



LAPORAN TUGAS AKHIR

REDESAIN GEDUNG PROYEK PEMBANGUNAN KAMPUS UNIVERSITAS NAHDATUL ULAMA YOGYAKARTA BERBASIS *BUILDING INFORMATION MODELLING* (BIM)

Oleh:

NAMA : NAUFAL DAMAS SETYAWAN

NIM: 40030519650113

Diajukan sebagai :

salah satu syarat dalam menyelesaikan Program Studi Sarjana Terapan Teknik
Program Studi Teknik Infrastruktur Sipil dan Perancangan Arsitektur
Sekolah Vokasi Universitas Diponegoro

**PROGRAM STUDI SARJANA TERAPAN TENIK INFRASTRUKTUR
SIPIL DAN PERANCANGAN ARSITEKTUR
SEKOLAH VOKASI UNIVERSITAS DIPONEGORO**

2026

LEMBAR PENGESAHAN



LAPORAN TUGAS AKHIR
REDESAIN GEDUNG PROYEK PEMBANGUNAN KAMPUS
UNIVERSITAS NAHDATUL ULAMA YOGYAKARTA BERBASIS
BUILDING INFORMATION MODELLING (BIM)

Oleh:

Naufal Damas setyawan

40030519650113

Laporan ini telah diperbaiki dan disempurnakan berdasarkan masukan dan koreksi saat pelaksanaan ujian tugas akhir pada tanggal 26 Juni 2026

Semarang, 26 Juni 2026

Mahasiswa

Naufal Damas setyawan
NIM. 40030519650113

Menyetujui,

Penguji II

(Bambang Setiabudi, S.T., M.T)
NIP. 196109021987031002

Penguji I

(Moh Nur Sholeh S.T., M.T., Ph. D)
NIP. 199301012018031001

Penguji III

(Anno Mahfuda, S.Pd., M.Eng.)
NIP. 199811242024061001

Mengetahui,

Ketua Program Studi Teknik Infrastruktur
Sipil dan Perancangan Arsitektur

Asri Nurdiana, S.T., M.T.
NIP. 198512092012122001

HALAMAN PENGESAHAN



LAPORAN TUGAS AKHIR REDESAIN GEDUNG PROYEK PEMBANGUNAN KAMPUS UNIVERSITAS NAHDATUL ULAMA YOGYAKARTA BERBASIS BUILDING INFORMATION MODELLING (BIM)

Laporan tugas akhir ini telah dan disahkan pada :

Hari : SELASA
Tanggal : 26 JUNI 2026

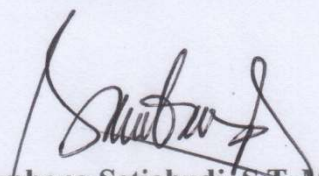
Disusun oleh :

Naufal Damas Setyawan (40030519650113)

Menyetujui,

Dosen Pembimbing 1

Dosen Pembimbing 2


Bambang Setiabudi, S.T., M.T.

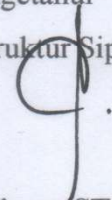
NIP. 196109021987031002


Asri Nurdiana, S.T., M.T.

NIP. 198512092012122001

Mengetahui

Ketua Program Studi Teknik Infrastruktur Sipil dan Perancangan Arsitektur


Asri Nurdiana, ST, MT.

NIP. 198512092012122001

HALAMAN PENGESAHAN



LAPORAN TUGAS AKHIR REDESAIN GEDUNG PROYEK PEMBANGUNAN KAMPUS UNIVERSITAS NAHDATUL ULAMA YOGYAKARTA BERBASIS BUILDING INFORMATION MODELLING (BIM)

Laporan tugas akhir ini telah dan disahkan pada :

Hari : Selasa

Tanggal : 26 Juni 2026

Disusun oleh :

Naufal Damas Setyawan (40030519650113)

Menyetujui,

Dosen Pembimbing 1

Dosen Pembimbing 2

Asri Nurdiana, S.T.,M.T.

NIP.198512092012122001

Bambang Setiabudi, S.T.,M.T.

NIP.196109021987031002

Mengetahui

Ketua Program Studi Teknik Infrastruktur Sipil dan Perancangan Arsitektur

Asri Nurdiana, ST,MT.

NIP. 198512092012122001

ABSTRAK

Perencanaan Berbasis BIM (Building Information Modeling) telah menjadi pendekatan yang semakin populer dalam industri konstruksi. Namun, ada beberapa masalah yang perlu diatasi dalam implementasi perencanaan berbasis BIM. Dalam penelitian ini, kami mengidentifikasi masalah tersebut, termasuk kurangnya kesadaran akan manfaat BIM, keterbatasan interoperabilitas antara perangkat lunak BIM, dan tantangan dalam pengumpulan dan integrasi data yang akurat. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk menganalisis manfaat perencanaan berbasis BIM, seperti peningkatan kolaborasi tim, akurasi perencanaan, dan efisiensi waktu dan sumber daya. Metode yang digunakan melibatkan tinjauan literatur dan studi kasus implementasi BIM dalam proyek konstruksi. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa perencanaan berbasis BIM dapat meningkatkan efisiensi perencanaan, mengurangi konflik desain, dan meningkatkan akurasi estimasi biaya. Dengan *output* penelitian berupa hasil desain *Tekla Structure*, perencanaan SAP, dan penjadwalan *Tekla Structure*.

Kata kunci : **BIM, perencanaan, penjadwalan**

ABSTRACT

BIM (Building Information Modeling) Based Planning has become an increasingly popular approach in the construction industry. However, there are several problems that need to be addressed in the implementation of BIM-based planning. In this research, we identify these issues, including a lack of awareness of the benefits of BIM, limited interoperability between BIM software, and challenges in accurate data collection and integration. The purpose of this research is to analyze the benefits of BIM-based planning, such as increased team collaboration, planning accuracy, and time and resource efficiency. The method used involves a literature review and case studies of BIM implementation in construction projects. The results of this study indicate that planning based on BIM can improve planning efficiency, reduce design conflicts, and increase the accuracy of cost estimates. With research output in the form of Tekla structures design results, SAP planning, and Tekla Structure scheduling.

Keywords : ***BIM, planning, scheduling***

KATA PENGANTAR

Segala puji bagi Allah Tuhan semesta alam, yang atas Rahmat dan hidayah-Nya, penulis dapat menyelesaikan tugas akhir ini dengan judul “ Redesain Gedung Proyek Pembangunan Kampus Universitas Nahdatul Ulama Yogyakarta Berbasis Building Information Modelling (BIM)“, sebagai salah satu syarat dalam menyelesaikan program Studi Teknik Infrastruktur Sipil dan Perancangan Arsitektur di Fakultas Sekolah Vokasi Universitas Diponegoro.

Puji syukur penulis panjatkan ke hadirat Allah SWT, yang telah melimpahkan segala rahmat, petunjuk, dan kekuatan sehingga penulis dapat menyelesaikan penulisan ini. Shalawat serta salam senantiasa tercurah kepada Nabi Muhammad SAW, sebagai rahmat bagi seluruh alam. Penulis juga menyadari bahwa masih banyak kekurangan dan jauh dari kata sempurna. Sehingga, dengan sangat terbuka penulis menerima segala saran dan kritik yang membangun dari berbagai pihak. Banyak sekali pihak yang telah membantu penulis dalam menyusun laporan ini, untuk itu penulis mengucapkan terima kasih yang sebesar – besarnya kepada :

1. Allah SWT atas segala Rahmat dan Hidayah-Nya, serta Nabi Muhammad SAW yang selalu menjadi panutan hidup terbaik bagi penulis.
2. Keluarga tercinta dan pasangan yang telah memberikan do’a dan dukungannya baik batin maupun material
3. Ibu Dr. Ida Hayu Dwimawanti, M.M. Selaku Wakil Dekan Akademik dan Kemahasiswaan Sekolah Vokasi Universitas Diponegoro Semarang.
4. Ibu Asri Nurdiana, S.T, M.T selaku Ketua Program Studi Sarjana Terapan Teknik Infrastruktur Sipil dan Perancangan Arsitektur Sekolah Vokasi Universitas Diponegoro
5. Bapak selaku Dosen Pembimbing I yang telah memberi arahan kepada penulis selama penyelesaian laporan tugas akhir.

6. Seluruh Dosen dan Staff Program Studi Sarjana terapa Teknik Infrastruktur Sipil dan Perancangan Arsitektur Sekolah Vokasi Universitas Diponegoro yang telah membekali penulis berbagai ilmu pengetahuan.
7. Teman-teman Teknik Infrastruktur Sipil dan Perancangan Arsitektur Sekolah Vokasi Universitas Diponegoro yang telah mendukung dan memberikan semangat selama proses penyelesaian laporan tugas akhir. .
8. Pasangan penulis yang telah memberikan dukungan, semangat, doa, serta pengertian tanpa henti selama proses penyusunan laporan tugas akhir ini. Terima kasih atas kesabaran dan motivasi yang diberikan sehingga penulis dapat menyelesaikan laporan ini dengan baik.
9. Serta semua pihak yang tidak dapat penulis sebutkan satu per satu yang telah membantu kelancaran proses penyusunan laporan tugas akhir ini.

Akhir kata, penulis menyadari bahwa laporan tugas akhir ini masih jauh dari kesempurnaan. Oleh karena itu, kritik dan saran yang bersifat membangun sangat penulis harapkan demi perbaikan dan pengembangan di masa yang akan datang. Semoga tugas akhir ini dapat memberikan manfaat dan kontribusi yang positif, serta dapat menjadi sumbangan kecil dalam pengembangan ilmu pengetahuan, khususnya dalam bidang Teknik sipil. Akhirnya, penulis berharap semoga tugas akhir ini diterima sebagai bentuk ibadah kepada Allah SWT dan sebagai wujud pengabdian kepada bangsa dan negara.

Semarang, 26 juni 2026

Penulis

Naufal Damas Setyawan

DAFTAR ISI

2.1 Contents

LAPORAN TUGAS AKHIR..... i

HALAMAN PENGESAHAN ii

ABSTRAK..... v

ABSTRACT vi

KATA PENGANTAR vii

DAFTAR ISI ix

DAFTAR GAMBAR xiii

DAFTAR TABEL..... xvi

DAFTAR LAMPIRAN xviii

BAB I 1

PENDAHULUAN 1

 1.1 Latar Belakang..... 1

 1.2 Perumusan Masalah 6

 1.3 Tujuan..... 6

 1.4 Manfaat..... 6

 1.5 Batasan Masalah 7

 1.6 Ruang Lingkup 8

BAB II..... 10

TINJAUAN PUSTAKA 10

 2.1 Standar Perencanaan 10

 2.2 Perubahan Desain 11

 2.3 Pembebanan Struktur 11

 2.3.1 Beban Mati (D) 11

 2.3.2 Beban Hidup (L)..... 14

 2.3.3 Beban Angin (W)..... 15

 2.3.4 Beban Gempa (E) 16

 2.4 Kombinasi Pembebanan 30

 2.5 Elemen Struktur 31

2.5.1 Pelat	31
2.5.2 Balok.....	33
2.5.3 Kolom	34
2.5.4 Pondasi	36
2.6 Perencanaan Berdasarkan BIM.....	37
2.7 <i>Software</i> Pendukung	38
2.7.1 SAP2000	38
2.7.2 Tekla Structure	38
2.7.3 Microsoft Excel.....	38
2.7.4 Ms Project.....	39
BAB III	40
METODE PENELITIAN	40
3.1 Bagan Alir.....	40
3.2 Pengumpulan Data	41
3.2.1 Gambar Detail Engineering Design (DED)	41
3.2.2 Lokasi Proyek.....	41
3.2.3 Data Tanah	42
3.2.4 Peraturan terkait.....	46
3.3 Preliminary Design	47
3.3.1 Perencanaan Dimensi Balok Induk dan Balok Anak	47
3.3.2 Perencanaan Dimensi Kolom.....	47
3.3.3 Perencanaan Dimensi Tie Biem	47
3.4 Analisa Struktur	49
3.5 Perencanaan Perhitungan Struktur Bawah	54
3.6 Permodelan 3D dan <i>Output BOQ</i>	57
3.7 Pembuatan Rencana Anggaran Biaya	62
3.8 Penjadwalan	62
3.9 RKS (Rencana Kerja & Syarat-Syarat)	65

4.6.3 PileCap PC-3192

4.6.4 Rekapitulasi Penulangan *PileCap*.....197

4.7 Permodelan 3D Stuktur Menggunakan Aplikasi *Tekla Structure*. 198

4.8 Penjadwalan dan Simulasi dengan *Ms Project*..... 201

4.9 Rencana Anggaran Biaya..... 203

BAB V 210

5.1 Kesimpulan..... 210

DAFTAR PUSTAKA 212

LAMPIRAN 213

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Parameter Gerak Tanah 18

Gambar 2. 2 Parameter Gerak Tanah S_s 19

Gambar 2. 3 Respons Spektrum Desain 27

Gambar 2. 4 Peta Transisi Periode Panjang T_L 27

Gambar 3. 1 Bagan Alir Langkah-Langkah Perencanaan 40

Gambar 3. 2 Lokasi Pengerjaan Proyek Gedung Kampus Universitas Nahdatul Ulama Yogyakarta 41

Gambar 3. 3 Data Pengujian Sondir Titik 1 42

Gambar 3. 4 Grafik Data Sondir Titik 1 43

Gambar 3. 5 Data Pengujian Sondir Titik 2 44

Gambar 3. 6 Grafik Data Sondir Titik 2 45

Gambar 3. 7 Penampang Pelat 48

Gambar 3. 8 Halaman *New Model* 49

Gambar 3. 9 Permodelan Kolom dan Balok 50

Gambar 3. 10 *Define Materials* 51

Gambar 3. 11 *Define Load Patterns* 51

Gambar 3. 12 *Define Load Combinations* 52

Gambar 3. 13 Run Analysis 53

Gambar 3. 14 Memeriksa dan Mengevaluasi Hasil Analisis 54

Gambar 3. 15 Pembuatan Permodelan Struktur 57

Gambar 3. 16 Pembuatan Grid dan Level 58

Gambar 3. 17 Permodelan Pondasi 59

Gambar 3. 18 Permodelan Kolom 59

Gambar 3. 19 Permodelan Balok 60

Gambar 3. 20 Permodelan Plat 61

Gambar 3. 21 Analisis Volume Pekerjaan 61

Gambar 3. 22 Bagan Alir Tahap Pembuatan RAB 62

Gambar 3. 23 Penyusunan pekerjaan 63

Gambar 3. 24 Input harga satuan pekerjaan 63

Gambar 3. 25 Input volume pekerjaan 64

Gambar 3. 26 Network planning 64

Gambar 3. 27 Kurva S 65

Gambar 4. 1 Scale Factor Sumbu X 89

Gambar 4. 2 Scale Factor Sumbu Y 89

Gambar 4. 3 Output Momen Tumpuan Arah Negatif Balok B1 95

Gambar 4. 4 Output Momen Tumpuan Arah Positif Balok B1 95

Gambar 4. 5 Output Momen Lapangan Arah Negatif Balok B1 96

Gambar 4. 6 Output Momen Lapangan Arah Negatif Balok B1 96

Gambar 4. 7 Output Gaya Aksial Balok B1 101

Gambar 4. 8 Output Gaya Geser Tumpuan Balok B1 101

Gambar 4. 9 Output Gaya Geser Lapangan Balok B1 102

Gambar 4. 10 Output Gaya Geser Desain 1,2 D + 1,6 L Tumpuan Balok B1 103

Gambar 4. 11 Detail Penulangan Balok B1 107

Gambar 4. 12 Output Momen Tumpuan Arah Negatif Balok B2 108

Gambar 4. 13 Output Momen Tumpuan Arah Positif Balok B2..... 108

Gambar 4. 14 Output Momen Lapangan Arah Negatif Balok B2..... 109

Gambar 4. 15 Output Momen Lapangan Arah Positif Balok B2 109

Gambar 4. 16 Output Gaya Aksial Balok B2 114

Gambar 4. 17 Output Gaya Geser Tumpuan Balok B2..... 115

Gambar 4. 18 Output Gaya Geser Lapangan Balok B2 115

Gambar 4. 19 Output Gaya Geser Desain 1,2 D + 1,6 L Tumpuan Balok B2 116

Gambar 4. 20 Detail Penulangan Balok B2 120

Gambar 4. 21 Output Momen Tumpuan Arah Negatif Balok B3 120

Gambar 4. 22 Output Momen Tumpuan Arah Positif Balok B3..... 121

Gambar 4. 23 Output Momen Lapangan Arah Negatif Balok B3..... 121

Gambar 4. 24 Output Momen Lapangan Arah Positif Balok B3 122

Gambar 4. 25 Output Gaya Aksial Balok B3 127

Gambar 4. 26 Output Gaya Geser Tumpuan Balok B3..... 127

Gambar 4. 27 Output Gaya Geser Lapangan Balok B3 128

Gambar 4. 28 Output Gaya Geser Desain 1,2 D + 1,6 L Tumpuan Balok B3 129

Gambar 4. 29 Detail Penulangan Balok B3 133

Gambar 4. 30 Output Momen Tumpuan Arah Negatif Balok BA1 133

Gambar 4. 31 Output Momen Tumpuan Arah Positif Balok BA1 134

Gambar 4. 32 Output Momen Lapangan Arah Negatif Balok BA1 135

Gambar 4. 33 Output Momen Lapangan Arah Positif Balok BA1 136

Gambar 4. 34 Output Gaya Aksial Balok BA1 141

Gambar 4. 35 Output Gaya Geser Tumpuan Balok BA1 142

Gambar 4. 36 Output Gaya Geser Lapangan Balok BA1 143

Gambar 4. 37 Output Gaya Geser Desain 1,2 D + 1,6 L Tumpuan Balok BA1
..... 144

Gambar 4. 38 Detail Penulangan Balok BA1 148

Gambar 4. 39 Output Momen Tumpuan Arah Negatif Balok BA1 148

Gambar 4. 40 Output Momen Tumpuan Arah Positif Balok BA1 149

Gambar 4. 41 Output Momen Lapangan Arah Negatif Balok BA1 149

Gambar 4. 42 Output Momen Lapangan Arah Positif Balok BA1 150

Gambar 4. 43 Output Gaya Aksial Balok BA2 155

Gambar 4. 44 Output Gaya Geser Tumpuan Balok BA2..... 155

Gambar 4. 45 Output Gaya Geser Lapangan Balok BA2 156

Gambar 4. 46 Output Gaya Geser Desain 1,2 D + 1,6 L Tumpuan Balok BA2
..... 157

Gambar 4. 47 Detail Balok..... 162

Gambar 4. 48 Diagram Interaksi Kolom K1 dengan aplikasi *spColumn*..... 163

Gambar 4. 49 Hasil diagram interaksi kolom K1 164

Gambar 4. 50 Gambar Detail Penulangan Kolom K1 166

Gambar 4. 51 Diagram Interaksi Kolom K2 dengan aplikasi <i>spColumn</i>	167
Gambar 4. 52 Hasil diagram interaksi kolom K2.....	168
Gambar 4. 53 Gambar Detail Penulangan K2.....	169
Gambar 4. 54 Diagram Interaksi Kolom K3 dengan aplikasi <i>spColumn</i>	171
Gambar 4. 55 Diagram Interaksi Kolom K3 dengan aplikasi <i>spColumn</i>	172
Gambar 4. 56 Gambar Detail Penulangan K3.....	173
Gambar 4. 57 Detail Penulangan Kolom.....	175
Gambar 4. 58 Gambar hasil menggunakan aplikasi <i>SPColumn</i>	181
Gambar 4. 59 Detail Penulangan <i>PileCap</i> PC-1	187
Gambar 4. 60 Detail Penulangan <i>PileCap</i> PC-2	192
Gambar 4. 61 Detail Penulangan <i>PileCap</i> PC-3	197
Gambar 4. 62 Gambar Permodelan 3D dengan <i>Tekla Structure</i>	199
Gambar 4. 63 Gambar Tampak Atas Permodelan 3D dengan <i>Tekla Structure</i>	199
Gambar 4. 64 Gambar Tampak Samping Permodelan 3D dengan <i>Tekla Structure</i>	200
Gambar 4. 65 Gambar Detail Penulangan Permodelan 3D dengan <i>Tekla Structure</i>	200
Gambar 4. 66 Gambar Penjadwalan menggunakan aplikasi <i>Ms Project</i>	201
Gambar 4. 67 Gambar Pada bagian <i>Gantt Chart</i> aplikasi <i>Ms Project</i>	201

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Berat Sendiri Bahan Bangunan 11

Tabel 2. 2 Berat Sendiri Komponen Gedung 12

Tabel 2. 3 Koefisien Reduksi Beban Hidup 14

Tabel 2. 4 Faktor Arah Angin K_d 15

Tabel 2. 5 Kategori Risiko Bangunan Gedung dan Nongedung untuk Beban Gempa 16

Tabel 2. 6 Faktor Keutamaan Gempa..... 18

Tabel 2. 7 Klasifikasi Situs..... 18

Tabel 2. 8 Koefisien Situs, F_a 20

Tabel 2. 9 Koefisien Situs, F_v 20

Tabel 2. 10 Kategori Desain Seismik Berdasarkan SDS 21

Tabel 2. 11 Kategori Desain Seismik Berdasarkan SDI 22

Tabel 2. 12 Faktor R , C_d , dan Ω_0 untuk Sistem Pemikul Gaya Seismik..... 22

Tabel 2. 13 Nilai Parameter Periode Pendekatan C_t dan x 24

Tabel 2. 14 Koefisien untuk Batas Atas pada Periode yang Dihitung 24

Tabel 3. 1 Tebal Minimum Balok Induk Non Prategang 47

Tabel 4. 1 Rekapitulasi Tipe dan Dimensi Balok Induk TieBeam..... 76

Tabel 4. 2 Preliminary Dimensi Kolom K1 77

Tabel 4. 3 Preliminary Dimensi Kolom K2 78

Tabel 4. 4 Preliminary Dimensi Kolom K3 79

Tabel 4. 5 Rekapitulasi nilai SPT 84

Tabel 4. 6 Klasifikasi Situs..... 85

Tabel 4. 7 Koef situs, F_a 86

Tabel 4. 8 Hasil analisis gaya geser dasar 91

Tabel 4. 9 Simpangan antar tingkat izin, $\Delta_{a,b}$ 91

Tabel 4. 10 Simpangan antar lantai ouput SAP2000..... 92

Tabel 4. 11 Rekapitulasi simpangan antar lantai arah X (Δ_x) 92

Tabel 4. 12 Rekapitulasi simpangan antar lantai arah Y (Δ_y) 93

Tabel 4. 13 Perbandingan luas tulangan perlu manual dan *output* SAP2000 106

Tabel 4. 14 Perbandingan luas tulangan perlu manual dan *output* SAP2000 119

Tabel 4. 15 Perbandingan luas tulangan perlu manual dan *output* SAP2000 132

Tabel 4. 16 Perbandingan luas tulangan perlu manual dan *output* SAP2000 147

Tabel 4. 17 Perbandingan luas tulangan perlu manual dan *output* SAP2000 160

Tabel 4. 18 Rekapitulasi penulangan balok..... 161

Tabel 4. 19 Hasil diagram interaksi kolom K1 164

Tabel 4. 20 Hasil diagram interaksi kolom K2 168

Tabel 4. 21 Hasil diagram interaksi kolom K3 172

Tabel 4. 22 Rekapitulasi Hasil Perhitungan Tulangan Longitudinal Kolom . 173

Tabel 4. 23 Rekapitulasi Hasil Perhitungan Tulangan Transversal Kolom ... 174

Tabel 4. 24 Rekapitulasi Hasil Perhitungan penulangan plat lantai..... 179

Tabel 4. 25 Tabel Rencana Anggaran Biaya (RAB) 203

Tabel 4. 26 Tabel Rekap BQ 209

DAFTAR LAMPIRAN

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Transformasi digital dalam industri konstruksi menjadi agenda global dalam dua dekade terakhir. Salah satu inovasi utama yang mendorong perubahan tersebut adalah *Building Information Modeling* (BIM), yaitu sistem berbasis model digital terintegrasi yang memungkinkan pengelolaan informasi bangunan secara kolaboratif sepanjang siklus hidup proyek. BIM tidak hanya menghasilkan model tiga dimensi (3D), tetapi juga mengintegrasikan aspek waktu (4D), biaya (5D), hingga manajemen fasilitas (6D/7D).

Dalam praktik konstruksi konvensional, berbagai permasalahan sering terjadi, seperti ketidaksesuaian antara gambar arsitektur, struktur, dan MEP, kesalahan perhitungan volume pekerjaan, perubahan desain yang tidak terkoordinasi, serta pembengkakan biaya dan keterlambatan waktu pelaksanaan. Permasalahan-permasalahan tersebut umumnya muncul akibat keterbatasan koordinasi dan integrasi pada metode konvensional berbasis gambar 2D. Oleh karena itu, penerapan metode *Building Information Modeling* (BIM) pada redesain gedung kampus UNU Yogyakarta diusulkan sebagai solusi teknis untuk memitigasi risiko tersebut sejak tahap perencanaan.

Seiring dengan perkembangan teknologi konstruksi, penelitian terbaru oleh Al-Ashmori *et al.* (2022) menekankan bahwa integrasi BIM 5D secara signifikan meningkatkan akurasi estimasi biaya dan menekan pemborosan material. Lebih lanjut, Zhang *et al.* (2023) membuktikan bahwa integrasi langsung antara perangkat lunak analisis struktur (SAP2000) dan lingkungan pemodelan 3D (Tekla) mampu mengurangi risiko *clash* desain secara signifikan dalam proyek gedung bertingkat. Hal ini diperkuat oleh Wang *et al.* (2024) yang menyoroti bahwa pada bangunan institusi pendidikan, penerapan BIM secara

terintegrasi mampu meningkatkan akurasi analisis beban gempa serta efisiensi manajemen fasilitas jangka panjang.

Meskipun penelitian tersebut telah mengkaji manfaat BIM, belum banyak kajian yang mengintegrasikan aspek teknis struktur, pemodelan 3D, dan manajemen biaya secara komprehensif dalam satu studi kasus redesain gedung pendidikan 9 lantai di tingkat universitas daerah. Inilah celah (*gap*) penelitian yang diisi oleh laporan tugas akhir ini, sebagai kontribusi nyata dalam pengembangan perencanaan struktur bangunan kampus yang aman, efisien, dan berbasis teknologi digital modern

Seiring dengan pertumbuhan sektor pendidikan tinggi, kebutuhan infrastruktur kampus yang modern dan aman semakin meningkat. Yogyakarta sebagai Kota Pendidikan memiliki lebih dari 100 institusi pendidikan tinggi dan ribuan mahasiswa dari berbagai daerah. Kondisi ini menuntut pembangunan sarana dan prasarana pendidikan yang tidak hanya representatif, tetapi juga dirancang dengan standar keselamatan dan efisiensi tinggi.

Universitas Nahdlatul Ulama (UNU) Yogyakarta sebagai institusi pendidikan yang berkembang memerlukan infrastruktur kampus yang mendukung aktivitas akademik secara optimal. Pembangunan gedung kampus harus dirancang dengan mempertimbangkan aspek keselamatan struktur, efisiensi biaya, serta keberlanjutan jangka panjang.

Dalam praktik konstruksi konvensional, berbagai permasalahan masih sering terjadi, seperti:

- Ketidaksesuaian antar gambar arsitektur, struktur, dan MEP
 - a Penyebab: Pengerjaan gambar dilakukan terpisah oleh disiplin ilmu yang berbeda tanpa model 3D terintegrasi.
 - b Dampak: Terjadi clash/benturan di lapangan, contoh: balok beririsan dengan ducting AC atau pipa.
 - c Solusi dengan BIM: Model 3D terintegrasi pada BIM memungkinkan deteksi clash otomatis sejak tahap desain, sehingga koordinasi antar disiplin lebih akurat.
- Kesalahan perhitungan volume pekerjaan

- a Penyebab: Pengambilan volume dilakukan manual dari gambar 2D yang rentan human error dan inkonsistensi revisi.
- b Dampak: Volume RAB tidak sesuai kondisi real, menyebabkan overestimate/underestimate anggaran.
- c Solusi dengan BIM: Ekstraksi kuantitas otomatis dari model 3D BIM menghasilkan data volume yang lebih akurat dan dapat diperbarui otomatis saat ada revisi desain.
- Perubahan desain yang tidak terkoordinasi
 - a Penyebab: Revisi desain hanya dilakukan pada satu disiplin tanpa meng-update disiplin lain karena tidak ada pusat data bersama.
 - b Dampak: Terjadi perbedaan versi gambar di lapangan, berpotensi menimbulkan pekerjaan bongkar pasang.
 - c Solusi dengan BIM: Sistem single source of truth pada BIM memastikan setiap perubahan desain langsung ter-update di seluruh disiplin terkait secara real-time.
- Pembengkakan biaya dan keterlambatan waktu pelaksanaan
 - a Penyebab: Akumulasi dari 3 masalah di atas yaitu clash, kesalahan volume, dan revisi tidak terkoordinasi.
 - b Dampak: Terjadi pekerjaan tambah kurang, keterlambatan jadwal, dan kerugian finansial bagi kontraktor maupun owner.
 - c Solusi dengan BIM: Mitigasi risiko sejak tahap perencanaan melalui simulasi 4D waktu dan 5D biaya, sehingga estimasi lebih terkendali.

Permasalahan-permasalahan tersebut sering kali muncul akibat keterbatasan koordinasi pada metode konvensional. Oleh karena itu, penerapan metode BIM pada redesain gedung kampus UNU Yogyakarta ini diusulkan sebagai solusi untuk memitigasi risiko tersebut sejak tahap perencanaan

Padahal, struktur bangunan merupakan elemen vital yang menahan seluruh beban (beban mati, hidup, angin, dan gempa). Kegagalan perencanaan struktur dapat berakibat fatal terhadap keselamatan pengguna, terlebih pada bangunan pendidikan yang memiliki mobilitas tinggi setiap harinya.

BIM menawarkan solusi melalui integrasi model struktur, analisis beban, serta kuantifikasi material dalam satu sistem terpadu. Menurut Sacks *et al.* (2020), BIM memungkinkan kolaborasi lintas disiplin dan meningkatkan akurasi perencanaan teknis secara signifikan dibandingkan metode konvensional berbasis gambar 2D.

Beberapa penelitian terdahulu telah mengkaji penerapan BIM dalam proyek konstruksi, antara lain:

- Aibinu *et al.* (2022) menjelaskan kerangka kerja implementasi BIM untuk meningkatkan efisiensi dan akurasi dalam organisasi konstruksi
 - a Fokus Kajian: Mengembangkan kerangka kerja BIM Implementation Framework untuk mengatasi hambatan adopsi BIM di level organisasi.
 - b Kontribusi Utama: Membuktikan bahwa standarisasi proses BIM dapat mengurangi rework dan kesalahan koordinasi antar disiplin.
 - c Relevansi dengan Penelitian Ini: Menjadi dasar bahwa BIM efektif untuk meningkatkan akurasi perencanaan, sehingga layak diterapkan pada redesain struktur.
- Li *et al.* (2023) membahas pemanfaatan BIM dalam manajemen siklus hidup bangunan (*life cycle management*) yang terintegrasi.
 - a Fokus Kajian: Mengintegrasikan model BIM dari tahap desain, konstruksi, hingga operasional bangunan.
 - b Kontribusi Utama: Menunjukkan bahwa data BIM terintegrasi dapat mempermudah pengambilan keputusan manajemen selama umur layan gedung.
 - c Relevansi dengan Penelitian Ini: Mendukung penggunaan BIM bukan hanya untuk desain, tapi juga untuk integrasi dengan analisis struktur SAP2000 dan perhitungan RAB.
- Ghaffarian Hoseini *et al.* (2024) mengidentifikasi manfaat BIM dalam meningkatkan kinerja proyek, efisiensi biaya, serta pengurangan risiko manajerial secara signifikan.

- a Fokus Kajian: Melakukan identifikasi kuantitatif terhadap manfaat BIM pada proyek konstruksi skala besar.
- b Kontribusi Utama: Membuktikan BIM mampu meningkatkan efisiensi biaya dan mengurangi risiko akibat miskordinasi desain.
- c Relevansi dengan Penelitian Ini: Memperkuat argumen penelitian ini dalam mengintegrasikan aspek teknis struktur dan manajemen biaya RAB secara komprehensif menggunakan BIM.

Meskipun penelitian terdahulu telah mengkaji manfaat BIM secara umum (Aibinu *et al.*, 2022; Li *et al.*, 2023; GhaffarianHoseini *et al.*, 2024), belum banyak kajian yang mengintegrasikan aspek teknis struktur (SAP2000), pemodelan Tekla, dan manajemen biaya (RAB) secara komprehensif dalam satu studi kasus redesain gedung pendidikan 9 lantai.

Di Indonesia, sebagian penelitian masih berfokus pada analisis tingkat adopsi BIM, hambatan implementasi, serta studi kasus proyek gedung pemerintah dan infrastruktur skala besar. Namun, penerapan BIM secara spesifik pada redesain struktur gedung pendidikan tinggi, khususnya di tingkat universitas swasta berkembang, masih relatif terbatas.

Berdasarkan tinjauan literatur, terdapat beberapa kesenjangan penelitian, yaitu:

1. Minimnya studi terapan BIM pada proyek redesain struktur gedung pendidikan di tingkat universitas daerah.
2. Terbatasnya integrasi analisis struktur (*SAP2000*), pemodelan 3D (*Tekla Structures*), dan perhitungan RAB serta *kurva S* dalam satu kerangka penelitian komprehensif berbasis BIM.
3. Kurangnya kajian yang mengaitkan implementasi BIM dengan peningkatan keselamatan struktur dan efisiensi biaya pada bangunan kampus.

Penelitian sebelumnya lebih banyak membahas aspek konseptual atau manajerial BIM, sementara pendekatan teknis-terintegrasi pada studi kasus spesifik masih jarang dilakukan.

Dengan demikian, penelitian ini diharapkan dapat menjadi kontribusi nyata dalam pengembangan perencanaan struktur bangunan kampus yang aman, efisien, dan berbasis teknologi digital modern.

1.2 Perumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah dijelaskan sebelumnya, ditetapkan rumusan masalah dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Bagaimana merencanakan struktur bangunan 9 lantai dengan Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus (SPRMK)?
2. Bagaimana validitas hasil permodelan struktur dan efektivitas kalkulasi volume yang dikeluarkan oleh *Tekla Structures* dalam mendukung ketelitian desain ?
3. Bagaimana merencanakan penjadwalan, dan pembiayaan proyek?
4. Bagaimana cara menyusun rencana kerja dan spesifikasi teknis?

1.3 Tujuan

Tujuan dari penyusunan laporan Tugas Akhir ini adalah:

1. Melakukan redesain struktur Gedung Proyek Pembangunan Kampus Universitas Nahdlatul Ulama Yogyakarta berbasis BIM.
2. Menganalisis perencanaan struktur atas dan bawah pada *re-desain* Gedung Kampus Universitas Nahdatul Ulama Yogyakarta
3. Mengintegrasikan analisis struktur menggunakan SAP2000 dengan pemodelan 3D menggunakan Tekla Structures.
4. Melakukan pemodelan 3D serta menghasilkan *quantity take off*.
5. Merencanakan penjadwalan dan simulasi penjadwalan dengan *software Tekla Structures* atau *ms project*
6. Menyusun estimasi biaya (RAB) dan kurva S berbasis data model digital untuk meningkatkan akurasi perencanmsaan proyek dengan *software Microsoft Excel* atau *ms project*.

1.4 Manfaat

Manfaat dari disusunnya Laporan Tugas Akhir ini yaitu:

1. Mengetahui tata cara perhitungan struktur gedung tahan gempa dengan dengan metode Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus (SRPMK) sesuai dengan persyaratan yang berlaku.
2. Dapat memberikan hasil analisis struktur dengan bantuan *software* SAP2000 dan model 3D dengan *software* Tekla Structures.
3. Dapat menjalankan BIM 4D dengan kolaborasi antara *software* Tekla Structures dan Microsoft Excel
4. Dapat menghitung rencana anggaran biaya sebuah proyek.
5. Memberikan bahan pembelajaran terkait perhitungan struktur, pemodelan 3D, rencana anggaran biaya dan penjadwalan proyek bangunan bertingkat sesuai dengan standar yang berlaku.

Adapun manfaat lain sebagai berikut:

a. Manfaat Teoritis

- Mengembangkan kajian implementasi BIM dalam konteks bangunan pendidikan tinggi.
- Memberikan kontribusi ilmiah terhadap integrasi analisis struktur dan manajemen biaya berbasis BIM.

b. Manfaat Praktis

- Memberikan referensi teknis bagi pengelola proyek kampus dalam penerapan BIM.
- Meningkatkan efisiensi biaya, waktu, dan keselamatan struktur bangunan pendidikan.
- Mendukung kebijakan nasional digitalisasi konstruksi.

1.5 Batasan Masalah

Untuk memastikan pembahasan lebih terfokus, dibuatlah batasan-batasan masalah sebagai berikut:

1. Struktur bangunan yang direncanakan adalah Gedung Universitas Nahdlatul Ulama (UNU) Yogyakarta (9 lantai).

2. Perencanaan atap menggunakan dak beton karena pertimbangan fungsional, durabilitas atau integrasi desain yang mendukung estetika gedung 9 lantai tersebut.
3. Analisis struktur menggunakan aplikasi SAP 2000.
4. *Modelling* 3D menggunakan aplikasi *Tekla Structures*.
5. Penjadwalan menggunakan aplikasi *Ms Project* dan pembuatan RAB dan kurva s menggunakan *Microsoft Excel*.
6. Analisis gempa menggunakan respon spektrum dengan data kondisi tanah keras.

Tugas akhir ini mengacu pada SNI sebagai berikut :

- Peraturan Pembebanan Indonesia untuk Gedung SNI 1727, 2020.
- SNI 1726-2019 membahas Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non Gedung.
- SNI 1727-2020 membahas Perencanaan Struktur Beton Bertulang pada Bangunan Gedung.
- SNI 2847-2019 membahas Persyaratan Beton Struktural Untuk Bangunan Gedung.

1.6 Ruang Lingkup

Ruang lingkup pembahasan pada Laporan Tugas Akhir perencanaan Gedung Universitas Nahdlatul Ulama (UNU) Yogyakarta ini adalah:

1. Pekerjaan struktur meliputi:
 - Pekerjaan Struktur Atas:
 - Pekerjaan Atap
 - Pekerjaan Plat Lantai
 - Pekerjaan Balok
 - Pekerjaan Kolom
 - Pekerjaan Struktur Bawah:
 - Pekerjaan Pondasi
2. Pemodelan visual struktur 3D modelling menggunakan metode *Building Information modeling* (BIM).

3. RAB (Rencana Anggaran Biaya) perhitungan menggunakan analisa volume dari model BIM.
4. Penjadwalan proyek (*time schedule*) penyusunan jadwal proyek menggunakan analisa *S-Curve* dengan menggunakan aplikasi *ms project*.
5. RKS (Rencana Kerja dan Syarat-Syarat).

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Standar Perencanaan

Tahap analisis dan perencanaan merupakan langkah krusial dalam proses pembangunan gedung bertingkat tinggi. Langkah-langkah ini bertujuan untuk memastikan bahwa struktur bangunan tidak hanya kuat, tetapi juga aman, sehingga pada akhirnya dapat memberikan kenyamanan bagi penghuninya. Perencanaan yang baik dan matang dapat menghindarkan terjadinya kecelakaan yang disebabkan oleh kegagalan struktural (Guci et al. , 2021).

Berikut adalah beberapa peraturan dan pedoman SNI yang digunakan dalam perencanaan gedung bertingkat tinggi:

1. Peraturan Pembebanan Indonesia untuk Gedung SNI 1727-2020
2. SNI 1726-2019 yang membahas Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non Gedung.
3. SNI 1847-2020 yang mengatur Perencanaan Struktur Beton Bertulang pada Bangunan Gedung.
4. SNI 2847-2019 yang menetapkan Persyaratan Beton Struktural untuk Bangunan Gedung.
5. SNI 2847-2019 yang juga membahas Persyaratan Beton Struktural untuk Bangunan Gedung.

Dengan mengikuti peraturan dan pedoman tersebut, diharapkan pembangunan gedung bertingkat tinggi dapat dilakukan secara optimal, memastikan keselamatan dan kenyamanan bagi semua penghuninya.

2.2 Perubahan Desain

Redesain, yang merupakan perubahan bentuk asli, dilakukan untuk mencegah terjadinya penjiplakan dan menghargai karya asli tersebut. Dalam Laporan Tugas Akhir ini, kami melakukan modifikasi desain pada Gedung Proyek Pembangunan Kampus Universitas Nahdatul Ulama di Yogyakarta dengan rincian perubahan sebagai berikut:

- 1. Mengubah pondasi pancang menjadi pondasi borepile.
- 2. Melakukan perubahan dimensi pada struktur balok dan kolom.

2.3 Pembebanan Struktur

Mematuhi peraturan yang berlaku dalam perencanaan bangunan gedung tinggi merupakan hal yang sangat penting. Hal ini bertujuan agar struktur bangunan yang akan dibangun mampu menahan berbagai beban, seperti beban mati, beban hidup, serta beban angin, yang dapat mempengaruhi stabilitas gedung itu sendiri (Tugiono, 2021).

2.3.1 Beban Mati (D)

Beban mati adalah beban yang selalu ada dan tetap pada struktur bangunan, tanpa memperhitungkan perubahan atau dinamika yang mungkin terjadi. Beban ini mencakup berat dari struktur itu sendiri serta elemen-elemen tetap lainnya seperti dinding, lantai, atap, kolom, peralatan tetap, dan bahan bangunan lain. Dalam jangka waktu pendek, beban mati tidak mengalami perubahan yang signifikan dan umumnya dianggap sebagai beban yang stabil selama masa pemakaian bangunan (SNI 1727, 2020).

Tabel 2. 1 Berat Sendiri Bahan Bangunan

Bahan Bangunan	Berat
Baja	7850 kg/m3
Batu alam	2600 kg/m3
Batu belah, batu bulat, batu gunung (berat tumpuk)	1500 kg/m3
Batu karang (berat tumpuk)	700 kg/m3

Batu pecah	1450 kg/m ³
Besi tuang	7250 kg/m ³
Beton (¹)	2200 kg/m ³
Beton bertulang (²)	2400 kg/m ³
Kayu (kelas 1) (³)	1000 kg/m ³
Kerikil, koral (kering udara sampai lembab, tanpa diayak)	1650 kg/m ³
Pasangan bata merah	1700 kg/m ³
Pasangan batu belah, batu bulat, batu gunung	2200 kg/m ³
Bahan Bangunan	Berat
Pasangan batu cetak	2200 kg/m ³
Pasangan batu karang	1450 kg/m ³
Pasir (kering udara sampai lembab)	1600 kg/m ³
Pasir (jenuh air)	1800 kg/m ³
Pasir kerikil, koral (kering udara sampai lembab)	1850 kg/m ³
Tanah, lempung dan lanau (kering udara sampai lembab)	1700 kg/m ³
Tanah, lempung dan lanau (basah)	2000 kg/m ³
Timah hitam (timbel)	11400 kg/m ³

Sumber : (SNI 1727, 2020)

Tabel 2. 2 Berat Sendiri Komponen Gedung

Komponen Gedung	Berat
Adukan per cm tebal	
- Dari semen	21 kg/m ²
- Dari kapur, semen merah atau tras	17 kg/m ²
Aspal, termasuk bahan-bahan mineral penambah,	14 kg/m ²

per cm tebal	
Dinding pasangan bata merah	
- Satu batu	400 kg/m ²
- Setengah batu	250 kg/m ²
Dinding pasangan batako	
Berlubang	
- Tebal dinding 20 cm (HB 20)	200 kg/m ²
- Tebal dinding 10 cm (HB 10)	120 kg/m ²
Tanpa lubang	
- Tebal dinding 15 cm	300 kg/m ²
Komponen Gedung	Berat
- Tebal dinding 10 cm	200 kg/m ²
Langit-langit dan dinding (termasuk rusuk-rusuknya,tanpa penggantung langit-langit atau pengaku) terdiri dari:	
- Semen asbes (eternity dan bahan lain sejenis) dengan tebal maksimum 4 mm	11 kg/m ²
- Kaca dengan tebal 3 – 4 mm	10 kg/m ²
Lantai kayu sederhana dengan balok kayu, tanpalangit-langit dengan bentang maksimum 5 mm dan untuk beban hidup maksimum 200 kg/m ²	40 kg/m ²
Penggantung langit-langit (dari kayu), dengan bentang maksimum 5 m dan jarak s.k.s. minimum0,80 m	7 kg/m ²
Penutup atap genteng dengan reng usuk/kaso, per m ² bidang atap	50 kg/m ²
Penutup atap sirap dengan reng usuk/kaso, per m ² bidang atap	40 kg/m ²

Penutup atap seng gelombang (BWG 24) tanpa gordeng	10 kg/m ²
Penutup lantai dari ubin semen Portland, teraso dan beton, tanpa adukan per cm tebal	24 kg/m ²
Semen asbes gelombang (tebal 5 mm)	11 kg/m ²

Sumber : (SNI 1727, 2020)

2.3.2 Beban Hidup (L)

Beban hidup merujuk pada beban yang dapat berubah atau bervariasi seiring waktu pada suatu struktur bangunan. Beban ini mencakup berat benda-benda atau aktivitas yang bersifat sementara atau tidak permanen di atas struktur tersebut. Contoh-contohnya meliputi berat manusia, perabotan, peralatan, kendaraan, dan semua elemen yang dapat berpindah atau diubah posisinya (SNI 1727, 2020).

Tabel 2. 3 Koefisien Reduksi Beban Hidup

Pergunaan Gedung	Koefisien Reduksi Beban Hidup	
	Perencanaan Balok	Untuk Peninjauan Gempa
Perumahan/Penghunian	0,75	0,30
Pendidikan	0,90	0,50
Pertemuan Umum	0,90	0,50
Kantor	0,60	0,30
Perdagangan	0,80	0,80
Penyimpanan	0,80	0,80
Industri	1,00	0,90
Tempat Kendaraan	0,90	0,50

Gang dan Tangga		
- Perumahan/ Penghunian	0,75	0,30
- Pendidikan, Kantor	0,75	0,50
- Pertemuan Umum, Perdagangan Penyimpanan, Industri, Tempat Kendaraan	0,90	0,50

Sumber : (SNI 1727, 2020)

2.3.3 Beban Angin (W)

Beban angin merupakan gaya atau tekanan yang dihasilkan oleh angin yang memengaruhi struktur bangunan atau objek lainnya di luar ruangan. Perlu dicatat bahwa beban angin ini bervariasi tergantung lokasi di mana bangunan tersebut didirikan (Doni, 2021).

Tabel 2. 4 Faktor Arah Angin *Kd*

Tipe struktur	Faktor arah angin <i>Kd</i>
Bangunan gedung	
Sistem Penahan Gaya Angin Utama (SPGAU)	0,85
Komponen dan Klading (K&K)	0,85
Atap lengkung	0,85
Kubah berbentuk bundar	1,0 ^a
Cerobong, tangki, dan struktur serupa	
Persegi	0,90
Segi enam	0,95
Segi delapan	1,0 ^a
Bundar	1,0 ^a
Dinding solid yang berdiri bebas, peralatan bagian atap, dan panel petunjuk solid yang berdiri bebas	0,85

serta panel petunjuk terikat	
Panel petunjuk terbuka dan rangka terbuka bidang tunggal	0,85
Rangka batang menara	
Rangka batang menara	0,85
Semua penampang lainnya	0,95

^aFaktor arah angin $K_d = 0,95$ diizinkan untuk struktur bundar atau struktur segi delapan dengan sistem struktur non-asimetris.

Sumber : (SNI 1727, 2020)

2.3.4 Beban Gempa (E)

Beban gempa merujuk pada gaya atau tekanan yang dihasilkan akibat getaran atau gerakan bumi yang disebabkan oleh suatu gempa bumi. Berbagai faktor memengaruhi beban gempa ini, antara lain kekuatan gempa, jarak dari pusat gempa, karakteristik tanah di wilayah tersebut, serta sifat dari struktur itu sendiri (Arifin dan Sebayang, 2015).

Berikut adalah beberapa langkah dalam menganalisis beban gempa:

1. Menentukan kategori resiko dari jenis pemanfaatan gedung yang akan direncanakan.

Tabel 2. 5 Kategori Risiko Bangunan Gedung dan Nongedung untuk Beban Gempa

Jenis Pemanfaatan	Kategori Risiko
Gedung dan nongedung yang dikategorikan sebagai fasilitas yang penting, termasuk, tetapi tidak dibatasi untuk:	
- Bangunan-bangunan monumental	
- Gedung sekolah dan fasilitas pendidikan	
- Rumah ibadah	

- Rumah sakit dan fasilitas kesehatan lainnya yang memiliki fasilitas bedah dan unit gawat darurat	IV
- Fasilitas pemadam kebakaran, ambulans, dan kantor polisi, serta garasi kendaraan darurat	
- Tempat perlindungan terhadap gempa bumi, tsunami, angin badai, dan tempat perlindungandarurat lainnya	
- Fasilitas kesiapan darurat, komunikasi, pusat operasi dan fasilitas lainnya untuk tanggap darurat	
- Pusat pembangkit energi dan fasilitas publik lainnya yang dibutuhkan pada saat keadaan darurat	
- Struktur tambahan (termasuk menara telekomunikasi, tangki penyimpanan bahan bakar, menara pendingin, struktur stasiun listrik, tangki air pemadam kebakaran atau struktur rumah atau struktur pendukung air atau material atau peralatan pemadam kebakaran) yang disyaratkan untuk beroperasi pada saat keadaan darurat	
Gedung dan non gedung yang dibutuhkan untuk mempertahankan fungsi struktur bangunan lain yang masuk ke dalam kategori risiko IV	

Sumber : (SNI 1726, 2019)

2. Menentukan faktor keutamaan gempa.

Tabel 2. 6 Faktor Keutamaan Gempa.

Kategori Resiko	Faktor keutamaan gempa, I_e
I atau II	1,00
III	1,25
IV	1,50

Sumber : (SNI 1726, 2019)

3. Menentukan klasifikasi situs.

Tabel 2. 7 Klasifikasi Situs

Kelas Situs	$\bar{V}$ (m/detik)	$\bar{N}_{atau} \bar{N}_h$	$\bar{S}_u$
SD (tanah sedang)	175 sampai 350	15 sampai 50	50 sampai 100

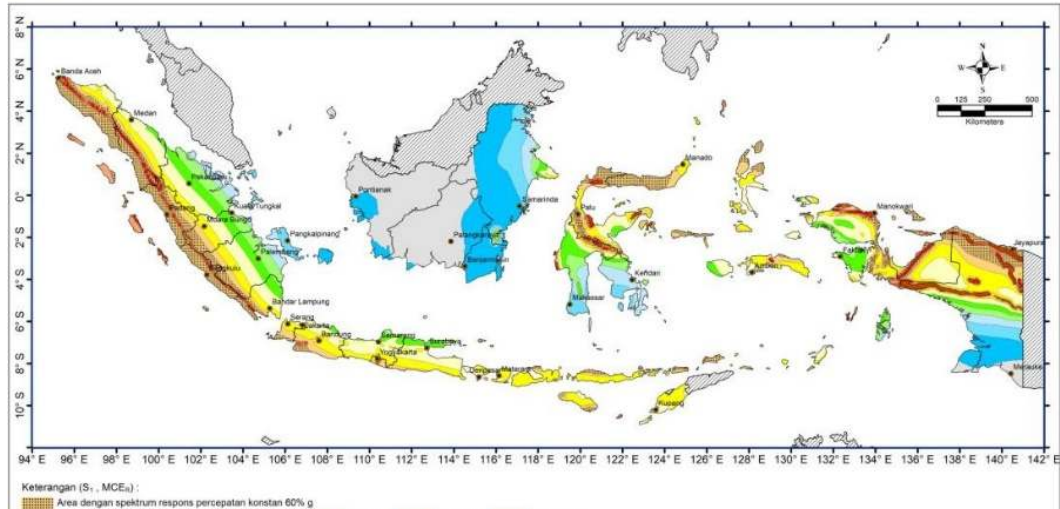
CATATAN: N/A = tidak dapat dipakai

Sumber : (SNI 1726, 2019)

4. Menentukan Nilai Spektral Percepatan S_s dan S_1 .

Dalam SNI 1726-2019 pada tabel 6 dan tabel 7 untuk menentukan S_s (percepatan batuan dasar pada periode pendek) dan S_1 (percepatan batuan dasar

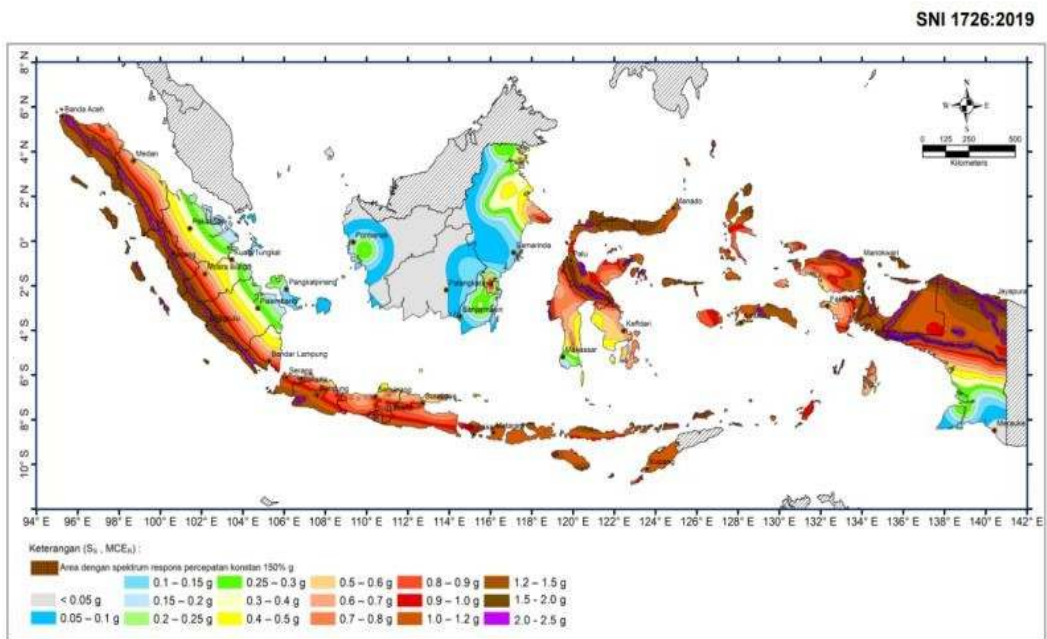
SNI 1726:2019



Gambar 2. 1 Parameter Gerak Tanah

pada periode 1 detik). Dapat dilihat pada Gambar 15 dan Gambar 16 dibawah ini :

SsSumber : (SNI 1726, 2019)



Gambar 2. 2 Parameter Gerak Tanah Ss

Sumber : (SNI 1726, 2019)

5. Menentukan Faktor Amplifikasi Getaran Fa dan Fv.

Mengacu pada SNI 1726-2019, kita dapat menentukan faktor amplifikasi getaran yang berkaitan dengan percepatan untuk getaran dengan periode pendek (Fa) serta faktor amplifikasi yang mewakili percepatan pada getaran dengan periode 1 detik (Fv).

Dapat dilihatpada tabel dibawah ini :

Tabel 2. 8 Koefisien Situs, F_a

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

Sumber : (SNI 1726, 2019)

Tabel 2. 9 Koefisien Situs, F_v

Kelas Situs	Parameter respons spectral percepatan gempa maksimum yang dipertimbangkan risiko-target (MCER) terpetakan pada periodependek, $T = 1$ detik S_I					
	$S_I \leq 0,1$	$S_I = 0,2$	$S_I = 0,3$	$S_I = 0,4$	$S_I = 0,5$	$S_I \geq 0,6$
SA	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
SB	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
SC	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,4
SD	2,4	2,2	2,0	1,9	1,8	1,7
SE	4,2	3,3	2,8	2,4	2,2	2,0
SF	SS(a)					

Sumber : (SNI 1726, 2019)

6. Menentukan Parameter Respons Spektral SMS dan SM1.

Dalam SNI 1726-2019, nilai SMS (Parameter respons spectral percepatan pada periode pendek) dan SM1 (Parameter respons spectral percepatan pada periode 1 detik) ditentukan dengan mempertimbangkan nilai koefisien situs F_a dan F_v . Dengan menggunakan rumus sebagai berikut:

$$SMS = F_a S_a$$

$$SM1 = F_v S1$$

7. Menentukan Parameter Spektral Desain.

Merujuk pada SNI 1726-2019, kita dapat menentukan nilai parameter percepatan spektral desain untuk periode pendek (SDS) serta nilai parameter spektral desain untuk periode 1 detik (SD1) dengan menggunakan rumus di bawah ini:

$$SDS = \frac{2}{3} SMS$$

$$SD1 = \frac{2}{3} SM1$$

8. Menentukan Kategori Desain Seismik.

Dalam menentukan kategori desain seismik, kami merujuk pada hasil SDS (Parameter Percepatan Spektral Desain untuk Periode Pendek), SD1 (Parameter Spektral Desain untuk Periode 1 Detik), serta kategori risiko bangunan yang akan direncanakan. Berikut ini disajikan tabel untuk menentukan kategori seismik tersebut:

Tabel 2. 10 Kategori Desain Seismik Berdasarkan SDS

Nilai SDS	Kategori Risiko	
	I, II, III	IV
$SDS < 0,167$	A	A
$0.167 \leq SDS < 0,33$	B	C
$0,33 \leq SDS < 0,50$	C	D

$0,50 \leq SDS$	D	D
-----------------	---	---

Sumber : (SNI 1726, 2019)

Tabel 2. 11 Kategori Desain Seismik Berdasarkan *SDI*

Nilai <i>SSI</i>	Kategori Risiko	
	I, II, III	IV
$SSI < 0,067$	A	A
$0.067 \leq SSI < 0,133$	B	C
$0,133 \leq SSI < 0,20$	C	D
$0,20 \leq SSI$	D	D

Sumber : (SNI 1726, 2019)

9. Menentukan Faktor *R*, *Cd*, dan Ω_0 untuk Sistem Pemikul Gaya Seismik.

Tabel 2. 12 Faktor *R*, *Cd*, dan Ω_0 untuk Sistem Pemikul Gaya Seismik

Sistem Pemikul Gaya Seismik	Koefisien Modifikasi Respons, R	Faktor Kuat Lebih Sistem, Ω_0	Faktor Pembesaran Defleksi, C_d	Batasan Sistem Struktur dan Batasan Tinggi Struktur, h_n (m)				
				Kategori Desain Seismik				
				B	C	D	E	F
C. Sistem Rangka Pemikul Momen								
Rangka beton bertulang pemikul momen khusus	8	3	5	TB	TB	TB	TB	TB

Rangka beton bertulang pemikul momen menengah	5	3	4	TB	TB	TI	TI	TI
Rangka beton bertulang pemikul momen biasa	3	3	2	TB	TI	TI	TI	TI

Catatan:

TA = Tidak Dibatasi

TI = Tidak Diizinkan

Sumber : (SNI 1726, 2019)

10. Menentukan Periode Fundamental Pendekatan.

Mengacu pada SNI 1726-2019 dalam menentukan besar periode fundamental pendekatan (T_a) digunakan persamaan sebagai berikut:

$$T_a = C_t h^x$$

Keterangan :

h_n = ketinggian struktur (m)

Tabel 2. 13 Nilai Parameter Periode Pendekatan C_t dan x

Tipe Struktur	C_t	x
Sistem rangka pemikul momen di mana rangka memikul 100 % gaya seismik yang disyaratkan dan tidak dilingkupi atau dihubungkan dengan komponen yang lebih kaku dan akan mencegah rangka dari defleksi jika dikenai gaya seismik:		
• Rangka baja pemikul momen	0,0724	0,8
• Rangka beton pemikul momen	0,0466	0,9
Rangka beton pemikul momen	0,0731	0,75
Rangka beton pemikul momen	0,0731	0,75
Semua sistem struktur lainnya	0,0488	0,75

Sumber : (SNI 1726, 2019)

Tabel 2. 14 Koefisien untuk Batas Atas pada Periode yang Dihitung

Parameter Percepatan Respons Spektral Desain pada 1 detik, SDI	Koefisien C_u
$\geq 0,4$	1,4
0,3	1,4
0,2	1,5
0,15	1,6
$\leq 0,1$	1,7

Sumber : (SNI 1726, 2019)

Jika $T_c > C_u \cdot T_a$, maka gunakan $T = C_u \cdot T_a$
Jika $T_a < T_c < C_u$, maka gunakan $T = T_c$
Jika $T_c < T_a$, maka gunakan $T = T_a$

Keterangan :

T_c = Periode fundamental struktur diperoleh dari analisa struktur

T_a = Periode fundamental pendekatan

C_u = Koefisien untuk batas atas pada periode yang dihitung

11. Menentukan Gaya Dasar Seismik (V) dan Perhitungan Koefisien Respons Seismik (C_s)

Pada SNI 1726-2019 pasal 7.8.1 dan 7.8.1.1 untuk menentukan gaya dasar seismik dan perhitungan respons seismik menggunakan persamaan berikut:

$$V = C_s \cdot W$$

$$C_s = \frac{SDS}{\left(\frac{R}{I_e}\right)}$$

Keterangan:

C_s = koefisien respons seismik

W = berat seismik efektif

SDS = parameter percepatan respons spektral desain dalam rentang periode pendek

R = koefisien modifikasi respons

I_e = faktor keutamaan gempa

12. Menentukan Gaya Geser Dasar Seismik per lantai (F) Sesuai SNI 1726-2019 Pasal 7.8.3

$$F_X = CVX \cdot V \text{ dan } CVX = \frac{w_{X,h}^k}{\sum_{i=1}^n w_{i,h}^k}$$

Keterangan:

CVX = faktor distribusi vertikal

V = gaya lateral desain total atau geser didasar stuktur

- w_i dan w_x = berat seismik efektif total struktur (W) pada tingkat i atau x
- h_l dan h_x = tinggi bangunan
- k = eksposen yang terkait dengan periode struktur dengan nilai:
- Untuk struktur dengan $T \leq 0,5$ detik, $k = 1$
 - Untuk struktur dengan $T \leq 0,5$ detik, $k = 1$
 - Untuk struktur dengan $0,5 < T < 3,5$ detik, $k = 2$ atau ditentukan dengan interpolasi linier antara 1 dan 2

13. Membuat Respons Spektrum Desain Mengacu SNI 1726-2019 pasal 6.4

- Untuk periode yang lebih kecil dari T_0 , maka respons spektrum percepatan desain (S_a) harus diambil dari persamaan berikut:

$$S_a = SDS (0,4 + 0,6 T/T_0)$$

- Untuk percepatan lebih besar dari atau sama dengan T_0 dan lebih kecil sama dengan T_s , respons spektrum percepatan desain, S_a , sama dengan SDS .
- Untuk periode lebih besar dari T_s tetapi lebih kecil dari atau sama dengan T_L , respons spektrum percepatan desain, S_a , menggunakan persamaan:

$$S_a = \frac{SD_1}{T^2}$$

- Untuk periode lebih besar dari T_L , respons spektrum percepatan desain, S_a , menggunakan persamaan :

$$S_a = \frac{SD_1 . T_L}{T^2}$$

Keterangan:

SDS = parameter respons spektral percepatan desain pada periode pendek

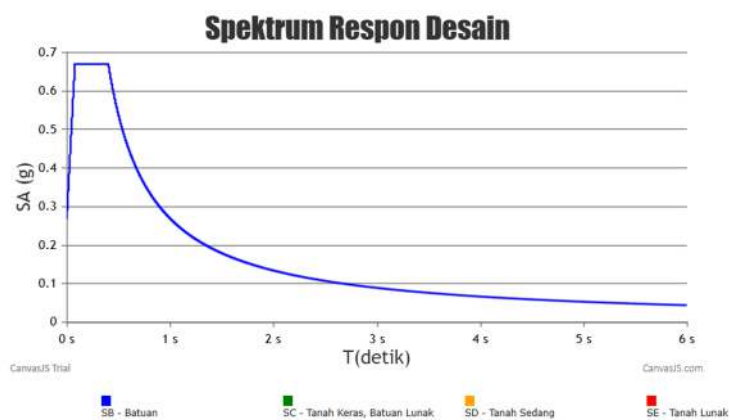
SD_1 = parameter respons spektral percepatan desain pada periode 1 detik

T = periode getar fundamental struktur

$T_0 = 0,2 \frac{SD1}{SDS}$

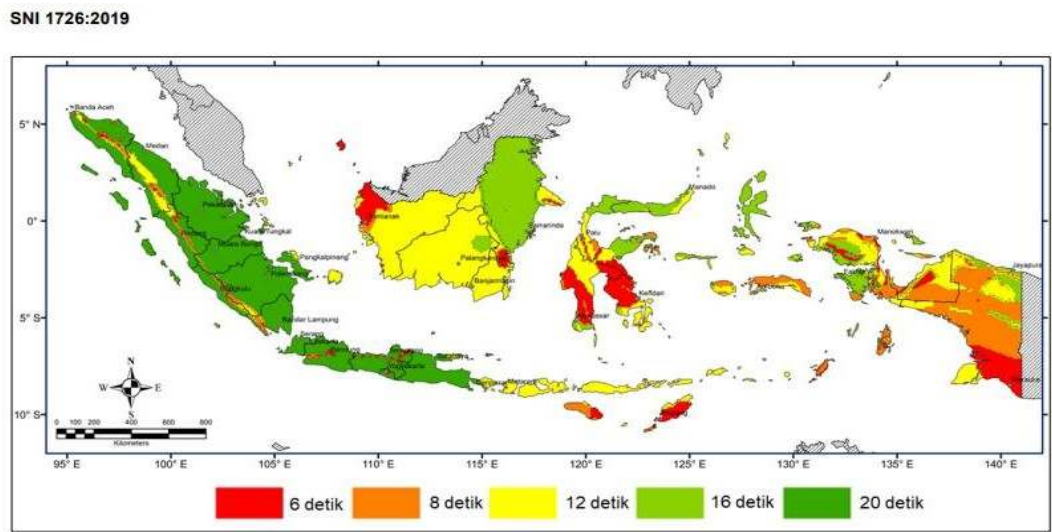
$T_s = SD1/SDS$

TL = Peta transisi periode Panjang yang ditunjukkan pada Gambar yang nilainya didapat dari Gambar 2.3



Gambar 2. 3 Respons Spektrum Desain

Sumber : (SNI 1726, 2019)



Gambar 2. 4 Peta Transisi Periode Panjang TL

Sumber : (SNI 1726, 2019)

Analisis beban gempa pada gedung kampus UNU ini mengacu pada SNI 1926-2019 dengan tinjauan lokasi gempa di Kota yogyakarta. Langkah-langkah dalam perencanaan beban gempa sebagai berikut :

- Kategori resiko bangunan

Berdasarkan dengan SNI 1917-2019 tabel 3, bangunan gedung dengan jenis pemanfaatan gedung kampus UNU termasuk dalam kategori resiko III.

- Faktor keutamaan gempa

Berdasarkan SNI 1726-2019 tabel 4 bangunan gedung dengan kategori resiko III faktor keutamaan gempa I_e sebesar 1,25.

- Mendefinisikan klasifikasi situs dengan hasil uji SPT (*standar penetration test*). Lokasi data tanah di daerah Tembalang, Kota yogyakarta.

Berdasarkan klasifikasi situs SNI 1726-2019 tabel 5, dapat diketahui bahwa

Tabel 4. 1 Rekapitulasi nilai SPT

NO	KEDALAMAN	T (m)	N (SPT)	N' T/N
1	0 - 2	2	3	0,666667
2	2 - 4	2	13	0,153846
3	4 - 6	2	37	0,054054
4	6 - 8	2	45	0,044444
5	8 - 10	2	60	0,033333
6	10 - 12	2	60	0,033333
7	12 - 14	2	60	0,033333
8	14 - 16	2	41	0,04878
9	16 - 18	2	47	0,042553

10	18 - 20	2	60	0,033333
11	20 - 22	2	60	0,033333
12	22 - 24	2	60	0,033333
JUMLAH		24	546	1,210345
		Σ N		19,82906

(Sumber : Hasil analisis penulis, 2026)

$$N_{rata-rata} = \frac{\sum T}{\sum (\frac{T}{N})} = \frac{24}{1,210} = 19,83$$

Berdasarkan klasifikasi situs (SNI 1726-2019 tabel 5), dapat diketahui dengan nilai 19,83 termasuk dalam kategori tanah sedang (SD).

Tabel 4. 2 Klasifikasi Situs

Kelas situs	$\bar{v}_s$ (m/detik)	$\bar{N}$ atau $\bar{N}_{ch}$	$\bar{s}_u$ (kPa)
SA (batuan keras)	>1500	N/A	N/A
SB (batuan)	750 sampai 1500	N/A	N/A
SC (tanah keras, sangat padat dan batuan lunak)	350 sampai 750	>50	≥ 100
SD (tanah sedang)	175 sampai 350	15 sampai 50	50 sampai 100
SE (tanah lunak)	< 175	<15	< 50
	Atau setiap profil tanah yang mengandung lebih dari 3 m tanah dengan karakteristik sebagai berikut : 1. Indeks plastisitas, $PI > 20$, 2. Kadar air, $w \geq 40\%$, 3. Kuat geser niralir $\bar{s}_u < 25$ kPa		
SF (tanah khusus,yang membutuhkan investigasi geoteknik spesifik dan analisis respons spesifik-situs yang mengikuti 0)	Setiap profil lapisan tanah yang memiliki salah satu atau lebih dari karakteristik berikut: - Rawan dan berpotensi gagal atau runtuh akibat beban gempa seperti mudah likuifaksi, lempung sangat sensitif, tanah tersementasi lemah - Lempung sangat organik dan/atau gambut (ketebalan $H > 3$ m)		

(Sumber : SNI 1726-2019 tabel 5)

Parameter percepatan gempa (S_s dan S_1) dapat dicari pada SNI 1926-2019 gambar 15 dan 16 atau melalui website www.rsa.ciptakarya.pu.go.id/2021/ untuk wilayah Kota Semarang memiliki nilai $S_s = 1,311$ g dan $S_1 = 0,510$ g.

Results: Tabel dibawah ini merupakan Parameter untuk membuat Grafik Desain Spektra Indonesia:

Kelas	SBC - Batuan	T_0 (detik)	T_u (detik)	$S_{ds}(g)$	$S_{d1}(g)$
Rentang $T(s)$	Value: 6	0.08	0.40	0.67	0.27
PGA MCEg	0.4905 (g) bedrock				
S_s MCEr	1.1070 (g) bedrock				
S_1 MCEr	0.3070 (g) bedrock				
TL	6 Detik				

Save

Berdasar parameter percepatan gempa, koefisien situs (F_a dan F_s) dapat ditentukan berdasarkan SNI 1726-2019 tabel 6 dan 7.

Tabel 4. 3 Koef situs, F_a

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

Nilai S_s didapat 1,311 g berada diantara 0,75 dan 1,0 dengan klasifikasi SD (tanah sedang), sehingga diperlukan interpolasi untuk mendapatkan nilai F_a .

Nilai S_s hasil tabel : 0,75 dan 1

Nilai kelas situs : SD

2.4 Kombinasi Pembebanan

Menurut SNI 1726-2019 pasal 4.2.2 rencana desain untuk struktur, komponen struktur, dan elemen fondasi harus cukup kuat untuk menahan atau bahkan

melebihi pengaruh dari beban-beban terfaktor dan kombinasi-kombinasinya seperti yang tercantum di bawah ini.

Keterangan:

- DL = beban mati yang diakibatkan dari beban yang permanen
- LL = beban hidup yang muncul akibat penggunaan gedung
- L_r = beban hidup di atap terjadi ketika ada aktivitas perawatan oleh pekerja, penggunaan peralatan, dan penggunaan rutin oleh orang-orang dan benda-benda yang bergerak.
- R = beban hujan, tidak mencakup beban yang disebabkan oleh genangan air.
- W = beban angin
- E = beban gempa

2.5 Elemen Struktur

Elemen struktur adalah komponen dasar yang membentuk suatu bangunan atau konstruksi. Setiap struktur terdiri dari beragam elemen struktural yang berperan secara sinergis, untuk memastikan kekuatan, stabilitas, dan fungsi keseluruhan yang optimal. Berikut beberapa jenis elemen struktur, yaitu sebagai berikut :

2.5.1 Pelat

Plat lantai adalah elemen datar dalam suatu struktur bangunan yang mampu menopang beban vertikal dan mendistribusikannya ke elemen struktural lainnya. Plat lantai umumnya berfungsi sebagai lantai pada setiap tingkat bangunan dan juga bisa berlaku sebagai langit-langit untuk lantai di bawahnya (Tugiono, 2021).

Plat lantai satu arah dan dua arah adalah dua pendekatan yang berbeda dalam merancang elemen struktural pada bangunan. Plat lantai satu arah dirancang khusus untuk menanggung beban yang diterapkan hanya dalam satu arah, sehingga beban tersebut mengalir sepanjang sumbu tertentu. Dalam desain ini,

biasanya diperlukan balok pengalih yang berfungsi membagi beban dari plat ke balok atau dinding pendukung di bawahnya. Plat lantai satu arah umumnya digunakan pada struktur yang memiliki bentuk panjang atau asimetris.

Dalam situasi lain, plat lantai dua arah digunakan untuk membuat beban pada dua arah yang selalu tegak lurus. Dengan kata lain, beban yang diterapkan pada plat ini dapat memisahkan kedua sumbu. Kemampuan untuk mendistribusikan beban secara efektif ke berbagai area membuat distribusi beban pada plat lantai dua arah cenderung lebih merata. Desain ini seringkali ideal untuk bangunan dengan bentuk yang lebih simetris dan kemampuan untuk mengurangi kebutuhan balok pengalih. Karena itu, plat lantai dua arah sering diterapkan pada gedung bertingkat dan struktur yang lebih kompleks .

Adapun beberapa hal yang dapat diperhatikan dalam menentukan dimensi pelat lantai:

Penentuan Dimensi PELAT LANTAI

1. Jenis Pelat

- Pelat satu arah → beban dominan satu arah
- Pelat dua arah → beban dua arah

2. Tebal Minimum Pelat

Pelat satu arah:

$$h_{min} = \frac{L}{20} \text{ (sederhana)}$$

Pelat dua arah (SNI 8.3.1.2):

Tergantung rasio kekakuan balok:

$$h_{min} = \frac{L_n}{\beta}$$

Dimana:

- L_n = bentang bersih
- β = fungsi rasio kekakuan balok–pelat

Ketentuan ini berasal dari kontrol lendutan pelat

3. Momen Pelat

Pelat dihitung berdasarkan:

$$M = \frac{wL^2}{k}$$

Dengan:

- w = beban merata
- k = koefisien (tergantung sistem pelat)

4. Tulangan Pelat

$$A_s = \frac{M_u}{\phi f_y z}$$

2.5.2 Balok

Balok adalah elemen struktural yang berbentuk panjang dan memanjang dalam arah horizontal. Fungsinya adalah untuk menopang beban vertikal dari atas, seperti beban lantai, atap, dan beban hidup lainnya, serta mendistribusikannya ke titik-titik pendukung atau kolom di bawahnya (Tugiono, 2021).

Pada SNI 2847-2019 pasal 18.6.2 balok harus memenuhi ketentuan sebagai berikut:

- a) Bentang bersih (l_n) $\geq 4d$.
- b) Lebar penampang (b_w), harus sekurangnya nilai terkecil dari $0,3h$ dan 250mm .
- c) Proyeksi lebar balok yang melampaui lebar kolom penumpu tidak boleh melebihi nilai terkecil dari c_2 dan $0,75c_1$ pada masing-masing sisi kolom

Adapun beberapa hal yang dapat diperhatikan dalam menentukan dimensi balok:

1. Dimensi Awal (Preliminary Design)

Menurut SNI 2847:2019 (Pasal 9 & 18), tinggi minimum balok dapat ditentukan berdasarkan rasio bentang:

Rumus tinggi minimum balok

$$h_{\min} = \frac{L}{\alpha}$$

Dengan:

- L = bentang balok (mm)
- α tergantung kondisi tumpuan:
 - Sederhana: 16
 - 1 ujung menerus: 18,5
 - 2 ujung menerus: 21

Ketentuan ini digunakan untuk mengontrol lendutan awal

2. Lebar Balok

Menurut SNI:

$$b \geq \max(0.3h, 250 \text{ mm})$$

Lebar minimum balok = 250 mm

3. Kuat Lentur Balok

Balok didesain berdasarkan momen ultimit:

Rumus dasar:

$$\phi M_n \geq M_u$$

Dengan:

- M_u = momen terfaktor
- M_n = kapasitas nominal
- ϕ = faktor reduksi ($\approx 0,9$ untuk lentur)

Momen nominal:

$$M_n = A_s f_y \left(d - \frac{a}{2} \right)$$

$$a = \frac{A_s f_y}{0,85 f'_c b}$$

2.5.3 Kolom

Kolom adalah elemen struktural yang berbentuk vertikal dan berfungsi sebagai penahan beban vertikal dari atasnya, serta mendistribusikannya ke elemen struktural yang lebih rendah seperti pondasi (Tugiono, 2021).

Mengacu pada SNI 2847-2019 pasal 15.7.2 harus memenuhi dua ketentuan yaitu:

- a) Dimensi penampang terkecil tidak kurang dari 300mm
- b) Rasio dimensi penampang terkecil (b/h) tidak kurang dari 0,4

Adapun beberapa hal yang dapat diperhatikan dalam menentukan dimensi kolom

1. Dimensi Minimum

Menurut SNI 2847:2019 Pasal 18:

- Dimensi minimum kolom:

$$b_{min} \geq 300 \text{ mm}$$

- Rasio dimensi:

$$\frac{b_{min}}{h} \geq 0,4$$

Ini untuk menjamin stabilitas dan kapasitas tekan

2. Kapasitas Kolom (Tekan + Lentur)

Rumus gaya aksial:

$$\phi P_n \geq P_u$$

$$P_n = 0,85f'_c(A_g - A_s) + f_y A_s$$

Dengan:

- 5. P_u = beban aksial terfaktor
- 6. A_g = luas penampang total
- 7. A_s = luas tulangan

3. Interaksi Kolom

Kolom didesain dengan diagram interaksi:

$$\frac{P_u}{\phi P_n} + \frac{M_u}{\phi M_n} \leq 1$$

4. Prinsip Desain

- Kolom harus lebih kuat dari balok (strong column–weak beam)

- Penting untuk ketahanan gempa

2.5.4 Pondasi

Pondasi adalah bagian penting dari sebuah struktur bangunan yang bertanggung jawab untuk mendukung dan mentransfer beban dari bangunan ke tanah di bawahnya. Fungsi utama pondasi adalah untuk menyebarkan beban struktur secara merata ke tanah yang mampu menopang beban tersebut. Pondasi juga membantu mencegah pergeseran, penurunan, dan keruntuhan struktur akibat deformasi tanah atau beban eksternal (Rizaludin et al., 2020).

Menurut (Nurul Fadilah et al., 2018) pondasi bore pile memiliki beberapa keuntungan yaitu:

1. Pemasangan tidak menimbulkan gangguan suara serta getaran yang dapat mengganggu dan membahayakan bangunan sekitarnya.
2. Dapat mengurangi kebutuhan beton dan tulangan *dowel* pada pelat penutup tiang (*pile cap*). Kolom dapat secara langsung di letakkan di puncak tiang bor.
3. Kedalaman tiang dapat divariasikan.
4. Tanah dapat diperiksa dan dicocokkan dengan data laboratorium.
5. Tiang bor dapat dipasang menembus batuan, sedangkan tiang pancang akan kesulitan jika pemancangan menembus lapisan batu.
6. Diameter tiang memungkinkan dibuat besar, bila perlu ujung bawah tiang dibuat lebih besar guna mempertinggi kapasitas dukungnya.
7. Tidak ada resiko kenaikan muka tanah.
8. Penulangan tidak dipengaruhi oleh tegangan pada waktu pengangkutan dan pemancangan.

Adapun beberapa hal yang dapat diperhatikan dalam menentukan dimensi Pondasi

DIMENSI PONDASI (SNI Pasal 13)

1. Luas Pondasi

$$A = \frac{P}{q_{izin}}$$

Dimana:

- P = beban total (service load)
- q_{izin} = daya dukung tanah

Sesuai Pasal 13.3:

- Menggunakan beban tidak terfaktor (service)

2. Tebal Pondasi

- Minimum:

$$d \geq 150 \text{ mm}$$

3. Geser Pondasi

- Geser satu arah:

$$V_u \leq \phi V_c$$

- Geser punching:

$$V_u \leq \phi V_{c,punch}$$

2.6 Perencanaan Berdasarkan BIM

BIM, atau *Building Information Modeling*, adalah suatu pendekatan dalam rekayasa dan konstruksi yang melibatkan penggunaan model digital terperinci untuk merancang, membangun, dan mengelola infrastruktur fisik seperti bangunan, jembatan, dan fasilitas lainnya. BIM tidak saja mencakup aspek visual atau geometris, namun juga dapat menggabungkan data dan informasi yang terkait dengan elemen-elemen struktural dalam model.

Cakupan integritas bim yaitu sebagai berikut:

1. BIM 3D-Dimensi Geometri

Ini adalah model bangunan digital yang mencakup informasi mengenai bentuk, struktur, dan geometri fisik dari bangunan atau proyek konstruksi. Ini dapat membantu para profesional BIM dalam merancang, memvisualisasikan, dan berkolaborasi dalam lingkungan virtual.

2. BIM 4D-Dimensi Waktu

BIM 4D mengintegrasikan elemen waktu ke dalam model 3D. Ini memungkinkan pemangku kepentingan untuk membuat jadwal konstruksi yang lebih akurat, memahami berbagai perkembangan tahapan proyek yang akan datang, dan mengidentifikasi potensi konflik jadwal.

3. BIM 5D-Dimensi Biaya

Ini mencakup informasi terkait biaya yang terkait dengan proyek konstruksi. Dengan mengintegrasikan dimensi biaya dalam BIM, para profesional dapat menghitung perkiraan biaya proyek dengan lebih akurat, mengelola anggaran, dan membuat keputusan berdasarkan pertimbangan finansial.

2.7 Software Pendukung

2.7.1 SAP2000

SAP2000 adalah perangkat lunak analisis struktural dan desain yang sangat populer yang digunakan dalam rekayasa sipil dan perancangan struktur. Nama "SAP" pada SAP2000 awalnya adalah singkatan dari "Structural Analysis Program" (Program Analisis Struktural), yang kemudian berkembang menjadi perangkat lunak yang kuat dan komprehensif untuk analisis dan desain struktur (Fansuri et al., 2021).

2.7.2 Tekla Structure

Tekla Structures adalah perangkat lunak BIM (*Building Information Modeling*) tingkat lanjut yang dirancang untuk mendukung alur kerja konstruksi yang presisi, mulai dari fase desain konseptual hingga fabrikasi dan konstruksi di lapangan. Perangkat lunak ini dikembangkan oleh Trimble dan menjadi standar industri global dalam rekayasa sipil, khususnya untuk pemodelan struktur beton bertulang yang kompleks serta struktur baja, yang memungkinkan deteksi konflik (*clash detection*) secara otomatis (Sacks et al., 2020).

2.7.3 Microsoft Excel

Microsoft Excel Microsoft Excel merupakan perangkat lunak *spreadsheet* yang menjadi instrumen vital dalam pengelolaan data proyek, perhitungan estimasi volume, hingga penyusunan anggaran biaya (*RAB*). Dalam konteks manajemen konstruksi modern, Excel digunakan sebagai basis data yang fleksibel untuk memproses hasil *output* dari model BIM, serta mendukung analisis data statistik dan penjadwalan proyek yang dinamis. Kemampuannya dalam mengolah data kompleks secara efisien menjadikannya alat yang sangat krusial dalam mendukung pengambilan keputusan berbasis data di seluruh tahapan proyek (GhaffarianHoseini et al., 2024).

2.7.4 Ms Project

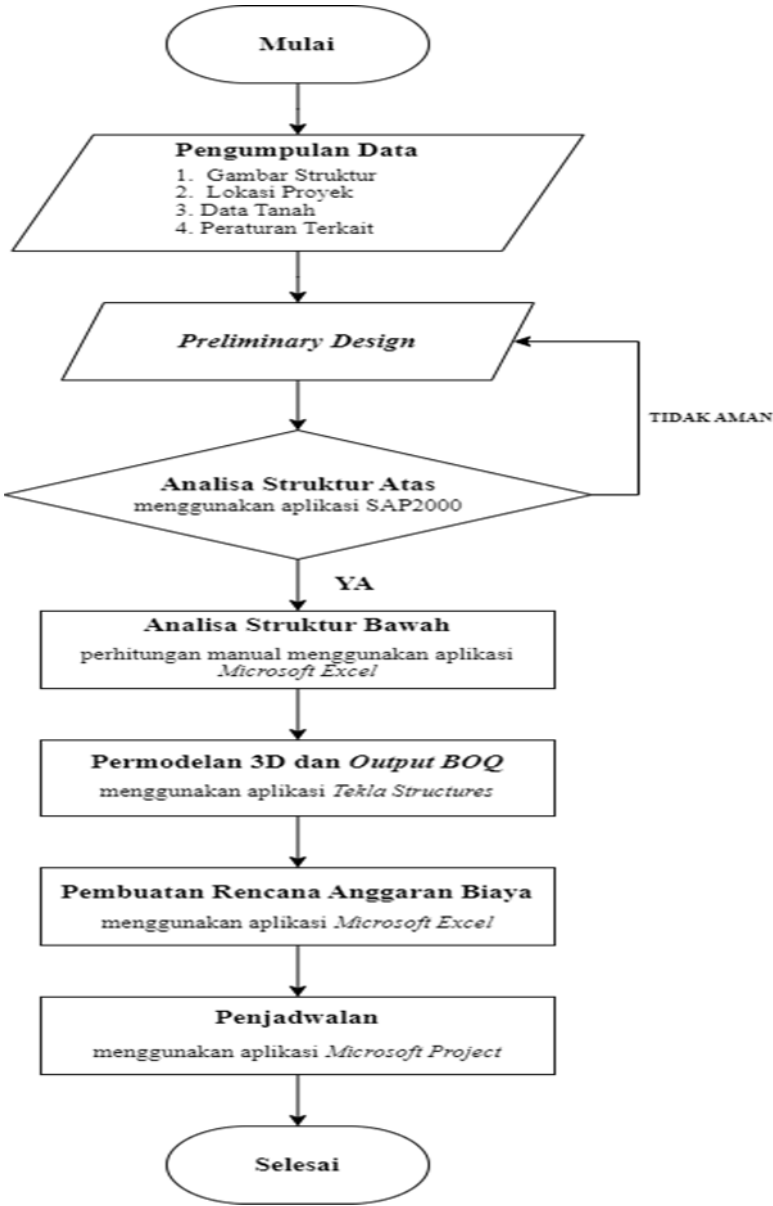
Microsoft Project merupakan perangkat lunak manajemen proyek yang dirancang untuk membantu manajer proyek dalam mengembangkan rencana, menetapkan sumber daya untuk tugas, melacak kemajuan, mengelola anggaran, serta menganalisis beban kerja. Dalam konteks konstruksi, perangkat lunak ini sangat krusial dalam penyusunan penjadwalan proyek melalui metode *Network Planning* (NWP) atau *Critical Path Method* (CPM), yang memungkinkan identifikasi jalur kritis untuk memastikan durasi proyek tetap optimal. Kemampuan integrasi Microsoft Project dengan model BIM memberikan visibilitas yang lebih baik terhadap ketergantungan antar tugas, sehingga meminimalisir risiko keterlambatan konstruksi di lapangan (Aibinu et al., 2022).

