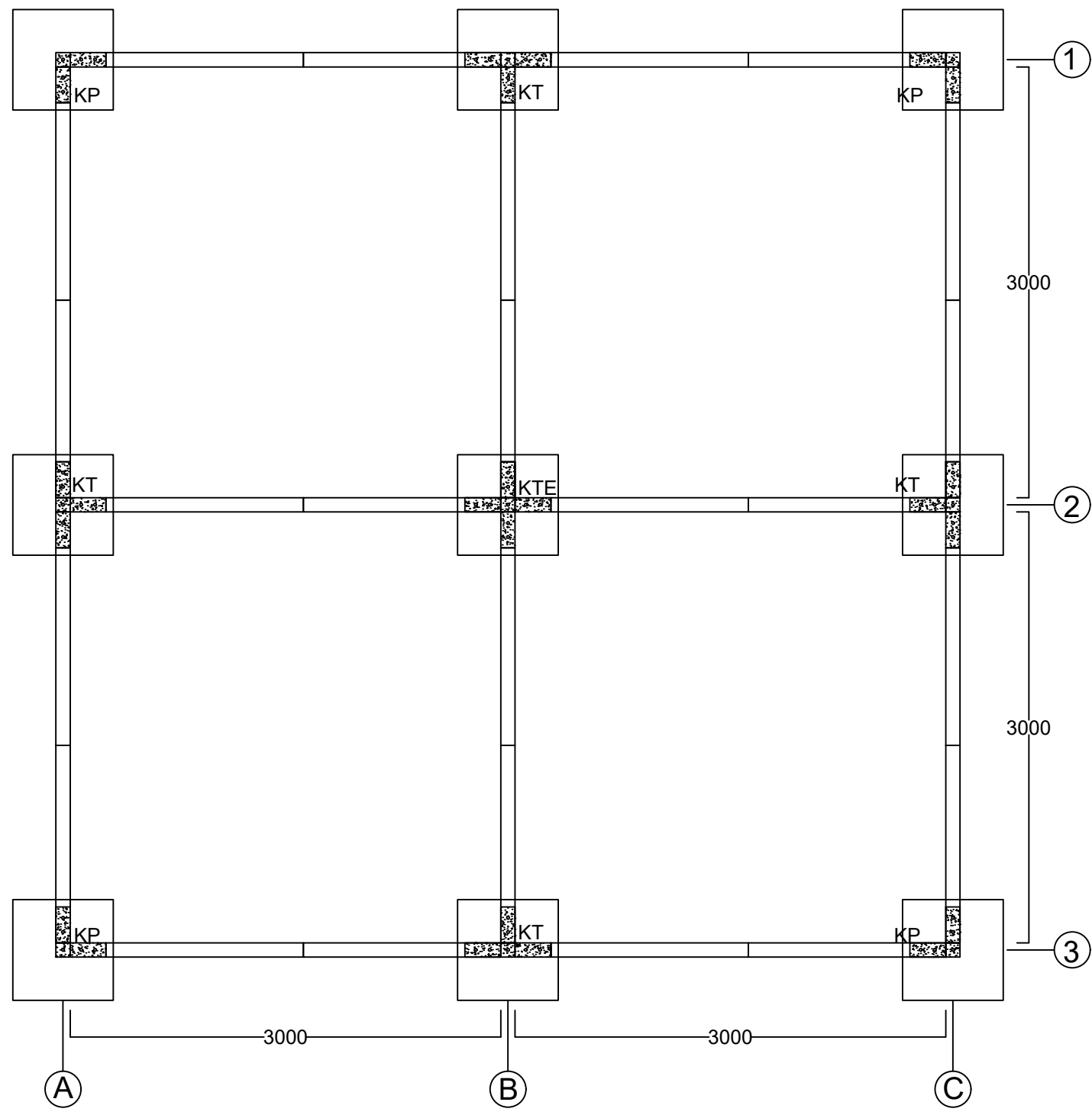
PEMBIMBING 2

Dr. Eng. Yuyun Tajunnisa, ST., MT

KETERANGAN GAMBAR:

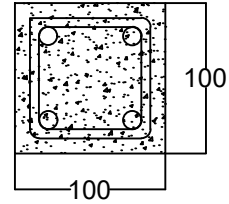
Panjang bangunan = 6000 mm
Lebar bangunan = 6000 mm

Dimensi batako = 40 x 20 x 10 cm
Dimensi pondasi = 70 x 70 x 30 cm



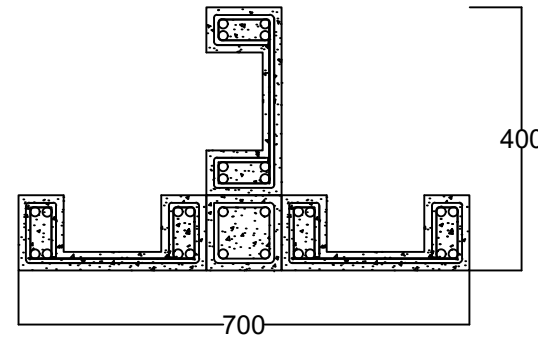
DENAH KOLOM DAN PONDASI
SKALA 1:100

KOMPONEN PENYAMBUNG KOLOM



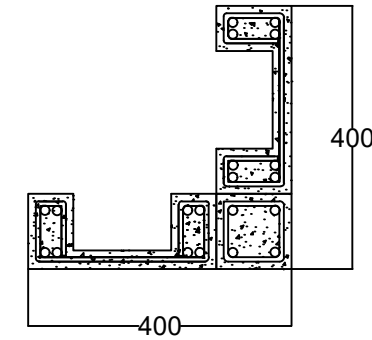
	Jumlah	Diameter	Jarak
Tulangan tekan	2	Ø8	100
Tulangan tarik	2	Ø8	100

KOMPONEN KOLOM TEPI



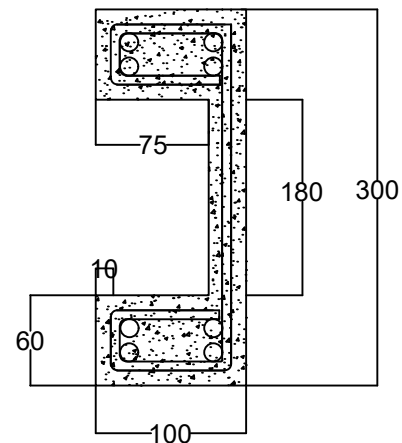
	Jumlah	Diameter	Jarak
Tulangan tekan	16	Ø8	100
Tulangan tarik	16	Ø8	100

KOMPONEN KOLOM POJOK



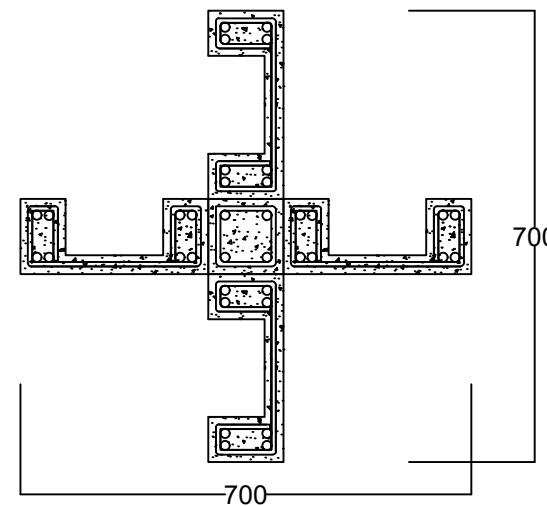
	Jumlah	Diameter	Jarak
Tulangan tekan	2	Ø8	100
Tulangan tarik	10	Ø8	100

KOMPONEN BALOK



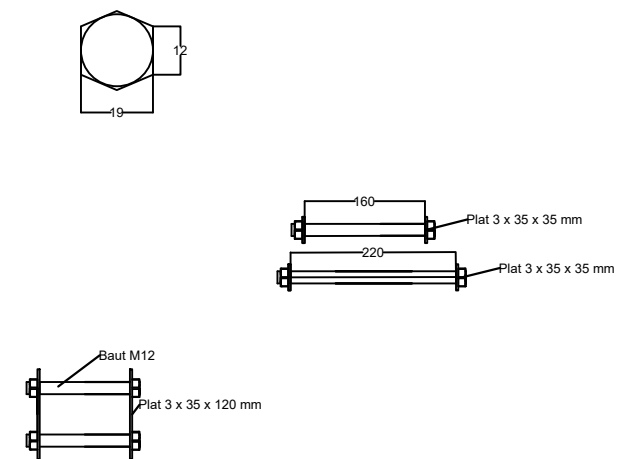
	Jumlah	Diameter	Jarak
Tulangan tekan	4	Ø8	100
Tulangan tarik	4	Ø8	100

KOMPONEN KOLOM TENGAH



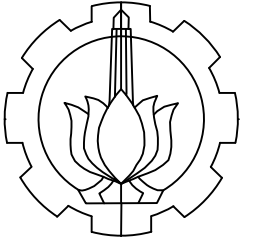
	Jumlah	Diameter	Jarak
Tulangan tekan	10	Ø8	100
Tulangan tarik	10	Ø8	100

KOMPONEN BAUT



Tipe A325

Ukuran 16 mm (Ab)	= 200,96 mm ²
Tegangan leleh (fy)	= 553 MPa
Tegangan tarik putus (fu)	= 825 MPa
Kekuatan tarik nominal (Fnt)	= 620 MPa
Kekuatan geser nominal (Fny)	= 457 MPa



DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
FAKULTAS VOKASI
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
2020

NAMA PROJEK

EVALUASI RUMAH MODULAR
SEDERHANA 2 LANTAI (STUDI
KASUS PENELITIAN RUSPIN
BALITBANG PUPR)

