

TUGAS AKHIR

**PERBANDINGAN RESPON SEISMIK DAN ANALISIS
KINERJA STRUKTUR BERDASARKAN SNI 03-1726-
2012 DAN SNI 03-1726-2019 SERTA PERENCANAAN
ULANG ELEMEN STRUKTURAL STRUKTUR ATAS
GEDUNG KULIAH BERSAMA POLITEKNIK
NEGERI CILACAP
(*COMPARISON OF SEISMIC RESPONSE AND
PERFORMANCE ANALYSIS OF STRUCTURE BASED
ON SNI 03-1726-2012 AND SNI 03-1726-2019 AND
REDESIGN OF STRUCTURAL ELEMENTS ON THE
UPPER STRUCTURE OF CILACAP STATE
POLYTECHNIC PUBLIC LECTURE BUILDING*)**

**Diajukan Kepada Universitas Islam Indonesia Yogyakarta Untuk Memenuhi
Persyaratan Memperoleh Derajat Sarjana Teknik Sipil**



**Fahmi Zuhul Imanullah Ohorella
17511154**

**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
2022**

**PERBANDINGAN RESPON SEISMIK DAN ANALISIS
KINERJA STRUKTUR BERDASARKAN SNI 03-1726-
2012 DAN SNI 03-1726-2019 SERTA PERENCANAAN
ULANG ELEMEN STRUKTURAL STRUKTUR ATAS
GEDUNG KULIAH BERSAMA POLITEKNIK
NEGERI CILACAP
(COMPARISON OF SEISMIC RESPONSE AND
PERFORMANCE ANALYSIS OF STRUCTURE BASED
ON SNI 03-1726-2012 AND SNI 03-1726-2019 AND
REDESIGN OF STRUCTURAL ELEMENTS ON THE
UPPER STRUCTURE OF CILACAP STATE
POLYTECHNIC PUBLIC LECTURE BUILDING)**

Disusun Oleh

Fahmi Zuhul Imanullah Ohorella
17511154

Telah diterima sebagai salah satu persyaratan
untuk memperoleh derajat Sarjana Teknik Sipil

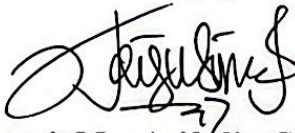
Diuji pada tanggal 02 November 2022
Oleh Dewan Penguji

Pembimbing



Malik Mushthofa, S.T., M.Eng.
NIK: 185111302

Penguji I



Anggit Mas Arifudin, S.T., M.T.
NIK: 185111304

Penguji II



Elvis Saputra, S.T., M.T.
NIK: 205111302



Mengesahkan,
Ketua Prodi Studi Teknik Sipil



Yunalia Muntafi, S.T., M.T., Ph.D.
NIK: 095110101

PERNYATAAN BEBAS PLAGIASI

Saya menyatakan dengan sesungguhnya bahwa laporan Tugas Akhir yang saya susun sebagai syarat untuk penyelesaian program Sarjana di Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia merupakan hasil karya saya sendiri. Adapun bagian-bagian tertentu dalam penulisan laporan Tugas Akhir yang saya kutip dari hasil karya orang lain telah dituliskan dalam sumbernya secara jelas sesuai dengan norma, kaidah, dan etika penulisan karya ilmiah. Apabila di kemudian hari ditemukan seluruh atau sebagian laporan Tugas Akhir ini bukan hasil karya saya sendiri atau adanya plagiasi dalam bagian-bagian tertentu, saya bersedia menerima sanksi, termasuk pencabutan gelar akademik yang saya sandang sesuai dengan perundang-undangan yang berlaku.

Yogyakarta, 02 November 2022



Fahmi Zuhail Imanullah Ohorella

(17511154)

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur penulis panjatkan kehadirat Tuhan Yang Maha Esa, sehingga penulis dapat menyelesaikan tugas akhir yang berjudul “Perbandingan Respon Seismik Struktur Atas Gedung Kuliah Bersama Politeknik Negeri Cilacap Menggunakan SNI 03-1726-2012 Dan SNI 03-1726-2019”. Laporan tugas akhir disusun sebagai salah satu syarat untuk melaksanakan tugas akhir pada program Sarjana di jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta.

Dalam penyusunan tugas akhir ini terdapat cukup banyak hambatan yang dialami penulis. Namun, berkat saran, kritik, arahan dan semangat yang diberikan dari berbagai pihak, alhamdulillah proposal tugas akhir ini dapat diselesaikan dengan baik. Tidak lupa juga, penulis ingin mengucapkan terima kasih yang sedalam-dalamnya kepada:

1. Kedua orang tua saya, yang selalu menyemangati dan berkorban serta memberikan doa tanpa henti,
2. Bapak Malik Musthofa, S.T., M.Eng. selaku dosen pembimbing,
3. Serta, teman-teman penulis yang selalu memberikan masukan dan kritik terhadap proposal tugas akhir ini.

Penulis menyadari bahwa tugas akhir ini masih jauh dari kata sempurna dan masih banyak kekurangan yang terjadi. Penulis juga mengharapkan adanya saran dan kritik agar membuat tugas akhir dapat menjadi lebih baik. Akhir kata penulis juga mengharapkan agar tugas akhir ini dapat bermanfaat untuk orang lain.

Yogyakarta, November 2022

Penulis,



Fahmi Zuhul Imanullah Ohorella

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL.....	i
HALAMAN PENGESAHAN.....	ii
PERNYATAAN BEBAS PLAGIASI.....	iii
KATA PENGANTAR.....	iv
DAFTAR ISI.....	v
DAFTAR TABEL.....	ix
DAFTAR GAMBAR.....	xiii
DAFTAR LAMPIRAN.....	xv
DAFTAR NOTASI DAN SINGKATAN.....	xvi
ABSTRAK.....	xvii
<i>ABSTRACT</i>	xviii
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	3
1.3 Tujuan Penelitian.....	3
1.4 Manfaat Penelitian.....	3
1.5 Batasan Penelitian.....	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	5
2.1 Tinjauan Pustaka.....	5
2.1.1 Perbandingan Gaya Gempa Berdasar SNI 1726 2012 dan SNI 1726 2019 terhadap struktur atas Gedung.....	6
2.1.2 Perbandingan Perancangan Bangunan Tahan Gempa Berdasarkan SNI 1726 2012 dan SNI 1726 2019.....	6
2.1.3 Studi Perbandingan Gaya Gempa Pada Struktur Bangunan Berdasar SNI 1726 2002 dan SNI 1726 2012.....	7
2.1.4 Pengaruh Perubahan SNI 1726 2012 Menjadi SNI 1726 2019 Untuk Nilai Gaya Geser Dasar Statik Ekuivalen.....	7
2.2 Keaslian Penelitian.....	7

BAB III LANDASAN TEORI.....	15
3.1 Filosofi dan Desain Bangunan Tahan Gempa.....	15
3.2 Gempa Rencana, Faktor Keutamaan Gempa, dan Kategori Risiko Struktur Bangunan.....	16
3.2.1 Gempa Rencana.....	16
3.2.2 Kategori Risiko Bangunan.....	16
3.2.3 Faktor Keutamaan Gempa.....	19
3.3 Pembebanan Struktur.....	19
3.3.1 Beban Mati (<i>Dead Load</i>).....	19
3.3.2 Beban Hidup (<i>Live Load</i>).....	20
3.4 Beban Gempa (<i>Earthquake Load</i>).....	23
3.5.1 Kombinasi Pembebanan.....	23
3.5 Ketentuan Umum Perancangan Gedung Terhadap Pengaruh Gempa.....	27
3.5.1 Klasifikasi Situs.....	28
3.5.2 Parameter Respon Spektral Percepatan Gempa Maksimum yang dipertimbangkan Risiko Tertarget (MCE_R).....	29
3.5.3 Parameter Percepatan Spektral Desain.....	33
3.5.4 Spektrum Respons.....	34
3.5.5 Kategori Desain Seismik.....	37
3.6 Sistem Penahan Gaya Gempa.....	38
3.7 Gaya Dasar Seismik.....	39
3.7.1 Perhitungan Koefisien Respon Seismik.....	39
3.8 Periode Fundamental Struktur.....	41
3.9 Struktur Bangunan Gedung Beraturan dan Tidak Beraturan.....	42
3.10 Simpangan Antar Lantai.....	46
3.11 Pengaruh P-Delta.....	47
3.12 Penentuan Skala gaya.....	47
3.13 Kinerja Batas layan.....	48
3.14 Kinerja Batas Ultimit.....	48
3.15 Analisis Struktur.....	49

3.15.1 Analisis Balok.....	49
3.15.2 Analisis Kolom.....	51
BAB IV METODE PENELITIAN.....	53
4.1 Metode Penelitian.....	53
4.2 Lokasi dan Objek Penelitian.....	53
4.3 Pengambilan Data.....	54
4.4 Program yang digunakan.....	56
4.5 Tahapan Analisis.....	56
4.5.1 Studi Literatur.....	57
4.5.2 Pengumpulan Data.....	57
4.5.3 Permodelan 3D.....	57
4.5.4 Pembebanan Struktur Gedung.....	57
4.5.5 Analisis Respons Spektrum.....	59
4.6 Bagan Alir Penelitian.....	59
BAB V ANALISIS DAN PEMBAHASAN.....	62
5.1 Konfigurasi Bangunan.....	62
5.2 Dimensi Struktur.....	63
5.3 Perhitungan Pembebanan Struktur.....	65
5.3.1 Beban Mati (<i>Dead Load</i>).....	65
5.3.2 Beban Hidup (<i>Live Load</i>).....	66
5.4 Berat Bangunan.....	67
5.4.1 Kolom.....	67
5.4.2 Balok.....	68
5.4.3 Pelat Lantai.....	73
5.4.4 Pelat Atap	74
5.4.5 Tangga.....	75
5.4.6 <i>Lift</i>	76
5.5 Klasifikasi Situs.....	78
5.6 Kategori Spektral Desain	81
5.6.1 Berdasarkan SNI 03-1726-2012.....	81
5.6.2 Berdasarkan SNI 03-1726-2019.....	85

5.7	Periode Fundamental Struktur.....	89
5.8	Koefisien Respon Seismik.....	90
5.9	Cek <i>Mass Participation Ratio</i>	91
5.9.1	Berdasarkan SNI 03-1726-2012.....	91
5.9.2	Berdasarkan SNI 03-1726-2019.....	92
5.10	Ketidakteraturan Struktur.....	93
5.10.1	Ketidakteraturan Vertikal.....	93
5.10.2	Ketidakteraturan Horizontal.....	103
5.11	Simpangan Antar Lantai.....	110
5.11.1	Berdasarkan SNI 03-1726-2012.....	110
5.11.2	Berdasarkan SNI 03-1726-2019.....	113
5.12	Pengaruh P-Delta.....	117
5.12.1	Berdasarkan SNI 03-1726-2012.....	117
5.12.2	Berdasarkan SNI 03-1726-2019.....	119
5.13	Skala Nilai Desain Untuk Respon Terkombinasi.....	122
5.13.1	Berdasarkan SNI 03-1726-2012.....	122
5.13.2	Berdasarkan SNI 03-1726-2019.....	123
5.14	Kinerja Struktur.....	125
5.14.1	Kinerja Batas Layan.....	125
5.14.2	Kinerja Batas Ultimit.....	127
5.15	Perhitungan Kebutuhan Penampang Struktur.....	130
5.15.1	Balok.....	130
5.15.2	Kolom.....	166
5.16	Rangkuman Hasil dan Pembahasan.....	183
5.16.1	Periode.....	183
5.16.2	Gaya Geser Dasar.....	184
5.16.3	Ketidakteraturan Struktur.....	184
5.16.4	<i>Mass Participation Ratios</i>	188
5.16.5	Simpangan Antar Lantai.....	190
5.16.6	Pengaruh P-Delta.....	191
5.16.7	Kinerja Batas Layan.....	192

5.16.8 Kinerja Batas Ultimit.....	192
5.16.9 Perhitungan Kebutuhan Penampang Struktur.....	193
BAB VI KESIMPULAN DAN SARAN.....	197
6.1 Kesimpulan.....	197
6.2 Saran.....	198
DAFTAR PUSTAKA.....	199



DAFTAR TABEL

Tabel 2.1	Perbandingan Penelitian Terdahulu dan Penelitian Sekarang.....	9
Tabel 3.1	Kategori Risiko Bangunan Gedung dan Non Gedung Untuk Beban Gempa.....	17
Tabel 3.2	Faktor Keutamaan Gempa.....	19
Tabel 3.3	Berat Sendiri Bahan Bangunan.....	19
Tabel 3.4	Beban Hidup Terdistribusi Merata Minimum dan Beban Hidup Terpusat Minimum.....	21
Tabel 3.5	Klasifikasi Situs.....	28
Tabel 3.6	Klasifikasi Situs, Fa Menurut SNI 03-1726-2012.....	31
Tabel 3.7	Klasifikasi Situs, Fv Menurut SNI 03-1726-2012.....	32
Tabel 3.8	Klasifikasi Situs, Fa Menurut SNI 03-1726-2019.....	32
Tabel 3.9	Klasifikasi Situs, Fv Menurut SNI 03-1726-2019.....	33
Tabel 3.10	Kategori Desain Seismik Berdasarkan Percepatan Respons Spektrum Periode Pendek.....	37
Tabel 3.11	Kategori Desain Seismik Berdasarkan Percepatan Respons Spektrum Periode 1,0 detik.....	37
Tabel 3.12	Faktor R, Cd dan Ω_0 Untuk Sistem Penahan Gaya Gempa.....	38
Tabel 3.13	Koefisien Batas Atas Pada Periode yang Dihitung.....	41
Tabel 3.14	Nilai Parameter Periode Pendekatan C_t dan x	42
Tabel 3.15	Momen Inersia penampang.....	42
Tabel 3.15	Ketidakteraturan Horizontal Struktur.....	43
Tabel 3.16	Ketidakteraturan Vertikal Struktur.....	44
Tabel 4.1	Dimensi Kolom Gedung Kuliah Bersama Politeknik Negeri Cilacap.....	55
Tabel 4.2	Dimensi Balok Gedung Kuliah Bersama Politeknik Negeri Cilacap.....	55