BAB III

METODE PENELITIAN

3.1 Bagan Alir

Dalam setiap perencanaan redesign struktur gedung, terdapat berbagai proses yang harus dilalui. Di bawah ini disajikan bagan alir dan langkah-langkah dalam perencanaan Gedung Kampus Universitas Nahdatul Ulama Yogyakarta, yang menggunakan metode Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus (SPRMK).



Gambar 3. 1 Bagan Alir Langkah-Langkah Perencanaan

3.2 Pengumpulan Data

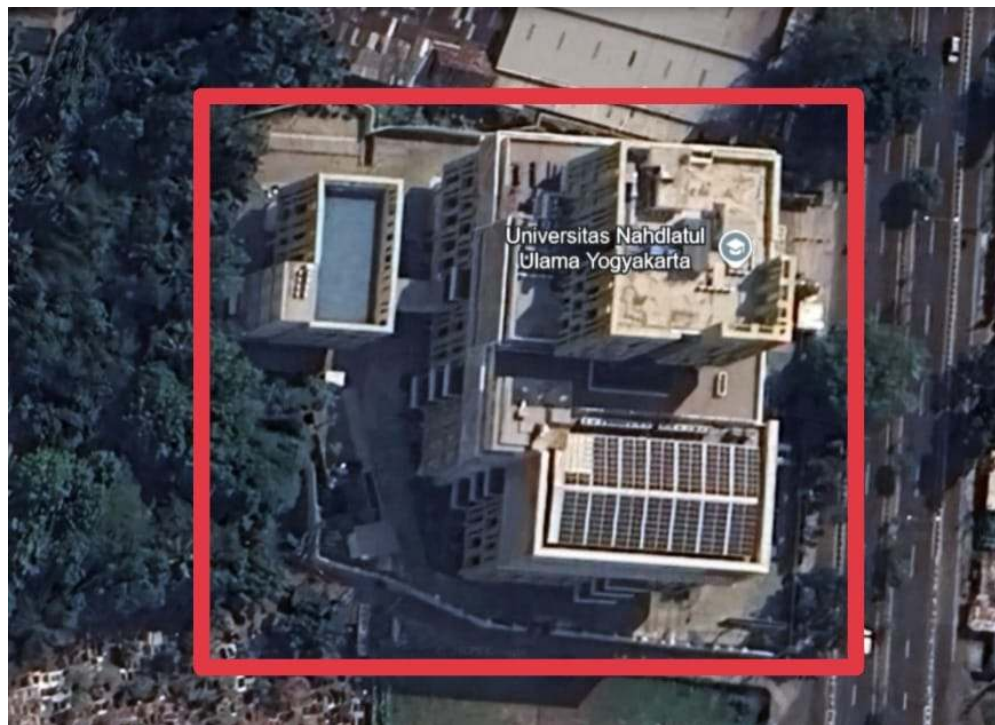
Sebelum memulai perencanaan langkah pertama adalah pengumpulan data. Adapun data yang perlu dipersiapkan adalah sebagai berikut:

3.2.1 Gambar *Detail Engineering Design* (DED)

Pengumpulan gambar *DED* sebagai acuan dari perencanaan redesain.

3.2.2 Lokasi Proyek

Lokasi proyek ini terletak di Jl. Ringroad Barat, Dowangan, Banyuraden, Kec. Gamping, Kabupaten Sleman, Daerah Istimewa Yogyakarta 55293



Gambar 3. 2 Lokasi Pengerjaan Proyek Gedung Kampus Universitas Nahdlatul Ulama Yogyakarta

Sumber: *Google Earth*

3.2.3 Data Tanah

Data tanah merujuk pada informasi mengenai karakteristik, sifat, dan komposisi tanah di suatu area atau lokasi tertentu. Berikut ini adalah hasil pengujian sondir dari Proyek Gedung Kampus Universitas Nahdatul Ulama Yogyakarta:



LABORATORIUM MEKANIKA TANAH
DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL - FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS DIPONEGORO
SEMARANG

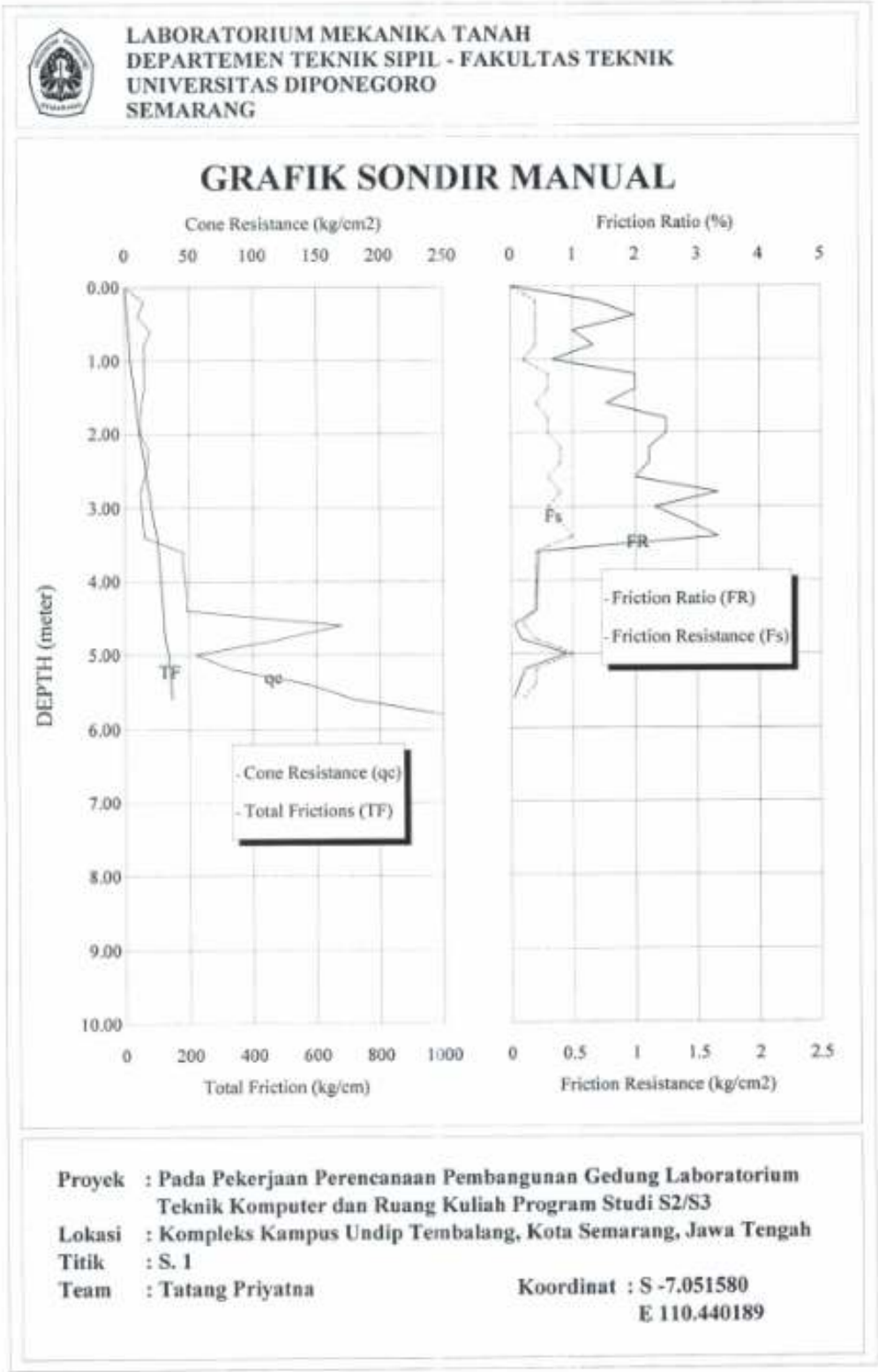
HASIL SONDIR MANUAL

Proyek : Pada Pekerjaan Perencanaan Pembangunan Gedung Laboratorium
Teknik Komputer dan Ruang Kuliah Program Studi S2/S3
Lokasi : Kompleks Kampus Undip Tembalang, Kota Semarang, Jawa Tengah
Titik : S. 1

Tgl. / Bln : 12 Maret 2022
Team : Tatang Priyatna
Koordinat : S -7.051580
E 110.440189

DEPTH (M)	qc kg/cm2	qc + f kg/cm2	Fs kg/cm2	TF kg/cm	FR (Fs/qc)%	DEPTH (M)	qc kg/cm2	qc + f kg/cm2	Fs kg/cm2	TF kg/cm	FR (Fs/qc)%
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	5.20	85.00	87.00	0.20	140.00	0.24
0.20	15.00	17.00	0.20	4.00	1.33	5.40	145.00	147.00	0.20	144.00	0.14
0.40	10.00	12.00	0.20	8.00	2.00	5.60	180.00	181.00	0.10	146.00	0.06
0.60	20.00	22.00	0.20	12.00	1.00	5.80	250.00				
0.80	15.00	17.00	0.20	16.00	1.33	6.00					
1.00	15.00	16.00	0.10	18.00	0.67	6.20					
1.20	15.00	18.00	0.30	24.00	2.00	6.40					
1.40	15.00	18.00	0.30	30.00	2.00	6.60					
1.60	13.00	15.00	0.20	34.00	1.54	6.80					
1.80	12.00	15.00	0.30	40.00	2.50	7.00					
2.00	12.00	15.00	0.30	46.00	2.50	7.20					
2.20	18.00	22.00	0.40	54.00	2.22	7.40					
2.40	18.00	22.00	0.40	62.00	2.22	7.60					
2.60	15.00	18.00	0.30	68.00	2.00	7.80					
2.80	12.00	16.00	0.40	76.00	3.33	8.00					
3.00	13.00	16.00	0.30	82.00	2.31	8.20					
3.20	14.00	18.00	0.40	90.00	2.86	8.40					
3.40	15.00	20.00	0.50	100.00	3.33	8.60					
3.60	45.00	47.00	0.20	104.00	0.44	8.80					
3.80	45.00	47.00	0.20	108.00	0.44	9.00					
4.00	47.00	49.00	0.20	112.00	0.43	9.20					
4.20	48.00	50.00	0.20	116.00	0.42	9.40					
4.40	48.00	50.00	0.20	120.00	0.42	9.60					
4.60	170.00	171.00	0.10	122.00	0.06	9.80					
4.80	118.00	120.00	0.20	126.00	0.17	10.00					
5.00	55.00	60.00	0.50	136.00	0.91						

Gambar 3. 3 Data Pengujian Sondir Titik 1



Gambar 3. 4 Grafik Data Sondir Titik 1



LABORATORIUM MEKANIKA TANAH
DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL - FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS DIPONEGORO
SEMARANG

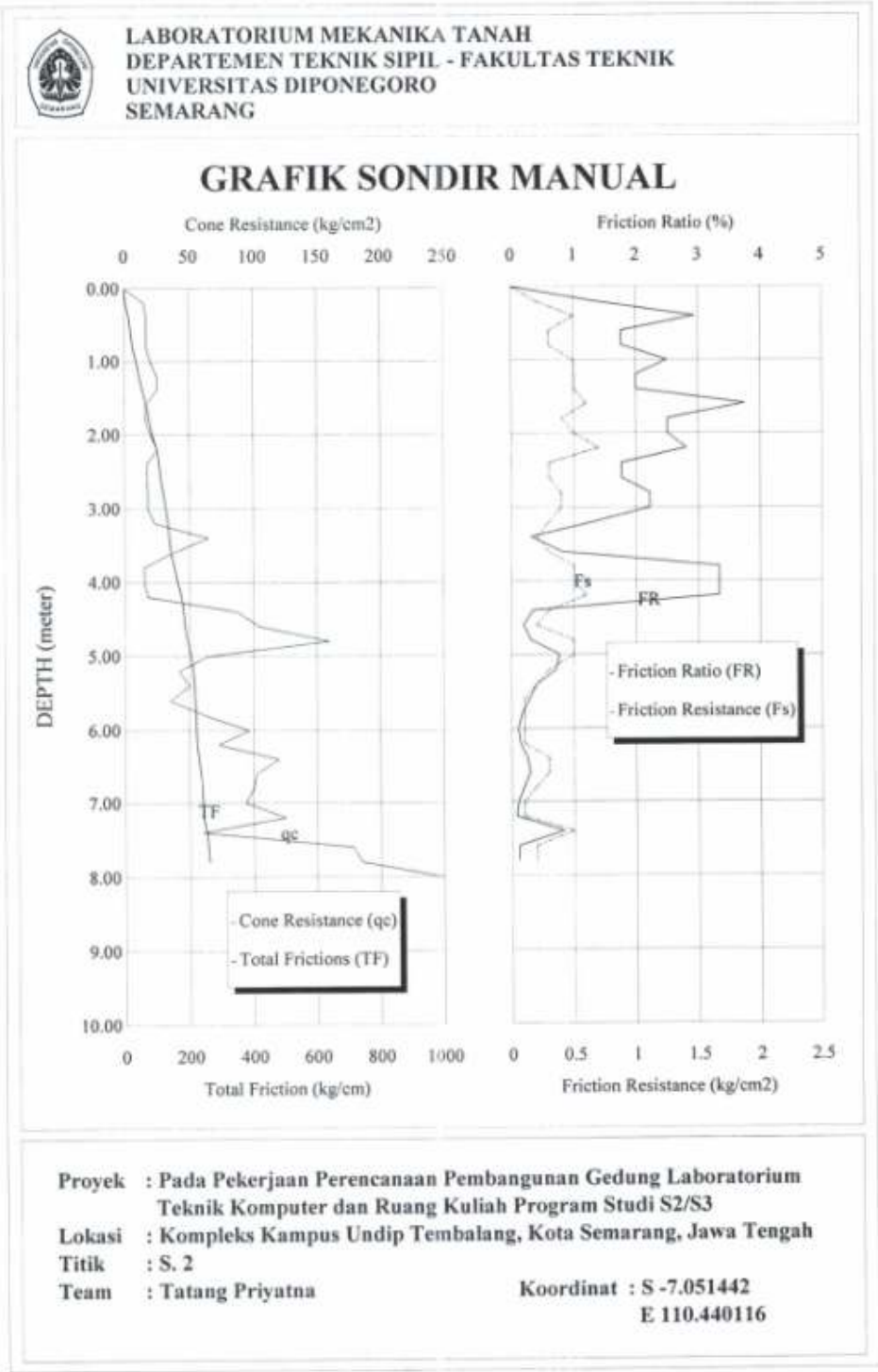
HASIL SONDIR MANUAL

Proyek : Pada Pekerjaan Perencanaan Pembangunan Gedung Laboratorium
Teknik Komputer dan Ruang Kuliah Program Studi S2/S3
Lokasi : Kompleks Kampus Undip Tembalang, Kota Semarang, Jawa Tengah
Titik : S. 2

Tgl. / Bln : 12 Maret 2022
Team : Tatang Priyatna
Koordinat : S -7.051442
E 110.440116

DEPTH (M)	qc kg/cm2	qc + f kg/cm2	Fs kg/cm2	TF kg/cm	FR (Fs/qc)%	DEPTH (M)	qc kg/cm2	qc + f kg/cm2	Fs kg/cm2	TF kg/cm	FR (Fs/qc)%
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	5.20	42.00	45.00	0.30	212.00	0.71
0.20	15.00	17.00	0.20	4.00	1.33	5.40	50.00	52.00	0.20	216.00	0.40
0.40	17.00	22.00	0.50	14.00	2.94	5.60	35.00	36.00	0.10	218.00	0.29
0.60	17.00	20.00	0.30	20.00	1.76	5.80	62.00	63.00	0.10	220.00	0.16
0.80	17.00	20.00	0.30	26.00	1.76	6.00	97.00	98.00	0.10	222.00	0.10
1.00	20.00	25.00	0.50	36.00	2.50	6.20	73.00	74.00	0.10	224.00	0.14
1.20	25.00	30.00	0.50	46.00	2.00	6.40	120.00	123.00	0.30	230.00	0.25
1.40	25.00	30.00	0.50	56.00	2.00	6.60	102.00	105.00	0.30	236.00	0.29
1.60	16.00	22.00	0.60	68.00	3.75	6.80	100.00	102.00	0.20	240.00	0.20
1.80	16.00	20.00	0.40	76.00	2.50	7.00	94.00	95.00	0.10	242.00	0.11
2.00	20.00	25.00	0.50	86.00	2.50	7.20	125.00	126.00	0.10	244.00	0.08
2.20	25.00	32.00	0.70	100.00	2.80	7.40	60.00	65.00	0.50	254.00	0.83
2.40	17.00	20.00	0.30	106.00	1.76	7.60	178.00	180.00	0.20	258.00	0.11
2.60	17.00	20.00	0.30	112.00	1.76	7.80	185.00	187.00	0.20	262.00	0.11
2.80	18.00	22.00	0.40	120.00	2.22	8.00	250.00				
3.00	18.00	22.00	0.40	128.00	2.22	8.20					
3.20	23.00	26.00	0.30	134.00	1.30	8.40					
3.40	65.00	67.00	0.20	138.00	0.31	8.60					
3.60	37.00	40.00	0.30	144.00	0.81	8.80					
3.80	15.00	20.00	0.50	154.00	3.33	9.00					
4.00	15.00	20.00	0.50	164.00	3.33	9.20					
4.20	18.00	24.00	0.60	176.00	3.33	9.40					
4.40	87.00	90.00	0.30	182.00	0.34	9.60					
4.60	105.00	107.00	0.20	186.00	0.19	9.80					
4.80	160.00	165.00	0.50	196.00	0.31	10.00					
5.00	65.00	70.00	0.50	206.00	0.77						

Gambar 3. 5 Data Pengujian Sondir Titik 2



Gambar 3. 6 Grafik Data Sondir Titik 2

Penelitian ini merupakan studi kasus simulasi redesain Gedung UNU Yogyakarta. Mengingat keterbatasan waktu dan biaya penelitian akademik, data geoteknik yang digunakan dalam penelitian ini merupakan data sekunder dari wilayah Tembalang, Semarang.

Data tersebut digunakan dengan asumsi bahwa karakteristik tanahnya memiliki kemiripan dengan kondisi tanah di wilayah Yogyakarta untuk tujuan pemodelan awal struktur. Catatan Penting: Penggunaan data dari lokasi berbeda ini hanya bertujuan untuk menguji integrasi metode BIM, analisis struktur SAP2000, dan perhitungan RAB. Untuk implementasi desain nyata di lapangan, wajib dilakukan pengujian sondir langsung di lokasi UNU Yogyakarta sesuai SNI 8460:2017.

3.2.4 Peraturan terkait

Aturan dan sumber referensi yang menjadi dasar teori serta memberikan dukungan adalah sebagai berikut:

1. Peraturan Pembebanan Indonesia untuk Gedung tahun (SNI 1727, 2020).
2. SNI 1726-2019 yang mengatur Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non Gedung.
3. SNI 1727-2020 yang membahas Perencanaan Struktur Beton Bertulang pada Bangunan Gedung.
4. SNI 2847-2013 yang mencakup Persyaratan Beton Struktural untuk Bangunan Gedung.
5. SNI 2847-2019 yang juga membahas Persyaratan Beton Struktural untuk Bangunan Gedung.

Dengan demikian, semua peraturan ini berperan penting dalam merancang dan membangun gedung yang aman dan sesuai standar

3.3 Preliminary Design

Berikut merupakan cara menentukan dimensi struktur menurut SNI 2847-2013 maupun ketentuan lain sesuai dengan literatur yang dipakai.

3.3.1 Perencanaan Dimensi Balok Induk dan Balok Anak

Tabel 3. 1 Tebal Minimum Balok Induk Non Prategang

Tebal Minimum, <i>h</i>				
Komponen	Tertumpu Sederhana	Satu Ujung Menerus	Kedua Ujung Menerus	Kantilever
Struktur	Komponen struktur tidak munumpu atau tidak dihubungkan dengan partisi atau konstruksi lainnya yang mungkin rusak oleh lendutan besar			
Balok atau pelat rusuk satu arah	<i>ℓ</i> / 16	<i>ℓ</i> / 18,5	<i>ℓ</i> / 21	<i>ℓ</i> / 8

3.3.2 Perencanaan Dimensi Kolom

Ketentuan Perencanaan

$$\frac{I \text{ kolom}}{\ell \text{ kolom}} \geq \frac{I \text{ balok}}{\ell \text{ balok}}$$

Perhitungan Perencanaan

$$\frac{1 \times b \times h^3}{12 \times H \text{ kolom}} > \frac{1 \times b \times h^3}{12 \times L \text{ balok}}$$

Keterangan:

- h = panjang
- b = lebar
- H = tinggi kolom
- L = bentang balok

3.3.3 Perencanaan Dimensi Tie Biem

Ketentuan Perencanaan

$$\frac{I \text{ kolom}}{P \text{ kolom}} > \frac{I \text{ tie biem}}{P \text{ tie biem}}$$

Perhitungan Perencanaan

$$\frac{1 \times b \times h^3}{12 \times H \text{ kolom}} > \frac{1 \times b \times h^3}{12 \times L \text{ tie biem}}$$

3.3.4 Perencanaan Dimensi Pelat

1. Bentang Bersih Pelat Sumbu Panjang

$$L_n = L_y - \left[\frac{B_w}{2} - \frac{B_w}{2} \right]$$

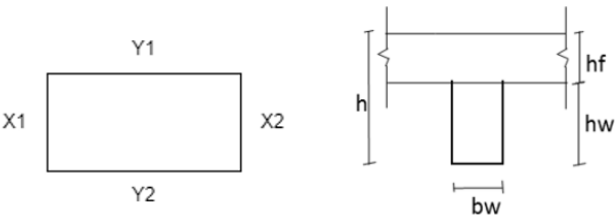
2. Bentang Bersih Pelat Sumbu Pendek

$$S_n = L_x - \left[\frac{B_w}{2} - \frac{B_w}{2} \right]$$

3. Rasio antara bentang bersih sumbu panjang terhadap bentang bersih sumbu pendek

$B_n = \frac{L_n}{S_n} < 2$ Pelat Satu Arah

$B_n = \frac{L_n}{S_n} > 2$ Pelat Dua Arah



Gambar 3. 7 Penampang Pelat

Pada SNI 2847-2013 pasal 9.5.3.3 berbunyi ketebalan pelat minimum tidak boleh kurang dari:

$$f_p = \frac{P_n(0.8 + \frac{f_y}{2400})}{33 + 9\beta}$$

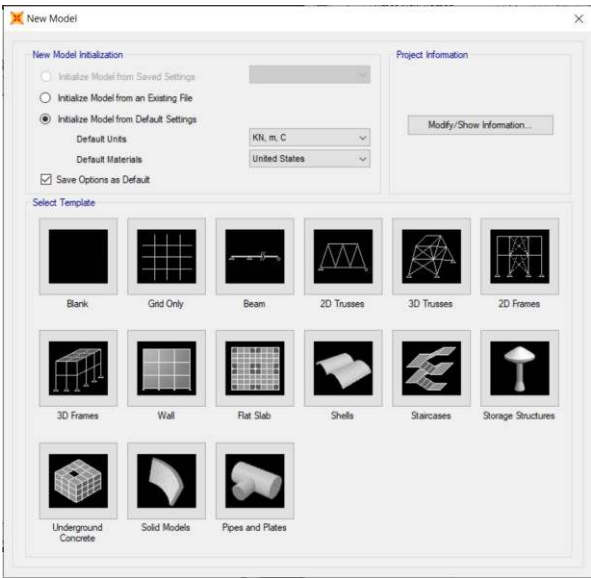
dan harus lebih besar dari 90 mm.

3.4 Analisa Struktur

Dalam proses pembebanan struktur, kami menggunakan aplikasi pendukung SAP2000. Berikut adalah langkah-langkah untuk menganalisis struktur dengan menggunakan SAP2000:

1. Pekerjaan Persiapan

Dalam tahapan persiapan, terdapat dua kegiatan utama, yaitu pembuatan proyek baru dan pengembangan model struktur yang sesuai dengan analisis yang akan dilakukan.

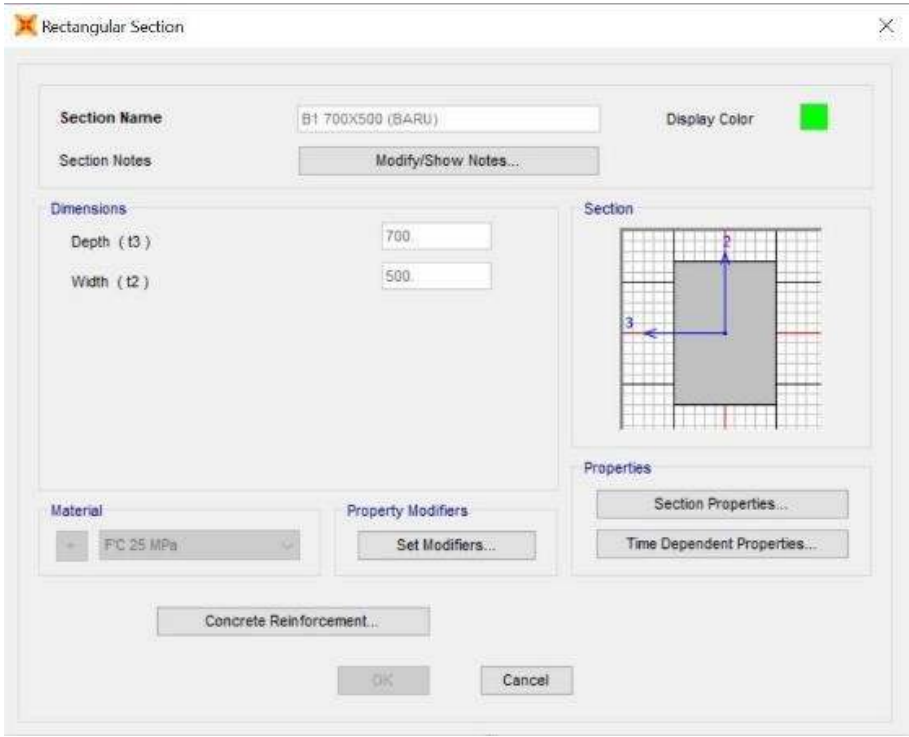


Gambar 3. 8 Halaman *New Model*

Sumber : Dokumentasi Pribadi

2. Membuat dan Memasukkan Model Struktur

Pada bagian *rectangular section*, pengguna diharuskan untuk menentukandimensi kolom dan balok sesuai dengan pekerjaan yang sedang dilakukan.

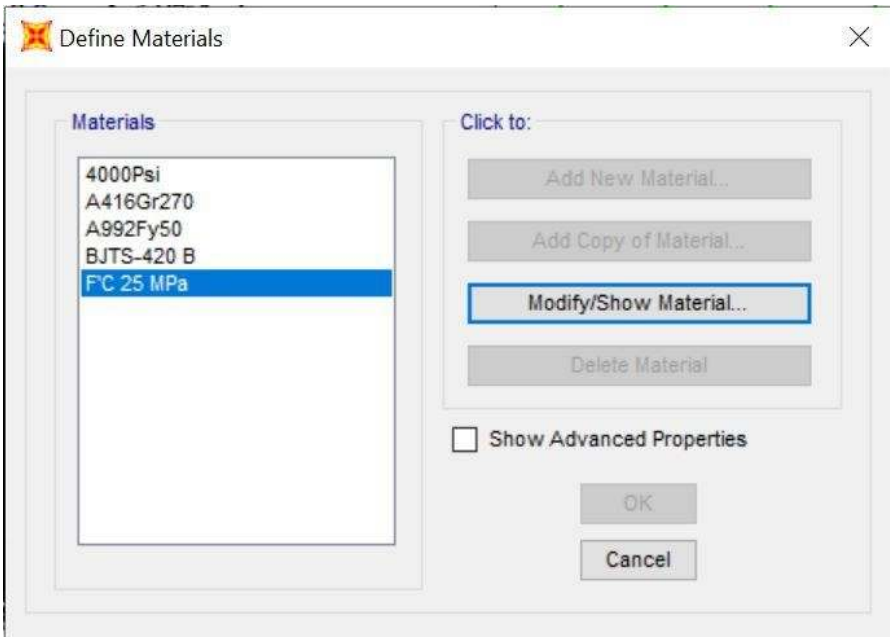


Gambar 3. 9 Permodelan Kolom dan Balok

Sumber : Dokumentasi Pribadi

3. Membuat Material

Di dalam *define materials* ini digunakan untuk memasukan spesifikasiseperti mutu beton, tulangan dari proyek yang akan dikerjakan . Ini penting untuk memperoleh hasil analisis yang akurat.

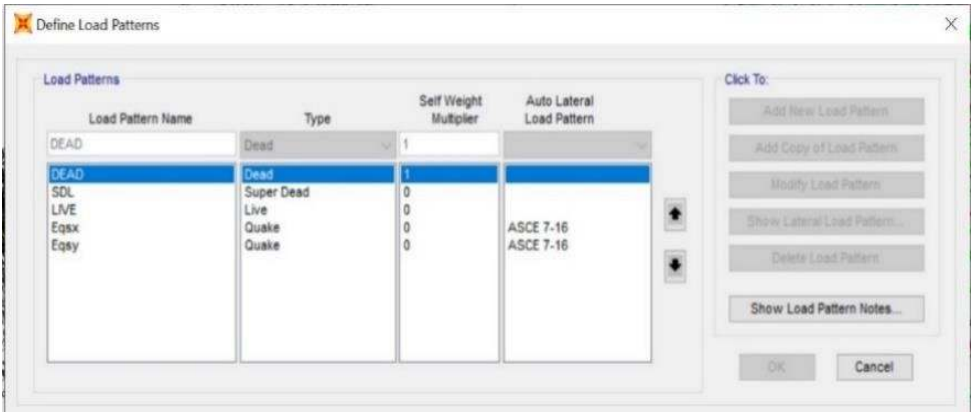


Gambar 3. 10 *Define Materials*

Sumber : Dokumen Pribadi

4. Mendefinisikan Pembebanan

Terapkan pembebanan pada model struktur sesuai dengan kebutuhan proyek. Anda dapat memilih untuk menentukan berbagai jenis pembebanan, seperti pembebanan mati, pembebanan hidup, pembebanan angin, pembebanan gempa, serta pembebanan khusus lainnya.

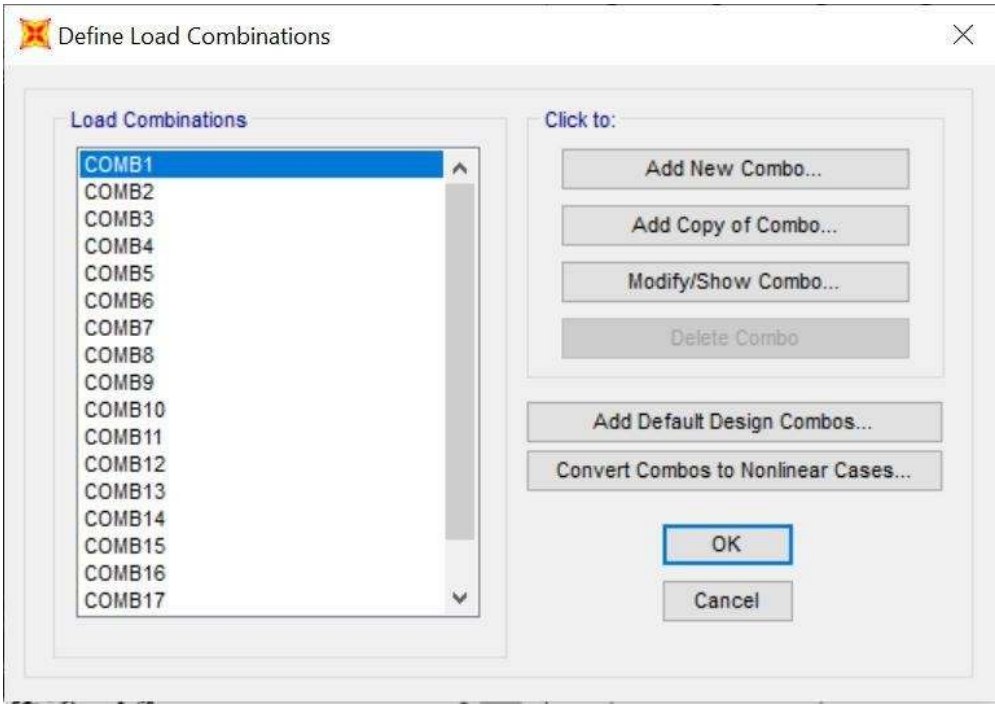


Gambar 3. 11 *Define Load Patterns*

Sumber : Dokumen Pribadi

5. **Membuat Kombinasi Pembebanan**

Dalam analisis struktural, kita sering menggunakan kombinasi khusus dari berbagai beban yang diterapkan pada suatu struktur. Struktur tersebut akan mengalami berbagai jenis beban, seperti beban mati, beban hidup, beban angin, dan beban gempa. Tujuan dari pembuatan kombinasi beban ini adalah untuk menciptakan kondisi pembebanan yang ekstrem, yang dapat digunakan untuk menguji sejauh mana struktur yang direncanakan mampu bertahan dan memenuhi standar kekuatan yang diperlukan.

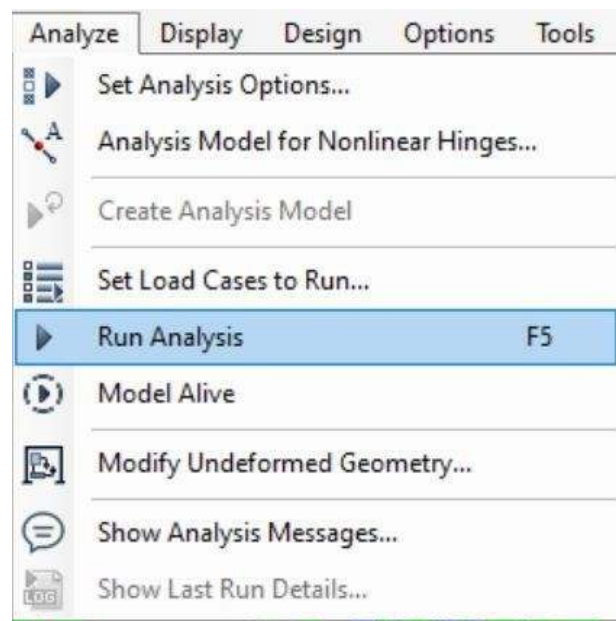


Gambar 3. 12 *Define Load Combinations*

Sumber : Dokumen Pribadi

6. **Run Analysis**

Lakukan analisis pada model struktur dengan menggunakan konfigurasi yang telah ditetapkan. SAP2000 akan menghitung respons struktur terhadap beban dan kondisi batas yang telah ditentukan.

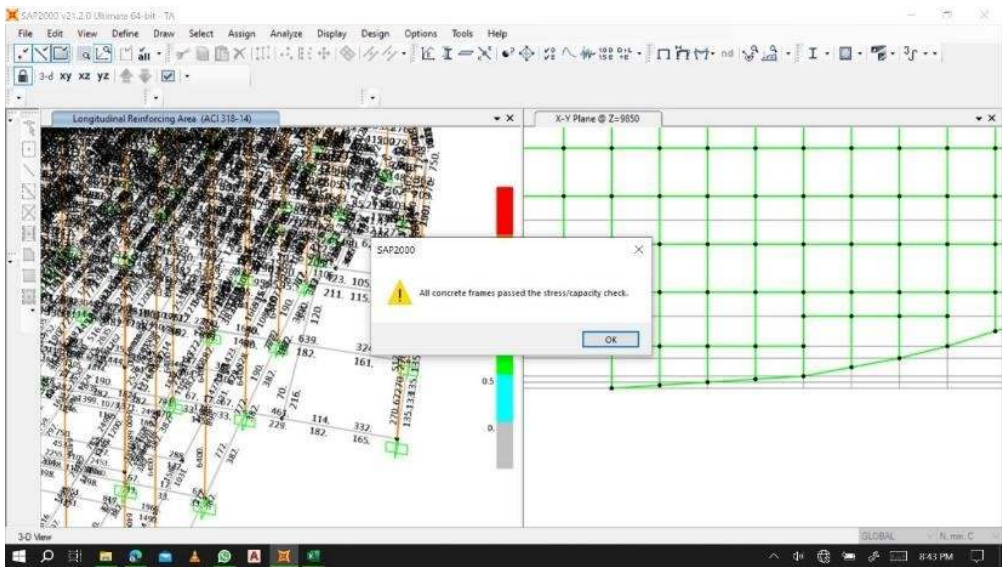


Gambar 3. 13 Run Analysis

Sumber : Dokumen Pribadi

7. **Memeriksa dan Mengevaluasi Hasil Analisis**

Lakukan pemeriksaan terhadap hasil analisis yang dihasilkan oleh SAP2000, termasuk tegangan, deformasi, simpangan, momen, gaya geser, dan lainnya. Selanjutnya, evaluasi apakah ada bagian dari struktur yang masih belum cukup kuat untuk menahan beban. Jika ditemukan kendala tersebut, maka perlu melakukan penyesuaian dimensi pada bagian penampang berbentuk persegi agar struktur dapat dengan baik menahan beban yang diterima.



Gambar 3. 14 Memeriksa dan Mengevaluasi Hasil Analisis

Sumber : Dokumen Pribadi

3.5 Perencanaan Perhitungan Struktur Bawah

Hasil *output* dari SAP2000 mencakup seluruh beban yang diterima oleh kolom (P), yang kemudian dapat digunakan untuk merancang pondasi, termasuk penentuan dimensi dan tulangan pile cap, serta kebutuhan daya dukung untuk spun pile sesuai dengan hasil pengujian sondir pada tanah.

Perhitungan tiang pancang akan didasarkan pada data yang diperoleh dari hasil sondir tanah, khususnya pembacaan tanah keras (CR) yang lebih besar dari 200 kg/cm². Data ini penting untuk menentukan lokasi dan kedalaman tanah keras, yang selanjutnya akan digunakan sebagai panjang dari *spunpile*. Selain itu, *total friction* (tf) juga perlu dihitung untuk mengukur hambatan lekat di dalam tanah. Setelah nilai beban (P), CR, dan tf diketahui, kita dapat merencanakan diameter spunpile yang akan diuji kekuatan daya dukungnya. Sebelum itu, **perhitungan dimensi** perlu dilakukan terlebih dahulu sebagai berikut :

Dimensi *spunpile*(A) = ¼ x 3,14 x diameter *spunpile*(d)²

Volume *spunpile*(V) = A x panjang tiang pancang (L)

Keliling *spunpile*(K) = 3,14 x d

Perhitungan Daya Dukung Ultimate

$$Q_u = \frac{q_c \times A}{3} + \frac{T_f \times K}{5}$$

Perhitungan Daya Dukung Netto per 1 *Spunpile*

$$W = V \times \gamma_{\text{beton}}$$

$$Q_{\text{nett}} = Q_u - W$$

Perhitungan Kebutuhan Pondasi

$$n = \frac{P}{Q_{\text{nett}}} = \text{hasil dapat dibulatkan untuk jumlah } \textit{spunpile} \text{ per pilecap}$$

Perhitungan Efisiensi Pondasi

$$m = \text{Jumlah Baris}$$

$$n = \text{Jumlah Tiang}$$

$$\text{jarak antar tiang (s)} = 2,5d - 4d$$

$$\theta = \arctan s$$

$$\text{Eff} = 1 - \frac{\theta(n'-1)m + (n-1)n'}{90 \times m \times n'}$$

Perhitungan Daya Dukung Ijin

$$Q_{\text{ijin}} = n \times \text{Eff} \times Q_{\text{nett}}$$

Kontrol Daya Dukung Ijin

$$P < Q_{\text{ijin}}$$

Jika P lebih besar daripada Qijin maka jumlah *spun pile* atau desain spun pile bisa disesuaikan.

Setelah melakukan perhitungan terhadap jumlah dan dimensi spunpile, kita dapat menentukan dimensi pilecap yang sesuai. Berdasarkan hasil perhitungan tersebut, ketebalan pilecap ditetapkan sesuai dengan ketentuan yang terdapat dalam (SNI 2487-2019 Pasal 13. 4. 2. 1) yang menyatakan bahwa ketebalan pilecap harus lebih dari 300 mm. Selain itu, luas dimensi pilecap juga disesuaikan dengan diameter *spun pile* dan jarak antar tiang (s). Mutu beton yang digunakan untuk pilecap adalah f'_c 30 MPa, sedangkan mutu tulangan adalah f_y 420 MPa.

Perhitungan Lebar Penampang Kritis

$$B = \frac{\text{lebar pilecap}}{2} - \frac{\text{lebar kolom}}{2}$$

Perhitungan Berat pilecap pada penampang kritis

q' = berat jenis beton bertulang x dimensi pilecap x tebal pilecap

$$M_u = 2 \times (P_u / n_s \times s) - 1/2 \times q' \times B^2$$

Perhitungan Tulangan

$$R_n = M_u / (\phi \times b \times d)$$

$$\rho_{\text{perlu}} = ((0,85 \times f'_c / f_y) \times (1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times R_n}{0,85 \times f'_c}}))$$

$$A_s \text{ perlu} = \rho \times b \times d$$

$$A_s \text{ min} = 0,0018 \times \text{dimensi pilecap} \times \text{tebal pilecap}$$

Direncanakan tulangan tarik **D29-120** mm dan terpasang

$$A_s \text{ pakai} = 1/4 \times 3,14 \times d^2 \times (\text{dimensi pilecap} / \text{jarak})$$

Kontrol Tulangan

$$A_s \text{ pakai} > A_s \text{ perlu}$$

Jika A_s pakai lebih kecil daripada A_s perlu maka harus diperbesar tulangannya.

3.6 Permodelan 3D dan *Output BOQ*

Untuk permodelan 3D, kami menggunakan aplikasi pendukung yaitu *Tekla Structures*. Aplikasi ini sangat berguna dalam proses permodelan 3D dan perhitungan volume, yang tentunya mempermudah dalam penyusunan Rencana Anggaran Biaya (RAB) serta penjadwalan proyek. Sebelum memulai, pastikan aplikasi telah mengunduh *environment South East Asia*. Berikut adalah langkah-langkah dalam menggunakan aplikasi *Tekla Structures* tersebut:

Pekerjaan Persiapan

Untuk memulai proses pemodelan, langkah pertama yang perlu dilakukan adalah menyiapkan dan membuat lembar kerja baru di *Tekla Structures*. dimulai dengan memilih "*new project*" dan tulis nama *project* yang akan dikerjakan kemudian tekan *create*.

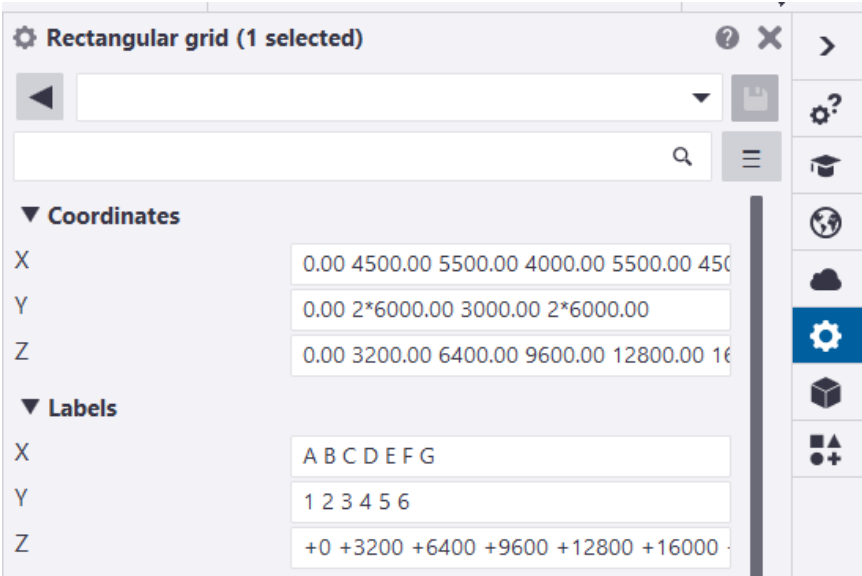


Gambar 3. 15 Pembuatan Permodelan Struktur

Sumber : Dokumen Pribadi

1. Pembuatan *Grid* dan *Level*

Grid dan *level* digunakan untuk menunjukkan koordinat X, Y dan Z untuk mempermudah proses penempatan struktur bangunan. *Level* juga digunakan untuk mempermudah elevasi dari bangunan tiap lantainya.



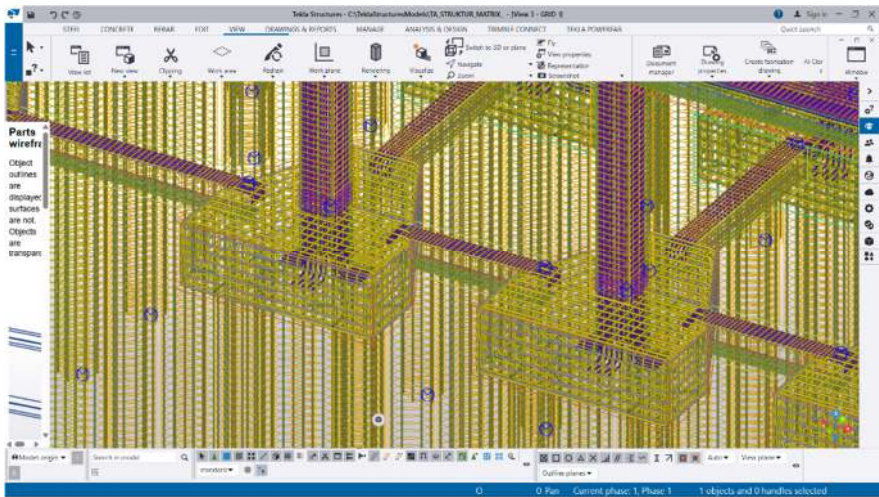
Gambar 3. 16 Pembuatan Grid dan Level

Sumber : Dokumen Pribadi

2. Permodelan Pondasi dan Tiebeam

Direncanakan mutu beton pada *pilecap* $f'c$ 25 Mpa, *Spoon pile (precast)* $f'c$ 52 Mpa, dan *Tiebeam* $f'c$ 37,350 Mpa dengan mutu tulangan utama f_y 420 Mpa dan tulangan Sengkang f_y 240 Mpa. Proses permodelan dimulai dengan menentukan komponen pondasi seperti *pilecap* dan *spoon pile* disambung dengan *Tiebeam*. berikut Step pembuatanya:

- *Pilecap* : concrete > footing > ditentukan dimensi sesuai perhitungan > cast in place (untuk metode pengecoran di tempat).
- *Spoon Pile* : concrete > column > ditentukan dimensi sesuai perencanaan perhitungan > precast.
- *Tie Beam* : concrete > strip footing > ditentukan dimensi sesuai perhitungan SAP 2000 > cast in place.

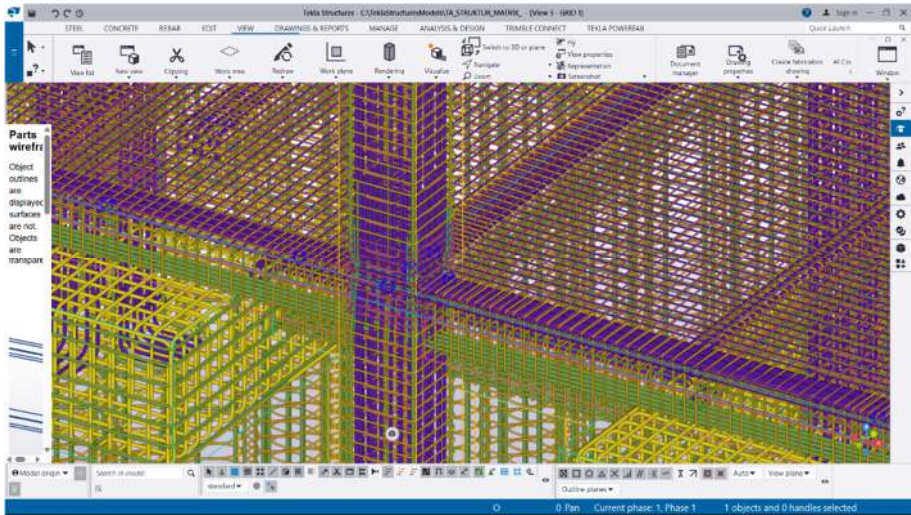


Gambar 3. 17 Permodelan Pondasi

Sumber : Dokumen Pribadi

Permodelan Kolom

Permodelan kolom ini dapat dilakukan dengan mudah dikarenakan *Tekla Structures* sudah menyiapkan *tool* untuk membuat kolom sehingga mudah dalam pengaplikasiannya, Direncanakan mutu beton pada kolom $f'c$ 37,350 Mpa dengan mutu tulangan utama f_y 420 Mpa dan tulangan Senggang f_y 240 Mpa dengan step pembuatan yaitu *concrete* > *column* > ditentukan dimensi sesuai perhitungan perencanaan > *cast in place*.

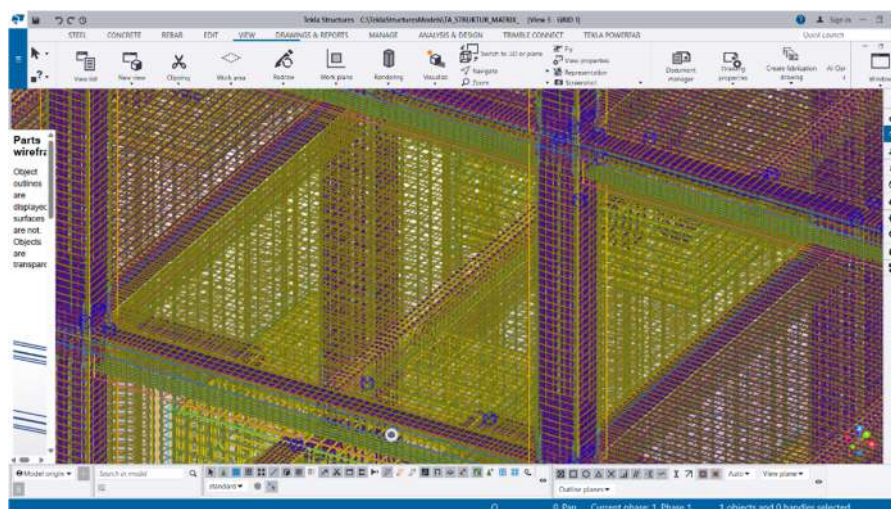


Gambar 3. 18 Permodelan Kolom

Sumber : Dokumen Pribadi

Permodelan Balok

Permodelan balok direncanakan mutu beton f'_c 37,350 Mpa dengan mutu tulangan utama f_y 420 Mpa dan tulangan Sengkang f_y 240 Mpa step pembuatan yaitu *concrete* > *beam* > ditentukan dimensi sesuai perhitungan perencanaan > *cast in place*.

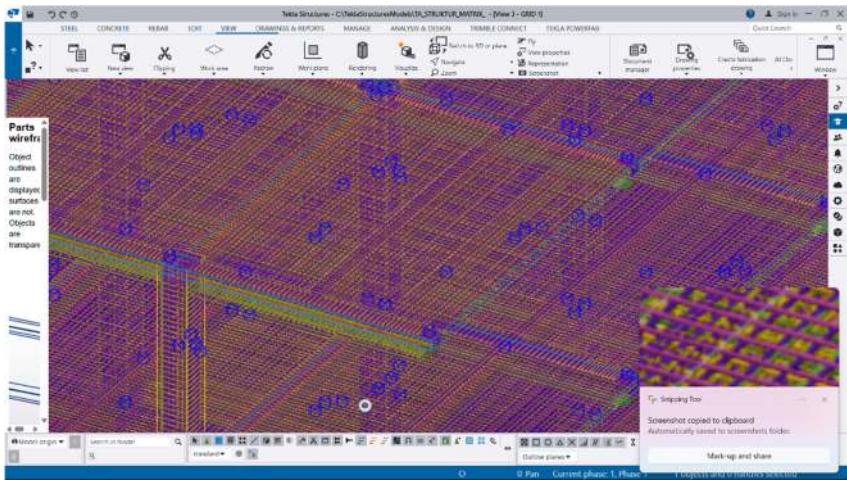


Gambar 3. 19 Permodelan Balok

Sumber Dokumen Pribadi

Permodelan Pelat

Permodelan pelat direncanakan mutu beton f'_c 37,350 Mpa dengan mutu tulangan f_y 420 Mpa. Step pembuatan yaitu *concrete* > *slab* > tentukan ketebalan pelat sesuai perhitungan perencanaan > *cast in place*.

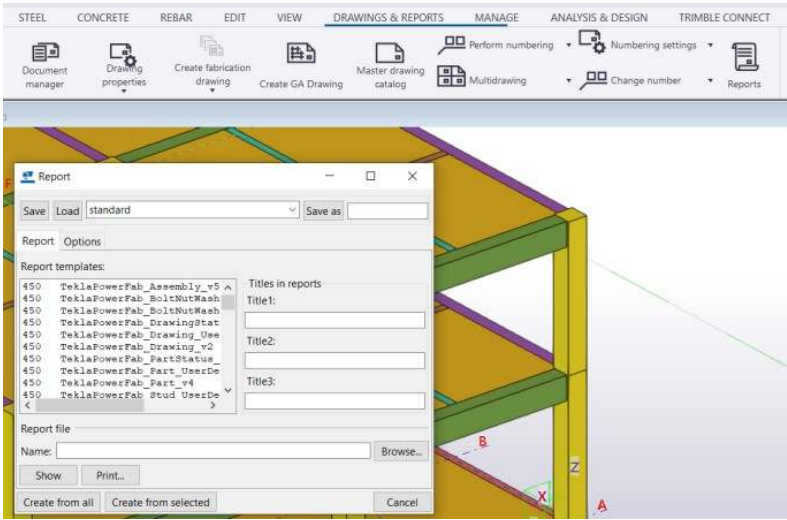


Gambar 3. 20 Permodelan Plat

Sumber : Dokumen Pribadi

Analisis Volume Pekerjaan

Pada *Tekla Structures* ini dapat menampilkan volume pekerjaan dengan memilih *tab drawing & reports* kemudian memilih *reports*. Setelah masuk didalamnya kita dapat memilih kategori apa saja yang ingin ditampilkan. Hasil ini nantinya akan bermanfaat untuk membuat RAB (Rencana Anggaran Biaya).



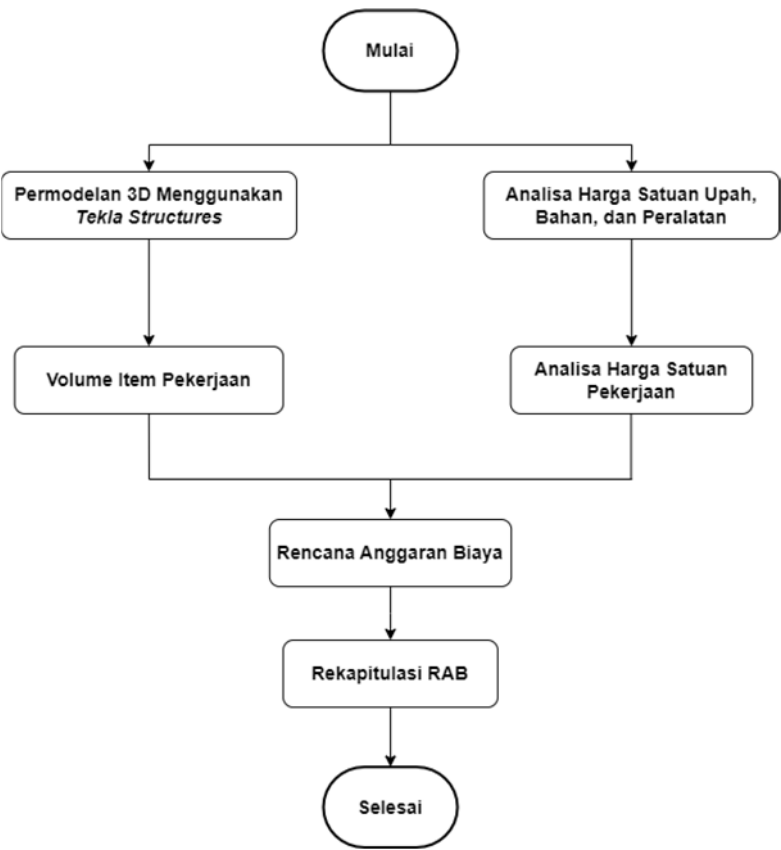
Gambar 3. 21 Analisis Volume Pekerjaan

Sumber: Dokumen Pribadi

Setelah membuat permodelan 3D menggunakan *Tekla Structures*, langkah selanjutnya adalah:

3.7 Pembuatan Rencana Anggaran Biaya

Pembuatan Rencana Anggaran Biaya (RAB) dilakukan dengan memanfaatkan aplikasi *Microsoft Excel* untuk mengolah volume yang diperoleh dari output *Tekla Structures*. RAB ini berisi informasi penting seperti jumlah material yang diperlukan, harga per unit, dan total biaya. Selain itu, RAB juga mencakup berbagai jenis material serta biaya tenaga kerja yang diperlukan untuk menyelesaikan proyek. Tujuan dari penyusunan RAB ini adalah untuk mengetahui total biaya dalam pembangunan Gedung Kampus Universitas Nahdatul Ulama Yogyakarta.



Gambar 3. 22 Bagan Alir Tahap Pembuatan RAB

Sumber : (Junito Martins et al., 2020)

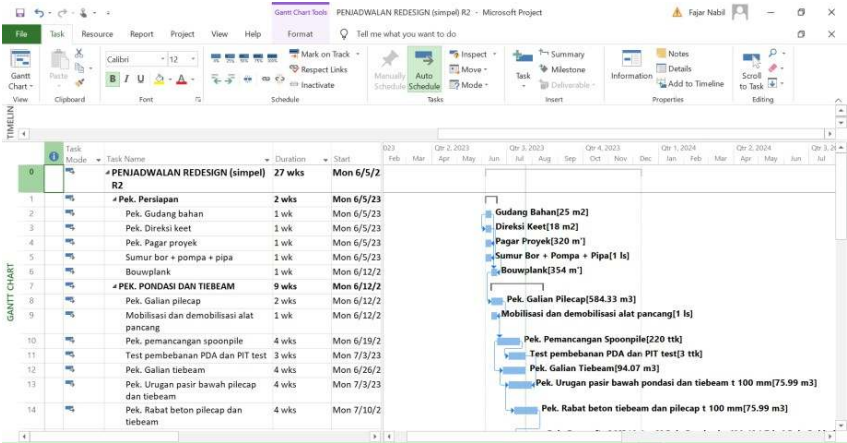
3.8 Penjadwalan

Penjadwalan disusun secara sistematis dengan mempertimbangkan bobot pekerjaan pelaksanaan, bertujuan untuk memudahkan koordinasi dan

pemantauan. Hal ini sangat penting agar kerugian dapat diminimalisir dan pekerjaan dapat diselesaikan tepat waktu. Penelitian ini menggunakan aplikasi *Microsoft Project*, yang didasarkan pada anggaran harga satuan pekerjaan (AHSP) dikalikan dengan volume yang dihasilkan dari *Tekla Structures*.

Metode pembuatan penjadwalan di *Ms.Project* yaitu :

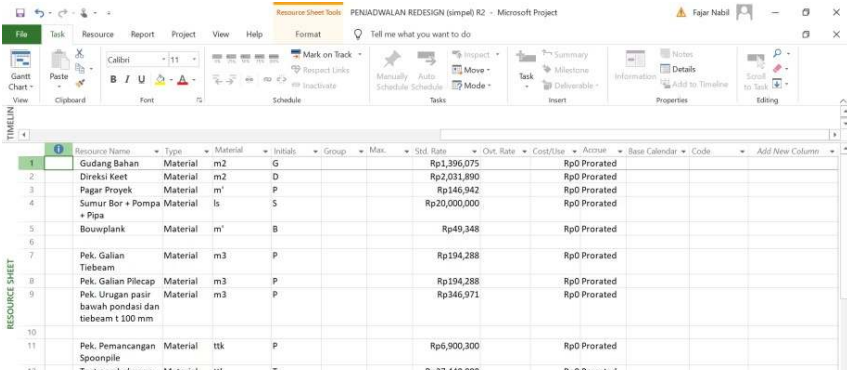
1. Pertama-tama, tentukan secara sistematis waktu yang diperlukan untuk setiap pekerjaan agar pelaksanaan dapat dilakukan tanpa adanya kendala antara satu tugas dengan tugas lainnya.



Gambar 3. 23 Penyusunan pekerjaan

Sumber: Dokumen Pribadi

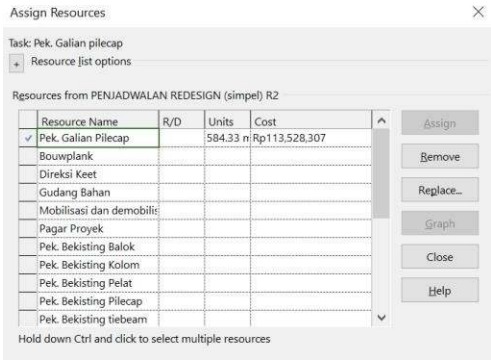
2. Akses *resource sheet* untuk memasukkan harga satuan setiap pekerjaan. Pastikan untuk memperhatikan tipe material agar dapat menghindari kesalahan harga pada hasil akhir.



Gambar 3. 24 Input harga satuan pekerjaan

Sumber: Dokumen Pribadi

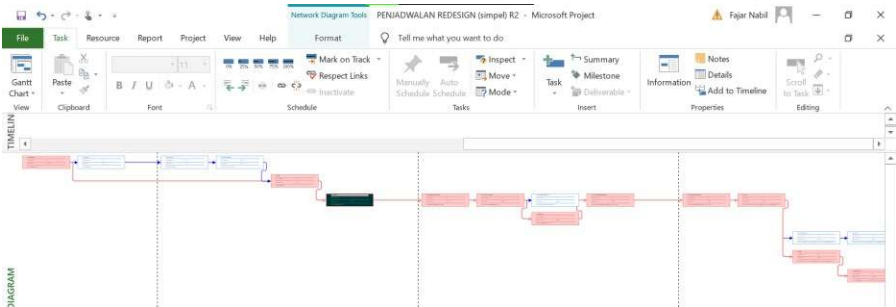
3. Masukkan total volume untuk setiap pekerjaan melalui menu "*Assign Resources*" di *Tekla Structures*. Data yang telah dimasukkan akan secara otomatis mengalikan volume per pekerjaan dengan harga satuan masing-masing pekerjaan.



Gambar 3. 25 Input volume pekerjaan

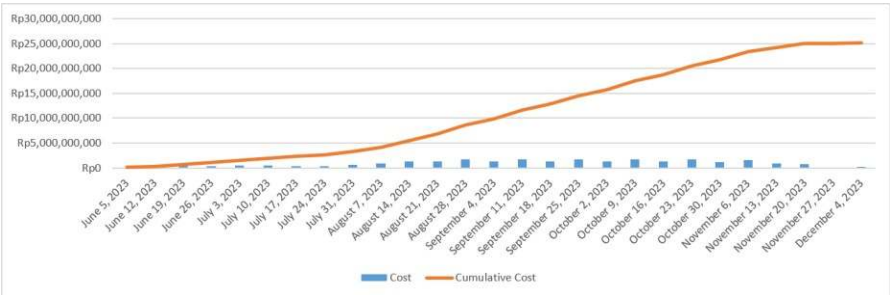
Sumber: Dokumen Pribadi

4. Hasil dari data yang telah diinput akan menghasilkan *network planning* (NWP) serta kurva S, yang mencakup detail mulai dari tanggal dimulainya pekerjaan hingga tanggal penyelesaiannya.



Gambar 3. 26 Network planning

Sumber: Dokumen Pribadi



Gambar 3. 27 Kurva S

Sumber: Dokumen Pribadi

3.9 RKS (Rencana Kerja & Syarat-Syarat)

RKS disusun sebagai panduan untuk pelaksanaan proyek, dengan tujuan menghindari terjadinya pekerjaan yang dilakukan secara berulang. Oleh karena itu, dalam penelitian ini, setiap aspek yang akan dilaksanakan akan dihitung dan dipertimbangkan secara rinci, termasuk spesifikasi seperti dimensi beton dan detail penggunaan tulangan pada kolom, balok, pelat, dan pondasi. Hingga kualitas mutu material yang digunakan juga akan dibahas secara mendalam dalam lampiran.

BAB IV

ANALISA DAN PEMBAHASAN

4.1 Data perencanaan

Data perencanaan untuk struktur gedung ini adalah sebagai berikut :

- Tipe bangunan : Bangunan Kampus
- Letak bangunan : Daerah Istimewa Yogyakarta
- Lebar bangunan : 40m
- Panjang bangunan : 64m
- Tinggi bangunan : 37,5m
- Mutu Beton : $f_c' 37,35 \text{ MPa}$
- Mutu baja : BjTS 420B

4.2 Preliminary Desain

Preliminary desain digunakan untuk merencanakan dimensi kompinen sesuai dengan persyaratan dari SNI 2847:2019. Pada tahap awal perancangan struktur gedung 9 lantai ini, dimensi balok induk ditentukan berdasarkan kriteria batas lendutan sesuai dengan standar yang berlaku. Penentuan tinggi minimal balok (h) merujuk pada ketentuan bentang bebas (L) untuk memastikan kekakuan elemen struktur dalam memikul beban gravitasi maupun beban lateral gempa

4.2.1 Preliminary Balok

1. Preliminary Balok Induk dan Tie Beam

Untuk perencanaan pada Gedung Bangunan Kampus , balok direncanakan menggunakan baja tulangan $f_y 420 \text{ MPa}$ dengan mutu beton $f_c' 37,35 \text{ MPa}$. a. Balok bentang 8000 mm

- a. Balok B1 bentang 8000 mm

$$\begin{aligned}
 h_{min} &= \frac{L}{12} \\
 &= \frac{8000}{12} \\
 &= 666,67 \text{ mm} \\
 h_{pakai} &= 700 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

Penentuan Lebar Balok (b)

Dalam perancangan ini, lebar balok (b) ditentukan tidak hanya berdasarkan rasio konvensional, namun juga mempertimbangkan kebutuhan kekakuan torsi dan kemudahan penempatan tulangan pada daerah hubungan balok-kolom (*joint*) untuk gedung bertingkat tinggi. Mengingat gedung ini memiliki 9 lantai yang memerlukan kekakuan lateral yang signifikan, maka diambil rasio b/h sebesar 0,85.

$$\begin{aligned}
 b &= 0,85 \times h \\
 b &= 0,85 \times h_{pakai} \\
 &= 0,85 \times 700 \\
 &= 595 \text{ mm} \\
 b_{pakai} &= 600 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

Dengan demikian, dimensi balok induk yang digunakan dalam pemodelan SAP2000 adalah 600 x 700 mm. Dimensi ini telah memenuhi syarat teknis untuk menjamin performa struktur yang kaku terhadap gaya gempa..

- b. Balok B2 bentang 8000 mm

$$h_{min} = \frac{L}{12}$$

$$\begin{aligned}
 &= \frac{8000}{12} \\
 &= 666,67 \text{ mm} \\
 h_{pakai} &= 700 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

Balok B2 dengan dimensi 500x700 mm digunakan pada bentang 8 meter. Penentuan lebar $b = 500 \text{ mm}$ (rasio 0,71 terhadap h) dilakukan untuk memberikan kapasitas geser yang lebih besar dibandingkan balok standar, namun tetap menjaga efisiensi berat sendiri struktur jika dibandingkan dengan tipe B1."

$$\begin{aligned}
 b &= \frac{1}{0,71} \times h_{pakai} \\
 &= \frac{1}{0,71} \times 700 \\
 &= 497 \text{ mm} \\
 b_{pakai} &= 500 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

Dimensi balok hasil perhitungan awal berdasarkan syarat lendutan minimum adalah (b/h) 350 x 700 mm. Setelah dilakukan analisa struktur menggunakan program **SAP2000** untuk menahan beban gempa dan meningkatkan kekakuan lateral pada gedung 9 lantai, maka didapatkan dimensi aktual yang lebih optimal. Maka, dimensi balok yang digunakan adalah (b/h) 500 x 700 mm

c. Balok B3

Penentuan dimensi balok B3 dilakukan dengan mempertimbangkan efisiensi berat struktur pada lantai atap serta batas lendutan izin. Berikut adalah tahapan perhitungannya:

Perhitungan Tinggi Balok (h) Berdasarkan estimasi awal menggunakan bentang kritis $L = 8000$ mm:

$$\begin{aligned} h_{min} &= \frac{L}{12} \\ &= \frac{8000}{12} \\ &= 666,67 \text{ mm} \\ h_{pakai} &= 600 \text{ mm} \end{aligned}$$

Untuk mengoptimalkan beban mati (*self-weight*) pada level tertinggi gedung, maka digunakan tinggi aktual:

$$h_{pakai} = 600 \text{ mm}$$

Perhitungan Lebar Balok (b) Menggunakan rasio b/h sebesar 0,75 untuk menyesuaikan kebutuhan kekakuan lateral pada area pinggir gedung

$$\begin{aligned} b &= \frac{1}{0,75} \times h_{pakai} \\ &= \frac{1}{0,75} \times 600 \\ &= 450 \text{ mm} \\ b_{pakai} &= 450 \text{ mm} \end{aligned}$$

Dimensi balok hasil perhitungan awal adalah (b/h) 300 x 600 mm. Setelah dilakukan simulasi beban gempa dan gravitasi menggunakan program SAP2000, didapatkan dimensi aktual yang lebih stabil untuk menahan kapasitas momen dan geser pada bentang 8 meter di lantai atap. Maka, dimensi yang digunakan adalah (b/h) 450 x 600 mm.

d. Penentuan dimensi Balok Anak (BA1)

Balok anak berfungsi untuk membagi beban dari pelat lantai ke balok induk sehingga dapat mereduksi momen pada pelat. Penentuan dimensi awal balok anak menggunakan pendekatan rasio yang lebih ekonomis dibandingkan balok induk

Perhitungan Tinggi Balok (h) Untuk balok anak, tinggi minimum dapat menggunakan rasio $h \approx \frac{1}{15} \times L$. Dengan bentang $L = 8000$ mm:

$$\begin{aligned} h_{min} &= \frac{L}{15} \\ &= \frac{8000}{15} \\ &= 533,33 \text{ mm} \\ h_{pakai} &= 650 \text{ mm} \end{aligned}$$

Untuk meningkatkan kekakuan struktur terhadap puntir serta memberikan faktor keamanan yang lebih tinggi, maka ditetapkan tinggi aktual sebesar:

$$h_{pakai} = 650 \text{ mm}$$

Perhitungan Lebar Balok (b) Penentuan lebar balok anak menggunakan rasio terhadap tinggi (h) sebesar 0,54

$$\begin{aligned} b &= \frac{1}{0,54} \times h_{pakai} \\ &= \frac{1}{0,54} \times 650 \\ &= 351 \text{ mm} \\ b_{pakai} &= 350 \text{ mm} \end{aligned}$$

Dimensi awal balok anak berdasarkan perhitungan teoritis adalah (b/h) 325 x 650 mm. Namun, setelah dilakukan pemodelan dan analisis beban menggunakan program SAP2000, dimensi tersebut disesuaikan menjadi 350 x 650 mm guna memastikan kapasitas geser penampang telah memenuhi syarat teknis dalam memikul beban gravitasi yang disalurkan dari pelat lantai. Maka, dimensi aktual yang diaplikasikan dalam pemodelan struktur adalah (b/h) 350 x 650 mm.

e. Penentuan dimensi Balok Anak (BA2)

Balok anak tipe 2 (BA 2) diaplikasikan pada area lantai atap dengan bentang 8 meter. Penggunaan balok anak pada area ini bertujuan untuk membagi luasan pelat atap agar ketebalan pelat tetap efisien dan mampu memikul beban genangan air hujan secara optimal.

Perhitungan Tinggi Balok (h)

Berdasarkan kriteria estimasi tinggi balok anak $h \approx \frac{1}{15} \times L$ untuk bentang $L = 8000$ mm:

$$\begin{aligned} h_{min} &= \frac{L}{15} \\ &= \frac{8000}{15} \\ &= 533,33 \text{ mm} \\ h_{pakai} &= 600 \text{ mm} \end{aligned}$$

Untuk menjamin kekakuan struktur dalam memikul beban mati tambahan dan beban air hujan yang terakumulasi pada pelat atap, maka ditetapkan:

$$h_{pakai} = 600 \text{ mm}$$

Perhitungan Lebar Balok (b)

Penentuan lebar balok menggunakan rasio 0,58 terhadap tinggi (h) untuk mendapatkan penampang yang stabil:

$$\begin{aligned} b &= \frac{1}{0,54} \times h_{pakai} \\ &= \frac{1}{0,54} \times 600 \\ &= 348 \text{ mm} \\ b_{pakai} &= 350 \text{ mm} \end{aligned}$$

Rasio (b/h) sebesar 0,58 pada BA 2 dipilih dengan pertimbangan teknis sebagai berikut:

- **Ketahanan Terhadap Beban Air Hujan:** Dimensi 350 x 600 mm memberikan kekakuan yang cukup untuk mencegah lendutan berlebih yang dapat menyebabkan efek *ponding* (genangan air) pada slab atap.
- **Kontrol Lendutan Izin:** Tinggi 600 mm sudah melebihi syarat minimum **SNI 2847:2019** ($L / 18,5 = 432 \text{ mm}$). Dengan demikian, balok ini sangat aman secara servisibilitas untuk bentang 8 meter.
- **Efisiensi Berat Struktur:** Penggunaan dimensi yang lebih ramping dibandingkan balok induk lantai tipikal bertujuan untuk mengurangi beban massa bangunan pada level teratas, sehingga dapat mereduksi gaya gempa desain pada struktur bawah.

Berdasarkan hasil analisis pada program SAP2000, dimensi aktual (b/h) 350 x 600 mm dinyatakan memenuhi syarat kekuatan dan lendutan untuk memikul beban kombinasi pada lantai atap.

f. Penentuan dimensi Balok tie beam

Penentuan dimensi *Tie Beam* didasarkan pada besarnya beban aksial kolom dan panjang bentang untuk meminimalisir penurunan fondasi yang tidak seragam (*differential settlement*). Sesuai dengan standar praktik rekayasa struktur, dimensi *Tie Beam* ditentukan sebagai berikut:

Tinggi Tie Beam (h) Tinggi balok ikat ditentukan berdasarkan rasio terhadap panjang bentang ($L = 8000$ mm) untuk menjamin kekakuan arah lateral:

$$\begin{aligned} h_{min} &= \frac{1}{12} \times L \\ &= \frac{1}{12} \times 8000 \\ &= 666,67 \text{ mm} \\ h_{pakai} &= 700 \text{ mm} \end{aligned}$$

Lebar Tie Beam (b):

Lebar balok ikat ditentukan dengan mempertimbangkan lebar kolom terbesar agar penyaluran gaya aksial berlangsung optimal, dengan batas minimum:

$$\begin{aligned} b &= \frac{1}{2} \times h_{pakai} \\ &= \frac{1}{2} \times 700 \\ &= 350 \text{ mm} \end{aligned}$$

Dalam perancangan ini, lebar yang digunakan adalah 500 mm. Pemilihan lebar $b = 500$ mm (rasio 0,71 terhadap h) didasarkan pada kebutuhan kekakuan torsi dan kapasitas geser yang lebih tinggi pada level dasar bangunan.

Mencari Rasio :

$$Rasio = \frac{b}{h} \times \frac{500}{700} = 0,714$$

Penentuan lebar *tie beam* b menggunakan rasio sebesar 0,71 terhadap tinggi balok (h) guna meningkatkan kekakuan lateral struktur bawah. Dan menghitung Lebar (b) jika diketahui rasionya: Jika menetapkan rasio kekakuan balok adalah 0,71 dari tingginya, maka:

$$\begin{aligned} b_{pakai} &= 0,71 \times h_{pakai} \\ &= 0,71 \times 700 \\ &= 497 \text{ mm} \\ b_{pakai} &= 500 \text{ mm} \end{aligned}$$

Hasil 497 mm ini kemudian dibulatkan ke atas menjadi angka praktis lapangan yaitu 500 mm.

Berikut adalah rekapitulasi hasil perhitungan balok

Tabel 4. 4 Rekapitulasi Tipe dan Dimensi Balok Induk TieBeam			
Tipe Balok	PanjangBentang(mm)	Tinggi (mm)	Lebar (mm)
B1	8000	700	600
B2	8000	700	500
B3	8000	600	450
BA 1	8000	650	350
BA 2	8000	600	350
TB	8000	700	500

4.2.2 Preliminary Kolom

Untuk mencari dimensi kolom dalam perencanaan ini menggunakan kekakuan kolom dengan persamaan sebagai berikut:

Tabel 4. 5 Preliminary Dimensi Kolom K1

K1 lantai 1-5							
mutu beton (f'c)	33,2	Mpa	K-400				
jumlah lantai	9	lantai					
Nama	berat jenis	beban	jumlah	b	h	Berat	
	(Kn/m3)	(Kn/m2)	(n)	(m)	(m)		
pelat	24		10		0,2	64	3072
balok 1	24		10	0,6	0,7	16	1612,8
kolom	24		9	1	1	5	1080
keramik	24		9		0,01	64	138,24
M&E + utilitas		0,25	9			64	144
plafon + rangka		0,2	10			64	128
Total Beban Mati							6175,04
1	beban hidup	2,5	9			64	1440
Kombinasi 1.2D + 1.6L (Pu)							9714048 N
Luasan perlu kolom per satuvkolom (A)							975306,024 mm2
√A							987,575832 mm
DIPAKAI LUAS KOLOM (A)							1000 mm
Luasasn Kolom				1000	1000		1000000 mm2
OK							

Asumsi Tulangan

Kolom = 1.000.000 mm2

Diameter Tulangan = D29

Luas Tulangan = 660,520 mm2

Menggunakan Tulangan = 28 D 29

As = 18.494,56 mm2

Rasio Tulangan = 0,01849 > 0,01 **OK**

Selimut Beton = 50 mm

Diameter Sengkang = D13 – 150 mm

Cross Tie = D13 – 150 mm

Tabel 4. 6 Preliminary Dimensi Kolom K2

K2 lantai 5-9

mutu beton (f'c)	33,2	Mpa	K-400				
jumlah lantai	4	lantai					
Nama	berat jenis	beban	jumlah	b	h	Berat	
	(Kn/m3)	(Kn/m2)	(n)	(m)	(m)	(kN)	
pelat	24		5		0,2	64	1536
balok 1	24		5	0,6	0,7	16	806,4
kolom	24		5	1	1	5	600
keramik	24		4		0,01	64	61,44
M&E + utilitas		0,25	4			64	64
plafon + rangka		0,2	5			64	64
Total Beban Mati							3131,84
1	beban hidup	2,5	5			64	800
Kombinasi 1.2D + 1.6L (Pu)							5038208
Luasan perlu kolom per satuvkolom (A)							505844,177
$\sqrt{A}$							711,227233
DIPAKAI LUAS KOLOM (A)							800
Luasasn Kolom					800	800	640000
OK							

N
mm2
mm
mm2

Asumsi Tulangan

Kolom = 640.000 mm2

Diameter Tulangan = D29

Luas Tulangan = 660,520 mm2

Menggunakan Tulangan = 24 D 29

As = 15852,5 mm2

Rasio Tulangan = 0,02476 > 0,01 OK

Selimut Beton = 50 mm

Diameter Sengkang = D13 – 150 mm

Cross Tie = D13 – 150 mm

Tabel 4. 7 Preliminary Dimensi Kolom K3

K3 lantai 5-9

mutu beton (f'c)	33,2	Mpa	K-400				
jumlah lantai	4	lantai					
Nama	berat jenis	beban	jumlah	b	h	Berat	
	(Kn/m3)	(Kn/m2)	(n)	(m)	(m)	(kN)	
pelat	24		5		0,2	32	768
balok 1	24		5	0,6	0,7	16	806,4
kolom	24		5	1	1	5	600
keramik	24		4		0,01	32	30,72
M&E + utilitas		0,25	4			32	32
plafon + rangka		0,2	5			32	32
Total Beban Mati							2269,12
1	beban hidup	2,5	5			32	400
Kombinasi 1.2D + 1.6L (Pu)							3362944
Luasan perlu kolom per satuvkolom (A)							337644,98
$\sqrt{A}$							581,072267
DIPAKAI LUAS KOLOM (A)							700
Luasasn Kolom					700	700	490000
OK							

N
mm2
mm
mm
mm2

Asumsi Tulangan

Kolom = 490.000 mm2

Diameter Tulangan = D25

Luas Tulangan = 490,87 mm2

Menggunakan Tulangan = 24 D 25

As = 11780,88 mm2

Rasio Tulangan = 0,02404 > 0,01 OK

Selimut Beton = 50 mm

Diameter Sengkang = D13 – 150 mm

Cross Tie = D13 – 150 mm

4.2.3 Preliminary Plat Lantai

Alur perencanaan tebal pelat lantai sebagai berikut :

1. Pelat ukuran 8000 x 8000

$$L_n = 8000 - (2 \times 300) = 7700$$

$$S_n = 8000 - (2 \times 300) = 7700$$

$$\beta = \frac{L_n}{S_n} = \frac{7700}{7700} = 1,00$$

$$\text{Tebal Rencana} = 200 \text{ mm}$$

2. Menghitung rasio kekakuan balok B1 600/700 mm

$$\text{Rencana tebal pelat, } h_f : 200 \text{ mm}$$

$$b_w : 600 \text{ mm}$$

$$h : 700 \text{ mm}$$

$$L_y : 8000 \text{ mm}$$

$$L_x : 8000 \text{ mm}$$

$$h_b, (h-h_f) : 500 \text{ mm}$$

$$b_e, (b_w + 2h_b \leq b_w + 8h_f) : 1600 \leq 2200 \text{ mm}$$

$$b_e, \text{ pakai} : 1600 \text{ mm}$$

$$k = \frac{1 + \left(\frac{160}{60} - 1\right)\left(\frac{20}{70}\right) \left[4 - 6\left(\frac{20}{70}\right) + 4\left(\frac{20}{70}\right)^2 + \left(\frac{160}{60} - 1\right)\left(\frac{20}{70}\right)^3\right]}{1 + \left(\frac{160}{60} - 1\right)\left(\frac{20}{70}\right)}$$

$$k = 1,765$$

$$I_{balokT} = k \frac{b_w \cdot h^3}{12} = 1,765 \frac{60 \cdot 70^3}{12} = 3.026.975 \text{ cm}^4$$

$$I_{pelat} = \frac{1}{12} b \cdot h_f^3 = \frac{1}{12} 800 \cdot 20^3 = 533.333 \text{ cm}^4$$

Rasio kekakuan balok terhadap pelat

$$\alpha_1 = \frac{I_b}{I_p} = \frac{3.026.975}{533.333} = 5,68$$

3. Menghitung rasio kekakuan balok B1 500/700 mm

$$\text{Rencana tebal pelat, } h_f : 200 \text{ mm}$$

$$b_w : 500 \text{ mm}$$

$$h : 700 \text{ mm}$$

$$L_y : 8000 \text{ mm}$$

$$L_x : 8000 \text{ mm}$$

$$h_b, (h-h_f) : 500 \text{ mm}$$

$$b_e, (b_w + 2h_b \leq b_w + 8h_f) : 1500 \leq 2100 \text{ mm}$$

$$b_e, \text{ pakai} : 1500 \text{ mm}$$

$$k = \frac{1 + (\frac{150}{50} - 1)(\frac{20}{70}) \left[4 - 6(\frac{20}{70}) + 4(\frac{20}{70})^2 + (\frac{150}{50} - 1)(\frac{20}{70})^3 \right]}{1 + (\frac{150}{50} - 1)(\frac{20}{70})}$$

$$k = 1,821$$

$$I_{balokT} = k \frac{bw \cdot h^3}{12} = 1,821 \frac{50 \cdot 70^3}{12} = 2.602.343 \text{ cm}^4$$

$$I_{pelat} = \frac{1}{12} b \cdot h f^3 = \frac{1}{12} 800 \cdot 20^3 = 533.333 \text{ cm}^4$$

Rasio kekakuan balok terhadap pelat

$$\alpha_1 = \frac{I_b}{I_p} = \frac{2.602.343}{533.333} = 4,88$$

4. Menghitung nilai $\alpha f m$ dari perhitungan rasio kekakuan balok terhadap pelat

$$\alpha f m = \frac{(\alpha_1 + \alpha_2) \times 2}{4}$$

$$\alpha f m = \frac{(5,68 + 4,88) \times 2}{4} = 5,28$$

5. Menentukan tebal minimum pelat

Dari perhitungan di atas nilai $\alpha f m > 2$, maka menurut SNI 2847-2019 (tabel 8.3.1.2) tebal minimum 90 atau menggunakan persamaan berikut ini :

$$L_n = 8000 - 600 : 7400 \text{ mm}$$

$$F_y = 420 \text{ Mpa}$$

$$B = \text{rasio bentang} : 7400/7400 = 1,00$$

$$h_{min} = \frac{\ln(0,8 + \frac{f_y}{1400})}{36 + 9\beta} = \frac{7400(0,8 + \frac{420}{1400})}{36 + 9(1)} = \frac{7400 \cdot 1,1}{45} = 180,88 \text{ mm}$$

Tebal pelat lantai hasil perhitungan adalah $h_{min} = 180,88 \text{ mm}$. Berdasarkan hasil tersebut, maka tebal pelat aktual yang digunakan dalam analisa struktur SAP2000 untuk lantai dasar sampai lantai 9 adalah **200 mm**. Pemilihan tebal 200 mm ini bertujuan untuk menjamin kekakuan gedung dan memberikan keamanan ekstra terhadap lendutan pada bentang lebar (8 meter).