NAMA GAMBAR

KOMPONEN EKSISTING

MAHASISWA

MUHAMMAD FAISAL
10111610013014

DOSEN PEMBIMBING 1

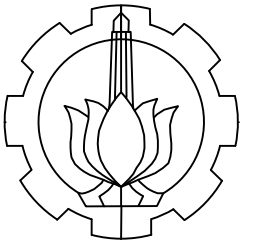
Ridho Bayuaji, ST., MT., Ph.D

PEMBIMBING 2

Dr. Eng. Yuyun Tajunnisa, ST., MT

KETERANGAN GAMBAR:

Mutu beton (f _c)	= 25 MPa
Mutu baja (f _y)	= 240 MPa
ØTul. utama	= Ø8 mm
ØTul. sengkang	= Ø6 mm
s Tul. geser	= 100 mm



DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
FAKULTAS VOKASI
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
2020

NAMA PROJEK

EVALUASI RUMAH MODULAR
SEDERHANA 2 LANTAI (STUDI
KASUS PENELITIAN RUSPIN
BALITBANG PUPR)

NAMA GAMBAR

PENULANGAN PANEL
EKSISTING

MAHASISWA

MUHAMMAD FAISAL
10111610013014

DOSEN PEMBIMBING 1

Ridho Bayuaji, ST., MT., Ph.D

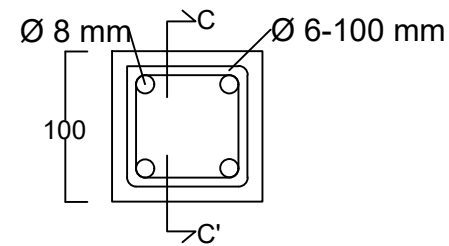
PEMBIMBING 2

Dr. Eng. Yuyun Tajunnisa, ST., MT

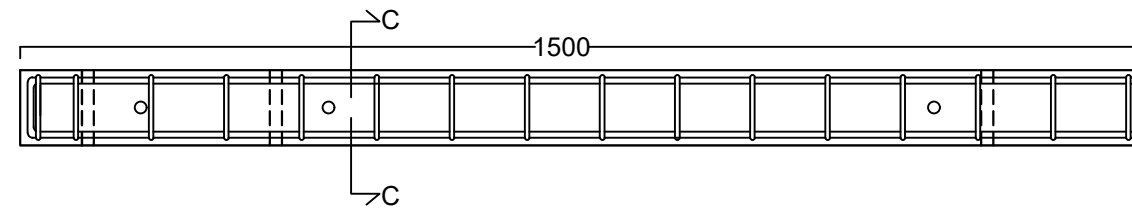
KETERANGAN GAMBAR:

Panel 1 : 1375 x 250 x 100 mm
Panel 2 : 1500 x 100 mm

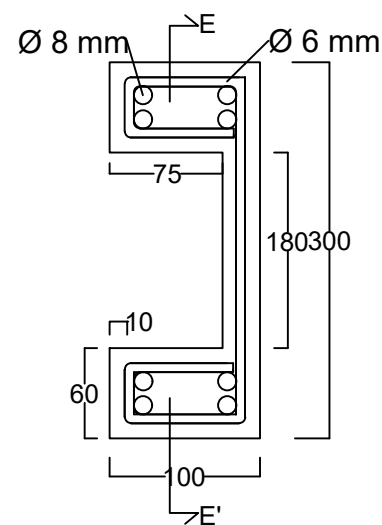
Tinggi bangunan : 6000 mm
Lebar bangunan : 6000 mm



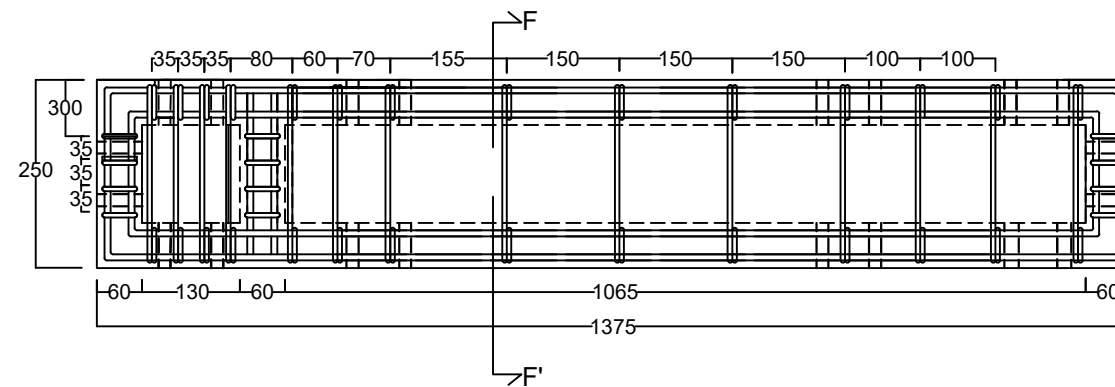
P1 EKSISTING
SKALA 1:50



POTONGAN C-C'
SKALA 1:50

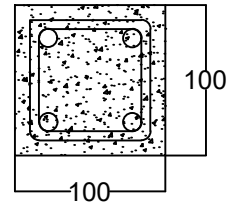


P2 EKSISTING
SKALA 1:50



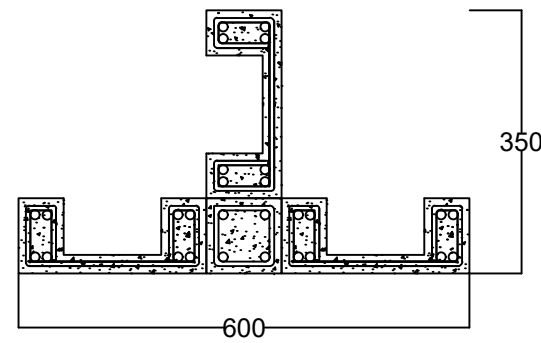
POTONGAN E-E'
SKALA 1:50

KOMPONEN PENYAMBUNG KOLOM



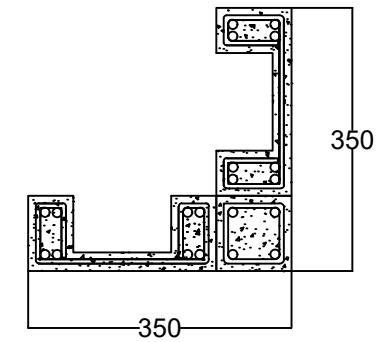
	Jumlah	Diameter	Jarak
Tulangan tekan	2	Ø8	100
Tulangan tarik	2	Ø8	100

KOMPONEN KOLOM TEPI



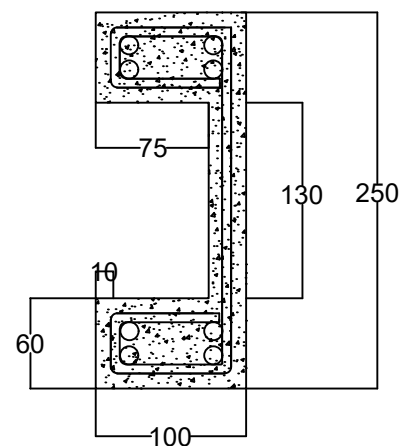
	Jumlah	Diameter	Jarak
Tulangan tekan	16	Ø8	100
Tulangan tarik	16	Ø8	100

KOMPONEN KOLOM POJOK



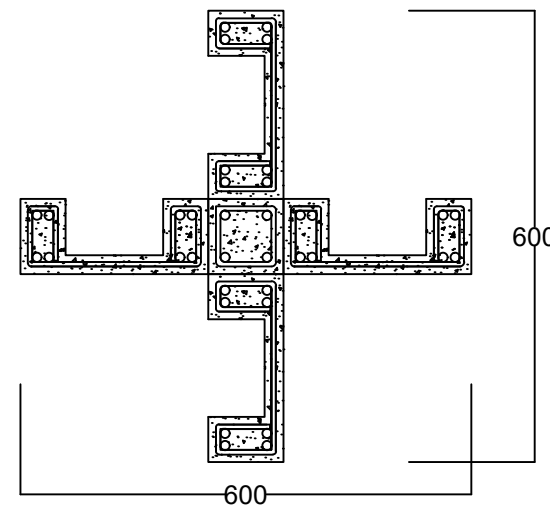
	Jumlah	Diameter	Jarak
Tulangan tekan	2	Ø8	100
Tulangan tarik	10	Ø8	100

KOMPONEN BALOK



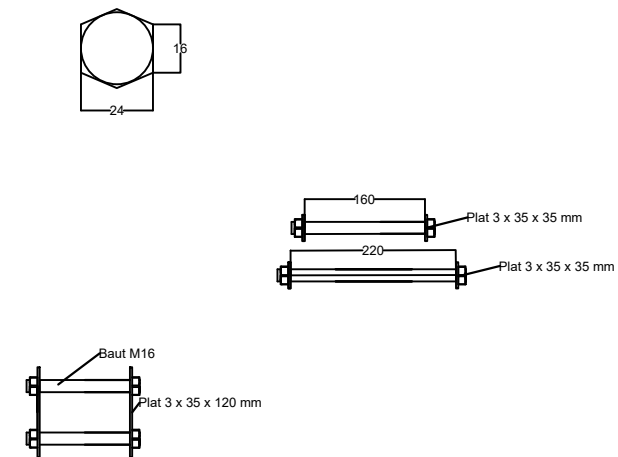
	Jumlah	Diameter	Jarak
Tulangan tekan	4	Ø8	100
Tulangan tarik	4	Ø8	100