Tabel 4.3	Dimensi Plat Lantai Gedung Kuliah Bersama Politeknik Negeri Cilacap.....	56
Tabel 4.4	Berat Sendiri Bahan Bangunan dan Komponen Gedung.....	58
Tabel 5.1	Data Bangunan.....	63
Tabel 5.2	Data Elevasi Gedung.....	63
Tabel 5.3	Dimensi Kolom.....	64
Tabel 5.4	Dimensi Balok.....	64
Tabel 5.5	Dimensi Pelat Lantai.....	65
Tabel 5.6	Beban Mati Tambahan Pelat Lantai.....	66
Tabel 5.7	Beban Mati Tambahan Pelat Atap.....	66
Tabel 5.8	Rekapitulasi Perhitungan Berat Sendiri Kolom.....	67
Tabel 5.9	Perhitungan Berat Sendiri Balok Lantai 1.....	68
Tabel 5.10	Perhitungan Berat Sendiri Balok Lantai 2.....	69
Tabel 5.11	Perhitungan Berat Sendiri Balok Lantai 3.....	70
Tabel 5.12	Perhitungan Berat Sendiri Balok Lantai 4.....	71
Tabel 5.13	Perhitungan Berat Sendiri Balok Lantai 5.....	72
Tabel 5.14	Rekapitulasi Hasil Perhitungan Berat Sendiri Balok.....	73
Tabel 5.15	Rekapitulasi Hasil Perhitungan Berat Sendiri Plat Lantai.....	74
Tabel 5.16	Rekapitulasi Hasil Perhitungan Berat Sendiri Plat Atap.....	75
Tabel 5.17	Rekapitulasi Hasil Perhitungan Berat Sendiri Tangga.....	76
Tabel 5.18	Rekapitulasi Hasil Perhitungan <i>Lift</i>	77
Tabel 5.19	Rekapitulasi Berat Struktur.....	77
Tabel 5.20	Perhitungan N-SPT Titik 1.....	78
Tabel 5.21	Perhitungan N-SPT Titik 2.....	79
Tabel 5.22	Perhitungan N-SPT Titik 3.....	80
Tabel 5.23	Interpolasi Linier untuk Nilai Fa SNI 03-1726-2012.....	82
Tabel 5.24	Interpolasi Linier untuk Nilai Fv SNI 03-1726-2012.....	82
Tabel 5.25	Interpolasi Linier untuk Nilai Fa SNI 03-1726-2019.....	86
Tabel 5.26	Interpolasi Linier untuk Nilai Fv SNI 03-1726-2019.....	86
Tabel 5.27	<i>Mass Participation Ratio</i> SNI 03-1726-2012.....	92
Tabel 5.28	<i>Mass Participation Ratio</i> SNI 03-1726-2019.....	93

Tabel 5.29	Ketidakteraturan Vertikal 1a Pada Beban Gempa Arah X.....	95
Tabel 5.30	Ketidakteraturan Vertikal 1a Pada Beban Gempa Arah Y.....	96
Tabel 5.31	Ketidakteraturan Vertikal 1b Pada Beban Gempa Arah X.....	97
Tabel 5.32	Ketidakteraturan Vertikal 1b Pada Beban Gempa Arah Y.....	98
Tabel 5.33	Ketidakteraturan Massa.....	99
Tabel 5.34	Ketidakteraturan Geometri Vertikal.....	100
Tabel 5.35	Perhitungan Ketidakteraturan Tingkat lemah.....	103
Tabel 5.36	Ketidakteraturan Torsi Pada Gempa Arah +100%EX+30%EY.....	104
Tabel 5.37	Ketidakteraturan Torsi Pada Gempa Arah +100%EX-30%EY.....	104
Tabel 5.38	Ketidakteraturan Torsi Pada Gempa Arah -100%EX+30%EY.....	104
Tabel 5.39	Ketidakteraturan Torsi Pada Gempa Arah -100%EX-30%EY.....	105
Tabel 5.40	Ketidakteraturan Torsi Pada Gempa Arah +30%EX+100%EY.....	105
Tabel 5.41	Faktor Pembesar Torsi Pada Gempa Arah +30%EX+100%EY.....	106
Tabel 5.42	Ketidakteraturan Torsi Pada Gempa Arah -30%EX-100%EY.....	106
Tabel 5.43	Ketidakteraturan Torsi Pada Gempa Arah -30%EX+100%EY.....	106
Tabel 5.44	Faktor Pembesar Torsi Pada Gempa Arah -30%EX+100%EY.....	107
Tabel 5.45	Ketidakteraturan Torsi Pada Gempa Arah -30%EX-100%EY.....	108
Tabel 5.46	Pengecekan Diskontinuitas Diafragma.....	109
Tabel 5.47	Pengecekan Faktor Redundansi Gempa Arah X Berdasarkan SNI 03-1726-2012.....	111
Tabel 5.48	Pengecekan Faktor Redundansi Gempa Arah Y Berdasarkan SNI 03-1726-2012.....	112
Tabel 5.49	Rekapitulasi Perhitungan Simpangan Antar Lantai Arah X Berdasarkan SNI 03-1726-2012.....	112
Tabel 5.50	Rekapitulasi Perhitungan Simpangan Antar Lantai Arah Y Berdasarkan SNI 03-1726-2012.....	113
Tabel 5.51	Pengecekan Faktor Redundansi Gempa Arah X Berdasarkan SNI 03-1726-2019.....	115
Tabel 5.52	Pengecekan Faktor Redundansi Gempa Arah Y Berdasarkan SNI 03-1726-2019.....	115

Tabel 5.53 Rekapitulasi Perhitungan Simpangan Antar Lantai Arah X Berdasarkan SNI 03-1726-2019.....	116
Tabel 5.54 Rekapitulasi Perhitungan Simpangan Antar Lantai Arah Y Berdasarkan SNI 03-1726-2019.....	116
Tabel 5.55 Perhitungan Pengaruh P-Delta Arah X Berdasarkan SNI 03-1726-2012.....	118
Tabel 5.56 Perhitungan Pengaruh P-Delta Arah Y Berdasarkan SNI 03-1726-2012.....	118
Tabel 5.57 Perhitungan Pengaruh P-Delta Arah X Berdasarkan SNI 03-1726-2019.....	120
Tabel 5.58 Perhitungan Pengaruh P-Delta Arah Y Berdasarkan SNI 03-1726-2019.....	121
Tabel 5.59 Kinerja Batas Layan pada Gempa Arah X.....	126
Tabel 5.60 Kinerja Batas Layan pada Gempa Arah Y.....	127
Tabel 5.61 Kinerja Batas Ultimit pada Gempa Arah X.....	129
Tabel 5.62 Kinerja Batas Ultimit pada Gempa Arah Y.....	129
Tabel 5.63 Rekapitulasi Momen Balok Sebelum Redistribusi Momen.....	130
Tabel 5.64 Rekapitulasi Momen Balok Setelah Redistribusi Momen.....	134
Tabel 5.65 Rekapitulasi Momen untuk Desain Tulangan Lentur.....	136
Tabel 5.66 Rekapitulasi Momen Kapasitas Balok.....	159
Tabel 5.67 Rekapitulasi Penulangan Balok.....	165
Tabel 5.68 Rekapitulasi Penulangan Balok Eksisting.....	166
Tabel 5.69 Rekapitulasi Mu-Pu Kolom	167
Tabel 5.70 Rekapitulasi Penulangan Lentur Kolom.....	175
Tabel 5.71 Rekapitulasi SCWB.....	176
Tabel 5.72 Rekapitulasi Gaya Geser Kolom.....	176
Tabel 5.73 Rekapitulasi Tulangan Geser Kolom.....	182
Tabel 5.74 Rekapitulasi Tulangan Lentur Kolom Eksisting.....	182
Tabel 5.75 Rekapitulasi Tulangan Geser Kolom Eksisting.....	183
Tabel 5.76 Rekapitulasi Ketidakberaturan Tingkat Lunak Arah X.....	185
Tabel 5.77 Rekapitulasi Ketidakberaturan Tingkat Lunak Arah Y.....	185

Tabel 5.78 Rekapitulasi Ketidakberaturan Massa.....	185
Tabel 5.79 Rekapitulasi Ketidakberaturan Geometri Vertikal.....	186
Tabel 5.80 Rekapitulasi Ketidakberaturan Tingkat Lemah.....	186
Tabel 5.81 Rekapitulasi Ketidakberaturan Torsi Gempa Arah X.....	187
Tabel 5.82 Rekapitulasi Ketidakberaturan Torsi Gempa Arah Y.....	187
Tabel 5.83 Rekapitulasi Ketidakberaturan Torsi Gempa Arah Y.....	187
Tabel 5.84 Rekapitulasi Ketidakberaturan Diskontinuitas Diafragma.....	188
Tabel 5.85 <i>Mass Participation Ratios</i> SNI 03-1726-2012.....	189
Tabel 5.86 <i>Mass Participation Ratios</i> SNI 03-1726-2019.....	190
Tabel 5.87 Rekapitulasi Simpangan Antar Lantai SNI 03-1726-2012.....	190
Tabel 5.88 Rekapitulasi Simpangan Antar Lantai SNI 03-1726-2019.....	191
Tabel 5.89 Rekapitulasi Pengaruh P-Delta SNI 03-1726-2012.....	191
Tabel 5.90 Rekapitulasi Pengaruh P-Delta SNI 03-1726-2019.....	192
Tabel 5.91 Rekapitulasi Kinerja Batas Layan.....	192
Tabel 5.92 Rekapitulasi Kinerja Batas Ultimit.....	193
Tabel 5.93 Rekapitulasi Perbandingan Proporsi Tulangan Balok.....	194
Tabel 5.94 Rekapitulasi Perbandingan Proporsi Tulangan Kolom.....	196

DAFTAR GAMBAR

Gambar 3.1	Level-level Kerusakan Bangunan.....	16
Gambar 3.2	Ilustrasi Arah Datang Gempa.....	26
Gambar 3.3	Ss, Gempa Maksimum yang dipertimbangkan risiko-tertarget untuk spektrum respons perioda 0,2 detik menurut SNI 03-1726-2012 dan SNI 03-1726-2019.....	30
Gambar 3.4	S ₁ , Gempa maksimum yang dipertimbangkan risiko-tertarget untuk spektrum respons perioda 1,0 detik menurut SNI 03-1726-2012 dan SNI 03-1726-2019.....	31
Gambar 3.5	Respons Spektrum Desain Menurut SNI 03-1726-2012.....	34
Gambar 3.6	Peta Wilayah Indonesia untuk Periode Panjang, Tl.....	36
Gambar 3.7	Respons Spektrum Desain menurut SNI 03-1762-2019.....	36
Gambar 3.8	Simpangan Antar Lantai.....	46
Gambar 3.9	Blok Tegangan Whitney.....	49
Gambar 3.10	Diagram Interkasi Kolom.....	51
Gambar 4.1	Denah Gedung Kuliah Bersama Politeknik Negeri Cilacap.....	53
Gambar 4.2	Detail Potongan Gedung Kuliah Bersama Politeknik Negeri Cilacap.....	54
Gambar 4.3	Permodelan Menggunakan Program SAP2000.....	57
Gambar 4.4	Beban Hidup Terdistribusi Merata Minimum dan Beban Hidup Terpusat.....	59
Gambar 4.5	Bagan Alir Penelitian Tugas Akhir.....	60
Gambar 5.1	Potongan Gedung Kuliah Bersama Politeknik Negeri Cilacap.....	62
Gambar 5.2	Grafik Respon Spektrum Cilacap SNI 03-1726-2012.....	85

Gambar 5.3	Grafik Respon Spektrum Cilacap SNI 03-1726-2019.....	89
Gambar 5.4	Ketidakteraturan Tingkat Lunak 1a Pada Gempa Arah X.....	96
Gambar 5.5	Ketidakteraturan Tingkat Lunak 1a Pada Gempa Arah Y.....	96
Gambar 5.6	Ketidakteraturan Tingkat Lunak 1b Pada Gempa Arah X.....	97
Gambar 5.7	Ketidakteraturan Tingkat Lunak 1b Pada Gempa Arah Y.....	98
Gambar 5.8	Ketidakteraturan Massa.....	99
Gambar 5.9	Ketidakteraturan Geometri Vertikal.....	100
Gambar 5.10	Denah Struktur Bangunan.....	108
Gambar 5.11	Simpangan Antar Lantai SNI 03-1726-2012.....	113
Gambar 5.12	Simpangan Antar Lantai SNI 03-1726-2019.....	116
Gambar 5.13	Pengaruh P-Delta SNI 03-1726-2012.....	119
Gambar 5.14	Pengaruh P-Delta SNI 03-1726-2019.....	121
Gambar 5.15	Kinerja Batas Layan.....	127
Gambar 5.16	Kinerja Batas Ultimit.....	129
Gambar 5.17	Blok Tegangan Whitney.....	140
Gambar 5.18	Grafik V_g	160
Gambar 5.19	Grafik V_u	161
Gambar 5.20	Grafik V_e	161
Gambar 5.21	Daerah Sendi Plastis.....	162
Gambar 5.22	Grafik $M_n - P_n$	175

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1.1	<i>Mass Participation Ratios</i> SNI 03-1726-2012.....	202
Lampiran 1.2	<i>Mass Participation Ratios</i> SNI 03-1726-2019.....	203
Lampiran 2.1	Data Bore Log.....	226
Lampiran 3.1	<i>Shop Drawing</i>	231