4.3 Analisa Pembebanan

4.3.1 Beban Mati

Beban mati terdiri dari massa elemen struktur tersebut yang dihitung secara otomatis dengan program SAP2000. Selain beban mati struktur juga ada beban mati tambahan atau *super imposed dead load* (SIDL) yang berasal dari elemen non struktural.

1. Beban mati desain minimum
 - a. Plafon gypsum tebal 9 mm, (0,008 KN/m²) : 0,072 KN/m² (SNI 1727-2020 tabel C3.1-1)
 - b. *Mechanical ducting* : 0,19 KN/m² (SNI 1727-2020 tabel C3.1-1)
 - c. Keramik beserta spesi 25 mm : 1,1 KN/m² (SNI 1727-2020 tabel C3.1-1)
 - d. Pasangan batu bata merah tebal 1/2 bata 1,87 KN/m² : 0,935 KN/m² (SNI 1727-2020 tabel C3.1-1)
 - e. Plesteran : 0,24 KN/m² (SNI 1727-2020 tabel C3.1-1)
2. Beban mati tambahan pelat lantai
 - a. Plafon gypsum tebal 9 mm : 0,072 KN/m²
 - b. *Mechanical ducting* : 0,19 KN/m²
 - c. Keramik beserta spesi 25 mm : 1,1 KN/m²
3. Beban mati tambahan pada plat atap dan tandon
 - a. Berat tendon (16m²) : 25 KN/m²
 - b. Utilitas roof top : 25 KN/m²

4.3.2 Beban Hidup

Beban hidup yang digunakan tidak kurang dari beban merata minimum yang ditetapkan SNI 1727-2020 tabel 4.3.1

1. Beban hidup desain minimum
 - a. Beban hidup terfaktor ruang kelas, (min. 2,4 KN/m²) : 2,5 KN/m²
 - b. Beban hidup terfaktor koridor dan ruang public : 2,5 KN/m²
 - c. Beban hidup terfaktor ruang sebagai tempat berkumpul : 2,5 KN/m²

- d. Beban hidup langit-langit : 0,48
 KN/m² (SNI 1727-2020 tabel C3.1-1)

Beban hidup sebesar 2,5 kN/m² digunakan sebagai beban rata-rata rencana. Untuk area koridor, kapasitas layan pelat telah ditingkatkan melalui penggunaan tebal pelat aktual 200 mm (lebih besar dari h_{min} hasil hitungan 180,88 mm) guna menjamin keamanan terhadap beban puncak sirkulasi mahasiswa.

4.3.3 Beban Hujan

Berat air hujan, $R = (0,00981 \times (ds + dh))$

ds, tinggi statis genangan : 30 mm

dh, kepala hidraulik : 20 mm

$$R = 0,00981 (30+20) = 0,491 \text{ KN/m}^2$$

Beban hujan sebesar 0,491 kN/m² akan diaplikasikan pada elemen pelat atap sesuai dengan parameter curah hujan wilayah Yogyakarta dan sistem drainase gedung yang direncanakan.

4.3.4 Beban Gempa

Analisis beban gempa pada gedung kampus UNU ini mengacu pada SNI 1926-2019 dengan tinjauan lokasi gempa di Kota Yogyakarta. Langkah-langkah dalam perencanaan beban gempa sebagai berikut :

- Kategori resiko bangunan

Berdasarkan dengan SNI 1917-2019 tabel 3, bangunan gedung dengan jenis pemanfaatan gedung kampus UNU termasuk dalam kategori resiko III.

- Faktor keutamaan gempa

Berdasarkan SNI 1726-2019 tabel 4 bangunan gedung dengan kategori resiko III faktor keutamaan gempa I_e sebesar 1,25.

- Mendefinisikan klasifikasi situs dengan hasil uji SPT (*standar penetration test*). Lokasi data tanah di daerah Tembalang, Kota yogyakarta.

Berdasarkan klasifikasi situs SNI 1726-2019 tabel 5, dapat diketahui bahwa

Tabel 4. 8 Rekapitulasi nilai SPT

NO	KEDALAMAN	T (m)	N (SPT)	N' T/N
1	0 - 2	2	3	0,666667
2	2 - 4	2	13	0,153846
3	4 - 6	2	37	0,054054
4	6 - 8	2	45	0,044444
5	8 - 10	2	60	0,033333
6	10 - 12	2	60	0,033333
7	12 - 14	2	60	0,033333
8	14 - 16	2	41	0,04878
9	16 - 18	2	47	0,042553
10	18 - 20	2	60	0,033333
11	20 - 22	2	60	0,033333
12	22 - 24	2	60	0,033333
JUMLAH		24	546	1,210345

Σ N	19,82906
-----	----------

(Sumber : Hasil analisis penulis, 2026)

$$N_{rata-rata} = \frac{\sum T}{\sum (\frac{T}{N})} = \frac{24}{1,210} = 19,83$$

Berdasarkan klasifikasi situs (SNI 1726-2019 tabel 5), dapat diketahui dengan nilai 19,83 termasuk dalam kategori tanah sedang (SD).

Tabel 4. 9 Klasifikasi Situs

Kelas situs	$\bar{v}_s$ (m/detik)	$\bar{N}$ atau $\bar{N}_{ch}$	$\bar{s}_u$ (kPa)
SA (batuan keras)	>1500	N/A	N/A
SB (batuan)	750 sampai 1500	N/A	N/A
SC (tanah keras, sangat padat dan batuan lunak)	350 sampai 750	>50	≥ 100
SD (tanah sedang)	175 sampai 350	15 sampai 50	50 sampai 100
SE (tanah lunak)	< 175	<15	< 50
	Atau setiap profil tanah yang mengandung lebih dari 3 m tanah dengan karakteristik sebagai berikut : 1. Indeks plastisitas, $PI > 20$, 2. Kadar air, $w \geq 40\%$, 3. Kuat geser niralir $\bar{s}_u < 25$ kPa		
SF (tanah khusus,yang membutuhkan investigasi geoteknik spesifik dan analisis respons spesifik-situs yang mengikuti 0)	Setiap profil lapisan tanah yang memiliki salah satu atau lebih dari karakteristik berikut: - Rawan dan berpotensi gagal atau runtuh akibat beban gempa seperti mudah likuifaksi, lempung sangat sensitif, tanah tersementasi lemah - Lempung sangat organik dan/atau gambut (ketebalan $H > 3$ m)		

(Sumber : SNI 1726-2019 tabel 5)

Parameter percepatan gempa (S_s dan S_1) dapat dicari pada SNI 1926-2019 gambar 15 dan 16 atau melalui website www.rsa.ciptakarya.pu.go.id/2021/ untuk wilayah Kota Semarang memiliki nilai $S_s = 1,311$ g dan $S_1 = 0,510$ g.

Results: Tabel dibawah ini merupakan Parameter untuk membuat Grafik Desain Spektra Indonesia:

Kelas

SBC - Batuan

Rentang T(s)

Value: 6

PGA MCEg

0.4905 (g) bedrock

SS MCEr

1.1070 (g) bedrock

S1 MCEr

0.5070 (g) bedrock

TL

6 Detik

T0(detik)

0.08

Ts(detik)

0.40

Sds(g)

0.67

Sd1(g)

0.27

Save

Berdasar parameter percepatan gempa, koefisien situs (F_a dan F_s) dapat

ditentukan berdasarkan SNI 1726-2019 tabel 6 dan 7.

Tabel 4. 10 Koef situs, Fa

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

Nilai S_s didapat 1,311 g berada diantara 0,75 dan 1,0 dengan klasifikasi SD (tanah sedang), sehingga diperlukan interpolasi untuk mendapatkan nilai F_a .

Nilai S_s hasil tabel : 0,75 dan 1

Nilai kelas situs : SD

4.3.5 Kombinasi Pembebanan

Menurut SNI 1726-2020 pasal 4.2.2.1 “Struktur, komponen-elemen struktur dan elemen-elemen pondasi harus didesain sedemikian hingga kuat rencananya sama atau melebihi pengaruh beban-beban terfaktor dengan kombinasi-kombinasi sebagai di bawah”.

- 1. 1,4D
- 2. 1,2D + 1,6L + 0,5Lr
- 3. 1,2D + 1W + L + 0,5Lr
- 4. 0,9D + 1W

Sementara kombinasi pembebanan dengan faktor kuat lebih, digunakan kombinasi pembebanan sesuai dengan SNI 1726-2019 pasal 8.3.2.3 sebagai berikut :

- 1. $(1,2 + 0,2S_{DS})D + E + L$
- 2. $(0,9 - 0,2S_{DS})D + E$

Dari persamaan kombinasi di atas, dengan nilai $SDS = 0,8$ diperoleh kombinasi

pembebanan dengan faktor kuat lebih sebagai berikut :

1. $1,4D + 1,4SDL$
2. $1,2D + 1,2SDL + 1,6LL$
3. $1,34D + 1,34SDL + 1LL + 1EDx + 0,3EDy$
4. $1,34D + 1,34SDL + 1LL + 1EDx - 0,3EDy$
5. $1,34D + 1,34SDL + 1LL - 1EDx + 0,3EDy$
6. $1,34D + 1,34SDL + 1LL - 1EDx - 0,3EDy$
7. $1,34D + 1,34SDL + 1LL + 0,3EDx + 1EDy$
8. $1,34D + 1,34SDL + 1LL + 0,3EDx - 1EDy$
9. $1,34D + 1,34SDL + 1LL - 0,3EDx + 1EDy$
10. $1,34D + 1,34SDL + 1LL - 0,3EDx - 1EDy$
11. $0,75D + 0,75SDL + 1EDx + 0,3EDy$
12. $0,75D + 0,75SDL + 1EDx - 0,3EDy$
13. $0,75D + 0,75SDL - 1EDx + 0,3EDy$
14. $0,75D + 0,75SDL - 1EDx - 0,3EDy$
15. $0,75D + 0,75SDL + 0,3EDx + 1EDy$
16. $0,75D + 0,75SDL + 0,3EDx - 1EDy$
17. $0,75D + 0,75SDL - 0,3EDx + 1EDy$
18. $0,75D + 0,75SDL - 0,3EDx - 1EDy$

4.4 Analisa Struktur

Permodelan *undeformed shape* struktur bangunan Gedung Universitas Nahdlatul Ulama Yogyakarta dapat dilihat pada gambar dibawah ini yang dimodelkan dari program SAP2000.

4.4.1 Faktor Skala Beban Gempa Dengan Respon Spektrum SAP2000

Berdasarkan analisis beban gempa dinamis menggunakan metode *Response Spectrum*, faktor skala yang diinput ke dalam program SAP2000 ditentukan untuk memenuhi persyaratan gaya geser dasar (*base shear*) minimum sebesar 100% dari gaya geser statis sesuai dengan regulasi **SNI 1726:2019**.

Penetapan nilai faktor skala pada struktur ini adalah sebagai berikut:

1. Perhitungan Faktor Skala Dasar

Faktor skala dasar dihitung menggunakan persamaan:

$$Scale\ Factor = \frac{I_e}{R} g$$

Dimana:

- I_e : Faktor Keutamaan Gempa (Kategori Risiko IV untuk Gedung Pendidikan = 1,5).
- R : Faktor Modifikasi Respons (ditentukan berdasarkan sistem struktur yang digunakan).
- g : Percepatan gravitasi (9,81 m/s²).

2. Skala Gempa Orthogonal (Kombinasi 100% dan 30%)

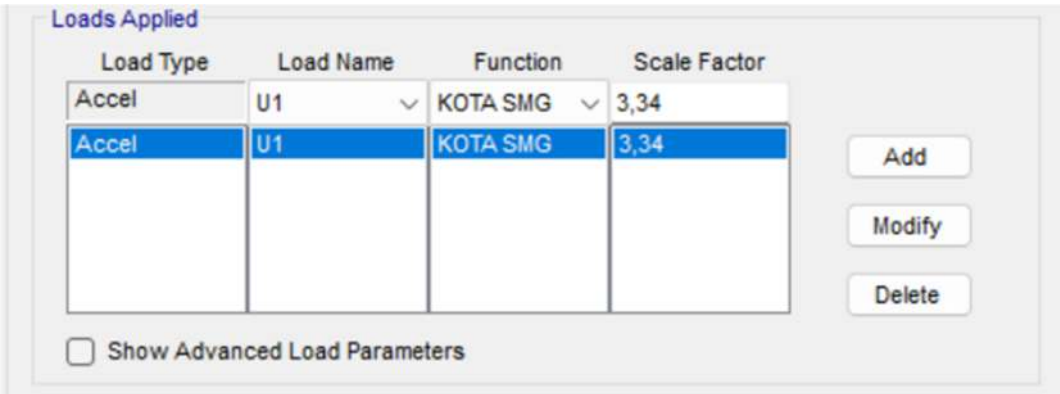
Untuk memperhitungkan pengaruh gempa dari arah yang tidak terduga, digunakan kombinasi beban orthogonal sesuai ketentuan standar desain struktur. Penerapan di dalam program SAP2000 dilakukan sebagai berikut:

- Load Case DX: Input beban arah utama (U1) sebesar 3,34 (100% gaya gempa arah X) dan arah tegak lurus (U2) sebesar 1,002 (30% gaya gempa arah Y).
- Load Case DY: Input beban arah utama (U2) sebesar 3,04 (100% gaya gempa arah Y) dan arah tegak lurus (U1) sebesar 0,912 (30% gaya gempa arah X).

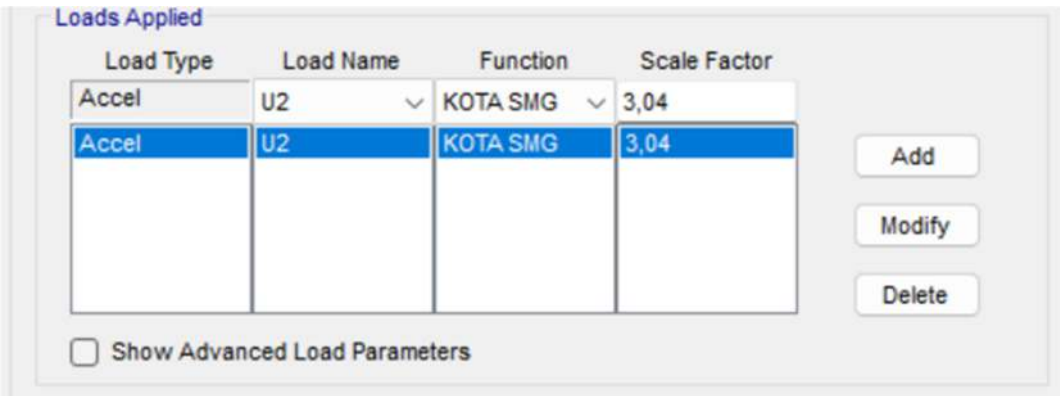
3. Justifikasi Perbedaan Nilai Faktor Skala

Terdapat perbedaan nilai faktor skala antara arah X (3,34) dan arah Y (3,04). Hal ini disebabkan oleh:

- Karakteristik Dinamik Struktur: Adanya perbedaan kekakuan lateral struktur pada masing-masing sumbu utama akibat konfigurasi elemen struktural yang tidak simetris sempurna.
- Penskalaan Gaya Geser (*Base Shear Scaling*): Penyesuaian dilakukan secara terpisah pada masing-masing arah untuk memastikan respons dinamis di setiap sumbu telah mencapai target gaya geser statis minimum sesuai persyaratan teknis.



Gambar 4. 1 Scale Factor Sumbu X



Gambar 4. 2 Scale Factor Sumbu Y

4.4.2 Kontrol Gaya Geser Gempa

Kontrol gaya geser dinamis untuk melihat mengetahui apakah gaya gempa dengan menggunakan respon spektrum sesuai dengan persyaratan SNI 1726;2019 pasal 7.8.1.1

1. Nilai C_s minimum :

$$C_s \min = 0,044 \times S_{DS} \times 1 \geq 0,01$$

$$C_s \min = 0,044 \times 0,6793 \times 1 \geq 0,01$$

$$C_s \min = 0,0298 \geq 0,01$$

2. Nilai C_s :

$$C_s = \frac{S_{DS}}{\left(\frac{R}{1}\right)} = \frac{0,6793}{\left(\frac{8}{1}\right)} = 0,0849$$

3. Nilai C_s maks

$$C_s \max = \frac{S_{D1}}{T\left(\frac{R}{1}\right)} = \frac{0,4895}{2,357\left(\frac{8}{1}\right)} = 0,0259$$

Karena nilai C_s hitung (0,0849) lebih besar dari $C_s \max$ (0,0259), maka digunakan nilai $C_s \max$ Namun, karena nilai $C_s \max$ lebih kecil dari $C_s \min$ (0,0298), maka sesuai persyaratan SNI 1726:2019 Pasal 7.8.1.1, nilai yang digunakan adalah $C_s \min = \mathbf{0,0298}$.

Penentuan gaya geser dasar gempa dinamis struktur menggunakan persamaan nilai C_s dengan persamaan sebagai berikut :

$$V = C_s \times W_t$$

Dimana :

C_s : koefisien respon seismic

W_t : Total beban seismik efektif

Diketahui total beban seismik efektif (W_t) sebesar : 413632,696 kN, maka :

$$V = C_s \times W_t$$

$$V = 0,0298 \times 413632,696 = 12326,254 \text{ kN}$$

$$0,85V = 0,85 \times 12326,254 = 10477,316 \text{ kN}$$

Tabel 4. 11 Hasil analisis gaya geser dasar

TABLE: Base Reactions				
OutputCase	CaseType	StepType	GlobalFX	GlobalFY
Text	Text	Text	KN	KN
SX	LinStatic		-12057,645	-2,308E-09
SY	LinStatic		-1,069E-08	-12079,858
DX	LinRespSpec	Max	14374,485	43,512
DY	LinRespSpec	Max	39,604	15182,74

Berdasarkan Tabel 4. , diperoleh nilai gaya geser dasar dinamis arah X ($V_{dinamis} - X$) sebesar 14.374,485 kN dan arah Y ($V_{dinamis} - Y$) sebesar 15.182,74 kN. Kedua nilai tersebut telah melampaui batas minimum $0,85V_{statik}$ yaitu 10.477,316 kN. Dengan demikian, persyaratan gaya geser dasar sesuai SNI 1726:2019 telah terpenuhi.

4.4.3 Simpangan Antar Lantai

Simpangan antar tingkat desain (Δ) seperti ditentukan dalam 0, atau 0, tidak boleh melebihi simpangan antar tingkat izin (Δ_a) seperti didapatkan dari tabel 20 SNI 1726-2019 pasal 7.12.1.

Tabel 4. 12 Simpangan antar tingkat izin, $\Delta_a^{a,b}$

Struktur	Kategori risiko		
	I atau II	III	IV
Struktur, selain dari struktur dinding geser batu bata, 4 tingkat atau kurang dengan dinding interior, partisi, langit-langit dan sistem dinding eksterior yang telah didesain untuk mengakomodasi simpangan antar tingkat.	$0,025h_{sx}^c$	$0,020h_{sx}$	$0,015h_{sx}$
Struktur dinding geser kantilever batu bata ^d	$0,010h_{sx}$	$0,010h_{sx}$	$0,010h_{sx}$
Struktur dinding geser batu bata lainnya	$0,007h_{sx}$	$0,007h_{sx}$	$0,007h_{sx}$
Semua struktur lainnya	$0,020h_{sx}$	$0,015h_{sx}$	$0,010h_{sx}$

$$\Delta x = \frac{(\delta_2 - \delta_1)Cd}{I} < \Delta_a \rightarrow \Delta_a h_x$$

Dimana :

Δ_x = simpangan antar lantai

δ = defleksi yang terjadi

I = faktor keutamaan gempa

h_x = tinggi di bawah tingkat x
 C_d = faktor pembesaran defleksi

Tabel 4. 13 Simpangan antar lantai ouput SAP2000

TABLE: Joint Displacements									
Joint	OutputCase	CaseType	StepType	U1	U2	U3	R1	R2	R3
Text	Text	Text	Text	m	m	m	Radians	Radians	Radians
60	DX	LinRespSpec	Max	0	0	0	0	0	0
60	DY	LinRespSpec	Max	0	0	0	0	0	0
168	DX	LinRespSpec	Max	0,00855	0,001202	0,000011	0,000347	0,002677	0,000101
168	DY	LinRespSpec	Max	0,00014	0,008592	0,000081	0,002478	0,000043	4,61E-06
276	DX	LinRespSpec	Max	0,027668	0,003763	0,00002	0,000429	0,003443	0,000316
276	DY	LinRespSpec	Max	0,00044	0,026785	0,000153	0,00302	0,000053	0,000014
384	DX	LinRespSpec	Max	0,043995	0,00586	0,000026	0,00041	0,003379	0,000493
384	DY	LinRespSpec	Max	0,000683	0,041478	0,000197	0,002875	0,00005	0,000022
492	DX	LinRespSpec	Max	0,059549	0,007795	0,00003	0,000391	0,003256	0,000656
492	DY	LinRespSpec	Max	0,000905	0,055249	0,000227	0,002756	0,000048	0,000029
816	DX	LinRespSpec	Max	0,075664	0,009793	0,000033	0,000364	0,003053	0,000824
816	DY	LinRespSpec	Max	0,001132	0,069538	0,000248	0,002558	0,000048	0,000037
924	DX	LinRespSpec	Max	0,090323	0,011647	0,000036	0,000291	0,002445	0,000977
924	DY	LinRespSpec	Max	0,001344	0,082994	0,000263	0,00201	0,000047	0,000044
1032	DX	LinRespSpec	Max	0,098674	0,012713	0,000037	0,000233	0,001893	0,001066
1032	DY	LinRespSpec	Max	0,001468	0,090528	0,000266	0,001544	0,000032	0,000048
1140	DX	LinRespSpec	Max	0,104652	0,013487	0,000037	0,00018	0,001445	0,001132
1140	DY	LinRespSpec	Max	0,001557	0,095919	0,000266	0,001164	0,000025	0,000051
1228	DX	LinRespSpec	Max	0,109935	0,014199	0,000038	0,000154	0,000999	0,001191
1228	DY	LinRespSpec	Max	0,00164	0,100889	0,000267	0,000987	0,000021	0,000054

Tabel 4. 14 Rekapitulasi simpangan antar lantai arah X (Δ_x)

lantai	Hsx mm	dx mm	Δ_x mm	Δa (ijin) mm	kontrol $\Delta x < \Delta$ ijin
Lt. atap	5000	109,935	29,0565	100	OK
Lt. 9	4000	104,652	32,879	80	OK
Lt. 8	4000	98,674	45,9305	80	OK
Lt. 7	5000	90,323	80,6245	100	OK
Lt. 6	5000	75,664	88,6325	100	OK
Lt. 5	4.500	59,549	85,547	90	OK
Lt. 4	4.500	43,995	89,7985	90	OK
Lt. 3	5.500	27,668	105,149	110	OK
Lt. 2	5000	8,55	47,025	100	OK
Lt. 1	0	0	0	0	OK

Tabel 4. 15 Rekapitulasi simpangan antar lantai arah Y (Δ_y)

lantai	Hsx mm	dy mm	Δ_x mm	Δa (ijin) mm	kontrol $\Delta x < \Delta$ ijin
Lt. atap	5000	100,889	27,335	100	OK
Lt. 9	4000	95,919	29,6505	80	OK
Lt. 8	4000	90,528	41,437	80	OK
Lt. 7	5000	82,994	74,008	100	OK
Lt. 6	5000	69,538	78,5895	100	OK
Lt. 5	4.500	55,249	75,7405	90	OK
Lt. 4	4.500	41,478	80,8115	90	OK
Lt. 3	5.500	26,785	100,0615	110	OK
Lt. 2	5000	8,592	47,256	100	OK
Lt. 1	0	0	0	0	OK

➤ **Metodologi Perhitungan**

- Analisis dilakukan pada titik kolom **K1** untuk mendapatkan nilai defleksi yang lebih representatif terhadap pusat massa gedung.
- Data defleksi elastis diambil dari output *Joint Displacements* SAP2000, yaitu kolom **U1** untuk arah X dan **U2** untuk arah Y.
- Simpangan antar tingkat desain (Δ_x) dihitung menggunakan rumus $\Delta = \frac{(\delta_2 - \delta_1) \times C_d}{I_e}$ sesuai **SNI 1726:2019**, dengan nilai faktor pembesaran defleksi (C_d) sebesar **5,5** dan faktor keutamaan gempa (I_e) sebesar **1,0**.

➤ **Batas Simpangan Izin (Δ_a)**

- Sesuai dengan **Tabel 20 SNI 1726:2019**, untuk kategori risiko II dan sistem struktur lainnya, batas simpangan antar tingkat izin (Δ_a) ditentukan sebesar **$0,020h_{sx}$** .
- Nilai izin terkecil berada pada lantai dengan tinggi 4000 mm sebesar **80 mm**, dan nilai izin terbesar pada lantai dengan tinggi 5500 mm sebesar **110 mm**.

➤ **Hasil Kontrol Simpangan**

- **Arah X:** Nilai simpangan antar tingkat desain tertinggi terjadi pada Lantai 3 sebesar **105,149 mm**, yang masih berada di bawah batas izin **110 mm**.
- **Arah Y:** Nilai simpangan antar tingkat desain tertinggi terjadi pada Lantai 3 sebesar **100,0615 mm**, yang masih berada di bawah batas izin **110 mm**.

➤ **Keputusan Akhir**

- Seluruh lantai pada peninjauan arah X maupun arah Y memberikan hasil "OK" atau memenuhi persyaratan keamanan struktur terhadap beban gempa.
- Dengan demikian, kekakuan struktur gedung dinyatakan memadai dan analisis dapat dilanjutkan ke tahap perencanaan penulangan elemen struktur (balok, kolom, dan pelat).

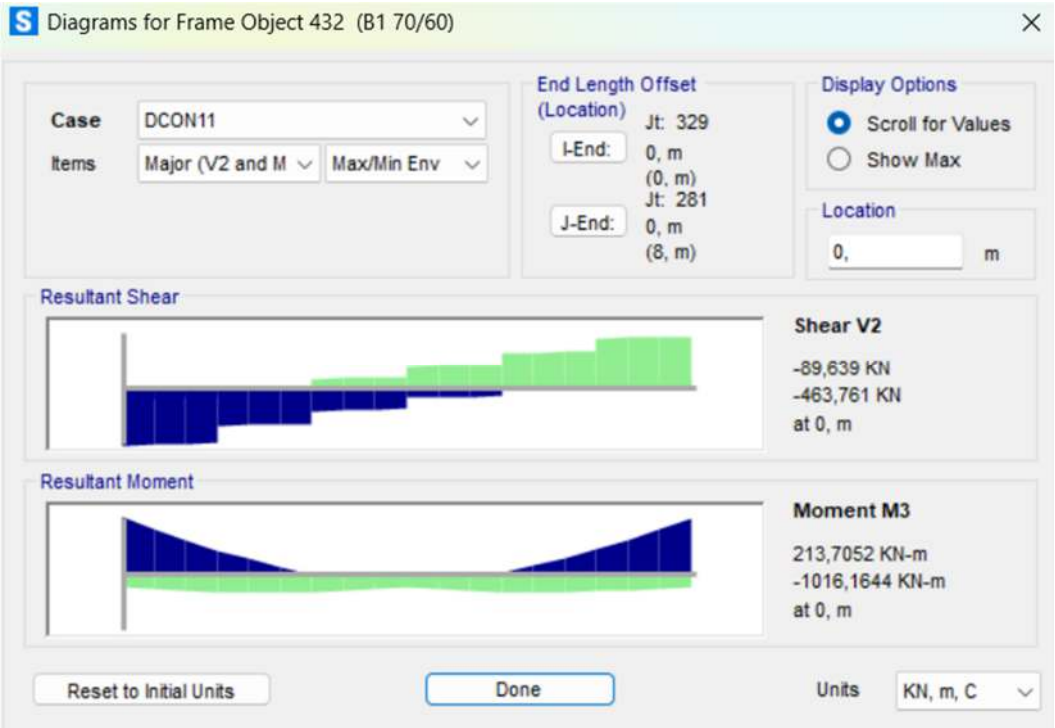
Perhitungan Tulangan Balok, Kolom, Plat Lantai

4.4.4 Perhitungan Tulangan Balok

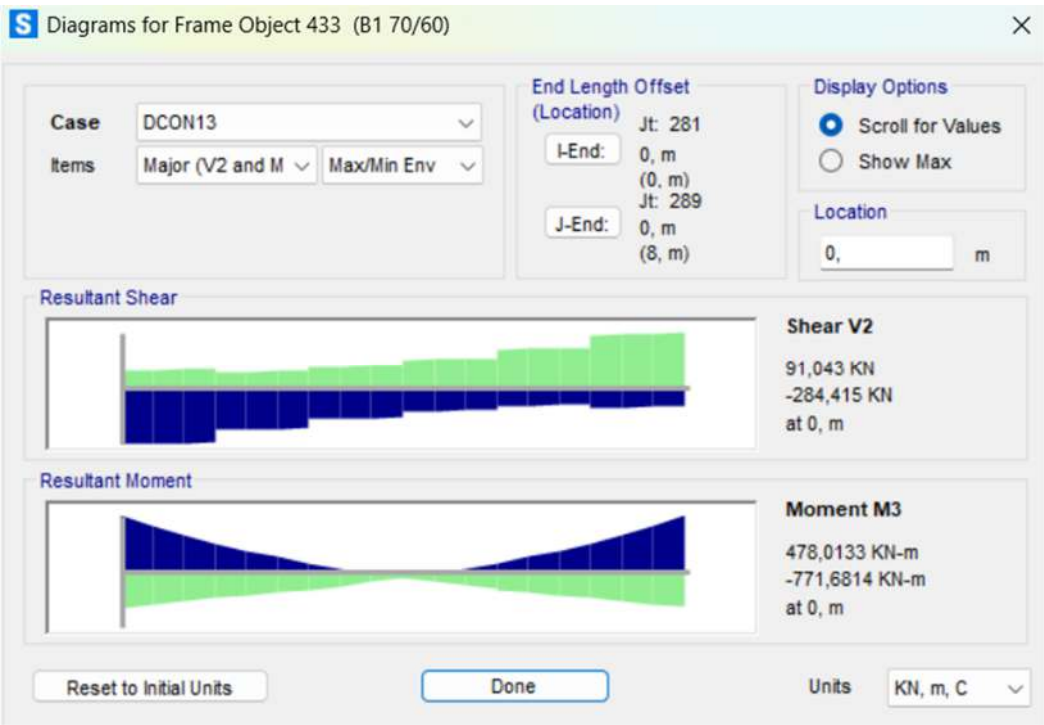
Perhitungan penulangan balok dalam perencanaan ini dilakukan dengan mengambil nilai *output* dari aplikasi *SAP2000* dan membandingkannya dengan perhitungan secara manual

4.4.4.1 Penulangan Balok B1

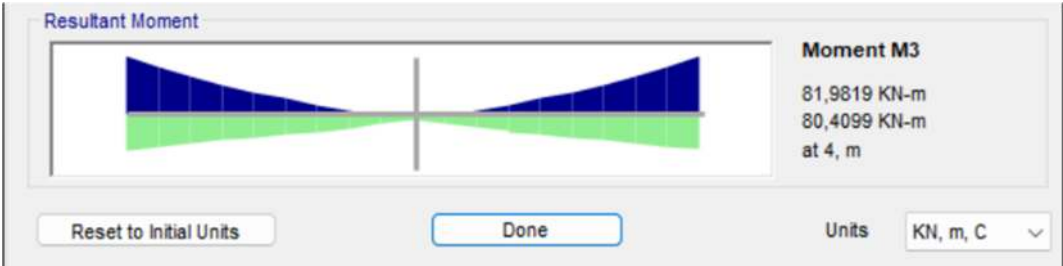
1. Perhitungan tulangan lentur



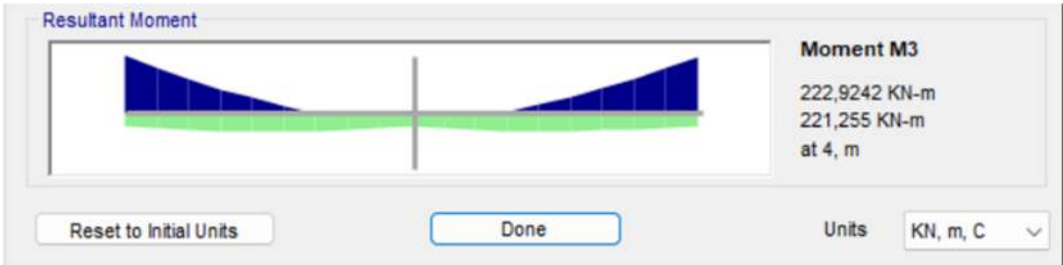
Gambar 4. 3 Output Momen Tumpuan Arah Negatif Balok B1



Gambar 4. 4 Output Momen Tumpuan Arah Positif Balok B1



Gambar 4. 5 Output Momen Lapangan Arah Negatif Balok B1



Gambar 4. 6 Output Momen Lapangan Arah Negatif Balok B1

a. Mencari kebutuhan rasio tulangan dan kebutuhan tulangan pada balok

$A_{smin} : \frac{1,4}{f_y} \times b_w \times d \text{ (SNI 2849-2019 pasal 10.5.1)}$

$\rho_{perlu} : \frac{0,85 \times f_{c'}}{f_y} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times R_n}{0,85 \times f_{c'}}} \right)$

$\rho_{max1} : 0,75 \times \frac{0,85 \times \beta_1 \times f_{c'}}{f_y} \left(\frac{600}{600 + f_y} \right)$

$: 0,75 \times \frac{0,85 \times 0,775 \times 37,350}{420} \left(\frac{600}{600 + 420} \right)$

$: 0,258$

$\rho_{max2} : 0,025 \text{ (SNI 2847-2019 pasal 18.6.3.1)}$

b. Penulangan tumpuan negatif

$M_u : 1016,1644 \text{ KNm}$

$M_n : \frac{M_u}{0,9} = \frac{1016,1644}{0,9} = 1129,0716 \text{ kNm}$

$$Rn : \frac{Mn}{b \times d^2} = \frac{1129,0716 \times 10^6}{600 \times 635,5^2} = 4,66 \text{ MPa}$$

$$\rho_{\text{perlu}} : \frac{0,85 \times 37,350}{420} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 4,66}{0,85 \times 37,350}} \right)$$

$$: 0,0121$$

$$As_{\text{perlu}} : \rho_{\text{perlu}} \times b \times d$$

$$: 0,0121 \times 600 \times 635,5 = 4514 \text{ mm}^2$$

$$As_{\text{min}} : \frac{1,4}{fy} \times b \times d$$

$$: \frac{1,4}{420} \times 600 \times 635,5 = 1271 \text{ mm}^2$$

Dicoba menggunakan tulangan 8D29

$$As_{\text{pakai}} : n \times \frac{\pi}{4} \times db^2$$

$$: 8 \times 0,7854 \times 29^2$$

$$: 5282 \text{ mm}^2$$

$$a : As \times fy / (0,85 \times fc' \times b)$$

$$: 5282 \times 420 / (0,85 \times 37,350 \times 600)$$

$$: 116,5 \text{ mm}$$

$$Mn : As \times fy \times (d - a/2)$$

$$: 5282 \times 420 \times (635,5 - 116,5 / 2)$$

$$: 1280,29 \text{ KNm}$$

$$\phi Mn : Mn \times \phi$$

$$: 1280,29 \times 0,9$$

$$: 1152,26 \text{ KNm}$$

$$As_{\text{min}} \leq As_{\text{pakai}} \geq As_{\text{perlu}}$$

$$1271 \leq 5282 \geq 4514 \text{ OK}$$

$$\Phi Mn > Mu$$

$$1152,26 > 1016,1644 \text{ OK}$$

c. Penulangan tumpuan positif

$$Mu : 478,0133 \text{ KNm}$$

$$Mn : \frac{Mu}{0,9} = \frac{478,0133}{0,9} = 531,126 \text{ KNm}$$

$$Rn : \frac{Mn}{b \times d^2} = \frac{531,126 \times 10^6}{600 \times 635,5^2} = 2,192$$

$$\rho_{\text{perlu}} : \frac{0,85 \times 37,350}{420} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 2,192}{0,85 \times 37,350}} \right)$$

$$: 0,00542$$

$$As_{\text{perlu}} : \rho_{\text{perlu}} \times b \times d$$

$$: 0,00542 \times 600 \times 635,5 = 2068,5 \text{ mm}^2$$

$$As_{\text{min}} : \frac{1,4}{fy} \times b \times d$$

$$: \frac{1,4}{420} \times 600 \times 635,5 = 127,2 \text{ mm}^2$$

Dicoba menggunakan tulangan 5D25

$$As_{\text{pakai}} : n \times \frac{\pi}{4} \times db^2$$

$$: 5 \times 0,7854 \times 25^2$$

$$: 2454,4 \text{ mm}^2$$

$$a : As \times fy / (0,85 \times fc' \times b)$$

$$: 2454,4 \times 420 / (0,85 \times 37,350 \times 600)$$

$$: 54,15 \text{ mm}$$

$$Mn : As \times fy \times (d - a/2)$$

$$: 2454,4 \times 420 \times (635,5 - 54,15/2)$$

$$: 627,2 \text{ KNm}$$

$$\phi Mn : Mn \times \phi$$

$$: 627,2 \times 0,9$$

$$: 564,5 \text{ KNm}$$

$$As_{\text{min}} \leq As_{\text{pakai}} \geq As_{\text{perlu}}$$

$$127,2 \leq 2454,4 \geq 2068,5 \text{ OK}$$

$$\phi Mn > Mu$$

$$564,5 > 478,0133 \text{ OK}$$

d. Penulangan lapangan negatif

$$Mu : 222,9242 \text{ KNm}$$

$$Mn : \frac{Mu}{0,9} = \frac{222,9242}{0,9} = 247,6936 \text{ KNm}$$

$$Rn : \frac{Mn}{b \times d^2} = \frac{247,6936 \times 10^6}{600 \times 635,5^2} = 1,022 \text{ MPa}$$

$$\rho_{\text{perlu}} : \frac{0,85 \times 37,350}{420} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 1,022}{0,85 \times 37,350}} \right)$$

$$: 0,00247$$

$$As_{\text{perlu}} : \rho_{\text{perlu}} \times b \times d$$

$$: 0,00247 \times 600 \times 635,5 = 942,6 \text{ mm}^2$$

$$As_{\text{min}} : \frac{1,4}{fy} \times b \times d$$

$$: \frac{1,4}{420} \times 600 \times 635,5 = 1271 \text{ mm}^2$$

Dicoba menggunakan tulangan 3D25

$$As_{\text{pakai}} : n \times \frac{\pi}{4} \times db^2$$

$$: 3 \times 0,7854 \times 25^2$$

$$: 1472,6 \text{ mm}^2$$

$$a : As \times fy / (0,85 \times fc' \times b)$$

$$: 1472,6 \times 420 / (0,85 \times 37,350 \times 600)$$

$$: 32,48 \text{ mm}$$

$$Mn : As \times fy \times (d - 32,48 / 2)$$

$$: 1472,6 \times 420 \times (635,5 - 32,48 / 2)$$

$$: 383,12 \text{ KNm}$$

$$\phi Mn : Mn \times \phi$$

$$: 383,12 \times 0,9$$

$$: 344,81 \text{ KNm}$$

$$As_{\text{min}} \leq As_{\text{pakai}} \geq As_{\text{perlu}}$$

$$1271 \leq 1472,6 \geq 942,6 \text{ OK}$$

$$\phi Mn > Mu$$

$$344,81 > 222,9242 \text{ OK}$$

e. Penulangan lapangan positif

$$Mu : 81,9819 \text{ KNm}$$

$$Mn : \frac{Mu}{0,9} = \frac{81,9819}{0,9} = 91,091 \text{ KNm}$$

$$Rn : \frac{Mn}{b \times d^2} = \frac{91,091 \times 10^6}{600 \times 635,5^2} = 0,376 \text{ MPa}$$

$$\rho_{\text{perlu}} : \frac{0,85 \times 37,350}{420} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 0,376}{0,85 \times 37,350}} \right)$$

$$: 0,000900$$

$$As_{\text{perlu}} : \rho_{\text{perlu}} \times b \times d$$

$$: 0,000900 \times 600 \times 635,5 = 343,17 \text{ mm}^2$$

$$As_{\text{min}} : \frac{1,4}{fy} \times b \times d$$

$$: \frac{1,4}{420} \times 600 \times 635,5 = 1271 \text{ mm}^2$$

Dicoba menggunakan tulangan 4D25

$$As_{\text{pakai}} : n \times \frac{\pi}{4} \times db^2$$

$$: 4 \times 0,7854 \times 25^2$$

$$: 1963,5 \text{ mm}^2$$

$$a : As \times fy / (0,85 \times fc' \times b)$$

$$: 1963,5 \times 420 / (0,85 \times 37,350 \times 600)$$

$$: 43,29 \text{ mm}$$

$$Mn : As \times fy \times (d - a/2)$$

$$: 1963,5 \times 420 \times (635,5 - 32,48 / 2)$$

$$: 506,23 \text{ KNm}$$

$$\phi Mn : Mn \times \phi$$

$$: 506,23 \times 0,9$$

$$: 455,61 \text{ KNm}$$

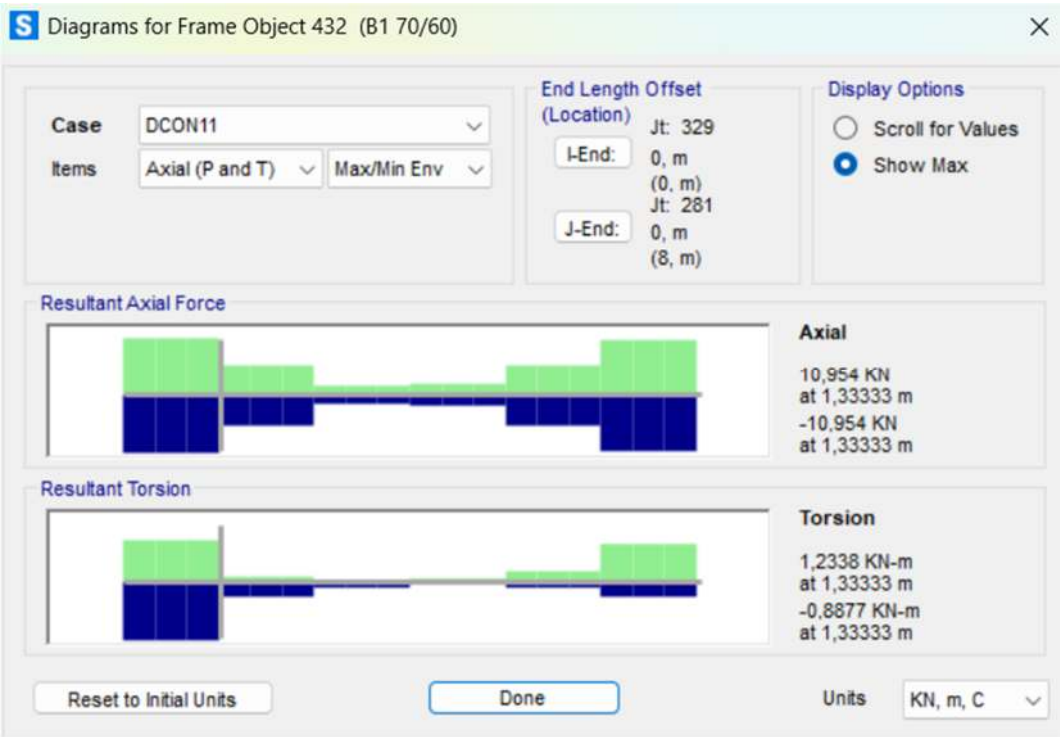
$$As_{\text{min}} \leq As_{\text{pakai}} \geq As_{\text{perlu}}$$

$$1271 \leq 1963,5 \geq 343,17 \text{ OK}$$

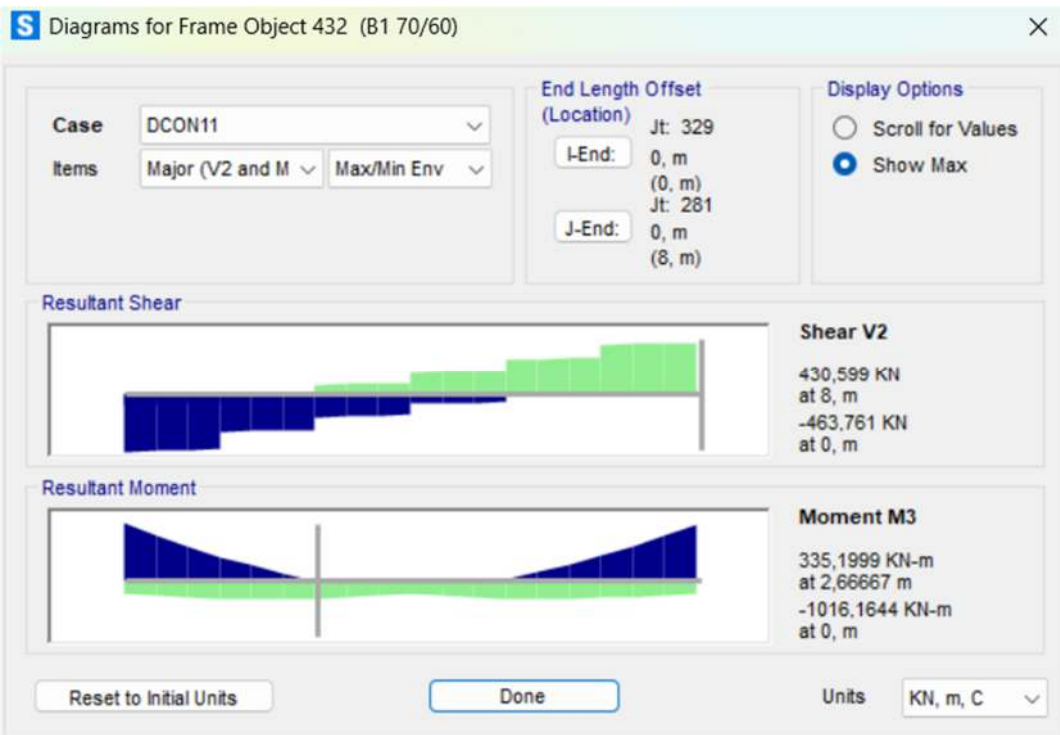
$$\phi Mn > Mu$$

$$455,61 > 81,9819 \text{ OK}$$

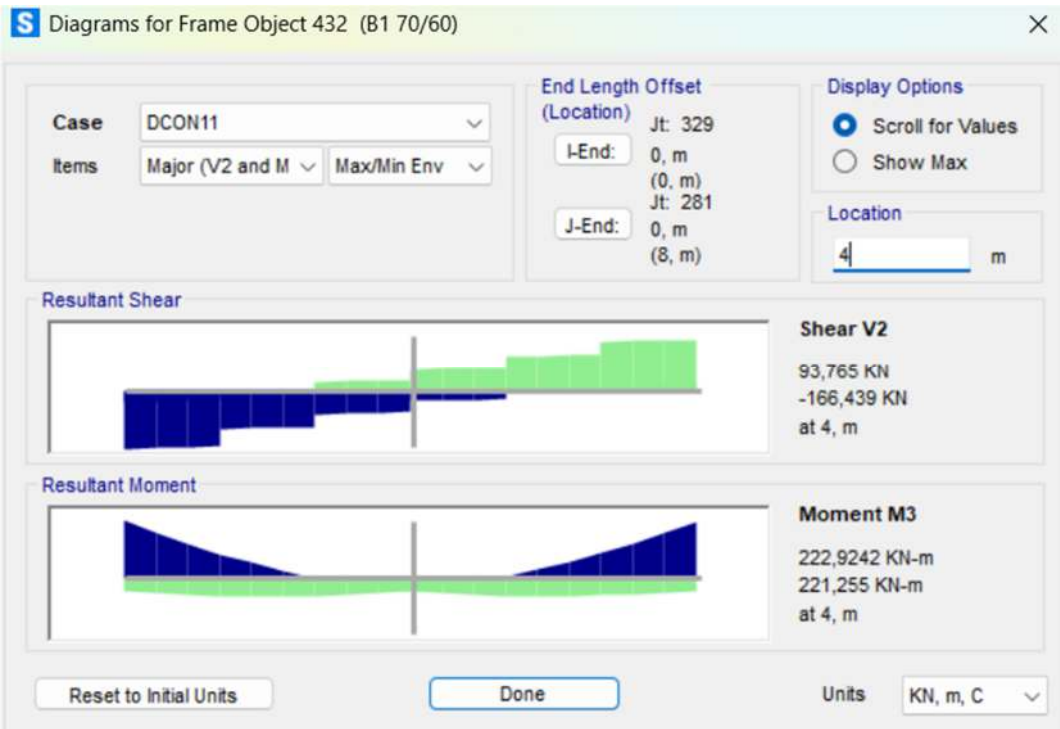
2. Penulangan geser balok B1



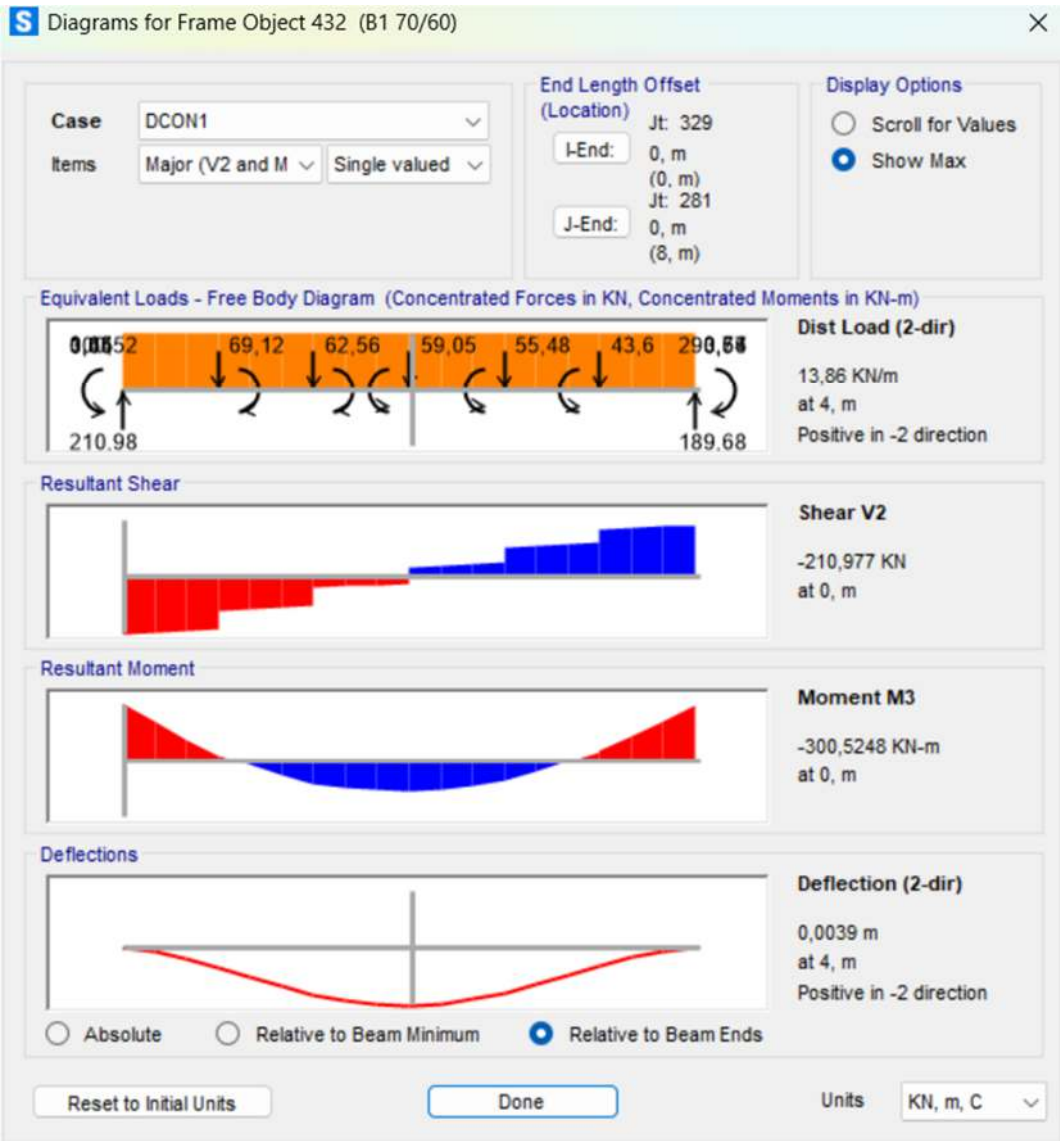
Gambar 4. 7 Output Gaya Aksial Balok B1



Gambar 4. 8 Output Gaya Geser Tumpuan Balok B1



Gambar 4. 9 Output Gaya Geser Lapangan Balok B1



Gambar 4. 10 Output Gaya Geser Desain 1,2 D + 1,6 L Tumpuan Balok B1

- a. Gaya geser pada balok
- Dari gambar diatas dapat diambil kesimpulan bahwa gaya geser yang terjadi pada balok B1 adalah sebagai berikut:
- Vu tumpuan : 4363,761 KN
 - Vu lapangan : 166,439 KN
 - Vg tumpuan : 210,977 KN
 - Pu : 10,954 KN
- b. Menghitung gaya desain tumpuan

$$\begin{aligned}
 a_{pr(+)} &: \frac{1,25 \times A_s(+)\times f_y}{0,85 \times f_{c'} \times b} = \frac{1,25 \times 2454,4 \times 420}{0,85 \times 37,350 \times 600} = 67,62 \text{ mm} \\
 a_{pr(-)} &: \frac{1,25 \times A_s(-)\times f_y}{0,85 \times f_{c'} \times b} = \frac{1,25 \times 5282 \times 420}{0,85 \times 37,350 \times 600} = 145,47 \text{ mm} \\
 M_{pr+} &: A_s^+ \times (1.25 f_y) \times (d - a_{pr+}/2) \\
 &: 2454,4 \times (1.25 \times 420) \times (635,5 - 67,62 / 2) \\
 &: 775,2 \text{ Nmm} \\
 M_{pr-} &: A_s^- \times (1.25 f_y) \times (d - a_{pr-}/2) \\
 &: 5282 \times (1.25 \times 420) \times (635,5 - 145,47 / 2) \\
 &: 1560 \text{ Nmm} \\
 V_{pr} &: (M_{pr+} + M_{pr-}) / L_n \\
 &: (775,2 + 1560) / 7000 \\
 &: 333,6 \text{ N} \\
 V_e &: V_g + V_{pr} \\
 &: 210,977 + 333,6 \\
 &: 544,577 \text{ N}
 \end{aligned}$$

c. Menghitung tahanan geser beton

$$\begin{aligned}
 0,5 \times V_e &: 0,5 \times 544,577 : 272,289 \text{ N} \\
 P_u &: 10,954 \text{ KN} \\
 A_g f_{c'} / 20 &: 600 \times 700 \times 37,350 / 20 \\
 &: 784.35 \text{ N}
 \end{aligned}$$

Kuat geser yang disumbangkan beton pada elemen struktur dihitung sesuai SNI 2847:2019 Pasal 22.4.2.2.

Menurut SNI 2847:2019 Pasal 22.4.2.2, kontribusi beton V_c diabaikan apabila:

$$\begin{aligned}
 P_u &\geq \frac{A_g f_{c'}}{20} \\
 P_u &\geq \frac{A_g f_{c'}}{20} : \frac{600 \times 700 \times 37,350}{20} : 784.35 \text{ N}
 \end{aligned}$$

Karena $P_u = 10,954 \text{ kN} > 784.35 \text{ kN}$, maka syarat tidak terpenuhi.

Berdasarkan hasil di atas, kontribusi beton terhadap kuat geser diabaikan:

$$V_c = 0 \text{ N}$$

d. Penulangan geser tumpuan

Dicoba menggunakan tulangan geser 2 kaki D13-80

$$A_v : n \times \pi/4 \times d_s^2$$

$$: 2 \times 0,7854 \times 13^2 = 265,465 \text{ mm}^2$$

$$S_{pakai} : 80 \text{ mm}$$

$$S_{max1} : d / 4$$

$$: 635,5 / 4 = 158,875 \text{ mm}$$

$$S_{max2} : 6db: 6 \times 13 : 78 \text{ mm}$$

$$V_s : A_v \times f_{yv} \times d / s$$

$$: 265,465 \times 420 \times 635,5 / 80$$

$$: 885,749.72 \text{ N}$$

$$\text{Batas } V_s : 0.66 \times (f_c')^{0.5} \times b \times d$$

$$: 0.66 \times (37,350)^{0.5} \times 600 \times 635,5$$

$$: 48,628,889 \text{ N}$$

$$V_n : V_c + V_s$$

$$: 0 + 885,749.72$$

$$: 885,749.72 \text{ N}$$

$$V_u = V_e : 544,577 \text{ N}$$

$$\phi V_n / V_u : 0,75 \times 885,749.72 / 544,577$$

$$: 1.22$$

$$\phi V_n / V_u \geq 1 : 1.22 > 1 \text{ OK}$$

e. Penulangan geser lapangan

Asumsi jumlah kaki = 2 kaki D13-100

$$A_v : n \times \pi/4 \times d_s^2$$

$$: 2 \times 0,7854 \times 13^2 = 265,465 \text{ mm}^2$$

$$S_{pakai} : 100 \text{ mm}$$

$$S_{max} : d / 2$$

$$: 635,5 / 2 = 317,75 \text{ mm}$$

$$V_s : A_v \times f_{yv} \times d / s$$

$$: 265,465 \times 420 \times 635,5 / 100$$
$$: 708,600 \text{ N}$$

Batas V_s

$$: 0.66 \times (f_c')^{0.5} \times b \times d$$
$$: 0.66 \times (37,350)^{0.5} \times 600 \times 635,5$$
$$: 48,628,889 \text{ N}$$

V_n

$$: V_c + V_s$$
$$: 0 + 708,600$$
$$: 708,600 \text{ N}$$

V_u

$$: 166,439 \text{ N}$$

$\phi V_n / V_u$

$$: 0,75 \times 708,600 / 166,439$$
$$: 3.19$$

$\phi V_n / V_u \geq 1$

$$: 3.19 \geq 1 \text{ OK}$$

f. Pengecekan tulangan lentur berdasarkan *output* A_s dan aplikasi *SAP2000*
Berdasarkan hasil analisis aplikasi *SAP2000* diperoleh $A_{s\text{perlu}}$ tiap tumpuan:

$A_{s\text{perlu}}$ tumpuan atas

$: 4409 \text{ mm}^2$

$A_{s\text{perlu}}$ tumpuan bawah

$: 2125 \text{ mm}^2$

$A_{s\text{perlu}}$ lapangan atas

$: 1435 \text{ mm}^2$

$A_{s\text{perlu}}$ lapangan bawah

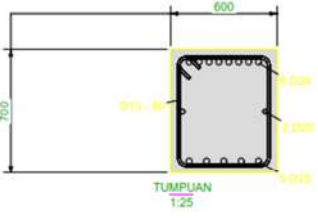
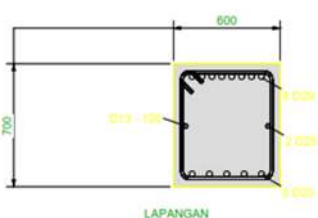
$: 1498 \text{ mm}^2$

Tabel 4. 16 Perbandingan luas tulangan perlu manual dan *output* *SAP2000*

posisi	$A_{s\text{perlu}}$ <i>SAP2000</i> (mm ²)	$A_{s\text{min}}$ (mm ²)	$A_{s\text{perlu}}$ (mm ²)	$A_{s\text{pasang}}$ (mm ²)
Tumpuan Atas	4409	1271	4514	5282
Tumpuan Bawah	2125	1272	2068,5	2454,4
Lapangan Atas	1435	1272	942,6	1472,6

Lapangan	1498	1271	343,17	1963,5
Bawah				

Sumber: Hasil Analisi Penulis, 2026

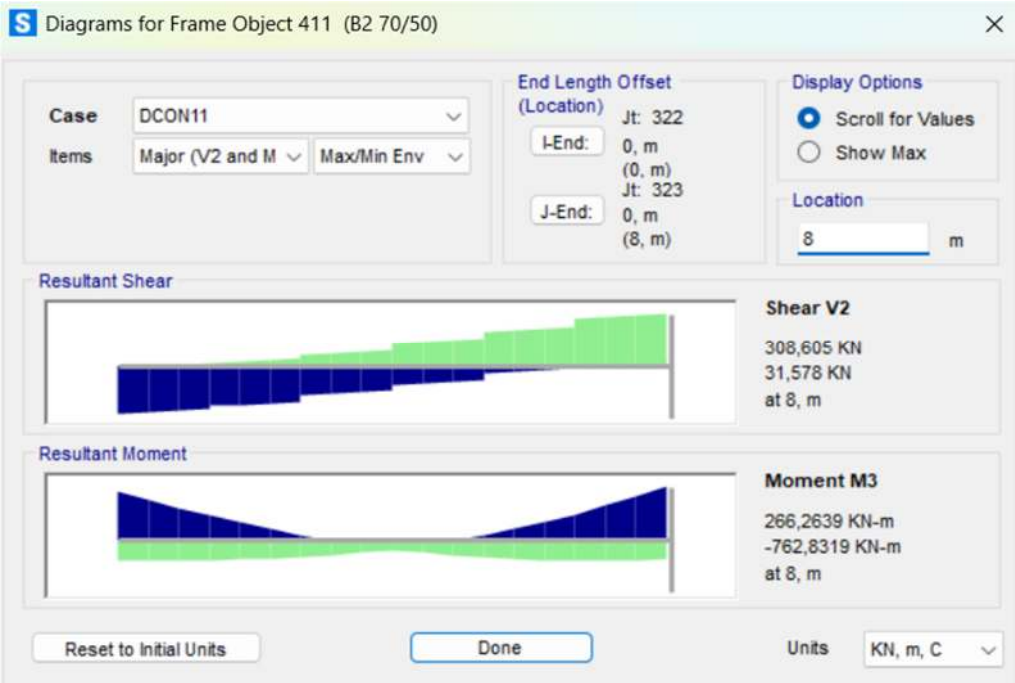
NAMA BALOK	B1	
PELETAKAN	TUMPUAN	LAPANGAN
POTONGAN		
DIMENSI BALOK	700/600	700/600
TULANGAN ATAS	8 D 29	3 D 25
TULANGAN TENGAH	2 D 25	2 D 25
TULANGAN BAWAH	5 D 25	4 D 25
TULANGAN SENGKANG	2 D 13 - 80	2 D 13 - 100
TEBAL SELIMUT	40	40

Gambar 4. 11 Detail Penulangan Balok B1

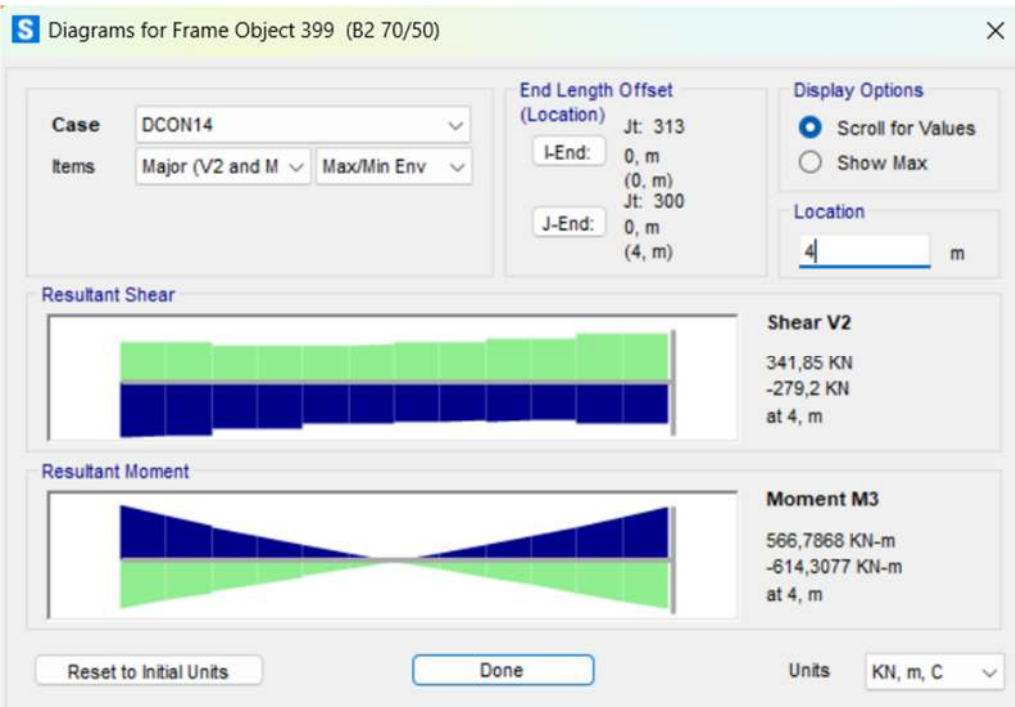
Sumber: Hasil Analisi Penulis, 2026

4.4.4.2 Penulangan Balok B2

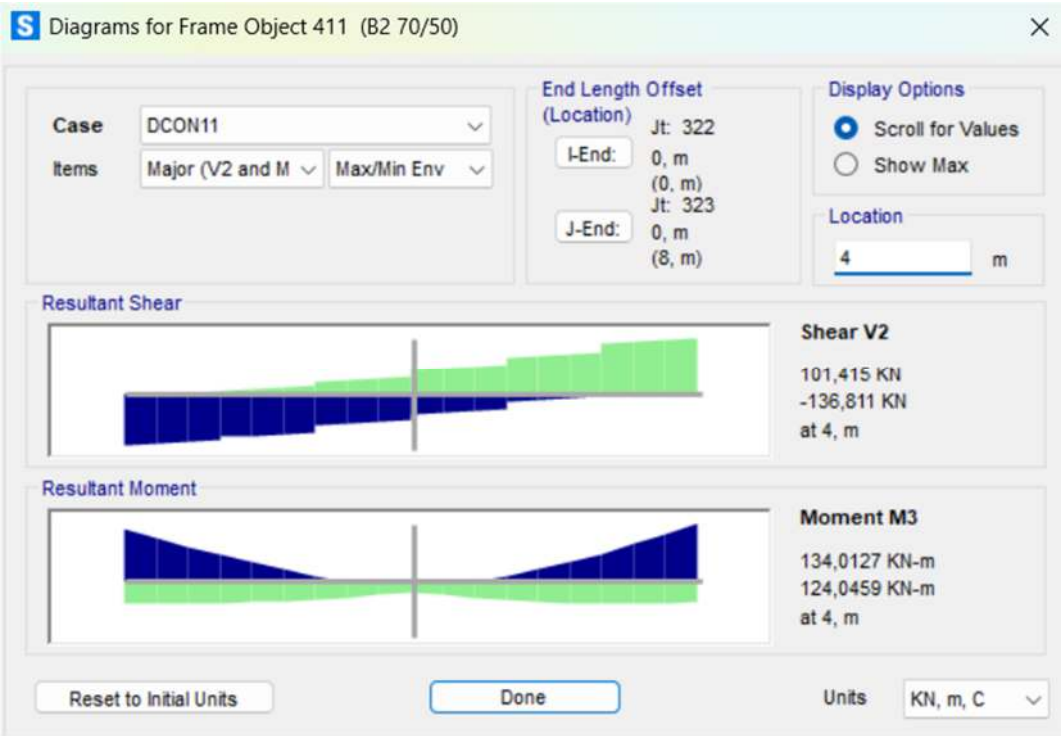
1. Perhitungan tulangan lentur



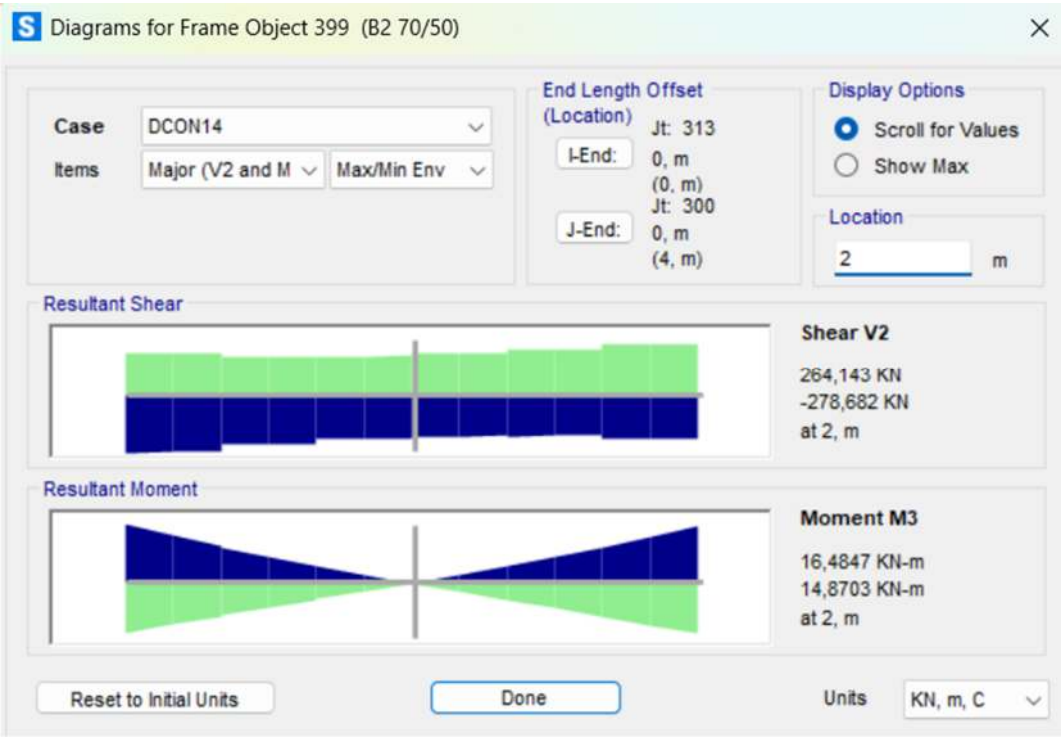
Gambar 4. 12 Output Momen Tumpuan Arah Negatif Balok B2



Gambar 4. 13 Output Momen Tumpuan Arah Positif Balok B2



Gambar 4. 14 Output Momen Lapangan Arah Negatif Balok B2



Gambar 4. 15 Output Momen Lapangan Arah Positif Balok B2

a. Mencari kebutuhan rasio tulangan dan kebutuhan tulangan pada balok

$$A_{smin} : \frac{1,4}{f_y} \times b_w \times d \text{ (SNI 2849-2019 pasal 10.5.1)}$$

$$\rho_{perlu} : \frac{0,85 \times f_{c'}}{f_y} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times Rn}{0,85 \times f_{c'}}} \right)$$

$$\begin{aligned} \rho_{max1} &: 0,75 \times \frac{0,85 \times \beta_1 \times f_{c'}}{f_y} \left(\frac{600}{600 + f_y} \right) \\ &: 0,75 \times \frac{0,85 \times 0,775 \times 37,350}{420} \left(\frac{600}{600 + 420} \right) \\ &: 0,022 \end{aligned}$$

$$\rho_{max2} : 0,025 \text{ (SNI 2847-2019 pasal 18.6.3.1)}$$

b. Penulangan tumpuan negatif

$$Mu : 762,8319 \text{ KNm}$$

$$Mn : \frac{Mu}{0,9} = \frac{762,8319}{0,9} = 847,791 \text{ KNm}$$

$$Rn : \frac{Mn}{b \times d^2} = \frac{847,791 \times 10^6}{500 \times 635,5^2} = 4,197 \text{ MPa}$$

$$\begin{aligned} \rho_{perlu} &: \frac{0,85 \times 37,350}{420} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 4,197}{0,85 \times 37,350}} \right) \\ &: 0,01076 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} A_{sperlu} &: \rho_{perlu} \times b \times d \\ &: 0,01076 \times 500 \times 635,5 = 3418,99 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} A_{smin} &: \frac{1,4}{f_y} \times b \times d \\ &: \frac{1,4}{420} \times 500 \times 635,5 = 1059 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Dicoba menggunakan tulangan 6D29

$$\begin{aligned} A_{spakai} &: n \times \frac{\pi}{4} \times db^2 \\ &: 6 \times 0,7854 \times 29^2 \\ &: 3963 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$a : As \times f_y / (0,85 \times f_{c'} \times b)$$

$$: 3963 \times 420 / (0.85 \times 37,350 \times 500)$$

$$: 104,86 \text{ mm}$$

$$Mn : As \times fy \times (d - a/2)$$

$$: 3963 \times 420 \times (635,5 - /2)$$

$$: 970,30 \text{ KNm}$$

$$\phi Mn : Mn \times \phi$$

$$: 970,30 \times 0,9$$

$$: 873,27 \text{ KNm}$$

$$As_{min} \leq As_{pakai} \geq As_{perlu}$$

$$1059 \leq 3963 \geq 3418,99 \text{ OK}$$

$$\Phi Mn > Mu$$

$$873,27 > 762,8319 \text{ OK}$$

c. Penulangan tumpuan positif

$$Mu : 566,7868 \text{ KNm}$$

$$Mn : \frac{Mu}{0,9} = \frac{566,7868}{0,9} = 629,7631 \text{ KNm}$$

$$Rn : \frac{Mn}{b \times d^2} = \frac{\times 10^6}{500 \times 635,5^2} = 3,12 \text{ MPa}$$

$$\rho_{perlu} : \frac{0,85 \times 37,350}{420} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 3,12}{0,85 \times 37,350}} \right)$$

$$: 0,00783$$

$$As_{perlu} : \rho_{perlu} \times b \times d$$

$$: 0,00783 \times 500 \times 635,5 = 2486,7 \text{ mm}^2$$

$$As_{min} : \frac{1,4}{fy} \times b \times d$$

$$: \frac{1,4}{420} \times 500 \times 635,5 = 1059,2 \text{ mm}^2$$

Dicoba menggunakan tulangan 6D25

$$As_{pakai} : n \times \frac{\pi}{4} \times db^2$$

$$: 6 \times 0,7854 \times 25^2$$

$$: 2945,4 \text{ mm}^2$$

$$a : As \times fy / (0.85 \times fc' \times b)$$

$$: 2945,4 \times 420 / (0,85 \times 37,350 \times 500)$$

$$: 77,9 \text{ mm}$$

$$Mn : As \times fy \times (d - a/2)$$

$$: 2945,4 \times 420 \times (635,5 - 77,9 / 2)$$

$$: 737,49 \text{ KNm}$$

$$\phi Mn : Mn \times \phi$$

$$: 737,49 \times 0,9$$

$$: 663,74 \text{ KNm}$$

$$As_{min} \leq As_{pakai} \geq As_{perlu}$$

$$1059,2 \leq 2945,4 \geq 2486,7 \text{ OK}$$

$$\Phi Mn > Mu$$

$$663,74 > 566,7868 \text{ OK}$$

d. Penulangan lapangan negatif

$$Mu : 134,0127 \text{ KNm}$$

$$Mn : \frac{Mu}{0,9} = \frac{134,0127}{0,9} = 148,903 \text{ KNm}$$

$$Rn : \frac{Mn}{b \times d^2} = \frac{148,903 \times 10^6}{500 \times 635,5^2} = 0,737$$

$$\rho_{perlu} : \frac{0,85 \times 37,350}{420} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 0,737}{0,85 \times 37,350}} \right)$$

$$: 0,00117$$

$$As_{perlu} : \rho_{perlu} \times b \times d$$

$$: \times 500 \times 635,5 = 562,5 \text{ mm}^2$$

$$As_{min} : \frac{1,4}{fy} \times b \times d$$

$$: \frac{1,4}{420} \times 500 \times 635,5 = 1059,2 \text{ mm}^2$$

Dicoba menggunakan tulangan 3D22

$$As_{pakai} : n \times \frac{\pi}{4} \times db^2$$

$$: 3 \times 0,7854 \times 22^2$$

$$: 1140,4 \text{ mm}^2$$

$$a : As \times fy / (0,85 \times fc' \times b)$$

$$: 1140,4 \times 420 / (0,85 \times 37,350 \times 500)$$

$$: 30,2 \text{ mm}$$

$$Mn : As \times fy \times (d - a/2)$$

$$: 1140,4 \times 420 \times (635,5 - 30,2 / 2)$$

$$: 297,13 \text{ KNm}$$

$$\phi Mn : Mn \times \phi$$

$$: 297,13 \times 0,9$$

$$: 267,42 \text{ KNm}$$

$$As_{min} \leq As_{pakai} \geq As_{perlu}$$

$$1059,2 \leq 1140,4 \geq 562,5 \text{ OK}$$

$$\Phi Mn > Mu$$

$$267,42 > 134,0127 \text{ OK}$$

e. Penulangan lapangan positif

$$Mu : 16,4847 \text{ KNm}$$

$$Mn : \frac{Mu}{0,9} = \frac{16,4847}{0,9} = 18,3163 \text{ KNm}$$

$$Rn : \frac{Mn}{b \times d^2} = \frac{18,3163 \times 10^6}{500 \times 635,5^2} = 0,0907$$

$$\rho_{perlu} : \frac{0,85 \times 37,350}{420} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 0,0907}{0,85 \times 37,350}} \right)$$

$$: 0,000216$$

$$As_{perlu} : \rho_{perlu} \times b \times d$$

$$: 0,000216 \times 500 \times 635,5 = 68,6 \text{ mm}^2$$

$$As_{min} : \frac{1,4}{fy} \times b \times d$$

$$: \frac{1,4}{420} \times 500 \times 635,5 = 1059,2 \text{ mm}^2$$

Dicoba menggunakan tulangan 4D22

$$As_{pakai} : n \times \frac{\pi}{4} \times db^2$$

$$: 4 \times 0,7854 \times 22^2$$

$$: 1520 \text{ mm}^2$$

$$a : As \times fy / (0,85 \times fc' \times b)$$

$$: 1520 \times 420 / (0.85 \times 37,350 \times 500)$$
$$: 40,21 \text{ mm}$$

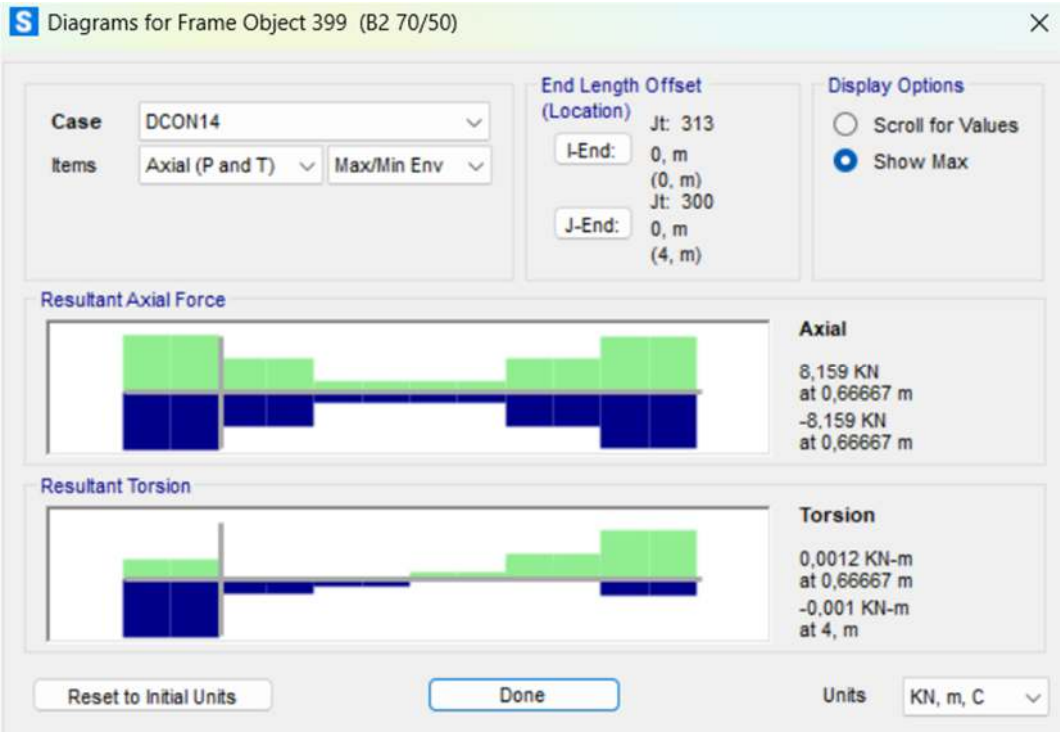
$$Mn : As \times fy \times (d - a/2)$$
$$: 1520 \times 420 \times (635,5 - /2)$$
$$: 265,54 KNm$$

$$\phi Mn : Mn \times \phi$$
$$: 265,54 \times 0,9$$
$$: 238,99 KNm$$

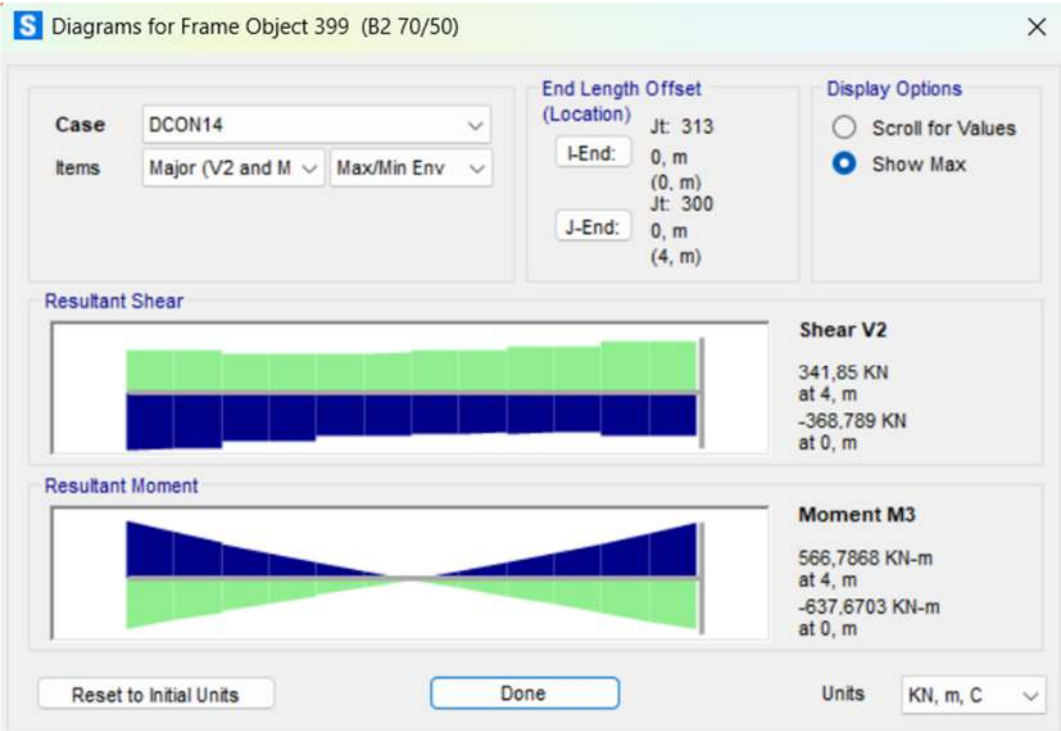
$$Asmin \leq Aspakai \geq Asperlu$$
$$1059,2 \leq 1520 \geq 68,6 \text{ OK}$$

$$\Phi Mn > Mu$$
$$238,99 > 16,4847 \text{ OK}$$

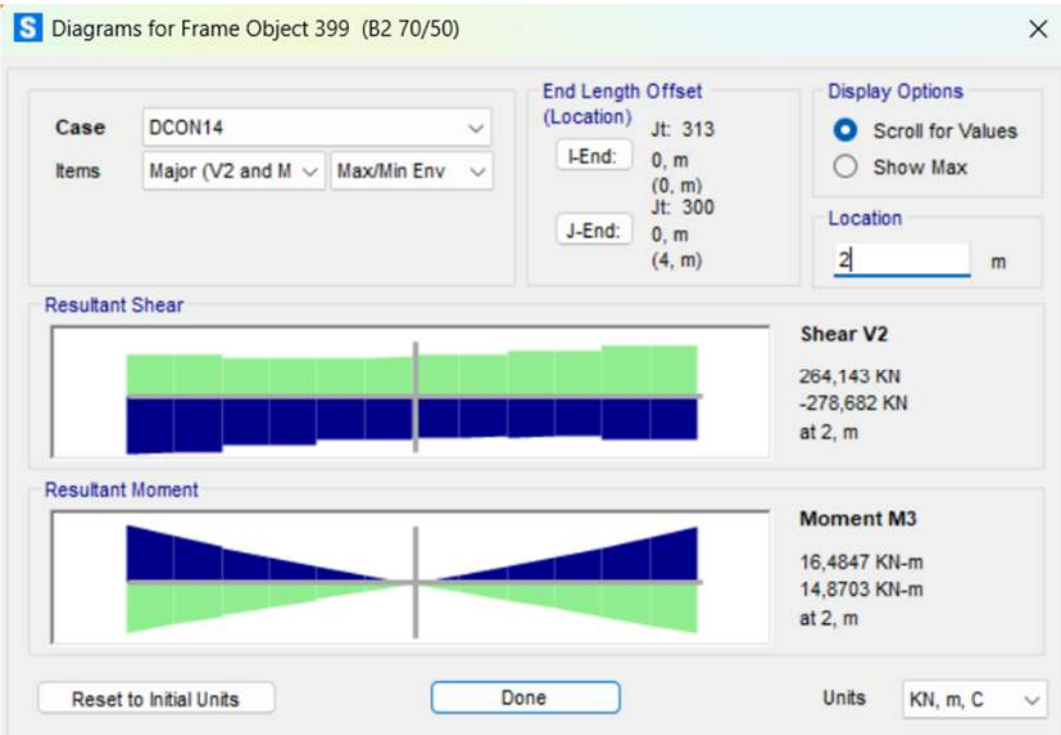
2. Penulangan geser balok B2



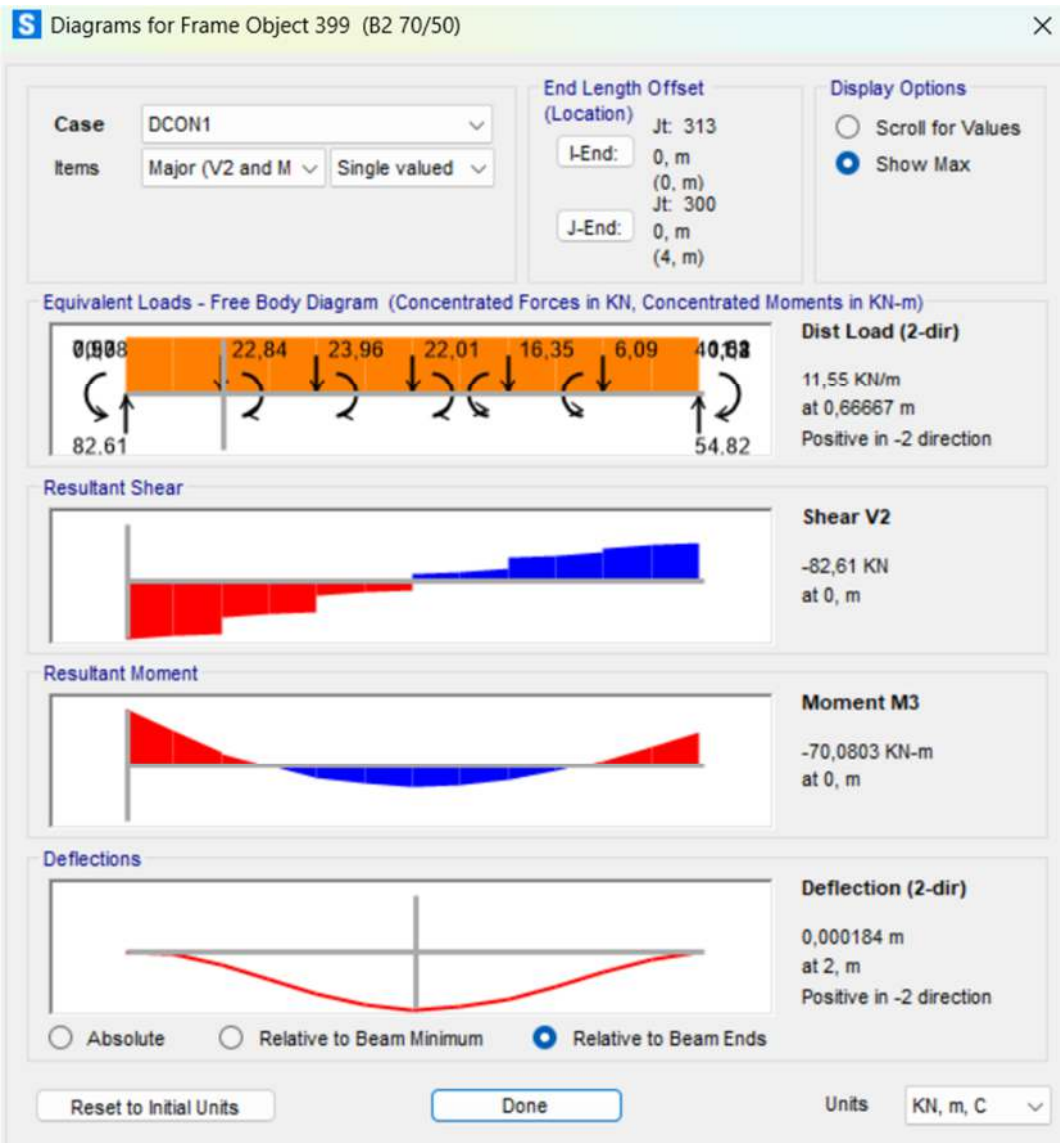
Gambar 4. 16 Output Gaya Aksial Balok B2