KOMPONEN KOLOM TENGAH



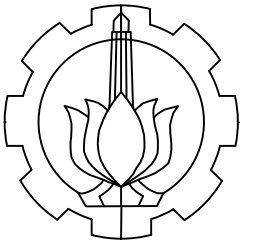
	Jumlah	Diameter	Jarak
Tulangan tekan	10	Ø8	100
Tulangan tarik	10	Ø8	100

KOMPONEN BAUT



Tipe A325

Ukuran 16 mm (Ab) = 200,96 mm²
 Tegangan leleh (fy) = 553 MPa
 Tegangan tarik putus (fu) = 825 MPa
 Kekuatan tarik nominal (Fnt) = 620 MPa
 Kekuatan geser nominal (Fny) = 457 MPa



DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
 FAKULTAS VOKASI
 INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
 2020

NAMA PROJEK

EVALUASI RUMAH MODULAR
 SEDERHANA 2 LANTAI (STUDI
 KASUS PENELITIAN RUSPIN
 BALITBANG PUPR)

NAMA GAMBAR

KOMPONEN REDESAIN

MAHASISWA

MUHAMMAD FAISAL
 10111610013014

DOSEN PEMBIMBING 1

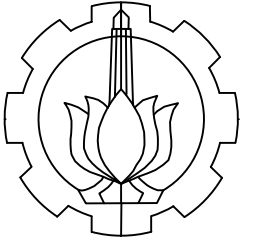
Ridho Bayuaji, ST., MT., Ph.D

PEMBIMBING 2

Dr. Eng. Yuyun Tajunnisa, ST., MT

KETERANGAN GAMBAR:

Mutu beton (f_c) = 25 MPa
 Mutu baja (f_y) = 240 MPa
 ØTul. utama = Ø8 mm
 ØTul. sengkang = Ø6 mm
 s Tul. geser = 100 mm



DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
FAKULTAS VOKASI
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
2020

NAMA PROJEK

EVALUASI RUMAH MODULAR
SEDERHANA 2 LANTAI (STUDI
KASUS PENELITIAN RUSPIN
BALITBANG PUPR)

NAMA GAMBAR

PENULANGAN PANEL
REDESAIN

MAHASISWA

MUHAMMAD FAISAL
10111610013014

DOSEN PEMBIMBING 1

Ridho Bayuaji, ST., MT., Ph.D

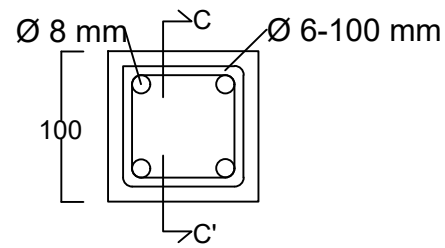
PEMBIMBING 2

Dr. Eng. Yuyun Tajunnisa, ST., MT

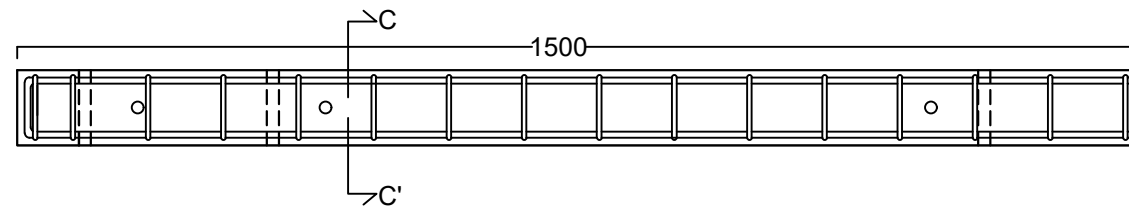
KETERANGAN GAMBAR:

Panel 1 : 1375 x 250 x 100 mm
Panel 2 : 1500 x 100 mm

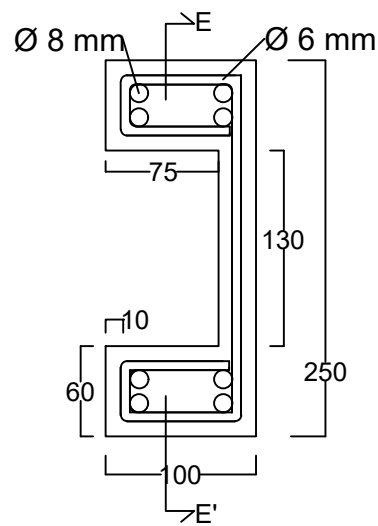
Tinggi bangunan : 6000 mm
Lebar bangunan : 6000 mm



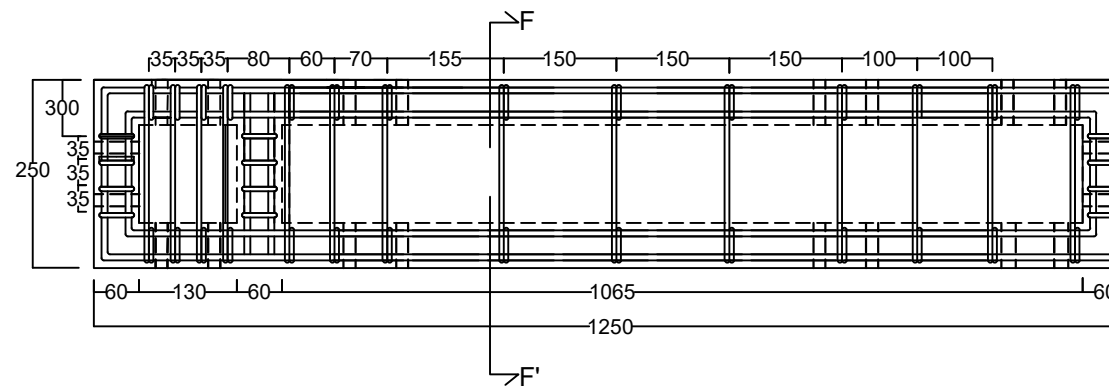
P1 RE-DESAIN
SKALA 1:50



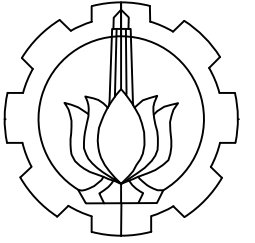
POTONGAN C-C'
SKALA 1:50



P2 RE-DESAIN
SKALA 1:50



POTONGAN E-E'
SKALA 1:50



DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
FAKULTAS VOKASI
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
2020

NAMA PROJEK

EVALUASI RUMAH MODULAR
SEDERHANA 2 LANTAI (STUDI
KASUS PENELITIAN RUSPIN
BALITBANG PUPR)

NAMA GAMBAR

DETAIL SAMBUNGAN PANEL 1

MAHASISWA

MUHAMMAD FAISAL
10111610013014

DOSEN PEMBIMBING 1

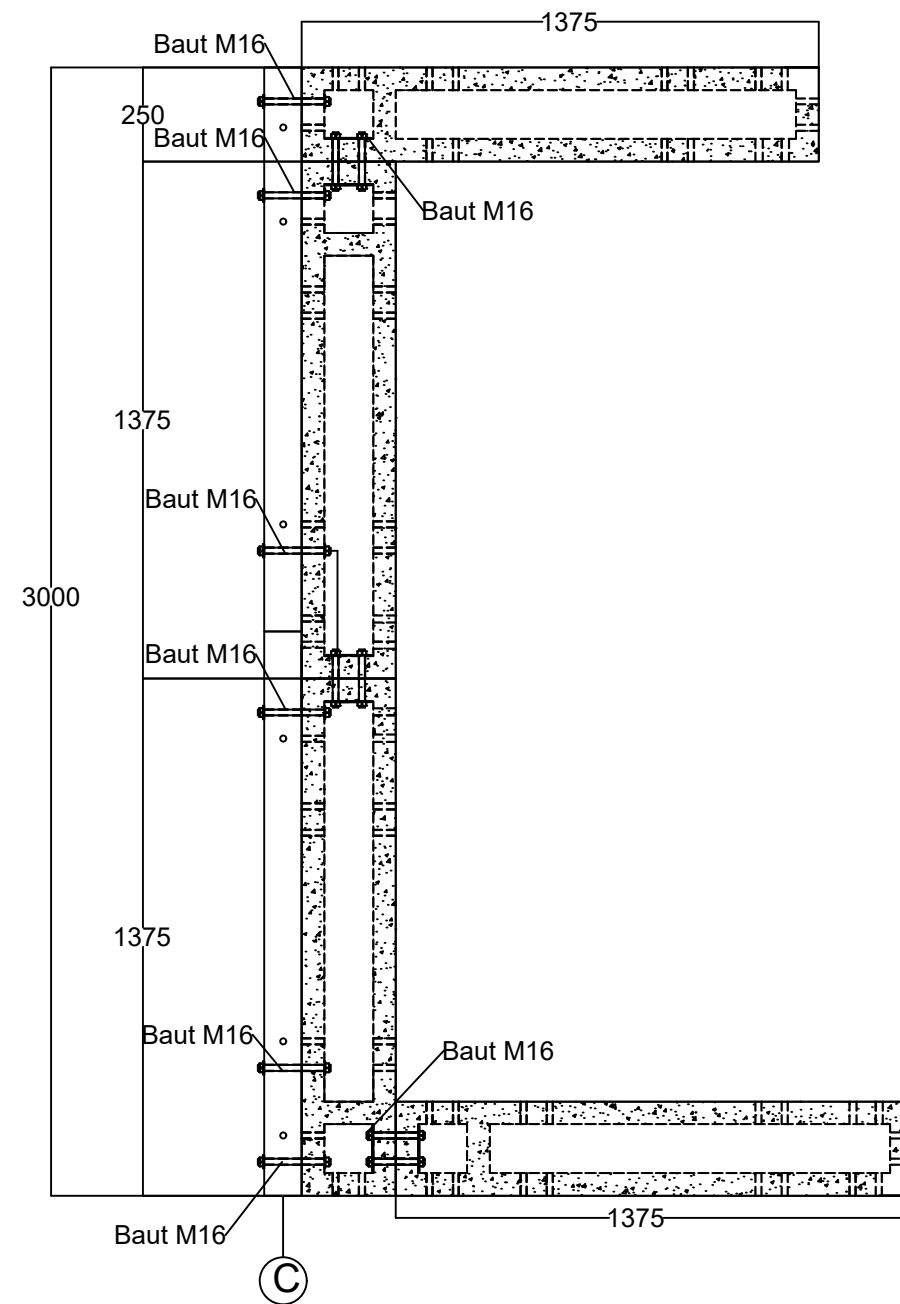
Ridho Bayuaji, ST., MT., Ph.D

PEMBIMBING 2

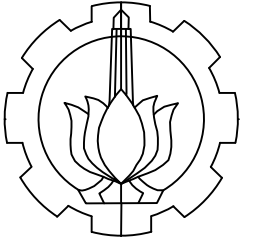
Dr. Eng. Yuyun Tajunnisa, ST., MT

KETERANGAN GAMBAR:

Tipe A325
Baut M16
Ab = 200,96 mm²
Fy = 553 MPa
Fu = 825 MPa
Fnt = 620 MPa
Fny = 457 MPa



DETAIL SAMBUNGAN PL1
SKALA 1:50



DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
FAKULTAS VOKASI
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
2020

NAMA PROJEK

EVALUASI RUMAH MODULAR
SEDERHANA 2 LANTAI (STUDI
KASUS PENELITIAN RUSPIN
BALITBANG PUPR)

NAMA GAMBAR

DETAIL SAMBUNGAN PL 2

MAHASISWA

MUHAMMAD FAISAL
10111610013014

DOSEN PEMBIMBING 1

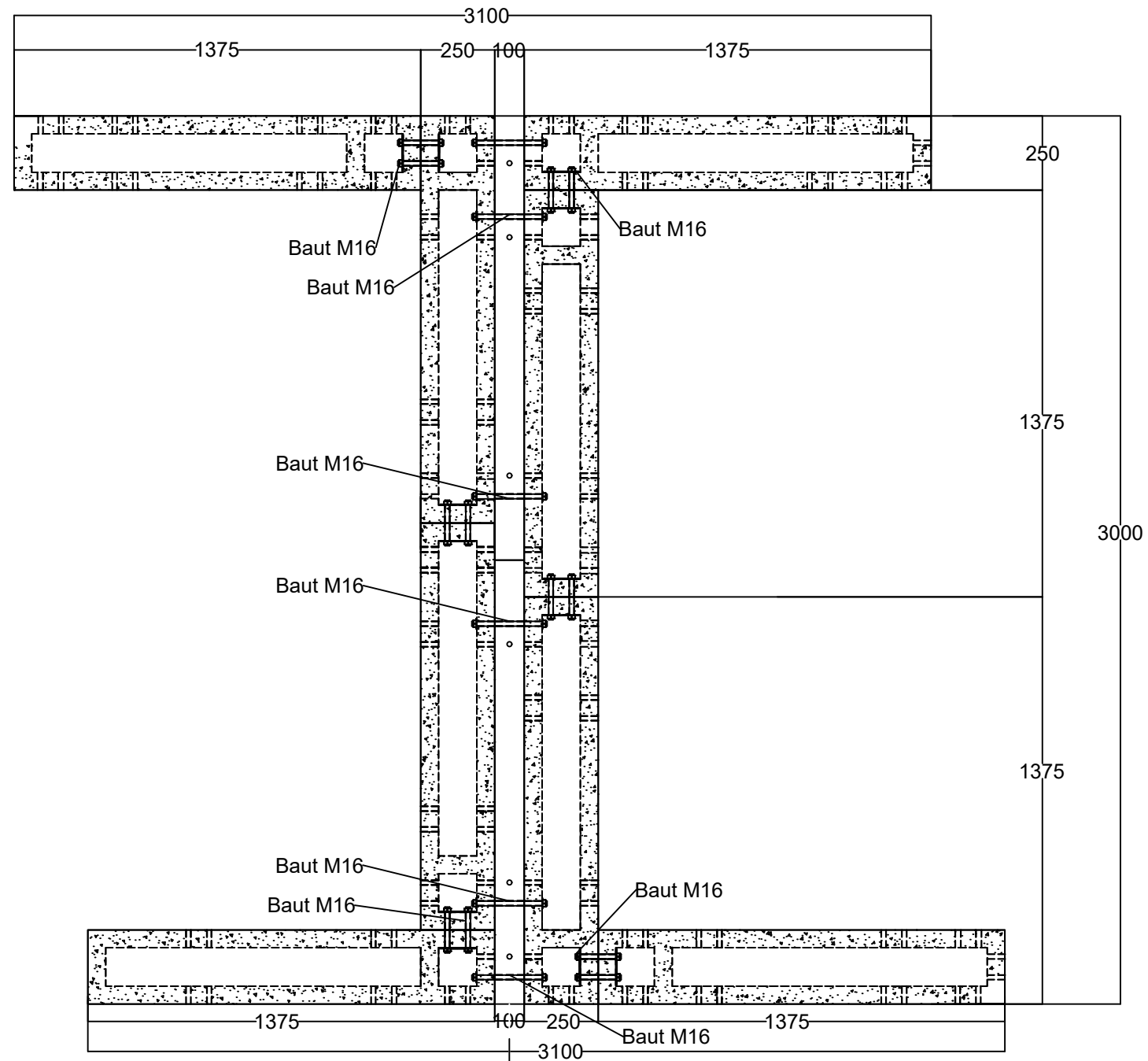
Ridho Bayuaji, ST., MT., Ph.D

PEMBIMBING 2

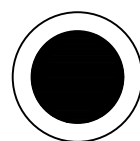
Dr. Eng. Yuyun Tajunnisa, ST., MT

KETERANGAN GAMBAR:

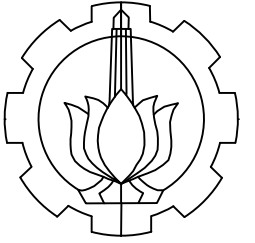
Tipe A325
Baut M16
Ab = 200,96 mm²
Fy = 553 MPa
Fu = 825 MPa
Fnt = 620 MPa
Fny = 457 MPa



ⓑ



DETAIL SAMBUNGAN PL 2
SKALA 1:50



DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
FAKULTAS VOKASI
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
2020

NAMA PROJEK

EVALUASI RUMAH MODULAR
SEDERHANA 2 LANTAI (STUDI
KASUS PENELITIAN RUSPIN
BALITBANG PUPR)

NAMA GAMBAR

DETAIL PORTAL A

MAHASISWA

MUHAMMAD FAISAL
10111610013014

DOSEN PEMBIMBING 1

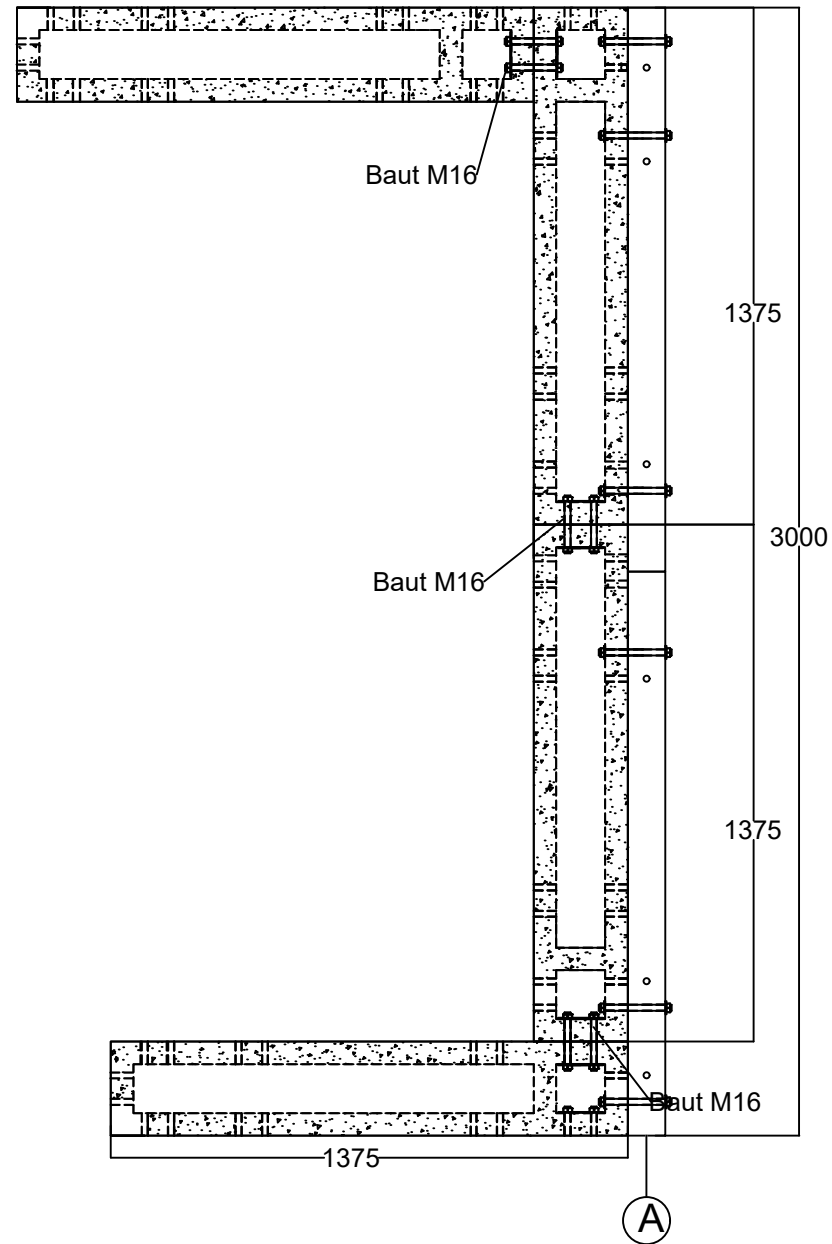
Ridho Bayuaji, ST., MT., Ph.D

PEMBIMBING 2

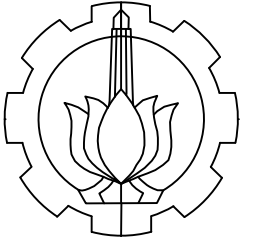
Dr. Eng. Yuyun Tajunnisa, ST., MT

KETERANGAN GAMBAR:

Tipe A325
Baut M16
Ab = 200,96 mm²
Fy = 553 MPa
Fu = 825 MPa
Fnt = 620 MPa
Fny = 457 MPa



 **DETAIL PORTAL A**
SKALA 1:50



DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
FAKULTAS VOKASI
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
2020

NAMA PROJEK

EVALUASI RUMAH MODULAR
SEDERHANA 2 LANTAI (STUDI
KASUS PENELITIAN RUSPIN
BALITBANG PUPR)

NAMA GAMBAR

DETAIL SAMBUNGAN HBK
LANTAI ATAP

MAHASISWA

MUHAMMAD FAISAL
10111610013014

DOSEN PEMBIMBING 1

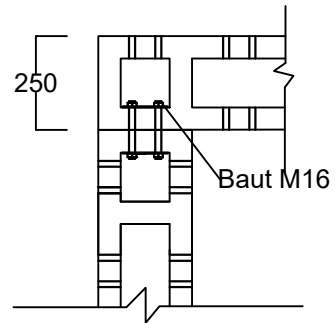
Ridho Bayuaji, ST., MT., Ph.D

PEMBIMBING 2

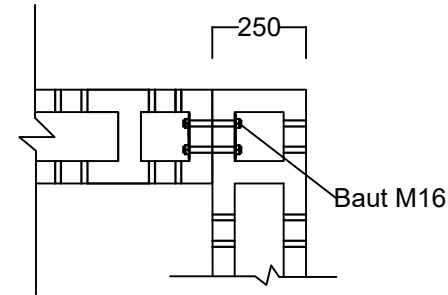
Dr. Eng. Yuyun Tajunnisa, ST., MT

KETERANGAN GAMBAR:

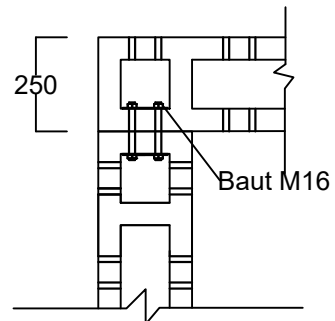
Tipe A325
Baut M16
Ab = 200,96 mm²
Fy = 553 MPa
Fu = 825 MPa
Fnt = 620 MPa
Fny = 457 MPa



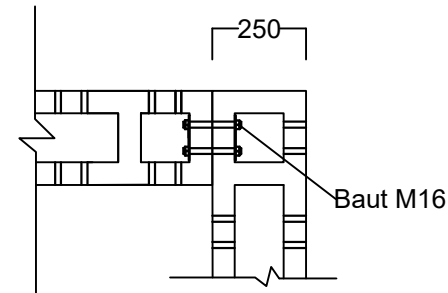
DETAIL 1A PORTAL 1
SKALA 1:50



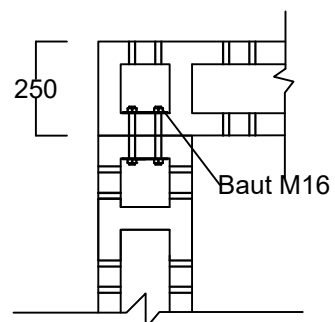
DETAIL 1B PORTAL 1
SKALA 1:50



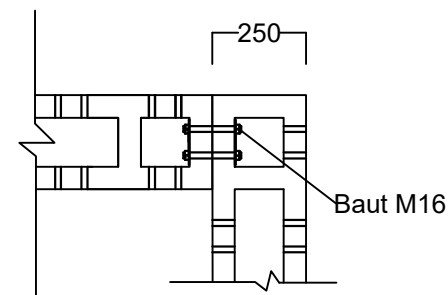
DETAIL 1A PORTAL 2
SKALA 1:50



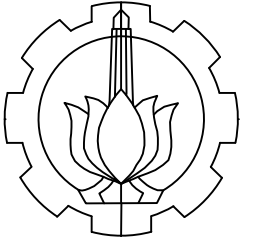
DETAIL 1B PORTAL 2
SKALA 1:50



DETAIL 1A PORTAL 3
SKALA 1:50



DETAIL 1B PORTAL 3
SKALA 1:50



NAMA PROJEK

EVALUASI RUMAH MODULAR
SEDERHANA 2 LANTAI (STUDI
KASUS PENELITIAN RUSPIN
BALITBANG PUPR)

NAMA GAMBAR

DETAIL SAMBUNGAN KOLOM
BALOK TENGAH BENTANG

MAHASISWA

MUHAMMAD FAISAL
10111610013014

DOSEN PEMBIMBING 1

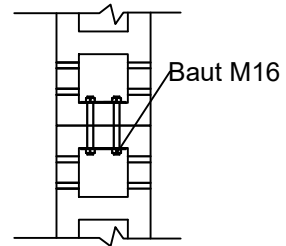
Ridho Bayuaji, ST., MT., Ph.D

PEMBIMBING 2

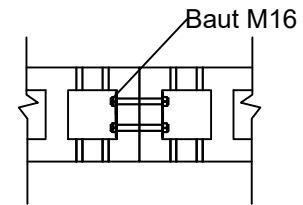
Dr. Eng. Yuyun Tajunnisa, ST., MT

KETERANGAN GAMBAR:

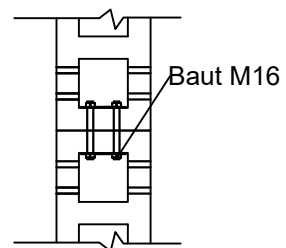
Tipe A325
Baut M16
Ab = 200,96 mm²
Fy = 553 MPa
Fu = 825 MPa
Fnt = 620 MPa
Fny = 457 MPa



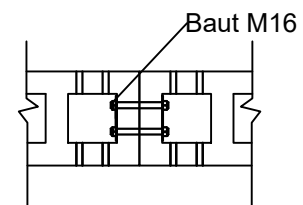
DETAIL 2A PORTAL 1
SKALA 1:50



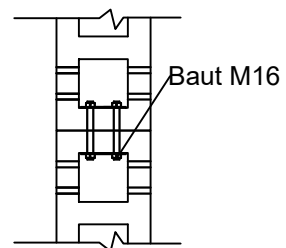
DETAIL 2B PORTAL 1
SKALA 1:50



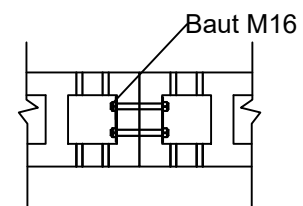
DETAIL 2A PORTAL 2
SKALA 1:50



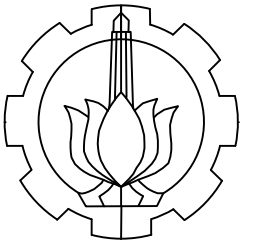
DETAIL 2B PORTAL 2
SKALA 1:50



DETAIL 2A PORTAL 3
SKALA 1:50



DETAIL 2B PORTAL 3
SKALA 1:50



NAMA PROJEK
EVALUASI RUMAH MODULAR
SEDERHANA 2 LANTAI (STUDI
KASUS PENELITIAN RUSPIN
BALITBANG PUPR)

NAMA GAMBAR
DETAIL SAMBUNGAN HBK
LANTAI 2

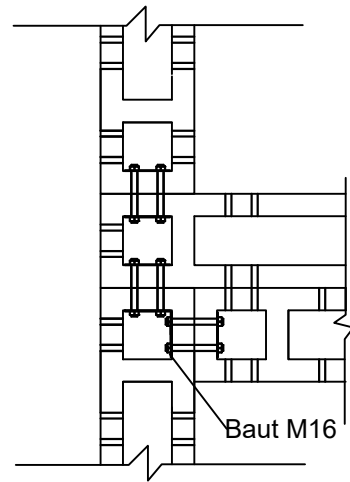
MAHASISWA
MUHAMMAD FAISAL
10111610013014

DOSEN PEMBIMBING 1
Ridho Bayuaji, ST., MT., Ph.D

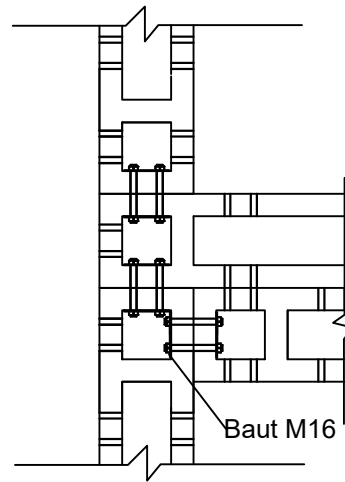
PEMBIMBING 2
Dr. Eng. Yuyun Tajunnisa, ST., MT

KETERANGAN GAMBAR:

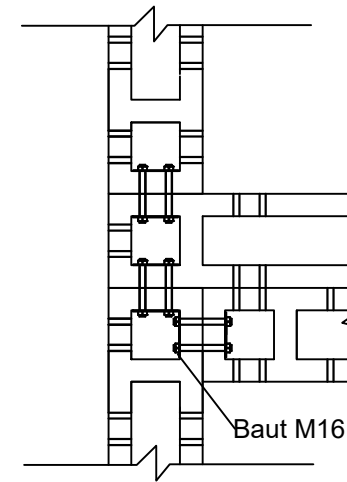
Tipe A325
Baut M16
Ab = 200,96 mm²
Fy = 553 MPa
Fu = 825 MPa
Fnt = 620 MPa
Fny = 457 MPa



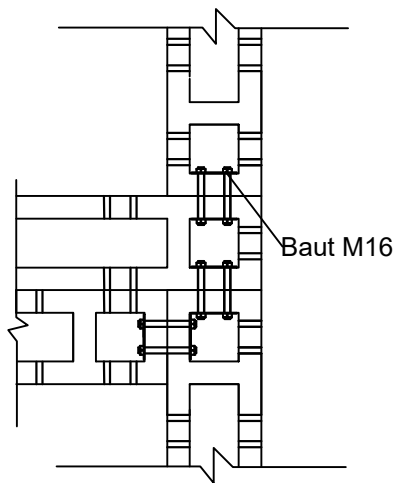
DETAIL 3A PORTAL 1
SKALA 1:50



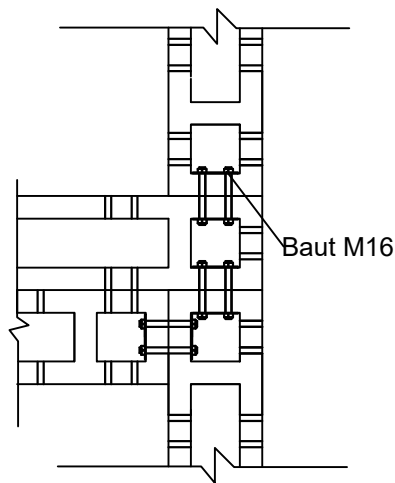
DETAIL 3A PORTAL 2
SKALA 1:50



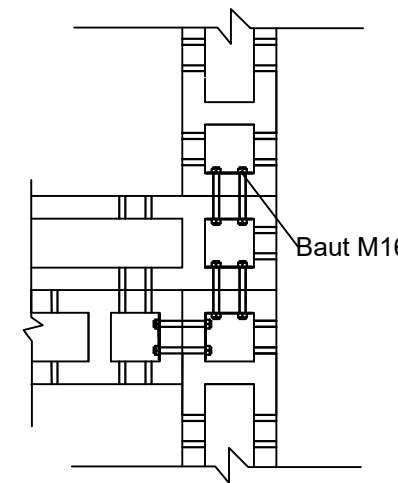
DETAIL 3A PORTAL 3
SKALA 1:50



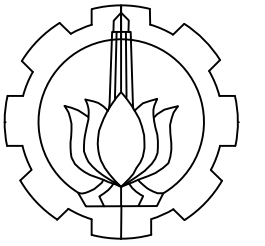
DETAIL 3B PORTAL 1
SKALA 1:50



DETAIL 3B PORTAL 2
SKALA 1:50



DETAIL 3B PORTAL 3
SKALA 1:50



NAMA PROJEK

EVALUASI RUMAH MODULAR
SEDERHANA 2 LANTAI (STUDI
KASUS PENELITIAN RUSPIN
BALITBANG PUPR)

NAMA GAMBAR

SAMBUNGAN SLOOF DENGAN
KOLOM

MAHASISWA

MUHAMMAD FAISAL
10111610013014

DOSEN PEMBIMBING 1

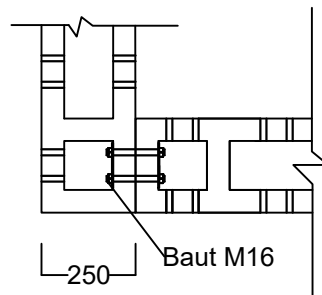
Ridho Bayuaji, ST., MT., Ph.D

PEMBIMBING 2

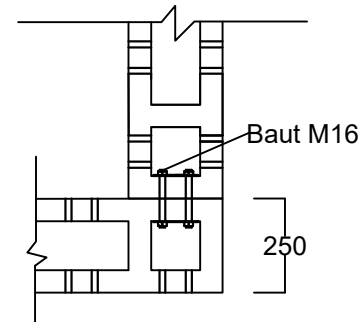
Dr. Eng. Yuyun Tajunnisa, ST., MT

KETERANGAN GAMBAR:

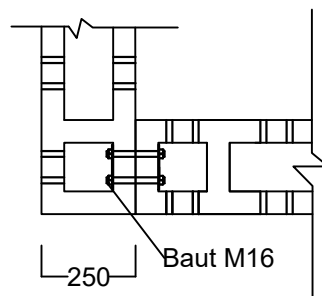
Tipe A325
Baut M16
Ab = 200,96 mm²
Fy = 553 MPa
Fu = 825 MPa
Fnt = 620 MPa
Fny = 457 MPa



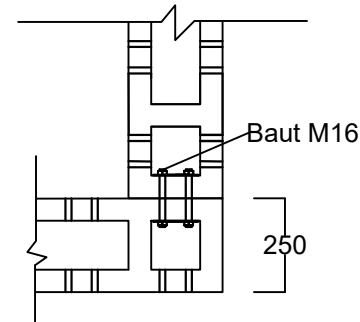
DETAIL 4A PORTAL 1
SKALA 1:50



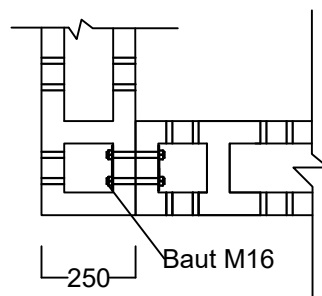
DETAIL 4B PORTAL 1
SKALA 1:50



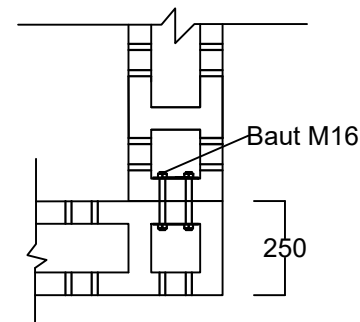
DETAIL 4A PORTAL 2
SKALA 1:50



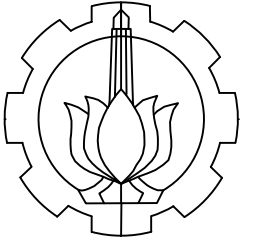
DETAIL 4B PORTAL 2
SKALA 1:50



DETAIL 4A PORTAL 3
SKALA 1:50



DETAIL 4B PORTAL 3
SKALA 1:50



DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
FAKULTAS VOKASI
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
2020

NAMA PROJEK

EVALUASI RUMAH MODULAR
SEDERHANA 2 LANTAI (STUDI
KASUS PENELITIAN RUSPIN
BALITBANG PUPR)

NAMA GAMBAR

DETAIL SAMBUNGAN KOLOM
TENGAH DENGAN PONDASI

MAHASISWA

MUHAMMAD FAISAL
10111610013014

DOSEN PEMBIMBING 1

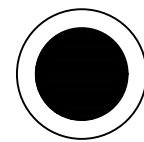
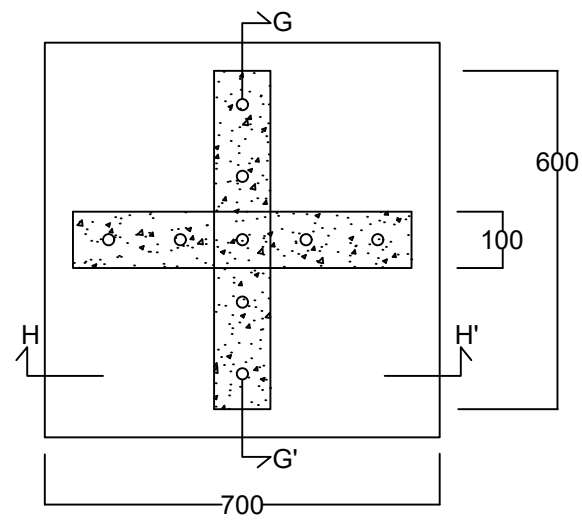
Ridho Bayuaji, ST., MT., Ph.D

PEMBIMBING 2

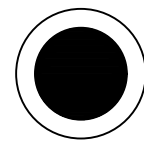
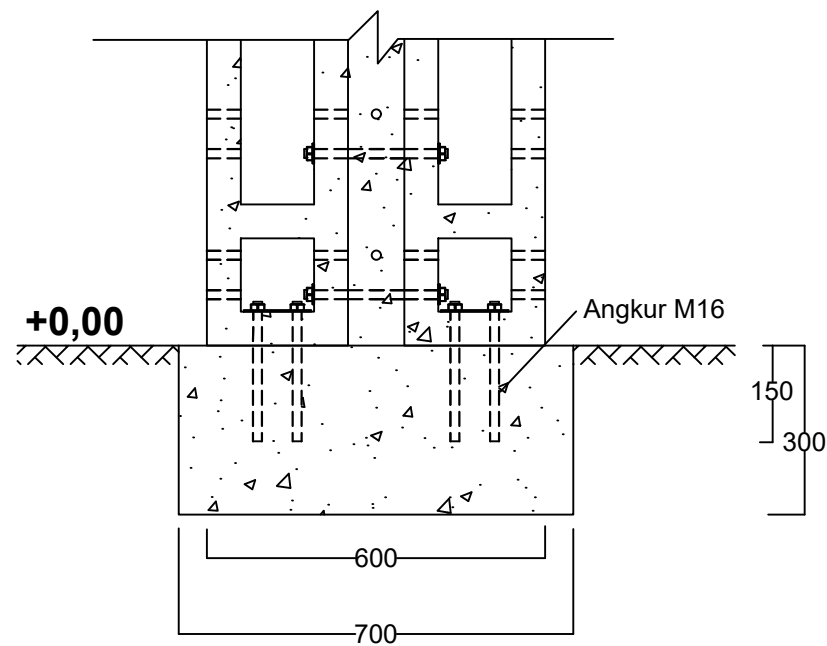
Dr. Eng. Yuyun Tajunnisa, ST., MT