DAFTAR NOTASI DAN SINGKATAN

A	= Luasan (m^2)
Ax	= Faktor pembesaran torsi
B	= Lebar (m)
Cd	= Faktor pembesaran defleksi
Cs	= Koefisien Seismik
Cu	= Koefisien batas atas pada periode yang dihitung
E	= Modulus Elastisitas (MPa)
F1	= Gaya geser pada gempa arah x
F2	= Gaya geser pada gempa arah y
Fa	= Faktor amplifikasi pada periode pendek
Fc'	= Kuat tekan beton (MPa)
Fv	= Faktor amplifikasi pada periode 1,0 detik
H	= Tinggi (m)
Hsx	= Tinggi tingkat (m)
Ie	= Faktor keutamaan gempa
K	= Kekakuan (mm)
Kg	= Kilogram
Kg/m ²	= Kilogram per meter persegi
Kg/m ³	= Kilogram per meter kubik
kN	= KiloNewton
kN/m ²	= KiloNewton per meter persegi
kN/m ³	= KiloNewton per meter kubik
L	= Panjang (m)
lb	= Pound
m	= Meter
MCER	= Parameter respon spektral percepatan gempa maksimum yang dipertimbangkan risiko tertarget

mm	= Milimeter
MPa	= MegaPascal
N	= Jumlah
N-SPT	= Tahanan <i>standart penetration test</i>
Θ	= Koefisien stabilitas
Psf	= <i>Pounds forces per Square foot</i>
P _x	= Beban desain vertikal total (kN)
ρ	= Faktor redundansi
R	= Koefisien modifikasi respons
S ₁	= Parameter respon spektral percepatan gempa terpetakan pada periode 1,0 detik
S _a	= Spektrum respon desain
S _{D1}	= Percepatan spektral respons pada periode 1,0 detik
S _{DS}	= Percepatan spektral respons pada periode pendek
S _{M1}	= Parameter spektrum respons pada periode 1,0 detik
S _{MS}	= Parameter spektrum respons pada periode pendek
SPRMK	= Sistem pemikul rangka momen khusus
S _s	= Parameter respon spektral percepatan gempa terpetakan pada periode pendek
T	= Periode fundamental struktur
U ₁	= Gaya gempa arah x
U ₂	= Gaya gempa arah y
V	= Gaya geser
V _x	= Gaya geser seismik yang bekerja pada tingkat ke-x (kN)
W	= Berat Seismik (kN)
δ_x	= Simpangan di tingkat ke-x
Δ_i	= Simpangan antar tingkat ke-i
Ω_0	= faktor kuat lebih sistem
F _x	= Gaya lateral tingkat ke-x, kN
V _x	= Gaya geser dasar, kN
Δ_i	= Simpangan antar lantai, mm

K_i	= Kekakuan lateral tingkat ke-I, kN/mm
$\varnothing_{\text{pokok}}$	= diameter tulangan pokok (mm)
$\varnothing_{\text{sengkang}}$	= diameter tulangan sengkang (mm)
β_1	= faktor yang menghubungkan tinggi blok tegangan tekan persegi ekuivalen dengan tinggi sumbu netral
ϕ	= faktor reduksi
E	= modulus elastisitas beton, MPa
ϵ_y	= nilai regangan leleh baja
ϵ_{cu}	= regangan beton
B	= lebar kolom (cm)
H_t	= tinggi kolom (cm)
E_s	= modulus elastisitas baja
C_c	= resultan tegangan desak beton
T_s	= gaya tarik baja
a dan c	= garis netral dari tepi atas (tepi zona desak)
ϵ_s	= regangan baja
ϵ_t	= regangan tarik netto
M_n	= momen nominal
A_{sd}	= luas tulangan pokok
A_s'	= total luas tulangan pokok zona tarik
A_{st}	= total luas tulangan pokok zona desak
s	= spasi
ϕ	= faktor reduksi

ABSTRAK

Peraturan perencanaan struktur bangunan gedung tahan gempa di Indonesia mengalami perkembangan seiring terjadinya bencana gempa di Indonesia dari SNI 1726-2012 direvisi menjadi SNI 1726-2019. Sehingga dengan munculnya peraturan baru maka hal tersebut mengakibatkan perlunya meninjau ulang struktur bangunan yang telah jadi untuk dikaji ulang menggunakan peraturan baru yaitu SNI 1726-2019. Masalah yang akan dikaji ialah seberapa besar perubahan respon seismik yang terjadi pada struktur atas bangunan gedung yang meliputi periode, gaya geser dasar, drift ratio, ketidakberaturan, dan efek P-delta jika digunakan beban gempa berdasar SNI 1726-2012 dan SNI 1726-2019. Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah menggunakan analisis spektrum respons. Program yang digunakan dalam analisis ini ialah SAP2000. Berdasarkan analisis yang dilakukan maka diketahui nilai periode struktur menggunakan penampang tidak retak yaitu sebesar 0,8082 detik sedangkan nilai periode menggunakan penampang retak yaitu sebesar 1,1481 detik. Pada hasil analisis ketidakberaturan vertikal didapatkan hasil bahwa gedung ini memenuhi syarat ketidakberaturan vertikal. Hasil analisis ketidakberaturan horizontal yaitu pada ketidakberaturan torsi didapatkan hasil bahwa pada gempa arah y gedung mengalami ketidakberaturan torsi pada lantai 1 sampai lantai 5. Hasil analisis Simpangan antar lantai didapatkan bahwa berdasarkan SNI 03-1726-2012 dan SNI 03-1726-2019 saat menggunakan beban gempa arah x maupun arah y memenuhi syarat Simpangan antar lantai. Hasil analisis pengaruh P-delta diketahui bahwa berdasarkan SNI 03-1726-2012 maupun SNI 03-1726-2019 telah memenuhi syarat pengaruh P-delta. Berdasarkan hasil analisis respon seismik menggunakan SNI 03-1726-2019 struktur Gedung Kuliah Bersama Politeknik Negeri Cilacap telah memenuhi persyaratan kinerja struktur. Pada analisis penampang balok dan kolom setelah dilakukan penskalaan gaya geser dasar disimpulkan bahwa penampang balok dan kolom masih memenuhi syarat sesuai SNI 03-1726-2019.

Kata Kunci: Respon spektrum, Respon seismik, Kinerja struktur

ABSTRACT

Regulations for planning structures for earthquake-resistant buildings in Indonesia have developed along with the occurrence of earthquake disasters in Indonesia from SNI 1726-2012 revised to SNI 1726-2019. So with the emergence of new regulations, this has resulted in the need to review the finished building structure to be reviewed using the new regulation, namely SNI 1726-2019. The problem that will be studied is how much change in seismic response occurs in the superstructure of the building which includes period, base shear force, drift ratio, irregularity, and P-delta effects if earthquake loads are used based on SNI 1726-2012 and SNI 1726-2019. The method used in this research is to use response spectrum analysis. The program used in this analysis is SAP2000. Based on the analysis carried out, it is known that the period value of the structure using a non-cracked cross section is 0.8082 seconds while the period value using a cracked cross section is 1.1481 seconds. The results of the analysis of vertical irregularities show that this building meets the requirements for vertical irregularities. The results of the horizontal irregularity analysis, namely the torsional irregularity, showed that in the y direction earthquake the building experienced torsional irregularities on the 1st floor to the 5th floor. both the x-direction and the y-direction meet the requirements for the drift ratio. The results of the analysis of the influence of P-delta are known that based on SNI 03-1726-2012 and SNI 03-1726-2019 have fulfilled the requirements for the influence of P-delta. meet the structural performance requirements. In the cross-sectional analysis of beams and columns after scaling the basic shear force, it is concluded that the cross-sections of beams and columns still meet the requirements according to SNI 03-1726-2019.

Keywords: *Response spectrum, Seismic response, Structural performance*

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Sebagian besar wilayah yang ada di Indonesia terletak pada daerah cincin api pasifik (*Ring of Fire*). Hal ini yang menyebabkan sering terjadinya bencana gempa di Indonesia. Peristiwa gempa bumi sangat berhubungan erat dengan bergeraknya lempeng tektonik. Ada banyak teori yang menjelaskan mengenai peristiwa gempa bumi tetapi secara keseluruhan gempa bumi terjadi disebabkan karena gerakan lempeng bumi. Sehingga dapat disimpulkan bahwa gempa bumi adalah berguncangnya permukaan tanah yang terjadi karena divestasi energi secara seketika akibat dari pecah atau bergesernya batuan di lapisan kerak bumi (Pawirodikromo, 2012).

Untuk meminimalisir risiko akibat gempa yaitu dengan membuat bangunan yang tahan terhadap gempa karena hal yang sering terjadi akibat gempa ialah bangunan yang runtuh sehingga menyebabkan korban jiwa. Gempa kecil umumnya sering terjadi dan dapat dirasakan oleh orang dan tidak menimbulkan kerusakan. Gempa sedang umumnya hanya terjadi sesekali dan gempa ini berkemungkinan dapat membuat kerusakan kecil. Sedangkan, gempa besar adalah gempa bumi yang sangat jarang terjadi dan jika gempa ini terjadi maka tidak ada bangunan yang dapat menahan gempa ini. Sehingga timbul banyak pertanyaan bahwa apakah suatu struktur bangunan harus didesain untuk dapat menahan gempa. Apabila demikian maka biaya pembangunan akan sangat mahal karena harus menahan gaya gempa yang besar. Terdapat dua ilustrasi ekstrim mengenai bangunan tahan gempa. Kondisi pertama yaitu bangunan yang sangat kuat sehingga pada saat gempa terjadi bangunan masih dalam kondisi yang elastik sehingga bangunan tidak apa-apa saat terjadi gempa akan tetapi biayanya sangat mahal. Kondisi kedua yaitu bangunan yang sangat lemah dan murah tetapi akan rusak ketika terjadi gempa sehingga dapat

membahayakan penghuni bangunan. Akhirnya para ahli memutuskan bahwa bangunan yang dibangun harus relatif kuat dan dapat menahan gempa akan tetapi dengan biaya yang tidak terlalu tinggi. Bangunan tersebut kemudian disebut *earthquake resistant building* (Pawirodikromo, 2012).

Politeknik Negeri Cilacap merupakan salah satu perguruan tinggi yang berada di kota Cilacap Provinsi Jawa Tengah. Perguruan tinggi ini melakukan perbaikan dan peningkatan mutu dan kualitas mengajarnya agar dapat menciptakan mahasiswa yang bermutu yaitu salah satunya dengan cara membangun Gedung Kuliah Bersama untuk menciptakan kualitas belajar yang lebih baik. Dalam perkembangannya pembangunan gedung kuliah sangat penting untuk dapat menciptakan suasana kuliah yang nyaman dan kondusif sehingga dapat meningkatkan kualitas pendidikan. Dalam perencanaan sebuah gedung banyak aspek yang harus diperhitungkan salah satunya ada melakukan perancangan gedung dengan memperhitungkan beban Gempa agar diharapkan gedung dapat bertahan terhadap Gempa yang terjadi. Bangunan kuliah atau sekolah merupakan bangunan dengan kategori risiko IV dengan faktor kepentingan sebesar 1,5, yang artinya bangunan ini harus dibuat 50% lebih aman dari desain pada umumnya.

Perencanaan struktur bangunan gedung tahan gempa sendiri sudah diatur oleh pemerintah yang tertuang di dalam SNI. Peraturan perencanaan struktur bangunan gedung tahan gempa di Indonesia mengalami perkembangan seiring terjadinya bencana gempa di Indonesia dari SNI 1726-2012 direvisi menjadi SNI 1726-2019. Sehingga dengan munculnya peraturan baru maka hal tersebut mengakibatkan perlunya meninjau ulang struktur bangunan yang telah jadi untuk dikaji ulang menggunakan peraturan baru yaitu SNI 1726-2019. Masalah yang akan dikaji ialah seberapa besar perubahan respon seismik yang terjadi pada struktur atas bangunan gedung yang meliputi periode, gaya geser dasar, *drift ratio*, ketidakberaturan, dan efek P-delta jika digunakan beban gempa berdasar SNI 1726-2012 dan SNI 1726-2019.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang ada maka, rumusan masalah yang diambil adalah sebagai berikut ini.

1. Seberapa besarkah perubahan respon seismik (P-delta, Simpangan antar lantai, gaya geser dasar dan ketidakberaturan struktur) struktur bangunan Gedung Kuliah Bersama Politeknik Negeri Cilacap akibat adanya perubahan SNI 1726 2012 menjadi SNI 1726 2019?
2. Bagaimana kinerja struktur berdasarkan kinerja batas layan dan batas ultimit pada Gedung Kuliah Bersama Politeknik Negeri Cilacap?
3. Apakah hasil desain tulangan balok dan kolom pada struktur bangunan Gedung Kuliah Bersama Politeknik Negeri Cilacap sudah memenuhi persyaratan menurut SNI 1726 2019 atau tidak?

1.3 Tujuan Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah yang ada, maka tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Untuk mengetahui perubahan respon seismik (P-delta, Simpangan antar lantai, gaya geser dasar dan ketidakberaturan struktur) struktur bangunan Gedung Kuliah Bersama Politeknik Negeri Cilacap akibat adanya perubahan SNI 1726 2012 menjadi SNI 1726 2019.
2. Untuk mengetahui kinerja struktur berdasarkan kinerja batas layan dan batas ultimit pada Gedung Kuliah Bersama Politeknik Negeri Cilacap.
3. Untuk mengetahui hasil desain tulangan pada struktur bangunan Gedung Kuliah Bersama Politeknik Negeri Cilacap sudah memenuhi persyaratan menurut SNI 1726 2019.

1.4 Manfaat Penelitian

Adapun manfaat dari penelitian yang dilakukan yaitu sebagai berikut.

1. Diharapkan penelitian ini dapat memberikan manfaat terhadap ilmu pengetahuan pada bidang konstruksi mengenai perbandingan gaya Gempa terhadap struktur atas bangunan berdasarkan peraturan gempa SNI 1726-2012 dan SNI 1726-2019.

2. Untuk mahasiswa dapat digunakan sebagai referensi untuk mengetahui perbandingan gaya gempa menurut SNI 1726-2012 dan SNI 1726-2019 terhadap struktur atas bangunan.

1.5 Batasan Penelitian

Pembahasan dalam tugas akhir ini memiliki beberapa batasan yaitu sebagai berikut :

1. Data struktur mengacu pada data dari konsultan perencana PT. Artefak Arkindo.
2. Struktur bangunan yang digunakan adalah struktur Gedung Kuliah Bersama Politeknik Negeri Cilacap.
3. Beban struktur memperhitungkan beban hidup, beban mati, dan beban gempa berdasar SNI 1726-2012 dan SNI 1726-2019.
4. Pembebanan pada struktur menggunakan SNI 1727-2020 beban desain minimum dan kriteria terkait bangunan gedung struktur gedung lain.
5. Material elemen struktur yang digunakan adalah menggunakan mutu beton K-300 atau setara dengan $f_c' 24,9$ MPa.
6. Material elemen struktur tulangan baja polos menggunakan tegangan leleh 240 MPa untuk diameter tulangan 8 mm sampai 12 mm.
7. Material elemen struktur tulangan baja ulir menggunakan tegangan leleh 400 MPa untuk diameter tulangan lebih dari 10 mm.
8. Sistem struktur menggunakan Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus (SRPMK).
9. Struktur yang ditinjau adalah struktur beton bertulang dan hanya dilakukan analisis pada struktur atas gedung sehingga struktur bawah gedung diabaikan.
10. Beban struktur selain beban mati, beban hidup, dan beban gempa diabaikan.
11. Analisis struktur menggunakan SAP2000
12. Perilaku struktur gedung yang ditinjau adalah ketidakberaturan struktur, pengaruh P-delta, gaya geser dasar, simpangan antar lantai, dan kinerja struktur.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Tinjauan Pustaka

Penelitian mengenai gaya Gempa menggunakan SNI mengenai Gempa telah dilakukan oleh banyak peneliti sebelumnya, sehingga hal tersebut dapat menjadi sebuah referensi bagi peneliti selanjutnya untuk meneliti hal-hal yang sejenis. Berikut merupakan beberapa penelitian sebelumnya yang memiliki beberapa kemiripan dengan penelitian ini.