Gambar 4. 17 Output Gaya Geser Tumpuan Balok B2



Gambar 4. 18 Output Gaya Geser Lapangan Balok B2



Gambar 4. 19 Output Gaya Geser Desain 1,2 D + 1,6 L Tumpuan Balok B2

- a. Gaya geser pada balok
Dari gambar diatas dapat diambil kesimpulan bahwa gaya geser yang terjadi pada balok B2 adalah sebagai berikut:
Vu tumpuan : 368,789 KN
Vu lapangan : 278,682 KN
Vg tumpuan : 82,61 KN
Pu : 8,159 KN
- b. Menghitung gaya desain tumpuan

$$a_{pr(+)} : \frac{1,25 \times A_s(+)\times f_y}{0,85 \times f_{c'} \times b} = \frac{1,25 \times 566,7868 \times 420}{0,85 \times 37,750 \times 500} = 18,55$$

mm

$$a_{pr(-)} : \frac{1,25 \times A_s(-)\times f_y}{0,85 \times f_{c'} \times b} = \frac{1,25 \times 762,8319 \times 420}{0,85 \times 37,750 \times 500} = 24,97 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} M_{pr+} &: A_s^+ \times (1.25 f_y) \times (d - a_{pr+}/2) \\ &: 566,7868 \times (1.25 \times 420) \times (635,5 - 18,55 / 2) \\ &: 186,33 \text{ Nmm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_{pr-} &: A_s^- \times (1.25 f_y) \times (d - a_{pr-}/2) \\ &: 762,8319 \times (1.25 \times 420) \times (635,5 - 24,97 / 2) \\ &: 249,65 \text{ Nmm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} V_{pr} &: (M_{pr+} + M_{pr-}) / L_n \\ &: (186,33 + 249,65) / 7000 \\ &: 62,28 \text{ N} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} V_e &: V_g + V_{pr} \\ &: 82,61 + 62,28 \\ &: 144,89 \text{ kN} \end{aligned}$$

c. Menghitung tahanan geser beton

$$\begin{aligned} 0,5 \times V_e &: 0,5 \times 144,89 \\ &: 72,445 \text{ N} \\ P_u &: 8159 \text{ N} \\ A_g f_{c'} / 20 &: 500 \times 700 \times 37,3500 / 20 \\ &: 653,625 \text{ N} \end{aligned}$$

Jika $V_{pr} \geq 1,2 V_e$ dan $P_u < A_g \times f_{c'} / 20$, maka V_c diperhitungkan

$$\begin{aligned} V_c &: 0,17 \times \sqrt{f_c} \times b \times d \\ &: 0,17 \times \sqrt{37,3500} \times 500 \times 635,5 \\ &: 330,243 \text{ N} \\ \phi V_c &: 0,75 \times 330,243 \\ &: 247,67 \text{ N} \end{aligned}$$

d. Penulangan geser tumpuan

Dicoba menggunakan tulangan geser 2 kaki D13-100

$$\begin{aligned}
 A_v &: n \times \pi/4 \times d_s^2 \\
 &: 2 \times 0,7854 \times 13^2 = 265,465 \text{ mm}^2 \\
 S_{pakai} &: 100 \text{ mm} \\
 S_{\max 1} &: d / 4 \\
 &: 635,5 / 4 = 158.875 \text{ mm} \\
 S_{\max 2} &: 150 \text{ mm} \\
 V_s &: A_v \times f_{yv} \times d / s \\
 &: 265,465 \times 420 \times 635,5 / 100 \\
 &: 708,840 \text{ N} \\
 \text{Batas } V_s &: 0.66 \times (f_c')^{0.5} \times b \times d \\
 &: 0.66 \times (37,350)^{0.5} \times 500 \times 635,5 \\
 &: 1281 \text{ N} \\
 V_n &: V_c + V_s \\
 &: 330,243 + 708,840 \\
 &: 1039,083 \text{ N} \\
 V_u = V_e &: 368,789 \text{ N} \\
 \phi V_n / V_u &: 0,75 \times 1039,083 / 368,789 \\
 &: 779,312 / 368,789 = 2.11 \\
 \phi V_n / V_u \geq 1 &: 2.11 \geq 1 \text{ OK}
 \end{aligned}$$

e. Penulangan geser lapangan

Asumsi jumlah kaki = 2 kaki D13-100

$$\begin{aligned}
 A_v &: n \times \pi/4 \times d_s^2 \\
 &: 2 \times 0,7854 \times 13^2 = 265,465 \text{ mm}^2 \\
 S_{pakai} &: 100 \text{ mm} \\
 S_{\max} &: d / 2 \\
 &: 635,5 / 2 = 317.75 \\
 V_s &: A_v \times f_{yv} \times d / s \\
 &: 265,465 \times 420 \times 635,5 / 100 \\
 &: 708,840 \text{ N} \\
 \text{Batas } V_s &: 0.66 \times (f_c')^{0.5} \times b \times d \\
 &: 0.66 \times (37,350)^{0.5} \times 500 \times 635,5
 \end{aligned}$$

: 1281 N

V_n

: $V_c + V_s$

: 330,243 + 708,840

: 1039,083 N

V_u

: 278,682 N

$\phi V_n / V_u$

: $0,75 \times 1039,083 / 278,682$

: $779,312 / 278,682 = 2.80$

$\phi V_n / V_u \geq 1$: $2.80 \geq 1$ OK

f. Pengecekan tulangan lentur berdasarkan *output* A_s dan aplikasi *SAP2000*
Berdasarkan hasil analisis aplikasi SAP2000 diperoleh $A_{s\text{perlu}}$ tiap tumpuan:

$A_{s\text{perlu}}$ tumpuan atas

: 3022 mm²

$A_{s\text{perlu}}$ tumpuan bawah

: 1639 mm²

$A_{s\text{perlu}}$ lapangan atas

: 1196 mm²

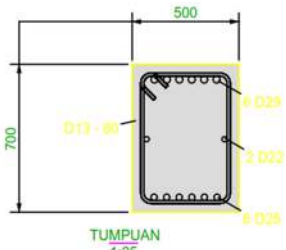
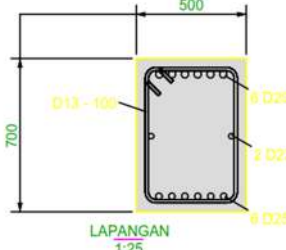
$A_{s\text{perlu}}$ lapangan bawah

: 1196 mm²

Tabel 4. 17 Perbandingan luas tulangan perlu manual dan *output* SAP2000

	$A_{s\text{perlu}}$ SAP2000 (mm ²)	$A_{s\text{min}}$ (mm ²)	$A_{s\text{perlu}}$ (mm ²)	$A_{s\text{pasang}}$ (mm ²)
Tumpuan Atas	3022	1059,2	3418,99	3963
Tumpuan Bawah	1639	1059,2	2486,7	2945,4
Lapangan Atas	1196	1059,2	562,5	1520
Lapangan Bawah	1196	1059,2	68,6	1520

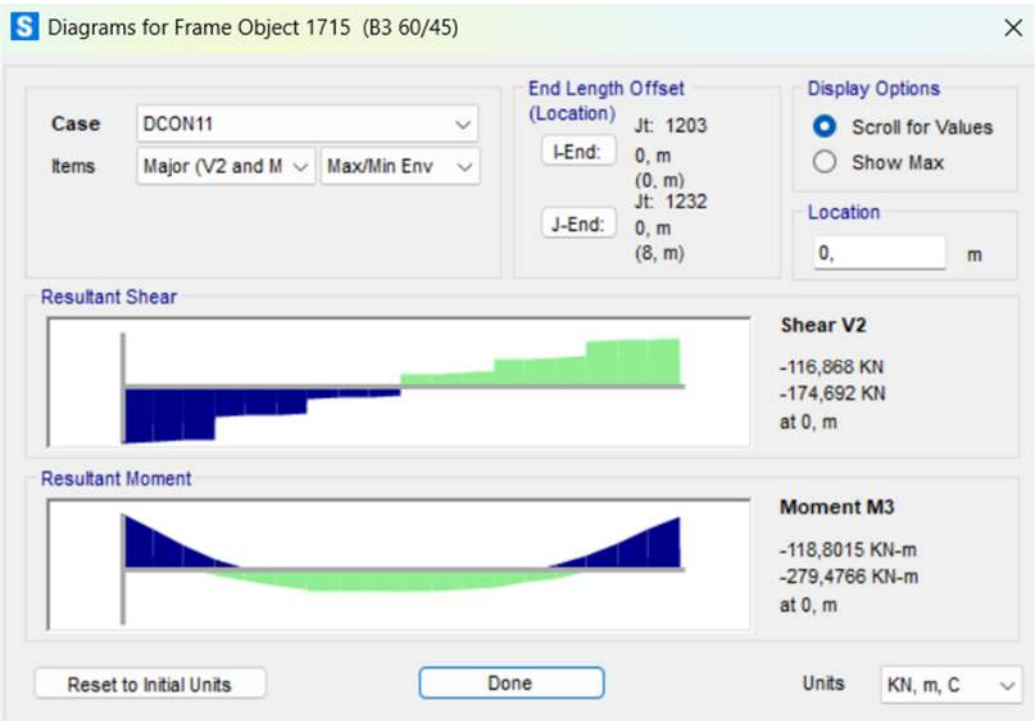
Sumber: Hasil Analisis Penulis, 2026

NAMA BALOK	B2	
PELETAKAN	TUMPUAN	LAPANGAN
POTONGAN		
DIMENSI BALOK	700/500	700/500
TULANGAN ATAS	6 D 29	3 D 22
TULANGAN TENGAH	2 D 22	2 D 22
TULANGAN BAWAH	6 D 25	4 D 22
TULANGAN SENGKANG	2 D 13 - 80	2 D 13 - 100
TEBAL SELIMUT	40	40

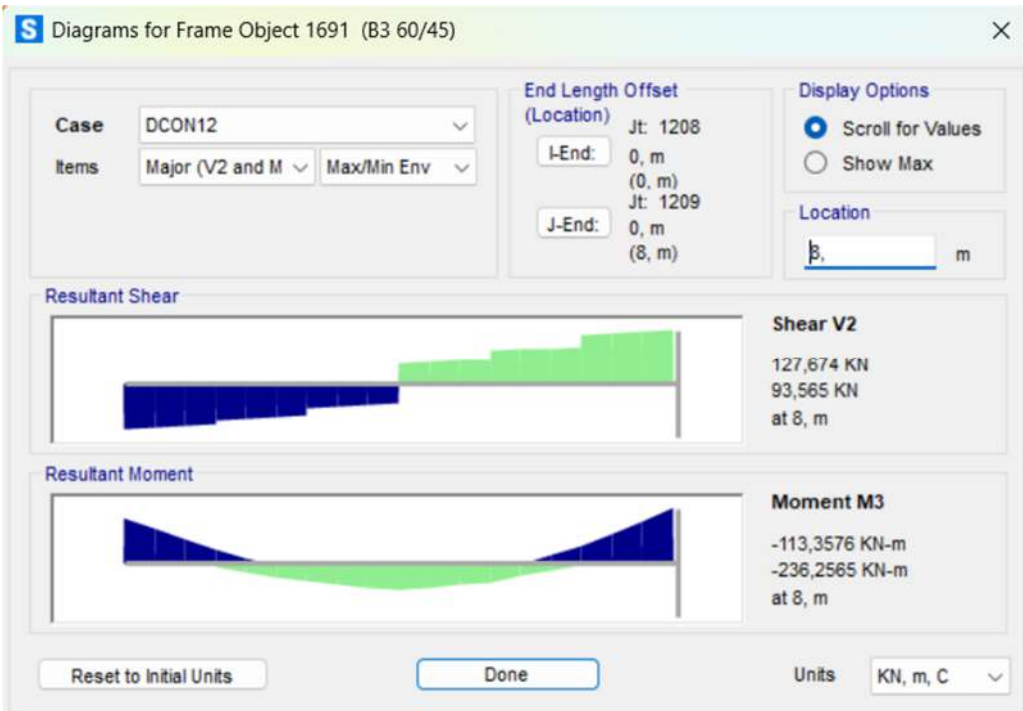
Gambar 4. 20 Detail Penulangan Balok B2

4.4.4.3 Penulangan Balok B3

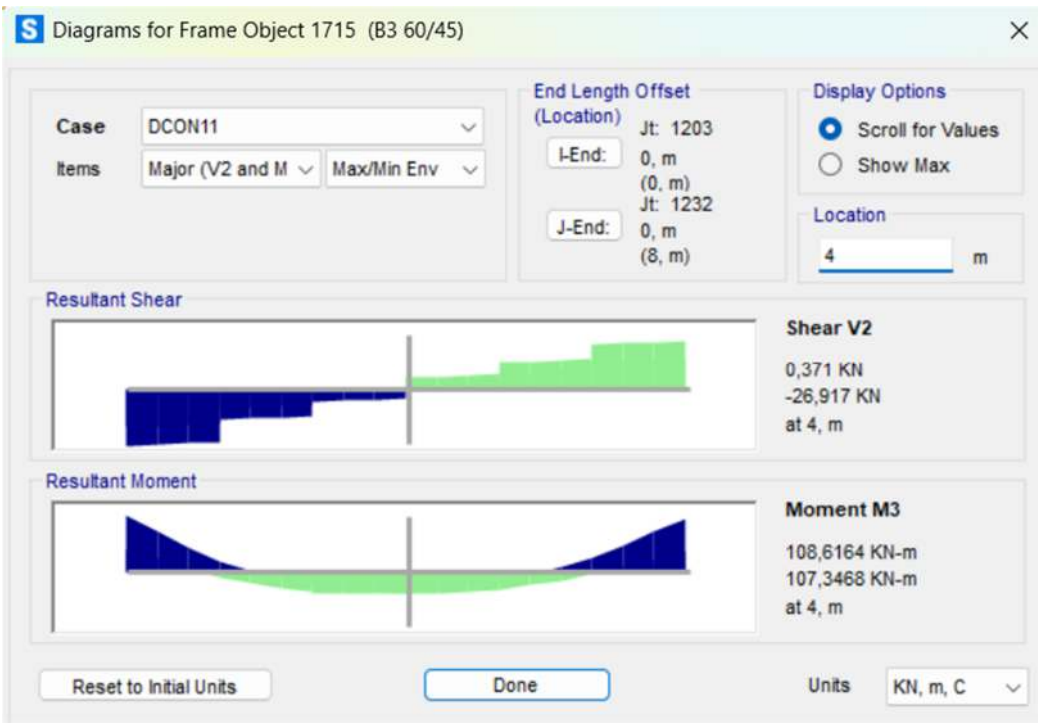
1. Perhitungan tulangan lentur



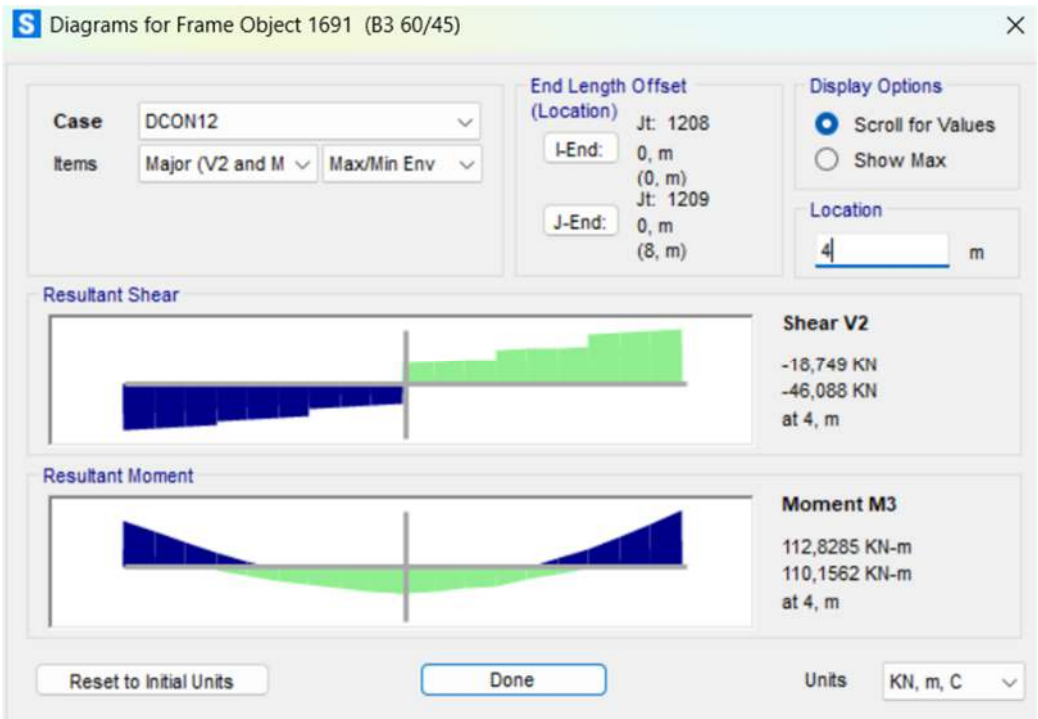
Gambar 4. 21 Output Momen Tumpuan Arah Negatif Balok B3



Gambar 4. 22 Output Momen Tumpuan Arah Positif Balok B3



Gambar 4. 23 Output Momen Lapangan Arah Negatif Balok B3



Gambar 4. 24 Output Momen Lapangan Arah Positif Balok B3

a. Mencari kebutuhan rasio tulangan dan kebutuhan tulangan pada balok

$$A_{smin} : \frac{1,4}{f_y} \times b_w \times d \text{ (SNI 2849-2019 pasal 10.5.1)}$$

$$\rho_{perlu} : \frac{0,85 \times f_{c'}}{f_y} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times R_n}{0,85 \times f_{c'}}} \right)$$

$$\rho_{max1} : 0,75 \times \frac{0,85 \times \beta_1 \times f_{c'}}{f_y} \left(\frac{600}{600 + f_y} \right)$$

$$: 0,75 \times \frac{0,85 \times 0,8357 \times 37,350}{420} \left(\frac{600}{600 + 420} \right)$$

$$: 0,022$$

$$\rho_{max2} : 0,025 \text{ (SNI 2847-2019 pasal 18.6.3.1)}$$

b. Penulangan tumpuan negatif

$$Mu : 279,4766 \text{ KNm}$$

$$Mn : \frac{Mu}{0,9} = \frac{68,445}{0,9} = 310,5296 \text{ KNm}$$

$$Rn : \frac{Mn}{b \times d^2} = \frac{279,4766 \times 10^6}{450 \times 535,5^2} = 2,40642$$

$$\rho_{\text{perlu}} : \frac{0,85 \times 37,350}{420} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 2,40642}{0,85 \times 37,350}} \right)$$

$$: 0,005965$$

$$As_{\text{perlu}} : \rho_{\text{perlu}} \times b \times d$$

$$: 0,005965 \times 450 \times 535,5 = 1437,398 \text{ mm}^2$$

$$As_{\text{min}} : \frac{\sqrt{f_c'}}{4 \cdot f_y} \times b \times d$$

$$: \frac{\sqrt{37,350}}{4 \cdot 420} \times 450 \times 535,5 = 876,6132 \text{ mm}^2$$

Dicoba menggunakan tulangan 4D25

$$As_{\text{pakai}} : n \times \frac{\pi}{4} \times db^2$$

$$: 4 \times 0,7854 \times 25^2$$

$$: 1963,5 \text{ mm}^2$$

$$a : As \times f_y / (0,85 \times f_c' \times b)$$

$$: 963,5 \times 420 / (0,85 \times 37,350 \times 450)$$

$$: 42,25754 \text{ mm}$$

$$Mn : As \times f_y \times (d - a/2)$$

$$: 1963,5 \times 420 \times (535,5 - 42,25754/2)$$

$$: 424,1865 \text{ KNm}$$

$$\phi Mn : Mn \times \phi$$

$$: 424,1865 \times 0,9$$

$$: 381,7679 \text{ KNm}$$

$$As_{\text{min}} \leq As_{\text{pakai}} \geq As_{\text{perlu}}$$

$$876,6132 \leq 1963,5 \geq 1437,398 \text{ OK}$$

$$\phi Mn > Mu$$

$$381,7679 > 279,4766 \text{ OK}$$

c. Penulangan tumpuan positif

$$Mu : 113,0806 \text{ KNm}$$

$$Mn : \frac{Mu}{0,9} = \frac{113,0806}{0,9} = 125,6451 \text{ KNm}$$

$$Rn : \frac{Mn}{b \times d^2} = \frac{125,6451 \times 10^6}{450 \times 535,5^2} = 0,9736$$

$$\rho_{\text{perlu}} : \frac{0,85 \times 37,350}{420} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 0,9736}{0,85 \times 37,350}} \right)$$

$$: 0,002354$$

$$As_{\text{perlu}} : \rho_{\text{perlu}} \times b \times d$$

$$: 0,002354 \times 450 \times 535,5 = 567,486 \text{ mm}^2$$

$$As_{\text{min}} : \frac{1,4}{fy} \times b \times d$$

$$: \frac{1,4}{420} \times 450 \times 535,5 = 876,613 \text{ mm}^2$$

Dicoba menggunakan tulangan 4D22

$$As_{\text{pakai}} : n \times \frac{\pi}{4} \times db^2$$

$$: 4 \times 0,7854 \times 22^2$$

$$: 1520,5344 \text{ mm}^2$$

$$a : As \times fy / (0,85 \times fc' \times b)$$

$$: 1520,5344 \times 420 / (0,85 \times 37,350 \times 450)$$

$$: 16,683 \text{ mm}$$

$$Mn : As \times fy \times (d - a/2)$$

$$: 1520,5344 \times 420 \times (535,5 - 16,683 / 2)$$

$$: 336,656 \text{ KNm}$$

$$\phi Mn : Mn \times \phi$$

$$: 336,656 \times 0,9$$

$$: 302,990 \text{ KNm}$$

$$As_{\text{min}} \leq As_{\text{pakai}} \geq As_{\text{perlu}}$$

$$876,613 \leq 1520,5344 \geq 567,486 \text{ OK}$$

$$\phi Mn > Mu$$

$$302,990 > 113,0806 \text{ OK}$$

d. Penulangan lapangan negatif

$$Mu : 108,6164 \text{ KNm}$$

$$Mn : \frac{Mu}{0,9} = \frac{108,6164}{0,9} = 120,684 \text{ KNm}$$

$$\begin{aligned}
 Rn &: \frac{Mn}{b \times d^2} = \frac{120,684 \times 10^6}{450 \times 535,5^2} = 0,9352 \\
 \rho_{\text{perlu}} &: \frac{0,85 \times 37,350}{420} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 0,9352}{0,85 \times 37,350}} \right) \\
 &: 0,00226 \\
 A_{s\text{perlu}} &: \rho_{\text{perlu}} \times b \times d \\
 &: 0,00226 \times 450 \times 535,5 = 544,737 \text{ mm}^2 \\
 A_{s\text{min}} &: \frac{1,4}{f_y} \times b \times d \\
 &: \frac{1,4}{420} \times 450 \times 535,5 = 876,613 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

Dicoba menggunakan tulangan 3D22

$$\begin{aligned}
 A_{s\text{pakai}} &: n \times \frac{\pi}{4} \times db^2 \\
 &: 3 \times 0,7854 \times 22^2 \\
 &: 1140,4008 \text{ mm}^2 \\
 a &: A_s \times f_y / (0,85 \times f_c' \times b) \\
 &: 1140,4008 \times 420 / (0,85 \times 37,350 \times 400) \\
 &: 16,014 \text{ mm} \\
 Mn &: A_s \times f_y \times (d - a/2) \\
 &: 1140,4008 \times 420 \times (535,5 - 16,014/2) \\
 &: 252,652 \text{ KNm} \\
 \phi Mn &: Mn \times \phi \\
 &: 252,652 \times 0,9 \\
 &: 227,3870 \text{ KNm}
 \end{aligned}$$

$$A_{s\text{min}} \leq A_{s\text{pakai}} \geq A_{s\text{perlu}}$$

$$876,613 \leq 1140,4008 \geq 544,737 \text{ OK}$$

$$\phi Mn > Mu$$

$$227,3870 > 108,6164 \text{ OK}$$

e. Penulangan lapangan positif

$$Mu : 112,8285 \text{ KNm}$$

$$Mn : \frac{Mu}{0,9} = \frac{112,8285}{0,9} = 125,365 \text{ KNm}$$

$$\begin{aligned}
 Rn &: \frac{Mn}{b \times d^2} = \frac{125,365 \times 10^6}{450 \times 535,5^2} = 0,9715 \\
 \rho_{\text{perlu}} &: \frac{0,85 \times 37,350}{420} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 0,9715}{0,85 \times 37,350}} \right) \\
 &: 0,00234 \\
 A_{s\text{perlu}} &: \rho_{\text{perlu}} \times b \times d \\
 &: 0,00234 \times 450 \times 535,5 = 566,200 \text{ mm}^2 \\
 A_{s\text{min}} &: \frac{1,4}{f_y} \times b \times d \\
 &: \frac{1,4}{420} \times 450 \times 535,5 = 876,613 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

Dicoba menggunakan tulangan 3D22

$$\begin{aligned}
 A_{s\text{pakai}} &: n \times \frac{\pi}{4} \times db^2 \\
 &: 3 \times 0,7854 \times 22^2 \\
 &: 1140,4008 \text{ mm}^2 \\
 a &: A_s \times f_y / (0,85 \times f_c' \times b) \\
 &: 1140,4008 \times 420 / (0,85 \times 37,350 \times 400) \\
 &: 16,645 \text{ mm} \\
 Mn &: A_s \times f_y \times (d - a/2) \\
 &: 1140,4008 \times 420 \times (534,5 - 70,048/2) \\
 &: 252,5012 \text{ KNm} \\
 \phi Mn &: Mn \times \phi \\
 &: 252,501 \times 0,9 \\
 &: 227,2510 \text{ KNm}
 \end{aligned}$$

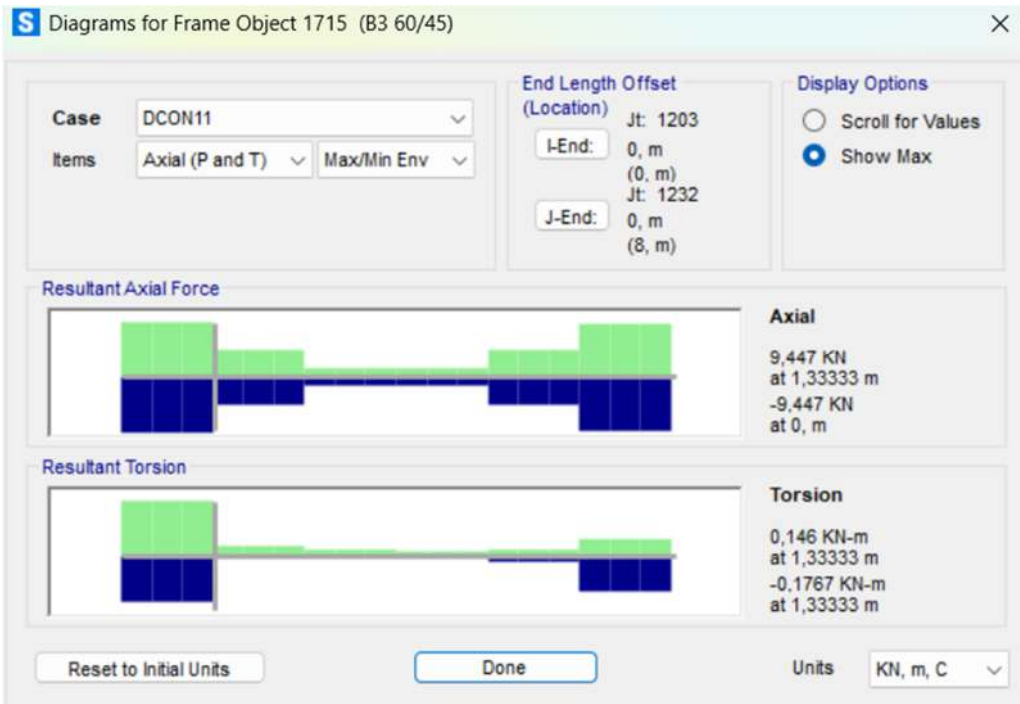
$$A_{s\text{min}} \leq A_{s\text{pakai}} \geq A_{s\text{perlu}}$$

$$876,613 \leq 1140,4008 \geq 566,200 \text{ OK}$$

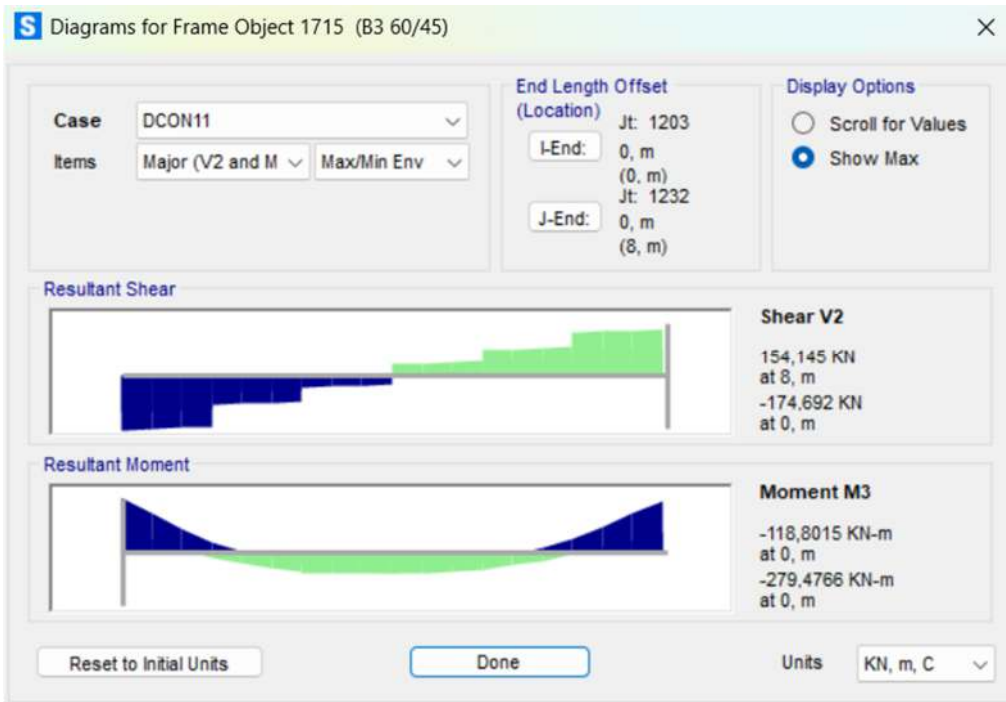
$$\phi Mn > Mu$$

$$227,2510 > 112,8285 \text{ OK}$$

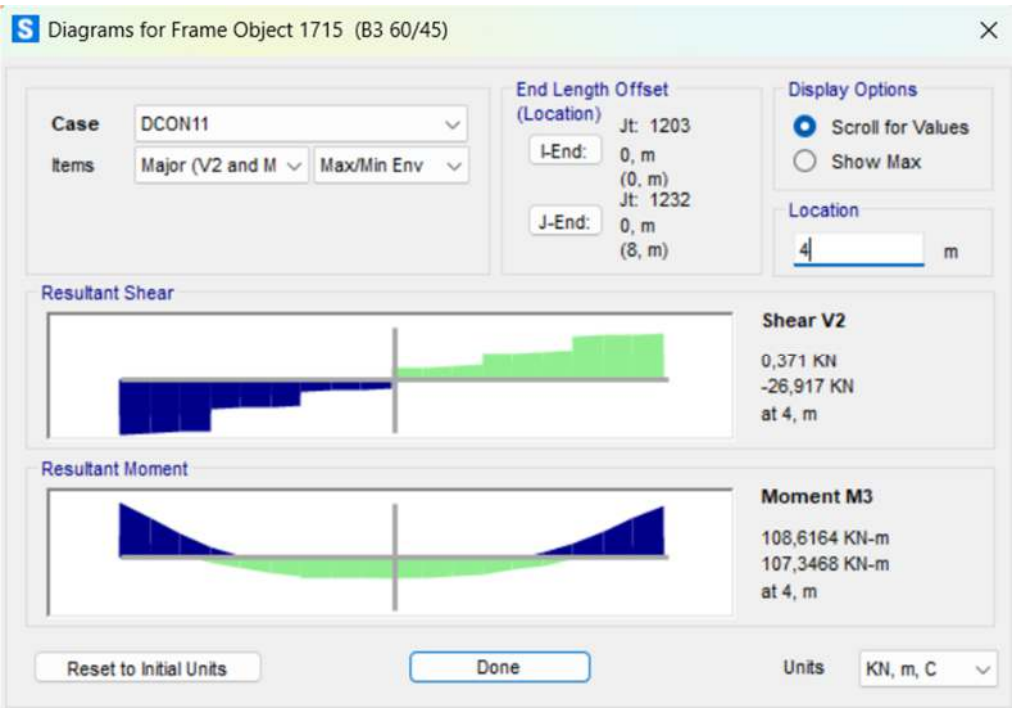
2. Penulangan geser balok B3



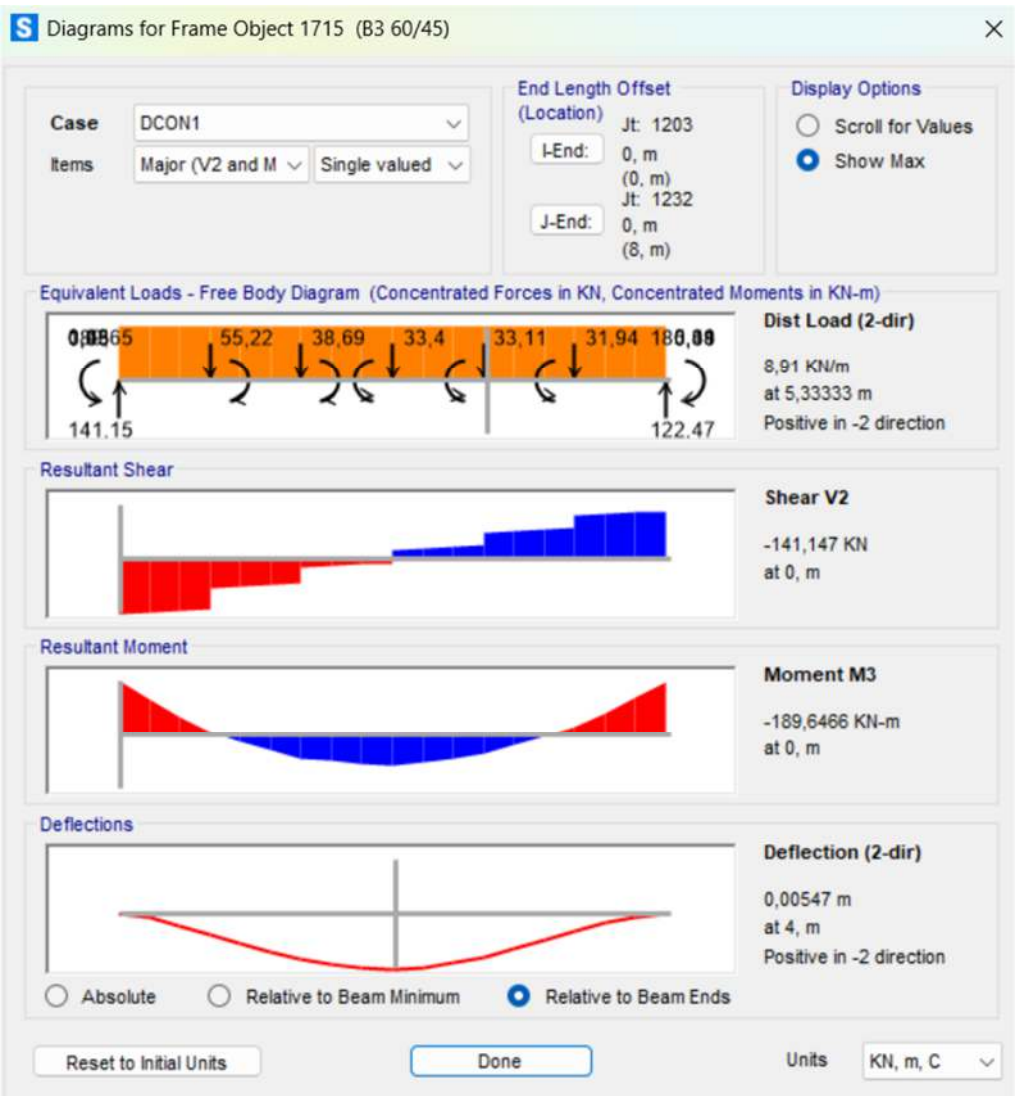
Gambar 4. 25 Output Gaya Aksial Balok B3



Gambar 4. 26 Output Gaya Geser Tumpuan Balok B3



Gambar 4. 27 Output Gaya Geser Lapangan Balok B3



Gambar 4. 28 Output Gaya Geser Desain 1,2 D + 1,6 L Tumpuan Balok B3

1. Gaya geser pada balok
Dari gambar diatas dapat diambil kesimpulan bahwa gaya geser yang terjadi pada balok B1 adalah sebagai berikut:
Vu tumpuan : 154,145 KN
Vu lapangan : 26,917 KN
Vg tumpuan : 14,1147 KN
Pu : 9,447 KN
2. Menghitung gaya desain tumpuan

$$a_{pr(+)} : \frac{1,25 \times A_s(+)\times f_y}{0,85 \times f_{c'} \times b} = \frac{1,25 \times 113,0806 \times 420}{0,85 \times 37,350 \times 450} = 4,155$$

mm

$$a_{pr(-)} : \frac{1,25 \times A_s(-)\times f_y}{0,85 \times f_{c'} \times b} = \frac{1,25 \times 279,4766 \times 420}{0,85 \times 37,350 \times 450} = 10,27$$

mm

$$\begin{aligned} M_{pr+} &: A_s^+ \times (1.25 f_y) \times (d - a_{pr+}/2) \\ &: 113,0806 \times (1.25 \times 420) \times (535,5 - 4,155 / 2) \\ &: 31667846,15 \text{ Nmm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_{pr-} &: A_s^- \times (1.25 f_y) \times (d - a_{pr-}/2) \\ &: 279,4766 \times (1.25 \times 420) \times (535,5 - 10,27 / 2) \\ &: 77817897,37 \text{ Nmm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} V_{pr} &: (M_{pr+} + M_{pr-}) / L_n \\ &: (31667846,15 + 77817897,37) / 8000 \\ &: 13685,718 \text{ N} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} V_e &: V_g + V_{pr} \\ &: 14,1147 + 13685,718 \\ &: 154832,718 \end{aligned}$$

3. Menghitung tahanan geser beton

$$\begin{aligned} 0,5 \times V_e &: 77416,359 \text{ N} \\ P_u &: 9447 \text{ N} \\ A_g f_{c'} / 20 &: 450 \times 600 \times 37,350 / 20 \\ &: 504225 \text{ N} \end{aligned}$$

Jika $V_{pr} \geq 1,2 V_e$ dan $P_u < A_g \times f_{c'} / 20$, maka V_c diperhitungkan

$$\begin{aligned} V_c &: 0,17 \times \sqrt{f_{c'}} \times b \times d \\ &: 0,17 \times \sqrt{37,350} \times 450 \times 535,5 \\ &: 250360,732 \text{ N} \end{aligned}$$

4. Penulangan geser tumpuan

Dicoba menggunakan tulangan geser 2 kaki D13-100

$$\begin{aligned} A_v &: n \times \pi/4 \times d_s^2 \\ &: 2 \times 0,7854 \times 13^2 = 265,465 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
S_{pakai} &: 100 \text{ mm} \\
S_{\max 1} &: d / 4 \\
&: 337,5 / 4 = 133,875 \text{ mm} \\
S_{\max 2} &: 150 \text{ mm} \\
V_s &: A_v \times f_{yv} \times d / s \\
&: 265,465 \times 420 \times 535,5 / 100 \\
&: 597056,385 \text{ N} \\
\text{Batas } V_s &: 0.66 \times (f_c')^{0.5} \times b \times d \\
&: 0.66 \times (37,350)^{0.5} \times 450 \times 535,5 \\
&: 971988,726 \text{ N} \\
V_n &: V_c + V_s \\
&: 250360,732 + 597056,385 \\
&: 847417,117 \text{ N} \\
V_u = V_e &: 154832,718 \text{ N} \\
\phi V_n / V_u &: 0,75 \times 847417,117 / 154832,718 \\
&: 4,105 \\
\phi V_n / V_u \geq 1 & \quad \underline{\text{OK}}
\end{aligned}$$

5. Penulangan geser lapangan

Asumsi jumlah kaki = 2 kaki

$$\begin{aligned}
A_v &: n \times \pi / 4 \times d_s^2 \\
&: 2 \times 0,7854 \times 13^2 = 265,465 \text{ mm}^2 \\
S_{pakai} &: 120 \text{ mm} \\
S_{\max} &: d / 2 \\
&: 535,5 / 2 = 267,75 \\
V_s &: A_v \times f_{yv} \times d / s \\
&: 265,465 \times 420 \times 535,5 / 100 \\
&: 34702,857 \text{ N} \\
\text{Batas } V_s &: 0.66 \times (f_c')^{0.5} \times b \times d \\
&: 0.66 \times (37,350)^{0.5} \times 450 \times 535,5 \\
&: 971988,726 \text{ N}
\end{aligned}$$

V_n

$: V_c + V_s$
 $: 250360,732 + 34702,857$
 $: 285063,589 \text{ N}$

V_u

$: 26917 \text{ N}$

$\phi V_n / V_u$

$: 0,75 \times 285063,589 / 26917$
 $: 7,943$

$\phi V_n / V_u \geq 1$

OK

6. Pengecekan tulangan lentur berdasarkan *output* A_s dan aplikasi *SAP2000*

Berdasarkan hasil analisis aplikasi *SAP2000* diperoleh $A_{s\text{perlu}}$ tiap tumpuan:

$A_{s\text{perlu}}$ tumpuan atas

$: 867,31 \text{ mm}^2$

$A_{s\text{perlu}}$ tumpuan bawah

$: 737,34 \text{ mm}^2$

$A_{s\text{perlu}}$ lapangan atas

$: 832,98 \text{ mm}^2$

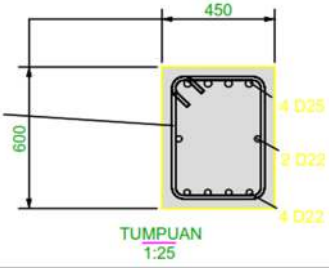
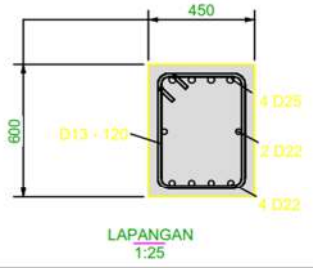
$A_{s\text{perlu}}$ lapangan bawah

$: 851,04 \text{ mm}^2$

Tabel 4. 18 Perbandingan luas tulangan perlu manual dan *output* *SAP2000*

	$A_{s\text{perlu}}$ <i>SAP2000</i> (mm ²)	$A_{s\text{min}}$ (mm ²)	$A_{s\text{perlu}}$ (mm ²)	$A_{s\text{pasang}}$ (mm ²)
Tumpuan Atas	867,31	876,6132	1437,398	1963,5
Tumpuan Bawah	737,34	876,6132	544,737	1520,5344
Lapangan Atas	832,98	876,6132	567,486	1140,4008
Lapangan Bawah	851,04	876,6132	566,200	1140,4008

(Sumber: Hasil Analisa Penulis, 2026)

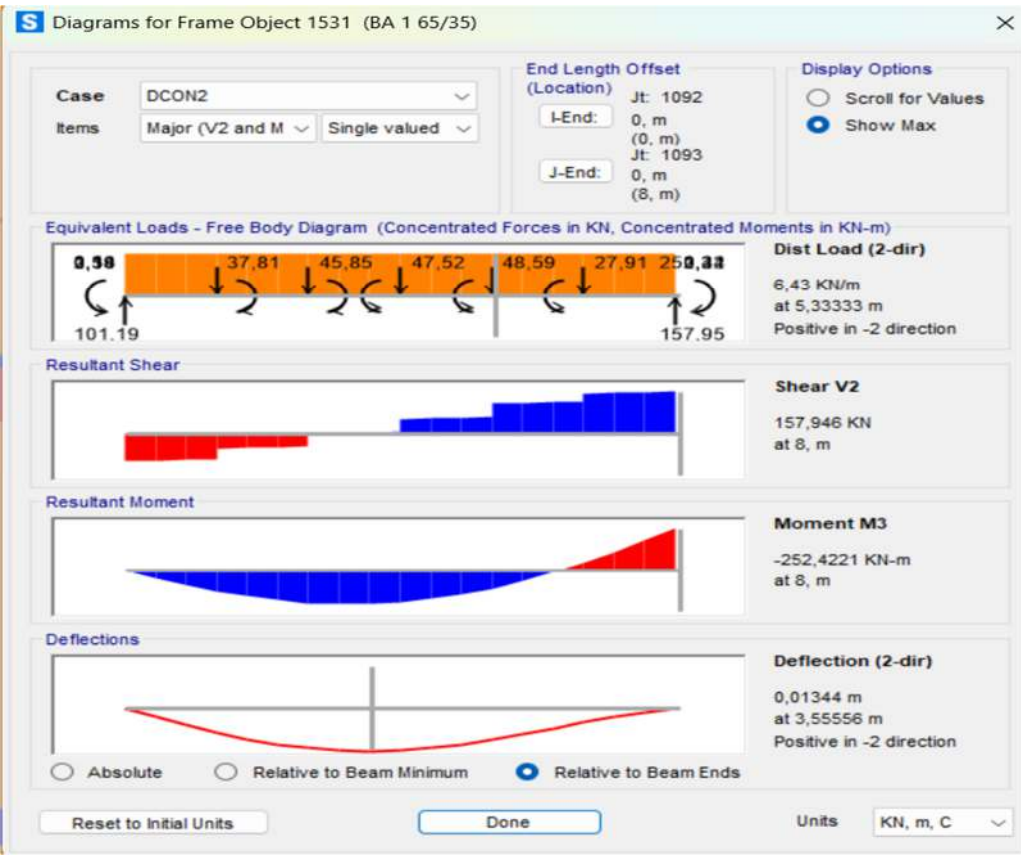
NAMA BALOK	B3	
PELETAKAN	TUMPUAN	LAPANGAN
POTONGAN		
DIMENSI BALOK	600/450	600/450
TULANGAN ATAS	4 D 25	3 D 22
TULANGAN TENGAH	2 D 22	2 D 22
TULANGAN BAWAH	4 D 22	3 D 22
TULANGAN SENGKANG	2 D 13 - 100	2 D 13 - 120
TEBAL SELIMUT	40	40

Gambar 4. 29 Detail Penulangan Balok B3

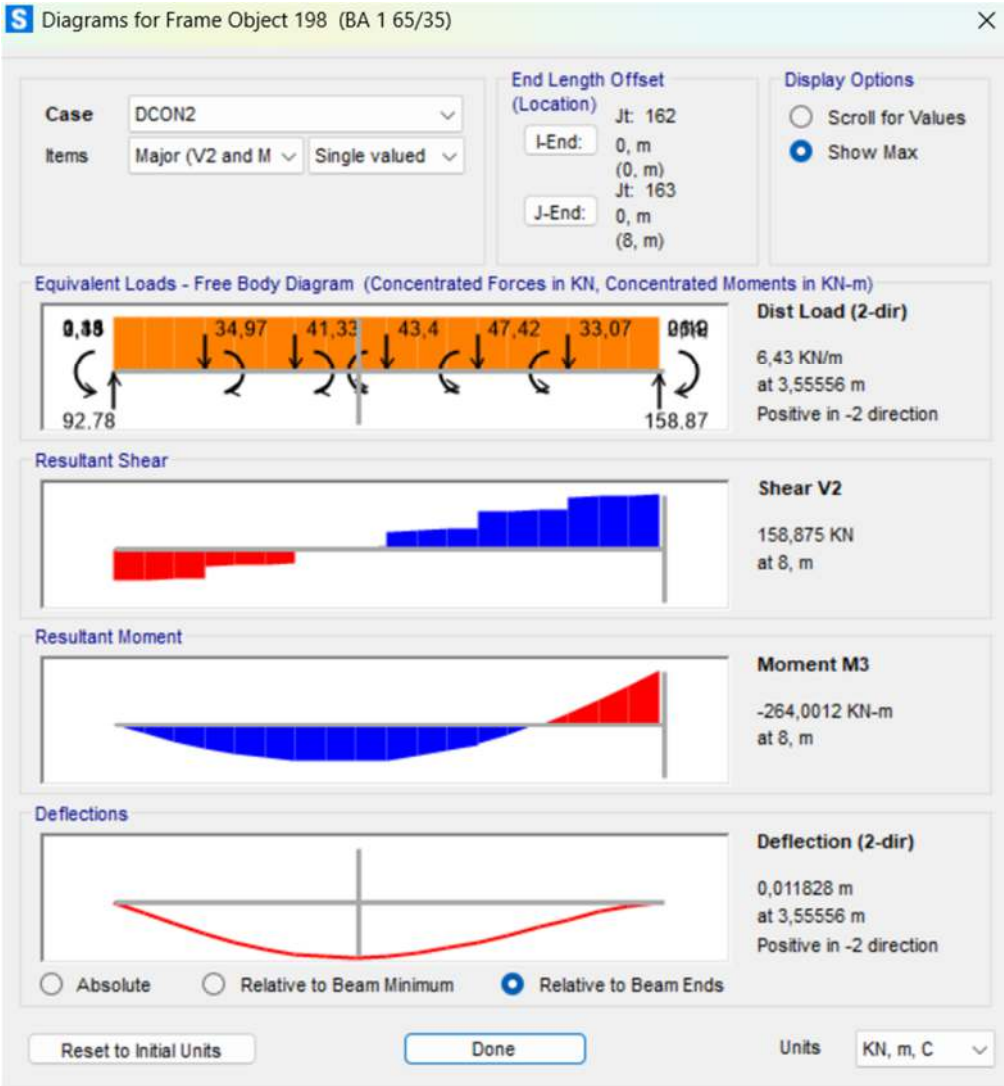
Sumber: Hasil Analisis Penulis, 2026

4.4.4.4 Penulangan Balok BA1

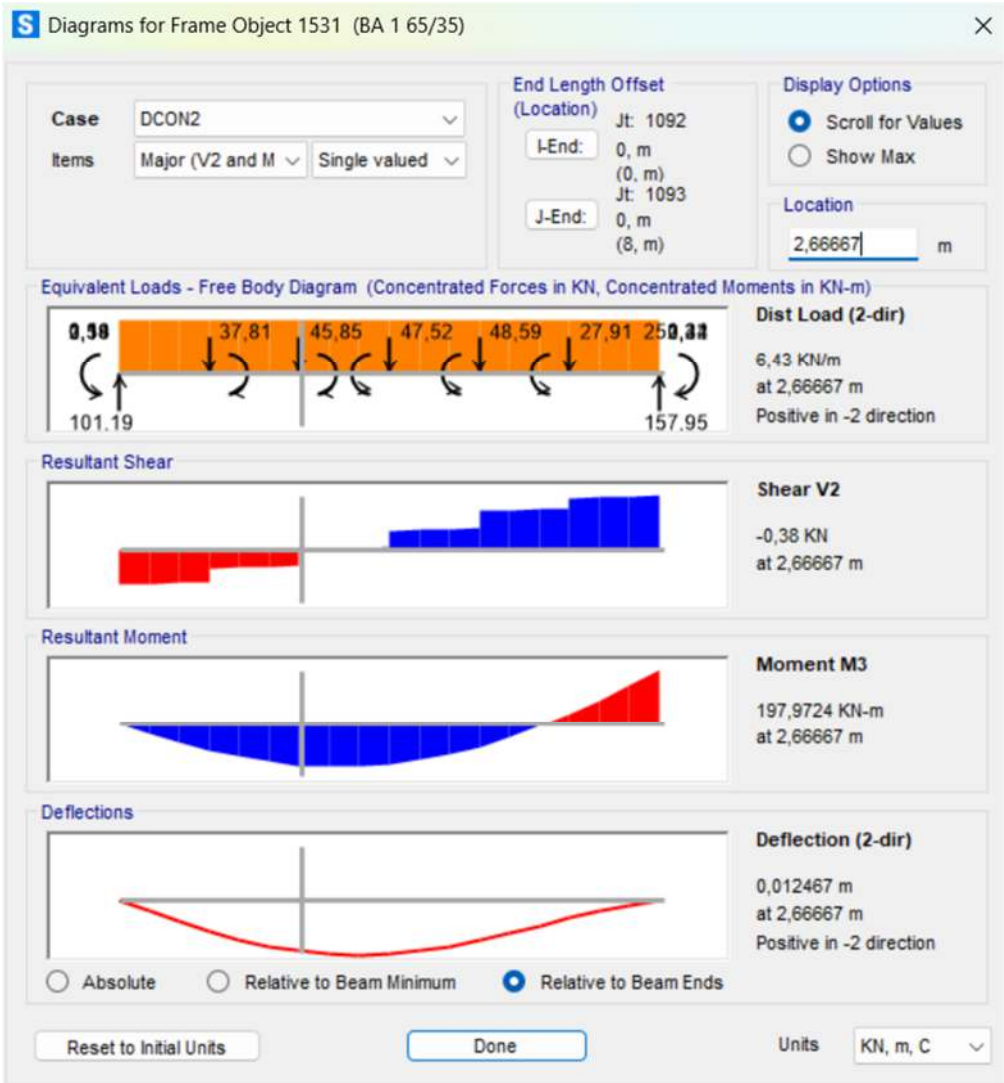
1. Perhitungan tulangan lentur



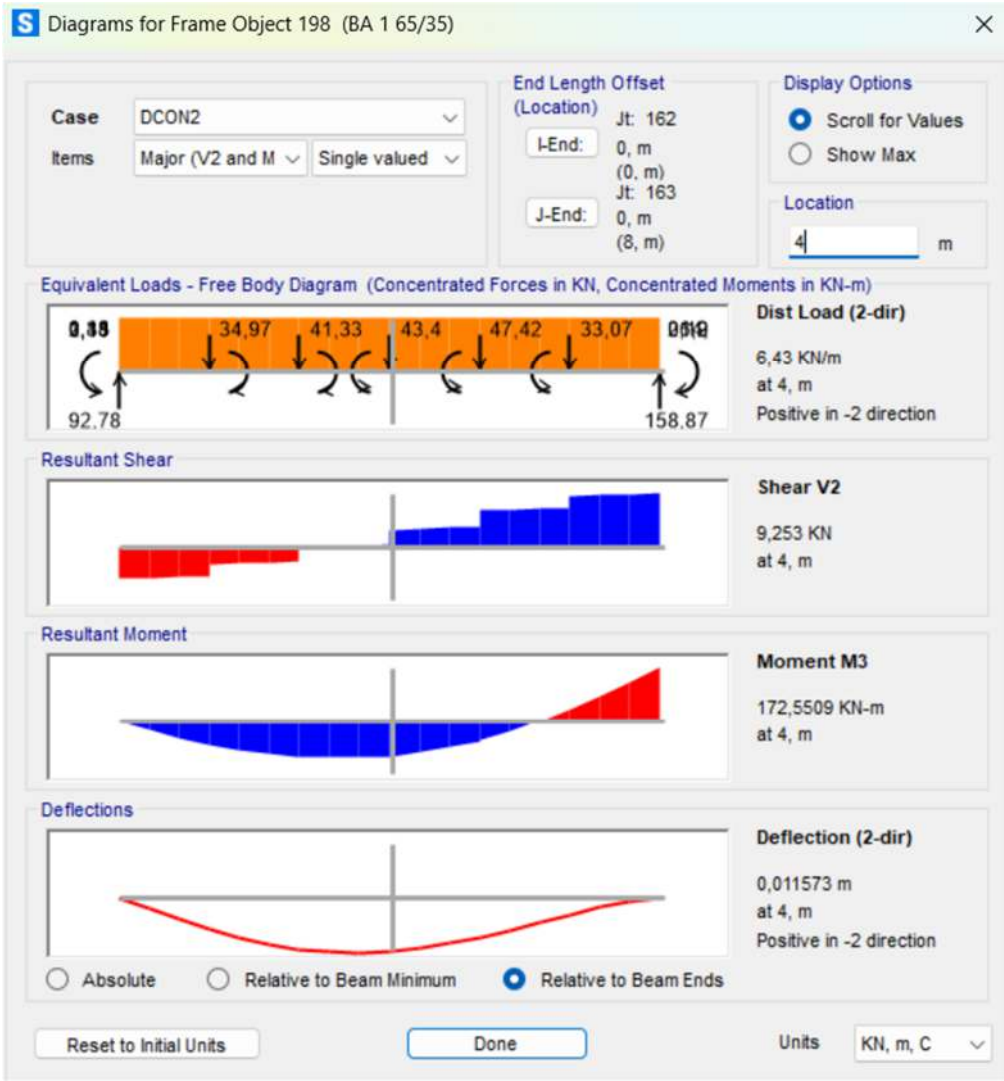
Gambar 4. 30 Output Momen Tumpuan Arah Negatif Balok BA1



Gambar 4. 31 Output Momen Tumpuan Arah Positif Balok BA1



Gambar 4. 32 Output Momen Lapangan Arah Negatif Balok BA1



Gambar 4. 33 Output Momen Lapangan Arah Positif Balok BA1

a. Mencari kebutuhan rasio tulangan dan kebutuhan tulangan pada balok

$$A_{smin} : \frac{1,4}{f_y} \times b_w \times d \text{ (SNI 2849-2019 pasal 10.5.1)}$$

$$\rho_{perlu} : \frac{0,85 \times f_{c'}}{f_y} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times R_n}{0,85 \times f_{c'}}} \right)$$

$$\rho_{max1} : 0,75 \times \frac{0,85 \times \beta_1 \times f_{c'}}{f_y} \left(\frac{600}{600 + f_y} \right)$$

$$: 0,75 \times \frac{0,85 \times 0,8357 \times 30}{420} \left(\frac{600}{600 + 420} \right)$$

$$: 0,022$$

$$\rho_{\max 2} : 0,025 \text{ (SNI 2847-2019 pasal 18.6.3.1)}$$

b. Penulangan tumpuan negatif

$$Mu : 252,4221 \text{ KNm}$$

$$Mn : \frac{Mu}{0,9} = \frac{252,4221}{0,9} = 280,469 \text{ KNm}$$

$$Rn : \frac{Mn}{b \times d^2} = \frac{280,469 \times 10^6}{350 \times 585,5^2} = 2,337$$

$$\rho_{\text{perlu}} : \frac{0,85 \times 37,350}{420} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 2,337}{0,85 \times 37,350}} \right)$$

$$: 0,00578$$

$$As_{\text{perlu}} : \rho_{\text{perlu}} \times b \times d$$

$$: 0,00578 \times 350 \times 585,5 = 1185,932 \text{ mm}^2$$

$$As_{\min} : \frac{1,4}{fy} \times b \times d$$

$$: \frac{1,4}{420} \times 350 \times 585,5 = 745,625 \text{ mm}^2$$

Dicoba menggunakan tulangan 3D25

$$As_{\text{pakai}} : n \times \frac{\pi}{4} \times db^2$$

$$: 3 \times 0,7854 \times 25^2$$

$$: 1472,625 \text{ mm}^2$$

$$a : As \times fy / (0,85 \times fc' \times b)$$

$$: 1472,625 \times 420 / (0,85 \times 37,350 \times 350)$$

$$: 44,826 \text{ mm}$$

$$Mn : As \times fy \times (d - a/2)$$

$$: 1472,625 \times 420 \times (337,5 - 44,826 / 2)$$

$$: 348,270 \text{ KNm}$$

$$\phi Mn : Mn \times \phi$$

$$: 348,270 \times 0,9$$

$$: 313,443 \text{ KNm}$$

$$As_{\min} \leq As_{\text{pakai}} \geq As_{\text{perlu}}$$

$$745,625 \leq 1472,625 \geq 1185,932 \text{ OK}$$

$$\Phi Mn > Mu$$

$$313,443 > 252,4221 \text{ OK}$$

c. Penulangan tumpuan positif

$$Mu : 264,0012 \text{ KNm}$$

$$Mn : \frac{Mu}{0,9} = \frac{264,0012}{0,9} = 293,334 \text{ KNm}$$

$$Rn : \frac{Mn}{b \times d^2} = \frac{45,967 \times 10^6}{350 \times 585,5^2} = 2,444$$

$$\rho_{\text{perlu}} : \frac{0,85 \times 37,350}{420} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 2,018}{0,85 \times 37,350}} \right)$$

$$: 0,00606$$

$$As_{\text{perlu}} : \rho_{\text{perlu}} \times b \times d$$

$$: 0,005 \times 350 \times 585,5 = 1242,701 \text{ mm}^2$$

$$As_{\text{min}} : \frac{1,4}{fy} \times b \times d$$

$$: \frac{1,4}{420} \times 350 \times 585,5 = 745,471 \text{ mm}^2$$

Dicoba menggunakan tulangan 3D25

$$As_{\text{pakai}} : n \times \frac{\pi}{4} \times db^2$$

$$: 3 \times 0,7854 \times 25^2$$

$$: 1472,625 \text{ mm}^2$$

$$a : As \times fy / (0,85 \times fc' \times b)$$

$$: 1472,625 \times 420 / (0,85 \times 37,350 \times 200)$$

$$: 46,971 \text{ mm}$$

$$Mn : As \times fy \times (d - a/2)$$

$$: 1472,625 \times 420 \times (337,5 - 46,971 / 2)$$

$$: 347,607 \text{ KNm}$$

$$\phi Mn : Mn \times \phi$$

$$: 347,607 \times 0,9$$

$$: 312,846 \text{ KNm}$$

$$As_{\text{min}} \leq As_{\text{pakai}} \geq As_{\text{perlu}}$$

$$745,471 \leq 1472,625 \geq 1242,701 \text{ OK}$$

$$\Phi Mn > Mu$$

$$312,846 > 264,0012 \text{ OK}$$

d. Penulangan lapangan negatif

$$Mu : 197,9724 \text{ KNm}$$

$$Mn : \frac{Mu}{0,9} = \frac{197,9724}{0,9} = 219,969 \text{ KNm}$$

$$Rn : \frac{Mn}{b \times d^2} = \frac{45,751 \times 10^6}{350 \times 585,5^2} = 1,833$$

$$\rho_{\text{perlu}} : \frac{0,85 \times 37,350}{420} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 2,008}{0,85 \times 37,350}} \right)$$

$$: 0,00449$$

$$As_{\text{perlu}} : \rho_{\text{perlu}} \times b \times d$$

$$: 0,00449 \times 350 \times 585,5 = 921,947 \text{ mm}^2$$

$$As_{\text{min}} : \frac{1,4}{fy} \times b \times d$$

$$: \frac{1,4}{420} \times 350 \times 585,5 = 745,471 \text{ mm}^2$$

Dicoba menggunakan tulangan 3D22

$$As_{\text{pakai}} : n \times \frac{\pi}{4} \times db^2$$

$$: 3 \times 0,7854 \times 22^2$$

$$: 1140,4008 \text{ mm}^2$$

$$a : As \times fy / (0,85 \times fc' \times b)$$

$$: 1140,4008 \times 420 / (0,85 \times 37,350 \times 350)$$

$$: 34,848 \text{ mm}$$

$$Mn : As \times fy \times (d - a/2)$$

$$: 1140,4008 \times 420 \times (585,5 - 34,848 / 2)$$

$$: 272,090 \text{ KNm}$$

$$\phi Mn : Mn \times \phi$$

$$: 272,090 \times 0,9$$

$$: 244,881 \text{ KNm}$$

$$As_{\text{min}} \leq As_{\text{pakai}} \geq As_{\text{perlu}}$$

$$745,471 \leq 1140,4008 \geq 921,947 \text{ OK}$$

$$\Phi Mn > Mu$$

$$244,881 > 197,9724 \text{ OK}$$

e. Penulangan lapangan positif

$$Mu : 172,5509 \text{ KNm}$$

$$Mn : \frac{Mu}{0,9} = \frac{172,5509}{0,9} = 191,723 \text{ KNm}$$

$$Rn : \frac{Mn}{b \times d^2} = \frac{62,122 \times 10^6}{350 \times 585,5^2} = 1,587$$

$$\rho_{\text{perlu}} : \frac{0,85 \times 37,350}{420} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 1,587}{0,85 \times 37,350}} \right)$$

$$: 0,00390$$

$$As_{\text{perlu}} : \rho_{\text{perlu}} \times b \times d$$

$$: 0,00390 \times 350 \times 585,5 = 800,322 \text{ mm}^2$$

$$As_{\text{min}} : \frac{1,4}{fy} \times b \times d$$

$$: \frac{1,4}{420} \times 350 \times 585,5 = 745,471 \text{ mm}^2$$

Dicoba menggunakan tulangan 3D22

$$As_{\text{pakai}} : n \times \frac{\pi}{4} \times db^2$$

$$: 3 \times 0,7854 \times 22^2$$

$$: 1140,4008 \text{ mm}^2$$

$$a : As \times fy / (0,85 \times fc' \times b)$$

$$: 1140,4008 \times 420 / (0,85 \times 37,350 \times 350)$$

$$: 30,250 \text{ mm}$$

$$Mn : As \times fy \times (d - a/2)$$

$$: 1140,4008 \times 420 \times (585,5 - 30,250 / 2)$$

$$: 273,191 \text{ KNm}$$

$$\phi Mn : Mn \times \phi$$

$$: 273,191 \times 0,9$$

$$: 245,8722 \text{ KNm}$$

$$As_{\text{min}} \leq As_{\text{pakai}} \geq As_{\text{perlu}}$$

$745,471 \leq 1140,4008 \geq 800,322$ OK

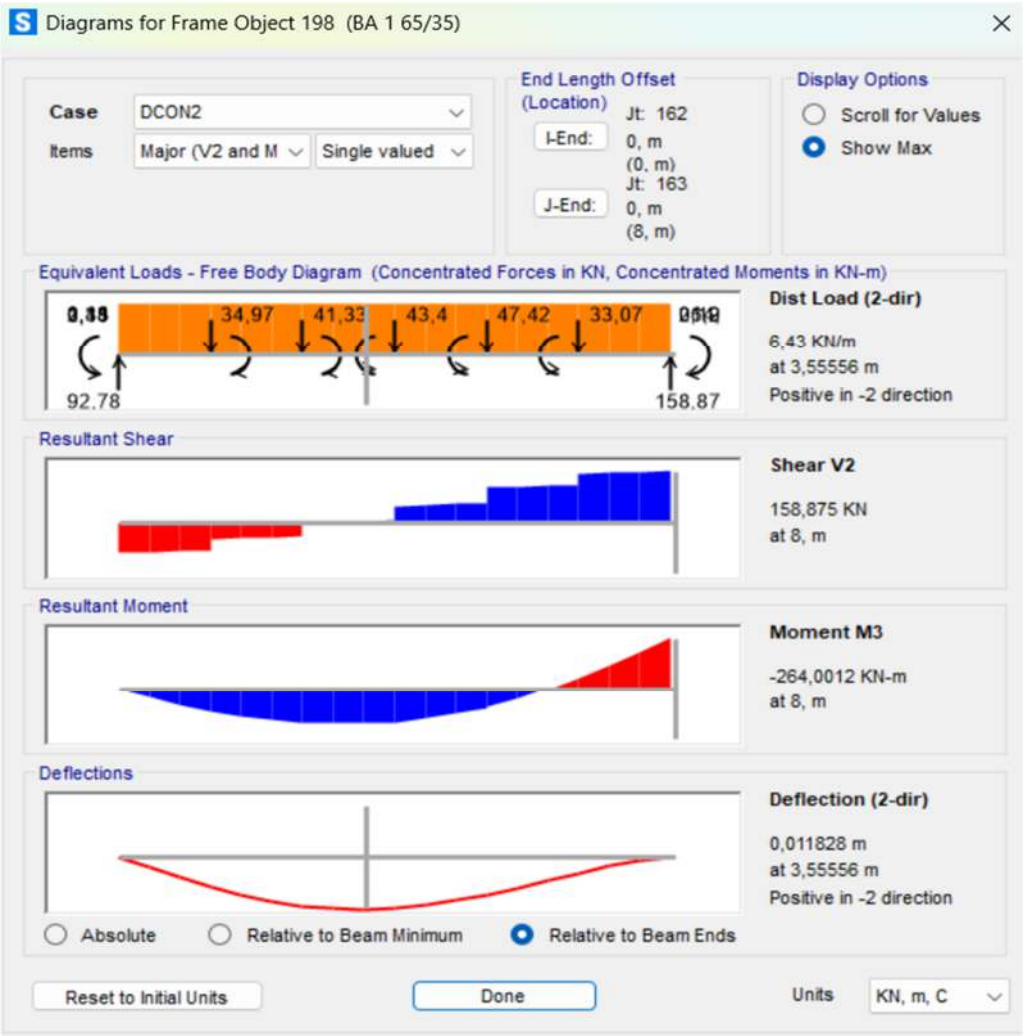
$\Phi Mn > Mu$

$245,8722 > 172,5509$ OK

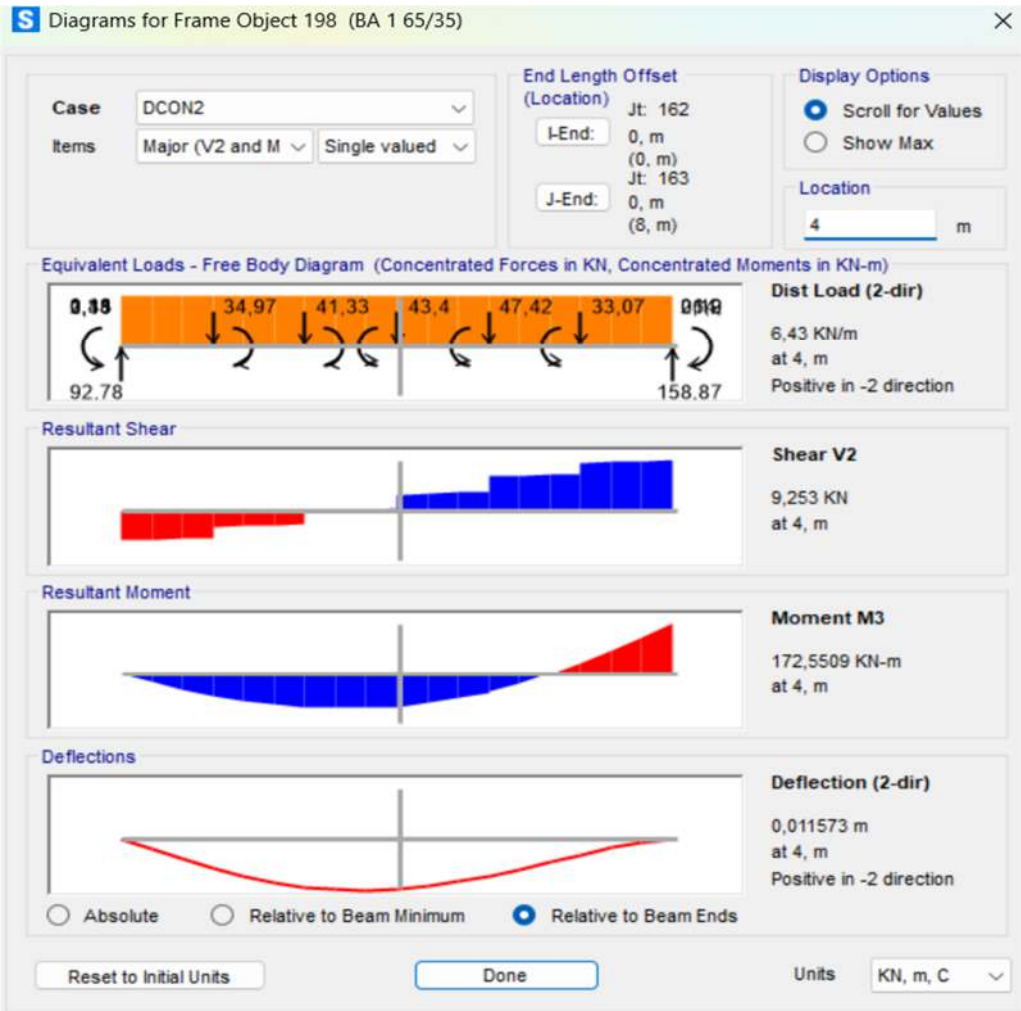
2. Penulangan geser balok BA1



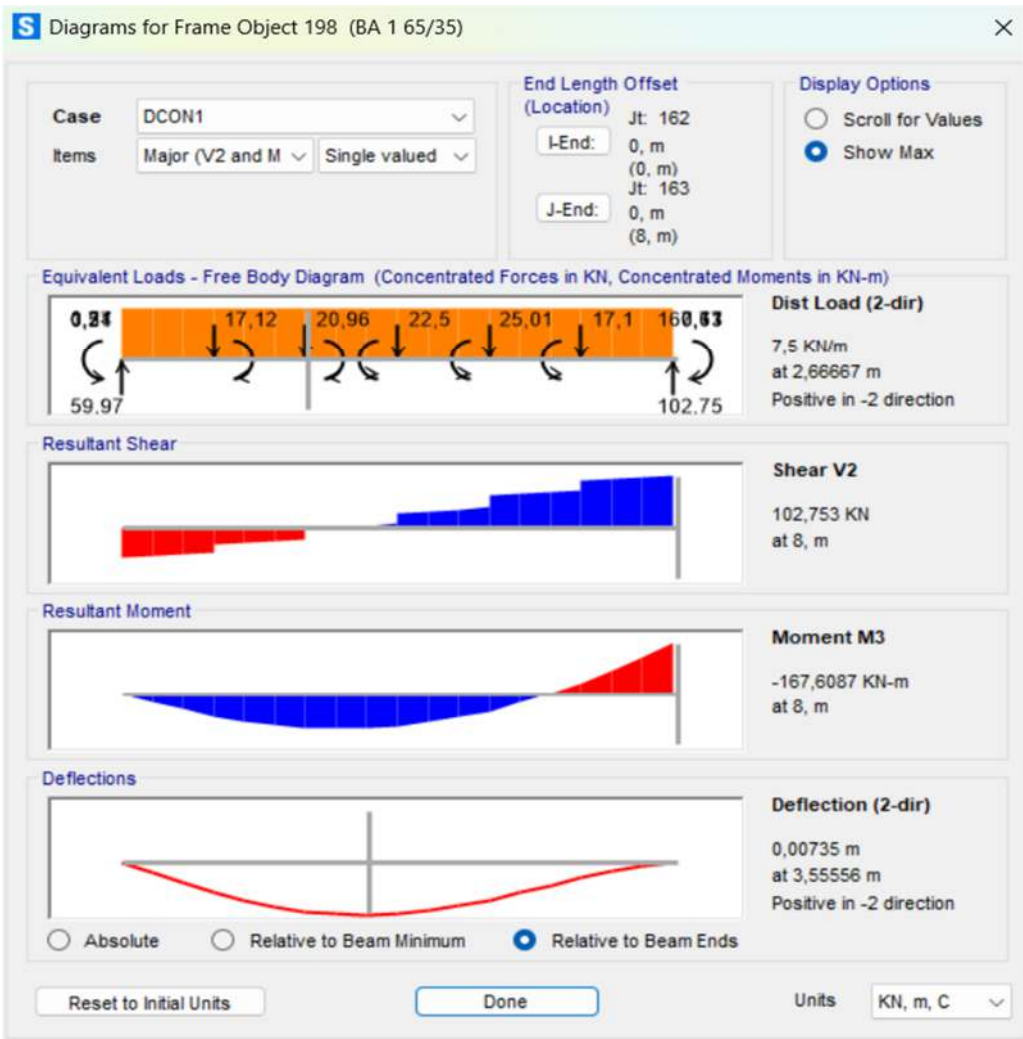
Gambar 4. 34 Output Gaya Aksial Balok BA1



Gambar 4. 35 Output Gaya Geser Tumpuan Balok BA1



Gambar 4. 36 Output Gaya Geser Lapangan Balok BA1



Gambar 4. 37 Output Gaya Geser Desain 1,2 D + 1,6 L Tumpuan Balok BA1

- a. Gaya geser pada balok
- Dari gambar diatas dapat diambil kesimpulan bahwa gaya geser yang terjadi pada balok B1 adalah sebagai berikut:
- Vu tumpuan : 15,8875 KN
- Vu lapangan : 9,253 KN
- Vg tumpuan : 102,753 KN
- Pu : 0 KN

b. Menghitung gaya desain tumpuan

$$a_{pr(+)} : \frac{1,25 \times As(+) \times fy}{0,85 \times fc' \times b} = \frac{1,25 \times 1472,625 \times 420}{0,85 \times 37,350 \times 350} = 69,578$$

mm

$$a_{pr(-)} : \frac{1,25 \times As(-) \times fy}{0,85 \times fc' \times b} = \frac{1,25 \times 1472,625 \times 420}{0,85 \times 37,350 \times 350} = 69,578$$

mm

$$\begin{aligned} M_{pr+} &: As^+ \times (1.25 fy) \times (d - a_{pr+}/2) \\ &: 69,578 \times (1.25 \times 420) \times (585,5 - 58,374 / 2) \\ &: 42577041,8 \text{ Nmm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_{pr-} &: As^- \times (1.25 fy) \times (d - a_{pr-}/2) \\ &: 69,578 \times (1.25 \times 420) \times (585,5 - 87,560 / 2) \\ &: 42577041,8 \text{ Nmm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} V_{pr} &: (M_{pr+} + M_{pr-}) / Ln \\ &: (42577041,8 + 42577041,8) / 8000 \\ &: 106442,510 \text{ N} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} V_e &: V_g + V_{pr} \\ &: 102753 + 106442,510 \\ &: 209195,510 \text{ N} \end{aligned}$$

c. Menghitung tahanan geser beton

$$0,5 \times V_e : 104597,755 \text{ N}$$

$$P_u : 0 \text{ N}$$

$$\begin{aligned} Ag fc' / 20 &: 350 \times 650 \times 37,350 / 20 \\ &: 424856,25 \text{ N} \end{aligned}$$

Jika $V_{pr} \geq 1,2 V_e$ dan $P_u < Ag \times fc' / 20$, maka V_c diperhitungkan

$$\begin{aligned} V_c &: 0,17 \times \sqrt{fc'} \times b \times d \\ &: 0,17 \times \sqrt{37,350} \times 350 \times 585,5 \\ &: 212906,621 \text{ N} \end{aligned}$$

d. Penulangan geser tumpuan

Dicoba menggunakan tulangan geser 2 kaki D13-100

$$A_v : n \times \pi/4 \times ds^2$$

$$\begin{aligned}
 & : 2 \times 0,7854 \times 13^2 = 265,465 \text{ mm}^2 \\
 S_{pakai} & : 100 \text{ mm} \\
 S_{\max 1} & : d / 4 \\
 & : 585,5 / 4 = 146,375 \text{ mm} \\
 S_{\max 2} & : 150 \text{ mm} \\
 V_s & : A_v \times f_{yv} \times d / s \\
 & : 265,465 \times 420 \times 337,5 / 100 \\
 & : 652803,947 \text{ N} \\
 \text{Batas } V_s & : 0.66 \times (f_c')^{0.5} \times b \times d \\
 & : 0.66 \times (37,350)^{0.5} \times 350 \times 585,5 \\
 & : 826578,648 \text{ N} \\
 V_n & : V_c + V_s \\
 & : 212906,621 + 652803,947 \\
 & : 865710,568 \text{ N} \\
 V_u = V_e & : 209195,510 \text{ N} \\
 \phi V_n / V_u & : 0,75 \times 865710,568 / 209195,510 \\
 & : 3,103 \\
 \phi V_n / V_u \geq 1 & \quad \underline{\text{OK}}
 \end{aligned}$$

e. Penulangan geser lapangan

Asumsi jumlah kaki = 2 kaki

$$\begin{aligned}
 A_v & : n \times \pi / 4 \times d_s^2 \\
 & : 2 \times 0,7854 \times 13^2 = 265,465 \text{ mm}^2 \\
 S_{pakai} & : 120 \text{ mm} \\
 S_{\max} & : d / 2 \\
 & : 585,5 / 2 = 292,75 \\
 V_s & : A_v \times f_{yv} \times d / s \\
 & : 265,465 \times 420 \times 585,5 / 120 \\
 & : 34702,857 \text{ N} \\
 \text{Batas } V_s & : 0.66 \times (f_c')^{0.5} \times b \times d \\
 & : 0.66 \times (37,350)^{0.5} \times 350 \times 585,5
 \end{aligned}$$

: 8265778,648 N

V_n

: $V_c + V_s$

: 212906,621 + 34702,857

: 247609,478 N

V_u

: 9253 N

$\phi V_n / V_u$

: $0,75 \times 247609,478 / 9253$

: 20,069

$\phi V_n / V_u \geq 1$ OK

f. Pengecekan tulangan lentur berdasarkan *output* A_s dan aplikasi *SAP2000*
Berdasarkan hasil analisis aplikasi *SAP2000* diperoleh $A_{s\text{perlu}}$ tiap tumpuan:

$A_{s\text{perlu}}$ tumpuan atas

: 1180,36 mm²

$A_{s\text{perlu}}$ tumpuan bawah

: 2117,81 mm²

$A_{s\text{perlu}}$ lapangan atas

: 912,379 mm²

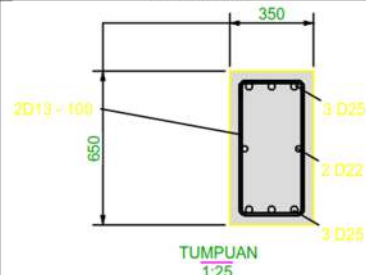
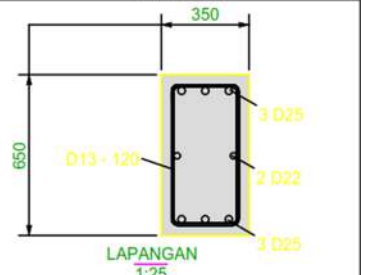
$A_{s\text{perlu}}$ lapangan bawah

: 793,327 mm²

Tabel 4. 19 Perbandingan luas tulangan perlu manual dan *output* *SAP2000*

	$A_{s\text{perlu}}$ <i>SAP2000</i> (mm ²)	$A_{s\text{min}}$ (mm ²)	$A_{s\text{perlu}}$ (mm ²)	$A_{s\text{pasang}}$ (mm ²)
Tumpuan Atas	1180,36	745,625	1185,932	1472,625
Tumpuan Bawah	2117,81	745,625	1242,701	1472,625
Lapangan Atas	912,379	745,625	921,947	1140,4008
Lapangan Bawah	793,327	745,625	800,322	1140,4008