KETERANGAN GAMBAR:

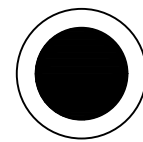
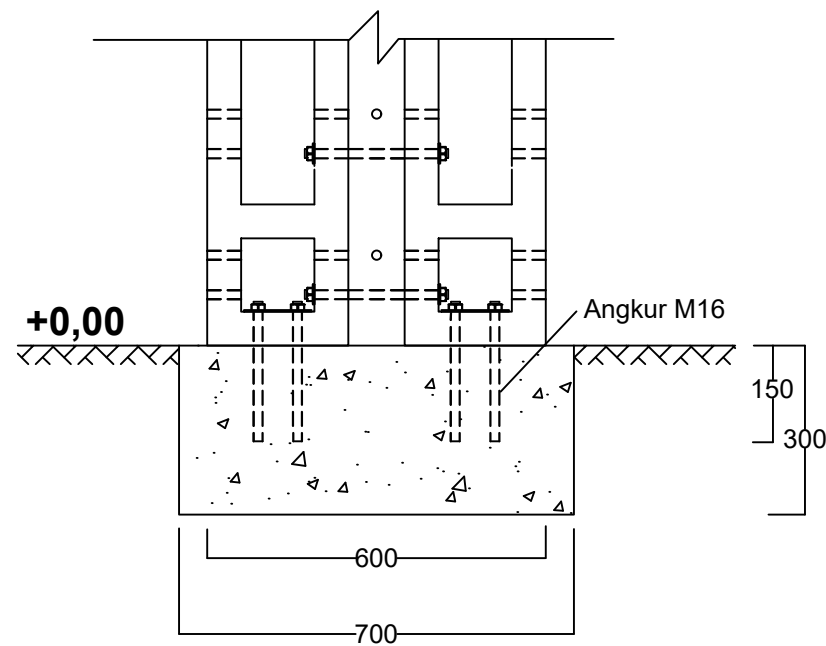
Angkur : M16
L pondasi : 700 mm
T pondasi : 300 mm
d angkur : 150 mm



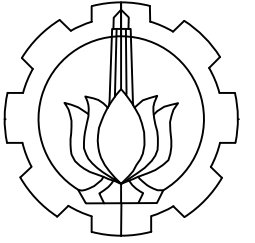
DETAIL 5
SKALA 1:25



POTONGAN G-G'
SKALA 1:25



POTONGAN H-H'
SKALA 1:25



DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
FAKULTAS VOKASI
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
2020

NAMA PROJEK

EVALUASI RUMAH MODULAR
SEDERHANA 2 LANTAI (STUDI
KASUS PENELITIAN RUSPIN
BALITBANG PUPR)

NAMA GAMBAR

DETAIL SAMBUNGAN KOLOM
TEPI DENGAN PONDASI

MAHASISWA

MUHAMMAD FAISAL
10111610013014

DOSEN PEMBIMBING 1

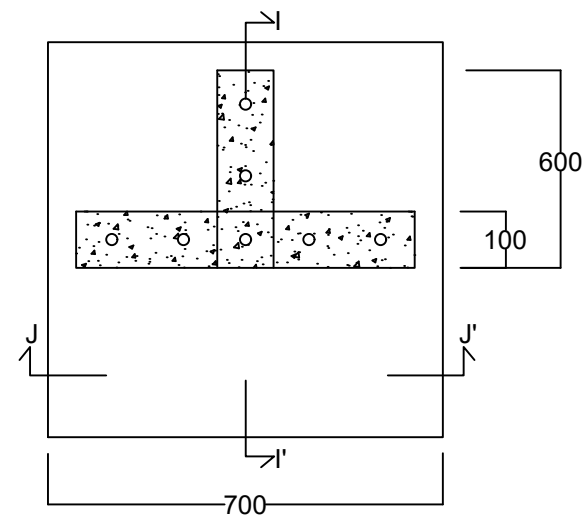
Ridho Bayuaji, ST., MT., Ph.D

PEMBIMBING 2

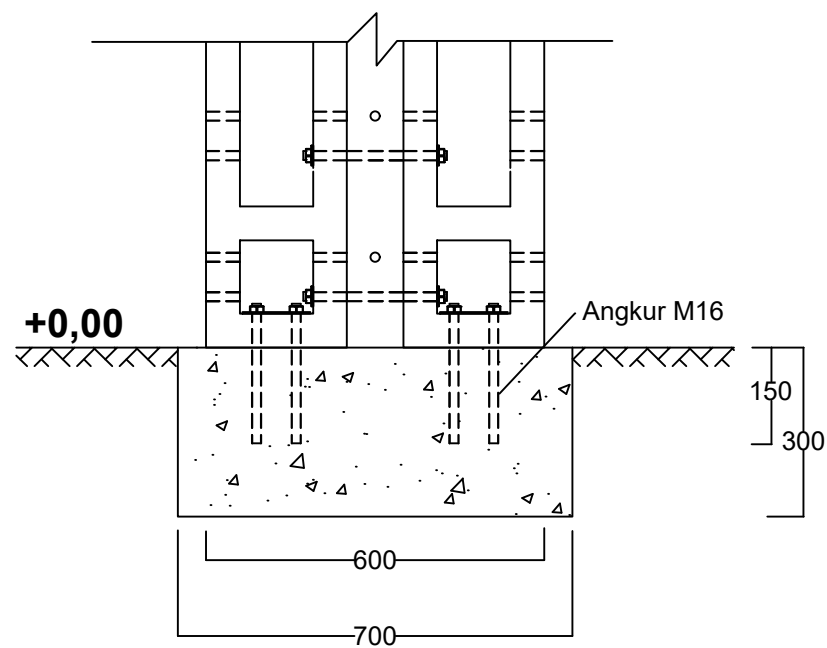
Dr. Eng. Yuyun Tajunnisa, ST., MT

KETERANGAN GAMBAR:

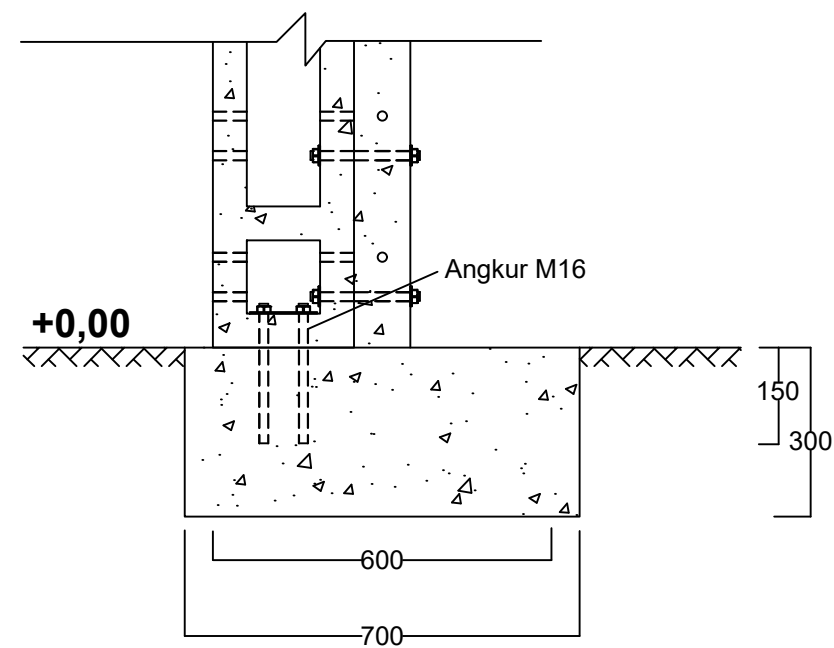
Angkur : M16
L pondasi : 700 mm
T pondasi : 300 mm
d angkur : 150 mm



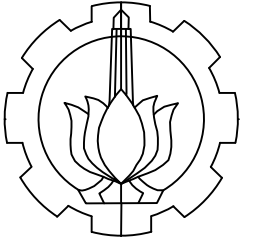
DETAIL 6
SKALA 1:25



POTONGAN I-I'
SKALA 1:25



POTONGAN J-J'
SKALA 1:25



DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
FAKULTAS VOKASI
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
2020

NAMA PROJEK

EVALUASI RUMAH MODULAR
SEDERHANA 2 LANTAI (STUDI
KASUS PENELITIAN RUSPIN
BALITBANG PUPR)