2.1.1 Perbandingan Gaya Gempa Berdasar SNI 1726 2002 dan SNI 1726 2012 terhadap struktur atas Gedung.

(Kori, 2020) melakukan penelitian mengenai studi perbandingan gaya Gempa berdasar SNI 1726 2002 dan SNI 1726 2012 terhadap struktur atas bangunan Gedung. Pada penelitian tersebut menggunakan model struktur dengan asumsi gedung 3 lantai dengan menggunakan Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus (SPRMK). Lokasi penelitian ini dilakukan di kota Madiun dan data tanah yang digunakan adalah data N-SPT yang diperoleh dari Laboratorium Universitas Merdeka Madiun. Analisis struktur pada penelitian ini menggunakan program bantu SAP2000 versi 17. Penelitian ini dilakukan dengan maksud untuk mengetahui perbedaan perhitungan beban gempa berdasarkan SNI 1726 2002 dan SNI 1726 2012 terhadap struktur gedung. Hasil dari penelitian tersebut diperoleh nilai gaya geser dasar berdasar SNI 1726 2002 yaitu sebesar 72029,23 kg sedangkan pada SNI 1726 2012 diperoleh nilai gaya geser dasar 1333760,1 kg. Kemudian untuk nilai distribusi beban Gempa berdasar SNI 1726 2002 jauh lebih besar dibandingkan dengan SNI 1726 2012 dengan peningkatan distribusi gaya dasar tiap lantai yaitu 85,7%. Dan nilai Simpangan antar lantai berdasar SNI 1726 2002 jauh lebih kecil dibandingkan berdasar SNI 1726 2012 dengan penurunan Simpangan antar lantai

mencapai 33,3% hasil perhitungan Simpangan antar lantai masih memenuhi untuk kontrol Simpangan ijin.

2.1.2 Perbandingan Perancangan Bangunan Tahan Gempa Berdasarkan SNI 1726 2012 dan SNI 1726 2019.

(Wicaksana, 2021) melakukan penelitian mengenai perbandingan perancangan bangunan gedung menggunakan SNI 1726 2012 dan SNI 1726 2019. Pada penelitian tersebut peneliti ini menggunakan model struktur bangunan dengan asumsi gedung 10 lantai yang berfungsi sebagai bangunan apartemen dengan menggunakan sistem struktur Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus (SRPMK). Lokasi pada penelitian ini bertempat di kota Banda Aceh dengan perhitungan beban hidup dan mati menggunakan SNI 1727 2013. Pada penelitian tersebut peneliti melakukan perbandingan desain bangunan menggunakan SNI 1726 2012 dengan SNI 1726 2019 untuk mengetahui besarnya perbandingan gaya geser dasar yang terjadi dan Simpangan serta Simpangan antar lantai. Permodelan struktur pada penelitian tersebut menggunakan bantuan program bantu ETABS. Hasil pada penelitian tersebut diperoleh gaya geser dasar yang terjadi mengalami peningkatan yaitu sebesar 24,62% untuk arah x dan 24,64% untuk arah y, sedangkan untuk nilai Simpangan antar lantai diperoleh nilai terbesar pada SNI 1726 2019 terjadi peningkatan sebesar 24,35% untuk arah x dan 24,42% untuk arah y.

2.1.3 Studi Perbandingan Gaya Gempa Pada Struktur Bangunan Berdasar SNI 1726 2002 dan SNI 1726 2012.

(Purwoko, 2018) melakukan penelitian tentang studi perbandingan SNI 1726 2002 dan SNI 1726 2012 terhadap struktur bangunan. Pada penelitian tersebut struktur bangunan yang ditinjau adalah bangunan 6 lantai dengan sistem struktur yang digunakan ialah Sistem Rangka Pemikul Momen Menengah (SRPMM). Lokasi penelitian tersebut berada di kota Samarinda dengan data tanah yang digunakan menggunakan data tanah eksisting. Penelitian tersebut menggunakan bantuan program bantu ETABS V 9.7.2. Tujuan dari penelitian tersebut adalah untuk mengetahui perbedaan pada gaya geser dasar dan Simpangan antar lantai pada SNI 1726 2002 dan SNI 1726 2012. Hasil analisis penelitian tersebut

didapatkan nilai gaya geser dasar berdasar SNI 1726 2002 sebesar 4228, 02 kN sedangkan pada SNI 1726 2012 diperoleh nilai sebesar 5198,67 kN maka pada gaya geser dasar terjadi peningkatan sebesar 18%. Dan hasil Simpangan antar lantai yang diperoleh pada SNI 1726 2012 jauh lebih besar daripada SNI 1726 2002 yaitu mengalami peningkatan tiap lantai rata-rata sebesar 20%.

2.1.4 Pengaruh Perubahan SNI 1726 2012 Menjadi SNI 1726 2019 Untuk Nilai Gaya Geser Dasar Statik Ekuivalen.

(Aditya, 2021) melakukan penelitian tentang pengaruh perubahan SNI 1726 2012 menjadi SNI 1726 2019 terhadap nilai geser dasar. Pada penelitian tersebut menggunakan metode analisi statik ekuivalen untuk mengetahui gaya geser dasar dengan asumsi gedung 5 lantai memiliki fungsi sebagai gedung kampus dengan sistem struktur gedung yang digunakan adalah Sistem Rangka Pemikul Momen khusus (SRPMK). Lokasi penelitian tersebut bertempat di kampus-kampus yang terletak di Jawa Tengah. Hasil dari penelitian tersebut diperoleh sebagian dari kota-kota yang berada di Jawa Tengah mengalami peningkatan dan penurunan gaya geser statik ekuivalen akibat terjadi perubahan SNI 1726 2012 menjadi SNI 1726 2019. Pada kota Kebumen terjadi peningkatan sebesar 9,28%, kota Purworejo terjadi peningkatan sebesar 20,34%, Cilacap sebesar 2,67%, dan kota Banyumas sebesar 11,48%, sedangkan yang mengalami penurunan yaitu terjadi pada kota Banjarnegara sebesar 7,95%, kota Magelang terjadi peningkatan sebesar 24,46%, kota Temanggung terjadi peningkatan sebesar 17,29%, kota Wonosobo terjadi peningkatan sebesar 6,30%, dan kota Semarang terjadi penurunan sebesar 21,288% serta kota Demak terjadi penurunan sebesar 18,12%.

2.2 Keaslian Penelitian

Pada proses pengerjaan tugas akhir, penulis harus memahami dan mengetahui hasil kajian dari penelitian-penelitian yang dilakukan sebelumnya karena dapat digunakan sebagai bahan perbandingan dan juga sebagai acuan yang sangat berguna untuk membantu dalam proses pengerjaan tugas akhir. Berdasarkan penelitian-penelitian yang dilakukan sebelumnya mengenai studi perbandingan SNI Gempa

terhadap struktur bangunan terdapat beberapa perbedaan penelitian yang dilakukan, berikut ini merupakan perbandingan penelitian terdahulu yang dapat dilihat pada tabel 2.1 dibawah ini.



Tabel 2. 1 Perbedaan Penelitian Terdahulu dan Penelitian Sekarang

Penelitian	Penelitian Terdahulu				Penelitian yang Dilakukan
	Purwoko, Andri (2018)	Kori, Ardhika Fajar (2020)	Wicaksana, Aziz (2021)	Aditya, Bagus (2021)	Ohorella, Fahmi Zuhul Imanullah (2022)
Judul	Studi Perbandingan Gaya Gempa Pada Struktur Bangunan di Samarinda Berdasarkan SNI 1726 2002 dan SNI 1726 2012	Analisis Perbandingan Gaya Gempa Berdasar SNI 1726 2002 dan SNI 1726 2012 Terhadap Struktur Atas Gedung Perpustakaan dan Laboratorium Politeknik Negeri Madiun	Pembandingan Perancangan Bangunan Tahan Gempa Menggunakan SNI 1726 2012 dan SNI 1726 2019	Pengaruh Perubahan SNI 1726 2012 Menjadi SNI 1726 2019 Untuk Nilai Gaya Geser Dasar Statik Ekuivalen	Perbandingan Respon Seismik Menggunakan Sni 03-1726-2012 Dan Sni 03-1726-2019 Serta Analisis Kinerja Struktur Dan Desain Tulangan Terhadap Struktur Atas Gedung Kuliah Bersama Politeknik Negeri Cilacap

Lanjutan Tabel 2. 1 Perbedaan Penelitian Terdahulu dan Penelitian Sekarang

Penelitian	Penelitian Terdahulu				Penelitian yang Dilakukan
	Purwoko, Andri (2018)	Kori, Ardhika Fajar (2020)	Wicaksana, Aziz (2021)	Aditya, Bagus (2021)	Ohorella, Fahmi Zuhail Imanullah (2022)
Metode Penelitian	Pada penelitian ini struktur bangunan yang ditinjau adalah bangunan 6 lantai dengan sistem struktur yang digunakan ialah Sistem Rangka Pemikul Momen Menengah (SRPMM). Lokasi penelitian tersebut berada di kota Samarinda dengan data	Pada penelitian ini menggunakan model struktur dengan asumsi gedung 3 lantai dengan menggunakan Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus (SPRMK). Lokasi penelitian ini dilakukan di kota madiun dan data	Pada penelitian tersebut peneliti ini menggunakan model struktur bangunan dengan asumsi gedung 10 lantai yang berfungsi sebagai bangunan apartemen dengan menggunakan sistem struktur	Pada penelitian ini menggunakan metode analisi statik ekuivalen untuk mengetahui gaya geser dasar dengan asumsi gedung 5 lantai memiliki fungsi sebagai gedung kampus dengan sistem struktur gedung yang	Pada penelitian yang akan dilakukan ini menggunakan bangunan existing dan dimodelkan dengan program bantu struktur SAP2000 dengan asumsi sistem struktur gedung yaitu Sistem Rangka

Lanjutan Tabel 2. 1 Perbedaan Penelitian Terdahulu dan Penelitian Sekarang

Penelitian	Penelitian Terdahulu				Penelitian yang Dilakukan
	Purwoko, Andri (2018)	Kori, Ardhika Fajar (2020)	Wicaksana, Aziz (2021)	Aditya, Bagus (2021)	Ohorella, Fahmi Zuhail Imanullah (2022)
	tanah yang digunakan menggunakan data tanah eksisting. Penelitian ini menggunakan bantuan program bantu ETABS V 9.7.2.	tanah yang digunakan adalah data N-SPT yang diperoleh dari Laboratorium Universitas Merdeka Madiun. Analisis struktur pada penelitian ini menggunakan program bantu SAP2000 versi 17	Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus (SRPMK). Lokasi pada penelitian ini bertempat di kota Banda Aceh dengan perhitungan beban hidup dan mati menggunakan SNI 1727 2013.	digunakan adalah Sistem Rangka Pemikul Momen khusus (SRPMK). Penelitian ini menggunakan program bantu struktur ETABS.	Pemikul Momen khusus (SRPMK).

Lanjutan Tabel 2. 1 Perbedaan Penelitian Terdahulu dan Penelitian Sekarang

Penelitian	Penelitian Terdahulu				Penelitian yang Dilakukan
	Purwoko, Andri (2018)	Kori, Ardhika Fajar (2020)	Wicaksana, Aziz (2021)	Aditya, Bagus (2021)	Ohorella, Fahmi Zuhail Imanullah (2022)
Hasil	Hasil analisis penelitian tersebut didapatkan nilai gaya geser dasar berdasar SNI 1726 2002 sebesar 4228, 02 kN sedangkan pada SNI 1726 2012 diperoleh nilai sebesar 5198,67 kN maka pada gaya geser dasar terjadi peningkatan sebesar 18%. Dan hasil	Hasil dari penelitian tersebut diperoleh nilai gaya geser dasar berdasar SNI 1726 2002 yaitu sebesar 72029,23 kg sedangkan pada SNI 1726 2012 diperoleh nilai gaya geser dasar 1333760,1 kg. Kemudian untuk nilai distribusi beban	Hasil pada penelitian tersebut diperoleh gaya geser dasar yang terjadi mengalami peningkatan yaitu sebesar 24,62% untuk arah x dan 24,64% untuk arah y, sedangkan untuk nilai simpangan antar lantai	Hasil dari penelitian tersebut diperoleh sebagian dari kota-kota yang berada di Jawa Tengah mengalami peningkatan dan penurunan gaya geser statik ekivalen akibat terjadi perubahan SNI 1726 2012 menjadi SNI	

Lanjutan Tabel 2. 1 Perbedaan Penelitian Terdahulu dan Penelitian Sekarang

Penelitian	Penelitian Terdahulu				Penelitian yang Dilakukan
	Purwoko, Andri (2018)	Kori, Ardhika Fajar (2020)	Wicaksana, Aziz (2021)	Aditya, Bagus (2021)	Ohorella, Fahmi Zuhail Imanullah (2022)
	simpangan antar lantai yang diperoleh pada SNI 1726 2012 jauh lebih besar daripada SNI 1726 2002 yaitu mengalami peningkatan tiap lantai rata-rata sebesar 20%.	gempa berdasar SNI 1726 2002 jauh lebih besar dibandingkan dengan SNI 1726 2012 dengan peningkatan distribusi gaya dasar tiap lantai yaitu 85,7%. Dan nilai simpangan antar lantai berdasar SNI 1726 2002 jauh lebih	diperoleh nilai terbesar pada SNI 1726 2019 terjadi peningkatan sebesar 24,35% untuk arah x dan 24,42% untuk arah y.	1726 2019. Pada kota Kebumen terjadi peningkatan sebesar 9,28%, kota Purworejo terjadi peningkatan sebesar 20,34%, Cilacap sebesar 2,67%, dan kota Banyumas sebesar 11,48%, sedangkan yang mengalami	

Lanjutan Tabel 2. 1 Perbedaan Penelitian Terdahulu dan Penelitian Sekarang

Peneliti	Penelitian Terdahulu				Penelitian yang Dilakukan
	Purwoko, Andri (2018)	Kori, Ardhika Fajar (2020)	Wicaksana, Aziz (2021)	Aditya, Bagus (2021)	Ohorella, Fahmi Zuhail Imanullah (2022)
		kecil dibandingkan berdasar SNI 1726 2012 dengan penurunan simpangan antar lantai mencapai 33,3% hasil perhitungan simpangan antar lantai masih memenuhi untuk simpangan ijin.		penurunan yaitu terjadi pada kota Banjarnegara sebesar 7,95%, kota Magelang terjadi sebesar 24,4, kota Wonosobo terjadi peningkatan sebesar 6,30%, dan kota Semarang terjadi penurunan sebesar 21,288%.	