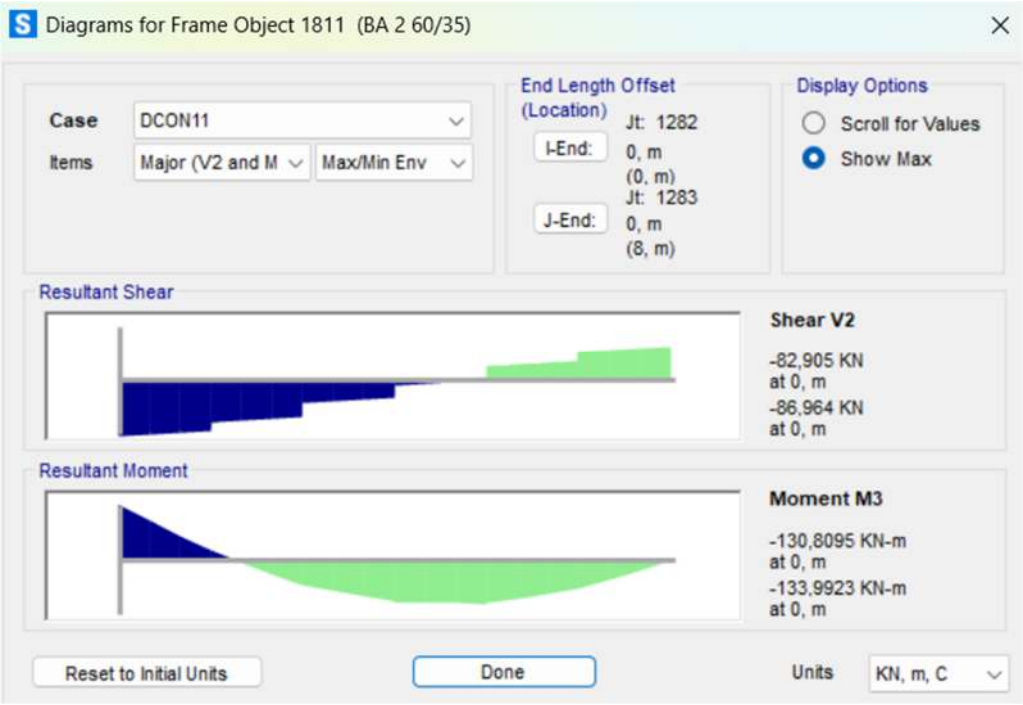
(Sumber: Hasil Analisa Penulis, 2026)

NAMA BALOK	BA1	
PELETAKAN	TUMPUAN	LAPANGAN
POTONGAN		
DIMENSI BALOK	650/350	650/350
TULANGAN ATAS	3 D 25	3 D 22
TULANGAN TENGAH	2 D 22	2 D 22
TULANGAN BAWAH	3 D 25	3 D 22
TULANGAN SENGKANG	2 D 13 - 100	2 D 13 - 120
TEBAL SELIMUT	40	40

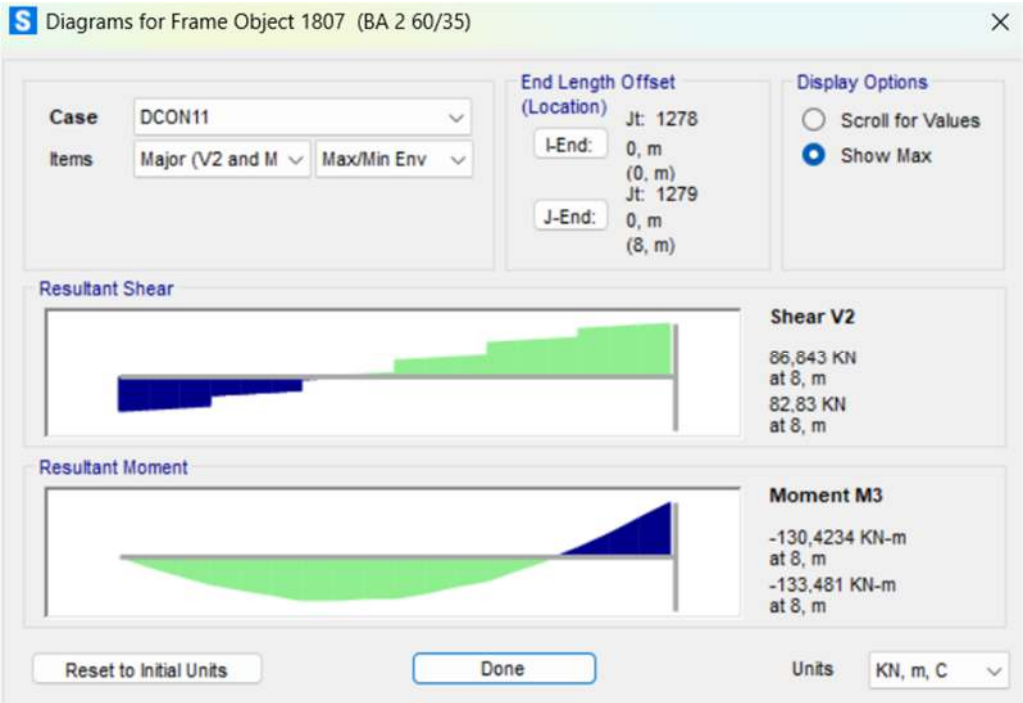
Gambar 4. 38 Detail Penulangan Balok BA1

4.4.4.5 Penulangan Balok BA2

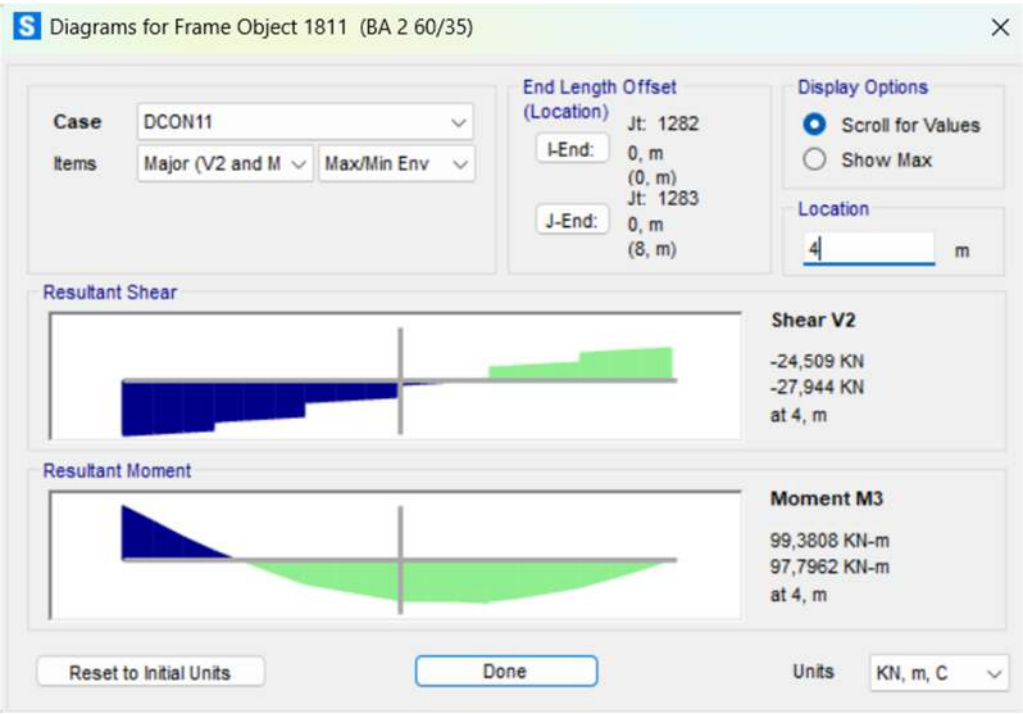
1. Perhitungan tulangan lentur



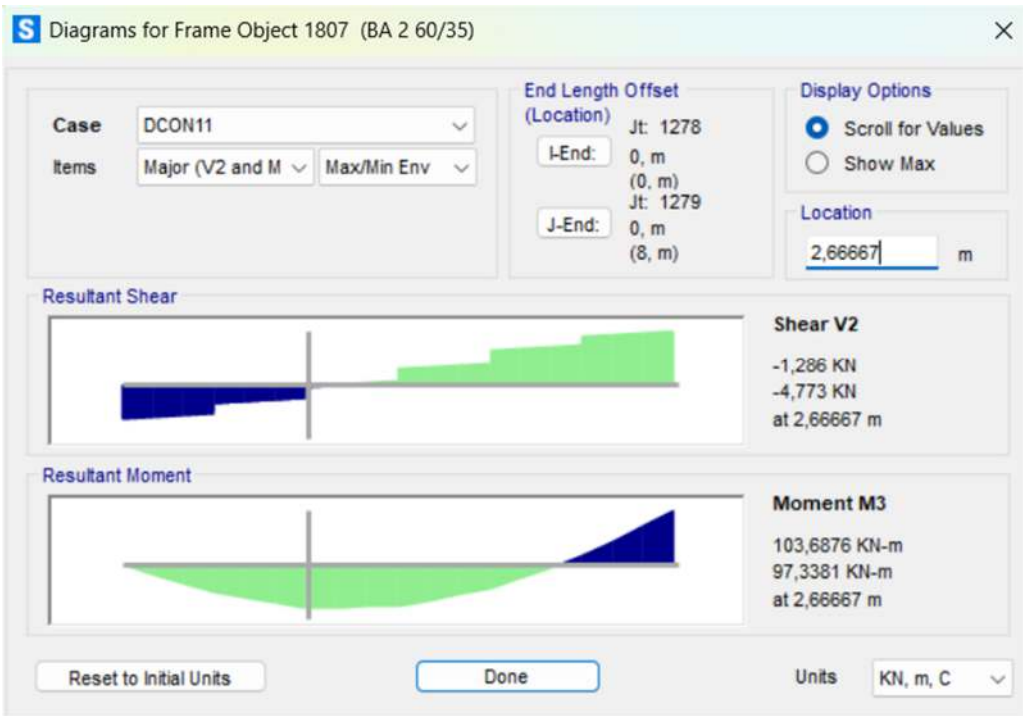
Gambar 4. 39 Output Momen Tumpuan Arah Negatif Balok BA1



Gambar 4. 40 Output Momen Tumpuan Arah Positif Balok BA1



Gambar 4. 41 Output Momen Lapangan Arah Negatif Balok BA1



Gambar 4. 42 Output Momen Lapangan Arah Positif Balok BA1

a. Mencari kebutuhan rasio tulangan dan kebutuhan tulangan pada balok

$A_{smin} : \frac{1,4}{f_y} \times b_w \times d$ (SNI 2849-2019 pasal 10.5.1)

$\rho_{perlu} : \frac{0,85 \times f_{c'} }{f_y} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times R_n}{0,85 \times f_{c'} }} \right)$

$\rho_{max1} : 0,75 \times \frac{0,85 \times \beta_1 \times f_{c'} }{f_y} \left(\frac{600}{600 + f_y} \right)$
 $: 0,75 \times \frac{0,85 \times 0,8357 \times 37,350}{420} \left(\frac{600}{600 + 420} \right)$
 $: 0,022$

$\rho_{max2} : 0,025$ (SNI 2847-2019 pasal 18.6.3.1)

b. Penulangan tumpuan negatif

$M_u : 133,9923 \text{ KNm}$

$M_n : \frac{M_u}{0,9} = \frac{133,9923}{0,9} = 148,880 \text{ KNm}$

$$Rn : \frac{Mn}{b \times d^2} = \frac{148,880 \times 10^6}{350 \times 535,5^2} = 1,483$$

$$\rho_{\text{perlu}} : \frac{0,85 \times 37,350}{420} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 1,483}{0,85 \times 37,350}} \right)$$

$$: 0,00361$$

$$As_{\text{perlu}} : \rho_{\text{perlu}} \times b \times d$$

$$: 0,009 \times 350 \times 535,5 = 678,187 \text{ mm}^2$$

$$As_{\text{min}} : \frac{1,4}{fy} \times b \times d$$

$$: \frac{1,4}{420} \times 350 \times 535,5 = 681,810 \text{ mm}^2$$

Dicoba menggunakan tulangan 3D22

$$As_{\text{pakai}} : n \times \frac{\pi}{4} \times db^2$$

$$: 3 \times 0,7854 \times 22^2$$

$$: 1140,4008 \text{ mm}^2$$

$$a : As \times fy / (0,85 \times fc' \times b)$$

$$: 1140,4008 \times 420 / (0,85 \times 37,350 \times 350)$$

$$: 25,634 \text{ mm}$$

$$Mn : As \times fy \times (d - a/2)$$

$$: 1140,4008 \times 420 \times (535,5 - 25,634 / 2)$$

$$: 250,348 \text{ KNm}$$

$$\phi Mn : Mn \times \phi$$

$$: 250,348 \times 0,9$$

$$: 225,3136 \text{ KNm}$$

$$As_{\text{min}} \leq As_{\text{pakai}} \geq As_{\text{perlu}}$$

$$681,810 \leq 1140,4008 \geq 678,187 \text{ OK}$$

$$\Phi Mn > Mu$$

$$225,3136 > 133,9923 \text{ OK}$$

c. Penulangan tumpuan positif

$$Mu : 133,481 \text{ KNm}$$

$$Mn : \frac{Mu}{0,9} = \frac{133,481}{0,9} = 148,312 \text{ KNm}$$

$$Rn : \frac{Mn}{b \times d^2} = \frac{148,312 \times 10^6}{350 \times 535,5^2} = 1,477$$

$$\rho_{\text{perlu}} : \frac{0,85 \times 37,350}{420} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 1,477}{0,85 \times 37,350}} \right)$$

$$: 0,00360$$

$$As_{\text{perlu}} : \rho_{\text{perlu}} \times b \times d$$

$$: 0,00360 \times 350 \times 535,5 = 675,534 \text{ mm}^2$$

$$As_{\text{min}} : \frac{1,4}{fy} \times b \times d$$

$$: \frac{1,4}{420} \times 350 \times 535,5 = 681,810 \text{ mm}^2$$

Dicoba menggunakan tulangan 3D22

$$As_{\text{pakai}} : n \times \frac{\pi}{4} \times db^2$$

$$: 3 \times 0,7854 \times 22^2$$

$$: 1140,4008 \text{ mm}^2$$

$$a : As \times fy / (0,85 \times fc' \times b)$$

$$: 1140,4008 \times 420 / (0,85 \times 37,350 \times 350)$$

$$: 25,534 \text{ mm}$$

$$Mn : As \times fy \times (d - a/2)$$

$$: 1140,4008 \times 420 \times (535,5 - 46,699 / 3)$$

$$: 250,372 \text{ KNm}$$

$$\phi Mn : Mn \times \phi$$

$$: 250,372 \times 0,9$$

$$: 225,335 \text{ KNm}$$

$$As_{\text{min}} \leq As_{\text{pakai}} \geq As_{\text{perlu}}$$

$$681,810 \leq 1140,4008 \geq 675,534 \text{ OK}$$

$$\phi Mn > Mu$$

$$225,335 > 133,481 \text{ OK}$$

d. Penulangan lapangan negatif

$$Mu : 99,3808 \text{ KNm}$$

$$Mn : \frac{Mu}{0,9} = \frac{41,176}{0,9} = 110,423 \text{ KNm}$$

$$Rn : \frac{Mn}{b \times d^2} = \frac{99,3808 \times 10^6}{350 \times 535,5^2} = 1,100$$

$$\rho_{\text{perlu}} : \frac{0,85 \times 37,350}{420} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 2,008}{0,85 \times 37,350}} \right)$$

$$: 0,00266$$

$$As_{\text{perlu}} : \rho_{\text{perlu}} \times b \times d$$

$$: 0,00266 \times 350 \times 535,5 = 499,781 \text{ mm}^2$$

$$As_{\text{min}} : \frac{1,4}{fy} \times b \times d$$

$$: \frac{1,4}{420} \times 350 \times 535,5 = 681,810 \text{ mm}^2$$

Dicoba menggunakan tulangan 3D22

$$As_{\text{pakai}} : n \times \frac{\pi}{4} \times db^2$$

$$: 3 \times 0,7854 \times 22^2$$

$$: 1140,4008 \text{ mm}^2$$

$$a : As \times fy / (0,85 \times fc' \times b)$$

$$: 1140,4008 \times 420 / (0,85 \times 37,350 \times 350)$$

$$: 18,890 \text{ mm}$$

$$Mn : As \times fy \times (d - a/2)$$

$$: 1140,4008 \times 420 \times (535,5 - 18,890 / 2)$$

$$: 251,963 \text{ KNm}$$

$$\phi Mn : Mn \times \phi$$

$$: 74,819 \times 0,9$$

$$: 226,7671 \text{ KNm}$$

$$As_{\text{min}} \leq As_{\text{pakai}} \geq As_{\text{perlu}}$$

$$681,810 \leq 1140,4008 \geq 499,781 \text{ OK}$$

$$\phi Mn > Mu$$

$$226,7671 > 99,3808 \text{ OK}$$

e. Penulangan lapangan positif

$$Mu : 103,6878 \text{ KNm}$$

$$Mn : \frac{Mu}{0,9} = \frac{103,6878}{0,9} = 115,208 \text{ KNm}$$

$$Rn : \frac{Mn}{b \times d^2} = \frac{115,208 \times 10^6}{350 \times 535,5^2} = 1,147$$

$$\rho_{\text{perlu}} : \frac{0,85 \times 37,350}{420} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 2.727}{0,85 \times 37,350}} \right)$$

$$: 0,00278$$

$$As_{\text{perlu}} : \rho_{\text{perlu}} \times b \times d$$

$$: 0,005 \times 350 \times 535,5 = 521,854 \text{ mm}^2$$

$$As_{\text{min}} : \frac{1,4}{fy} \times b \times d$$

$$: \frac{1,4}{420} \times 350 \times 535,5 = 681,810 \text{ mm}^2$$

Dicoba menggunakan tulangan 3D22

$$As_{\text{pakai}} : n \times \frac{\pi}{4} \times db^2$$

$$: 3 \times 0,7854 \times 22^2$$

$$: 1140,4008 \text{ mm}^2$$

$$a : As \times fy / (0,85 \times fc' \times b)$$

$$: 1140,4008 \times 420 / (0,85 \times 37,350 \times 350)$$

$$: 19,725 \text{ mm}$$

$$Mn : As \times fy \times (d - a/2)$$

$$: 1140,4008 \times 420 \times (535,5 - 70,048/2)$$

$$: 251,764 \text{ KNm}$$

$$\phi Mn : Mn \times \phi$$

$$: 108,058 \times 0,9$$

$$: 226,5873 \text{ KNm}$$

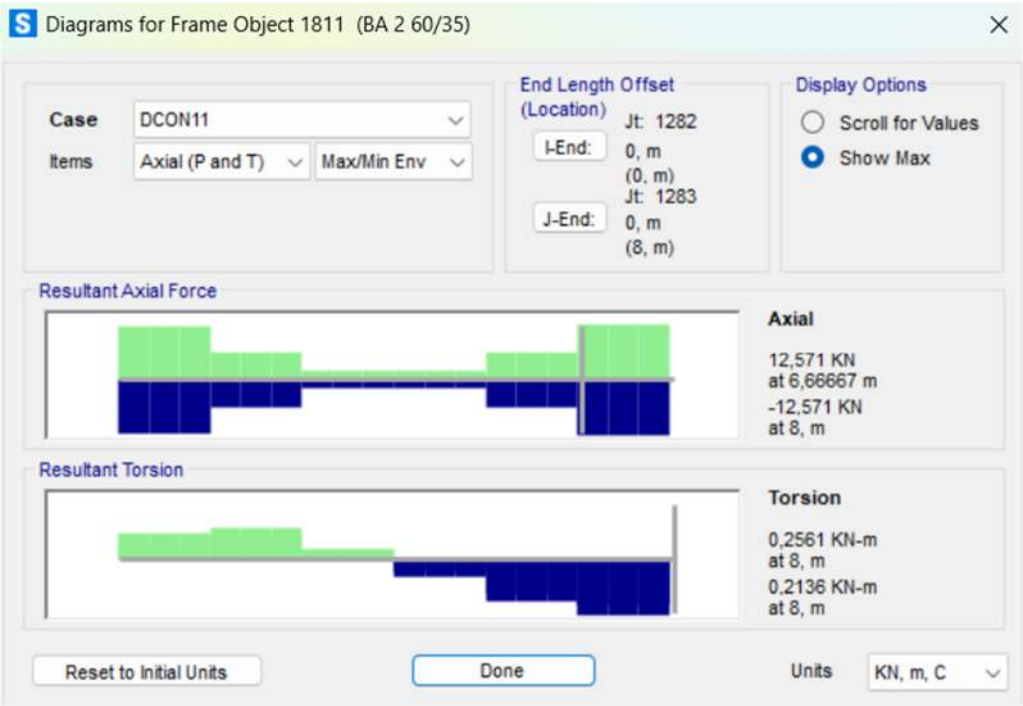
$$As_{\text{min}} \leq As_{\text{pakai}} \geq As_{\text{perlu}}$$

$$681,810 \leq 1140,4008 \geq 521,854 \text{ OK}$$

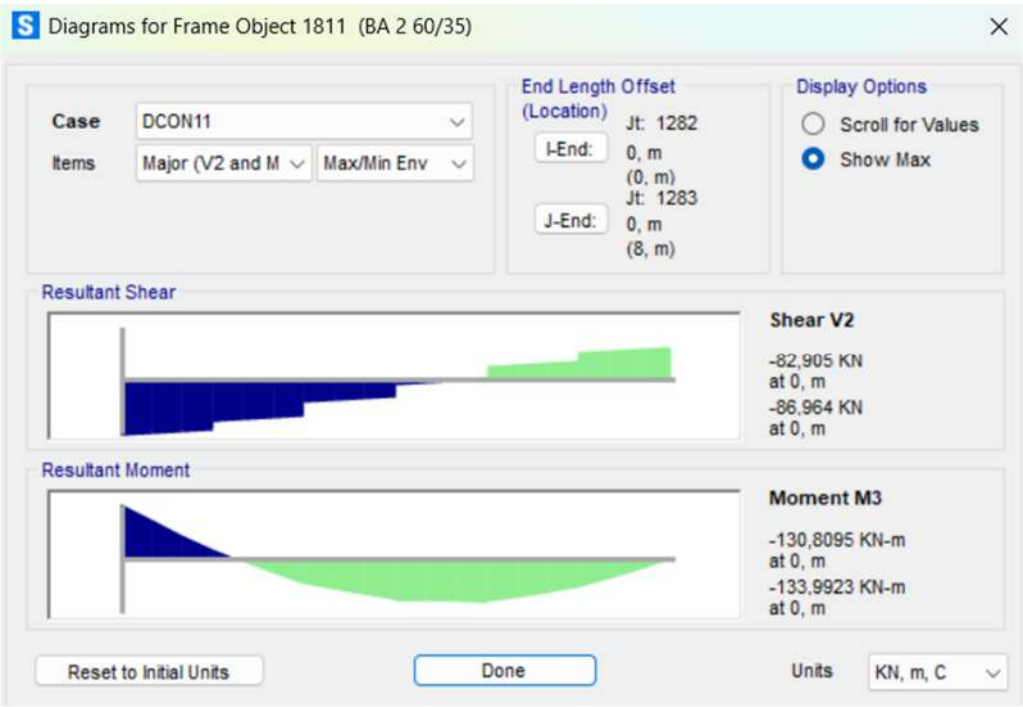
$$\phi Mn > Mu$$

$$226,5873 > 103,6878 \text{ OK}$$

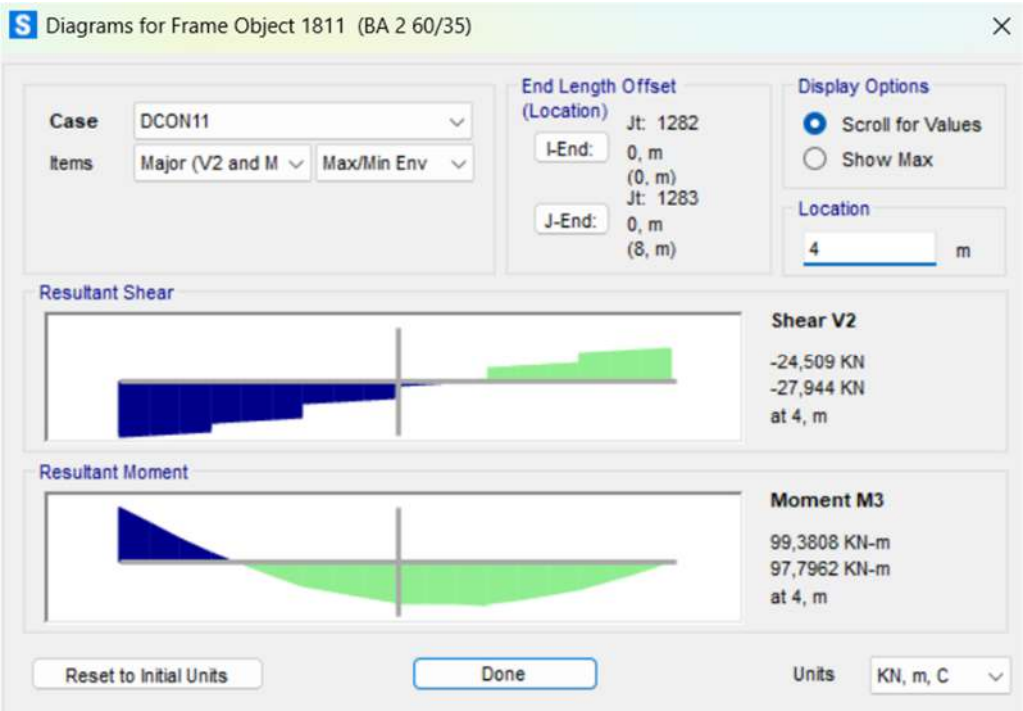
2. Penulangan geser balok B3



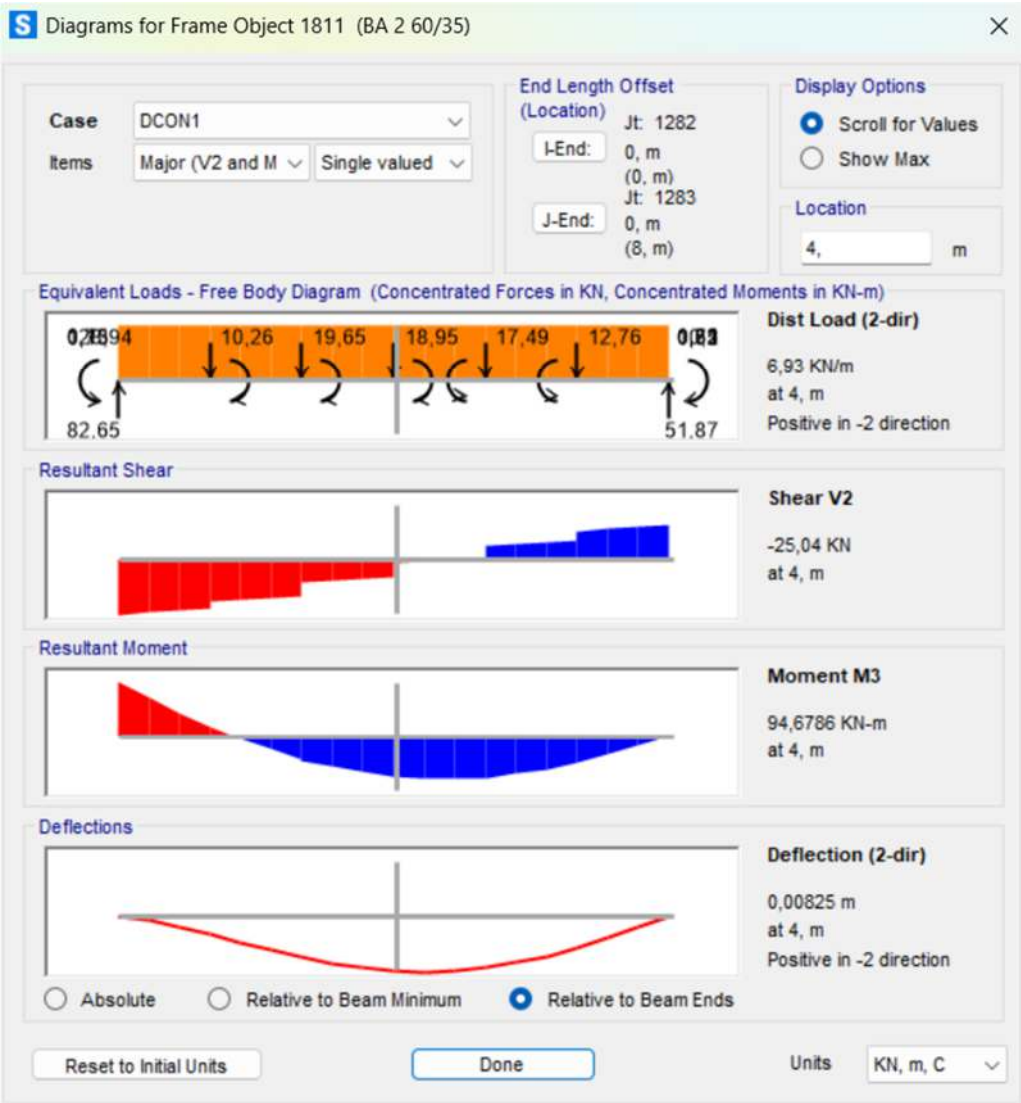
Gambar 4. 43 Output Gaya Aksial Balok BA2



Gambar 4. 44 Output Gaya Geser Tumpuan Balok BA2



Gambar 4. 45 Output Gaya Geser Lapangan Balok BA2



Gambar 4. 46 Output Gaya Geser Desain 1,2 D + 1,6 L Tumpuan Balok BA2

- a. Gaya geser pada balok
- Dari gambar diatas dapat diambil kesimpulan bahwa gaya geser yang terjadi pada balok B1 adalah sebagai berikut:
- Vu tumpuan : 86,964 KN
- Vu lapangan : 27,944 KN
- Vg tumpuan : 25,04 KN
- Pu : 12,571 KN
- b. Menghitung gaya desain tumpuan

$$a_{pr(+)} : \frac{1,25 \times As(+)\times fy}{0,85 \times fc' \times b} = \frac{1,25 \times 1140,4008 \times 420}{0,85 \times 37,350 \times 350} = 53,881$$

mm

$$a_{pr(-)} : \frac{1,25 \times As(-)\times fy}{0,85 \times fc' \times b} = \frac{1,25 \times 1140,4008 \times 420}{0,85 \times 37,350 \times 350} = 53,881$$

mm

$$\begin{aligned} M_{pr+} &: As^+ \times (1.25 fy) \times (d - a_{pr+}/2) \\ &: 1140,4008 \times (1.25 \times 420) \times (535,5 - 53,881 / 2) \\ &: 304479738,4 \text{ Nmm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_{pr-} &: As^- \times (1.25 fy) \times (d - a_{pr-}/2) \\ &: 1140,4008 \times (1.25 \times 420) \times (535,5 - 53,881 / 2) \\ &: 304479738,4 \text{ Nmm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} V_{pr} &: (M_{pr+} + M_{pr-}) / L_n \\ &: (304479738,4 + 304479738,4) / 8000 \\ &: 76119,934 \text{ N} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} V_e &: V_g + V_{pr} \\ &: 2504 + 76119,934 \\ &: 78623,934 \text{ N} \end{aligned}$$

c. Menghitung tahanan geser beton

$$\begin{aligned} 0,5 \times V_e &: 39311,967 \text{ N} \\ P_u &: 12571 \text{ N} \\ Ag fc' / 20 &: 350 \times 600 \times 37,350 / 20 \\ &: 392175 \text{ N} \end{aligned}$$

Jika $V_{pr} \geq 1,2 V_e$ dan $P_u < Ag \times fc' / 20$, maka V_c diperhitungkan

$$\begin{aligned} V_c &: 0,17 \times \sqrt{fc} \times b \times d \\ &: 0,17 \times \sqrt{37,350} \times 350 \times 535,5 \\ &: 194725,014 \text{ N} \end{aligned}$$

d. Penulangan geser tumpuan

Dicoba menggunakan tulangan geser 2 kaki D13-100

$$\begin{aligned} A_v &: n \times \pi/4 \times ds^2 \\ &: 2 \times 0,7854 \times 13^2 = 265,465 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 S_{pakai} &: 100 \text{ mm} \\
 S_{\max 1} &: d / 4 \\
 &: 535,5 / 4 = 133,875 \text{ mm} \\
 S_{\max 2} &: 150 \text{ mm} \\
 V_s &: A_v \times f_{yv} \times d / s \\
 &: 265,465 \times 420 \times 535,5 / 100 \\
 &: 597056,385 \text{ N} \\
 \text{Batas } V_s &: 0.66 \times (f_c')^{0.5} \times b \times d \\
 &: 0.66 \times (37,350)^{0.5} \times 350 \times 535,5 \\
 &: 755911,231 \text{ N} \\
 V_n &: V_c + V_s \\
 &: 194725,014 + 597056,385 \\
 &: 791781,399 \text{ N} \\
 V_u = V_e &: 78623,934 \text{ N} \\
 \phi V_n / V_u &: 0,75 \times 791781,399 / 78623,934 \\
 &: 7,552 \\
 \phi V_n / V_u \geq 1 & \quad \underline{\text{OK}}
 \end{aligned}$$

e. Penulangan geser lapangan

Asumsi jumlah kaki = 2 kaki

$$\begin{aligned}
 A_v &: n \times \pi / 4 \times d_s^2 \\
 &: 2 \times 0,7854 \times 13^2 = 265,465 \text{ mm}^2 \\
 S_{pakai} &: 120 \text{ mm} \\
 S_{\max} &: d / 2 \\
 &: 535,5 / 2 = 267,75 \\
 V_s &: A_v \times f_{yv} \times d / s \\
 &: 265,465 \times 420 \times 535,5 / 120 \\
 &: 34702,857 \text{ N} \\
 \text{Batas } V_s &: 0.66 \times (f_c')^{0.5} \times b \times d \\
 &: 0.66 \times (37,350)^{0.5} \times 350 \times 535,5 \\
 &: 755991,231 \text{ N}
 \end{aligned}$$

$$Vn$$
$$: Vc + Vs$$
$$: 194725,014 + 34702,857$$
$$: 229427,871 \text{ N}$$

$$Vu$$
$$: 27944 \text{ N}$$

$$\phi Vn/Vu$$
$$: 0,75 \times 229427,871 / 27944$$
$$: 6,157$$

$$\phi Vn/Vu \geq 1 \quad \underline{\text{OK}}$$

f. Pengecekan tulangan lentur berdasarkan *output* A_s dan aplikasi *SAP2000*
Berdasarkan hasil analisis aplikasi *SAP2000* diperoleh $A_{s\text{perlu}}$ tiap tumpuan:

$$A_{s\text{perlu}} \text{ tumpuan atas} \quad : 712,34 \quad \text{mm}^2$$

$$A_{s\text{perlu}} \text{ tumpuan bawah} \quad : 697,31 \text{ mm}^2$$

$$A_{s\text{perlu}} \text{ lapangan atas} \quad : 612,901\text{mm}^2$$

$$A_{s\text{perlu}} \text{ lapangan bawah} \quad : 539,821 \text{ mm}^2$$

Tabel 4. 20 Perbandingan luas tulangan perlu manual dan *output* *SAP2000*

	$A_{s\text{perlu}}$ SAP2000 (mm ²)	$A_{s\text{min}}$ (mm ²)	$A_{s\text{perlu}}$ (mm ²)	$A_{s\text{pasang}}$ (mm ²)
Tumpuan Atas	712,34	681,810	678,187	1140,4008
Tumpuan Bawah	697,31	681,810	675,534	1140,4008
Lapangan Atas	612,901	681,810	499,781	1140,4008
Lapangan Bawah	539,821	681,810	521,854	1140,4008

(Sumber: Hasil Analisa Penulis, 2026)

Rekapitulasi Desain Tulangan Balok

Setelah melakukan perhitungan penulangan lentur dan penulangan geser, dilakukan perbandingan antara hasil perhitungan manual dengan hasil *output* dari aplikasi *SAP2000*. Terdapat sedikit perbedaan antara As minimum dan As perlu antara keduanya, sehingga peninjauan untuk As terpasangnya dipakai nilai terbesar antara keduanya. Dan berikut merupakan rekapitulasi hasil analisis perhitungan tulangan lentur dan tulangan geser dari balok.

Tabel 4. 21 Rekapitulasi penulangan balok

Kesimpulan	B1	B2	B3	BA1	BA2
Tulangan Longitudinal					
Tumpuan Atas	8D29	6D29	4D25	3D25	3D22
Tumpuan Bawah	5D25	6D25	4D22	3D25	3D22
Lapangan Atas	3D25	3D22	3D22	3D22	3D22
Lapangan Bawah	4D25	4D22	3D22	3D22	3D22
Tulangan Pinggang	2D25	2D22	2D22	2D22	2D22
Tulangan Transversal					
Sengkang Tumpuan	2D13-80	2D13-80	2D13-100	2D13-100	2D13-100
Sengkang Lapangan	2D13-100	2D13-100	2D13-120	2D13-120	2D13-120

Sumber: Hasil Analisis Penulis, 2026

NAMA BALOK	B1		B2		B3	
PELETAKAN	TUMPUHAN	LAPANGAN	TUMPUHAN	LAPANGAN	TUMPUHAN	LAPANGAN
POTONGAN						
DIMENSI BALOK	700/900	700/900	700/900	700/900	600/450	600/450
TULANGAN ATAS	3 D 29	3 D 25	3 D 29	3 D 22	4 D 35	3 D 22
TULANGAN TENGAH	2 D 25	2 D 25	2 D 22	2 D 22	2 D 22	2 D 22
TULANGAN BAWAH	3 D 25	4 D 25	6 D 25	4 D 22	4 D 22	1 D 22
TULANGAN SENGKANG	2 D 13 - 80	2 D 13 - 100	2 D 13 - 80	2 D 13 - 100	2 D 13 - 100	2 D 13 - 120
TEBAL SELUMUT	40	40	40	40	40	40
NAMA BALOK	B4		B4			
PELETAKAN	TUMPUHAN	LAPANGAN	TUMPUHAN	LAPANGAN		
POTONGAN						
DIMENSI BALOK	600/350	600/350	600/350	600/350		
TULANGAN ATAS	3 D 25	3 D 22	3 D 22	3 D 22		
TULANGAN TENGAH	2 D 22	2 D 22	2 D 22	2 D 22		
TULANGAN BAWAH	3 D 25	3 D 22	3 D 25	3 D 22		
TULANGAN SENGKANG	2 D 13 - 100	2 D 13 - 120	2 D 13 - 100	2 D 13 - 120		
TEBAL SELUMUT	40	40	40	40		

Gambar 4. 47 Detail Balok
Sumber: Hasil Analisis Penulis, 2026

4.4.5 Perhitungan Tulangan Kolom

4.4.5.1 Perencanaan Tulangan Kolom K1

Berikut adalah perhitungan kolom K1 menggunakan metode perencanaan SRPMK.

1. Data perencanaan

- Tipe kolom
- : K1
- Tinggi kolom, L
- : 5500 mm
- Sisi Pendek Kolom, b
- : 1000 mm
- Sisi Panjang Kolom, h
- : 1000 mm
- Diameter Tulangan Longitudinal, db
- : 29 mm
- Diameter Tulangan Sengkang, ds
- : 13 mm
- Selimut Bersih, cc
- : 40 mm
- Kuat Tekan Beton, fc'
- : 37,350 MPa
- Kuat Leleh Tul. Longitudinal, fy
- : 420 MPa
- Kuat Leleh Tul. Transversal, fyv
- : 420 MPa
- Tinggi Balok Tertumpu, hb
- : 700 mm
- Tinggi bersih, Ln
- : 4800 mm

2. Analisis kolom

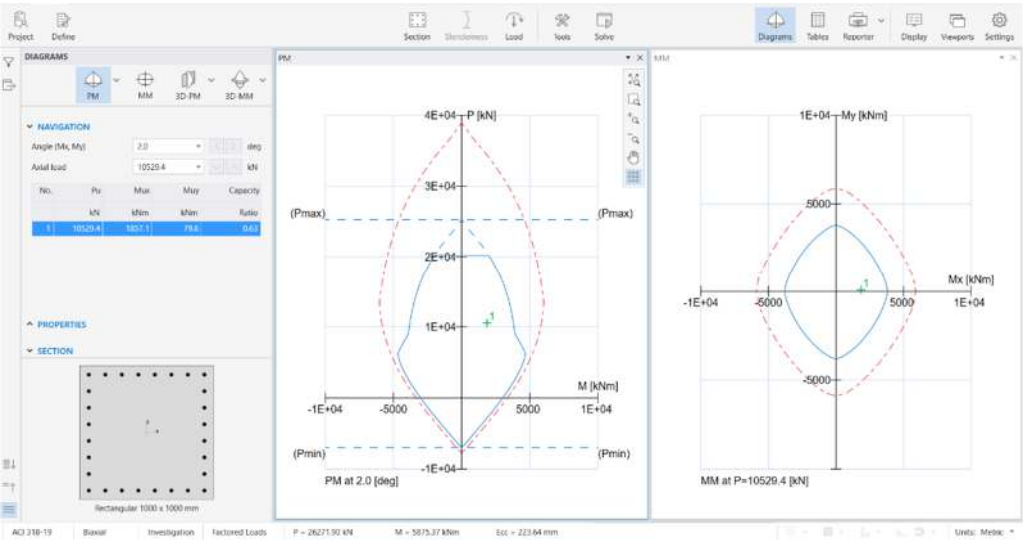
Output SAP2000 gaya yang bekerja pada kolom K1

Gaya aksial : 10529,439 KN

- Momen M3 : 1857,1296 KNm
- Momen M2 : 79,6276 KNm
- Shear V3 : 15,15 KN
- Shear V2 : 328,549 KN

3. Penulangan longitudinal kolom

Dalam analisis menggunakan aplikasi *spColumn* Kolom K1 dengan dimensi 1000×1000 dan menggunakan tulangan 28D29 didapatkan rasio tulangan sebesar 1,85% = 0,0185



Gambar 4. 48 Diagram Interaksi Kolom K1 dengan aplikasi *spColumn*
Sumber: Hasil Analisi Penulis

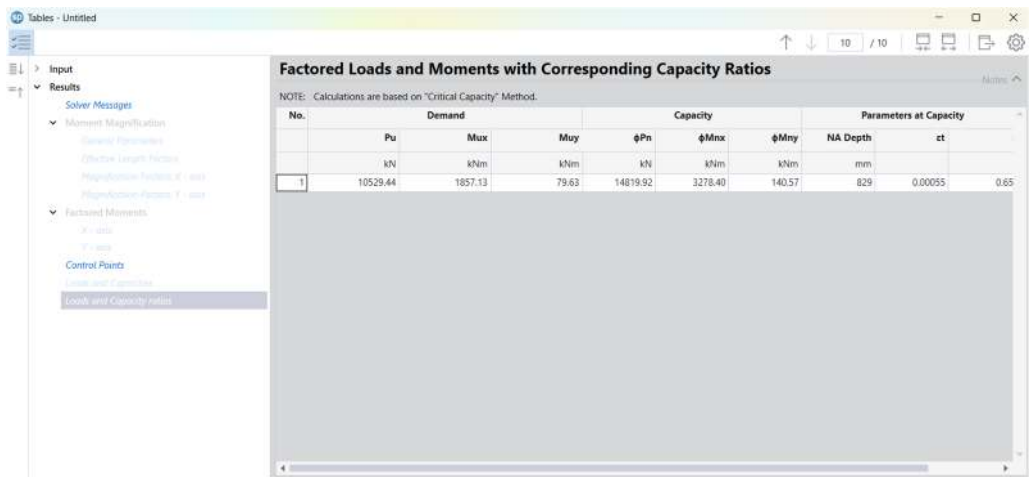
4. Cek persyaratan rasio tulangan

Berdasarkan SNI 2847-2019 pasal 18.7.4.1 rasio luas tulangan tidak boleh kurang dari 0,01 A_g atau lebih dari dari 0,06 A_g .

$0,01 A_g = 0,01 \times 1 \times 1 = 0,01$
 $0,06 A_g = 0,06 \times 1 \times 1 = 0,06$
 $0,0389 A_g = 0,0389 \times 1 \times 1 = 0,0185$
 $0,01 < 0,06 < 0,0185$ OK

5. Pengecekan syarat *strong column weak beam*

- a. Berdasarkan SNI SNI 2847-2019 pasal 18.7.3.2 kekuatan kolom harus memenuhi $\Sigma Mnc > 1,2\S Mnb$
- b. Nilai Mnb diambil dari nilai momen pada ujung balok yang tertumpu oleh kolom K1
- c. Sedangkan untuk nilai ΣMnc didapat dari nilai interaksi kolom P-M oleh aplikasi *spColumn*



Gambar 4. 49 Hasil diagram interaksi kolom K1

Sumber: Hasil Analisi Pribadi, 2026

Tabel 4. 22 Hasil diagram interaksi kolom K1

ϕMnx (KNm)	ϕMny (KNm)	ϕ (KNm)	Mnx (KNm)	Mny (KNm)
3278,40	140,57	0,650	1857,1296	79,6276

(Sumber: Hasil Analisis Penulis, 2026)

Dari diagram P-M spColumn pada $Pu = 10529,439$ kN dan sudut 2° diperoleh

$Mnc = 13550,94$ KNm

Dari hasil Mnx dan Mny diperoleh ΣMnc ,

$\Sigma Mnc = 2 \times 13550,94 = 27101,88$ KNm

$\Sigma Mnc > 1,2\S Mnb = 27101,88$ KNm $> 3072,70$ KNm OK

6. Perhitungan desain tulangan transversal

Dicoba menggunakan tulangan transversal 5 kaki D13 dengan nilai $A_{sh} = 663,5 \text{ mm}^2$

a. Cek luas penampang kolom

$$\begin{aligned}
 \text{Lebar Penampang Inti Beton, } b_c & : b - 2c_c & : 907 \text{ mm} \\
 \text{Luas Penampang Kolom, } A_g & : b \times h & : 1.000.000 \text{ mm}^2 \\
 \text{Luas Penampang Inti Beton, } A_{ch} & : b_c \times h_c & : 822.649 \text{ mm}^2 \\
 A_{sh}/s_{\min, 1} & : 0,3 (b_c \times f_c' / f_{yv}) \times (A_g / A_{ch} - 1) \\
 & : 0,3 (907 \times 37,350 / 420) \times (1.000.000 / 822.649 - 1) \\
 & : 5,22 \text{ mm}^2 / \text{mm} \\
 A_{sh}/s_{\min, 2} & : 0,09 \times b_c \times f_c' / f_{yv} \\
 & : 0,09 \times 907 \times 37,350 / 420 \\
 & : 7,26 \text{ mm}^2 / \text{mm}
 \end{aligned}$$

Diambil nilai yang terbesar yaitu $7,26 \text{ mm}^2 / \text{mm}$

b. Cek jarak spasi maksimum

$$\begin{aligned}
 S_o & : 80 + (350 - h_x) / 3 \\
 & : 80 + (350 - 120) / 3 = 156,67 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

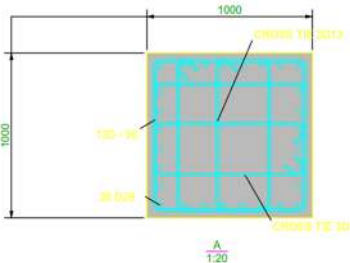
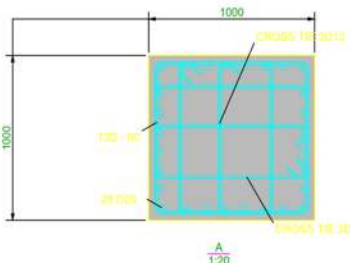
So Max : 150 mm di pakai So : 150 mm

Dipakai nilai $S_{\min} = 80 \text{ mm} < S_o : 150$

$$A_{sh}/s_{\min} : 7,26 \times 80 = 580,8 \text{ mm}^2$$

$$A_{sh}/s_{\min} < A_{sh \text{ pakai}} = 580,8 \text{ mm}^2 < 663,5 \text{ mm}^2 \text{ OK}$$

Pada daerah tumpuan dipakai tulangan transversal 5 D13-80, dan untuk didaerah lapangan dipakai tulangan transversal 5 D13-120.

NAMA KOLOM	K1	
PELETAKAN	TUMPUAN	LAPANGAN
POTONGAN		
DIMENSI KOLOM	1000 X 1000	1000 X 1000
TULANGAN UTAMA	28 D 29	28 D 29
TULANGAN SENGKANG	2 D 13 - 80	2 D 13 - 120
CROSS TIE	3 D 13 - 80	3 D 13 - 120
TEBAL SELIMUT BETON	40	40

Gambar 4. 50 Gambar Detail Penulangan Kolom K1
Sumber: Hasil Analisis Penulis, 2026

4.4.5.2 Perencanaan Tulangan Kolom K2

Berikut adalah perhitungan kolom K1 menggunakan metode perencanaan SRPMK.

1. Data perencanaan

- Tipe kolom : K2
- Tinggi kolom, L : 5000 mm
- Sisi Pendek Kolom, b : 8000 mm
- Sisi Panjang Kolom, h : 800 mm
- Diameter Tulangan Longitudinal, db : 25 mm
- Diameter Tulangan Sengkang, ds : 13 mm
- Selimut Bersih, cc : 40 mm
- Kuat Tekan Beton, fc' : 37,350 MPa
- Kuat Leleh Tul. Longitudinal, fy : 420 MPa
- Kuat Leleh Tul. Transversal, fyv : 420 MPa
- Tinggi Balok Tertumpu, hb : 700 mm
- Tinggi bersih, Ln : 4300 mm

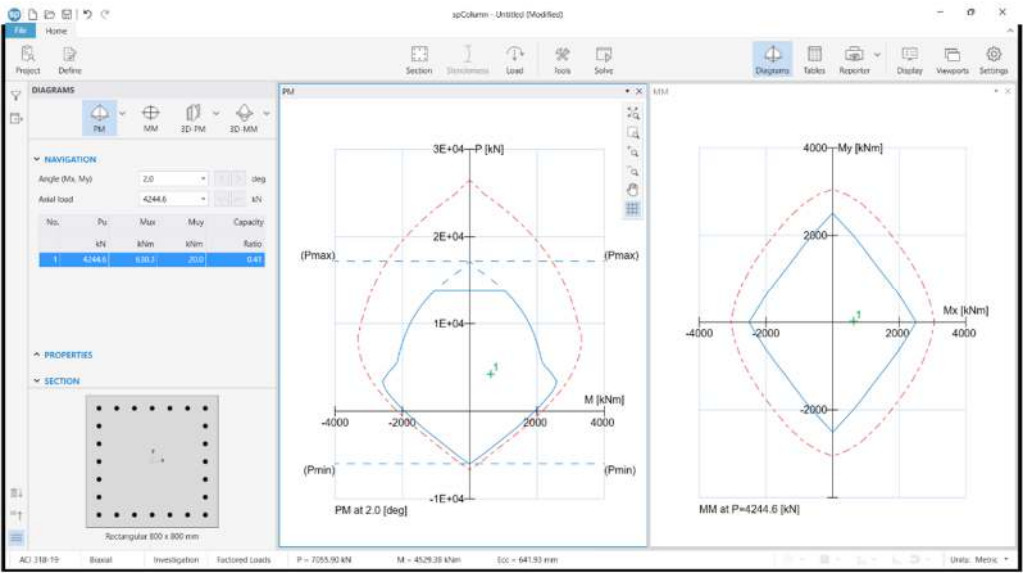
2. Analisis kolom

- Output SAP2000 gaya yang bekerja pada kolom K2
- Gaya aksial : 4244,616 KN

- Momen M3 : 630,3068 KNm
- Momen M2 : 19,959 KNm
- Shear V3 : 6,769 KN
- Shear V2 : 213,106 KN

3. Penulangan longitudinal kolom

Dalam analisis menggunakan aplikasi *spColumn* Kolom K2 dengan dimensi 800×800 dan menggunakan tulangan 24D29 didapatkan rasio tulangan sebesar $2,48\% = 0,0248$



Gambar 4. 51 Diagram Interaksi Kolom K2 dengan aplikasi *spColumn*

Sumber: Hasil Analisi Penulis

4. Cek persyaratan rasio tulangan

Berdasarkan SNI 2847-2019 pasal 18.7.4.1 rasio luas tulangan tidak boleh kurang dari 0,01 A_g atau lebih dari dari 0,06 A_g.

$0,01 A_g = 0,01 \times 0,80 \times 0,80 = 0,0064$

$0,06 A_g = 0,06 \times 0,80 \times 0,80 = 0,0384$

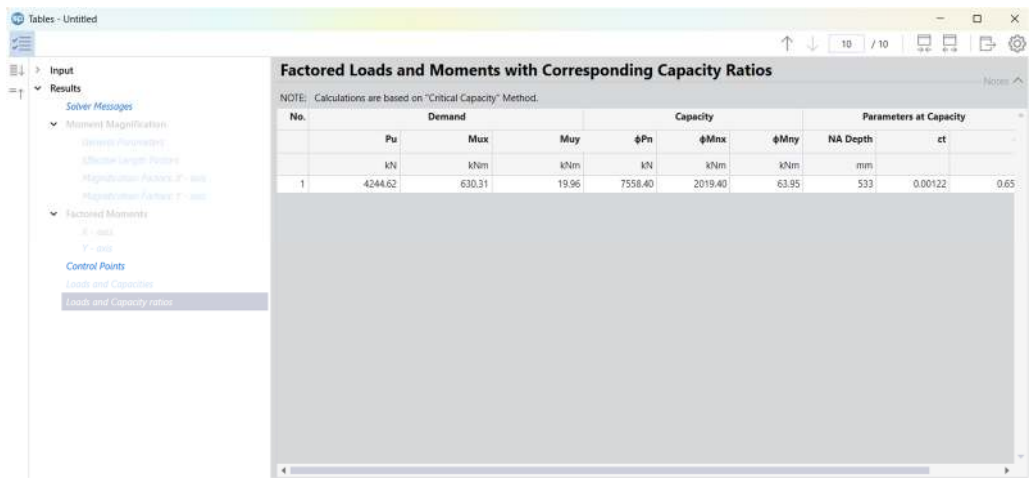
$0,0321 A_g = 0,0321 \times 0,80 \times 0,80 = 0,0205$

$0,0064 < 0,0384 < 0,0205 \text{ OK}$

5. Pengecekan syarat *strong column weak beam*

- a. Berdasarkan SNI SNI 2847-2019 pasal 18.7.3.2 kekuatan kolom harus memenuhi $\Sigma M_{nc} > 1,2 \Sigma M_{nb}$

- b. Nilai Mnb diambil dari nilai momen pada ujung balok yang tertumpu oleh kolom K1
- c. Sedangkan untuk nilai ΣMnc didapat dari nilai interaksi kolom P-M oleh aplikasi *spColumn*



Gambar 4. 52 Hasil diagram interaksi kolom K2

Sumber: Hasil Analisi Pribadi, 2026

Tabel 4. 23 Hasil diagram interaksi kolom K2

ϕM_{nx} (KNm)	ϕM_{ny} (KNm)	ϕ (KNm)	M_{nx} (KNm)	M_{ny} (KNm)
2019,40	63,95	0,650	630,31	19,96

(Sumber: Hasil Analisis Penulis, 2026)

Dari hasil Mnx dan Mny diperoleh ΣMnc ,
 $Mnc = \phi Mnx / \phi = 2019,40 / 0,9 = 2244,1$
 $\Sigma Mnc = 2 \times Mnc = 2 \times 2244,1 = 4488,2 \text{ KNm}$
 $\Sigma Mnc > 1,2 \Sigma Mnb = 4488,2 \text{ KNm} > 3072,70 \text{ KNm}$ OK

6. Perhitungan desain tulangan transversal

Dicoba menggunakan tulangan transversal 4 kaki D13 dengan nilai $A_{sh} = 530,93 \text{ mm}^2$

- a. Cek luas pemapang kolom

Lebar Penampang Inti Beton, b_c : $b - 2c_c$: 694 mm

Luas Penampang Kolom, A_g : $b \times h$: 640000 mm^2

Luas Penampang Inti Beton, A_{ch} : $b_c \times h_c$: 481636 mm^2

$A_{sh}/s_{\min, 1}$: $0,3 (b_c \times f_c' / f_{yv}) \times (A_g / A_{ch} - 1)$
: $0,3 (694 \times 37,350 / 420) \times (640000 / 481636 - 1)$
: $6,08 \text{ mm}^2 / \text{mm}$

$A_{sh}/s_{\min, 2}$: $0.09 \times b_c \times f_c' / f_{yv}$
: $0.09 \times 694 \times 37,350 / 420$
: $5,55 \text{ mm}^2 / \text{mm}$

Diambil nilai yang terbesar yaitu: $9,05 \text{ mm}^2 / \text{mm}$

b. Cek jarak spasi maksimum

S_o : $100 + (350 - 100) / 3$
: $100 + (350 - 100) / 3 = 116,667 \text{ mm}$

Dipakai nilai $S_{\min} = 80 \text{ mm}$

$A_{sh}/s_{\min}$: $6,08 \times 80 = 486,4 \text{ mm}^2$

$A_{sh}/s_{\min} < A_{sh \text{ pakai}} = 486,4 \text{ mm}^2 < 530,93 \text{ mm}^2$ OK

Pada daerah tumpuan dipakai tulangan transversal 4D13-80, dan untuk didaerah lapangan dipakai tulangan transversal 4D13-120.

NAMA KOLOM	K2	
PELETAKAN	TUMPUAN	LAPANGAN
POTONGAN		
DIMENSI KOLOM	800 X 800	800 X 800
TULANGAN UTAMA	24 D 29	24 D 29
TULANGAN SENGKANG	2 D 13 - 80	2 D 13 - 120
CROSS TIE	2 D 13 - 80	2 D 13 - 120
TEBAL SELIMUT BETON	40	40

Gambar 4. 53 Gambar Detail Penulangan K2

Sumber: Hasil Analisis Penulis

4.4.5.3 Perencanaan Tulangan Kolom K3

Berikut adalah perhitungan kolom K3 menggunakan metode perencanaan SRPMK.

1. Data perencanaan

Tipe kolom	: K3
Tinggi kolom, L	: 5000 mm
Sisi Pendek Kolom, b	: 700 mm
Sisi Panjang Kolom, h	: 700 mm
Diameter Tulangan Longitudinal, db	: 25 mm
Diameter Tulangan Sengkang, ds	: 13 mm
Selimut Bersih, cc	: 40 mm
Kuat Tekan Beton, fc'	: 37,350 MPa
Kuat Leleh Tul. Longitudinal, fy	: 420 MPa
Kuat Leleh Tul. Transversal, fyv	: 420 MPa
Tinggi Balok Tertumpu, hb	: 700 mm
Tinggi bersih, Ln	: 4300 mm

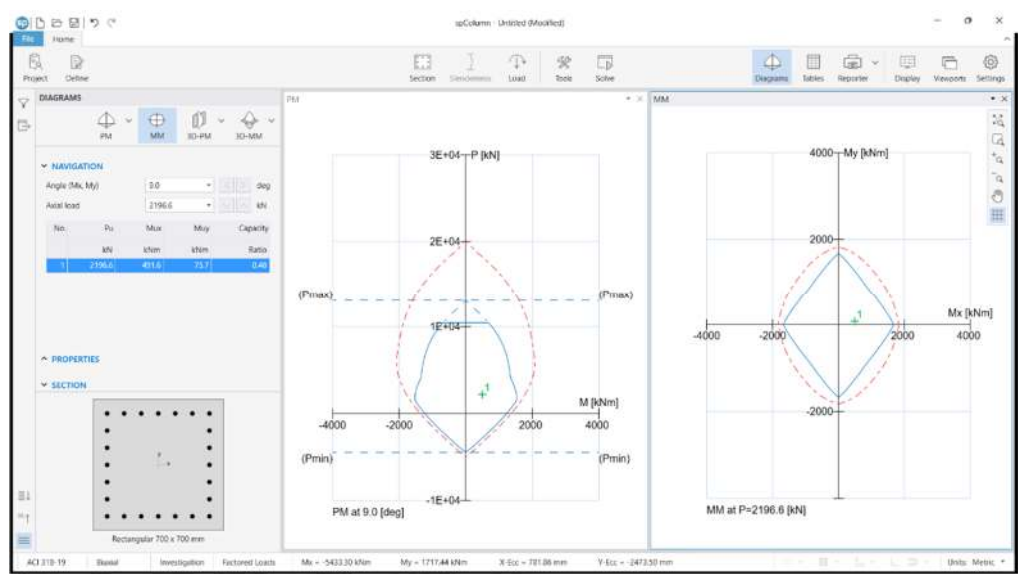
2. Analisis kolom

Output SAP2000 gaya yang bekerja pada kolom K1

Gaya aksial	: 2196,568 KN
Momen M3	: 491,6422 KNm
Momen M2	: 75,7146KNm
Shear V3	: 27,058 KN
Shear V2	: 175,595 KN

3. Penulangan longitudinal kolom

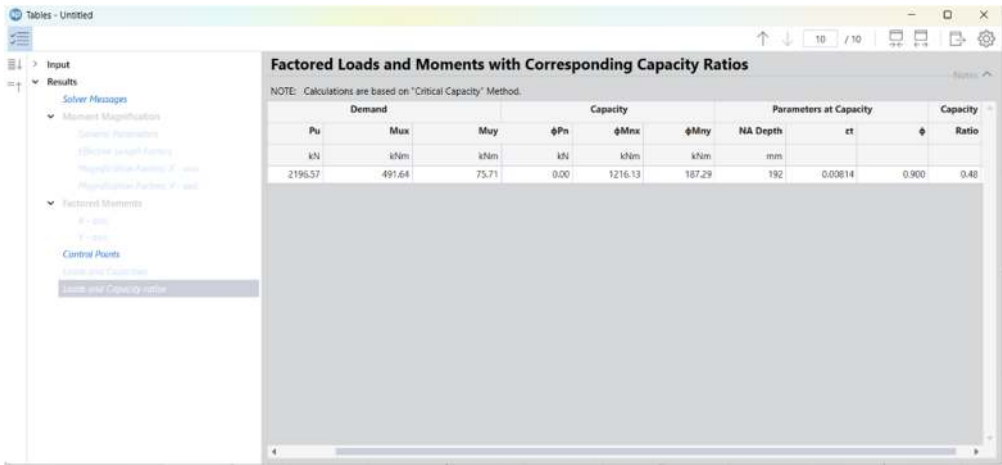
Dalam analisis menggunakan aplikasi *spColumn* Kolom K3 dengan dimensi 700×700 dan menggunakan tulangan 24D25 didapatkan rasio tulangan sebesar $2,40\% = 0,0240$



Gambar 4. 54 Diagram Interaksi Kolom K3 dengan aplikasi *spColumn*

Sumber: Hasil Analisis Penulis

4. Cek persyaratan rasio tulangan
- Berdasarkan SNI 2847-2019 pasal 18.7.4.1 rasio luas tulangan tidak boleh kurang dari 0,01 A_g atau lebih dari dari 0,06 A_g .
- $0,01 A_g = 0,01 \times 0,70 \times 0,70 = 0,0049$
- $0,06 A_g = 0,06 \times 0,70 \times 0,70 = 0,0294$
- $0,0389 A_g = 0,0389 \times 0,70 \times 0,70 = 0,01906$
- $0,0049 < 0,0294 < 0,01906$ OK
5. Pengecekan syarat *strong column weak beam*
- a. Berdasarkan SNI SNI 2847-2019 pasal 18.7.3.2 kekuatan kolom harus memenuhi $\Sigma M_{nc} > 1,2 \Sigma M_{nb}$
- b. Nilai M_{nb} diambil dari nilai momen pada ujung balok yang tertumpu oleh kolom K3
- c. Sedangkan untuk nilai ΣM_{nc} didapat dari nilai interaksi kolom P-M oleh aplikasi *spColumn*



Gambar 4. 55 Diagram Interaksi Kolom K3 dengan aplikasi *spColumn*
Sumber: Hasil Analisi Penulis

Tabel 4. 24 Hasil diagram interaksi kolom K3

ϕMnx (KNm)	ϕMny (KNm)	ϕ (KNm)	Mnx (KNm)	Mny (KNm)
1216,13	187,29	0,9	491,64	75,71

(Sumber: Hasil Analisis Penulis, 2026)

Dari hasil Mnx dan Mny diperoleh ΣMnc ,
 $Mnc = \phi Mnx / \phi = 1216,13 / 0,9 = 1351,26$
 $\Sigma Mnc = 2 \times Mnc = 2 \times 1351,26 = 2702,5 \text{ KNm}$
 $\Sigma Mnc > 1,2 \Sigma Mnb = 2702,5 \text{ KNm} > 1237,4 \text{ KNm}$ OK

6. Perhitungan desain tulangan transversal

Dicoba menggunakan tulangan transversal 4 kaki D13 dengan nilai $A_{sh} = 530,929 \text{ mm}^2$

d. Cek luas pemapang kolom

Lebar Penampang Inti Beton, b_c : $b - 2c_c$: 594 mm
Luas Penampang Kolom, A_g : $b \times h$: 490000 mm²
Luas Penampang Inti Beton, A_{ch} : $b_c \times h_c$: 352836 mm²
 $A_{sh}/s_{\min}, 1$: $0,3 (b_c \times f_c' / f_{yv}) \times (A_g / A_{ch} - 1)$
: $0,3 (594 \times 37,350 / 420) \times (490000 / 352836 - 1)$

: 6,16 mm² / mm

$A_{sh}/s_{min}, 2$

: $0.09 \times bc \times f_c' / f_{yv}$

: $0.09 \times 594 \times 37,350 / 420$

: 4,75 mm² / mm

Diambil nilai yang terbesar yaitu : 6,16 mm² / mm

e. Cek jarak spasi maksimum

S_o

: $80 + (350 - h_x) / 3$

: $80 + (350 - 150) / 3 = 146,7 \text{ mm}$

Dipakai nilai $S_{min} = 80 \text{ mm}$

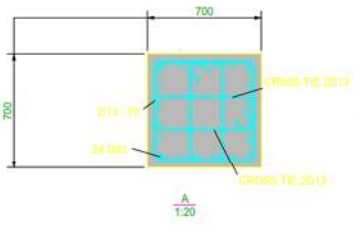
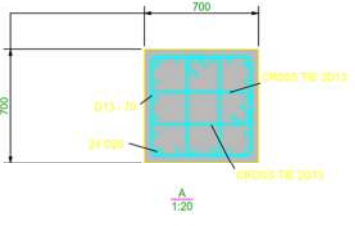
A_{sh}/s_{min}

: $6,16 \times 80 = \text{mm}^2$

$A_{sh}/s_{min} < A_{sh \text{ pakai}} = 492,8 \text{ mm}^2 < 530,929 \text{ mm}^2$

OK

Pada daerah tumpuan dipakai tulangan transversal 4D13-80, dan untuk didaerah lapangan dipakai tulangan transversal 4D13-120.

NAMA KOLOM	K3	
PELETAKAN	TUMPUAN	LAPANGAN
POTONGAN		
DIMENSI KOLOM	700 X 700	700 X 700
TULANGAN UTAMA	24 D 25	24 D 25
TULANGAN SENGKANG	2 D 13 - 80	2 D 13 - 120
CROSS TIE	2 D 13 - 80	2 D 13 - 120
TEBAL SELIMUT BETON	40	40

Gambar 4. 56 Gambar Detail Penulangan K3

Sumber: Hasil Analisis Penulis

Rekapitulasi Hasil Perhitungan Tulangan Kolom

Berikut adalah rekap an hasil perhitungan tulangan kolom

Tabel 4. 25 Rekapitulasi Hasil Perhitungan Tulangan Longitudinal Kolom

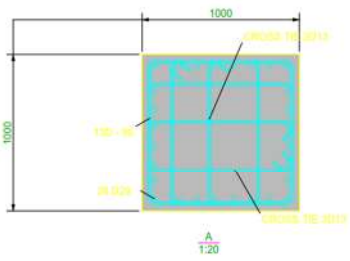
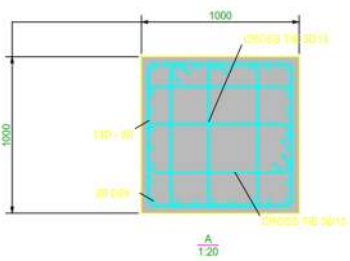
Tipe	Ukuran	As Terpasang (mm ²)	Tulangan Dipasang	Rasio Tulangan
K1	1000 × 1000	18494,6	28D29	1,85%
K2	800 × 800	15852,5	24D29	2,48%
K3	700 × 700	11780,9	24D25	2,40%

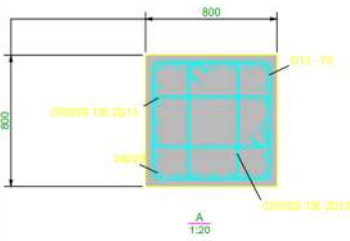
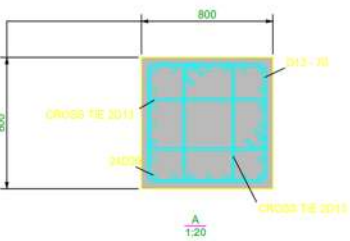
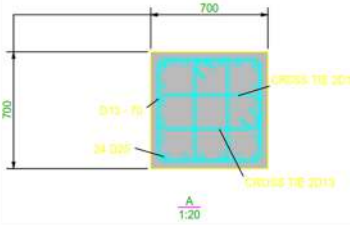
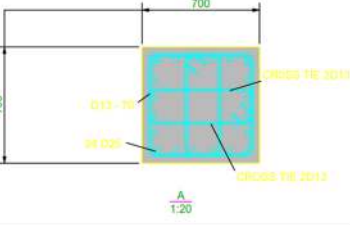
Sumber: Hasil Analisis Penulis, 2023

Tabel 4. 26 Rekapitulasi Hasil Perhitungan Tulangan Transversal Kolom

	K1	K2	K3
Dimensi	1000 × 1000	800 × 800	700 × 700
Senggang Tumpuan	5 D13-80	4D13-80	4D13-80
Senggang Lapangan	5 D13-120	4D13-120.	4D13-120.

Sumber: Hasil Analisis Penulis, 2026

NAMA KOLOM	K1	
PELETAKAN	TUMPUAN	LAPANGAN
POTONGAN		
DIMENSI KOLOM	1000 X 1000	1000 X 1000
TULANGAN UTAMA	28 D 29	28 D 29
TULANGAN SENGKANG	2 D 13 - 80	2 D 13 - 120
CROSS TIE	3 D 13 - 80	3 D 13 - 120
TEBAL SELIMUT BETON	40	40

NAMA KOLOM	K2	
PELETAKAN	TUMPUAN	LAPANGAN
POTONGAN		
DIMENSI KOLOM	800 X 800	800 X 800
TULANGAN UTAMA	24 D 29	24 D 29
TULANGAN SENGKANG	2 D 13 - 80	2 D 13 - 120
CROSS TIE	2 D 13 - 80	2 D 13 - 120
TEBAL SELIMUT BETON	40	40
NAMA KOLOM	K3	
PELETAKAN	TUMPUAN	LAPANGAN
POTONGAN		
DIMENSI KOLOM	700 X 700	700 X 700
TULANGAN UTAMA	24 D 25	24 D 25
TULANGAN SENGKANG	2 D 13 - 80	2 D 13 - 120
CROSS TIE	2 D 13 - 80	2 D 13 - 120
TEBAL SELIMUT BETON	40	40

Gambar 4. 57 Detail Penulangan Kolom
Sumber: Hasil Analisis Penulis

4.4.6 Perhitungan Tulangan Pelat Lantai

Data perencanaan:

- Tipe pelat : Slab 200
- Lx : 8000 mm
- Ly : 8000 mm
- Tebal pelat : 200 mm
- Mutu beton, f_c' : 37,350 MPa
- Mutu baja, f_y : 420 Mpa
- β_1 : 0,8357
- Diameter tulangan : 10 mm
- Selimut beton : 20 mm
- Tebal efektif, d' : 85 mm

1. Penulangan pleat lantai

Analisis struktur penulangan pelat lantai adalah suatu proses untuk memastikan bahwa pelat lantai (*floor slab*) dalam suatu struktur bangunan memiliki kekuatan dan keamanan yang memadai untuk menahan beban momen lentur yang bekerja pada pelat tersebut. Untuk nilai momen sendiri didapatkan dari *output* aplikasi *SAP2000*.

a. Momen – momen yang bekerja pada pelat lantai

$$M \text{ Max akibat M11 Max} : 16,8344 \text{ KNm}$$

$$M \text{ Min akibat M11 Min} : -39,2845 \text{ KNm}$$

$$M \text{ Max akibat M22 Max} : 22,6797 \text{ KNm}$$

$$M \text{ Min akibat M22 Min} : -44,0922 \text{ KNm}$$

b. Mencari kebutuhan rasio tulangan dan kebutuhan tulangan pada pelat lantai

$$\rho_{min} : 0,0018 \text{ atau } 0,0014 \text{ (SNI 2849-2019 Tabel 7.6.11 dan 8.6.11)}$$

$$\rho_{perlu} : \frac{0,85 \times f_{c'}}{f_y} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times R_n}{0,85 \times f_{c'}}} \right)$$

$$\rho_{max} : 0,75 \times \frac{0,85 \times \beta_1 \times f_{c'}}{f_y} \times \left(\frac{600}{600 + f_y} \right)$$

$$: 0,75 \times \frac{0,85 \times 0,7825 \times 37,450}{420} \times \left(\frac{600}{600 + 420} \right)$$

$$: 0,02615$$

$$\begin{aligned} A_{smin} f_y \geq 420 \text{ Mpa} & : (0,18\% \times 420 / f_y) \times b \times t \text{ dan } 0,14\% \times b \times t \\ & : (0,18\% \times 420 / 420) \times 1000 \times 200 \text{ dan } 0,14\% \times \\ & \quad 1000 \times 200 \\ & : 280 \text{ atau } 360 \text{ mm}^2, \approx A_{smin} 360 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

c. Tulangan lapangan bawah arah X

$$M_u : 16,8344 \text{ KNm}$$

$$M_n : \frac{M_u}{\phi} = \frac{16,8344}{0,9} = 18,7048 \text{ KNm}$$

$$R_n : \frac{M_n}{b \times d^2} = \frac{18,7048 \times 10^6}{1000 \times 153,5^2} = 0,79$$

$$\rho_{perlu} : \frac{0,85 \times 37,350}{420} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 0,79}{0,85 \times 37,350}} \right) = 0,00191$$

$$A_{sperlu} : 0,00191 \times 1000 \times 153,5 = 292,42 \text{ mm}^2$$

- Jarak antar tulangan (SNI 2847-2019 Pasal 8.7.2.2)

$$S_{\max} : 2 \times t \text{ dan } 450 \text{ mm}$$

$$: 2 \times 200 \text{ dan } 450 \text{ mm} = 400 \text{ mm}$$

- Kebutuhan tulangan pakai

Dipakai tulangan lentur D13-120

$$As \text{ Pasang} : n \times \pi/4 \times db^2$$

$$: 8,333 \times \frac{3,14}{4} \times 13^2 = 1106,1 \text{ mm}^2$$

$$\text{Cek } As_{\min} < As_{\text{pasang}} > As_{\text{perlu}}$$

$$292,42 \text{ mm}^2 > 1106,1 \text{ mm}^2 \text{ OK}$$

d. Tulangan tumpuan atas arah X

$$Mu : 39,2845 \text{ KNm}$$

$$Mn : \frac{Mu}{\phi} = \frac{39,2845}{0,9} = 43,6494 \text{ KNm}$$

$$Rn : \frac{Mn}{b \times d^2} = \frac{43,6494 \times 10^6}{1000 \times 153,5^2} = 1,852$$

$$\rho_{\text{perlu}} : \frac{0,85 \times 37,350}{420} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 1,852}{0,85 \times 37,350}} \right) = 0,00455$$

$$As_{\text{perlu}} : 0,00455 \times 1000 \times 153,5 = 698,4 \text{ mm}^2$$

- Jarak antar tulangan (SNI 2847-2019 Pasal 8.7.2.2)

$$S_{\max} : 2 \times t \text{ dan } 450 \text{ mm}$$

$$: 2 \times 200 \text{ dan } 450 \text{ mm} = 400 \text{ mm}$$

- Kebutuhan tulangan pakai

Dipakai tulangan lentur D13-80

$$As \text{ Pasang} : n \times \pi/4 \times db^2$$

$$: 12,5 \times \frac{3,14}{4} \times 13^2 = 1659,1 \text{ mm}^2$$

$$\text{Cek } As_{\min} < As_{\text{pasang}} > As_{\text{perlu}}$$

$$1659,1 \text{ mm}^2 > 698,4 \text{ mm}^2 \text{ OK}$$

e. Tulangan lapangan bawah arah Y

$$Mu : 22,6797 \text{ KNm}$$

$$Mn : \frac{Mu}{\phi} = \frac{22,6797}{0,9} = 25,1996 \text{ KNm}$$

$$R_n : \frac{Mn}{b \times d^2} = \frac{25,1996 \times 10^6}{1000 \times 153,5^2} = 1,069$$

$$\rho_{perlu} : \frac{0,85 \times 37,350}{420} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 1,069}{0,85 \times 37,350}} \right) = 0,00259$$

$$A_{Sperlu} : 0,00259 \times 1000 \times 153,5 = 397,6 \text{ mm}^2$$

- Jarak antar tulangan (SNI 2847-2019 Pasal 8.7.2.2)

$$S_{\max} : 2 \times t \text{ dan } 450 \text{ mm}$$

$$: 2 \times 200 \text{ dan } 450 \text{ mm} = 400 \text{ mm}$$

- Kebutuhan tulangan pakai

Dipakai tulangan lentur D13-120

$$As \text{ Pasang} : n \times \pi/4 \times db^2$$

$$: 8,333 \times \frac{3,14}{4} \times 13^2 = 1106,1 \text{ mm}^2$$

$$\text{Cek } A_{Smin} < A_{Spasang} > A_{Sperlu}$$

$$1106,1 \text{ mm}^2 > 397,6 \text{ mm}^2 \text{ OK}$$

f. Tulangan tumpuan atas arah Y

$$Mu : 44,0922 \text{ KNm}$$

$$Mn : \frac{Mu}{\phi} = \frac{44,0922}{0,9} = 48,9913 \text{ KNm}$$

$$R_n : \frac{Mn}{b \times d^2} = \frac{48,9913 \times 10^6}{1000 \times 153,5^2} = 2,097$$

$$\rho_{perlu} : \frac{0,85 \times 37,350}{420} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 2,097}{0,85 \times 37,350}} \right) = 0,00514$$

$$A_{Sperlu} : 0,00514 \times 1000 \times 153,5 = 789,0 \text{ mm}^2$$

- Jarak antar tulangan (SNI 2847-2019 Pasal 8.7.2.2)

$$S_{\max} : 2 \times t \text{ dan } 450 \text{ mm}$$

$$: 2 \times 200 \text{ dan } 450 \text{ mm} = 400 \text{ mm}$$

- Kebutuhan tulangan pakai

Dipakai tulangan lentur D13-80

$$As \text{ Pasang} : n \times \pi/4 \times db^2$$

$$: 12,5 \times \frac{3,14}{4} \times 13^2 = 1659,1 \text{ mm}^2$$

$$\text{Cek } A_{Smin} < A_{Spasang} > A_{Sperlu}$$

$$1659,1 \text{ mm}^2 > 789,0 \text{ mm}^2 \text{ OK}$$

2. Rekapitulasi penulangan plat lantai

Tabel 4. 27 Rekapitulasi Hasil Perhitungan penulangan plat lantai

	Lapangan Bawah (X)	Tumpuan Atas (X)	Lapangan Bawah (Y)	Tumpuan Atas (Y)
Tebal Pelat (mm)	200	200	200	200
Mu (KNm)	16,8344 KNm	39,2845 KNm	22,6797 KNm	44,0922 KNm
As Perlu	292,42 mm ²	698,4 mm ²	397,6 mm ²	789,0 mm ²
As Pasang	1106,1 mm ²	1659,1 mm ²	1106,1 mm ²	1659,1 mm ²
Tul. Utama	13D-120	13D-80	13D-120	13D-80

4.5 Perhitungan Pondasi

4.5.1 Daya Dukung Pondasi Tiang Bor

- 1. Asumsi kedaaman tiang, 24 meter
- 2. Diameter tiang bor, 0.8 m
- 3. Nilai N-SPT dasar tiang, 50
- 4. Tahanan ujung ultimit, qp = 250 Kg/cm² atau 2500 ton/m²
- 5. Luas Penampang Tiang, 0.503 m²
- 6. Keliling Lingkaran, 2,51 m
- 7. Menghitung daya dukung ujung tiang bor

$$Q_p : q_p \times A$$
$$: 250 \times 0,503$$
$$: 1257,5 \text{ Ton}$$

- 8. Menghitung daya dukung selimut tiang bor

$$Q_s : \sum f_i \times l_i \times p$$

Depth	N-SPT	fs (Kg/m ²)	fs (Ton/m ²)	Tebal (m)	Keliling (m)	Qs (Ton)
-------	-------	----------------------------	-----------------------------	--------------	-----------------	-------------

2	8	400	0,40	2.0	2,51	2,01
4	12	600	0,60	2.0	2,51	3,01
6	15	750	0,75	2.0	2,51	3,77
8	18	900	0,90	2.0	2,51	4,52
10	22	1100	1,10	2.0	2,51	5,52
12	25	1250	1,25	2.0	2,51	6,28
14	29	1450	1,45	2.0	2,51	7,28
16	32	1600	1,60	2.0	2,51	8,03
18	36	1800	1,80	2.0	2,51	9,04
20	40	2000	2,00	2.0	2,51	10,04
22	45	2250	2,25	2.0	2,51	6,28
24	50	2500	2,50	2.0	2,51	6,28
Σ Qs						72.02

(Sumber: Hasil Analisis Penulis, 2026)

$Q_s : 72.02 \text{ Ton}$

9. Menghitung daya dukung ultimit tiang bor

$Q_u : Q_p + Q_s$
: 1257,5+ 72.02
: 1329,52 Ton

10. Menghitung daya dukung ijin tiang bor

$Q_i : Q_u/SF$
: 1329,52 / 3
: 443,17 Ton

4.5.2 Perhitungan Tulangan Pondasi Tiang Bor BP-1

1. Paramemeter perencanaan

- Diameter tiang, D : 800 mm
- Selimut bersih, Cc : 120 mm
- Diameter tulangan Longitudinal : 29 mm
- Diameter tulangan Sengkang : 10 mm
- Tebal efektif, d : 657,5 mm
- Kuat tekan beton, f_c' : 37,350 Mpa
- Kuat leleh baja, f_y : 420 Mpa

2. Parameter Penulangan

- Jumlah tulangan : 24

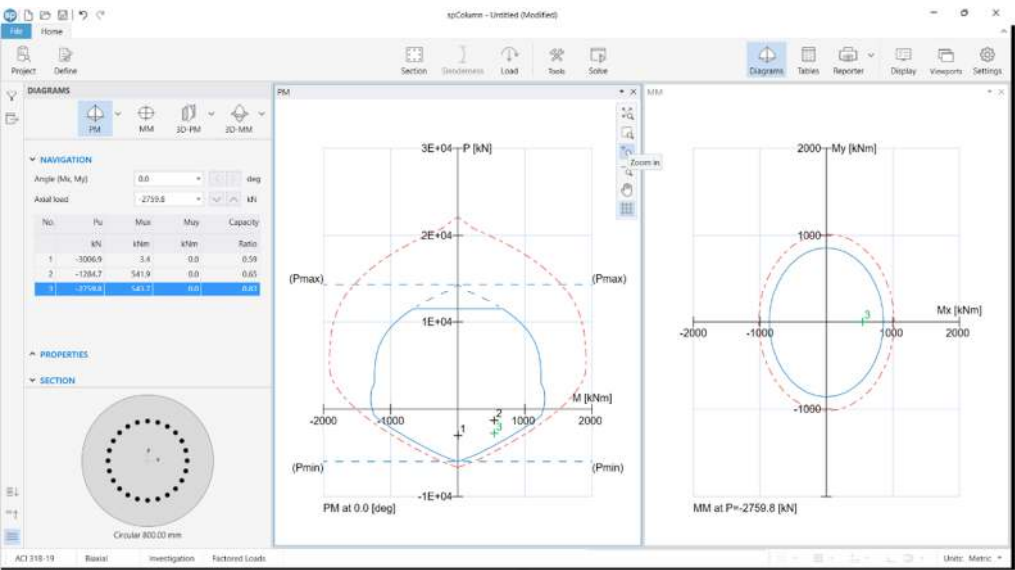
Luas tulangan longitudinal, A_s : 15.853 mm²
Luas penampang, $A_g, \pi/4 \cdot d^2$: 502.655 mm²
Rasio tulangan, A_s / A_g : 3,15 %

3. Pengecekan tulangan terhadap gaya dalam akibat aksial lentur

Aksial - Lentur		
Kondisi	P (KN)	M (KN-m)
P max	-12027,615	13,6653
P min	-5138,761	2167,7996
M Max	-11039,272	2174,6886

(Sumber: Output SAP2000)

Berdasarkan hasil dari analisis menggunakan aplikasi *SPColumn*, tulangan 24D29 telah memenuhi persyaratan untuk memikul beban gaya aksial akibat kolom. Dapat dilihat dengan *point* yang ditunjukkan masih berada di dalam interaksi tiang.