NAMA GAMBAR

DETAIL SAMBUNGAN KOLOM
POJOK DENGAN PONDASI

MAHASISWA

MUHAMMAD FAISAL
10111610013014

DOSEN PEMBIMBING 1

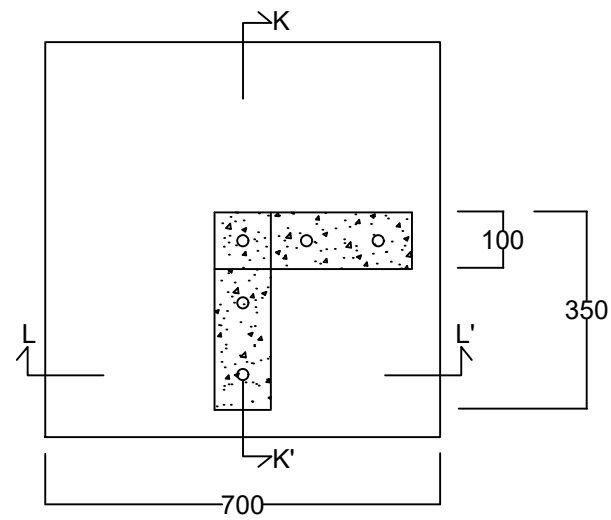
Ridho Bayuaji, ST., MT., Ph.D

PEMBIMBING 2

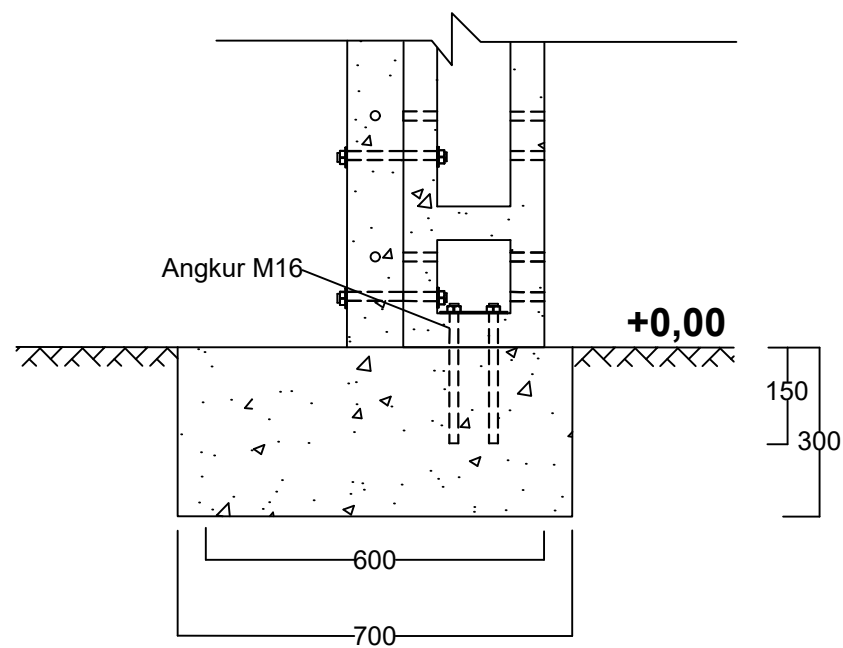
Dr. Eng. Yuyun Tajunnisa, ST., MT

KETERANGAN GAMBAR:

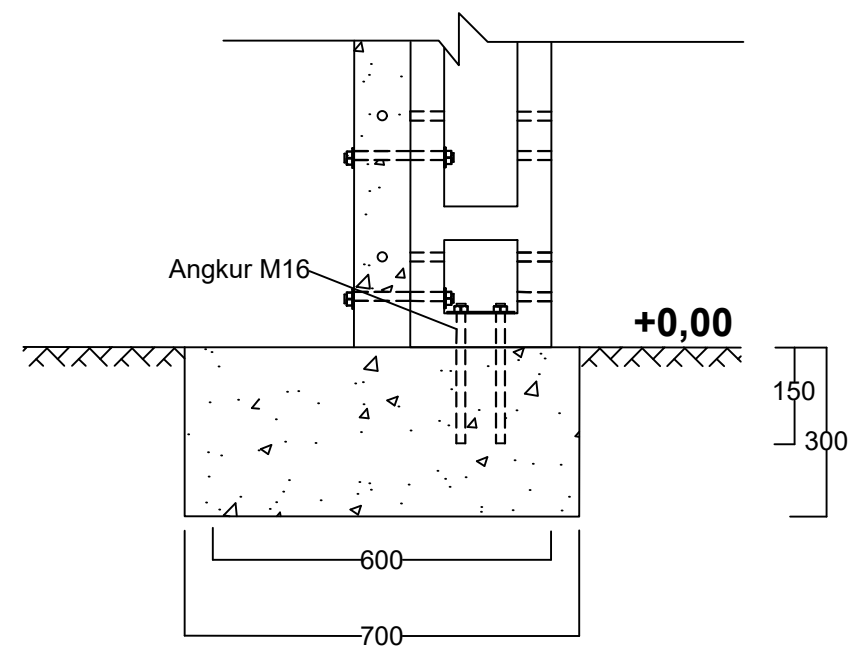
Angkur : M16
L pondasi : 700 mm
T pondasi : 300 mm
d angkur : 150 mm



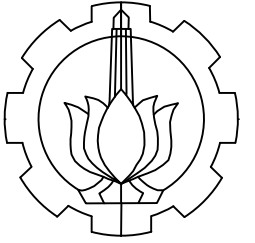
DETAIL 7
SKALA 1:25



POTONGAN K-K'
SKALA 1:25



POTONGAN L-L'
SKALA 1:25



DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
FAKULTAS VOKASI
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
2020

NAMA PROJEK

EVALUASI RUMAH MODULAR
SEDERHANA 2 LANTAI (STUDI
KASUS PENELITIAN RUSPIN
BALITBANG PUPR)

NAMA GAMBAR

DETAIL TANGGA

MAHASISWA

MUHAMMAD FAISAL
10111610013014

DOSEN PEMBIMBING 1

Ridho Bayuaji, ST., MT., Ph.D

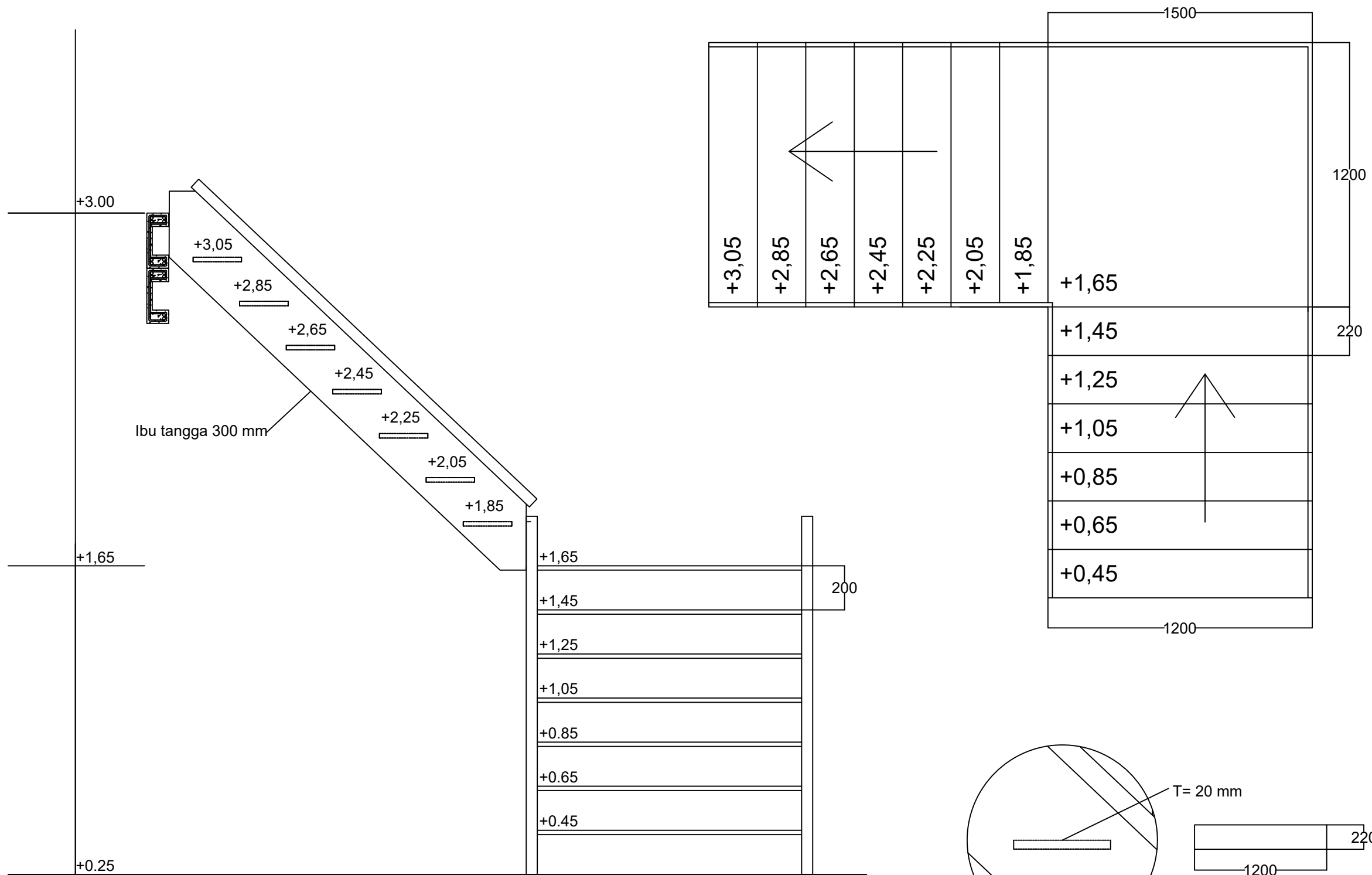
PEMBIMBING 2

Dr. Eng. Yuyun Tajunnisa, ST., MT

KETERANGAN GAMBAR:

Lebar tangga = 1200 mm
Lebar bordes = 1200 mm
Panjang bordes = 1500 mm
Tinggi injakan = 200 mm
Lebar injakan = 220 mm
Tebal papan kayu = 20 mm

Tinggi bordes = 1650 mm
Tinggi lantai 1 = 3000 mm
Jumlah injakan = 14 buah



DETAIL TANGGA
SKALA 1:10

DETAIL ANAK TANGGA
SKALA 1:5