BAB III

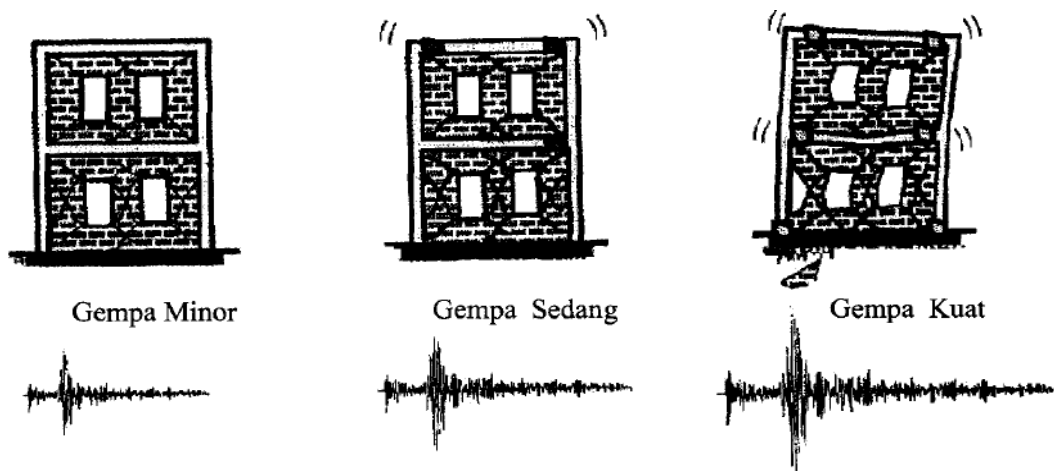
LANDASAN TEORI

3.1 Filosofi dan Desain Bangunan Tahan Gempa

Terdapat dua ilustrasi ekstrim mengenai bangunan tahan gempa. Kondisi pertama yaitu bangunan yang sangat kuat sehingga pada saat gempa terjadi bangunan masih dalam kondisi yang elastik sehingga bangunan tidak apa-apa saat terjadi gempa akan tetapi biayanya sangat mahal. Kondisi kedua yaitu bangunan yang sangat lemah dan murah tetapi akan rusak ketika terjadi gempa sehingga dapat membahayakan penghuni bangunan. Akhirnya para ahli memutuskan bahwa bangunan yang dibangun harus relatif kuat dan dapat menahan gempa akan tetapi dengan biaya yang tidak terlalu tinggi. Bangunan tersebut kemudian disebut (*earthquake resistant building*).

Dengan banyak hal yang saling berhubungan sehingga diantaranya dapat dikelompokan menurut kekuatan gempa dan performa bangunan dalam upaya untuk melindungi manusia dari gempa dengan memperhitungkan tingkat ekonomis pembangunan gedung. Pengelompokan tersebut dituangkan dalam desain filosofi (*Earthquake Design Philosophy*) bangunan akibat gempa. Filosofi bangunan tahan gempa adalah sebagai berikut:

1. Pada saat gempa kecil (*light earthquake*) terjadi, maka struktur utama bangunan tidak boleh rusak dan berfungsi dengan baik. Kerusakan kecil pada elemen non-struktur masih dapat ditoleransi.
2. Pada saat gempa sedang (*moderate earthquake*) terjadi, maka struktur utama bangunan boleh rusak ringan tetapi masih dapat diperbaiki. Elemen non-struktur boleh rusak tetapi masih bisa diganti dengan yang baru.
3. Pada saat gempa kuat (*strong earthquake*) terjadi, struktur utama bangunan boleh rusak akan tetapi tidak boleh runtuh total.



Gambar 3. 1 Level-level Kerusakan Bangunan

(Sumber : Pawirodikromo, 2012)

3.2 Gempa Rencana, Faktor Keutamaan, dan Kategori Risiko Struktur Bangunan

3.2.1 Gempa Rencana

Cara ini menentukan pengaruh gempa rencana yang harus ditinjau dalam perencanaan struktur gedung dan non gedung. Gempa rencana pada SNI 03-1726-2012 ditetapkan sebagai gempa dengan kemungkinan terlewat terbesar selama umur struktur bangunan 50 tahun adalah sebesar 2 persen dan pada SNI 03-1726-2019 masih belum ada perubahan mengenai gempa rencana ini.

3.2.2 Kategori Risiko Bangunan Gedung

Pada kategori risiko bangunan gedung pada SNI 03-1726-2012 dan SNI 03-1726-2019 tidak ada perubahan yang terjadi. Untuk kategori risiko gempa berdasar Tabel 3.1 pengaruh gempa rencananya harus dikali dengan faktor keutamaan gempa I_e dan menurut Tabel 3.2 khusus untuk struktur bangunan yang memiliki kategori risiko IV, bila dibutuhkan pintu masuk untuk operasional dari struktur bangunan yang bersebelahan, maka struktur bangunan yang bersebelahan harus didesain sesuai dengan kategori risiko IV.

Tabel 3. 1 Kategori Risiko Bangunan Gedung dan Non Gedung Untuk Beban Gempa

Jenis Pemanfaatan	Kategori Risiko
<p>Gedung dan non gedung yang memiliki risiko rendah terhadap jiwa manusia pada saat terjadi kegagalan, termasuk, tapi tidak dibatasi untuk, antara lain:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Fasilitas pertanian, perkebunan, peternakan, dan perikanan - Fasilitas sementara - Gudang penyimpanan - Rumah jaga dan struktur kecil lainnya 	I
<p>Semua gedung struktur lain, kecuali yang termasuk dalam kategori risiko I, III, IV, termasuk, tapi tidak dibatasi untuk:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Perumahan - Rumah toko dan rumah kantor - Pasar - Gedung perkantoran - Gedung apartemen atau rumah susun - Mall - Bangunan Industri - Fasilitas manufaktur - Pabrik 	II
<p>Gedung dan non gedung yang memiliki risiko tinggi terhadap jiwa manusia pada saat terjadi kegagalan, termasuk, tapi tidak dibatasi untuk:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Bioskop - Gedung pertemuan - Stadion - Fasilitas kesehatan yang tidak memiliki unit bedah dan unit gawat darurat (UGD) - Fasilitas penitipan anak - Penjara - Bangunan untuk orang jompo <p>Gedung dan non gedung, tidak termasuk kedalam kategori risiko IV, yang memiliki potensi untuk menyebabkan dampak ekonomi yang besar dan atau gangguan massal terhadap kehidupan masyarakat sehari-hari bila terjadi kegagalan, termasuk, tapi tidak dibatasi untuk:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Pusat pembangkit listrik biasa - Fasilitas penanganan air 	III

Lanjutan Tabel 3. 1 Kategori Risiko Bangunan Gedung dan Non Gedung Untuk Beban Gempa

<ul style="list-style-type: none"> - Fasilitas penanganan limbah - Pusat telekomunikasi <p>Gedung dan non gedung yang tidak termasuk kedalam kategori risiko IV, (termasuk, tapi tidak dibatasi untuk fasilitas manufaktur, proses, penanganan, penyimpanan, penggunaan dan tempat pembuangan bahan bakar berbahaya, bahan kimia berbahaya, limbah berbahaya, atau bahan yang mudah meledak) yang mengandung bahan beracun atau peledak dimana jumlah kandungan bahannya melebihi nilai batas normal yang disyaratkan oleh instansi yang berwenang dan cukup menimbulkan bahaya bagi masyarakat jika terjadi kebocoran.</p>	
<p>Gedung dan non gedung yang ditunjukkan sebagai fasilitas yang penting, termasuk, tetapi tidak dibatasi untuk;</p> <ul style="list-style-type: none"> - Bangunan-bangunan monumental - Gedung sekolah dan fasilitas pendidikan - Rumah sakit dan fasilitas kesehatan yang memiliki ruang bedan dan unit gawat darurat (UGD) - Fasilitas pemadam kebakaran, ambulan, dan kantor polisi, serta garasi kendaraan darurat - Tempat perlindungan terhadap gempa bumi, angin badai, dan tempat perlindungan darurat lainnya - Fasilitas kesiapan darurat, komunikasi, pusat operasidan 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, tangka air pemadam kebakaran atau struktur rumah atau struktur pendukung air atau mineral atau peralatan pemadam kebakaran) yang disyaratkan untuk beroperasi pada saat keadaan darurat. <p>Gedung dan non gedung yang dibutuhkan untuk mempertahankan fungsi struktur bangunan lain yang masuk kedalam kategory risiko IV.</p>	IV

(Sumber: SNI 03-1726-2019)

3.2.3 Faktor Keutamaan Gempa

Pada faktor keutamaan gempa pada SNI 03-1726-2012 dan SNI 03-1726-2019 belum ada perubahan yang terjadi. Berikut adalah faktor keutamaan gempa yang dapat dilihat pada Tabel 3.2 dibawah ini.

Tabel 3.2 Faktor Keutamaan Gempa

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

(Sumber: SNI 03-1726-2019)

3.3 Pembebanan Struktur

Pembebanan struktur merupakan salah satu hal yang sangat penting dalam suatu perencanaan gedung. Beban yang terjadi pada suatu gedung atau beban yang bekerja pada suatu struktur gedung timbul karena adanya gaya-gaya yang terjadi. Dengan kata lain terdapat beberapa beban dasar bangunan seperti beban dari manusia, beban akibat adanya gaya gravitasi, beban akibat cuaca dan suhu, serta beban yang terjadi akibat gaya gempa.

3.3.1 Beban Mati (*Dead load*)

Menurut SNI 1727 2020 beban mati adalah berat seluruh bahan-bahan konstruksi yang terpasang pada suatu gedung, termasuk dinding, atap, plafon, dinding partisi tetap, *finishing*, klading gedung dan komponen struktural dan arsitektural serta peralatan layan terpasang lainnya termasuk derek dan sistem pengangkut material. Nilai beban mati dapat dilihat pada tabel 3.3 dibawah ini.

Tabel 3. 2 Berat Sendiri Bahan Bangunan

No	Nama	Berat isi	Satuan
1	Baja	7850	Kg/m ³
2	Batu alam	2600	Kg/m ³
3	Batu Belah	1500	Kg/m ³
4	Batu Karang	700	Kg/m ³
5	Batu Pecah	1450	Kg/m ³

Lanjutan Tabel 3. 3 Berat Sendiri Bahan Bangunan

No	Nama	Berat isi	Satuan
6	Besi Tuang	7250	Kg/m ³
7	Beton	2200	Kg/m ³
8	Beton bertulang	2400	Kg/m ³
9	Kayu (kelas I)	1000	Kg/m ³
10	Kerikil, koral	1650	Kg/m ³
11	Pasangan bata merah	1700	Kg/m ³
12	Pasangan batu belah	2200	Kg/m ³
13	Pasangan batu cetak	2200	Kg/m ³
14	Pasangan batu karang	1450	Kg/m ³
15	Pasir (kering udara sampai lembab)	1600	Kg/m ³
16	Pasir (jenuh air)	1800	Kg/m ³
17	Pasir kerikil, koral (kering udara sampai lembab)	1850	Kg/m ³
18	Tanah, lempung dan lanau (kering)	1700	Kg/m ³
19	Tanah, lempung dan lanau (basah)	2000	Kg/m ³
20	Timah hitam (timbel)	11400	Kg/m ³

(sumber: SNI 03-1727-1989)

3.3.2 Beban Hidup (*live load*)

Menurut SNI 1727 2020, beban hidup merupakan beban yang ditimbulkan oleh pengguna gedung atau struktur yang lain dan tidak termasuk beban konstruksi serta beban lingkungan, seperti beban angin, beban hujan, beban gempa, beban banjir, maupun beban mati.

Beban hidup yang digunakan dalam perencanaan gedung harus menggunakan beban maksimum yang diharapkan akan terjadi pada pengguna gedung tersebut, akan tetapi tidak boleh kurang dari beban merata minimum yang ditetapkan dalam sni. Beban hidup terdistribusi merata minimum dan beban hidup terpusat minimum dapat dilihat pada tabel 3.4 dibawah ini.