Gambar 4. 58 Gambar hasil menggunakan aplikasi *SPColumn*

Sumber: Hasil Analisis Penulis, 2026

4. Analisis tulangan transversal

N_u : 5138,761 KN
 V_u : 391075 N

$$V_c : 0,17 \left(1 + \frac{N_u}{14 A_g}\right) (f_c')^{0.5} D \cdot d$$
$$: 0,17 \left(1 + \frac{5138,761}{14 \cdot 502655}\right) 37,350^{0.5} 800 \cdot 712,5$$
$$: 1.023.630 \text{ N}$$
$$V_s \text{ Perlu} : V_u / \phi - V_c$$
$$: 391075 / 0,75 - 1.023.630$$
$$: -502.197 \text{ N}$$
$$A_s/s \text{ Perlu} : V_s / (f_y v \times d)$$
$$: -502.197 / (420 \times 712,5)$$
$$: -2,9368 \text{ mm}^2 / \text{mm}$$

Dipakai tulangan sengkang pada daerah tumpuan D10-80

Jarak antar tulangan maksimum, $S_{max} : D / 4$

$$: 800 / 4 = 200 \text{ mm}$$

Cek spesi Spakai $< S_{max} : 80 \text{ mm} < 200 \text{ mm}$ OK

Untuk tulangan sengkang pada daerah lapangan digunakan D10-120

4.6 Perhitungan Kapasitas Kelompok dan Efisiensi Tiang

4.6.1 PileCap PC-1

1. Data rencana:
- | | |
|----------------------------------|-------------|
| Diameter <i>bored pile</i> | : 800 mm |
| Jarak as tiang ke ujung pile cap | : 800 mm |
| b_{kolom} | : 1000 mm |
| h_{kolom} | : 1000 mm |
| Asumsi tebal <i>poer</i> | : 1400 mm |
| Diameter tulangan utama | : 29 mm |
| Tebal efektif, d' | : 1236,5 mm |
2. Gaya yang bekerja pada *pilecap*
- Dari *output* SAP2000 diperoleh gaya yang bekerja pada join ? adalah:
- | | | |
|----|-----------------|-----------------|
| P | : 12027,615 KN | / 1225,03 Ton.m |
| Mx | : 238,5064 KNm | / 24,30 Ton.m |
| My | : 2174,6886 KNm | / 221,68 Ton.m |
3. Berat *pilecap*

- L : 4 m
- B : 4 m
- d : 1,4 m
- Luas, A : 8 m²
- Berat : 53,76 Ton
- Pu : 1279,06 Ton

4. Efisiensi tiang kelompok

- Pu : 1279,06 Ton
- Q_{nett} : 443,17 Ton
- Jumlah tiang: : $\frac{Pu}{Q_{nett}}$
: $\frac{1279,06}{443,17} = 3,88 \approx 4$ buah

Menghitung efisiensi pondasi

- Jumlah baris, m : 2
- Jumlah tiang, n : 4
- S max (3d) : 2,4 m
- θ : 18,435°
- Effiseiensi : $1 - \frac{\theta(n' - 1)m + (m - 1)n'}{90 \times m \times n'}$
: $1 - \frac{18,435 (2 - 1)2 + (2 - 1)2}{90 \times 2 \times 2}$
: $1 - \frac{18,435 + 4}{360}$
: 1 – 0,2048
: 0,795

Daya dukung tiang kelompok

- Q_{ijin} : n x eff x Q_{nett}
: 4 x 0,795x 443,17
: 1409,28 ton ≥ 1279,06 Ton OK

5. Jarak tiang ke titik pusat

No	x	x ²	y	Y ²
1	1,2	1,44	1,2	1,44
2	1,2	1,44	-1,2	1,44
3	-1,2	1,44	1,2	1,44
4	-1,2	1,44	-1,2	1,44
	Σx ²	5,76	Σy ²	5,76

6. Perhitungan akibat beban tetap

$$Pu : \frac{\Sigma P}{n} + \frac{Mx y_{max}}{\Sigma y^2} + \frac{My x_{max}}{\Sigma x^2}$$
$$: \frac{1279,06}{4} + \frac{Mx 1,2}{5,76} + \frac{My 1,44}{5,76}$$
$$: 320,315 \text{ Ton}$$
$$: 320,315 \text{ Ton} < 352,32 \text{ Ton OK}$$

7. Gaya geser satu arah yang terjadi pada *pile cap* arah Y

$\sigma : P/A = 784,223 \text{ KN}$
 $G' : L-(L/2+b.kolom/2+d) = 0,2345 \text{ mm}$
 $V_u : \sigma . L .G' = 735,601 \text{ KN}$
 $\phi V_c : 0,75 \times 0,17 \sqrt{f_c'} \times b \times d = 3944,369 \text{ KN}$
 $Cek, \phi V_c : \phi V_c > V_u = 3944,369 \text{ KN} > 735,601 \text{ KN}$
OK

8. Gaya geser satu arah yang terjadi pada *pile cap* arah X

$\sigma : P/A = 784,223 \text{ KN}$
 $G' : L-(L/2+b.kolom/2+d) = 0,2345 \text{ mm}$
 $V_u : \sigma . L .G' = 735,601 \text{ KN}$
 $\phi V_c : 0,75 \times 0,17 \sqrt{f_c'} \times b \times d = 3944,369 \text{ KN}$
 $Cek, \phi V_c : \phi V_c > V_u = 3944,369 \text{ KN} > 735,601 \text{ KN}$
OK

9. Geser dua arah yang bekerja pada pile cap

B0 : $4 \cdot (B_{kolom} + d')$ = 9,2345 KN
Vu pons : $\sigma \cdot A_t$ = 1735,6017 KN
 ϕV_c pons : $0,75 \times V_c$ = 3944,3698 KN
Cek ϕV_c : $\phi V_c > V_u$ = 3944,3698 KN > 1735,6017 KN OK

10. Desain lentur tulangan arah Y

b1 : Jarak ujung poer ke tepi kolom = 1,5 m
b2 : Jarak as tiang ke tepi kolom = 0,2345 m
q' : Berat poer yang ditinjau = 140 KN
P = 12547,5786 KN
Mu : $P \cdot b_2 - q' \cdot b_1 / 2$ = 2784,9071 KN
Mn : $M_u / 0,9$ = 3094,341 KN
Rn : $M_n / b \cdot d^2$ = 0,000483 Nmm
 ρ_{perlu} : $\frac{0,85 f_c'}{f_y} \left[1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot R_n}{0,85 f_c'}} \right]$
: $\frac{0,85 \cdot 37,350}{420} \left[1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot 0,000483}{0,85 \cdot 37,350}} \right]$
: 0,004025
Asperlu : $\rho \times b \times d'$
: $0,004025 \times 4 \times 1,2655$
: 20376,431 mm²
Asmin : $0,0018 \times b \times d'$
: $0,0018 \times 4 \times 1,2655$
: 9111,6mm²
Spasi : 120 mm
Jumlah Tulangan : (lebar penampang – 4 × Selimut beton) / jarak tulangan
: $(4000 - 2 \times 120) / 120$
: 34
Aspasang : 660,52 x 34

$$: 22457,675 \text{ mm}^2 (D29 - 120)$$

$$\text{Cek kapasitas} : \text{Aspasang} > \text{Aspakai} = 22457,675 \text{ mm}^2 > 20376,431 \text{ mm}^2$$

OK

11. Desain lentur tulangan arah X

$$\text{Asperlu} : 50 \% \text{ Asperlu arah Y} = 10188,215 \text{ mm}^2$$

$$\text{Asmin} : 0,0018 \times b \times d' = 9111,6 \text{ mm}^2$$

$$\text{Spasi} : 120 \text{ mm}$$

$$\text{Jumlah Tulangan} : (\text{lebar penampang} - 2 \times \text{Selimut beton}) / \text{jarak tulangan}$$

$$: (4000 - 2 \times 120) / 120$$

$$: 34$$

$$\text{Aspasang} : 660,52 \times 34$$

$$: 22457,675 \text{ mm}^2 (D29 - 120)$$

$$\text{Cek Kapasitas} : \text{Aspasang} > \text{Asmin} = 22457,675 \text{ mm}^2 > 10188,215 \text{ mm}^2$$

OK

12. Desain tulangan susut arah Y

$$\text{Asperlu} : 50 \% \text{ Aspasang bawah} = 11228,837 \text{ mm}^2$$

$$\text{Diameter tul.} : 25 \text{ mm}$$

$$\text{Spasi} : 150 \text{ mm}$$

$$\text{Jumlah Tulangan} : (\text{lebar penampang} - 2 \times \text{Selimut beton}) / \text{jarak tulangan}$$

$$: (4000 - 2 \times 120) / 150$$

$$: 26$$

$$\text{Aspasang} : 490,87 \times 26$$

$$: 12762,62 \text{ mm}^2 (D25 - 150)$$

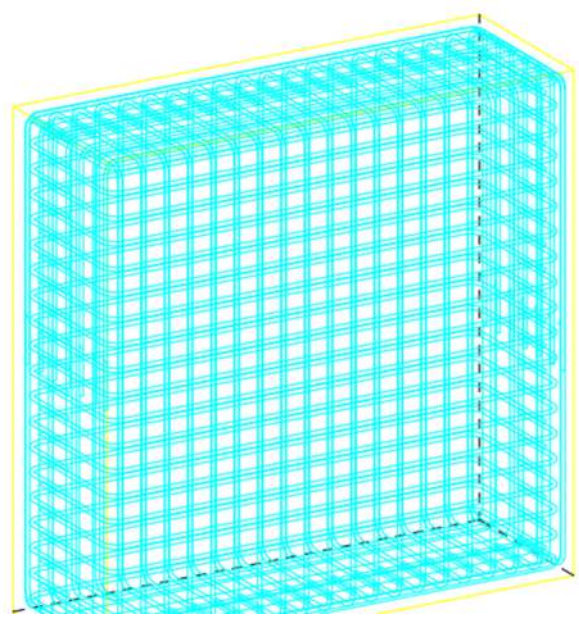
$$\text{Cek Kapasitas} : \text{Aspasang} > \text{Asperlu} = 12762,62 \text{ mm}^2 > 11228,837$$

mm^2 OK

13. Desain tulangan susut arah X

$$\text{Asperlu} : 50 \% \text{ Aspasang bawah} = 11228,837 \text{ mm}^2$$

Diameter tul. : 25 mm
Spasi : 150 mm
Jumlah Tulangan : (lebar penampang – 2 × Selimut beton) / jarak tulangan
: (4000 – 2 × 120) / 150
: 26
Aspasang : 490,87 x 26
: 12762,62 mm² (D25 - 150)
Cek Kapasitas : Aspasang > Asperlu = 12762,62 mm² > 11228,837
mm²



Gambar 4. 59 Detail Penulangan *PileCap* PC-1

Sumber: Dokumentasi Pribadi

4.6.2 **PileCap PC-2**

1. Data rencana:

- 1. Diameter bored pile : 800 mm
- 2. Jarak as tiang ke ujung pile cap : 800 mm

- 3. bkolom : 800 mm
- 4. hkolom : 800 mm
- 5. Asumsi tebal poer : 1400 mm
- 6. Diameter tulangan utama : 29 mm
- 7. Tebal efektif, d' : 1236,5 mm

2. Gaya yang bekerja pada *pilecap*

Dari output SAP2000 diperoleh gaya yang bekerja pada join ? adalah:

- P : 7269,599 KN / 740,63 Ton
- Mx : 167,053 KNm / 17,03 Ton m
- My : 822,8052 KNm / 83,80 Ton m

3. Berat pilecap

- L : 4 m
- B : 4 m
- d : 1,4 m
- Luas, A : 8 m2
- Berat : 26,88 Ton
- Pu : 740,63 Ton

4. Efisiensi tiang kelompok

- Pu : 740,63 Ton
- Qnett : 443,17 Ton
- Jumlah tiang: : $\frac{Pu}{Qnett}$
: $\frac{740,63}{443,17} = 2,67 = 3$ buah

Menghitung efisiensi pondasi

- Jumlah baris, m : 2
- Jumlah tiang, n : 3
- S (2.5d) : 2,0 m
- θ : 21,8
- Effiseiensi : $1 - \frac{(\theta(n^{m'}- 1)m + (m - 1)n^m)}{(90 \times m \times n^m)}$
: $1 - \frac{(21,8 (2- 1)2 + (2 - 1)3)}{(90 \times 2 \times 3)}$

$$\begin{aligned} &: 1 - \frac{(21,8 \times 5)}{540} \\ &: 0,798 \end{aligned}$$

Daya dukung tiang kelompok

$$\begin{aligned} Q_{ijin} &: n \times \text{eff} \times Q_{nett} \\ &: 3 \times 0,798 \times 443,17 \\ &: 1063,6 \text{ ton} \geq 740,63 \text{ Ton OK} \end{aligned}$$

5. Jarak tiang ke titik pusat

No	x	x ²	y	Y ²
1	0	0	1,155	1,334
2	-1,0	1,0	-0,577	0,333
3	1,0	1,0	-0,577	0,333
	Σx ²	2,0	Σy ²	2,0

6. Perhitungan akibat beban tetap

$$\begin{aligned} P_u &: \frac{\Sigma P}{n} + \frac{M_x y_{max}}{\Sigma y^2} + \frac{M_y x_{max}}{\Sigma x^2} \\ &: \frac{740,63}{3} + \frac{17,03 \times 1,155}{2} + \frac{83,80 \times 1}{2} \\ &: 246,88 + 9,83 + 41,90 \\ &: 298,61 \text{ Ton} < 443,17 \text{ Ton OK} \end{aligned}$$

7. Gaya geser satu arah yang terjadi pada pile cap arah Y

$$\begin{aligned} \sigma &: P/A &= 2986,1 \text{ KN} \\ G' &: L-(L/2+b.kolom/2+d) &= 4946 \text{ mm} \\ V_u &: \sigma \cdot L \cdot G' &= 2986,1 \text{ KN} \\ \phi V_c &: 0,75 \times 0,17 \sqrt{f_c'} \times b \times d &= 3854,9 \text{ KN} \\ \text{Cek, } \phi V_c &: \phi V_c > V_u &= 3854,9 \text{ KN} > 2986,1 \text{ KN OK} \end{aligned}$$

8. Gaya geser satu arah yang terjadi pada pile cap arah X

$$\begin{aligned} \sigma &: P/A &= 2986,1 \text{ KN} \\ G' &: L-(L/2+b.kolom/2+d) &= 4946 \text{ mm} \\ V_u &: \sigma \cdot L \cdot G' &= 2986,1 \text{ KN} \end{aligned}$$

$$\phi V_c : 0,75 \times 0,17 \sqrt{f_c'} \times b \times d = 3854,9 \text{ KN}$$

$$\text{Cek, } \phi V_c : \phi V_c > V_u = 3854,9 \text{ KN} > 2986,1 \text{ KN } \underline{\text{OK}}$$

9. Geser dua arah yang bekerja pada pile cap

$$b\sigma : P/A = 373,26 \text{ KN}$$

$$A_t : (B.L)-(b_{\text{kolom}}+d')(h_{\text{kolom}}+d') = 11,85 \text{ m}^2$$

$$V_u : \sigma \cdot A_t = 4423,1 \text{ KN}$$

$$V_c : 0,33 \sqrt{f_c'} \cdot b_0 \cdot d' = 20345 \text{ KN}$$

$$\phi V_c : 0,75 \times V_c = 15258,8 \text{ KN}$$

$$\text{Cek } \phi V_c : \phi V_c > V_u = 15258,8 \text{ KN} > 4423,1 \text{ KN } \underline{\text{OK}}$$

10. Desain lentur tulangan arah Y

$$b_1 : \text{Jarak ujung poer ke tepi kolom} = 1,6 \text{ m}$$

$$b_2 : \text{Jarak as tiang ke tepi kolom} = 1,1 \text{ m}$$

$$q' : \text{Berat poer yang ditinjau} = 33,6 \text{ KN}$$

$$P = 2986,1 \text{ KN}$$

$$M_u : P \cdot b_2 - q' \cdot b_1 / 2 = 3327,7 \text{ KN}$$

$$M_n : M_u / 0,9 = 3697,4 \text{ KN}$$

$$R_n : M_n / b \cdot d^2 = 0,538 \text{ Nmm}$$

$$\rho_{\text{perlu}} : \frac{0,85 f_c'}{f_y} \left[1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot R_n}{0,85 f_c'}} \right]$$

$$: \frac{0,85 \cdot 37,350}{420} \left[1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot 0,538}{0,85 \cdot 37,350}} \right]$$

$$: 0,00130$$

$$A_{\text{sperlu}} : \rho \times b \times d'$$

$$: 0,00130 \times 4000 \times 1310,5$$

$$: 6814,6 \text{ mm}^2$$

$$A_{\text{smin}} : 0,0018 \times b \times d'$$

$$: 0,0018 \times 4000 \times 1310,5$$

$$: 9439,6 \text{ mm}^2$$

$$\text{Spasi} : 120 \text{ mm}$$

$$\text{Jumlah Tulangan} : (\text{lebar penampang} - 2 \times \text{Selimut beton}) / \text{jarak tulangan}$$

$$: (4000 - 2 \times 75) / 120$$

$$: 33$$

Aspasang : $660,5 \times 33$
 : $21796,5 \text{ mm}^2 (D29 - 120)$

Cek kapasitas : $\text{Aspasang} > \text{Asmin} = 21796,5 \text{ mm}^2 > 9439,6 \text{ mm}^2$

OK

11. Desain lentur tulangan arah X

Asperlu : $50 \% \text{ Asperlu arah Y} = 3407,3 \text{ mm}^2$

Asmin : $0,0018 \times b \times d' = 9439,6 \text{ mm}^2$

Spasi : 120 mm

Jumlah Tulangan : $(\text{lebar penampang} - 2 \times \text{Selimut beton}) / \text{jarak tulangan}$

: $(4000 - 2 \times 75) / 200$

: 33

Aspasang : $660,5 \times 33$
 : $21796,5 \text{ mm}^2 (D29 - 120)$

Cek Kapasitas : $\text{Aspasang} > \text{Asmin} = 21796,5 \text{ mm}^2 > 9439,6 \text{ mm}^2$

OK

12. Desain tulangan susut arah Y

Asperlu : $50 \% \text{ Aspasang bawah} = 10898,3 \text{ mm}^2$

Diameter tul. : 25 mm

Spasi : 120 mm

Jumlah Tulangan : $(\text{lebar penampang} - 2 \times \text{Selimut beton}) / \text{jarak tulangan}$

: $(4000 - 2 \times 75) / 120$

: 33

Aspasang : $490,9 \times 33$
 : $16199,7 \text{ mm}^2 (D25 - 120)$

Cek Kapasitas : $\text{Aspasang} > \text{Asperlu} = 16199,7 \text{ mm}^2 > 10898,3 \text{ mm}^2$

OK

13. Desain tulangan susut arah X

Asperlu : $50 \% \text{ Aspasang bawah} = 10898,3 \text{ mm}^2$

Diameter tul. : 25 mm

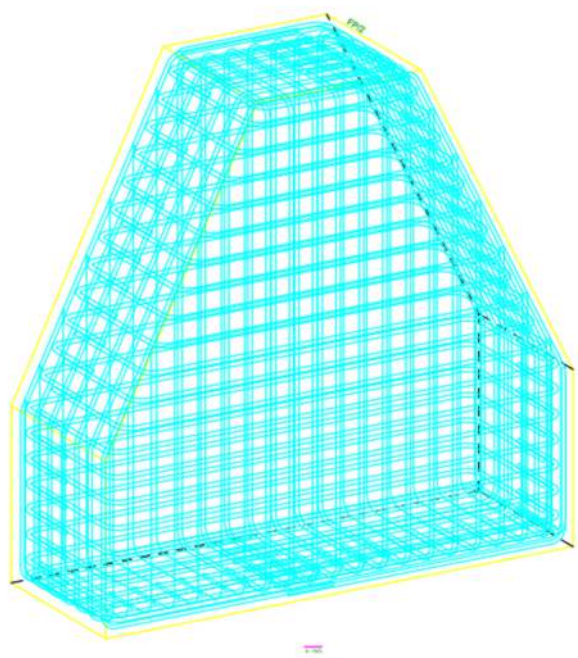
Spasi : 120 mm

Jumlah Tulangan : $(\text{lebar penampang} - 2 \times \text{Selimut beton}) / \text{jarak tulangan}$
: $(400 - 2 \times 75) / 120$
: 33

Aspasang : $490,9 \times 33$
: $16199,7 \text{ mm}^2 (D25 - 120)$

Cek Kapasitas : $\text{Aspasang} > \text{Asperlu} = 16199,7 \text{ mm}^2 > 10898,3 \text{ mm}^2$

OK



Gambar 4. 60 Detail Penulangan *PileCap* PC-2

Sumber: Dokumentasi Pribadi

4.6.3 **PileCap PC-3**

1. Data rencana:

- | | |
|-------------------------------------|----------|
| 1. Diameter bored pile | : 800 mm |
| 2. Jarak as tiang ke ujung pile cap | : 800 mm |
| 3. bkolom | : 800 mm |
| 4. hkolom | : 800 mm |

5. Asumsi tebal poer

: 1400 mm
6. Diameter tulangan utama

: 29 mm
7. Tebal efektif, d'

: 1236,5 mm
2. Gaya yang bekerja pada *pilecap*
- Dari *output* SAP2000 diperoleh gaya yang bekerja pada join ? adalah:
- P

: 5738,097 KN / 584,9 Ton
- Mx

: 734,2525 KNm / 74,8 Ton m
- My

: 13,7073 KNm / 1,4 Ton m
3. Berat *pilecap*
- L

: 4 m
- B

: 2 m
- d

: 1,4 m
- Luas, A

: 8 m²
- Berat

: 26,88 Ton
- Pu

: 5738,097 Ton
4. Efisiensi tiang kelompok

Pu

: 584,9 Ton

Q_{nett}

: 443,17 Ton

Jumlah tiang:

$$: \frac{Pu}{Q_{nett}}$$
$$: \frac{584,9}{443,17} = 1,32 \approx 2 \text{ buah}$$

Menghitung efisiensi pondasi

Jumlah baris, m

: 1

Jumlah tiang, n

: 2

S (2.5d)

: 2 m

θ

: 21,801

Effiseiensi

$$: 1 - \frac{\theta(n' - 1)m + (m - 1)n'}{90 \times m \times n'}$$
$$: 1 - \frac{21,801 (2 - 1)1 + (1 - 1)2}{90 \times 1 \times 2}$$
$$: 1 - \frac{21,801 + 0}{180}$$

: 0,879

Daya dukung tiang kelompok

$Q_{ijin} : n \times eff \times Q_{nett}$
: 2 x 0,879 x 443,17
: 779,1 ton $\geq$ 584,9 Ton OK

5. Jarak tiang ke titik pusat

No	x	x ²	y	Y ²
1	1,2	1,44	0	0
2	-1,2	1,44	0	0
	Σx^2	2,88	Σy^2	0

6. Perhitungan akibat beban tetap

$P_u : \frac{\Sigma P}{n} + \frac{Mx_{ymax}}{\Sigma y^2} + \frac{My_{xmax}}{\Sigma x^2}$
: $\frac{584,9}{2} + \frac{74,8 \cdot 0}{0} + \frac{1,4 \cdot 1,2}{2,88}$
: 292,45 + 0 + 0.583
: 293,033 Ton < 443,17 Ton OK

7. Gaya geser satu arah yang terjadi pada *pile cap* arah Y

$\sigma : P/A = 731,213 \text{ KN}$
 $G' : L-(L/2+b.kolom/2+d) = 289,5 \text{ mm}$
 $V_u : \sigma \cdot L \cdot G' = 423,37 \text{ KN}$
 $\phi V_c : 0,75 \times 0,17 \sqrt{f_c'} \times b \times d = 4083,3 \text{ KN}$
Cek, $\phi V_c : \phi V_c > V_u = 4083,3 \text{ KN} > 731,213 \text{ KN}$ OK

8. Gaya geser satu arah yang terjadi pada *pile cap* arah X

$\sigma : P/A = 731,213 \text{ KN}$
 $G' : L-(L/2+b.kolom/2+d) = 289,5 \text{ mm}$
 $V_u : \sigma \cdot L \cdot G' = 846,74 \text{ KN}$
 $\phi V_c : 0,75 \times 0,17 \sqrt{f_c'} \times b \times d = 2041,65 \text{ KN}$
Cek, $\phi V_c : \phi V_c > V_u = 2041,65 \text{ KN} > 731,213 \text{ KN}$ OK

9. Geser dua arah yang bekerja pada pile cap

σ	: P/A	= 731,213 KN
Bo	: 4x (b.kolom+d)	= 8442 mm
At	: (B.L)-(bkolom+d')(hkolom+d')	= 4,454 m ²
Vu	: $\sigma \cdot At$	= 3258,8 KN
Vc	: $0,33\sqrt{f'c'} \cdot b_0 \cdot d'$	= 22313,6 KN
ϕVc	: $0,75 \times Vc$	= 16735,2 KN
Cek ϕVc	: $\phi Vc > Vu$	= 16735,2 KN > 3258,8 KN <u>OK</u>

10. Desain lentur tulangan arah Y

b1	: Jarak ujung poer ke tepi kolom	= 1,6 m
b2	: Jarak as tiang ke tepi kolom	= 1,2 m
q'	: Berat poer yang ditinjau	= 65,92 KN
P		= 3236,2 KN
Mu	: $P \cdot b_2 - q' \cdot b_1 / 2$	= 3799,06 KN
Mn	: $M_u / 0,9$	= 4221,18 KN
Rn	: $M_n / b \cdot d^2$	= 0,614 Nmm
ppperlu	: $\frac{0,85 f_c'}{f_y} \left[1 - \sqrt{1 - \frac{2 R_n}{0,85 f_c'}} \right]$	
	: $\frac{0,85 \cdot 37,350}{420} \left[1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot 0,614}{0,85 \cdot 37,350}} \right]$	
	: 0,00147	
Asperlu	: $\rho \times b \times d'$	
	: $0,00147 \times 4000 \times 1310,5$	
	: 7705,7 mm ²	
Asmin	: $0,0018 \times b \times d'$	
	: $0,0018 \times 4000 \times 1310,5$	
	: 9435,6 mm ²	

Spasi : 150 mm

Jumlah Tulangan : $(\text{lebar penampang} - 2 \times \text{Selimut beton}) / \text{jarak tulangan}$
: $(4000 - 2 \times 75) / 150$
: 26

Aspasang : $660,5 \times 26$
: $17173 \text{ mm}^2 (D29 - 150)$

Cek kapasitas : $\text{Aspasang} > \text{Asmin} = 17173 \text{ mm}^2 > 9435,6 \text{ mm}^2 \underline{\text{OK}}$

Cek Kapasitas : $As_{pasang} > As_{perlu} = 12762,6 \text{ mm}^2 > 1887,1 \text{ mm}^2$

OK

13. Desain tulangan susut arah X

Asperlu : 20 % As_{pasang} bawah = 943,6 mm²

Diameter tul. : 25 mm

Spasi : 150 mm

Jumlah Tulangan : (lebar penampang – 2 × Selimut beton) / jarak tulangan

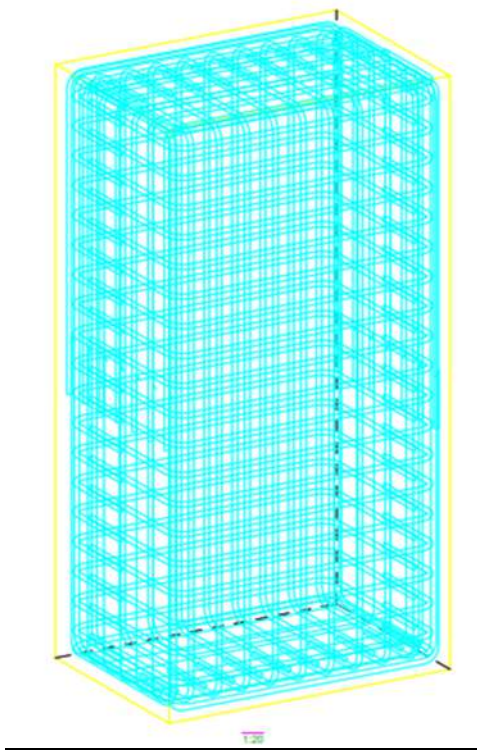
: $(2000 - 2 \times 75) / 150$

: 13

As_{pasang} : 490,87 x 13

: 6381,3 mm² (D25 - 150)

Cek Kapasitas : $As_{pasang} > As_{perlu} = 6381,3 \text{ mm}^2 > 943,6 \text{ mm}^2$ OK



Gambar 4. 61 Detail Penulangan *PileCap* PC-3

Sumber: Dokumentasi Pribadi

4.6.4 Rekapitulasi Penulangan *PileCap*

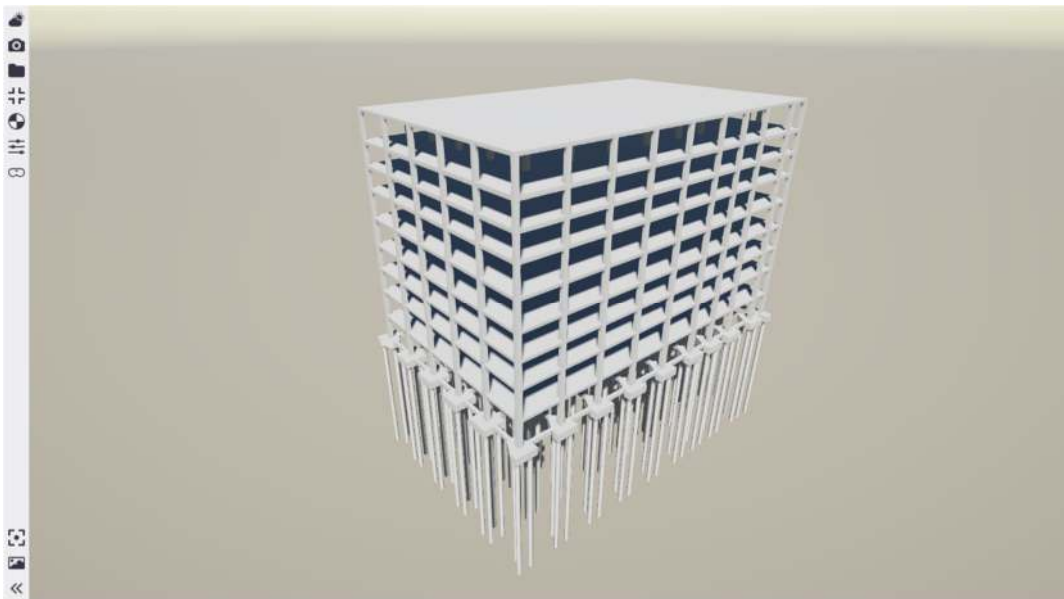
Berikut adalah rekapitulasi dari hasil perhitungan penulangan *pilecap*:

Tipe	Tulangan Atas		Tulangan Bawah	
	Arah X	Arah Y	Arah X	Arah Y
PC-1	D25 - 150	D25 - 150	D29 - 120	D29 - 120
PC-2	D25 - 120	D25 - 120	D29 - 120	D29 - 120
PC-3	D25 - 150	D25 - 150	D29 - 150	D29 - 150

4.7 Permodelan 3D Stuktur Menggunakan Aplikasi *Tekla Structure*

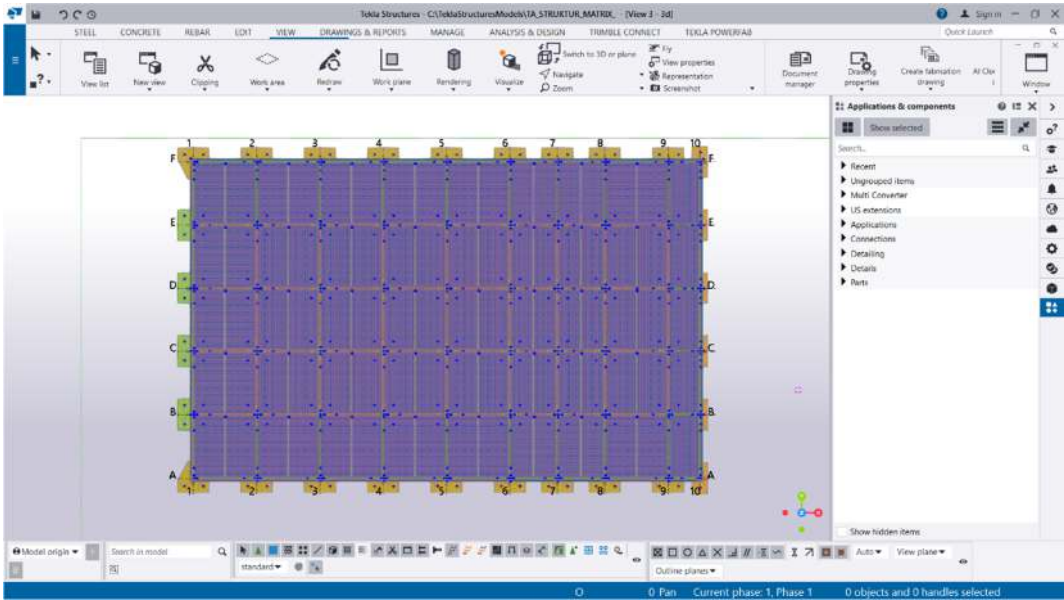
Permodelan 3D melalui aplikasi *Tekla Structure* dapat dilakukan apabila perhitungan struktur atas dan struktur bawah selesai dilakukan. Dan berikut adalah hasil permodelan 3D dari Proyek Pembangunan Kampus Universitas Nahdatul Ulama Yogyakarta.

Dari permodelan tersebut juga, dapat diperoleh volume dari setiap item yang ada di aplikasi *Tekla Structure*. Hasil *output* tersebut nantinya dapat digunakan sebagai acuan dalam pembuatan Rencana Anggaran Biaya (RAB). Selain itu juga *output* gambar *detail engineering design* (DED) dari Proyek Pembangunan Kampus Universitas Nahdatul Ulama Yogyakarta dapat dibuat langsung pada aplikasi *Tekla Structure*, gambar DED dapat dilihat pada lampiran.



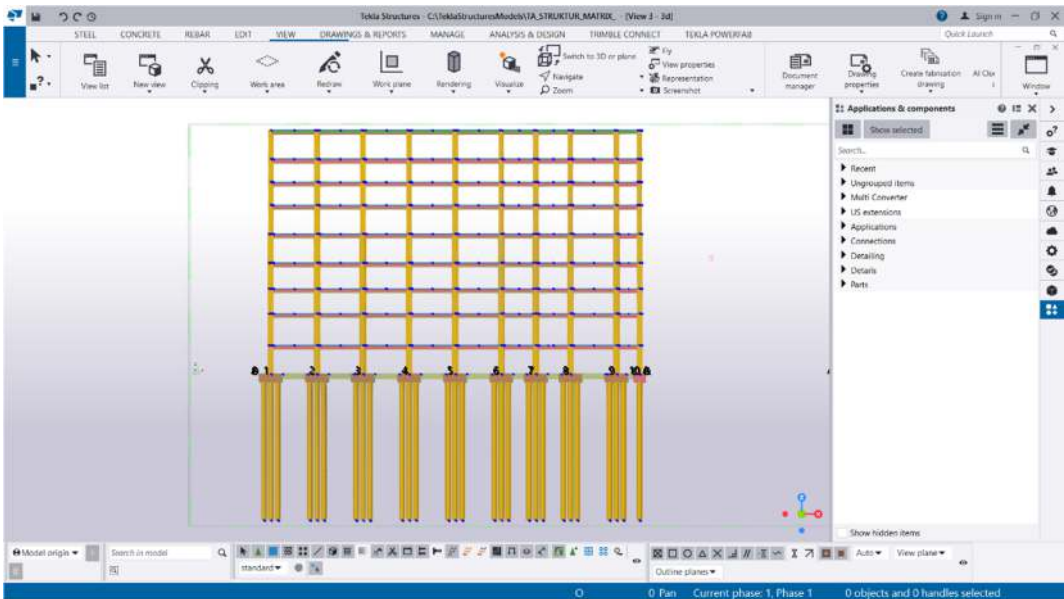
Gambar 4. 62 Gambar Permodelan 3D dengan *Tekla Structure*

Sumber: Dokumentasi Pribadi



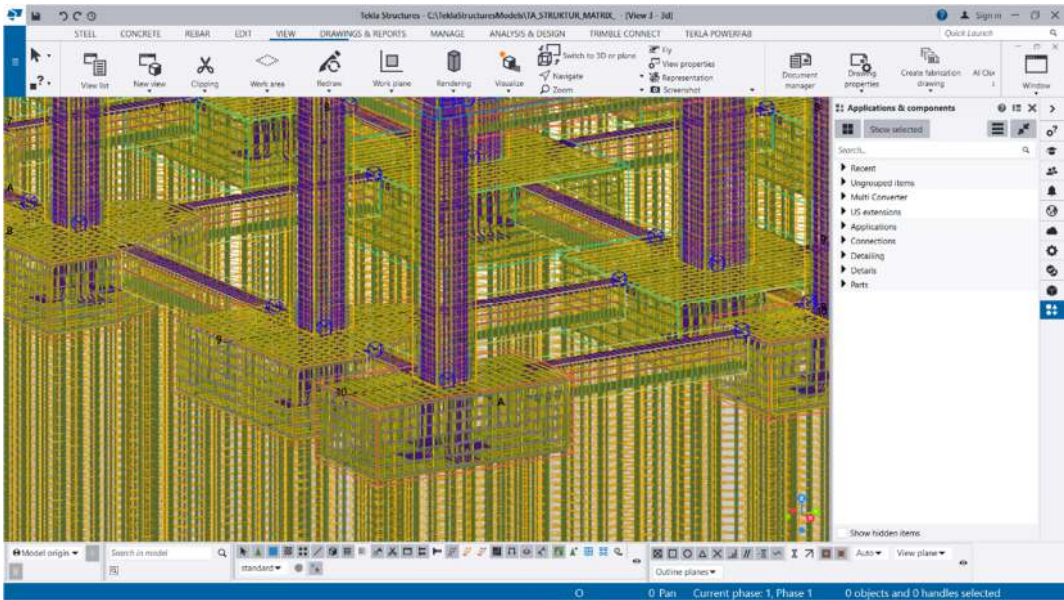
Gambar 4. 63 Gambar Tampak Atas Permodelan 3D dengan *Tekla Structure*

Sumber: Dokumentasi Pribadi



Gambar 4. 64 Gambar Tampak Samping Permodelan 3D dengan *Tekla Structure*

Sumber: Dokumentasi Pribadi

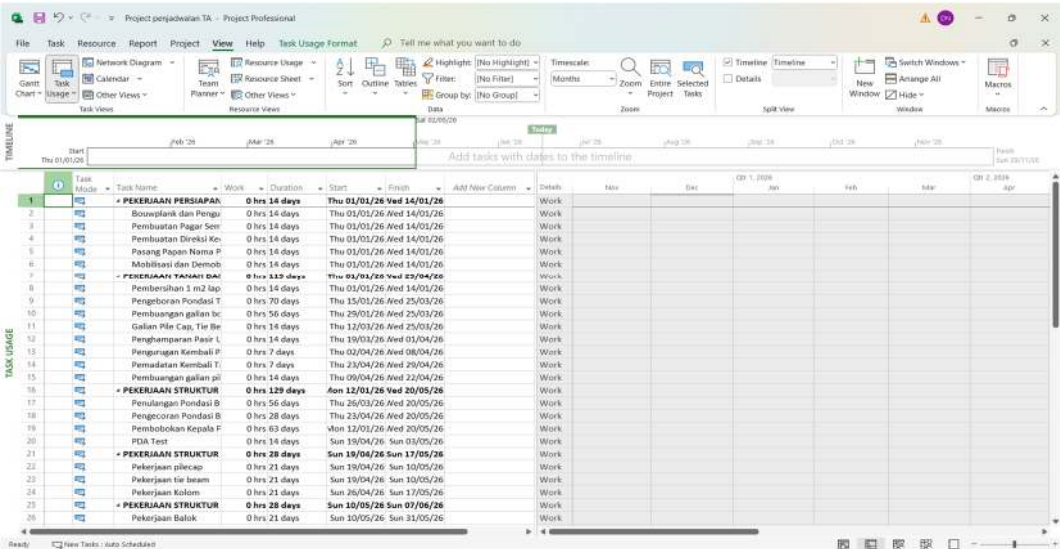


Gambar 4. 65 Gambar Detail Penulangan Permodelan 3D dengan *Tekla Structure*

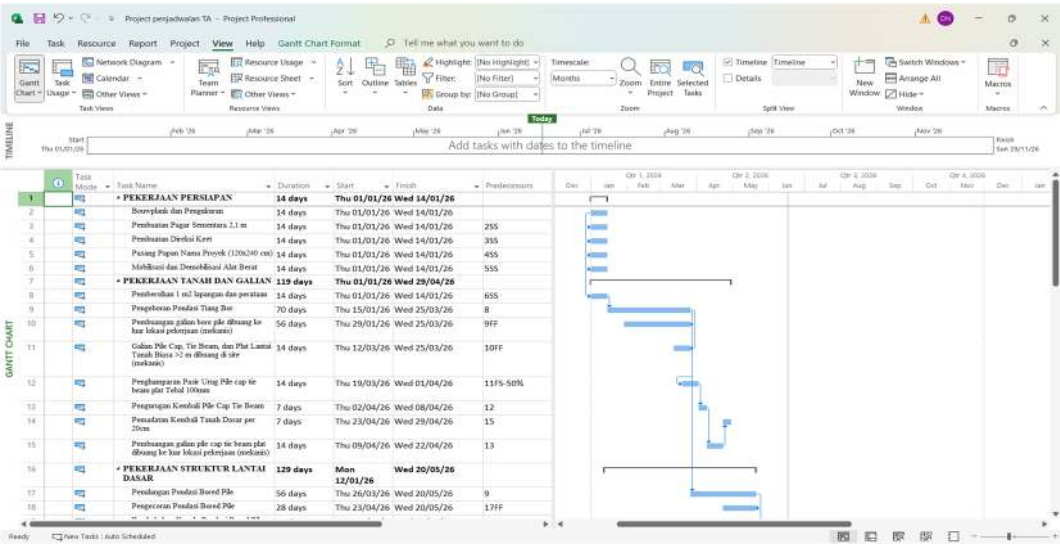
Sumber: Dokumentasi Pribadi

4.8 Penjadwalan dan Simulasi dengan *Ms Project*

Penjadwalan pekerjaan dilakukan menggunakan aplikasi *Ms Project*, dengan memanfaatkan fitur *task usage* pada aplikasi tersebut. Pada fitur task usage penjadwalan dilakukan dengan menambahkan item pekerjaan, durasi pekerjaan.

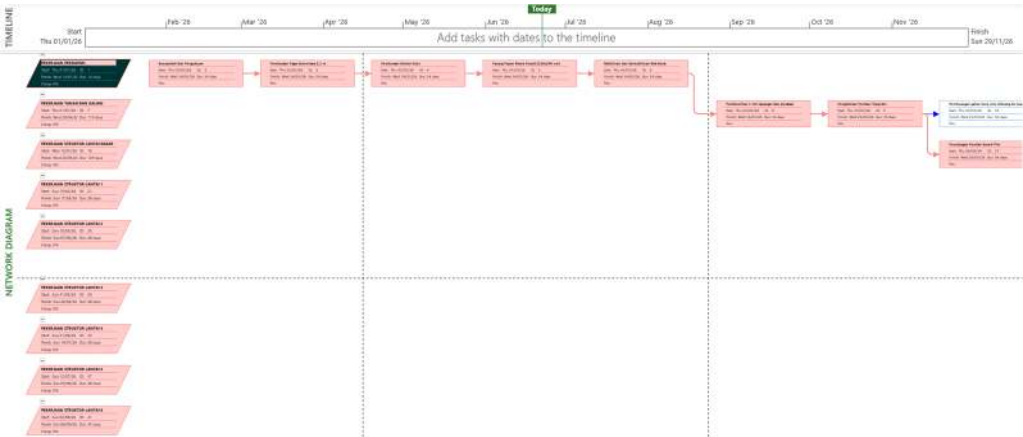


Gambar 4. 66 Gambar Penjadwalan menggunakan aplikasi *Ms Project*



Gambar 4. 67 Gambar Pada bagian *Gantt Chart* aplikasi *Ms Project*

Pada bagian *Gantt Chart* dapat dilihat simulasi dari penjadwalan pekerjaan. Dengan total durasi penjadwalan pekerjaan struktur adalah 48 minggu atau 12 bulan kurang 1 minggu.



Gambar NWP Pada Penjadwalan *Ms Project*

Sumber: Dokumentasi Pribadi

4.9 Rencana Anggaran Biaya

Rencana Anggaran Biaya (RAB) Pembangunan Kampus Universitas Nahdatul Ulama Yogyakarta dihitung berdasarkan *output* volume pekerjaan yang dikeluarkan oleh aplikasi *Tekla Structure* dan dikalikan dengan nilai harga satuan pekerjaan dari Kota Yogyakarta. Hasil dari perhitungan Rencana Anggaran Biaya (RAB) Proyek Pembangunan Kampus Universitas Nahdatul Ulama Yogyakarta beserta rekapitulasinya adalah sebagai berikut:

Tabel 4. 28 Tabel Rencana Anggaran Biaya (RAB)

PEKERJAAN STRUKTUR					
NO.	URAIAN PEKERJAAN	VOLUME	SAT	HARGA SATUAN (Rp)	JUMLAH (Rp)
	PEKERJAAN PERSIAPAN				
1	Bouwplank dan Pengukuran	208	m'	Rp 92.044	Rp 19.145.206
2	Pembuatan Pagar Sementara 2,1 m	144	m'	Rp 395.886	Rp 57.007.580
3	Pembuatan Direksi Keet	16	m ²	Rp 2.077.078	Rp 33.233.253
4	Pasang Papan Nama Proyek (120x240 cm)	1	Bh	Rp 609.688	Rp 609.688
5	Mobilisasi dan Demobilisasi Alat Berat	1	LS	Rp 46.000.000	Rp 46.000.000
			Sub Jumlah Pekerjaan Persiapan	Rp	155.995.726,37
	PEKERJAAN TANAH DAN GALIAN				
1	Pembersihan 1 m2 lapangan dan perataan	3700	m ²	Rp 21.450	Rp 79.365.000
2	Pengeboran Pondasi Tiang Bor	5.040	m'	Rp 201.888	Rp 1.017.514.381
3	Pembuangan galian bore pile dibuang ke luar lokasi pekerjaan (mekanis)	989	m ³	Rp 46.064	Rp 45.562.290
4	Galian Pile Cap, Tie Beam, dan Plat Lantai Tanah Biasa >2 m dibuang di site (mekanis)	1356,60	m ³	Rp 31.629	Rp 42.908.250
5	Penghamparan Pasir Urug Pile cap tie beam plat Tebal 100mm	256,00	m ³	Rp 445.940	Rp 114.160.640
6	Pengurugan Kembali Pile Cap Tie Beam	1311,80	m ³	Rp 62.792	Rp 82.370.104
7	Pemadatan Kembali Tanah Dasar per 20cm	135,66	m ³	Rp 84.975	Rp 11.527.709
8	Pembuangan galian pile cap tie beam plat dibuang ke luar lokasi pekerjaan (mekanis)	1334,20	m ³	Rp 46.064	Rp 61.459.112
			Sub Jumlah Pekerjaan Tanah dan Galian	Rp	1.454.867.484,96
	PEKERJAAN PONDASI STRUKTUR LANTAI DASAR				
	PEKERJAAN PONDASI BORED PILE				
1	Penulangan Pondasi Bored Pile	5.040	m'	Rp 871.949	Rp 4.394.625.238
2	Pengecoran Pondasi Bored Pile	5.040	m'	Rp 510.042	Rp 2.570.613.890
3	Pembobokan Kepala Pondasi Bored Pile	5,856	m ³	Rp 214.938	Rp 1.258.576
4	PDA Test	1	Titik	Rp 15.000.000	Rp 15.000.000
			Sub Total Pekerjaan Pondasi	Rp	6.981.497.703,64
1	Pile Cap PC-1				
	- Pengecoran lantai kerja 50mm	201,6	m ³	Rp 1.359.700	Rp 274.115.553
	- Bekisting pasangan dinding bata merah m2	201,60	m ²	Rp 162.412	Rp 32.742.165
	- Penulangan	97.041,60	Kg	Rp 19.375	Rp 1.880.198.467
	- Pengecoran, fc' 37,350 MPa	806,40	m ³	Rp 1.641.056	Rp 1.323.347.531
2	Pile Cap PC-2				
	- Pengecoran lantai kerja 50mm	30,24	m ³	Rp 1.359.700	Rp 41.117.333
	- Bekisting pasangan dinding bata merah m2	100,80	m ²	Rp 162.412	Rp 16.371.083
	- Penulangan	69591,60	Kg	Rp 19.375	Rp 1.348.349.776
	- Pengecoran, fc' 37,350 MPa	318,06	m ³	Rp 1.641.056	Rp 521.954.261

3	Pile Cap PC-3					
	- Pengecoran lantai kerja 50mm	20,16	m ³	Rp	1.359.700	Rp 27.411.552
	- Bekisting pasangan dinding bata merah m2	6,62	m ²	Rp	162.412	Rp 1.074.355
	- Penulangan	67200,00	Kg	Rp	19.375	Rp 1.302.012.096
	- Pengecoran, fc' 37,350 MPa	67,2	m ³	Rp	1.641.056	Rp 110.278.961
4	Tie Beam (TB-1)					
	- Pengecoran lantai kerja 50mm	151,69	m ³	Rp	1.359.700	Rp 206.252.918
	- Bekisting pasangan dinding bata merah m2	303,38	m ²	Rp	162.412	Rp 49.272.411
	- Penulangan	36590,00	Kg	Rp	19.375	Rp 708.937.836
	- Pengecoran, fc' 37,350 MPa	165	m ³	Rp	1.641.056	Rp 270.675.771
5	Kolom K1 (1000X1000)					
	- Bekisting	448,00	m ²	Rp	588.729	Rp 263.750.502
	- Penulangan	45616,00	Kg	Rp	19.375	Rp 883.818.211
	- Pengecoran, fc' 37,350 MPa	89,6	m ³	Rp	1.641.056	Rp 147.038.615
6	Kolom K2 (800X800)					
	- Bekisting	640,00	m ²	Rp	588.729	Rp 376.786.432
	- Penulangan	33661,60	Kg	Rp	19.375	Rp 652.199.559
	- Pengecoran, fc' 37,350 MPa	160	m ³	Rp	1.641.056	Rp 262.568.955
Sub Jumlah Pekerjaan Persiapan						Rp 155.995.726,37
Sub Jumlah Pekerjaan Tanah dan Galian						Rp 1.454.867.484,96
Sub Total Pekerjaan Pondasi Tiang Bor Pile						Rp 6.981.497.703,64
Sub Jumlah Pekerjaan Pile Cap						Rp 5.438.196.170,17
Sub Jumlah Pekerjaan Tie Beam						Rp 1.235.138.936,90
Sub Jumlah Pekerjaan Kolom						Rp 2.586.162.273,48
Total Pekerjaan Struktur Lantai Dasar						Rp 9.259.497.380,56
Total Pekerjaan Lantai Dasar						Rp 19.292.635.259,83
PEKERJAAN STRUKTUR						
NO.	URAIAN PEKERJAAN	VOLUME	SAT	HARGA SATUAN (Rp)		JUMLAH (Rp)
	PEKERJAAN STRUKTUR LANTAI 2					
1	Balok B1 (700x600)					
	- Bekisting	924,00	m ²	Rp	611.718,58	Rp 565.227.967,92
	- Penulangan	45.687,60	Kg	Rp	19.375,18	Rp 885.205.473,77
	- Pengecoran, fc' 37,350 MPa	194,00	m ³	Rp	1.641.055,97	Rp 318.364.857,40
2	Balok B2 (700x500)					
	- Bekisting	376,96	m ²	Rp	611.718,58	Rp 230.593.435,92
	- Penulangan	16478,00	Kg	Rp	19.375,18	Rp 319.264.216,04
	- Pengecoran, fc' 37,350 MPa	69,44	m ³	Rp	1.641.055,97	Rp 113.954.926,28
3	Balok BA1 (650x350)					
	- Bekisting	489,72	m ²	Rp	611.718,58	Rp 299.570.823,00
	- Penulangan	16478,00	Kg	Rp	19.375,18	Rp 319.264.216,04
	- Pengecoran, fc' 37,350 MPa	67,36	m ³	Rp	1.641.055,97	Rp 110.541.529,87
13	Plat Lantai LT 2 (200)					
	- Bekisting	2691,84	m ²	Rp	659.568,80	Rp 1.775.453.678,59
	- Penulangan	70.163,40	Kg	Rp	19.375,18	Rp 1.359.428.504,41
	- Pengecoran, fc' 37,350 MPa	528,76	m ³	Rp	1.641.055,97	Rp 867.724.752,58
14	Kolom K1 (1000X1000)					
	- Bekisting	492,8	m ²	Rp	588.728,80	Rp 290.125.552,64
	- Penulangan	39.984,00	Kg	Rp	19.375,18	Rp 774.697.197,12
	- Pengecoran, fc' 37,350 MPa	98,56	m ³	Rp	1.641.055,97	Rp 161.742.476,01
15	Kolom K2 (800X800)					
	- Bekisting	704	m ²	Rp	588.728,80	Rp 414.465.075,20
	- Penulangan	30.044,00	Kg	Rp	19.375,18	Rp 582.107.907,92
	- Pengecoran, fc' 37,350 MPa	176	m ³	Rp	1.641.055,97	Rp 288.825.850,02
				Sub Jumlah Pekerjaan Balok		Rp 3.161.987.446,24
				Sub Jumlah Pekerjaan Pelat lantai		Rp 4.002.606.935,59
				Sub Jumlah Pekerjaan Kolom		Rp 2.511.964.058,90
				Total Pekerjaan Lantai 2		Rp 9.676.558.440,73

PEKERJAAN STRUKTUR						
NO.	URAIAN PEKERJAAN	VOLUME	SAT	HARGA SATUAN (Rp)	JUMLAH	(Rp)
	PEKERJAAN STRUKTUR LANTAI 3					
1	Balok B1 (700x600)					
	- Bekisting	924,00	m ²	Rp 611.718,58	Rp	565.227.967,92
	- Penulangan	45.687,60	Kg	Rp 19.375,18	Rp	885.205.473,77
	- Pengecoran, f'c 37,350 MPa	194,00	m ³	Rp 1.641.055,97	Rp	318.364.857,40
2	Balok B2 (700x500)					
	- Bekisting	376,96	m ²	Rp 611.718,58	Rp	230.593.435,92
	- Penulangan	16478,00	Kg	Rp 19.375,18	Rp	319.264.216,04
	- Pengecoran, f'c 37,350 MPa	69,44	m ³	Rp 1.641.055,97	Rp	113.954.926,28
3	Balok BA1 (650x350)					
	- Bekisting	489,72	m ²	Rp 611.718,58	Rp	299.570.823,00
	- Penulangan	16478,00	Kg	Rp 19.375,18	Rp	319.264.216,04
	- Pengecoran, f'c 37,350 MPa	67,36	m ³	Rp 1.641.055,97	Rp	110.541.529,87
13	Plat Lantai LT 3 (200)					
	- Bekisting	2691,84	m ²	Rp 659.568,80	Rp	1.775.453.678,59
	- Penulangan	70.163,40	Kg	Rp 19.375,18	Rp	1.359.428.504,41
	- Pengecoran, f'c 37,350 MPa	528,76	m ³	Rp 1.641.055,97	Rp	867.724.752,58
14	Kolom K1 (1000X1000)					
	- Bekisting	403,2	m ²	Rp 588.728,80	Rp	237.375.452,16
	- Penulangan	34.454,40	Kg	Rp 19.375,18	Rp	667.560.201,79
	- Pengecoran, f'c 37,350 MPa	80,64	m ³	Rp 1.641.055,97	Rp	132.334.753,10
15	Kolom K2 (800X800)					
	- Bekisting	576	m ²	Rp 588.728,80	Rp	339.107.788,80
	- Penulangan	25.368,00	Kg	Rp 19.375,18	Rp	491.509.566,24
	- Pengecoran, f'c 37,350 MPa	144	m ³	Rp 1.641.055,97	Rp	236.312.059,10
				Sub Jumlah Pekerjaan Balok	Rp	3.161.987.446,24
				Sub Jumlah Pekerjaan Pelat lantai	Rp	4.002.606.935,59
				Sub Jumlah Pekerjaan Kolom	Rp	2.104.199.821,19
				Total Pekerjaan Lantai 2	Rp	9.268.794.203,02
PEKERJAAN STRUKTUR						
NO.	URAIAN PEKERJAAN	VOLUME	SAT	HARGA SATUAN (Rp)	JUMLAH	(Rp)
	PEKERJAAN STRUKTUR LANTAI 4					
1	Balok B1 (700x600)					
	- Bekisting	924,00	m ²	Rp 611.718,58	Rp	565.227.967,92
	- Penulangan	45.687,60	Kg	Rp 19.375,18	Rp	885.205.473,77
	- Pengecoran, f'c 37,350 MPa	194,00	m ³	Rp 1.641.055,97	Rp	318.364.857,40
2	Balok B2 (700x500)					
	- Bekisting	376,96	m ²	Rp 611.718,58	Rp	230.593.435,92
	- Penulangan	16478,00	Kg	Rp 19.375,18	Rp	319.264.216,04
	- Pengecoran, f'c 37,350 MPa	69,44	m ³	Rp 1.641.055,97	Rp	113.954.926,28
3	Balok BA1 (650x350)					
	- Bekisting	489,72	m ²	Rp 611.718,58	Rp	299.570.823,00
	- Penulangan	16478,00	Kg	Rp 19.375,18	Rp	319.264.216,04
	- Pengecoran, f'c 37,350 MPa	67,36	m ³	Rp 1.641.055,97	Rp	110.541.529,87
13	Plat Lantai LT 4 (200)					
	- Bekisting	2691,84	m ²	Rp 659.568,80	Rp	1.775.453.678,59
	- Penulangan	70.163,40	Kg	Rp 19.375,18	Rp	1.359.428.504,41
	- Pengecoran, f'c 37,350 MPa	528,76	m ³	Rp 1.641.055,97	Rp	867.724.752,58
14	Kolom K1 (1000X1000)					
	- Bekisting	403,2	m ²	Rp 588.728,80	Rp	237.375.452,16
	- Penulangan	34.454,40	Kg	Rp 19.375,18	Rp	667.560.201,79
	- Pengecoran, f'c 37,350 MPa	80,64	m ³	Rp 1.641.055,97	Rp	132.334.753,10
15	Kolom K2 (800X800)					
	- Bekisting	576	m ²	Rp 588.728,80	Rp	339.107.788,80
	- Penulangan	25.368,00	Kg	Rp 19.375,18	Rp	491.509.566,24
	- Pengecoran, f'c 37,350 MPa	144	m ³	Rp 1.641.055,97	Rp	236.312.059,10
				Sub Jumlah Pekerjaan Balok	Rp	3.161.987.446,24
				Sub Jumlah Pekerjaan Pelat lantai	Rp	4.002.606.935,59
				Sub Jumlah Pekerjaan Kolom	Rp	2.104.199.821,19
				Total Pekerjaan Lantai 2	Rp	9.268.794.203,02

PEKERJAAN STRUKTUR						
NO.	URAIAN PEKERJAAN	VOLUME	SAT	HARGA SATUAN (Rp)	JUMLAH	(Rp)
	PEKERJAAN STRUKTUR LANTAI 5					
1	Balok B1 (700x600)					
	- Bekisting	924,00	m ²	Rp 611.718,58	Rp	565.227.967,92
	- Penulangan	45.687,60	Kg	Rp 19.375,18	Rp	885.205.473,77
	- Pengecoran, f'c' 37,350 MPa	194,00	m ³	Rp 1.641.055,97	Rp	318.364.857,40
2	Balok B2 (700x500)					
	- Bekisting	376,96	m ²	Rp 611.718,58	Rp	230.593.435,92
	- Penulangan	16478,00	Kg	Rp 19.375,18	Rp	319.264.216,04
	- Pengecoran, f'c' 37,350 MPa	69,44	m ³	Rp 1.641.055,97	Rp	113.954.926,28
3	Balok BA1 (650x350)					
	- Bekisting	489,72	m ²	Rp 611.718,58	Rp	299.570.823,00
	- Penulangan	16478,00	Kg	Rp 19.375,18	Rp	319.264.216,04
	- Pengecoran, f'c' 37,350 MPa	67,36	m ³	Rp 1.641.055,97	Rp	110.541.529,87
13	Plat Lantai LT 5 (200)					
	- Bekisting	2691,84	m ²	Rp 659.568,80	Rp	1.775.453.678,59
	- Penulangan	70.163,40	Kg	Rp 19.375,18	Rp	1.359.428.504,41
	- Pengecoran, f'c' 37,350 MPa	528,76	m ³	Rp 1.641.055,97	Rp	867.724.752,58
14	Kolom K1 (1000X1000)					
	- Bekisting	448	m ²	Rp 588.728,80	Rp	263.750.502,40
	- Penulangan	39.651,20	Kg	Rp 19.375,18	Rp	768.249.137,22
	- Pengecoran, f'c' 37,350 MPa	89,6	m ³	Rp 1.641.055,97	Rp	147.038.614,55
15	Kolom K2 (800X800)					
	- Bekisting	640	m ²	Rp 588.728,80	Rp	376.786.432,00
	- Penulangan	27.815,20	Kg	Rp 19.375,18	Rp	538.924.506,74
	- Pengecoran, f'c' 37,350 MPa	160	m ³	Rp 1.641.055,97	Rp	262.568.954,56
				Sub Jumlah Pekerjaan Balok	Rp	3.161.987.446,24
				Sub Jumlah Pekerjaan Pelat lantai	Rp	4.002.606.935,59
				Sub Jumlah Pekerjaan Kolom	Rp	2.357.318.147,47
				Total Pekerjaan Lantai 2	Rp	9.521.912.529,29
PEKERJAAN STRUKTUR						
NO.	URAIAN PEKERJAAN	VOLUME	SAT	HARGA SATUAN (Rp)	JUMLAH	(Rp)
	PEKERJAAN STRUKTUR LANTAI 6					
1	Balok B1 (700x600)					
	- Bekisting	924,00	m ²	Rp 611.718,58	Rp	565.227.967,92
	- Penulangan	45.687,60	Kg	Rp 19.375,18	Rp	885.205.473,77
	- Pengecoran, f'c' 37,350 MPa	194,00	m ³	Rp 1.641.055,97	Rp	318.364.857,40
2	Balok B2 (700x500)					
	- Bekisting	376,96	m ²	Rp 611.718,58	Rp	230.593.435,92
	- Penulangan	16478,00	Kg	Rp 19.375,18	Rp	319.264.216,04
	- Pengecoran, f'c' 37,350 MPa	69,44	m ³	Rp 1.641.055,97	Rp	113.954.926,28
3	Balok BA1 (650x350)					
	- Bekisting	489,72	m ²	Rp 611.718,58	Rp	299.570.823,00
	- Penulangan	16478,00	Kg	Rp 19.375,18	Rp	319.264.216,04
	- Pengecoran, f'c' 37,350 MPa	67,36	m ³	Rp 1.641.055,97	Rp	110.541.529,87
13	Plat Lantai LT 6 (200)					
	- Bekisting	2691,84	m ²	Rp 659.568,80	Rp	1.775.453.678,59
	- Penulangan	70.163,40	Kg	Rp 19.375,18	Rp	1.359.428.504,41
	- Pengecoran, f'c' 37,350 MPa	528,76	m ³	Rp 1.641.055,97	Rp	867.724.752,58
14	Kolom K2 (800X800)					
	- Bekisting	392	m ²	Rp 588.728,80	Rp	230.781.689,60
	- Penulangan	31.321,60	Kg	Rp 19.375,18	Rp	606.861.637,89
	- Pengecoran, f'c' 37,350 MPa	68,6	m ³	Rp 1.641.055,97	Rp	112.576.439,27
15	Kolom K3 (700X700)					
	- Bekisting	512	m ²	Rp 588.728,80	Rp	301.429.145,60
	- Penulangan	26.712,00	Kg	Rp 19.375,18	Rp	517.549.808,16
	- Pengecoran, f'c' 37,350 MPa	102,4	m ³	Rp 1.641.055,97	Rp	168.044.130,92
				Sub Jumlah Pekerjaan Balok	Rp	3.161.987.446,24
				Sub Jumlah Pekerjaan Pelat lantai	Rp	4.002.606.935,59
				Sub Jumlah Pekerjaan Kolom	Rp	1.937.242.851,43
				Total Pekerjaan Lantai 2	Rp	9.101.837.233,26

PEKERJAAN STRUKTUR						
NO.	URAIAN PEKERJAAN	VOLUME	SAT	HARGA SATUAN (Rp)	JUMLAH (Rp)	
	PEKERJAAN STRUKTUR LANTAI 7					
1	Balok B1 (700x600)					
	- Bekisting	924,00	m ²	Rp 611.718,58	Rp	565.227.967,92
	- Penulangan	45.687,60	Kg	Rp 19.375,18	Rp	885.205.473,77
	- Pengecoran, fc' 37,350 MPa	194,00	m ³	Rp 1.641.055,97	Rp	318.364.857,40
2	Balok B2 (700x500)					
	- Bekisting	376,96	m ²	Rp 611.718,58	Rp	230.593.435,92
	- Penulangan	16478,00	Kg	Rp 19.375,18	Rp	319.264.216,04
	- Pengecoran, fc' 37,350 MPa	69,44	m ³	Rp 1.641.055,97	Rp	113.954.926,28
3	Balok BA1 (650x350)					
	- Bekisting	489,72	m ²	Rp 611.718,58	Rp	299.570.823,00
	- Penulangan	16478,00	Kg	Rp 19.375,18	Rp	319.264.216,04
	- Pengecoran, fc' 37,350 MPa	67,36	m ³	Rp 1.641.055,97	Rp	110.541.529,87
13	Plat Lantai LT 7 (200)					
	- Bekisting	2691,84	m ²	Rp 659.568,80	Rp	1.775.453.678,59
	- Penulangan	70.163,40	Kg	Rp 19.375,18	Rp	1.359.428.504,41
	- Pengecoran, fc' 37,350 MPa	528,76	m ³	Rp 1.641.055,97	Rp	867.724.752,58
14	Kolom K2 (800X800)					
	- Bekisting	313,6	m ²	Rp 588.728,80	Rp	184.625.351,68
	- Penulangan	25.804,80	Kg	Rp 19.375,18	Rp	499.972.644,86
	- Pengecoran, fc' 37,350 MPa	54,88	m ³	Rp 1.641.055,97	Rp	90.061.151,41
15	Kolom K3 (700X700)					
	- Bekisting	409,6	m ²	Rp 588.728,80	Rp	241.143.316,48
	- Penulangan	19.667,20	Kg	Rp 19.375,18	Rp	381.055.540,10
	- Pengecoran, fc' 37,350 MPa	81,92	m ³	Rp 1.641.055,97	Rp	134.435.304,73
				Sub Jumlah Pekerjaan Balok	Rp	3.161.987.446,24
				Sub Jumlah Pekerjaan Pelat lantai	Rp	4.002.606.935,59
				Sub Jumlah Pekerjaan Kolom	Rp	1.531.293.309,27
				Total Pekerjaan Lantai 2	Rp	8.695.887.691,09
PEKERJAAN STRUKTUR						
NO.	URAIAN PEKERJAAN	VOLUME	SAT	HARGA SATUAN (Rp)	JUMLAH (Rp)	
	PEKERJAAN STRUKTUR LANTAI 8					
1	Balok B1 (700x600)					
	- Bekisting	924,00	m ²	Rp 611.718,58	Rp	565.227.967,92
	- Penulangan	45.687,60	Kg	Rp 19.375,18	Rp	885.205.473,77
	- Pengecoran, fc' 37,350 MPa	194,00	m ³	Rp 1.641.055,97	Rp	318.364.857,40
2	Balok B2 (700x500)					
	- Bekisting	376,96	m ²	Rp 611.718,58	Rp	230.593.435,92
	- Penulangan	16478,00	Kg	Rp 19.375,18	Rp	319.264.216,04
	- Pengecoran, fc' 37,350 MPa	69,44	m ³	Rp 1.641.055,97	Rp	113.954.926,28
3	Balok BA1 (650x350)					
	- Bekisting	489,72	m ²	Rp 611.718,58	Rp	299.570.823,00
	- Penulangan	16478,00	Kg	Rp 19.375,18	Rp	319.264.216,04
	- Pengecoran, fc' 37,350 MPa	67,36	m ³	Rp 1.641.055,97	Rp	110.541.529,87
13	Plat Lantai LT 8 (200)					
	- Bekisting	2691,84	m ²	Rp 659.568,80	Rp	1.775.453.678,59
	- Penulangan	70.163,40	Kg	Rp 19.375,18	Rp	1.359.428.504,41
	- Pengecoran, fc' 37,350 MPa	528,76	m ³	Rp 1.641.055,97	Rp	867.724.752,58
14	Kolom K2 (800X800)					
	- Bekisting	313,6	m ²	Rp 588.728,80	Rp	184.625.351,68
	- Penulangan	25.804,80	Kg	Rp 19.375,18	Rp	499.972.644,86
	- Pengecoran, fc' 37,350 MPa	54,88	m ³	Rp 1.641.055,97	Rp	90.061.151,41
15	Kolom K3 (700X700)					
	- Bekisting	409,6	m ²	Rp 588.728,80	Rp	241.143.316,48
	- Penulangan	19.667,20	Kg	Rp 19.375,18	Rp	381.055.540,10
	- Pengecoran, fc' 37,350 MPa	81,92	m ³	Rp 1.641.055,97	Rp	134.435.304,73
				Sub Jumlah Pekerjaan Balok	Rp	3.161.987.446,24
				Sub Jumlah Pekerjaan Pelat lantai	Rp	4.002.606.935,59
				Sub Jumlah Pekerjaan Kolom	Rp	1.531.293.309,27
				Total Pekerjaan Lantai 2	Rp	8.695.887.691,09

PEKERJAAN STRUKTUR						
NO.	URAIAN PEKERJAAN	VOLUME	SAT	HARGA SATUAN (Rp)	JUMLAH (Rp)	
	PEKERJAAN STRUKTUR LANTAI 9					
1	Balok B1 (700x600)					
	- Bekisting	924,00	m ²	Rp 611.718,58	Rp	565.227.967,92
	- Penulangan	45.687,60	Kg	Rp 19.375,18	Rp	885.205.473,77
	- Pengecoran, fc' 37,350 MPa	194,00	m ³	Rp 1.641.055,97	Rp	318.364.857,40
2	Balok B2 (700x500)					
	- Bekisting	376,96	m ²	Rp 611.718,58	Rp	230.593.435,92
	- Penulangan	16478,00	Kg	Rp 19.375,18	Rp	319.264.216,04
	- Pengecoran, fc' 37,350 MPa	69,44	m ³	Rp 1.641.055,97	Rp	113.954.926,28
3	Balok BA1 (650x350)					
	- Bekisting	489,72	m ²	Rp 611.718,58	Rp	299.570.823,00
	- Penulangan	16478,00	Kg	Rp 19.375,18	Rp	319.264.216,04
	- Pengecoran, fc' 37,350 MPa	67,36	m ³	Rp 1.641.055,97	Rp	110.541.529,87
13	Plat Lantai LT 9 (200)					
	- Bekisting	2691,84	m ²	Rp 659.568,80	Rp	1.775.453.678,59
	- Penulangan	70.163,40	Kg	Rp 19.375,18	Rp	1.359.428.504,41
	- Pengecoran, fc' 37,350 MPa	528,76	m ³	Rp 1.641.055,97	Rp	867.724.752,58
14	Kolom K2 (800X800)					
	- Bekisting	392	m ²	Rp 588.728,80	Rp	230.781.689,60
	- Penulangan	31.321,60	Kg	Rp 19.375,18	Rp	606.861.637,89
	- Pengecoran, fc' 37,350 MPa	68,6	m ³	Rp 1.641.055,97	Rp	112.576.439,27
15	Kolom K3 (700X700)					
	- Bekisting	512	m ²	Rp 588.728,80	Rp	301.429.145,60
	- Penulangan	26.712,00	Kg	Rp 19.375,18	Rp	517.549.808,16
	- Pengecoran, fc' 37,350 MPa	102,4	m ³	Rp 1.641.055,97	Rp	168.044.130,92
				Sub Jumlah Pekerjaan Balok	Rp	3.161.987.446,24
				Sub Jumlah Pekerjaan Pelat lantai	Rp	4.002.606.935,59
				Sub Jumlah Pekerjaan Kolom	Rp	1.937.242.851,43
				Total Pekerjaan Lantai 2	Rp	9.101.837.233,26
PEKERJAAN STRUKTUR						
NO.	URAIAN PEKERJAAN	VOLUME	SAT	HARGA SATUAN (Rp)	JUMLAH (Rp)	
	PEKERJAAN STRUKTUR LANTAI ATAP					
1	Balok B2 (700x500)					
	- Bekisting	901,74	m ²	Rp 611.718,58	Rp	551.611.112,33
	- Penulangan	41.436,40	Kg	Rp 19.375,18	Rp	802.837.708,55
	- Pengecoran, fc' 37,350 MPa	166,16	m ³	Rp 1.641.055,97	Rp	272.677.859,31
2	Balok B3 (600x450)					
	- Bekisting	332,64	m ²	Rp 611.718,58	Rp	203.482.068,45
	- Penulangan	10681,00	Kg	Rp 19.375,18	Rp	206.946.297,58
	- Pengecoran, fc' 37,350 MPa	54,4	m ³	Rp 1.641.055,97	Rp	89.273.444,55
3	Balok BA2 (600x350)					
	- Bekisting	465,62	m ²	Rp 611.718,58	Rp	284.828.405,22
	- Penulangan	10681,00	Kg	Rp 19.375,18	Rp	206.946.297,58
	- Pengecoran, fc' 37,350 MPa	62,96	m ³	Rp 1.641.055,97	Rp	103.320.883,62
13	Plat Lantai LT Atap (200)					
	- Bekisting	2691,84	m ²	Rp 659.568,80	Rp	1.775.453.678,59
	- Penulangan	70.163,40	Kg	Rp 19.375,18	Rp	1.359.428.504,41
	- Pengecoran, fc' 37,350 MPa	528,76	m ³	Rp 1.641.055,97	Rp	867.724.752,58
	Sub Jumlah Pekerjaan Balok				Rp	2.721.924.077,19
	Sub Jumlah Pekerjaan Pelat lantai				Rp	4.002.606.935,59
	Total Pekerjaan Lantai Atap				Rp	6.724.531.012,78

Tabel 4. 29 Tabel Rekap BQ

REKAPITULASI RENCANA ANGGARAN BIAYA		
Pekerjaan : Proyek Pembangunan Gedung Kampus NAHDATUL ULAMA YOGYAKARTA		
Lokasi : Kota Yogyakarta		
Tahun Anggaran : 2026		
NO.	ITEM PEKERJAAN	JUMLAH HARGA (Rp)
I.	PEKERJAAN PERSIAPAN	Rp 155.995.726,37
II.	PEKERJAAN PONDASI BORED PILE	Rp 6.981.497.703,64
III.	PEKERJAAN TANAH DAN GALIAN	Rp 1.454.867.484,96
IV.	PEKERJAAN STRUKTUR LANTAI DASAR	Rp 9.259.497.380,56
V.	PEKERJAAN STRUKTUR LANTAI 2	Rp 9.676.558.440,73
VI.	PEKERJAAN STRUKTUR LANTAI 3	Rp 9.268.794.203,02
VII.	PEKERJAAN STRUKTUR LANTAI 4	Rp 9.268.794.203,02
VIII.	PEKERJAAN STRUKTUR LANTAI 5	Rp 9.521.912.529,29
IX.	PEKERJAAN STRUKTUR LANTAI 6	Rp 9.101.837.233,26
X.	PEKERJAAN STRUKTUR LANTAI 7	Rp 8.695.887.691,09
XI.	PEKERJAAN STRUKTUR LANTAI 8	Rp 8.695.887.691,09
XII.	PEKERJAAN STRUKTUR LANTAI 9	Rp 9.101.837.233,26
XIII.	PEKERJAAN STRUKTUR LANTAI ATAP	Rp 6.724.531.012,78
JUMLAH I-X		Rp 97.907.898.533,04
PPN 11%		Rp 10.769.868.838,63
JUMLAH TOTAL		Rp 108.677.767.371,68
DIBULATKAN		Rp 108.677.767.371,00
TERBILANG		
Seratus Delapan Miliar Enam Ratus Tujuh Puluh Tujuh Juta Tujuh Ratus Enam Puluh Tujuh Ribu Tiga Ratus Tujuh Puluh Satu Rupiah.		

BAB V

KESIMPULAN

5.1 Kesimpulan

Setelah melakukan perhitungan dan analisis untuk redesain Proyek Gedung Pembangunan Kampus Universitas Nahdatul Ulama Yogyakarta, berikut adalah kesimpulan yang dapat diambil untuk melengkapi penyusunan laporan tugas akhir.

1. Nilai N-SPT dari Redesain Proyek Gedung Pembangunan Kampus Universitas Nahdatul Ulama Yogyakarta adalah 43 dengan kategori resiko bangunan III dan kelas situs SC (Tanah Keras). Yang berarti bahwa perhitungan analisis menggunakan rangkan beton pemikul momen khusus dikarenakan bangunan Gedung Pembangunan Kampus Universitas Nahdatul Ulama Yogyakarta termasuk dalam desain seismik D. Terdapat beberapa perubahan jumlah kebutuhan tulangan dan luas penampang dari gambar *DED (detail engineering desain)*, dengan tetap memenuhi syarat perhitungan SRPMK.
2. Penggunaan SAP2000 menjadi dasar awal dalam menganalisis desain struktur bangunan Gedung Kampus Universitas Nahdatul Ulama Yogyakarta, dengan memastikan bahwa semua elemen struktur atas dan struktur bawah dari Gedung Kampus Universitas Nahdatul Ulama Yogyakarta aman dan memenuhi kriteria berdasarkan hasil analisis struktur SAP2000.
3. *Tekla Structure* digunakan untuk permodelan 3D serta pendetailan gambar penulangan, penampang dan komponen struktur dari Gedung Kampus Universitas Nahdatul Ulama Yogyakarta mulai dari struktur bawah hingga struktur atas. Volume dari setiap komponen struktur dapat dikeluarkan oleh *Tekla Structure* melalui fitur *organize*, yang selanjutnya dapat dilakukan perhitungan anggaran biaya.

4. Penggunaan *Ms Project* yaitu untuk menentukan penjadwalan pekerjaan sekaligus simulasi proyek dengan rencana Pembangunan Struktur Gedung Kampus Universitas Nahdatul Ulama Yogyakarta selama 48 minggu.
5. Total nilai rekapitulasi hasil perhitungan Rencana Anggaran Biaya (RAB) yaitu sebesar Rp 979.078.985.330,4. Serta dengan adanya nilai PPN sebesar 11%, maka nilai Rencana Anggaran Biaya (RAB) dibulatkan menjadi sebesar Rp. 108.677.767.371,00

DAFTAR PUSTAKA

- Arifin, Z., & Sebayang, S. (2015). *Analisis Struktur Gedung POP Hotel Terhadap Beban Gempa Dengan Metode Pushover Analysis* (Vol. 3, Issue 3).
- Doni, T. A. P. L. (2021). *PERANCANGAN GEDUNG APARTEMEN DI MENTENG*.
- Fansuri, S., Deshariyanto, D., Intan, A., & Diana, N. (2021). PERBANDINGAN MODEL STRUKTUR MENGGUNAKAN METODE MATRIKS DENGAN PROGRAM SAP 2000. In *MITSU" Media Informasi Teknik Sipil UNIJA* (Vol. 9, Issue 2).
- Guci, J. M., Safitri, R. A., & Nurjaen, A. (2021). PERENCANAAN BANGUNAN GEDUNG TAHAN GEMPA 11 LANTAI DENGAN SISTEM GANDA. *STRUCTURE TEKNIK SIPIL*, 3(2), 125–129.
- Nofiyanto, A., Agung, D., & Putera, A. (2013). PERENCANAAN STRUKTUR STADION MENGGUNAKAN INTEGRASI TEKLA STRUCTURE DAN SAP2000. In *Jurnal Ilmiah Teknik Sipil* (Vol. 17, Issue 2).
- Nurul Fadilah, U., Tunafiah, H., & Halimah Tunafiah, I. (2018). *ANALISA DAYA DUKUNG PONDASI BORED PILE BERDASARKAN DATA N-SPT MENURUT RUMUS REESE&WRIGHT DAN PENURUNAN*.
- Olivia Odja, M., Likadja, F. J., Ina, W. T., & Pella, S. I. (n.d.). Penggunaan Microsoft Excel untuk Kemudahan Pengolahan Data Nilai Hasil Belajar Siswa. In *ABDIMAS /Jurnal LPPM UNDANA: Vol. XV* (Issue 2).
- Pratama, A., Januar Oni Bagus, A., Wibowo, H., & Sabdono, P. (2018). *PERENCANAAN STRUKTUR GEDUNG KULIAH FAKULTAS EKONOMI UNNES SEMARANG* (Vol. 7, Issue 1).
- Purnomo, C. C., Hutabarat, L. E., Putri, R., & Gultom, W. (2022). KAJIAN TINGKAT IMPLEMENTASI DAN HAMBATAN PENGGUNAAN BUILDING INFORMATION MODELLING (BIM). *Oktober*, 3(2), 68–76.
- Rizaludin, Winarto, S., & Ridwan, A. (2020). PERENCANAAN PONDASI TIANG PANCANG GEDUNG PASCA SARJANA FAKULTAS TEKNIK UNIVERSITAS KADIRI. In *JURMATEKS* (Vol. 3, Issue 1).
- Tugiono, S. S. (2021). *PERANCANGAN STRUKTUR ATAS GEDUNG STUDENT APARTMENT, YOGYAKARTA PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL FAKULTAS TEKNIK UNIVERSITAS ATMA JAYA YOGYAKARTA YOGYAKARTA JULI 2021*.

LAMPIRAN



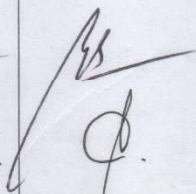
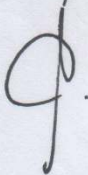
LEMBAR ASISTENSI



HIMPUNAN MAHASISWA SIPIL ARSITEKTUR
UNIVERSITAS DIPONEGORO
SEKOLAH VOKASI

LEMBAR ASISTENSI

Nama : Naufal Damas S
NIM : 40030519650113
Mata Kuliah : Tugas Akhir
Dosen Pembimbing : Asri Nurdiana, S.T.,M.T.
: Bambang Setiabudi, ST, MT.

No.	Tanggal	Uraian	Paraf																							
1.	6-4-2026	- Perbaiki bab 2 - Lanjutkan perhitungan struktur.																								
2.	13-4-26	- Kerapian Laporan & perbaikan - Susun preliminary desain - Mulai perhitungan struktur																								
3.	14-4-26	Preliminary desain & gaya dalam.																								
4	19-6-26.	Lanjutkan penulangan kolom, pelat & pondasi → 1 contoh hitungan (k_1). → <table border="1" data-bbox="659 1672 1383 1846"><tr><td></td><td>As</td><td>As</td><td>As</td><td>Mangan</td><td>As rangkai</td></tr><tr><td>k_1</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr><tr><td>k_2</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr><tr><td>13</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr></table> → Gambar   		As	As	As	Mangan	As rangkai	k_1						k_2						13					
	As	As	As	Mangan	As rangkai																					
k_1																										
k_2																										
13																										





HIMPUNAN MAHASISWA SIPIL ARSITEKTUR
UNIVERSITAS DIPONEGORO
SEKOLAH VOKASI

LEMBAR ASISTENSI

Nama : Naufal Damas S
NIM : 40030519650113
Mata Kuliah : Tugas Akhir
Dosen Pembimbing : Asri Nurdiana, S.T., M.T.
: Bambang Setiabudi, S.T., M.T.

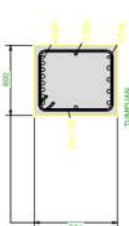
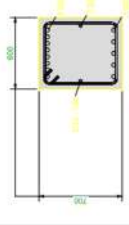
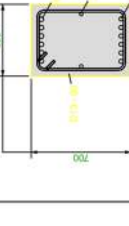
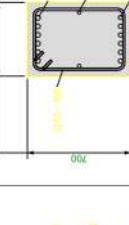
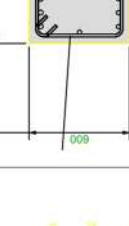
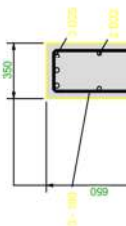
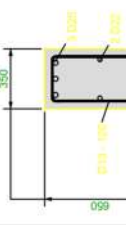
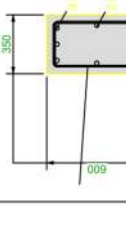
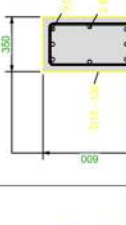
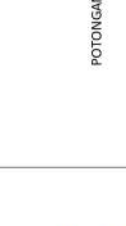
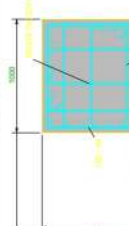
No.	Tanggal	Uraian	Paraf
5	3-6-2026	Lanjutan pemodelan Tekla .	Q.
6	12-6-2026	-cek penyangkutan tulangan . balok pd kolom -Lanjutan RAB dan Perizinan Wulan	Q. /
7	17-6-2026	-Lap. TA - & Rapihan dan Sleuzkapi - Tabel Rekapitulasi Pembahasan di perbaiki / Sleuzkapi	- / Q.
8	19-6-2026	Lap TA dilengkapi + lampiran Jurnal & HKI	Q. /
9	23-6-2026	Selesai, Acc Acc	/ Q.