Tabel 3. 4 Beban Hidup Terdistribusi Merata Minimum dan Beban Hidup Terpusat Minimum

Hunian atau penggunaan	Merata, L_o psf (kN/m ²)	Terpusat lb (kN)
Apartemen (lihat rumah tinggal)		
Sistem lantai akses		
Ruang kantor	50 (2,4)	2000 (8,9)
Ruang komputer	100 (4,79)	2000 (8,9)
Gudang persenjataan dan gudang pelatihan	150 (7,18)	
Ruang pertemuan		
Kursi tetap	60 (2,87)	
Lobi	100 (4,79)	
Kursi dapat dipindahkan	100 (4,79)	
Panggung pertemuan	100 (4,79)	
Lantai podium	100 (4,79)	
Tribun penonton dengan kursi tetap	60 (2,87)	
Ruang pertemuan lainnya	100 (4,79)	
Balkon dan dek	1,5 kali beban hidup untuk daerah yang dilayani. Tidak perlu melebihi 100 psf (4,79 kN/m ²)	
Jalur untuk akses pemeliharaan	40 (1,92)	300 (1,33)
Koridor	100 (4,79)	
Lantai pertama	Sama seperti	
Lantai lain	pelayanan hunian	

Lanjutan Tabel 3. 4 Beban hidup terdistribusi merata minimum dan beban hidup terpusat minimum

Hunian atau penggunaan	Merata, L_o psf (kN/m ²)	Terpusat lb (kN)
Ruang makan dan restoran	100 (4,79)	
Dudukan mesin elevator (pada area 2 in x 2in)		300 (1,33)
Konstruksi pelat lantai <i>finishing</i> ringan (pada area 1 in x 1 in)		200 (0,89)
Jalur penyelamatan saat kebakaran Hunian satu keluarga saja	100 (4,79) 40 (1,92)	
Tangga permanen		Pasal 4.5.4
Garasi/ parkir Mobil penumpang saja Truk dan bus	40 (1,92) Pasal 4.10.2	Pasal 4.10.1 Pasal 4.10.2
Rumah sakit Ruang operasi dan laboratorium Ruang pasien Koridor diatas lantai pertama	60 (2,87) 40 (1,92) 80 (3,83)	1000 (4,45) 1000 (4,45) 1000 (4,45)
Perpustakaan Ruang baca Ruang penyimpanan Koridor diatas lantai pertama	60 (2,87) 150 (7,18) 80 (3,83)	1000 (4,45) 1000 (4,45) 1000 (4,45)
Pabrik Ringan Berat	125 (6,00) 250 (11,97)	2000 (8,90) 3000 (13.35)
Gedung perkantoran Lobi dan koridor lantai pertama Kantor Kantor diatas lantai pertama	100 (4,79) 50 (2,40) 80 (3,83)	2000 (8,90) 2000 (8,90) 2000 (8,90)

Lanjutan Tabel 3. 4 Beban hidup terdistribusi merata minimum dan beban hidup terpusat minimum

Hunian atau penggunaan	Merata, L_o psf (kN/m ²)	Terpusat lb (kN)
Sekolah		
Ruang kelas	40 (1,92)	1000 (4,45)
Koridor diatas lantai pertama	80 (3,83)	1000 (4,45)
Koridor lantai pertama	100 (4,79)	1000 (4,45)
Atap		
Atap datar, berbubung, dan lengkung	20 (0,96)	
Atap bukan untuk hunian	20 (0,96)	
Atap untuk tempat berkumpul	100 (4,79)	
Toko		
Eceran lantai pertama	100 (4,79)	1000 (4,45)
Eceran lantai kedua	75 (3,59)	1000 (4,45)
Grosir disemua lantai	125 (6,00)	1000 (4,45)

(sumber: SNI 03-1727-2020)

3.4 Beban Gempa (*Earthquake Load*)

Beban Gempa merupakan beban yang terjadi pada suatu struktur bangunan yang diakibatkan karena pergerakan tanah yang disebabkan oleh gempa bumi dan mempengaruhi struktur tersebut. Berikut ini akan dijelaskan tentang kombinasi pembebanan dan analisis gaya gempa.

3.4.1 Kombinasi pembebanan

Pada penelitian ini akan menggunakan dua kombinasi pembebanan yaitu menggunakan kombinasi pembebanan berdasarkan SNI 1726 2012 dan SNI 1726 2019, kombinasi kedua beban tersebut akan dijelaskan sebagai berikut.

1. Kombinasi pembebanan berdasarkan SNI 03-1726-2012

Menurut SNI 1726 2012, struktur, elemen-elemen struktur dan fondasi harus dirancang sedemikian sehingga kuat rencananya sama dengan atau melebihi pengaruh beban-beban terfaktor dengan kombinasi pembebanan pada pasal 4.2.2 sebagai berikut.

- a. $1,4D$
- b. $1,2D + 1,6L$ $0,5(L_r$ atau $R)$
- c. $1,2D + 1,6(L_r$ atau $R) + (L$ atau $0,5W)$
- d. $1,2D + 1,0W + L + 0,5(L_r$ atau $R)$
- e. $1,2D + 1,0E + L$
- f. $0,9D + 1,0W$
- g. $0,9D + 1,0E$

Pada penelitian ini beban-beban yang digunakan adalah beban mati, beban hidup, dan beban gempa sedangkan beban angin tidak digunakan atau diabaikan sehingga, kombinasi beban yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut.

- a. $1,4D$
- b. $1,2D + 1,6L$ $0,5(L_r$ atau $R)$
- c. $1,2D + 1,0E + L$
- d. $0,9D + 1,0E$

1) Menurut SNI 1726 2012 pasal 7.4.2 pengaruh beban gempa, E , harus ditentukan sesuai dengan berikut ini.

- a) Untuk penggunaan kombinasi beban e pada pasal 4.2.2 harus ditentukan menggunakan persamaan berikut.

$$E = E_h + E_v \quad (3.1)$$

- b) Untuk penggunaan kombinasi beban g pada pasal 4.2.2 harus menggunakan persamaan berikut.

$$E = E_h - E_v \quad (3.2)$$

- c) Pengaruh beban gempa horizontal, E_h berdasarkan pasal 7.4.2.1 harus ditentukan menggunakan persamaan sebagai berikut ini.

$$E_h = \rho Q_E \quad (3.3)$$

- d) Pengaruh beban gempa vertikal, E_v berdasarkan pasal 7.4.2.2 harus ditentukan menggunakan persamaan sebagai berikut ini.

$$E_v = 0,2S_{DS}D \quad (3.4)$$

2) Faktor redundansi ρ

Faktor redundansi digunakan pada sistem penahan gaya gempa dalam masing-masing kedua arah orthogonal pada semua struktur, berikut terdapat dua kondisi redundansi menurut SNI 1726 2012 sebagai berikut.

- a) Nilai redundansi ρ yang diijinkan sama dengan 1,0 jika struktur yang dirancang untuk kategori desain seismik B atau C,
- b) Nilai redundansi ρ yang diijinkan sama dengan 1,3 jika struktur yang dirancang untuk kategori desain seismik D, E, dan F.

Dengan:

D = beban mati (*dead load*)

L = beban hidup (*live load*)

L_r = beban hidup atap (*roof live load*)

E = beban gempa (*earthquake load*)

E_h = beban gempa horizontal

E_v = beban gempa vertikal

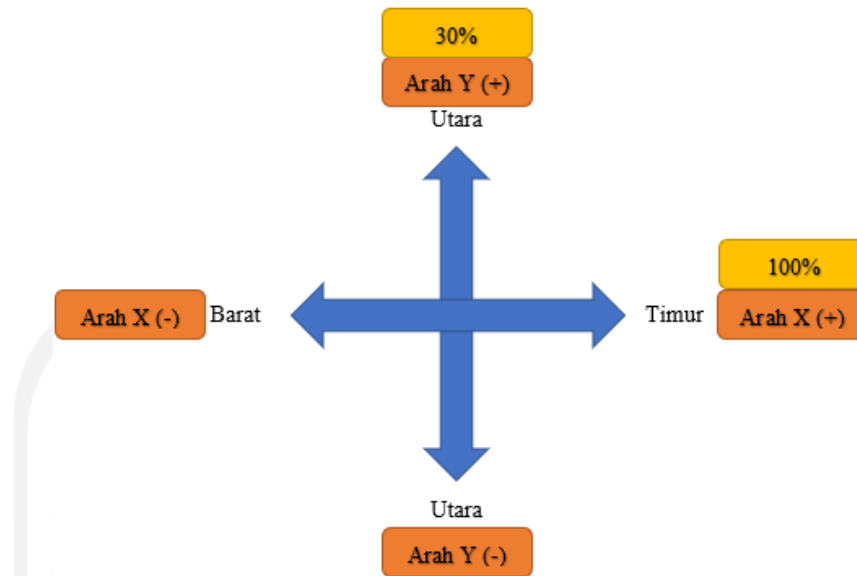
ρ = faktor redundansi

Q_E = pengaruh gaya gempa horizontal V dan F_p , pada pasal 7.5.3

S_{DS} = parameter percepatan respon spektrum

3) Arah pembebanan

Menurut SNI 1726 2012 pasal 12.6.3.3 analisis spektrum respons yang digunakan untuk menentukan perpindahan desain total dan perpindahan maksimum total meliputi model yang bergetar secara simultan dengan 100% gerak tanah pada arah kritis dan 30% dari gerakan tanah pada arah tegak lurusnya atau arah horizontal. Berikut ini ada ilustrasi mengenai arah datangnya gempa dengan contoh 100% arah X dan 30% arah Y pada gambar 3.2 berikut.



Gambar 3. 2 Ilustrasi Arah Datang Gempa

Berdasarkan penjelasan diatas maka, kombinasi beban gempa SNI 1726 2012 yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut.

- a. $1,4D$
- b. $1,2D + 1,6L$
- c. $1,2 + 0,2S_{DS} + \rho.1,0.Ex + \rho.0,3.Ey + L$
- d. $1,2 + 0,2S_{DS} + \rho.0,3.Ex + \rho.1,0.Ey + L$
- e. $1,2 + 0,2S_{DS} - \rho.1,0.Ex + \rho.0,3.Ey + L$
- f. $1,2 + 0,2S_{DS} - \rho.0,3.Ex + \rho.1,0.Ey + L$
- g. $1,2 + 0,2S_{DS} + \rho.1,0.Ex - \rho.0,3.Ey + L$
- h. $1,2 + 0,2S_{DS} + \rho.0,3.Ex - \rho.1,0.Ey + L$
- i. $1,2 + 0,2S_{DS} - \rho.1,0.Ex - \rho.0,3.Ey + L$
- j. $1,2 + 0,2S_{DS} - \rho.0,3.Ex - \rho.1,0.Ey + L$
- k. $0,9 - 0,2S_{DS} + \rho.1,0.Ex + \rho.0,3.Ey$
- l. $0,9 - 0,2S_{DS} + \rho.0,3.Ex + \rho.1,0.Ey$
- m. $0,9 - 0,2S_{DS} - \rho.1,0.Ex + \rho.0,3.Ey$
- n. $0,9 - 0,2S_{DS} - \rho.0,3.Ex + \rho.1,0.Ey$
- o. $0,9 - 0,2S_{DS} + \rho.1,0.Ex - \rho.0,3.Ey$

- p. $0,9 - 0,2S_{DS} + \rho.0,3.Ex - \rho.1,0.Ey$
- q. $0,9 - 0,2S_{DS} - \rho.1,0.Ex - \rho.0,3.Ey$
- r. $0,9 - 0,2S_{DS} - \rho.0,3.Ex - \rho.1,0.Ey$

2. Kombinasi pembebanan berdasarkan SNI 03-1726-2019

Berdasarkan SNI 1726 2019, faktor-faktor dan kombinasi pembebanan masih sama seperti pada SNI 1726 2012. Berikut adalah kombinasi pembebanan menurut SNI 1726 2019.

- a. 1,4D
- b. 1,2D + 1,6L
- c. $1,2 + 0,2S_{DS} + \rho.1,0.Ex + \rho.0,3.Ey + L$
- d. $1,2 + 0,2S_{DS} + \rho.0,3.Ex + \rho.1,0.Ey + L$
- e. $1,2 + 0,2S_{DS} - \rho.1,0.Ex + \rho.0,3.Ey + L$
- f. $1,2 + 0,2S_{DS} - \rho.0,3.Ex + \rho.1,0.Ey + L$
- g. $1,2 + 0,2S_{DS} + \rho.1,0.Ex - \rho.0,3.Ey + L$
- h. $1,2 + 0,2S_{DS} + \rho.0,3.Ex - \rho.1,0.Ey + L$
- i. $1,2 + 0,2S_{DS} - \rho.1,0.Ex - \rho.0,3.Ey + L$
- j. $1,2 + 0,2S_{DS} - \rho.0,3.Ex - \rho.1,0.Ey + L$
- k. $0,9 - 0,2S_{DS} + \rho.1,0.Ex + \rho.0,3.Ey$
- l. $0,9 - 0,2S_{DS} + \rho.0,3.Ex + \rho.1,0.Ey$
- m. $0,9 - 0,2S_{DS} - \rho.1,0.Ex + \rho.0,3.Ey$
- n. $0,9 - 0,2S_{DS} - \rho.0,3.Ex + \rho.1,0.Ey$
- o. $0,9 - 0,2S_{DS} + \rho.1,0.Ex - \rho.0,3.Ey$
- p. $0,9 - 0,2S_{DS} + \rho.0,3.Ex - \rho.1,0.Ey$
- q. $0,9 - 0,2S_{DS} - \rho.1,0.Ex - \rho.0,3.Ey$
- r. $0,9 - 0,2S_{DS} - \rho.0,3.Ex - \rho.1,0.Ey$

3.5 Ketentuan Umum Perancangan Gedung Terhadap Pengaruh Gempa

Ketentuan-ketentuan umum dalam perencanaan gedung terhadap gempa memiliki beberapa parameter yaitu, klasifikasi situs, wilayah gempa, koefisien

modifikasi respons, respons spektrum dan lain-lain menurut peraturan SNI 1726 2012 dan SNI 1726 2019 yang akan dijelaskan sebagai berikut ini.

3.5.1 Klasifikasi Situs

Klasifikasi situs memberikan kriteria desain seismik dalam bentuk faktor-faktor amplifikasi bangunan. Ketika merumuskan kriteria desain seismik permukaan tanah untuk bangunan atau ketika menentukan amplifikasi magnitudo percepatan seismik puncak dari massa batuan situs ke permukaan tanah, sehingga situs tersebut harus diklasifikasikan terlebih dahulu. Klasifikasi situs menurut SNI 1726 2019 sama seperti menurut SNI 1726 2012 tidak mengalami perubahan pada klasifikasi situs. Klasifikasi situs dapat dilihat pada tabel 3.5 berikut ini.

Tabel 3. 5 Klasifikasi Situs

Kelas Situs	V_s (m/s)	N atau N_{ch}	S_u (kPa)
SA (batuan keras)	>1500	N/A	N/A
SB (batuan)	750 – 1500	N/A	N/A
SC (tanah keras, sangat padat dan batuan lunak)	350 – 750	>50	≥ 100
SD (tanah sedang)	175 – 350	15 – 50	50 – 100
SE (tanah lunak)	<175	<15	<50
	Atau setiap profil tanah yang mengandung lebih dari 3m tanah dengan karakteristik sebagai berikut;		
	<ul style="list-style-type: none"> - Indeks plastisitas, $PI > 20$ - Kadar air, $w \geq 40\%$ - Kuat geser niralir $S_u < 25$ kPa 		

Lanjutan Tabel 3.5 Klasifikasi Situs

Kelas Situs	V _s (m/s)	N atau N _{ch}	S _u (kPa)
SF (tanah khusus yang membutuhkan investigasi geoteknik spesifik dan analisis respons spesifik situs yang mengikuti pasal 6.10.1)	Setiap profil lapisan tanah yang memiliki salah satu atau lebih dari karakteristik berikut ini;		
	- Rawan dan berpotensi gagal atau runtuh akibat beban Gempa seperti likuifaksi, lempung sangat sensitif, tanah tersementasi lemah		
	- Lempung sangat organik dan atau gambut (ketebalan H > 3 m)		
	- Lempung berplastisitas sangat tinggi (ketebalan H > 7,5 m dengan indeks plastisitas PI > 75)		
	Lapisan lempung lunak/setengah teguh dengan ketebalan H > 35 m dengan S _u < 50 kPa		

(sumber : SNI 03-1726-2019)

3.5.2 Parameter Respon Spektral Percepatan Gempa Maksimum yang dipertimbangkan Risiko Tertarget (MCE_R)

Dalam menentukan respons spektral percepatan gempa (MCE_R) pada permukaan tanah, maka diperlukan sebuah faktor amplifikasi seismik pada perioda 0,2 detik dan 1 detik. Faktor amplifikasi termasuk faktor amplifikasi getaran terkait percepatan pada perioda pendek (F_a) dan faktor amplifikasi terkait percepatan yang mewakili getaran pada perioda 1 detik (F_v). Parameter spektrum respons pada perioda pendek (S_{MS}) dan pada perioda 1 detik (S_{M1}) dan harus disesuaikan dengan klasifikasi situs dan ditentukan menggunakan persamaan berikut ini.

$$S_{MS} = F_a S_s \quad (3.5)$$

$$S_{M1} = F_v S_1 \quad (3.6)$$

Dengan :

S_{MS} = parameter spektrum respons pada perioda pendek

S_{M1} = parameter spektrum respons pada perioda 1 detik

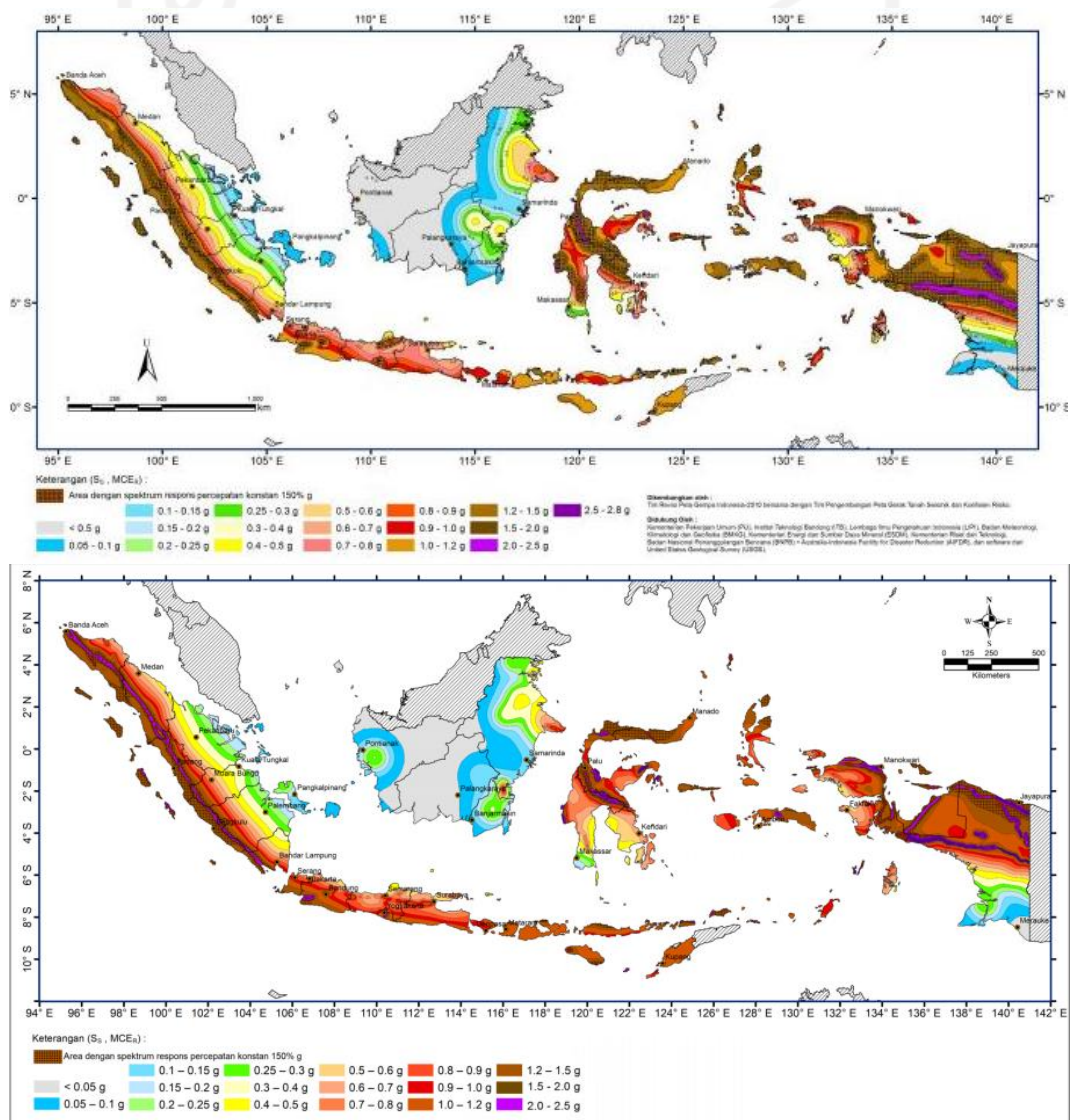
F_a = faktor amplifikasi pada perioda pendek

F_v = faktor amplifikasi pada perioda 1 detik

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

S_1 = parameter respons spektral percepatan gempa MCE_R terpetakan pada
periode 1 detik

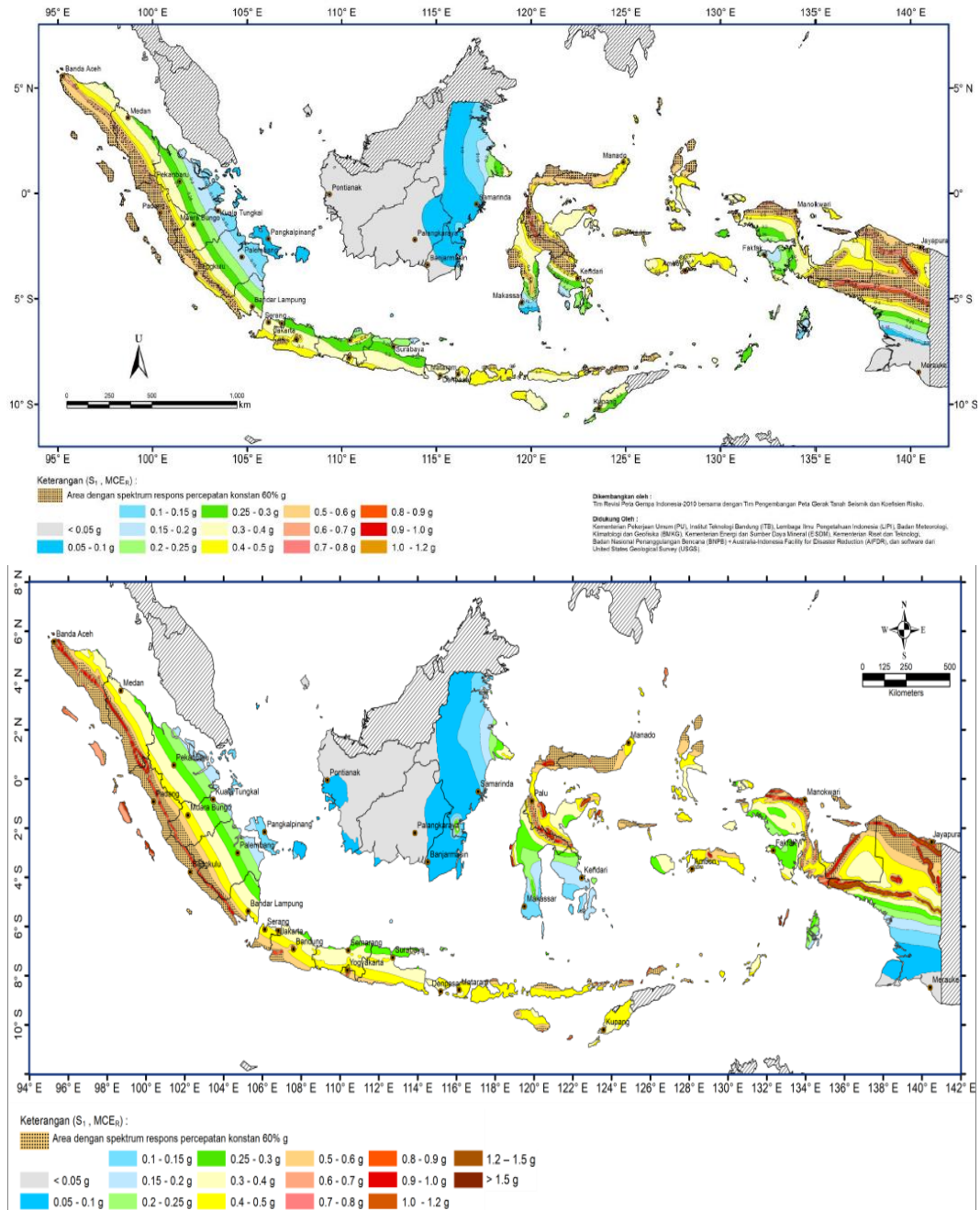
Berikut ini adalah peta wilayah indonesia untuk parameter gerak tanah S_s ,
gempa maksimum yang dipertimbangkan risiko-tertarget MCE_R untuk spektrum
respons 0,2 detik berdasarkan SNI 03-1726-2012 dan SNI 03-1726-2019 yang
dapat dilihat pada gambar 3.3 berikut ini.



**Gambar 3.3 S_s , Gempa Maksimum yang dipertimbangkan risiko-tertarget
untuk spektrum respons periode 0,2 detik menurut SNI 03-1726-2012 dan
SNI 03-1726-2019**

(sumber: SNI 03-1726-2012 dan SNI 03-1726-2019)

Sedangkan untuk peta wilayah Indonesia untuk parameter geral tanah S_1 , gempa maksimum yang dipertimbangkan risiko-tertarget MCE_R untuk spektrum respons 1,0 detik berdasarkan SNI 03-1726-2012 dan SNI 03-1726-2019 yang dapat dilihat pada gambar 3.4 berikut ini.



Gambar 3. 4 S_1 , Gempa maksimum yang dipertimbangkan risiko-tertarget untuk spektrum respons perioda 1,0 detik menurut SNI 03-1726-2012 dan SNI 03-1726-2019

(sumber: SNI 03-1726-2012 dan SNI 03-1726-2019)

Dan untuk koefisien F_a dan F_v menurut SNI 1726 2012 dapat dilihat pada tabel 3.6 dan tabel 3.7 berikut ini.

Tabel 3. 6 Klasifikasi Situs, F_a

Kelas situs	Parameter respons spektral percepatan gempa (MCE_R) terpetakan pada perioda pendek, $T = 0,2$ detik, S_s				
	$S_s \leq 0,25$	$S_s = 0,5$	$S_s = 0,75$	$S_s = 1,0$	$S_s \geq 1,25$
SA	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
SB	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
SC	1,2	1,2	1,1	1,0	1,0
SD	1,6	1,4	1,2	1,1	1,0
SE	2,5	1,7	1,2	0,9	0,9
SF	SS				

(sumber SNI 03-1726-2012)

Tabel 3. 7Klasifikasi Situs, F_v

Kelas situs	Parameter respons spektral percepatan gempa (MCE_R) terpetakan pada perioda 1 detik, S_1				
	$S_1 \leq 0,1$	$S_1 = 0,2$	$S_1 = 0,3$	$S_1 = 0,4$	$S_1 \geq 0,5$
SA	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
SB	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
SC	1,7	1,6	1,5	1,4	1,3
SD	2,4	2,0	1,8	1,6	1,5
SE	3,5	3,2	2,8	2,4	2,4
SF	SS				

(sumber SNI 03-1726-2012)

Sedangkan koefisien untuk F_a dan F_v menurut SNI 1726 2019 yang dapat dilihat pada tabel 3.8 dan 3.9 berikut ini.

Tabel 3. 8 Klasifikasi Situs, Fa

Kelas situs	Parameter respons spektral percepatan gempa (MCE _R) terpetakan pada perioda pendek, T = 0,2 detik, S _s					
	S _s ≤ 0,25	S _s = 0,5	S _s = 0,75	S _s = 1,0	S _s = 1,25	S _s ≥ 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					

(sumber SNI 03-1726-2019)

Tabel 3. 9 Klasifikasi Situs, Fv

Kelas situs	Parameter respons spektral percepatan gempa (MCE _R) terpetakan pada perioda 1 detik, S ₁					
	S ₁ ≤ 0,1	S ₁ = 0,2	S ₁ = 0,3	S ₁ = 0,4	S ₁ = 0,5	S ₁ ≥ 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					

(sumber SNI 03-1726-2019)

3.5.3 Parameter Percepatan Spektral Desain

Parameter percepatan spektral desain menurut SNI 1726 2012 dan SNI 1726 2019 tidak mengalami perubahan untuk perioda pendek 0,2 detik (S_{DS}) dan percepatan spektral desain pada perioda 1,0 detik (S_{D1}). Percepatan spektral desain ditentukan dengan menggunakan rumus-rumus sebagai berikut ini.

$$S_{DS} = \frac{2}{3} S_{MS} \quad (3.5)$$

$$S_{D1} = \frac{2}{3} S_{M1} \quad (3.6)$$

3.5.4 Spektrum Respons

Spektrum respons merupakan grafik spektrum yang disajikan dalam bentuk grafik antara periode getaran suatu struktur dengan respons maksimum untuk rasio redaman dan beban seismik tertentu. Spektrum respons pada SNI 1726 2012 mengalami perubahan yang tertuang pada SNI 1726 2019 untuk penjelasannya dapat dilihat dibawah ini.