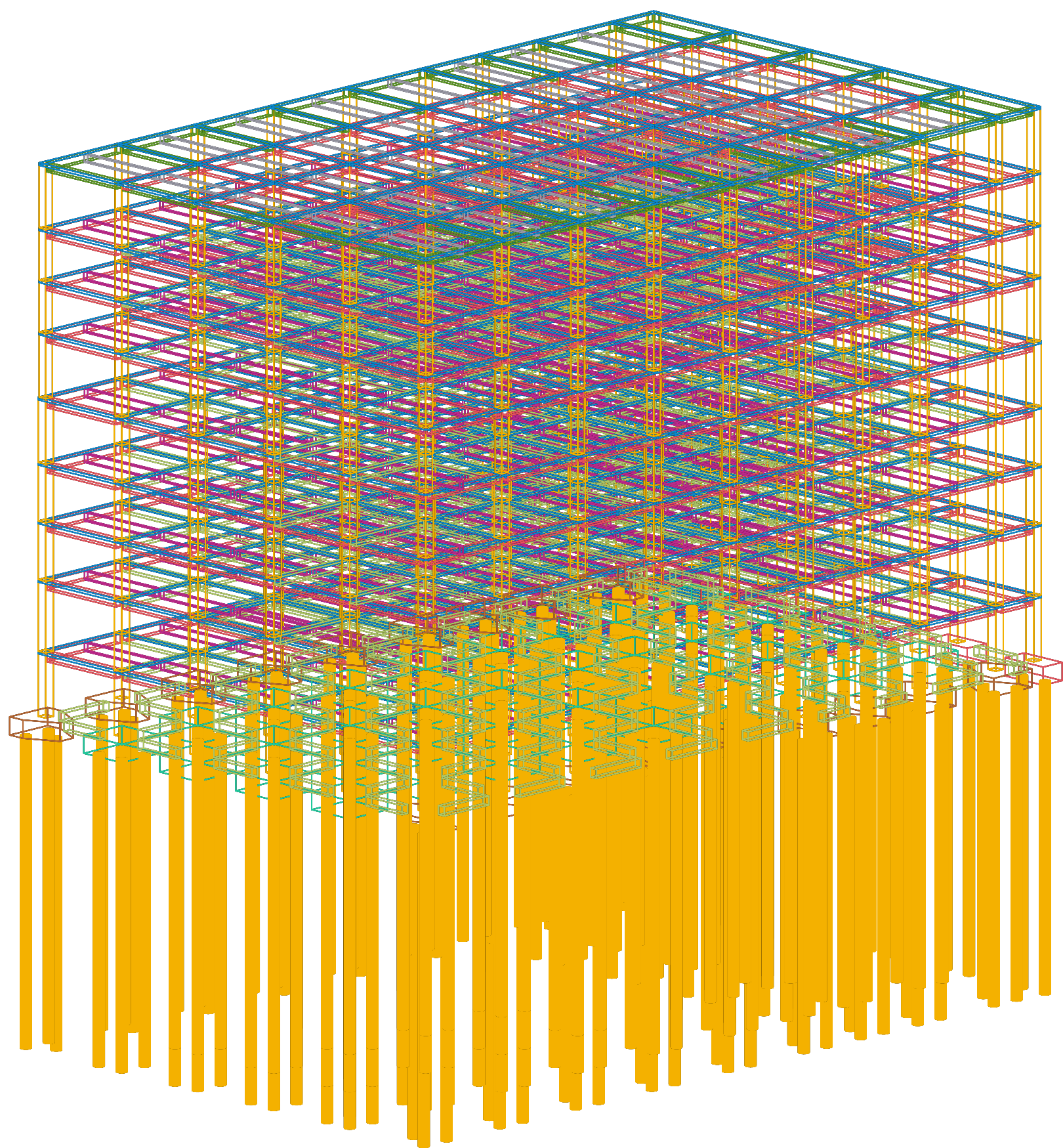




GAMBAR DED

Rekap Tulangan Tugas Akhir

B1		B2		B3		
NAMA BALOK PELETAKAN	TUMPUAN	LAPANGAN	TUMPUAN	LAPANGAN	TUMPUAN	
POTONGAN						
DIMENSI BALOK	700/600	700/600	700/500	600/450	600/450	
TULANGAN ATAS	3 D 29	3 D 29	3 D 29	3 D 22	3 D 22	
TULANGAN TENGAH	2 D 25	2 D 25	2 D 22	2 D 22	2 D 22	
TULANGAN BAWAH	5 D 25	4 D 25	6 D 25	4 D 22	3 D 22	
TULANGAN SENGKANG	2 D 13 - 80	2 D 13 - 100	2 D 13 - 80	2 D 13 - 100	2 D 13 - 120	
TEBAL SELIMUT	40	40	40	40	40	
NAMA BALOK PELETAKAN	B1	B2	B3	BP - 1	UTAMA	
POTONGAN						
DIMENSI BALOK	650/350	650/350	600/350	600/350	800	
TULANGAN ATAS	3 D 25	3 D 22	3 D 22	3 D 22	24 D 29	
TULANGAN TENGAH	2 D 22	2 D 22	2 D 22	2 D 22	24 D 29	
TULANGAN BAWAH	3 D 25	3 D 22	3 D 22	3 D 22	D 10 - 80	
TULANGAN SENGKANG	2 D 13 - 100	2 D 13 - 120	2 D 13 - 100	2 D 13 - 120	D 10 - 120	
TEBAL SELIMUT	40	40	40	40	120	
NAMA KOLOM PELETAKAN	K1	K2	K3	K4	K5	
POTONGAN						
DIMENSI KOLOM	1000 X 1000	1000 X 1000	800 X 800	800 X 800	700 X 700	
TULANGAN UTAMA	28 D 29	28 D 29	24 D 29	24 D 29	24 D 25	
TULANGAN SENGKANG	2 D 13 - 80	2 D 13 - 120	2 D 13 - 80	2 D 13 - 120	2 D 13 - 120	
CROSS TIE	3 D 13 - 80	3 D 13 - 120	2 D 13 - 80	2 D 13 - 120	2 D 13 - 120	
TEBAL SELIMUT BETON	40	40	40	40	40	



STr. TEKNIK INFRASTRUKTUR
SIPIL DAN PERENCANAAN ARSITEKTUR
UNIVERSITAS DIPONEGORO
SEMARANG

TUGAS :

TUGAS AKHIR

RENCANA :

REDESIGN STRUKTUR GEDUNG
KAMPUS NAHDATUL ULAMA YOGYAKARTA

GAMBAR :

GAMBAR 3D BANGUNAN

SKALA :

1:300

DOSEN PEMBIMBING 1 :

BAMBANG SETIABUDI, S.,T.,M.,T
196109021987031002

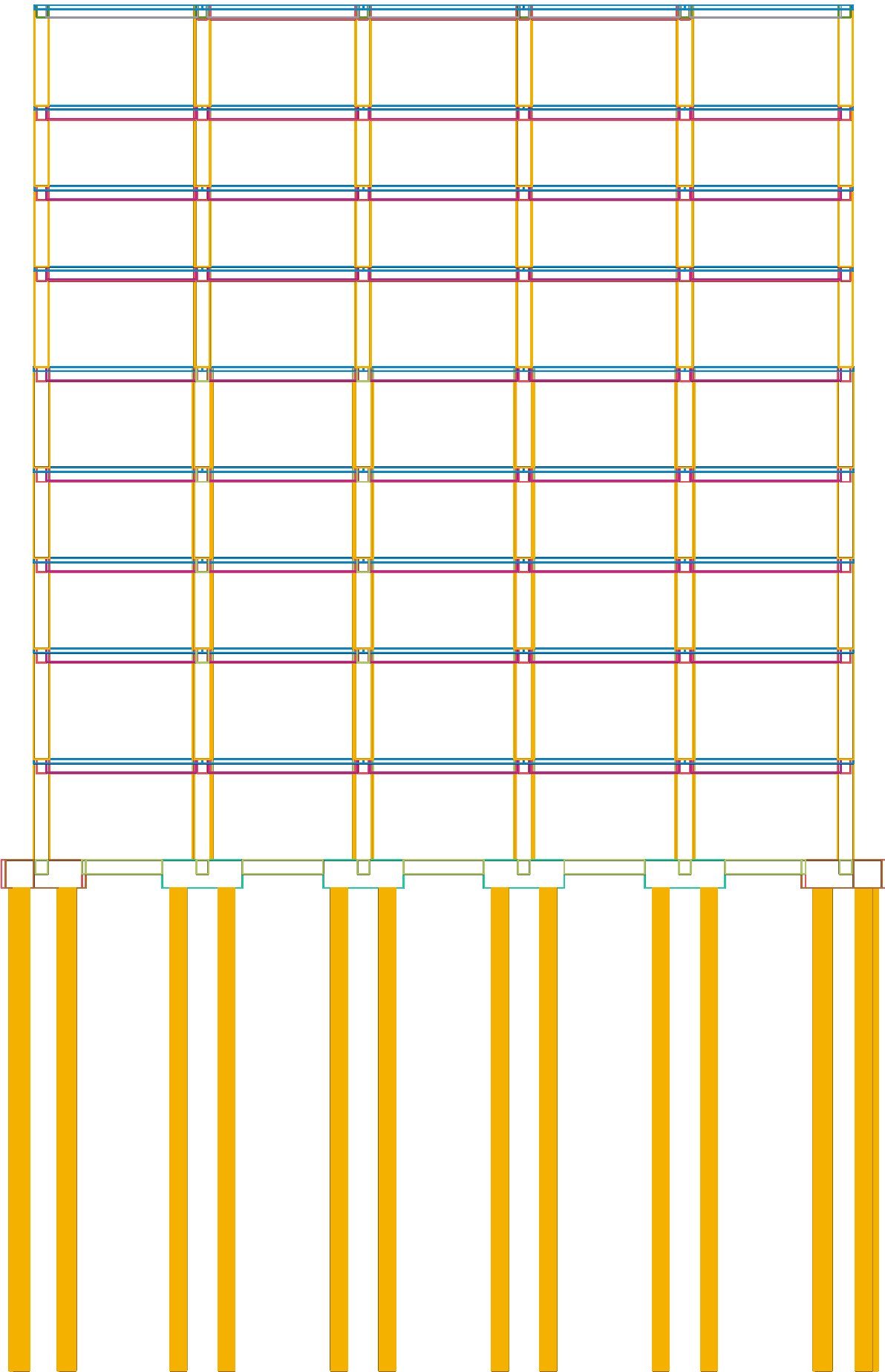
DOSEN PEMBIMBING 2 :

ASRI NURDIANA, S.,T.,M.,T
1985120920122001

DIGAMBAR OLEH :

NAMA : NAUFAL DAMAS
NIM : 40030519650113

CATATAN :



STr. TEKNIK INFRASTRUKTUR
SIPIL DAN PERENCANAAN ARSITEKTUR
UNIVERSITAS DIPONEGORO
SEMARANG

TUGAS :

TUGAS AKHIR

RENCANA :

REDESIGN STRUKTUR GEDUNG
KAMPUS NAHDATUL ULAMA YOGYAKARTA

GAMBAR :

GAMBAR TAMPAK DEPAN

SKALA :

1:250

DOSEN PEMBIMBING 1 :

BAMBANG SETIABUDI, S.,T.,M.,T
196109021987031002

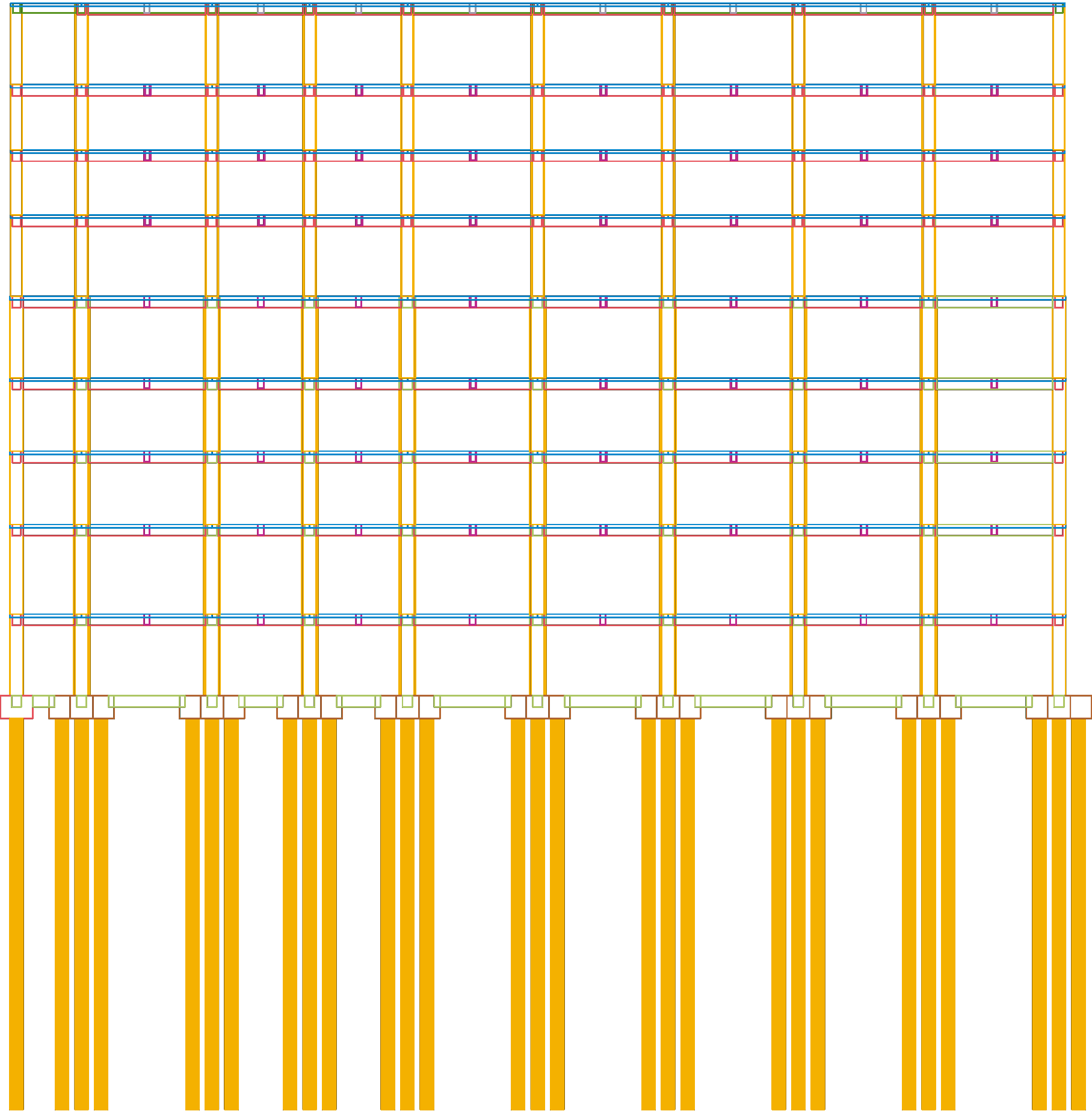
DOSEN PEMBIMBING 2 :

ASRI NURDIANA, S.,T.,M.,T
1985120920122001

DIGAMBAR OLEH :

NAMA : NAUFAL DAMAS
NIM : 40030519650113

CATATAN :



STr. TEKNIK INFRASTRUKTUR
SIPIl DAN PERENCANAAN ARSITEKTUR
UNIVERSITAS DIPONEGORO
SEMARANG

TUGAS :

TUGAS AKHIR

RENCANA :

REDESIGN STRUKTUR GEDUNG
KAMPUS NAHDATUL ULAMA YOGYAKARTA

GAMBAR :

GAMBAR TAMPAK SAMPING

SKALA :

1:250

DOSEN PEMBIMBING 1 :

BAMBANG SETIABUDI, S.,T.,M.,T
196109021987031002

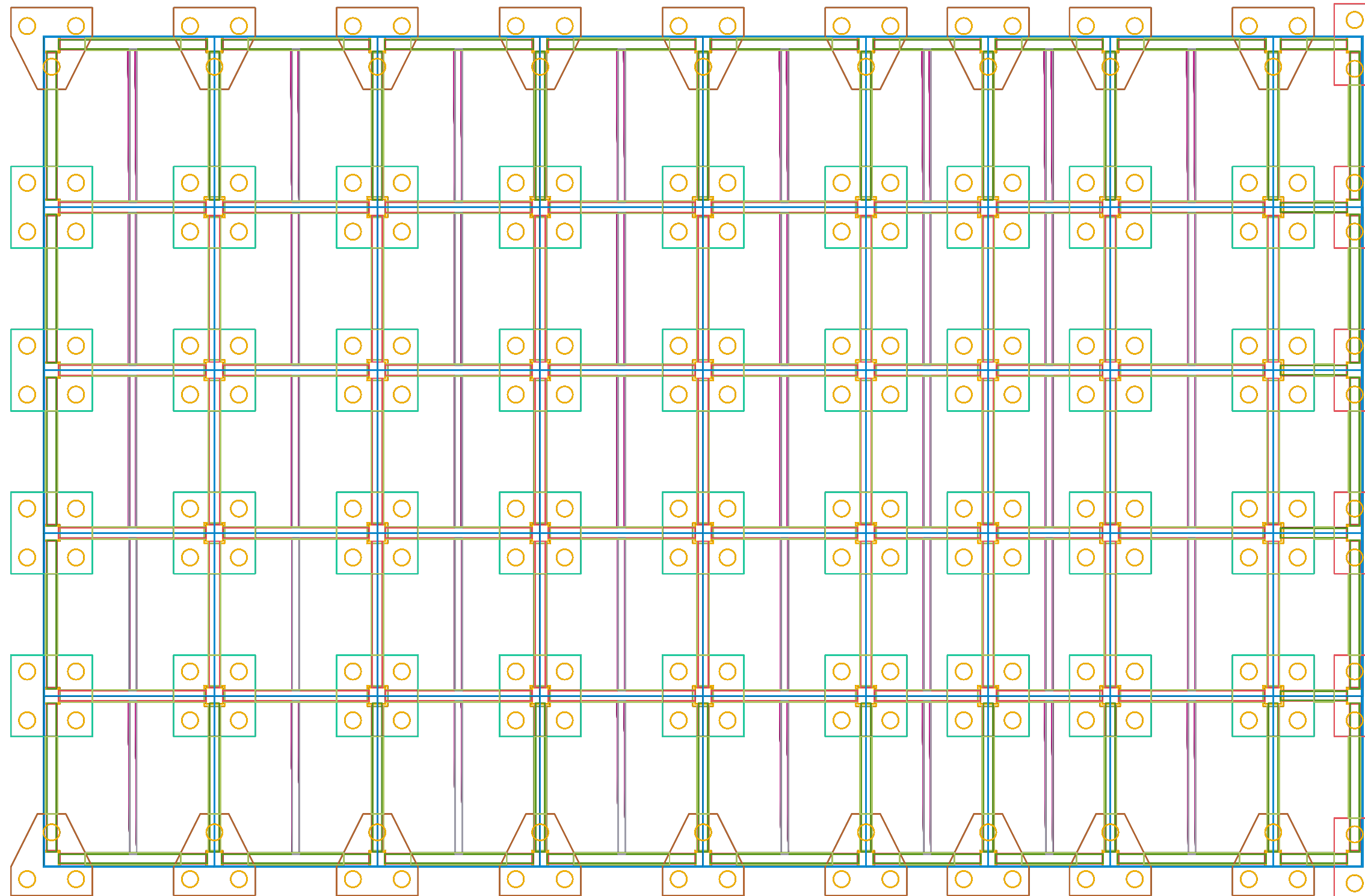
DOSEN PEMBIMBING 2 :

ASRI NURDIANA, S.,T.,M.,T
1985120920122001

DIGAMBAR OLEH :

NAMA : NAUFAL DAMAS
NIM : 40030519650113

CATATAN :



STr. TEKNIK INFRASTRUKTUR
SIPIL DAN PERENCANAAN ARSITEKTUR
UNIVERSITAS DIPONEGORO
SEMARANG

TUGAS :

TUGAS AKHIR

RENCANA :

REDESIGN STRUKTUR GEDUNG
KAMPUS NAHDATUL ULAMA YOGYAKARTA

GAMBAR :

GAMBAR DENAH BANGUNAN

SKALA :

1:200

DOSEN PEMBIMBING 1 :

BAMBANG SETIABUDI, S.,T.,M.,T
196109021987031002

DOSEN PEMBIMBING 2 :

ASRI NURDIANA, S.,T.,M.,T
1985120920122001

DIGAMBAR OLEH :

NAMA : NAUFAL DAMAS
NIM : 40030519650113

CATATAN :



STr. TEKNIK INFRASTRUKTUR
SIPIL DAN PERENCANAAN ARSITEKTUR
UNIVERSITAS DIPONEGORO
SEMARANG

TUGAS :

TUGAS AKHIR

RENCANA :

REDESIGN STRUKTUR GEDUNG
KAMPUS NAHDATUL ULAMA
YOGYAKARTA

GAMBAR :

GAMBAR DETAIL BALOK B1

SKALA :

1:25

DOSEN PEMBIMBING 1 :

BAMBANG SETIABUDI, S.,T.,M.,T
196109021987031002

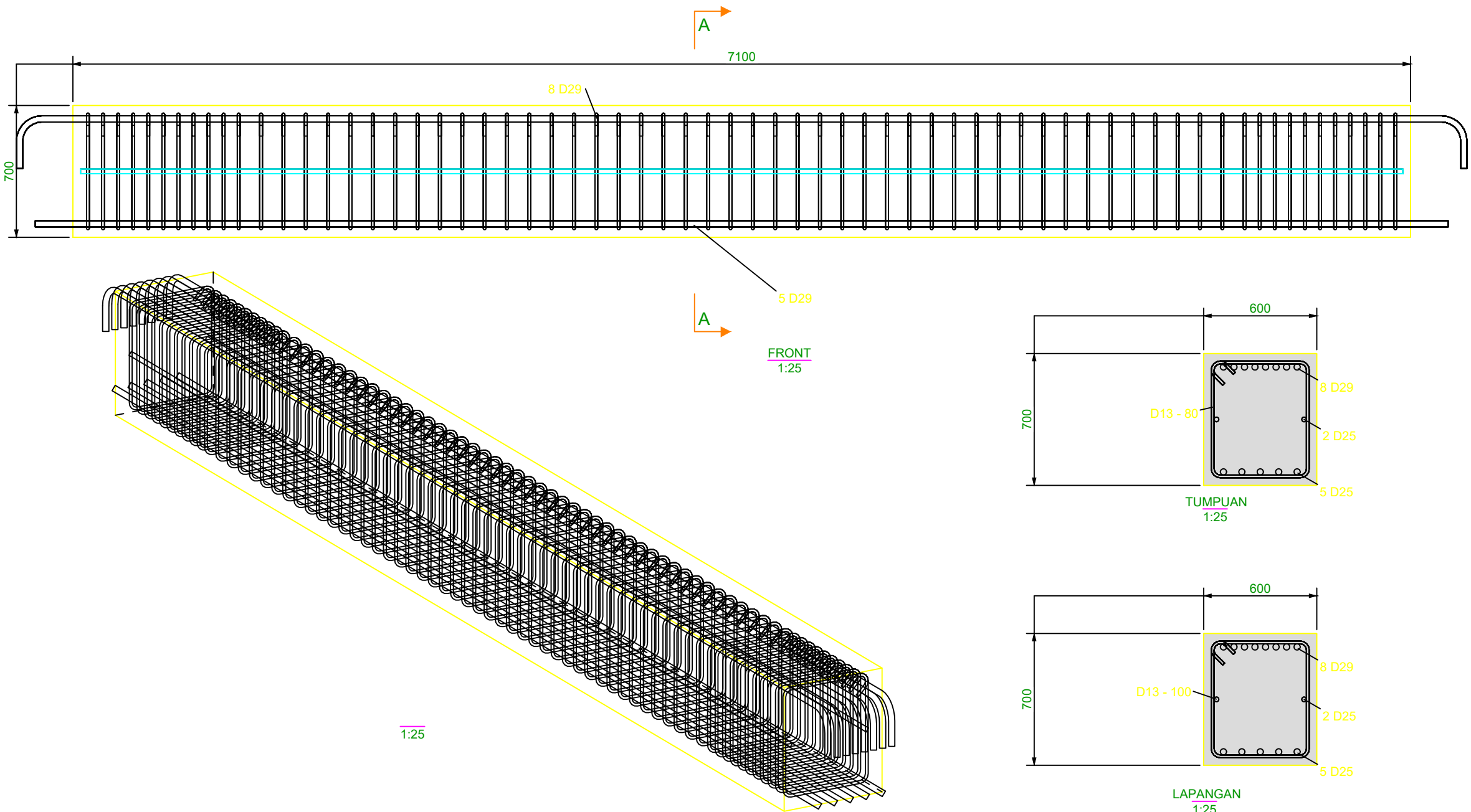
DOSEN PEMBIMBING 2 :

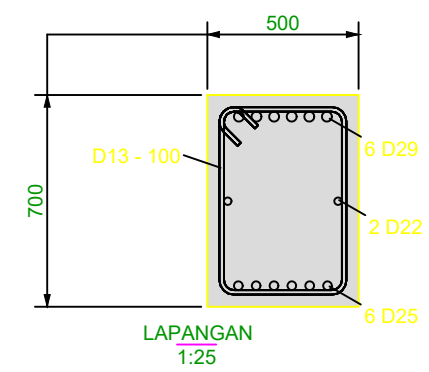
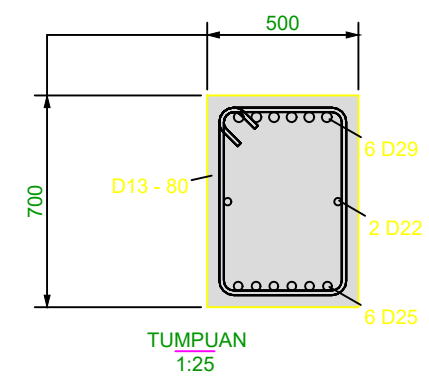
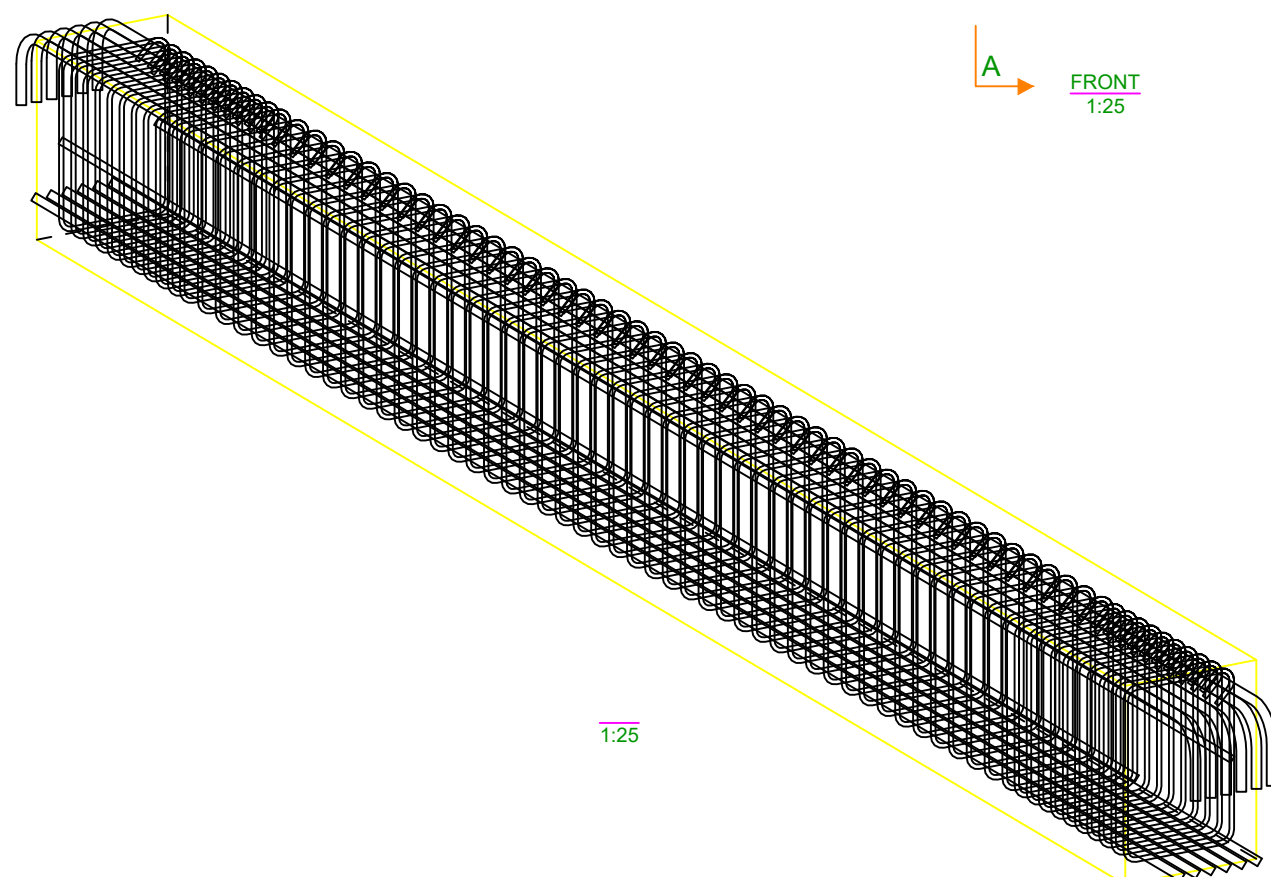
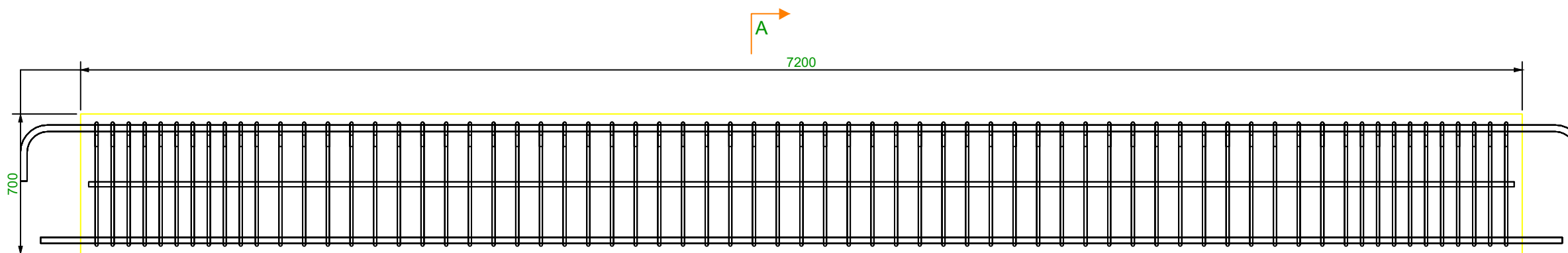
ASRI NURDIANA, S.,T.,M.,T
1985120920122001

DIGAMBAR OLEH :

NAMA : NAUFAL DAMAS
NIM : 40030519650113

CATATAN :





STr. TEKNIK INFRASTRUKTUR
SIPIL DAN PERENCANAAN ARSITEKTUR
UNIVERSITAS DIPONEGORO
SEMARANG

TUGAS :

TUGAS AKHIR

RENCANA :

REDESIGN STRUKTUR GEDUNG
KAMPUS NAHDATUL ULAMA
YOGYAKARTA

GAMBAR :

GAMBAR DETAIL BALOK B2

SKALA :

1:25

DOSEN PEMBIMBING 1 :

BAMBANG SETIABUDI, S.,T.,M.,T
196109021987031002

DOSEN PEMBIMBING 2 :

ASRI NURDIANA, S.,T.,M.,T
1985120920122001

DIGAMBAR OLEH :

NAMA : NAUFAL DAMAS
NIM : 40030519650113

CATATAN :



STr. TEKNIK INFRASTRUKTUR
SIPIL DAN PERENCANAAN ARSITEKTUR
UNIVERSITAS DIPONEGORO
SEMARANG

TUGAS :

TUGAS AKHIR

RENCANA :

REDESIGN STRUKTUR GEDUNG
KAMPUS NAHDATUL ULAMA
YOGYAKARTA

GAMBAR :

GAMBAR DETAIL BALOK B3

SKALA :

1:25

DOSEN PEMBIMBING 1 :

BAMBANG SETIABUDI, S.,T.,M.,T
196109021987031002

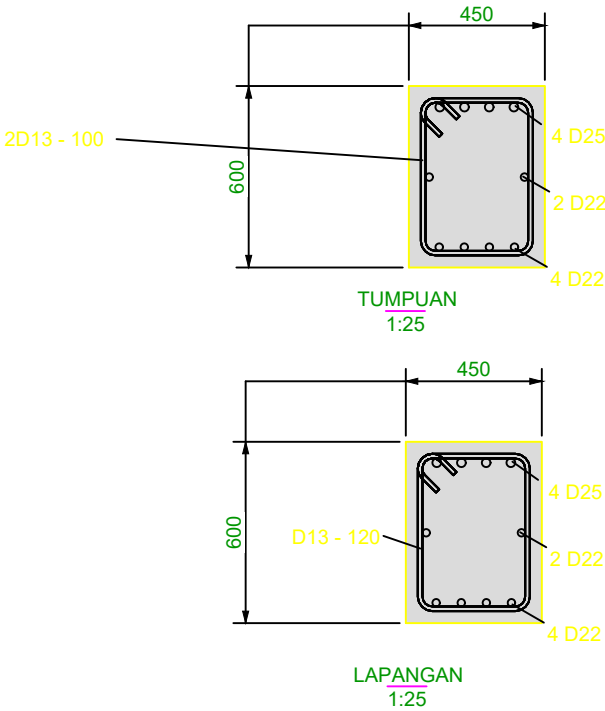
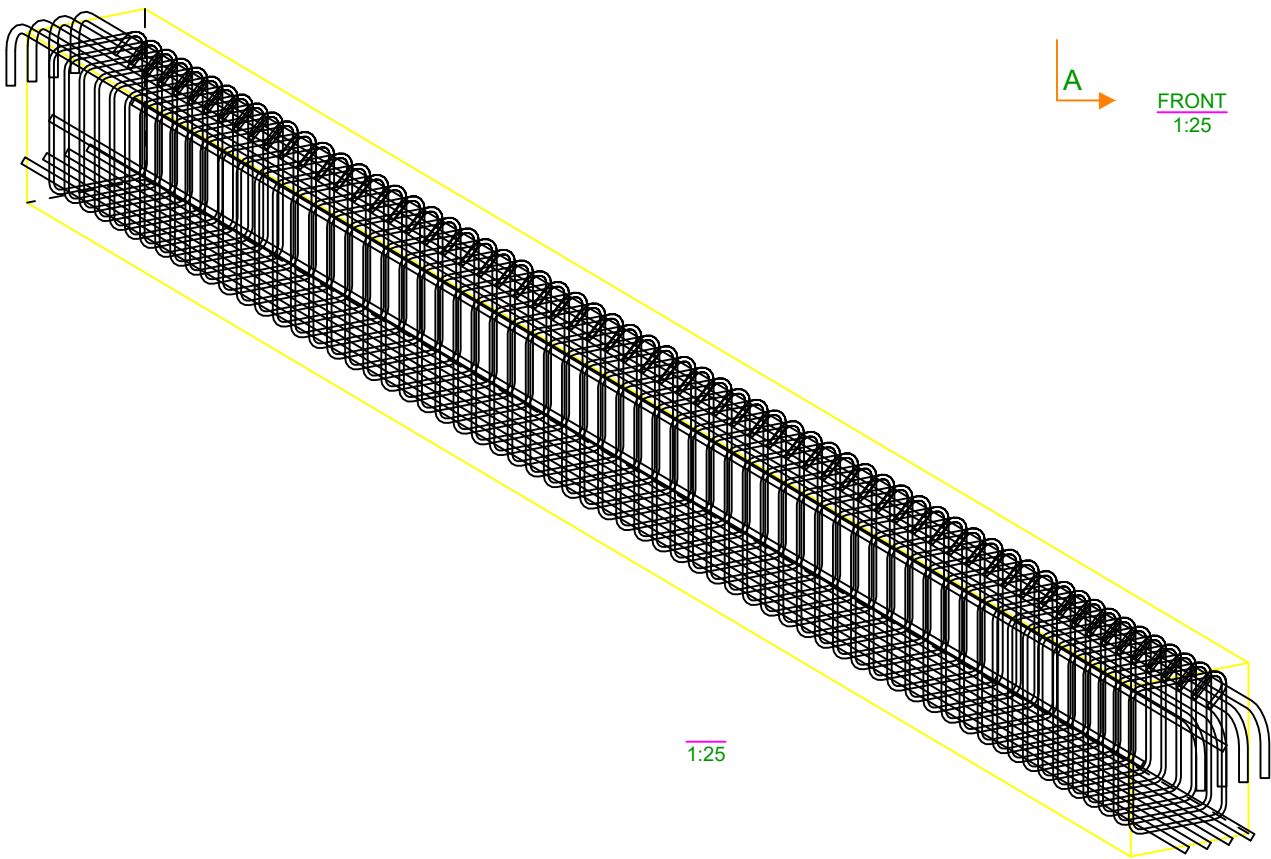
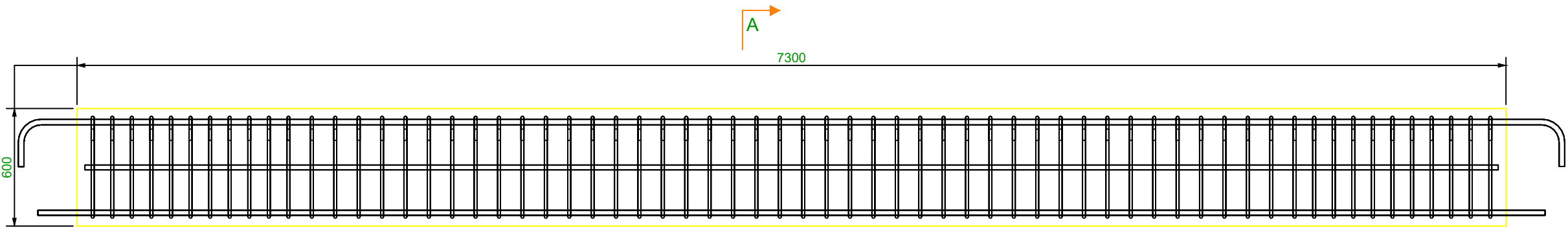
DOSEN PEMBIMBING 2 :

ASRI NURDIANA, S.,T.,M.,T
1985120920122001

DIGAMBAR OLEH :

NAMA : NAUFAL DAMAS
NIM : 40030519650113

CATATAN :





STr. TEKNIK INFRASTRUKTUR
SIPIL DAN PERENCANAAN ARSITEKTUR
UNIVERSITAS DIPONEGORO
SEMARANG

TUGAS :

TUGAS AKHIR

RENCANA :

REDESIGN STRUKTUR GEDUNG
KAMPUS NAHDATUL ULAMA
YOGYAKARTA

GAMBAR :

GAMBAR DETAIL BALOK BA1

SKALA :

1:25

DOSEN PEMBIMBING 1 :

BAMBANG SETIABUDI, S.,T.,M.,T
196109021987031002

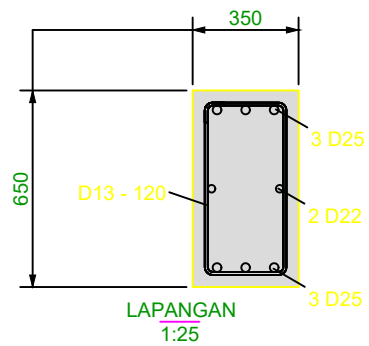
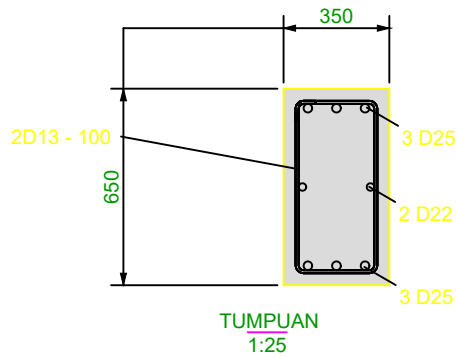
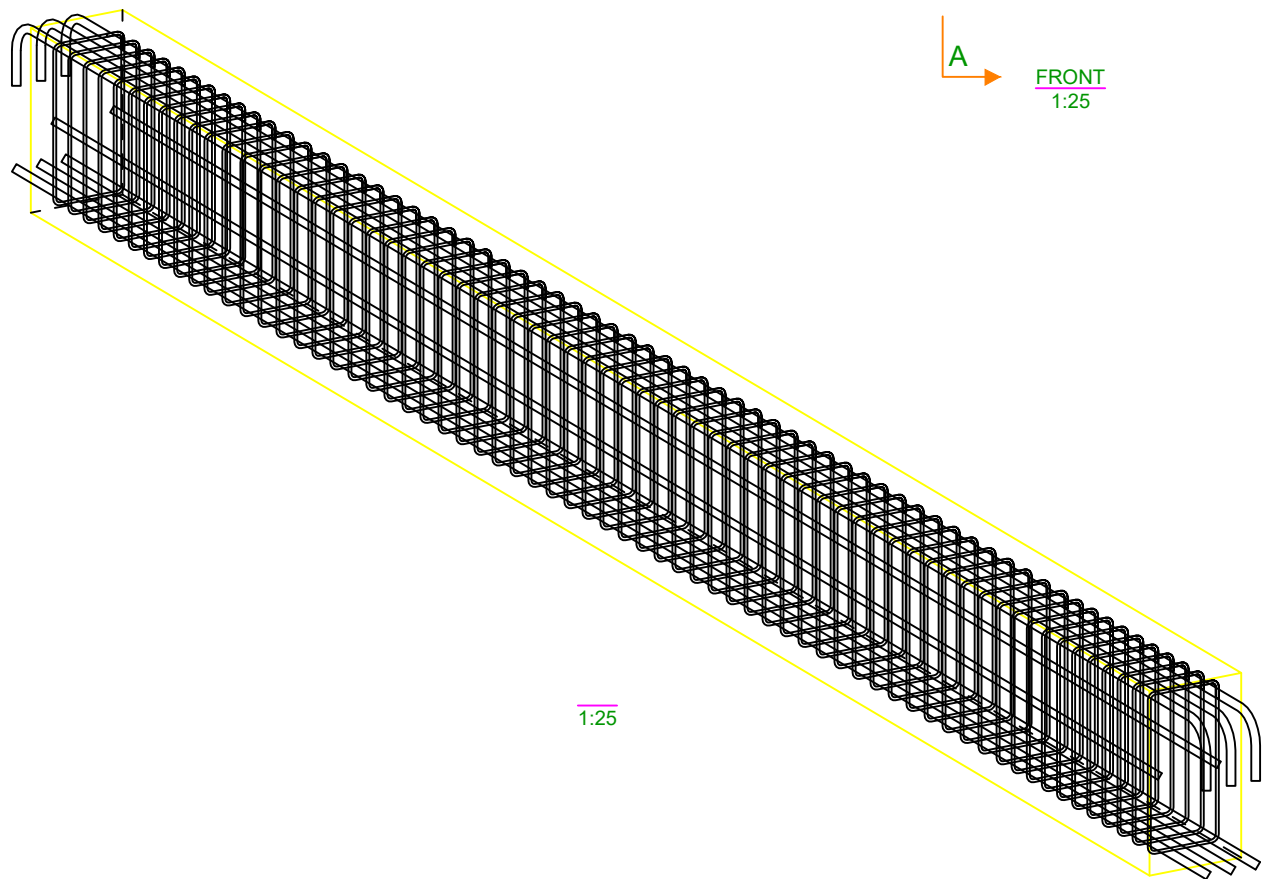
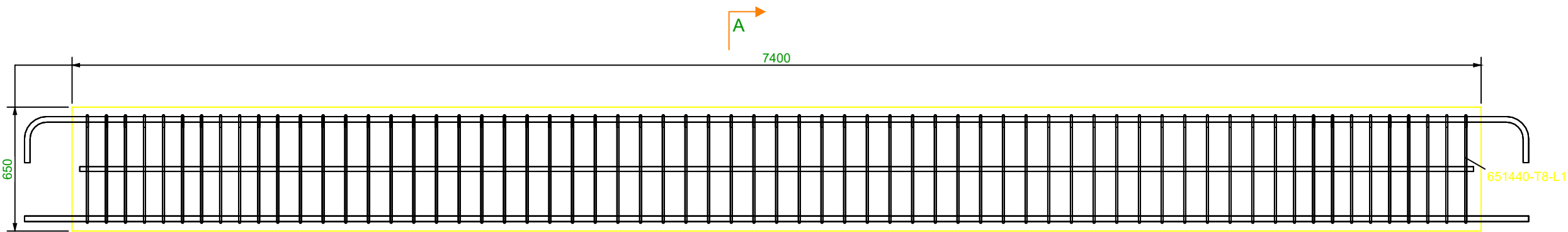
DOSEN PEMBIMBING 2 :

ASRI NURDIANA, S.,T.,M.,T
1985120920122001

DIGAMBAR OLEH :

NAMA : NAUFAL DAMAS
NIM : 40030519650113

CATATAN :





STr. TEKNIK INFRASTRUKTUR
SIPIL DAN PERENCANAAN ARSITEKTUR
UNIVERSITAS DIPONEGORO
SEMARANG

TUGAS :

TUGAS AKHIR

RENCANA :
REDESIGN STRUKTUR GEDUNG
KAMPUS NAHDATUL ULAMA
YOGYAKARTA

GAMBAR :
GAMBAR DETAIL BALOK BA2

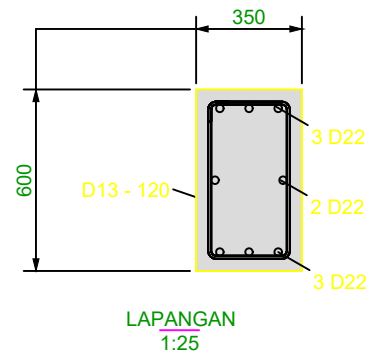
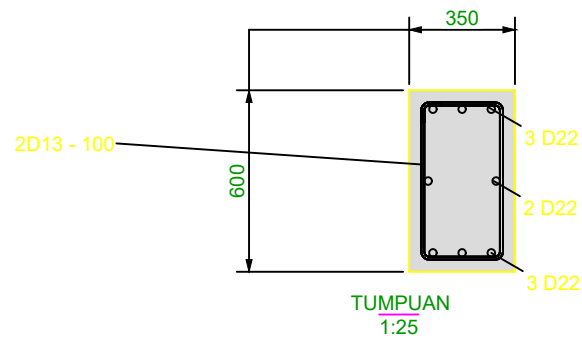
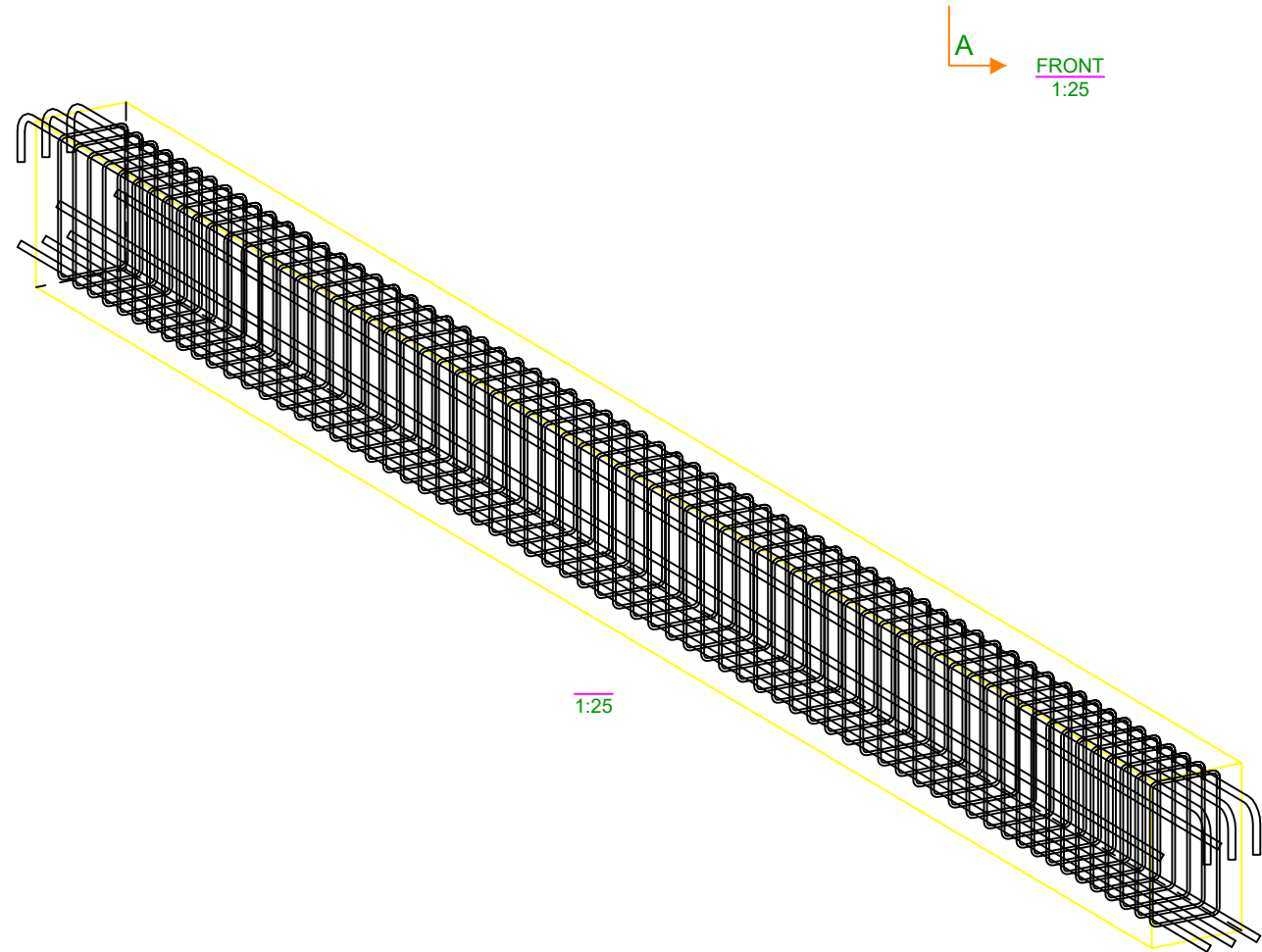
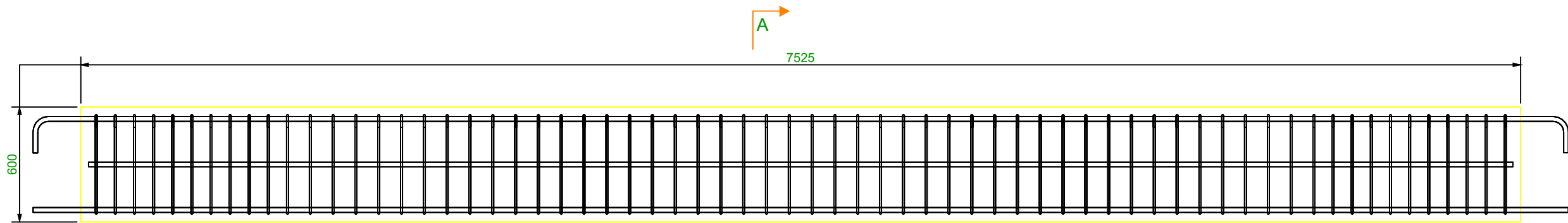
SKALA :
1:25

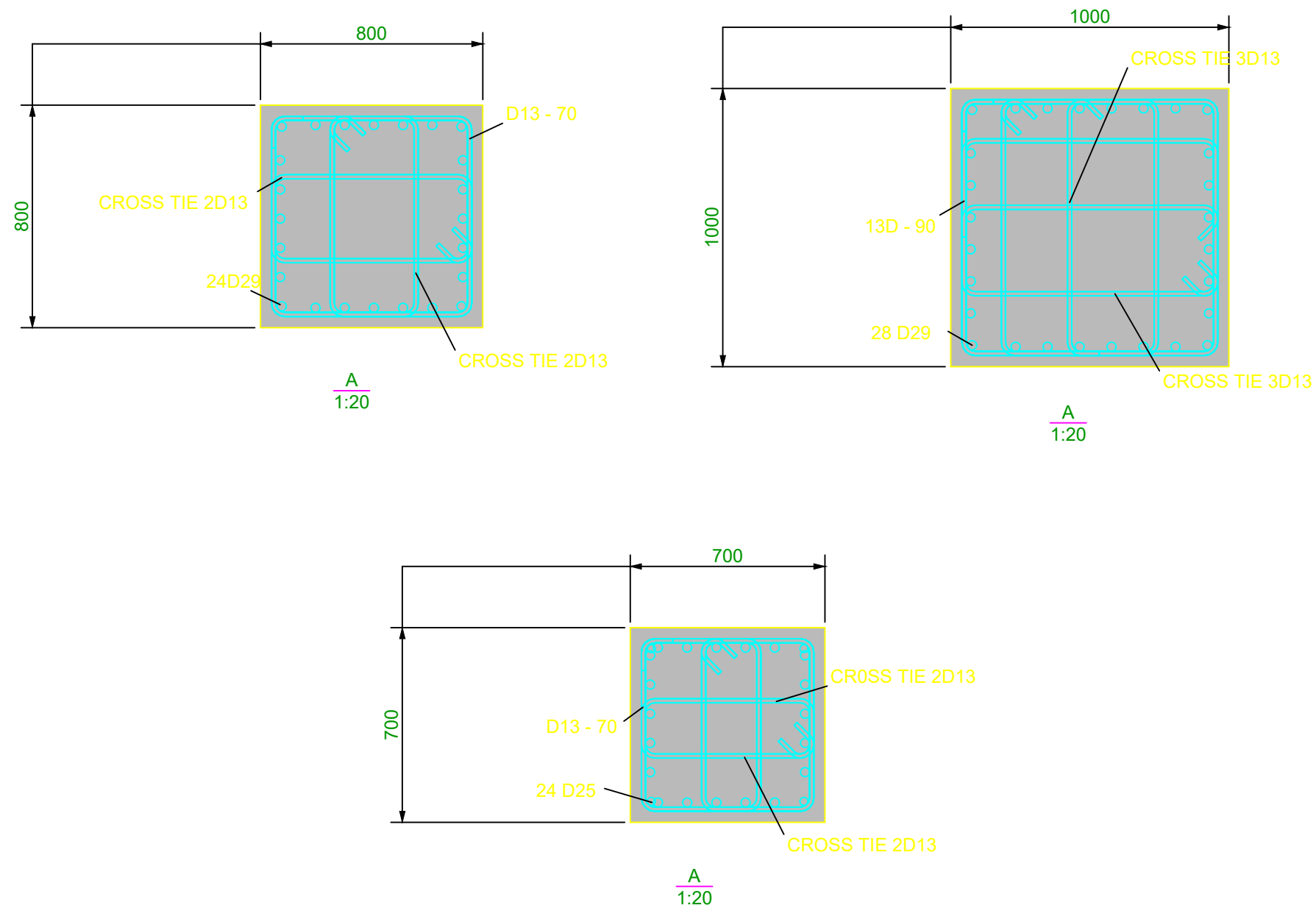
DOSEN PEMBIMBING 1 :
BAMBANG SETIABUDI, S.,T.,M.,T
196109021987031002

DOSEN PEMBIMBING 2 :
ASRI NURDIANA, S.,T.,M.,T
1985120920122001

DIGAMBAR OLEH :
NAMA : NAUFAL DAMAS
NIM : 40030519650113

CATATAN :





STr. TEKNIK INFRASTRUKTUR
SIPIL DAN PERENCANAAN ARSITEKTUR
UNIVERSITAS DIPONEGORO
SEMARANG

TUGAS :

TUGAS AKHIR

RENCANA :

REDESIGN STRUKTUR GEDUNG
KAMPUS NAHDATUL ULAMA
YOGYAKARTA

GAMBAR :

GAMBAR DETAIL PENULANGAN
KOLOM

SKALA :

1:20

DOSEN PEMBIMBING 1 :

BAMBANG SETIABUDI, S.,T.,M.,T
196109021987031002

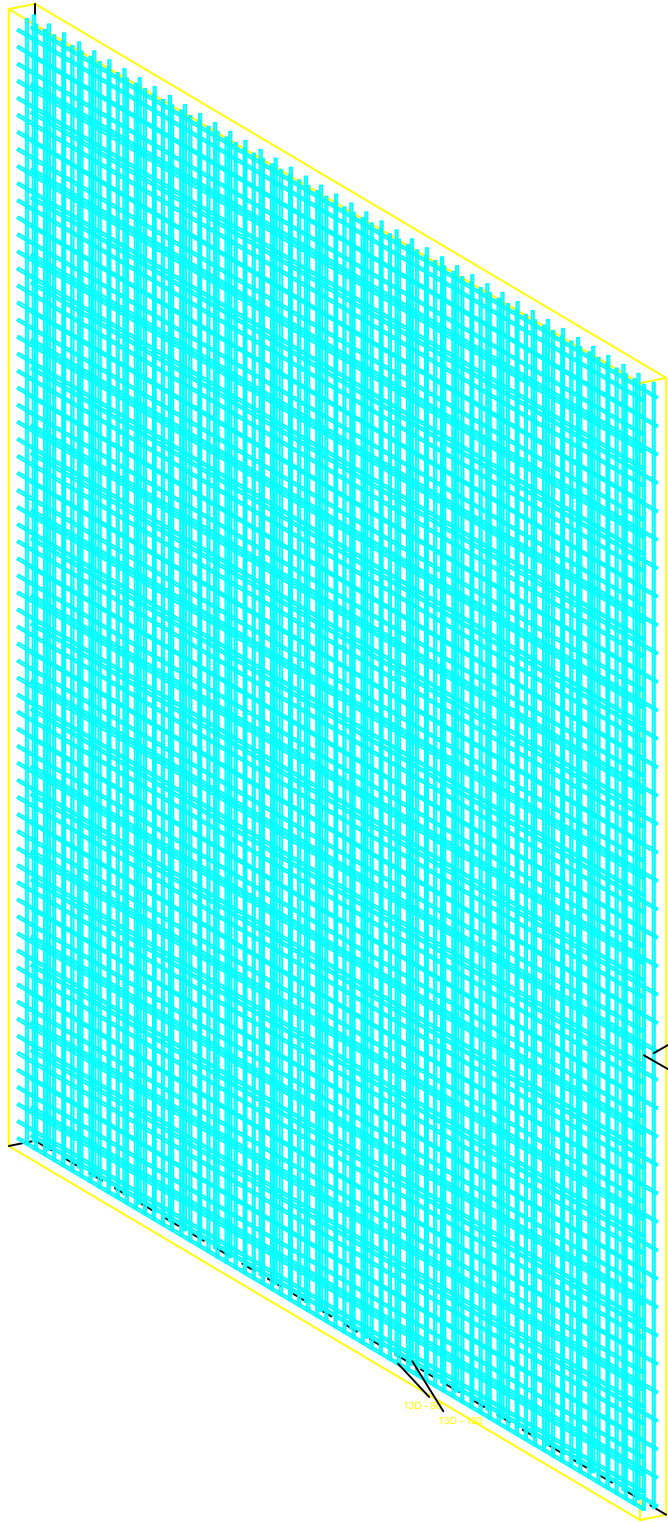
DOSEN PEMBIMBING 2 :

ASRI NURDIANA, S.,T.,M.,T
1985120920122001

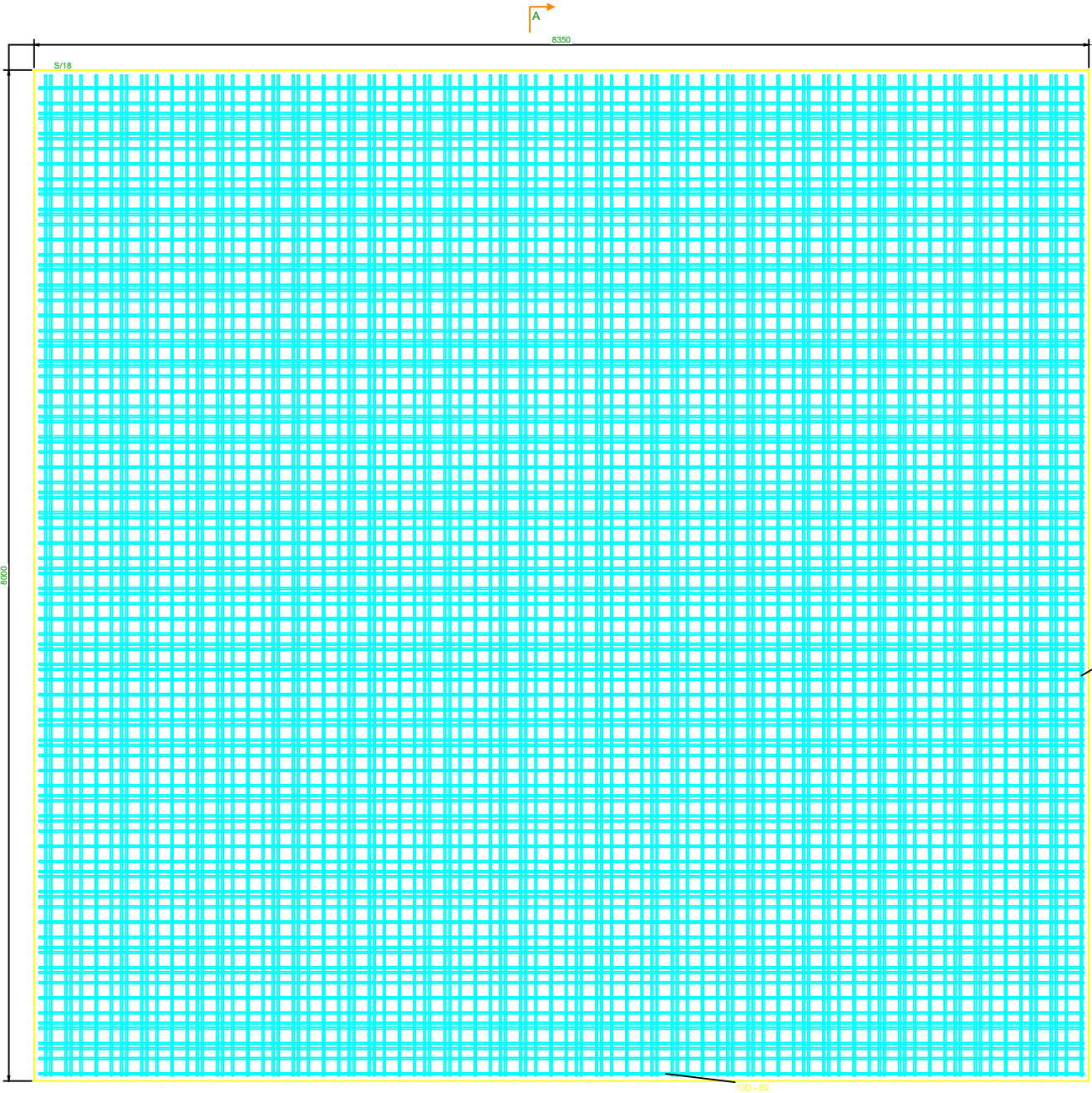
DIGAMBAR OLEH :

NAMA : NAUFAL DAMAS
NIM : 40030519650113

CATATAN :

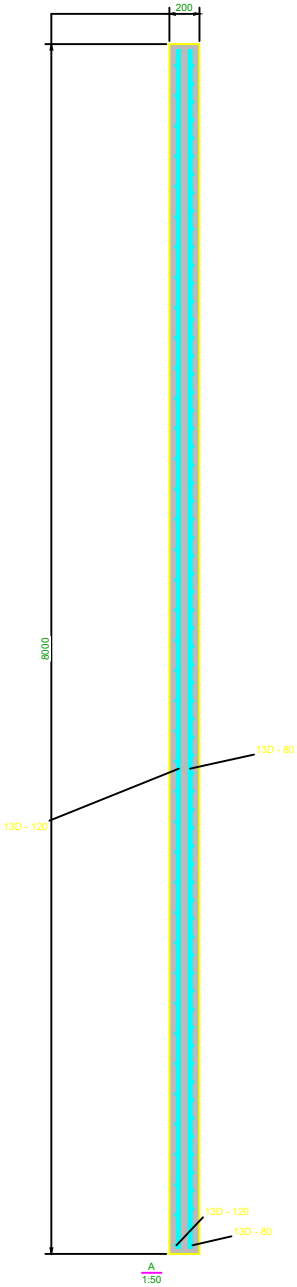


1:50

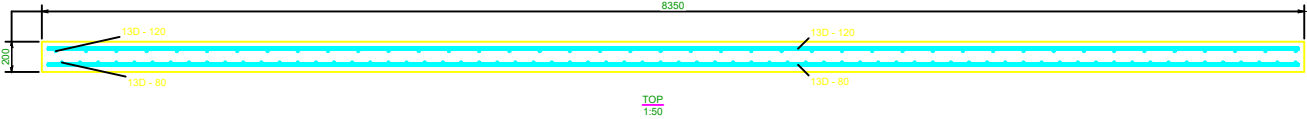


A

FRONT
1:50



A
1:50



TOP
1:50



STr. TEKNIK INFRASTRUKTUR
SIPIL DAN PERENCANAAN ARSITEKTUR
UNIVERSITAS DIPONEGORO
SEMARANG

TUGAS :

TUGAS AKHIR

RENCANA :

REDESIGN STRUKTUR GEDUNG
KAMPUS NAHDATUL ULAMA
YOGYAKARTA

GAMBAR :

GAMBAR DETAIL PENULANGAN
SLAB

SKALA :

1:50

DOSEN PEMBIMBING 1 :

BAMBANG SETIABUDI, S.,T.,M.,T
196109021987031002

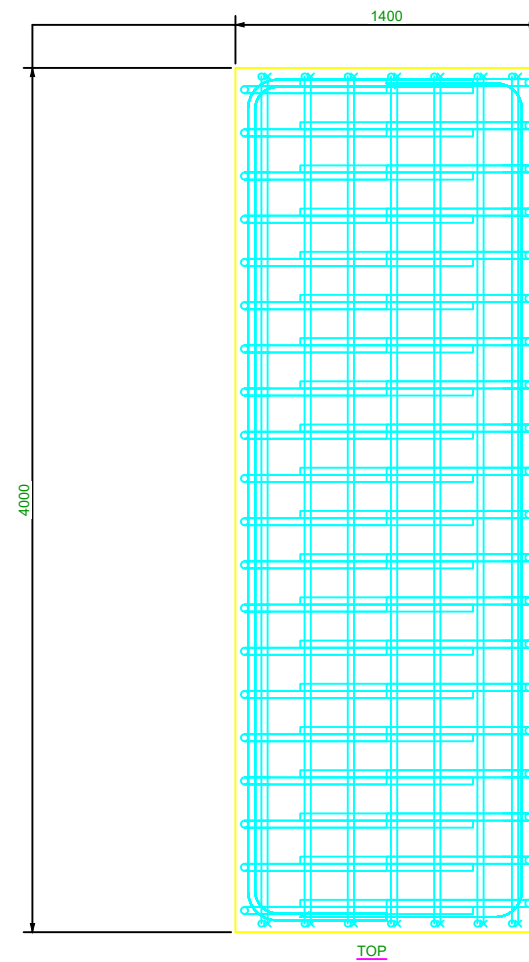
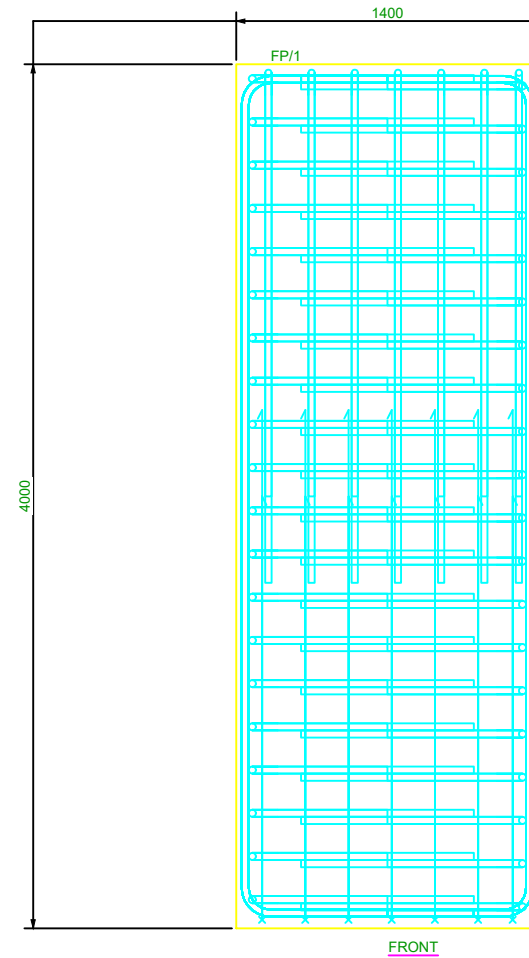
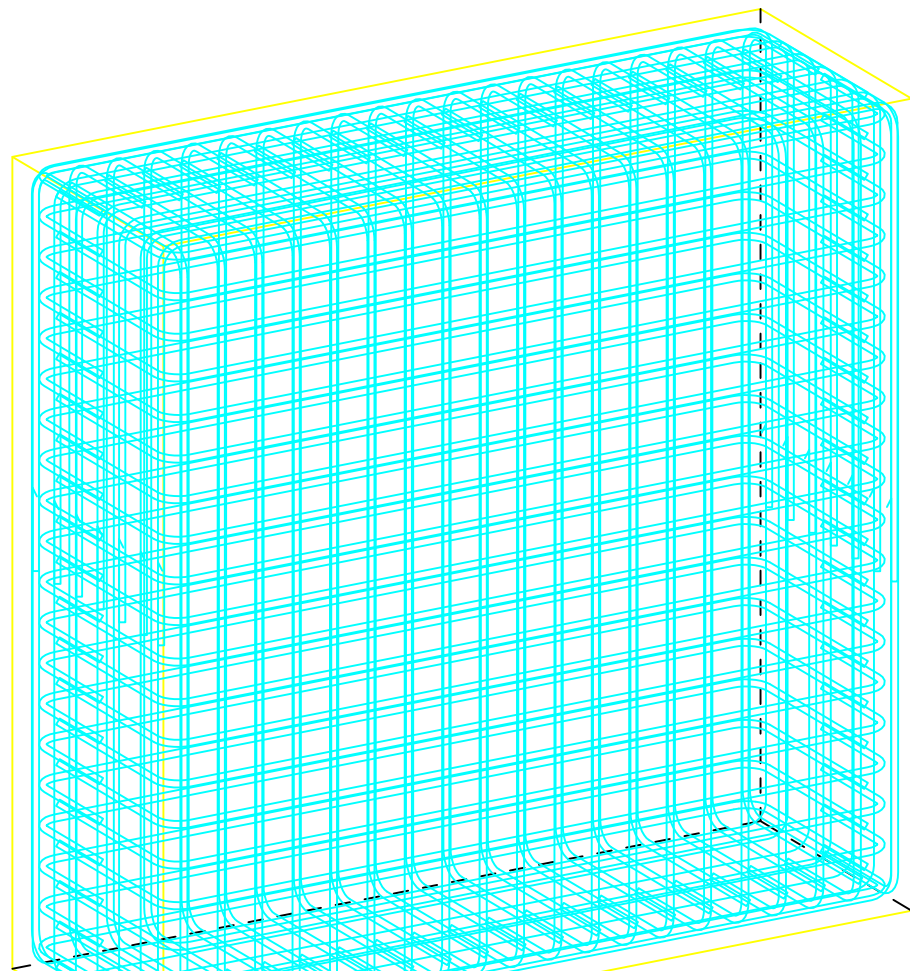
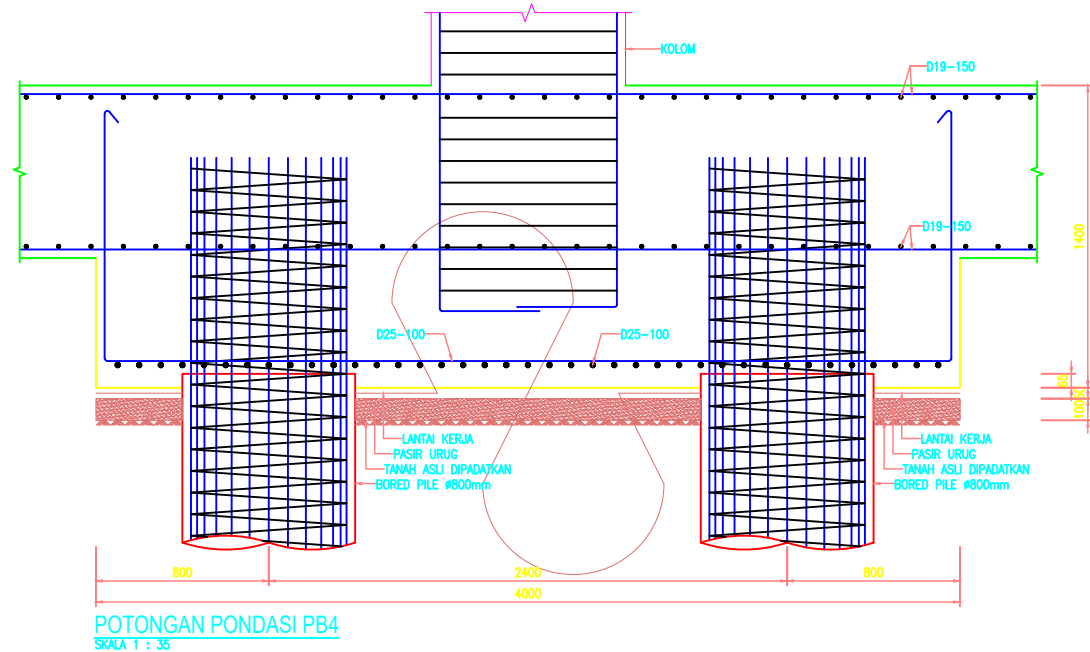
DOSEN PEMBIMBING 2 :

ASRI NURDIANA, S.,T.,M.,T
1985120920122001

DIGAMBAR OLEH :

NAMA : NAUFAL DAMAS
NIM : 40030519650113

CATATAN :



STr. TEKNIK INFRASTRUKTUR
SIPIL DAN PERENCANAAN ARSITEKTUR
UNIVERSITAS DIPONEGORO
SEMARANG

TUGAS :

TUGAS AKHIR

RENCANA :

REDESIGN STRUKTUR GEDUNG
KAMPUS NAHDATUL ULAMA
YOGYAKARTA

GAMBAR :

GAMBAR DETAIL PILECAP PC-1

SKALA :

1:35

DOSEN PEMBIMBING 1 :

BAMBANG SETIABUDI, S.,T.,M.,T
196109021987031002

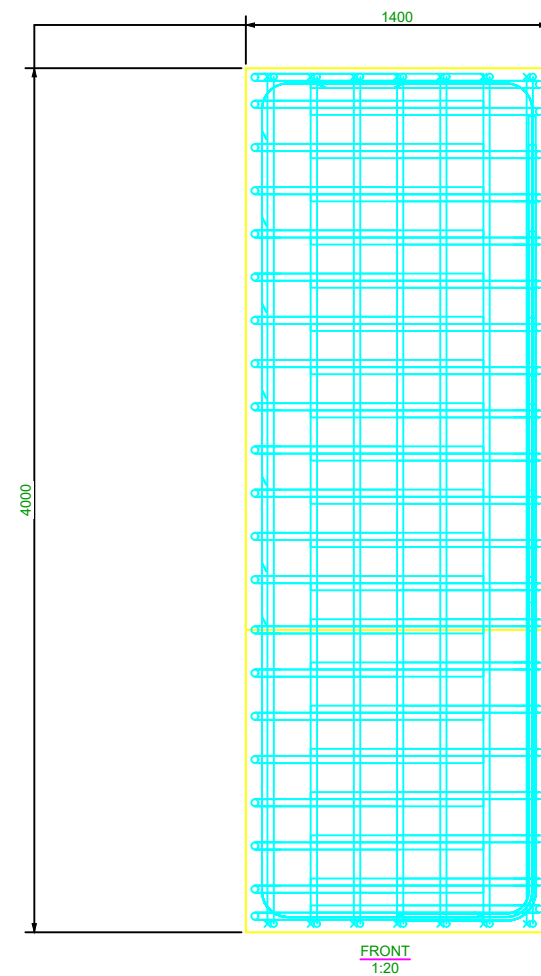
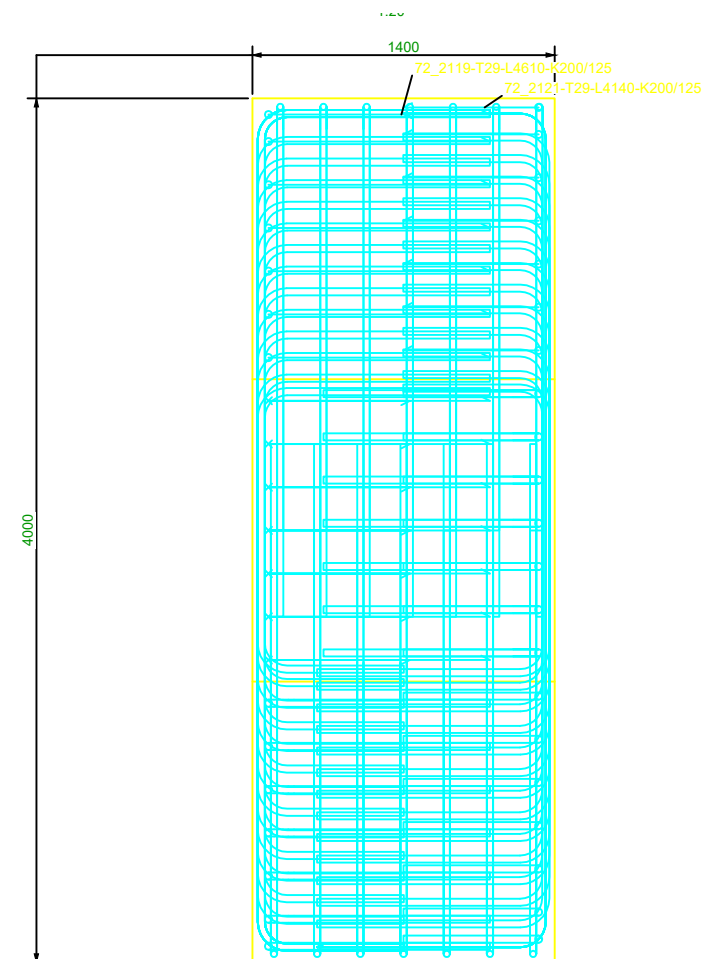
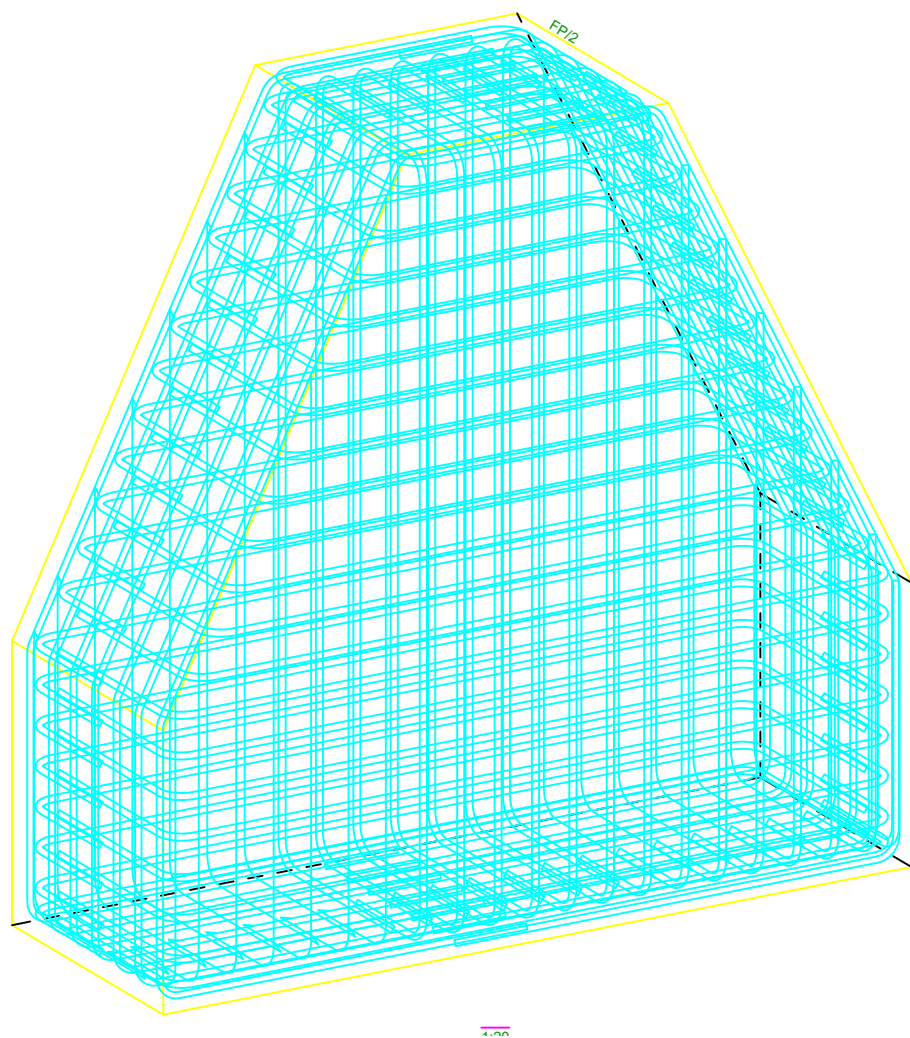
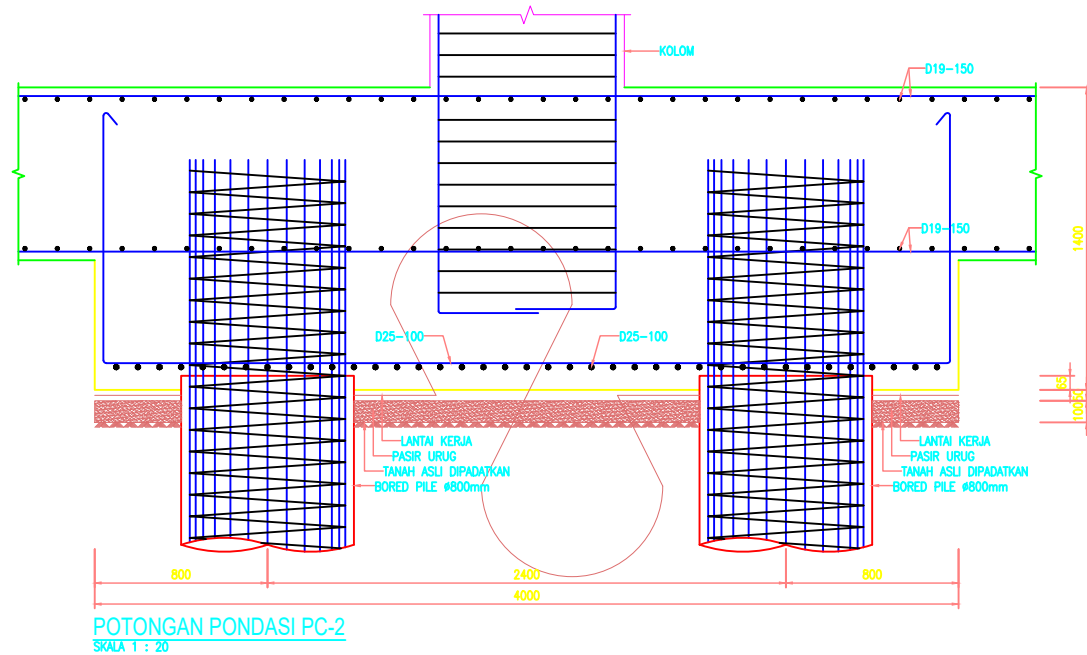
DOSEN PEMBIMBING 2 :

ASRI NURDIANA, S.,T.,M.,T
1985120920122001

DIGAMBAR OLEH :

NAMA : NAUFAL DAMAS
NIM : 40030519650113

CATATAN :



STr. TEKNIK INFRASTRUKTUR
SIPIL DAN PERENCANAAN ARSITEKTUR
UNIVERSITAS DIPONEGORO
SEMARANG

TUGAS :

TUGAS AKHIR

RENCANA :

REDESIGN STRUKTUR GEDUNG
KAMPUS NAHDATUL ULAMA
YOGYAKARTA

GAMBAR :

GAMBAR DETAIL PILECAP PC-2

SKALA :

1:35

DOSEN PEMBIMBING 1 :

BAMBANG SETIABUDI, S.,T.,M.,T
196109021987031002

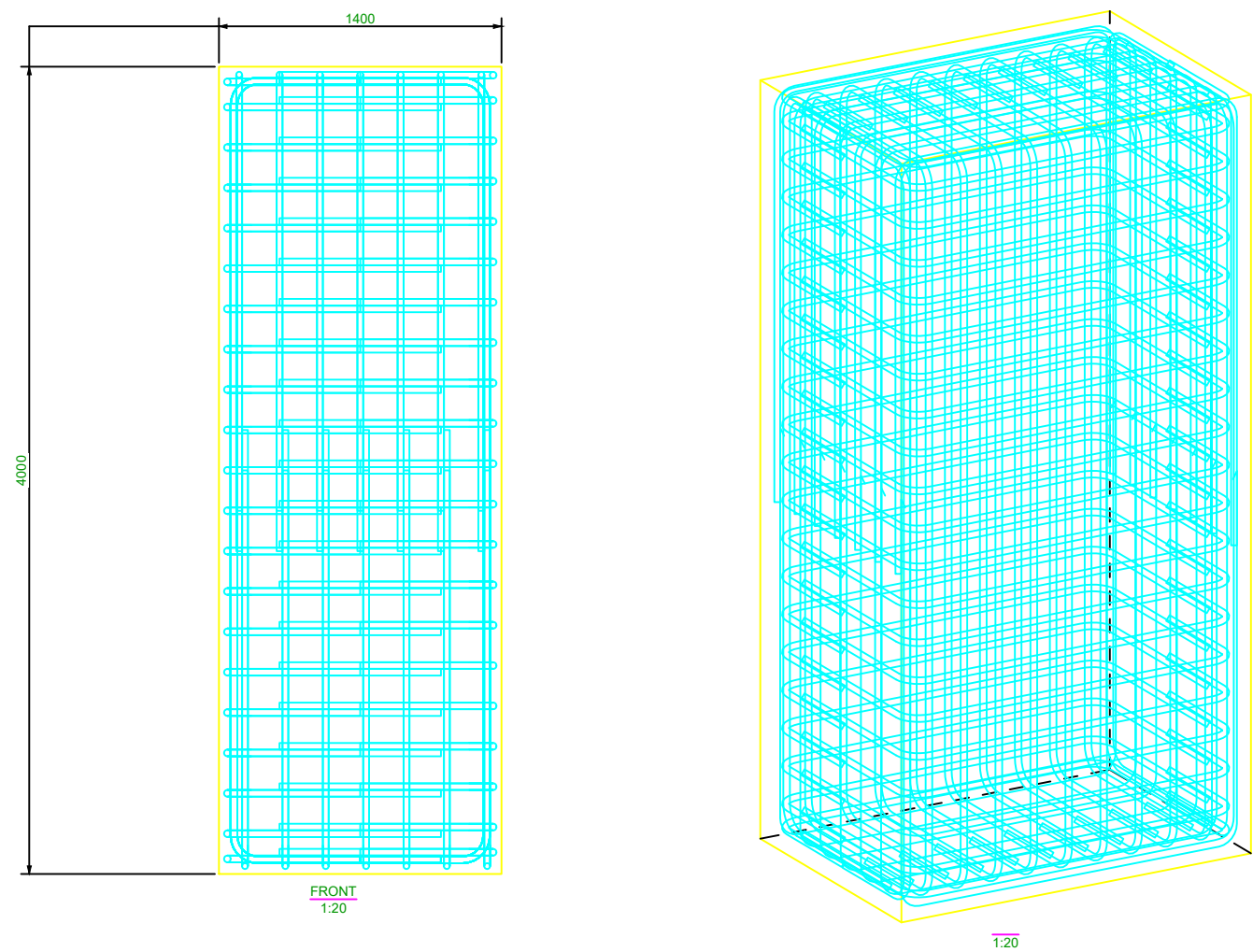
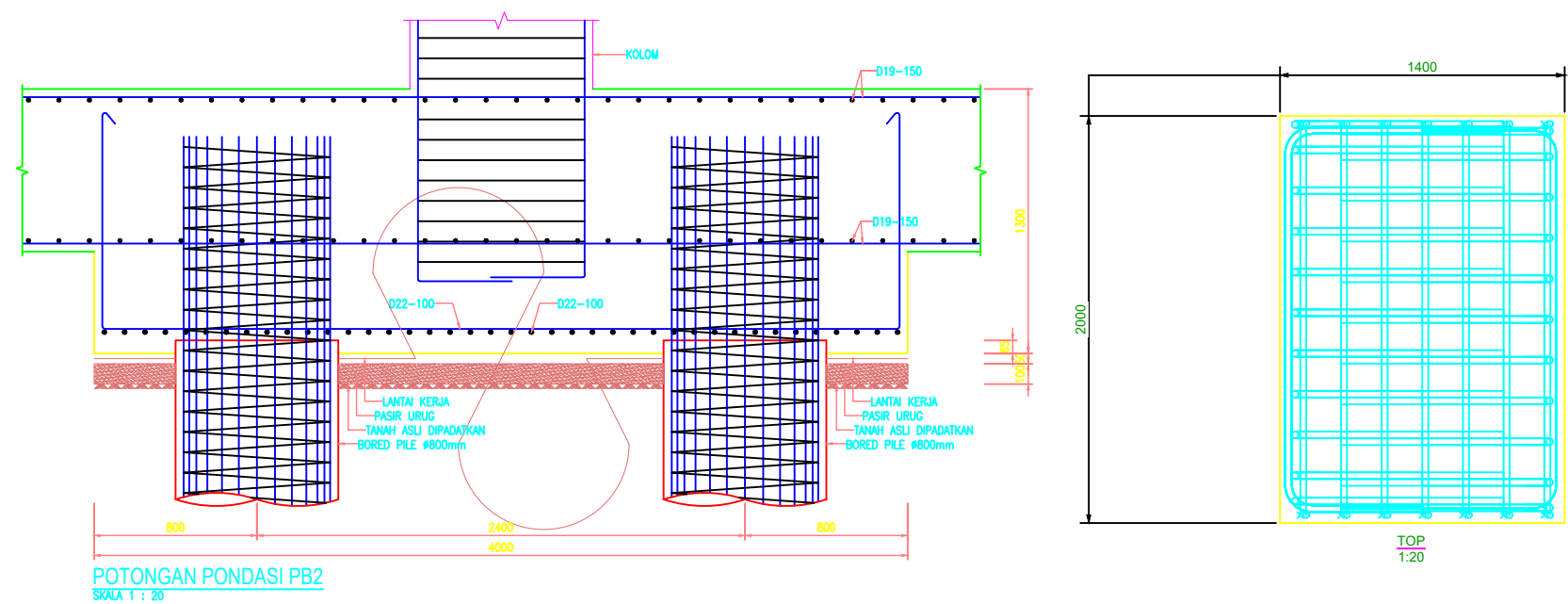
DOSEN PEMBIMBING 2 :

ASRI NURDIANA, S.,T.,M.,T
1985120920122001

DIGAMBAR OLEH :

NAMA : NAUFAL DAMAS
NIM : 40030519650113

CATATAN :



STr. TEKNIK INFRASTRUKTUR
SIPIL DAN PERENCANAAN ARSITEKTUR
UNIVERSITAS DIPONEGORO
SEMARANG

TUGAS :

TUGAS AKHIR

RENCANA :

REDESIGN STRUKTUR GEDUNG
KAMPUS NAHDATUL ULAMA
YOGYAKARTA

GAMBAR :

GAMBAR DEATIL PILECAP PC-3

SKALA :

1:35

DOSEN PEMBIMBING 1 :

BAMBANG SETIABUDI, S.,T.,M.,T
196109021987031002

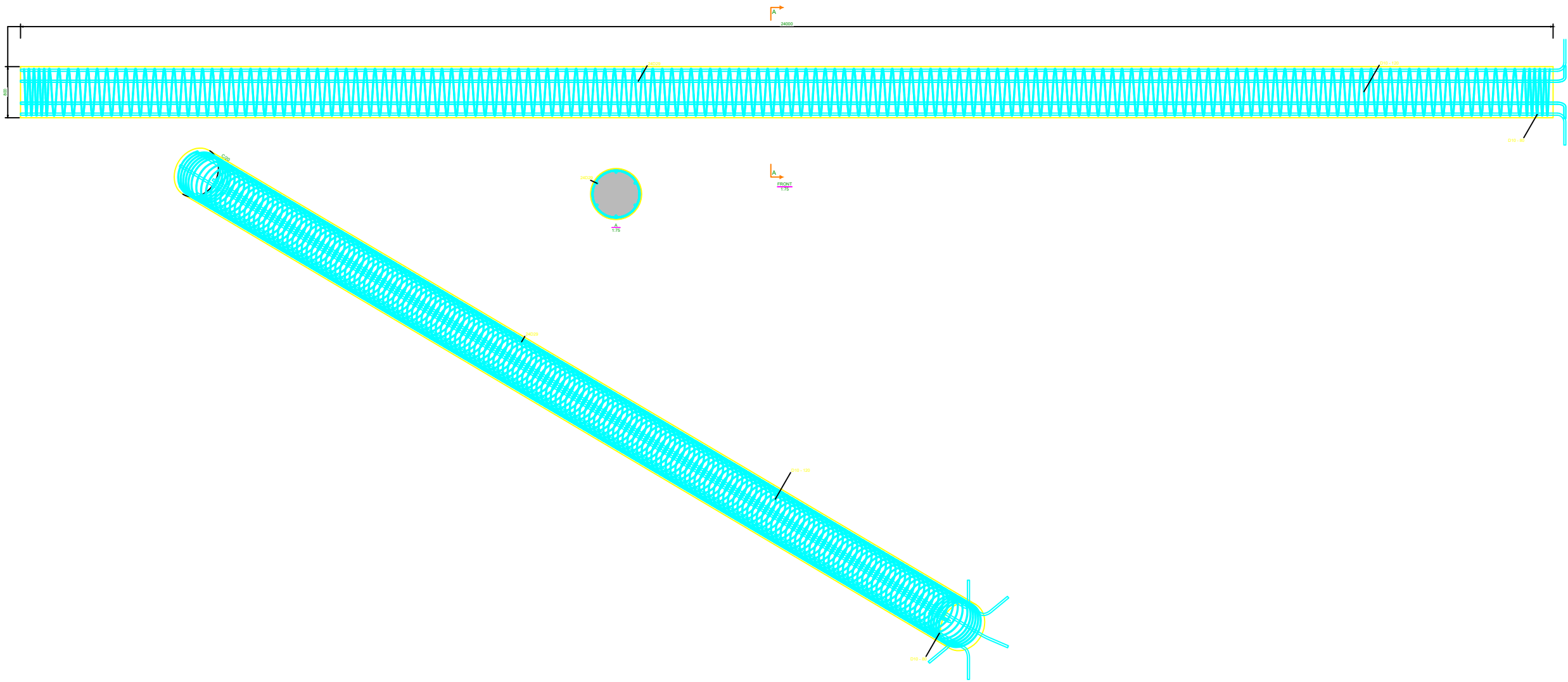
DOSEN PEMBIMBING 2 :

ASRI NURDIANA, S.,T.,M.,T
1985120920122001

DIGAMBAR OLEH :

NAMA : NAUFAL DAMAS
NIM : 40030519650113

CATATAN :



STr. TEKNIK INFRASTRUKTUR
SIPIL DAN PERENCANAAN ARSITEKTUR
UNIVERSITAS DIPONEGORO
SEMARANG

TUGAS :

TUGAS AKHIR

RENCANA :

REDESIGN STRUKTUR GEDUNG
KAMPUS NAHDATUL ULAMA
YOGYAKARTA

GAMBAR :

GAMBAR DETAIL TIANG BOREPILE

SKALA :

1:75

DOSEN PEMBIMBING 1 :

BAMBANG SETIABUDI, S.,T.,M.,.T
196109021987031002

DOSEN PEMBIMBING 2 :

ASRI NURDIANA, S.,T.,M.,.T
1985120920122001

DIGAMBAR OLEH :

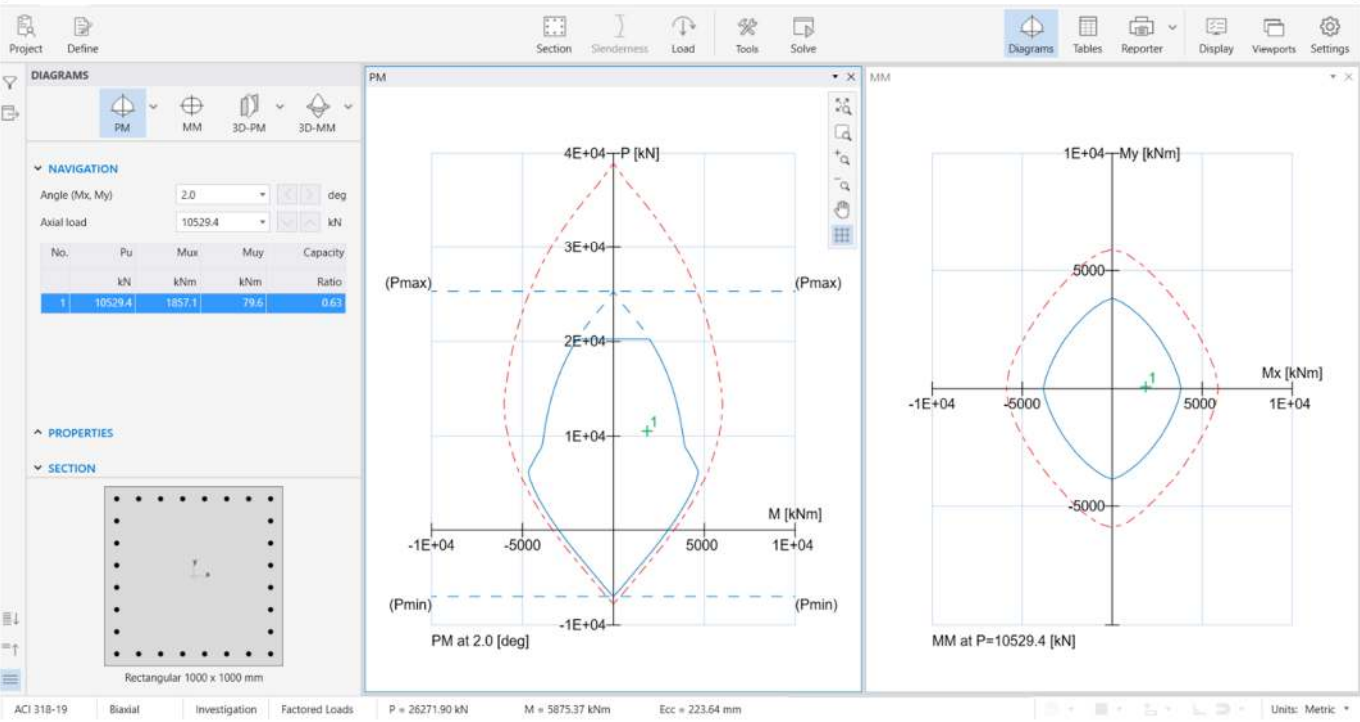
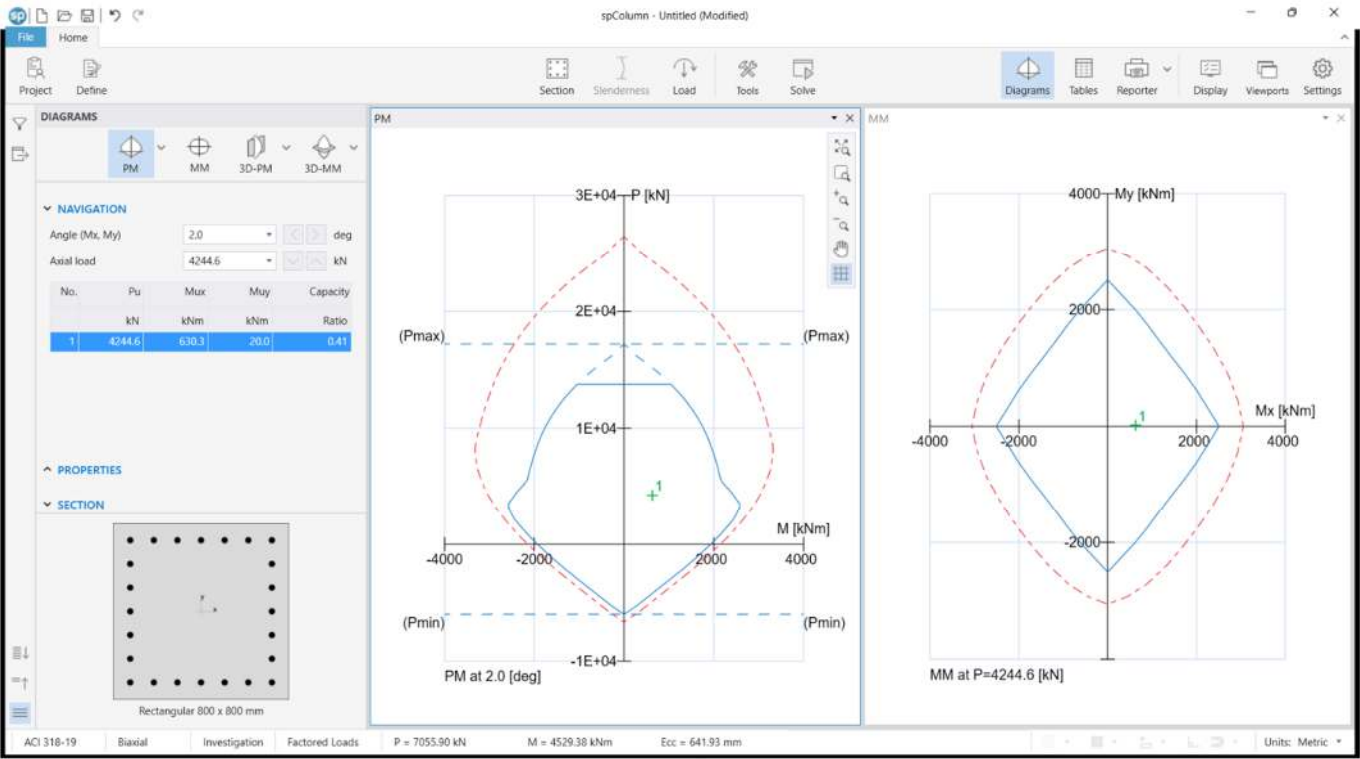
NAMA : NAUFAL DAMAS
NIM : 40030519650113

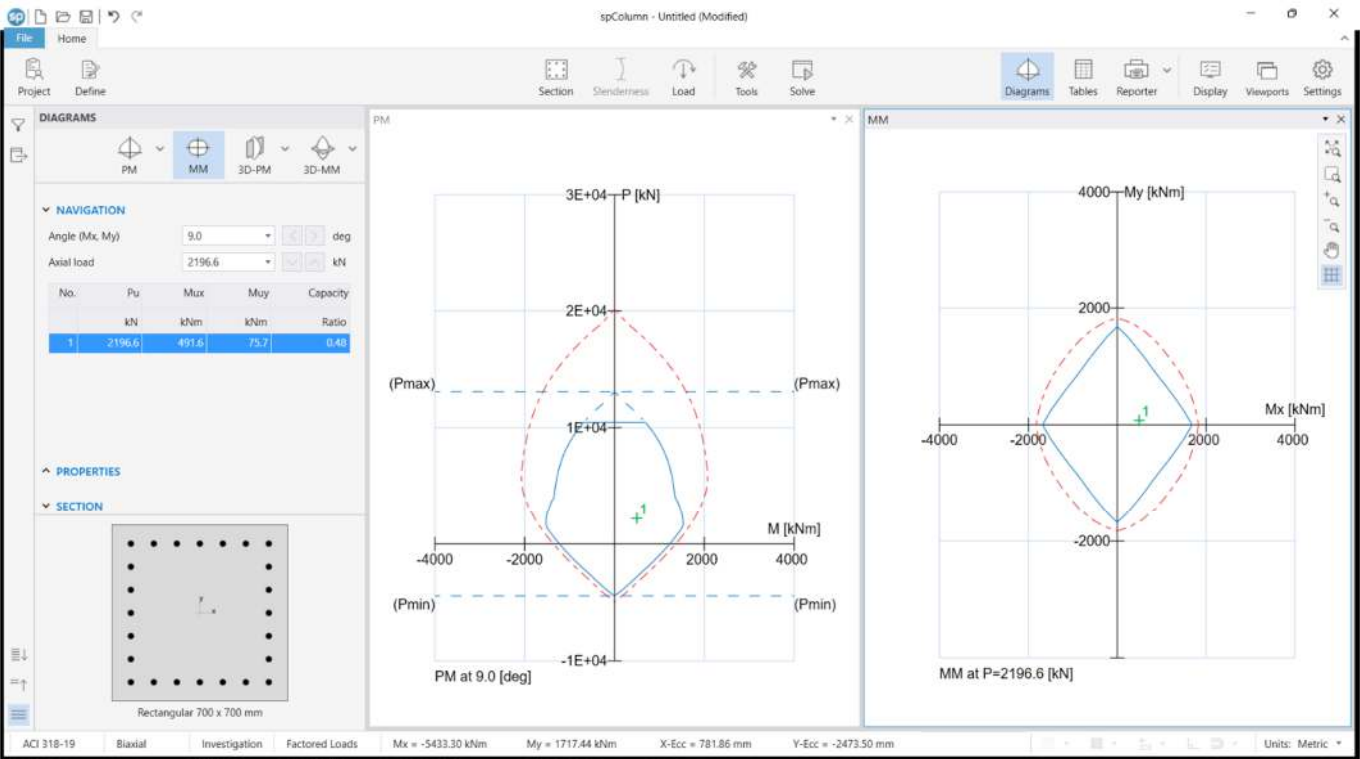
CATATAN :



PERHITUNGAN STRUKTUR

SpColumb kolom





Tables - Untitled

10 / 10

Input

Results

Solver Messages

Moment Magnification

General Parameters

Effective Length Factors

Magnification Factors: X - axis

Magnification Factors: Y - axis

Factored Moments

X - axis

Y - axis

Control Points

Load and Capacities

Load and Capacity ratios

Factored Loads and Moments with Corresponding Capacity Ratios

NOTE: Calculations are based on "Critical Capacity" Method.

No.	Demand			Capacity			Parameters at Capacity		
	Pu	Mux	Muy	ϕP_n	ϕM_{nx}	ϕM_{ny}	NA Depth	ct	
	kN	kNm	kNm	kN	kNm	kNm	mm		
1	10529.44	1857.13	79.63	14819.92	3278.40	140.57	829	0.00055	0.65

Tables - Untitled

↑

↓

10 / 10

Input

Results

Solver Messages

Moment Magnification

- General Parameters
- Effective Length Factors
- Magnification Factors: X - axis
- Magnification Factors: Y - axis

Factored Moments

- X - axis
- Y - axis

Control Points

- Loads and Capacities
- Loads and Capacity ratios

Factored Loads and Moments with Corresponding Capacity Ratios

Notes

NOTE: Calculations are based on "Critical Capacity" Method.

No.	Demand			Capacity			Parameters at Capacity		
	Pu	Mux	Muy	ϕP_n	ϕM_{nx}	ϕM_{ny}	NA Depth	zt	
	kN	kNm	kNm	kN	kNm	kNm	mm		
1	4244.62	630.31	19.96	7558.40	2019.40	63.95	533	0.00122	0.65

Tables - Untitled

↑

↓

10 / 10

Input

Results

Solver Messages

Moment Magnification

- General Parameters
- Effective Length Factors
- Magnification Factors: X - axis
- Magnification Factors: Y - axis

Factored Moments

- X - axis
- Y - axis

Control Points

- Loads and Capacities
- Loads and Capacity ratios

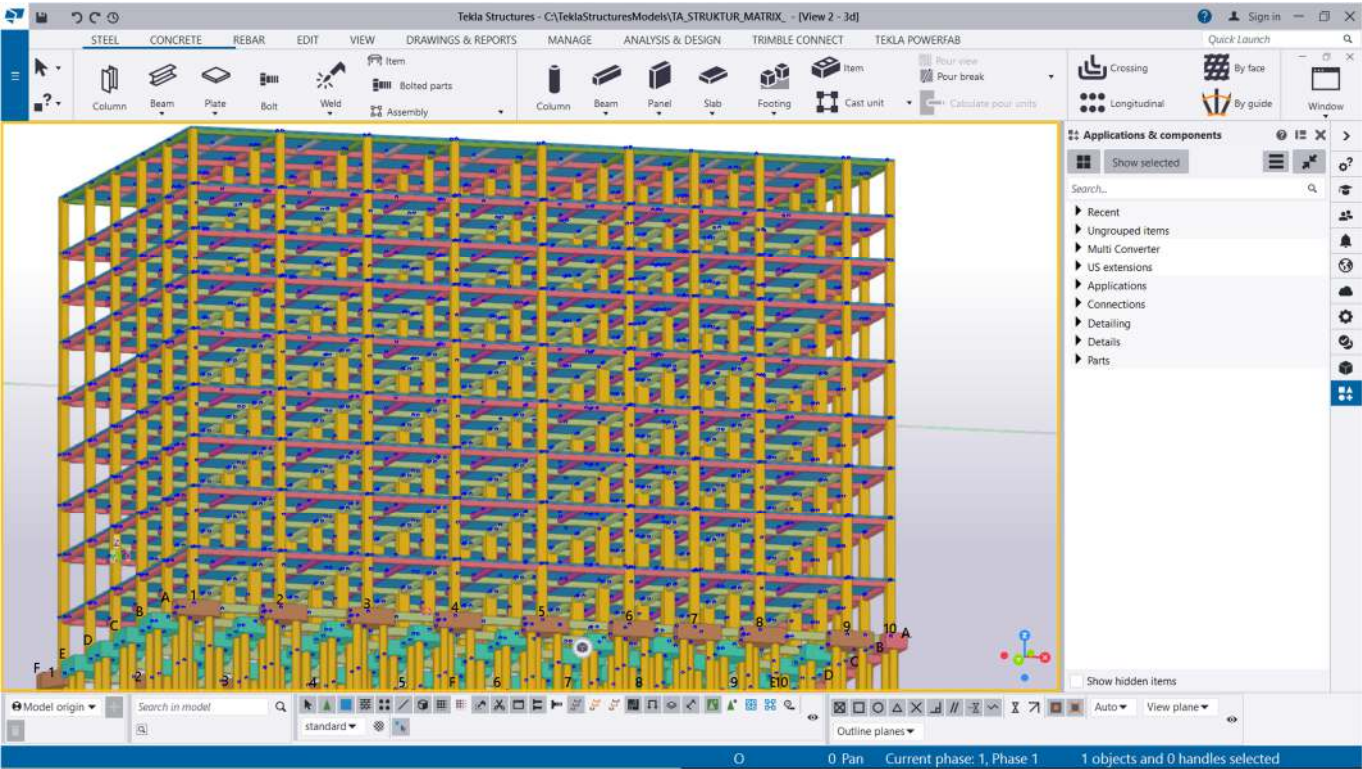
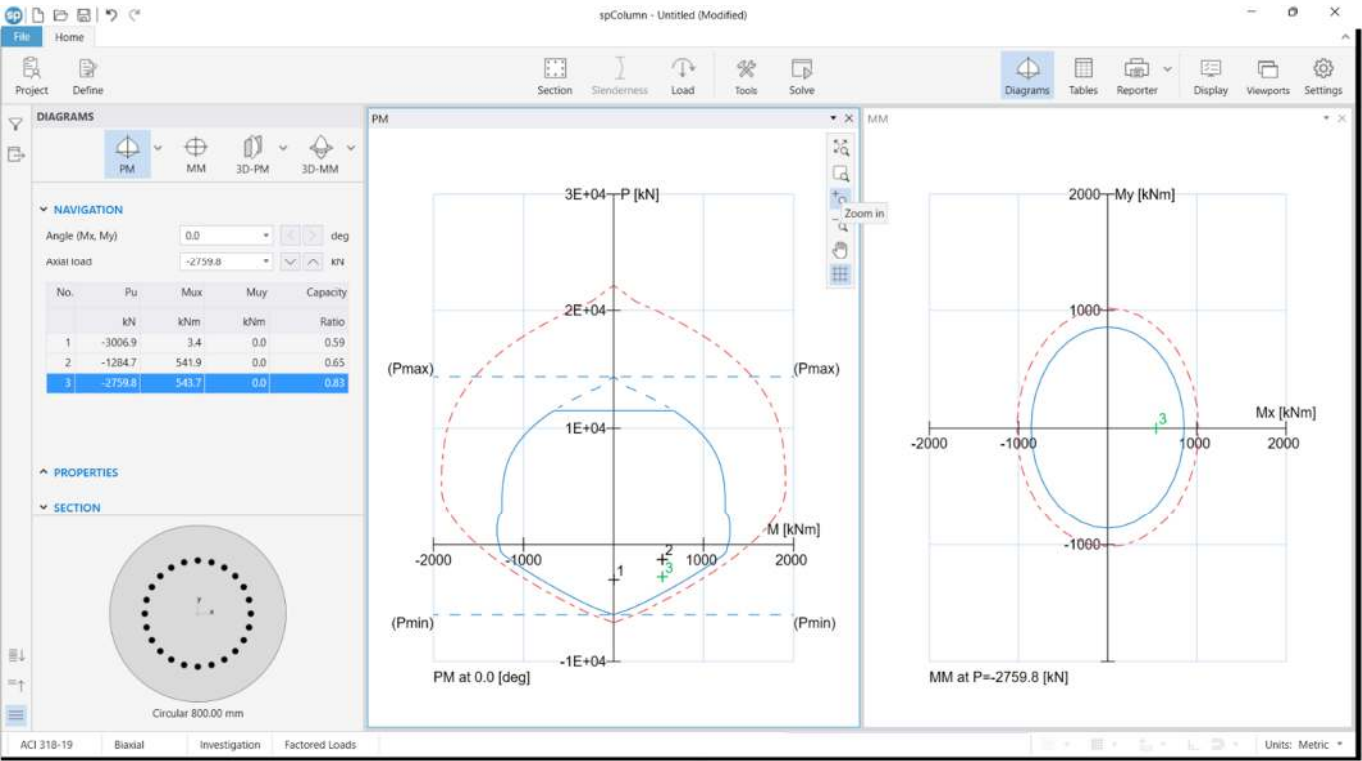
Factored Loads and Moments with Corresponding Capacity Ratios

Notes

NOTE: Calculations are based on "Critical Capacity" Method.

Demand			Capacity			Parameters at Capacity			Capacity	
Pu	Mux	Muy	ϕP_n	ϕM_{nx}	ϕM_{ny}	NA Depth	zt	ϕ	Ratio	
kN	kNm	kNm	kN	kNm	kNm	mm				
4244.62	630.31	19.96	7558.40	2019.40	63.95	533	0.00122	0.650	0.41	

SpColumn tiang Borpile





RAB & ANALISA HARGA

DAFTAR HARGA TENAGA BAHAN DAN MATERIAL						
Pekerjaan	:	Struktur Pembangunan Gedung				
Lokasi	:	Kota Yogyakarta				
Tahun Anggaran	:	2026				
NO	URAIAN JENIS TENAGA / BAHAN			SATUAN	HARGA	
1	2			3	4	
A	UPAH KERJA					
1	Mandor			OH	Rp	145.000,00
2	Pekerja			OH	Rp	122.500,00
3	Kepala Tukang			OH	Rp	155.000,00
4	Tukang Batu			OH	Rp	145.000,00
8	Tukang Kayu			OH	Rp	145.000,00
10	Tukang Besi			OH	Rp	145.000,00
11	Operator Alat Berat			OH	Rp	260.000,00
12	Pembantu Operator Alat Berat			OH	Rp	135.000,00
A	BAHAN DAN MATERIAL					
	BAHAN DASAR					
1	Besi Beton			Kg	Rp	14.500,00
2	Kawat Beton			Kg	Rp	20.420,00
3	Multipleks 12 mm			Lembar	Rp	169.100,00
4	Minyak Bekisting			Liter	Rp	16.800,00
5	Seng Gelombang BJLS 0,30			Lembar	Rp	74.400,00
6	Kayu Glugu			m3	Rp	4.733.300,00
7	Pasir Beton			m3	Rp	480.300,00
	Pasir Pasang			m3	Rp	480.300,00
8	Paku biasa			Kg	Rp	20.080,00
9	Sement Portland Setara Tiga roda			Zak	Rp	59.000,00
	Beton fc' 7,4 Mpa			m3	Rp	854.900,00
10	Beton fc' 30 Mpa			m3	Rp	1.096.200,00
11	Batako 9x20x40			Bh	Rp	4.200,00
12	Bambu cerucuk Ø 10-12 cm panjang 6m			Batang	Rp	16.100,00
13	Menie Besi			Liter	Rp	41.600,00
14	Kayu Meranti			m3	Rp	6.966.600,00
15	Kunci tanam			Buah	Rp	72.400,00
16	Koral Beton			m3	Rp	382.600,00
17	Tripleks 4mm 120x240cm			Lembar	Rp	70.800,00
18	Kaca Polos 3 mm			m2	Rp	95.900,00
19	Seng Pelat			Lembar	Rp	27.510,00
20	Besi Strip			kg	Rp	18.500,00
21	Bata Merah			Bh	Rp	700,00
22	Jendela Nako			Bh	Rp	335.720,00
23	Pasir Urug			m3	Rp	306.000,00
23	Batu Belah			m3	Rp	404.017,70
24	Besi Siku 40.40.4			Kg	Rp	13.347,46
25	Kawat Seng			Kg	Rp	33.800,00
26	Besi Siku 30.30.3			Kg	Rp	9.007,35
27	Cat Kayu			Kg	Rp	69.510,00
28	Kayu Sengon (balok)			m3	Rp	4.200.000,00
29	Pasir muntilan (quarry - lokasi pekerjaan)			m3	Rp	413.700,00
	Pasir urug (quarry - lokasi pekerjaan)			m3	Rp	306.000,00
	Jack Hammer			jam	Rp	50.300,00
	Palu / Godam (baja keras)			buah	Rp	25.000,00
	Gergaji Besi			buah	Rp	3.500,00
	Pahat Beton (baja keras)			buah	Rp	15.000,00
C	PERALATAN					
1	Concrete Pump			Jam	Rp	1.484.000,00
2	Rotary Drilling Rig			Jam	Rp	476.900,00
3	Tower Crane 4 -10 Ton			Jam	Rp	359.800,00
4	Mini Excavator			Jam	Rp	668.200,00
5	Vibrator			Jam	Rp	61.100,00
6	Stamper			jam	Rp	35.000,00
	Dump truck 7,5 ton			jam	Rp	344.400,00

ANALISA HARGA SATUAN PEKEJAAAN					
Pekerjaan : Struktur Pembangunan Gedung					
Lokasi : Kota Yogyakarta					
Tahun Anggaran : 2026					
Pekerjaan Persiapan					
Pengukuran dan pemasangan 1 m' Bouwplank					
No	Uraian	Satuan	Koefisien	Harga Satuan (Rp)	Jumlah Harga (Rp)
A	TENAGA KERJA				
	Pekerja	OH	0,100	122.500,00	12.250,00
	Tukang Kayu	OH	0,100	145.000,00	14.500,00
	Kepala Tukang	OH	0,010	155.000,00	1.550,00
	Mandor	OH	0,005	145.000,00	725,00
	Jumlah Harga Tenaga Kerja				29.025,00
B	BAHAN				
	Kayu balok bouwplank, pagar & kantor	m3	0,012	2.450.000	29.400,00
	Paku	kg	0,020	20.080	401,60
	Kayu perancah	m3	0,007	3.550.000	24.850,00
	Jumlah Harga Bahan				54.651,60
C	PERALATAN				
					-
	Jumlah Harga Alat				-
D	Jumlah (A+B+C)				83.676,60
E	Biaya Umum dan Keuntungan (Maksimum 15%)		10 % x D		8.367,66
F	Harga Satuan (D+E)				92.044,26
1 m' pembuatan pagar daerah kerja dengan seng gelombang BJLS-30, tinggi 2 m' pakai rangka baja					
No	Uraian	Satuan	Koefisien	Harga Satuan (Rp)	Jumlah Harga (Rp)
A	TENAGA KERJA				
	Pekerja	OH	0,200	122.500,00	24.500,00
	Tukang Besi	OH	0,400	145.000,00	58.000,00
	Kepala Batu	OH	0,020	155.000,00	3.100,00
	Mandor	OH	0,020	145.000,00	2.900,00
	Jumlah Harga Tenaga Kerja				88.500,00
B	BAHAN				
	Seng Gelombang BJLS 0,30	Lbr	1,200	73.300	87.960,00
	Baja L 40.40.4	Kg	13,500	13.347	180.190,68
	Kawat Seng	Kg	0,072	33.800	2.433,60
	Pasangan batu 20/50	m3	0,005	162.412	812,06
	Jumlah Harga Bahan				271.396
C	PERALATAN				
	Jumlah Harga Alat				-
D	Jumlah (A+B+C)				359.896,34
E	Biaya Umum dan Keuntungan (Maksimum 15%)		10 % x D		35.989,63
F	Harga Satuan (D+E)				395.885,97

Pembuatan 1 m2 Direksi Keet					
No	Uraian	Satuan	Koefisien	Harga Satuan (Rp)	Jumlah Harga (Rp)
A	TENAGA KERJA				
	Pekerja	OH	2,000	122.500	245.000
	Tukang Kayu	OH	2,000	145.000	290.000
	Tukang Batu	OH	1,000	145.000	145.000
	Kepala tukang	OH	0,300	155.000	46.500
	Mandor	OH	0,050	145.000	7.250
	Jumlah Harga Tenaga Kerja				733.750
B	BAHAN				
	Bambu cerucuk Ø 10-12 cm panjang 6m	Batang	1,250	16.100	20.125
	Kayu sengon (balok)	m3	0,180	4.200.000	756.000
	Paku biasa 2"-5"	kg	0,800	20.080	16.064
	Besi strip	kg	1,100	18.500	20.350
	Semen portland	kg	35,000	1.475	51.625
	Pasir muntlan (quarry - lokasi pekerjaan)	m3	0,250	413.700	103.425
	Batu pecah koral beton 0,5	m3	0,150	382.600	57.390
	Bata merah	bh	30,000	700	21.000
	Seng plat bjls 30	m'	0,250	74.400	18.600
	Jendela nako	bh	0,200	335.720	67.144
	Kaca polos 3mm	m2	0,080	95.900	7.672
	Kunci tanam	bh	0,150	72.400	10.860
	Tripleks 4mm 120x240cm	lbr	0,060	70.800	4.248
	Jumlah Harga Bahan				1.154.503
C	PERALATAN				
	Jumlah Harga Alat				-
D	Jumlah (A+B+C)				1.888.253
E	Biaya Umum dan Keuntungan (Maksimum 15%)		10 % x D		188.825
F	Harga Satuan (D+E)				2.077.078

1 Buah papan nama pekerjaan menggunakan multiflex 12 mm (120x240), frame besi siku dan tiang kayu 8/12

No	Uraian	Satuan	Koefisien	Harga Satuan (Rp)	Jumlah Harga (Rp)
A	TENAGA KERJA				
	Pekerja	OH	1,000	122.500,00	122.500,00
	Tukang kayu	OH	1,000	145.000,00	145.000,00
	Kepala Tukang	OH	0,100	155.000,00	15.500,00
	Mandor	OH	0,100	145.000,00	14.500,00
	Jumlah Harga Tenaga Kerja				297.500,00
B	BAHAN				
	Multipleks 12 mm	Lbr	1,000	169.100	169.100,00
	Tiang Kayu 8/12 Meranti	m3	0,077	73.300	5.644,10
	Besi Siku 30.30.3	Kg	5,800	9.007	52.242,65
	Paku 5-7 cm	Kg	1,250	20.080	25.100,00
	Cat Kayu / Besi	Kg	2,500	69.510	173.775,00
	Jumlah Harga Bahan				256.762
C	PERALATAN				
	Jumlah Harga Alat				-
D	Jumlah (A+B+C)				554.261,75
E	Biaya Umum dan Keuntungan (Maksimum 15%)		10 % x D		55.426,17
F	Harga Satuan (D+E)				609.687,92

1 LS Mobilisasi dan Demobilisasi Alat Berat

No	Uraian	Satuan	Koefisien	Harga Satuan (Rp)	Jumlah Harga (Rp)
A	TENAGA KERJA				
	Pekerja	OH	0,100	122.500,00	12.250,00
	Mandor	OH	0,005	145.000,00	725,00
	Jumlah Harga Tenaga Kerja				12.975,00
B	BAHAN				
	Jumlah Harga Bahan				-
C	PERALATAN				
	Exca PC200			15.000.000	
	Crawler Crane			25.000.000	
	Rotary Drilling Rig			45.500.000	
	Rotary Drilling Rig, Exca, Crawler Crane Area SMG				-
	Jumlah Harga Alat				-
D	Jumlah (A+B+C)				12.975,00
E	Biaya Umum dan Keuntungan (Maksimum 15%)		10 % x D		1.297,50
F	Harga Satuan (D+E)				14.272,50

Pekerjaan Tanah dan Galian

Pembersihan 1 m2 lapangan dan perataan

No	Uraian	Satuan	Koefisien	Harga Satuan (Rp)	Jumlah Harga (Rp)
A	TENAGA KERJA				
	Pekerja	OH	0,100	122.500,00	12.250,00
	Mandor	OH	0,050	145.000,00	7.250,00
	Jumlah Harga Tenaga Kerja				19.500,00
B	BAHAN				
	Jumlah Harga Bahan				-
C	PERALATAN				
	Jumlah Harga Alat				-
D	Jumlah (A+B+C)				19.500,00
E	Biaya Umum dan Keuntungan (Maksimum 15%)		10 % x D		1.950,00
F	Harga Satuan (D+E)				21.450,00

Pengeboran m' Pondasi Tiang Bor Diameter 800 mm

No	Uraian	Satuan	Koefisien	Harga Satuan (Rp)	Jumlah Harga (Rp)
A	TENAGA KERJA				
	Pekerja	OH	0,237	122.500,00	28.995,75
	Tukang batu	OH	0,118	145.000,00	17.153,50
	Mandor	OH	0,039	145.000,00	5.713,00
	Jumlah Harga Tenaga Kerja				51.862,25
B	BAHAN				
	Jumlah Harga Bahan				-
C	PERALATAN				
	Bored Pile Machine Ø 500 mm		0,276	476.900,00	131.672
	Jumlah Harga Alat				131.672
D	Jumlah (A+B+C)				183.534,34
E	Biaya Umum dan Keuntungan (Maksimum 15%)		10 % x D		18.353,43
F	Harga Satuan (D+E)				201.887,77

Galian tanah biasa dibuang ke luar lokasi pekerjaan (mekanis)					
No	Uraian	Satuan	Koefisien	Harga Satuan (Rp)	Jumlah Harga (Rp)
A	TENAGA KERJA				
	Pekerja	OH	0,003	122.500,00	416,50
	Mandor	OH	0,001	145.000,00	116,00
	Jumlah Harga Tenaga Kerja				532,50
B	BAHAN				
	Jumlah Harga Bahan				-
C	PERALATAN				
	Exca 80-120Hp	jam	0,006	668.200,00	3.942
	Dump truck 7,5 ton	jam	0,109	344.400,00	37.402
	Jumlah Harga Alat				41.344
D	Jumlah (A+B+C)				41.876,72
E	Biaya Umum dan Keuntungan (Maksimum 15%)		10 % x D		4.187,67
F	Harga Satuan (D+E)				46.064,39

Galian Struktur tanah biasa 1 m3 di kedalaman 2 m dibuang di site (mekanis)

No	Uraian	Satuan	Koefisien	Harga Satuan (Rp)	Jumlah Harga (Rp)
A	TENAGA KERJA				
	Pekerja	OH	0,003	122.500	355
	Mandor	OH	0,001	145.000	102
	Jumlah Harga Tenaga Keja				457
B	BAHAN				
					-
	Jumlah Harga bahan				-
C	PERALATAN				
	Excavator 80-140 HP	jam	0,042	668.200	27.797
	Alat bantu	set	0,010	50.000	500
	Jumlah Harga Peralatan				28.297
D	Jumlah (A+B+C)				28.754
E	Biaya Umum dan Keuntungan (Maksimum 15%)		10 % x D		2.875
F	Harga Satuan (D+E)				31.629

Penghamparan 1 m3 dengan Pasir Urug t=100mm

No	Uraian	Satuan	Koefisien	Harga Satuan (Rp)	Jumlah Harga (Rp)
A	TENAGA KERJA				
	Pekerja	OH	0,300	122.500	36.750
	Mandor	OH	0,010	145.000	1.450
	Jumlah Harga Tenaga Keja				38.200
B	BAHAN				
	Pasir urug (quarry - lokasi pekerjaan)	m3	1,200	306.000	367.200
	Jumlah Harga bahan				367.200
C	PERALATAN				
	Jumlah Harga Peralatan				-
D	Jumlah (A+B+C)				405.400
E	Biaya Umum dan Keuntungan (Maksimum 15%)		10 % x D		40.540
F	Harga Satuan (D+E)				445.940

Pengurangan Kembali 1 m3 Galian Tanah					
No	Uraian	Satuan	Koefisien	Harga Satuan (Rp)	Jumlah Harga (Rp)
A	TENAGA KERJA				
	Mengurug kembali 1m³ galian			57.083	57.083
	dihitung dari 1/3 kali indeks pekerjaan galian				
	Jumlah Harga Tenaga Keja				57.083
B	BAHAN				
	Jumlah Harga bahan				-
C	PERALATAN				
	Jumlah Harga Peralatan				-
D	Jumlah (A+B+C)				57.083
E	Biaya Umum dan Keuntungan (Maksimum 15%)		10 % x D		5.708
F	Harga Satuan (D+E)				62.792

Pemadatan Tanah per 20cm

No	Uraian	Satuan	Koefisien	Harga Satuan (Rp)	Jumlah Harga (Rp)
A	TENAGA KERJA				
	Pekerja	OH	0,500	122.500	61.250
	Mandor	OH	0,050	145.000	7.250
	Jumlah Harga Tenaga Keja				68.500
B	BAHAN				
	Jumlah Harga bahan				-
C	PERALATAN				
	Stamper	jam	0,250	35.000	8.750
	Jumlah Harga Peralatan				8.750
D	Jumlah (A+B+C)				77.250
E	Biaya Umum dan Keuntungan (Maksimum 15%)		10 % x D		7.725
F	Harga Satuan (D+E)				84.975

Pengecoran Penulangan Bekisting Perancah

Penulangan Pondasi Bored Pile					
No	Uraian	Satuan	Koefisien	Harga Satuan (Rp)	Jumlah Harga (Rp)
A	TENAGA KERJA				
	Pekerja	OH	0,007	122.500	858
	Tukang Besi	OH	0,007	145.000	1.015
	Kepala Tukang	OH	0,001	155.000	109
	Mandor	OH	0,001	145.000	102
	Jumlah Harga Tenaga Keja				2.083
B	BAHAN				
	Baja tulangan ulir U-32	kg	42,405	14.500	614.873
	Jumlah Harga bahan				614.873
C	PERALATAN				
	Crawler crane	Jam	0,488	359.800,00	175.726
	Jumlah Harga Peralatan				175.726
D	Jumlah (A+B+C)				792.681
E	Biaya Umum dan Keuntungan (Maksimum 15%)		10 % x D		79.268
F	Harga Satuan (D+E)				871.949

Pengecoran Pondasi Bored Pile

No	Uraian	Satuan	Koefisien	Harga Satuan (Rp)	Jumlah Harga (Rp)
A	TENAGA KERJA				
	Pekerja	OH	0,237	122.500	28.996
	Tukang batu	OH	0,118	20.080	2.375
	Mandor	OH	0,039	145.000	5.713
	Jumlah Harga Tenaga Keja				37.084
B	BAHAN				
	Beton Ready Mix fc' 37,350 Mpa	m3	0,283	1.096.200	309.896
	Jumlah Harga bahan				309.896
C	PERALATAN				
	Concrete Pump	jam	0,043	1.484.000	63.218
	Vibrator	jam	0,057	61.100	3.477
	Alat bantu	set	1,000	50.000	50.000
	Jumlah Harga Peralatan				116.695
D	Jumlah (A+B+C)				463.675
E	Biaya Umum dan Keuntungan (Maksimum 15%)		10 % x D		46.367
F	Harga Satuan (D+E)				510.042

Bongkar 1 m3 beton dengan jack hammer

No	Uraian	Satuan	Koefisien	Harga Satuan (Rp)	Jumlah Harga (Rp)
A	TENAGA KERJA				
	Pekerja	OH	0,900	122.500,00	110.250,00
	Mandor	OH	0,500	145.000,00	72.500,00
	Jumlah Harga Tenaga Kerja				182.750,00
B	BAHAN				
	Jumlah Harga Bahan				-
C	PERALATAN				
	Jack Hammer	jam	0,160	50.300	8.048
	Palu / Godam (baja keras)	buah	0,050	25.000	1.250
	Gergaji Besi	buah	0,100	3.500	350
	Pahat Beton (baja keras)	buah	0,200	15.000	3.000
	Jumlah Harga Alat				12.648
D	Jumlah (A+B+C)				195.398,00
E	Biaya Umum dan Keuntungan (Maksimum 15%)		10 % x D		19.539,80
F	Harga Satuan (D+E)				214.937,80

1 m³ Pengecoran Beton menggunakan Ready Mixed fc' 7,4 MPa dan pompa beton

No	Uraian	Satuan	Koefisien	Harga Satuan (Rp)	Jumlah Harga (Rp)
A	TENAGA KERJA				
	Pekerja	OH	0,057	122.500	6.970
	Tukang Batu	OH	0,341	145.000	49.503
	Mandor	OH	0,683	145.000	98.992
	Jumlah Harga Tenaga Keja				155.465
B	BAHAN				
	Beton Ready Mix fc' 7,4 Mpa	m3	1,060	854.900	906.194
	Jumlah Harga bahan				906.194
C	PERALATAN				
	Pompa Beton	jam	0,112	1.484.000	165.956
	Vibrator	jam	0,057	61.100	3.477
	Alat Bantu	set	0,100	50.000	5.000
	Jumlah Harga Peralatan				174.432
D	Jumlah (A+B+C)				1.236.091
E	Biaya Umum dan Keuntungan (Maksimum 15%)		10 % x D		123.609
F	Harga Satuan (D+E)				1.359.700

Pemasangan 1m2 dinding bata merah (5x11x22) cm tebal ½ batu campuran 1SP : 2PP

No	Uraian	Satuan	Koefisien	Harga Satuan (Rp)	Jumlah Harga (Rp)
A	TENAGA KERJA				
	Pekerja	OH	0,300	122.500,00	36.750,00
	Tukang Batu	OH	0,100	145.000,00	14.500,00
	Kepala Tukang	OH	0,010	155.000,00	1.550,00
	Mandor	OH	0,015	145.000,00	2.175,00
	Jumlah Harga Tenaga Kerja				54.975,00
B	BAHAN				
	Bata merah 5 x 11 x 22 cm	buah	70,000	700	49.000,00
	Sement Portland	Kg	18,950	1.475	27.951,25
	Pasir muntilan (quarry - lokasi pekerjaan)	m3	0,038	413.700	15.720,60
	Jumlah Harga Bahan				92.671,85
C	PERALATAN				
					-
	Jumlah Harga Alat				-
D	Jumlah (A+B+C)				147.646,85
E	Biaya Umum dan Keuntungan (Maksimum 15%)		10 % x D		14.764,69
F	Harga Satuan (D+E)				162.411,54

Pembesian per kg dengan besi polos atau besi ulir

No	Uraian	Satuan	Koefisien	Harga Satuan (Rp)	Jumlah Harga (Rp)
A	TENAGA KERJA				
	Pekerja	OH	0,007	122.500	857,500
	Tukang Besi	OH	0,007	145.000	1.015,000
	Kepala Tukang	OH	0,001	155.000	108,500
	Mandor	OH	0,001	145.000	101,500
	Jumlah Harga Tenaga Keja				2.082,500
B	BAHAN				
	Besi Beton	Kg	1,050	14.500	15.225,00
	Kawat Beton	Kg	0,015	20.420	306,300
	Jumlah Harga bahan				15.531,300
C	PERALATAN				
					-
	Jumlah Harga Peralatan				-
D	Jumlah (A+B+C)				17.613,800
E	Biaya Umum dan Keuntungan (Maksimum 15%)		10 % x D		1.761,380
F	Harga Satuan (D+E)				19.375,180

1 m³ Pengecoran Beton menggunakan Ready Mixed fc' 37,350 MPa dan pompa beton

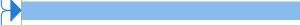
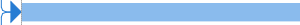
No	Uraian	Satuan	Koefisien	Harga Satuan (Rp)	Jumlah Harga (Rp)
A	TENAGA KERJA				
	Pekerja	OH	0,057	122.500	6.970
	Tukang Batu	OH	0,341	145.000	49.503
	Mandor	OH	0,683	145.000	98.992
	Jumlah Harga Tenaga Keja				155.465
B	BAHAN				
	Beton Ready Mix fc' 37,350 Mpa	m3	1,060	1.096.200	1.161.972
	Jumlah Harga bahan				1.161.972
C	PERALATAN				
	Pompa Beton	jam	0,112	1.484.000	165.956
	Vibrator	jam	0,057	61.100	3.477
	Alat Bantu	set	0,100	50.000	5.000
	Jumlah Harga Peralatan				174.432
D	Jumlah (A+B+C)				1.491.869
E	Biaya Umum dan Keuntungan (Maksimum 15%)		10 % x D		149.187
F	Harga Satuan (D+E)				1.641.056

Pemasangan 1 m2 Bekisting untuk Kolom Beton Bangunan Gedung					
No	Uraian	Satuan	Koefisien	Harga Satuan (Rp)	Jumlah Harga (Rp)
A	TENAGA KERJA				
	Pekerja	OH	0,660	122.500	80.850
	Tukang Kayu	OH	0,330	145.000	47.850
	Kepala Tukang	OH	0,033	155.000	5.115
	Mandor	OH	0,033	145.000	4.785
	Jumlah Harga Tenaga Keja				138.600
B	BAHAN				
	Paku 5-12 Cm	Kg	0,400	20.080	8.032
	Balok Kayu Meranti	Kg	0,015	6.966.600	104.499
	Kayu Glugu	m3	0,040	4.733.300	189.332
	Multipleks 12 mm	lbr	0,350	169.100	59.185
	Minyak Beton & Bekisting	ltr	0,200	16.800	3.360
	Bambu Diameter 8-10 / 400 Cm	Batang	2,000	16.100	32.200
	Jumlah Harga bahan				396.608
C	PERALATAN				
	Jumlah Harga Peralatan				-
D	Jumlah (A+B+C)				535.208
E	Biaya Umum dan Keuntungan (Maksimum 15%)		10 % x D		53.521
F	Harga Satuan (D+E)				588.729
Pemasangan 1 m2 Bekisting untuk Balok Beton Bangunan Gedung					
No	Uraian	Satuan	Koefisien	Harga Satuan (Rp)	Jumlah Harga (Rp)
A	TENAGA KERJA				
	Pekerja	OH	0,660	122.500	80.850
	Tukang Kayu	OH	0,330	145.000	47.850
	Kepala Tukang	OH	0,033	155.000	5.115
	Mandor	OH	0,033	145.000	4.785
	Jumlah Harga Tenaga Keja				138.600
B	BAHAN				
	Paku 5-12 Cm	Kg	0,400	20.080	8.032
	Balok Kayu Meranti	m3	0,018	6.966.600	125.399
	Kayu Glugu	m3	0,040	4.733.300	189.332
	Multipleks 12 mm	lbr	0,350	169.100	59.185
	Minyak Beton & Bekisting	ltr	0,200	16.800	3.360
	Bambu Diameter 8-10 / 400 Cm	Batang	2,000	16.100	32.200
	Jumlah Harga bahan				417.508
C	PERALATAN				
	Jumlah Harga Peralatan				-
D	Jumlah (A+B+C)				556.108
E	Biaya Umum dan Keuntungan (Maksimum 15%)		10 % x D		55.611
F	Harga Satuan (D+E)				611.719

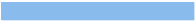
Pemasangan 1 m2 Bekisting untuk Plat Lantai Beton Bangunan Gedung					
No	Uraian	Satuan	Koefisien	Harga Satuan (Rp)	Jumlah Harga (Rp)
A	TENAGA KERJA				
	Pekerja	OH	0,660	122.500	80.850
	Tukang Kayu	OH	0,330	145.000	47.850
	Kepala Tukang	OH	0,033	155.000	5.115
	Mandor	OH	0,033	145.000	4.785
	Jumlah Harga Tenaga Kerja				138.600
B	BAHAN				
	Paku 5-12 Cm	Kg	0,400	20.080	8.032
	Balok Kayu Meranti	M3	0,015	6.966.600	104.499
	Kayu Glugu	m3	0,040	4.733.300	189.332
	Plywood 9 mm	lbr	0,350	169.100	59.185
	Minyak Beton & Bekisting	ltr	0,200	16.800	3.360
	Bambu Diameter 8-10 / 400 Cm	Batang	6,000	16.100	96.600
	Jumlah Harga bahan				461.008
C	PERALATAN				
	Jumlah Harga Peralatan				-
D	Jumlah (A+B+C)				599.608
E	Biaya Umum dan Keuntungan (Maksimum 15%)		10 % x D		59.961
F	Harga Satuan (D+E)				659.569
Penulangan dan Pengecoran m' Pondasi Tiang Bor Ø 800 mm, mekanis <i>crawler crane</i>					
No	Uraian	Satuan	Koefisien	Harga Satuan (Rp)	Jumlah Harga (Rp)
A	TENAGA KERJA				
	Pekerja	OJ	0,541	24.500,00	13.244,70
	Tukang	OJ	0,090	29.000,00	2.612,90
	Mandor	OJ	0,054	29.000,00	1.568,90
	Jumlah Harga Tenaga Kerja				17.426,50
B	BAHAN				
	Baja Tulangan Pondasi Tiang Bor 100 Kg/m ³ B	Kg	28,274	14.500,00	409.977,35
	Campuran Beton fc' = 30 Mpa	m ³	0,288	1.096.200,00	316.034,46
	Jumlah Harga Bahan				726.011,81
C	PERALATAN				
	<i>Crawler crane</i>	Jam	0,488	359.800,00	175.726
	Jumlah Harga Alat				175.726,32
D	Jumlah (A+B+C)				919.164,63
E	Biaya Umum dan Keuntungan (Maksimum 15%)		10 % x D		91.916,46
F	Harga Satuan (D+E)				1.011.081,09

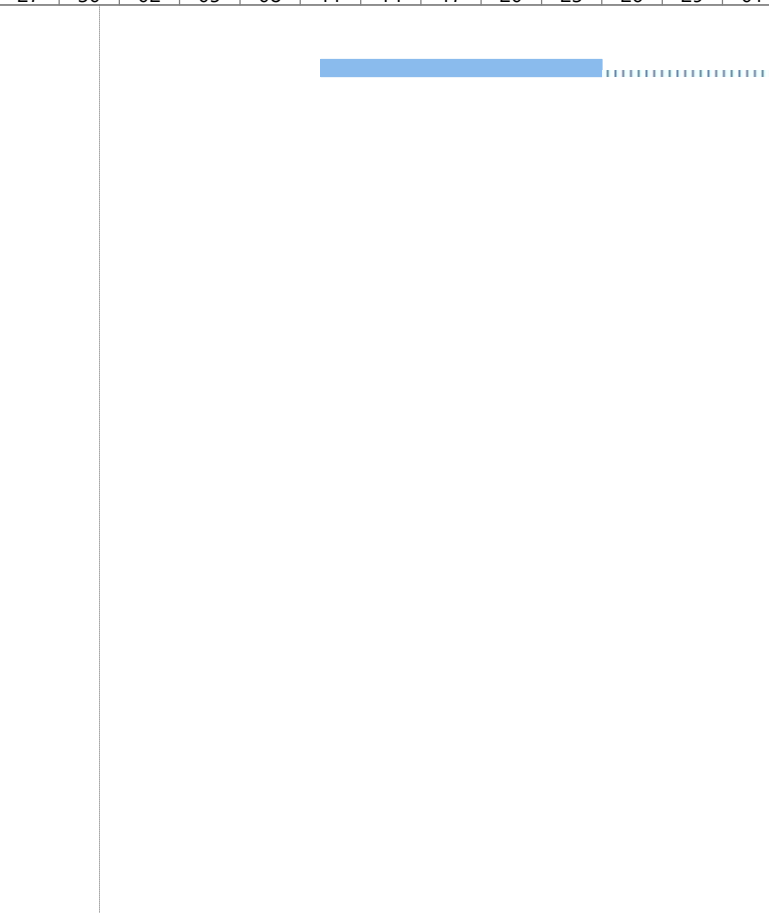


TIME SCHEDULE

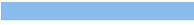
ID		Task Mode	Task Name	Duration	Start	Finish	January 2026													
							27	30	02	05	08	11	14	17	20	23	26	29	01	
1			PEKERJAAN PERSIAPAN	14 days	Thu 01/01/26	Wed 14/01/26														
2			Bouwplank dan Pengukuran	14 days	Thu 01/01/26	Wed 14/01/26														
3			Pembuatan Pagar Sementara 2,1 m	14 days	Thu 01/01/26	Wed 14/01/26														
4			Pembuatan Direksi Keet	14 days	Thu 01/01/26	Wed 14/01/26														
5			Pasang Papan Nama Proyek (120x240 cm)	14 days	Thu 01/01/26	Wed 14/01/26														
6			Mobilisasi dan Demobilisasi Alat Berat	14 days	Thu 01/01/26	Wed 14/01/26														
7			PEKERJAAN TANAH DAN GALIAN	119 days	Thu 01/01/26	Wed 29/04/26														
8			Pembersihan 1 m2 lapangan dan perataan	14 days	Thu 01/01/26	Wed 14/01/26														
9			Pengeboran Pondasi Tiang Bor	70 days	Thu 15/01/26	Wed 25/03/26														
10			Pembuangan galian bore pile dibuang ke luar lokasi pekerjaan (mekanis)	56 days	Thu 29/01/26	Wed 25/03/26														
11			Galian Pile Cap, Tie Beam, dan Plat Lantai Tanah Biasa >2 m dibuang di site (mekanis)	14 days	Thu 12/03/26	Wed 25/03/26														
12			Penghamparan Pasir Urug Pile cap tie beam plat Tebal 100mm	14 days	Thu 19/03/26	Wed 01/04/26														
13			Pengurugan Kembali Pile Cap Tie Beam	7 days	Thu 02/04/26	Wed 08/04/26														
14			Pemadatan Kembali Tanah Dasar per 20cm	7 days	Thu 23/04/26	Wed 29/04/26														
15			Pembuangan galian pile cap tie beam plat dibuang ke luar lokasi pekerjaan (mekanis)	14 days	Thu 09/04/26	Wed 22/04/26														
16			PEKERJAAN STRUKTUR LANTAI DASAR	129 days	Mon 12/01/26	Wed 20/05/26														
17			Penulangan Pondasi Bored Pile	56 days	Thu 26/03/26	Wed 20/05/26														

Project: Project penjadwalan TA
Date: Mon 22/06/26

Task		Inactive Summary		External Tasks	
Split		Manual Task		External Milestone	
Milestone		Duration-only		Deadline	
Summary		Manual Summary Rollup		Progress	
Project Summary		Manual Summary		Manual Progress	
Inactive Task		Start-only			
Inactive Milestone		Finish-only			

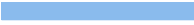
ID		Task Mode	Task Name	Duration	Start	Finish	January 2026													
							27	30	02	05	08	11	14	17	20	23	26	29	01	
18			Pengecoran Pondasi Bored Pile	28 days	Thu 23/04/26	Wed 20/05/26														
19			Pembobokan Kepala Pondasi Bored Pile	63 days	Mon 12/01/26	Wed 20/05/26														
20			PDA Test	14 days	Sun 19/04/26	Sun 03/05/26														
21			PEKERJAAN STRUKTUR LANTAI	28 days	Sun 19/04/26	Sun 17/05/26														
22			Pekerjaan pilecap	21 days	Sun 19/04/26	Sun 10/05/26														
23			Pekerjaan tie beam	21 days	Sun 19/04/26	Sun 10/05/26														
24			Pekerjaan Kolom	21 days	Sun 26/04/26	Sun 17/05/26														
25			PEKERJAAN STRUKTUR LANTAI	28 days	Sun 10/05/26	Sun 07/06/26														
26			Pekerjaan Balok	21 days	Sun 10/05/26	Sun 31/05/26														
27			Pekerjaan Plat Lantai	21 days	Sun 10/05/26	Sun 31/05/26														
28			Pekerjaan Kolom	21 days	Sun 17/05/26	Sun 07/06/26														
29			PEKERJAAN STRUKTUR LANTAI	28 days	Sun 31/05/26	Sun 28/06/26														
30			Pekerjaan Balok	21 days	Sun 31/05/26	Sun 21/06/26														
31			Pekerjaan Plat Lantai	21 days	Sun 31/05/26	Sun 21/06/26														
32			p	21 days	Sun 07/06/26	Sun 28/06/26														
33			PEKERJAAN STRUKTUR LANTAI	28 days	Sun 21/06/26	Sun 19/07/26														
34			Pekerjaan Balok	21 days	Sun 21/06/26	Sun 12/07/26														
35			Pekerjaan Plat Lantai	21 days	Sun 21/06/26	Sun 12/07/26														
36			Pekerjaan Kolom	21 days	Sun 28/06/26	Sun 19/07/26														
37			PEKERJAAN STRUKTUR LANTAI	28 days	Sun 12/07/26	Sun 09/08/26														
38			Pekerjaan Balok	21 days	Sun 12/07/26	Sun 02/08/26														
39			Pekerjaan Plat Lantai	21 days	Sun 12/07/26	Sun 02/08/26														

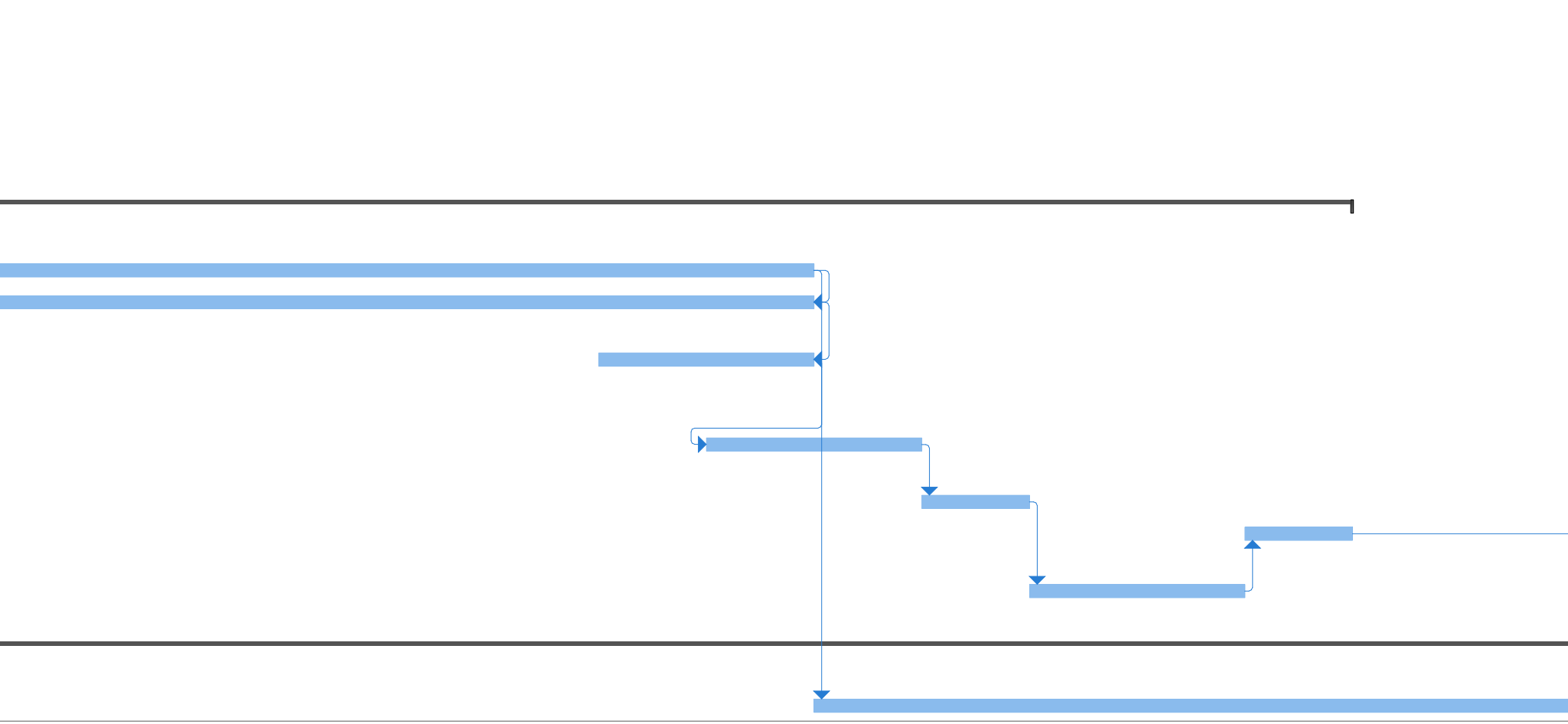
Project: Project penjadwalan TA
Date: Mon 22/06/26

Task		Inactive Summary		External Tasks	
Split		Manual Task		External Milestone	
Milestone		Duration-only		Deadline	
Summary		Manual Summary Rollup		Progress	
Project Summary		Manual Summary		Manual Progress	
Inactive Task		Start-only			
Inactive Milestone		Finish-only			

ID		Task Mode	Task Name	Duration	Start	Finish	January 2026													
							27	30	02	05	08	11	14	17	20	23	26	29	01	
40			Pekerjaan Kolom	21 days	Sun 19/07/26	Sun 09/08/26														
41			PEKERJAAN STRUKTUR LANTAI	35 days	Sun 02/08/26	Sun 06/09/26														
42			Pekerjaan Balok	21 days	Sun 02/08/26	Sun 23/08/26														
43			Pekerjaan Plat Lantai	21 days	Sun 02/08/26	Sun 23/08/26														
44			Pekerjaan Kolom	21 days	Sun 16/08/26	Sun 06/09/26														
45			PEKERJAAN STRUKTUR LANTAI	28 days	Sun 30/08/26	Sun 27/09/26														
46			Pekerjaan Balok	21 days	Sun 30/08/26	Sun 20/09/26														
47			Pekerjaan Plat Lantai	21 days	Sun 30/08/26	Sun 20/09/26														
48			Pekerjaan Kolom	21 days	Sun 06/09/26	Sun 27/09/26														
49			PEKERJAAN STRUKTUR LANTAI	28 days	Sun 20/09/26	Sun 18/10/26														
50			Pekerjaan Balok	21 days	Sun 20/09/26	Sun 11/10/26														
51			Pekerjaan Plat Lantai	21 days	Sun 20/09/26	Sun 11/10/26														
52			Pekerjaan Kolom	21 days	Sun 27/09/26	Sun 18/10/26														
53			PEKERJAAN STRUKTUR LANTAI	35 days	Sun 11/10/26	Sun 15/11/26														
54			Pekerjaan Balok	28 days	Sun 11/10/26	Sun 08/11/26														
55			Pekerjaan Plat Lantai	28 days	Sun 11/10/26	Sun 08/11/26														
56			Pekerjaan Kolom	28 days	Sun 18/10/26	Sun 15/11/26														
57			PEKERJAAN STRUKTUR ROOFTOP	21 days	Sun 08/11/26	Sun 29/11/26														
58			Pekerjaan Balok	21 days	Sun 08/11/26	Sun 29/11/26														
59			Pekerjaan Plat Lantai	21 days	Sun 08/11/26	Sun 29/11/26														

Project: Project penjadwalan TA
Date: Mon 22/06/26

Task		Inactive Summary		External Tasks	
Split		Manual Task		External Milestone	
Milestone		Duration-only		Deadline	
Summary		Manual Summary Rollup		Progress	
Project Summary		Manual Summary		Manual Progress	
Inactive Task		Start-only			
Inactive Milestone		Finish-only			



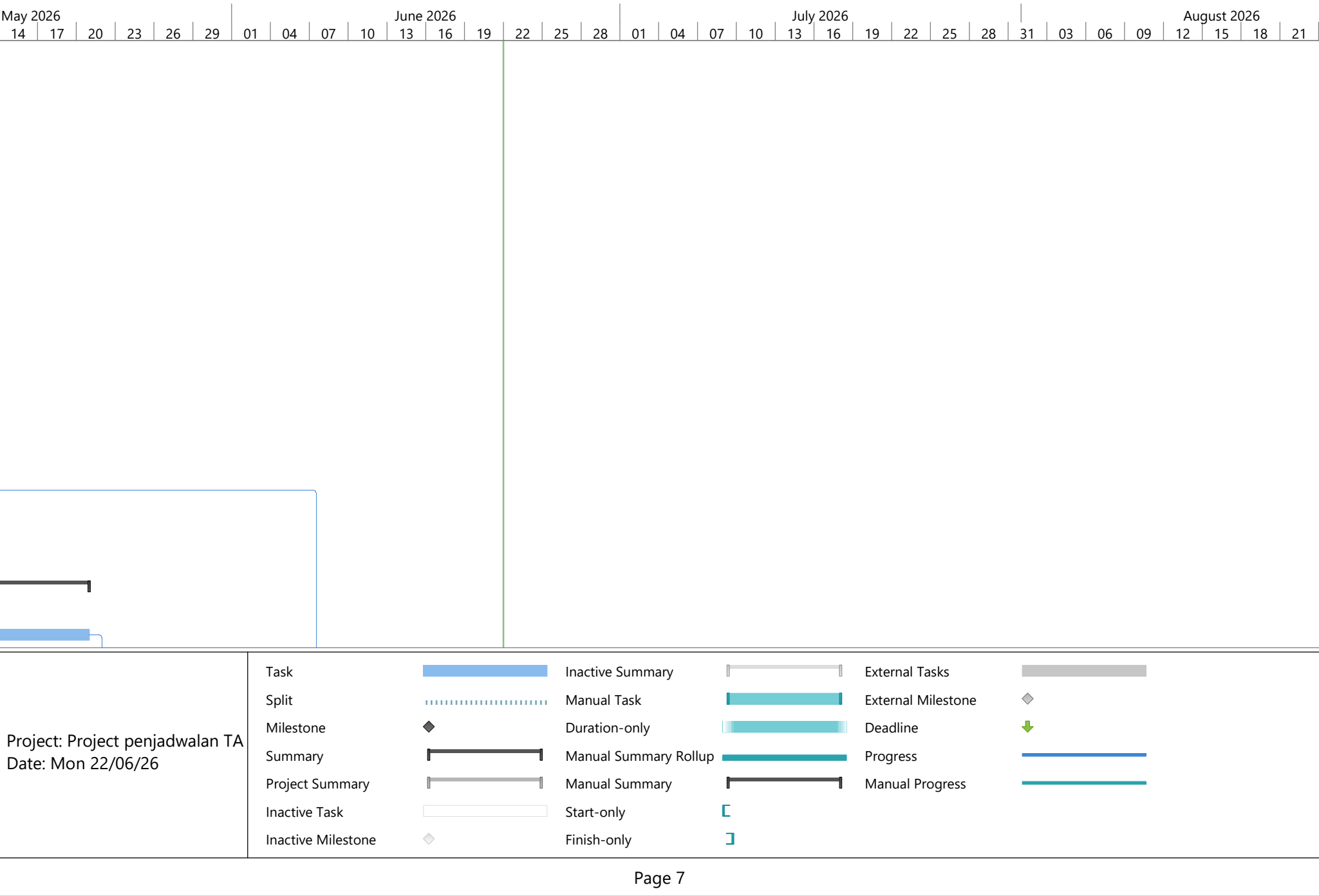
Project: Project penjadwalan TA Date: Mon 22/06/26	Task		Inactive Summary		External Tasks	
	Split		Manual Task		External Milestone	
	Milestone		Duration-only		Deadline	
	Summary		Manual Summary Rollup		Progress	
	Project Summary		Manual Summary		Manual Progress	
	Inactive Task		Start-only			
	Inactive Milestone		Finish-only			

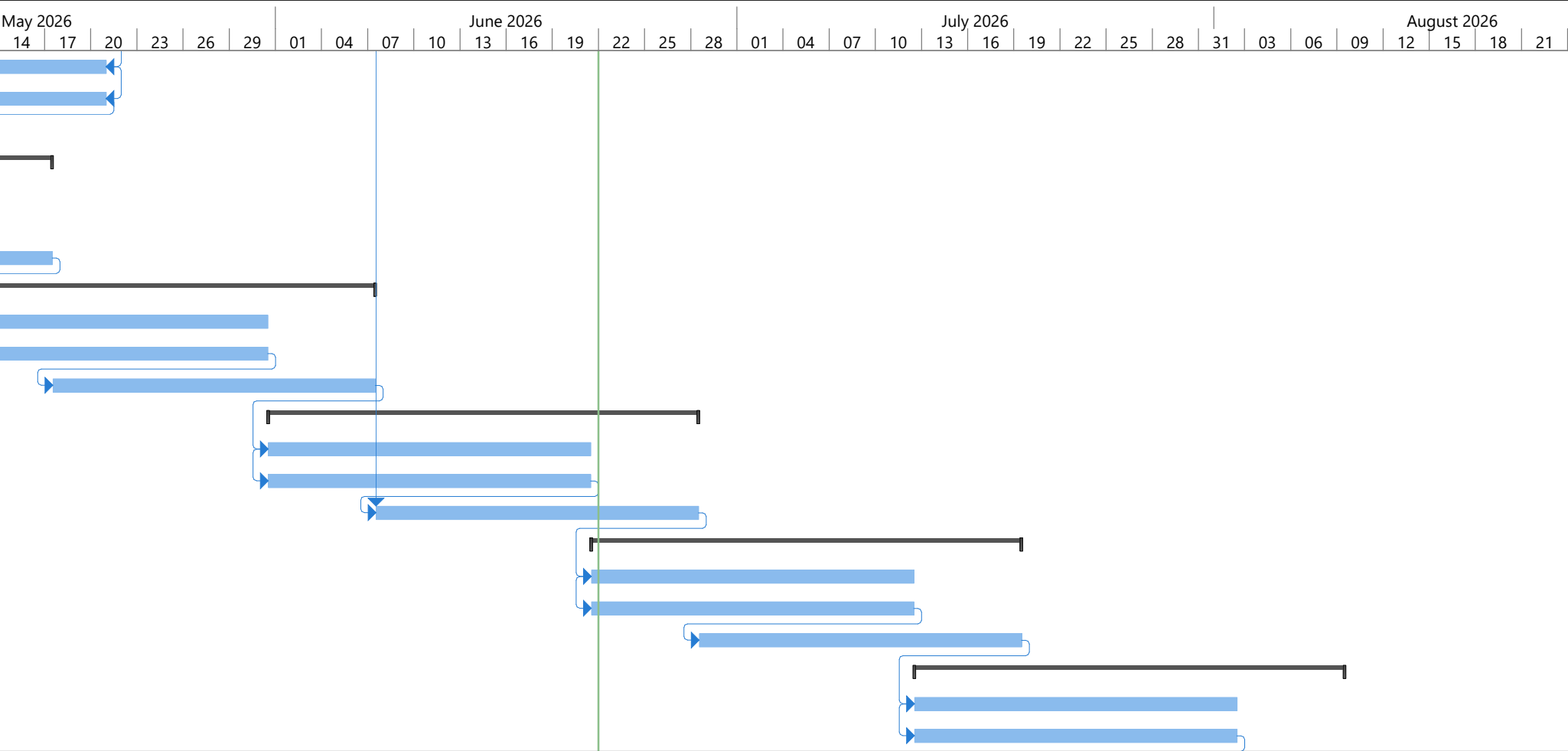


Project: Project penjadwalan TA Date: Mon 22/06/26	Task		Inactive Summary		External Tasks	
	Split		Manual Task		External Milestone	
	Milestone		Duration-only		Deadline	
	Summary		Manual Summary Rollup		Progress	
	Project Summary		Manual Summary		Manual Progress	
	Inactive Task		Start-only			
	Inactive Milestone		Finish-only			



Project: Project penjadwalan TA Date: Mon 22/06/26	Task		Inactive Summary		External Tasks	
	Split		Manual Task		External Milestone	
	Milestone		Duration-only		Deadline	
	Summary		Manual Summary Rollup		Progress	
	Project Summary		Manual Summary		Manual Progress	
	Inactive Task		Start-only			
	Inactive Milestone		Finish-only			

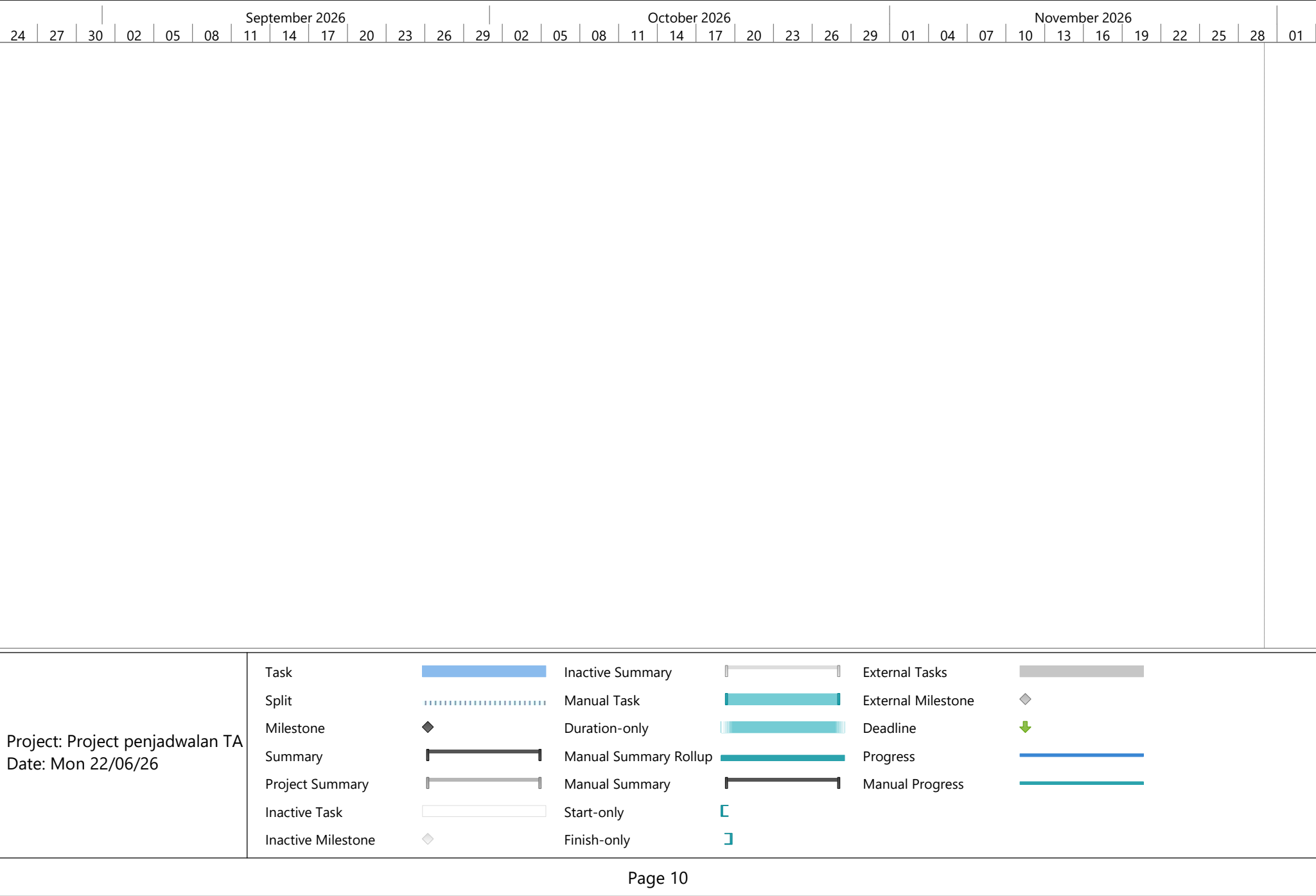




Project: Project penjadwalan TA Date: Mon 22/06/26	Task		Inactive Summary		External Tasks	
	Split		Manual Task		External Milestone	
	Milestone		Duration-only		Deadline	
	Summary		Manual Summary Rollup		Progress	
	Project Summary		Manual Summary		Manual Progress	
	Inactive Task		Start-only			
	Inactive Milestone		Finish-only			

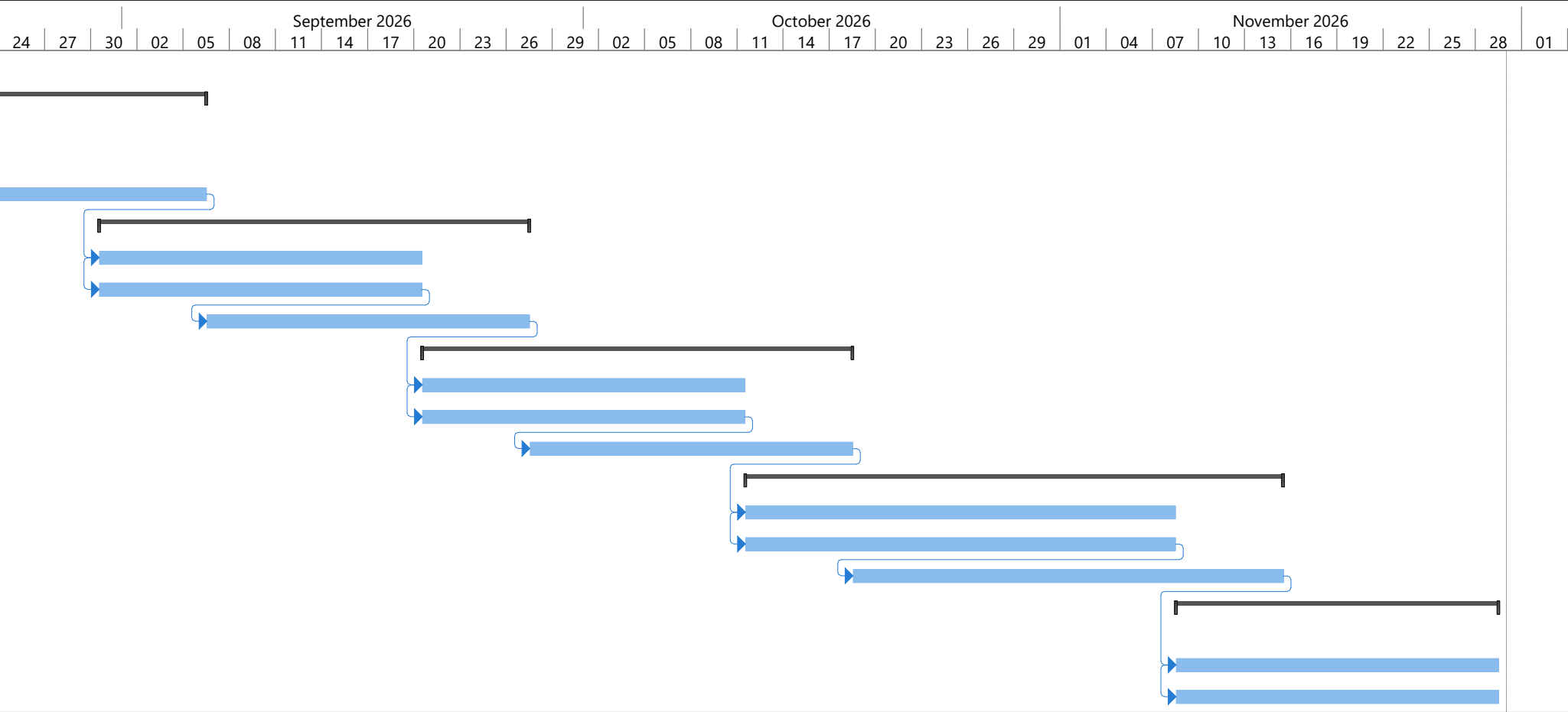


Project: Project penjadwalan TA Date: Mon 22/06/26	Task		Inactive Summary		External Tasks	
	Split		Manual Task		External Milestone	
	Milestone		Duration-only		Deadline	
	Summary		Manual Summary Rollup		Progress	
	Project Summary		Manual Summary		Manual Progress	
	Inactive Task		Start-only			
	Inactive Milestone		Finish-only			





Project: Project penjadwalan TA Date: Mon 22/06/26	Task		Inactive Summary		External Tasks	
	Split		Manual Task		External Milestone	
	Milestone		Duration-only		Deadline	
	Summary		Manual Summary Rollup		Progress	
	Project Summary		Manual Summary		Manual Progress	
	Inactive Task		Start-only			
	Inactive Milestone		Finish-only			



Project: Project penjadwalan TA Date: Mon 22/06/26	Task		Inactive Summary		External Tasks	
	Split		Manual Task		External Milestone	
	Milestone		Duration-only		Deadline	
	Summary		Manual Summary Rollup		Progress	
	Project Summary		Manual Summary		Manual Progress	
	Inactive Task		Start-only			
	Inactive Milestone		Finish-only			