1. Respon spektrum menurut SNI 1726 2012

Pada SNI 1726 2012 terdapat tiga bagian periode waktu getar fundamental struktur yang terjadi pada grafik respons spektrum. Sehingga untuk memuat grafik respons spektrum harus mengikuti ketentuan-ketentuan dibawah ini:

- a. Untuk periode yang lebih kecil dari T_0 , spektrum respons percepatan desain, S_a maka menggunakan persamaan berikut,

$$S_a = S_{DS} \left(0,4 + 0,6 \frac{T}{T_0} \right) \quad (3.7)$$

- b. Untuk periode yang lebih besar dari atau sama dengan T_0 dan lebih kecil dari atau sama dengan T_s , spektrum respons desain, S_a sama dengan S_{DS} ,
- c. Untuk periode yang lebih besar dari T_s , spektrum respons desain, S_a menggunakan persamaan berikut.

$$S_a = \frac{S_{D1}}{T} \quad (3.8)$$

Keterangan:

S_{DS} = percepatan spektral respons pada periode pendek

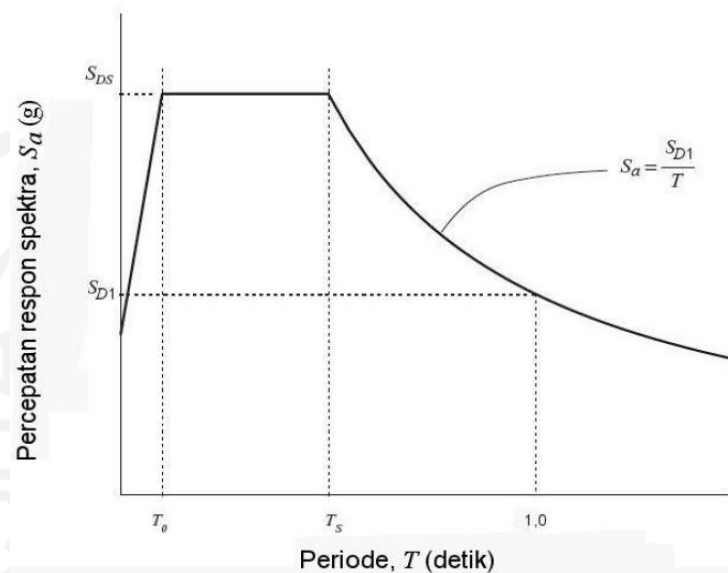
S_{D1} = percepatan spektral respons pada periode 1,0 detik

T = periode getar fundamental struktur

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

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

Sehingga dengan persamaan-persamaan tersebut, maka grafik respons spektrum desain menurut SNI 1726 2012 dapat dilihat pada gambar 3.5 dibawah ini.



Gambar 3. 5 Respons Spektrum Desain Menurut SNI 03-1726-2012
(sumber: SNI 03-1726-2012)

2. Respons spektrum menurut SNI 1726 2019

Pada SNI 1726 2019 ini terdapat perubahan yang terjadi pada grafik respons spektrum yaitu pada SNI 1726 2019 terdapat empat bagian periode waktu getar fundamental struktur yang terjadi pada grafik respons spektrum. Pada grafik tersebut terdapat tambahan waktu periode panjang (*long period*).

- a. Untuk periode yang lebih kecil dari T_0 , spektrum respons percepatan desain, S_a maka menggunakan persamaan berikut,

$$S_a = S_{DS} \left(0,4 + 0,6 \frac{T}{T_0} \right) \quad (3.7)$$

- b. Untuk periode yang lebih besar dari atau sama dengan T_0 dan lebih kecil dari atau sama dengan T_s , spektrum respons desain, S_a sama dengan S_{DS} .
- c. Untuk periode yang lebih besar dari T_s , spektrum respons desain, S_a menggunakan persamaan berikut.

$$S_a = \frac{S_{D1}}{T} \quad (3.8)$$

- d. Untuk periode yang lebih besar dari T_L , spektrum respons desain, S_a menggunakan persamaan berikut.

$$S_a = \frac{S_{D1} T_L}{T^2} \quad (3.9)$$

Keterangan:

S_{DS} = percepatan spektral respons pada periode pendek

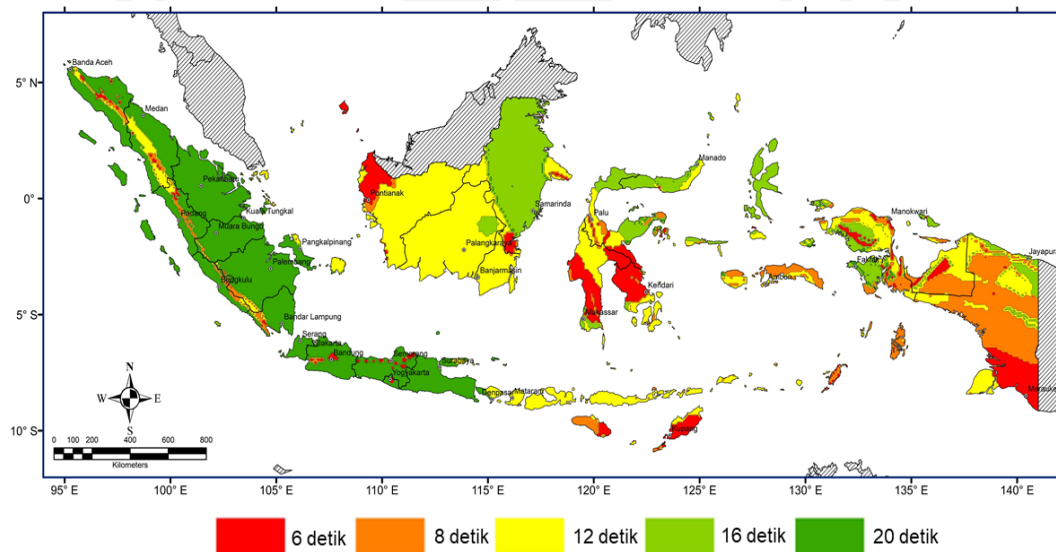
S_{D1} = percepatan spektral respons pada periode 1,0 detik

T = periode getar fundamental struktur

$$T_0 = 0,2 \frac{S_{D1}}{S_{DS}} \quad (3.10)$$

$$T_s = \frac{S_{D1}}{S_{DS}} \quad (3.11)$$

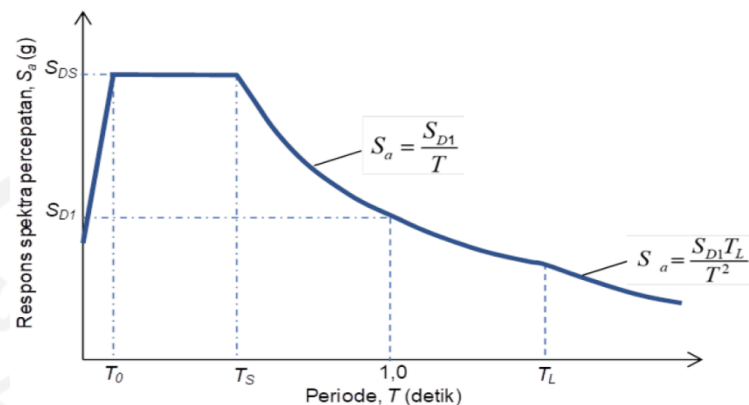
T_L = Peta transisi periode panjang (*long period*) yang dapat dilihat pada gambar 3.6 berikut ini.



Gambar 3. 6 Peta Wilayah Indonesia untuk Periode Panjang, T_l

(sumber: SNI 03-1726-2019)

Sehingga dengan persamaan-persamaan diatas, maka grafik respon spektrum desain menurut SNI 1726 2019 dapat dilihat pada gambar 3.7 dibawah ini.



Gambar 3. 7 Respon Spektrum Desain menurut SNI 03-1762-2019

(sumber: SNI 03-1726-2019)

3.5.5 Kategori Desain Seismik

Semua struktur harus ditetapkan untuk kategori desain seismik berdasarkan nilai percepatan spektral respons periode pendek dan percepatan spektral respons untuk periode 1,0 detik. Pada kategori desain seismik tidak ada perubahan yang terjadi antara SNI 1726 2012 dan SNI 1726 2019. Untuk kategori desain seismik dapat dilihat pada tabel 3.10 dibawah ini.

Tabel 3. 10 Kategori Desain Seismik Berdasarkan Percepatan Respons Spektrum Periode Pendek

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

(sumber: SNI 03-1726-2019)

Tabel 3. 11 Kategori Desain Seismik Berdasarkan Percepatan Respons Spektrum Periode 1,0 detik

Nilai S_{D1}	Kategori Risiko	
	I atau II atau III	IV
$S_{D1} < 0,067$	A	A
$0,067 \leq S_{D1} < 0,133$	B	C
$0,133 \leq S_{D1} < 0,20$	C	D
$0,20 \leq S_{D1}$	D	D

(sumber: SNI 03-1726-2019)

3.6 Sistem Penahan Gaya Gempa

Sistem penahan gaya seismik diijinkan untuk digunakan dalam perencanaan struktur, yang berfungsi untuk menahan gaya gempa dari arah yang berbeda. Apabila terdapat sistem yang berbeda, maka nilai R , C_d , dan Ω_0 harus digunakan pada setiap sistem, termasuk batasan sistem struktur yang termuat. Sistem penahan gaya gempa pada SNI 1726 2012 dan SNI 1726 2019 tidak mengalami perubahan antara kedua SNI tersebut. Berikut adalah koefisien modifikasi respon yang dapat dilihat pada tabel 3.12 dibawah ini.

Tabel 3. 12 Faktor R , C_d dan Ω_0 Untuk Sistem Penahan Gaya Gempa

Sistem pemikul gaya Gempa	R	Ω_0	C_d	Batasan sistem struktur dan batasan tinggi struktur, h_n (m) ^d				
				Kategori desain seismik				
				B	C	D ^e	E ^e	F ^f
Sistem rangka pemikul momen								
Rangka beton bertulang pemikul momen khusus	8	3	5½	TB	TB	TB	TB	TB
Rangka beton bertulang pemikul momen menengah	5	3	4½	TB	TB	TI	TI	TI
Rangka beton bertulang pemikul momen biasa	3	3	2½	TB	TI	TI	TI	TI

3.7 Gaya Dasar Seismik

Gaya dasar seismik adalah jumlah gaya lateral yang terjadi disebabkan oleh gaya seismik yang diterima oleh bangunan. Gaya dasar seismik pada SNI 1726 2012 dan SNI 1726 2019 tidak mengalami perubahan. Berikut adalah perhitungan gaya dasar seismik yang dapat dilihat dibawah ini.

$$V = C_s W \quad (3.12)$$

Keterangan:

C_s = Koefisien respon seismik

W = Berat seismik efektif

3.7.1 Perhitungan Koefisien Respon Seismik

Pada perhitungan koefisien respon seismik ini terdapat sedikit perbedaan antara SNI 1726 2012 dan SNI 1726 2019 yaitu berbeda pada syarat penentuan nilai C_s . Berikut ini akan dibahas mengenai perbedaan perhitungan koefisien respon seismik antara kedua SNI tersebut.

1. Perhitungan koefisien respons seismik menurut SNI 1726 2012

Koefisien respon seismik, C_s ditentukan menggunakan persamaan berikut ini.

$$C_s = \frac{S_{DS}}{\left(\frac{R}{I_e}\right)} \quad (3.13)$$

Keterangan:

S_{DS} = Parameter percepatan respons spektrum desain periode pendek

R = Faktor modifikasi respons

I_e = Faktor keutamaan gempa

Dari persamaan 3.13 diatas terdapat beberapa persyaratan terhadap nilai C_s yang dapat dilihat dibawah ini:

- a. Nilai C_s , yang dihitung berdasarkan persamaan 3.13 diatas tidak boleh melebihi persamaan berikut.

$$C_s = \frac{S_{D1}}{T\left(\frac{R}{I_e}\right)} \quad (3.14)$$

- b. Dan nilai C_s , yang dihitung tidak boleh kurang dari persamaan berikut.

$$C_s = 0,044S_{DS}I_e \geq 0,01 \quad (3.15)$$

- c. Untuk struktur yang terletak di daerah yang dimana nilai S_1 sama dengan atau lebih besar dari 0,6g, maka nilai C_s tidak boleh kurang dari persamaan berikut.

$$C_s = \frac{0,5S_1}{\left(\frac{R}{I_e}\right)} \quad (3.16)$$

2. Perhitungan koefisien respons seismik menurut SNI 1726 2019

Koefisien seismik respons C_s , ditentukan menggunakan persamaan berikut ini.

$$C_s = \frac{S_{DS}}{\left(\frac{R}{I_e}\right)} \quad (3.13)$$

Pada SNI 1726 2019 ini terdapat beberapa syarat yang berbeda dengan SNI 1726 2012 mengenai penentuan nilai C_s yang dapat dilihat dibawah ini.

- a. Untuk $T \leq T_L$, nilai C_s yang dihitung menggunakan persamaan 3.13 tidak boleh lebih dari persamaan berikut.

$$C_s = \frac{S_{D1}}{T\left(\frac{R}{I_e}\right)} \quad (3.14)$$

- b. Untuk $T > T_L$

$$C_s = \frac{S_{D1}T_L}{T^2\left(\frac{R}{I_e}\right)} \quad (3.17)$$

- c. Nilai C_s tidak boleh kurang dari persamaan berikut.

$$C_s = 0,044S_{DS}I_e \geq 0,01 \quad (3.15)$$

- d. Untuk struktur yang terletak di daerah yang dimana nilai S_1 sama dengan atau lebih besar dari 0,6g, maka nilai C_s tidak boleh kurang dari persamaan berikut.

$$C_s = \frac{0,5S_1}{\left(\frac{R}{I_e}\right)} \quad (3.16)$$

Keterangan:

S_{D1} = Parameter percepatan respons spektrum desain periode 1,0 detik

T = Periode fundamental struktur

S_1 = Percepatan spektrum respons maksimum yang dipetakan.

3.8 Periode Fundamental Struktur

Periode fundamental struktur merupakan salah satu hal yang paling penting dalam merencanakan bangunan yang tahan terhadap gempa. Periode getar struktur disebut penting karena, periode getar struktur adalah yang akan menentukan besarnya beban gempa yang digunakan pada struktur bangunan tahan gempa. Periode getar struktur tidak boleh melebihi hasil perkalian koefisien pada batasan atas untuk periode yang dihitung, C_u dan periode fundamental pendekatan T_a . Periode getar struktur tidak mengalami perubahan pada SNI 1726 2012 dan 1726 2019. Periode fundamental pendekatan, T_a ditentukan menggunakan persamaan berikut ini.

$$T_a = C_t h_n^x \quad (3.18)$$

$$T_{max} = C_u T_a \quad (3.19)$$

Keterangan:

T_a = Periode fundamental pendekatan, (detik)

h_n = Ketinggian struktur, (m)

C_t = Koefisien faktor pengali periode pendekatan

C_u = Koefisien batas atas pada periode yang dihitung

Untuk koefisien faktor batas atas, C_u dan koefisien parameter C_t dan x , dapat dilihat pada tabel 3.13 dan 3.14 dibawah ini:

Tabel 3. 13 Koefisien Batas Atas Pada Periode yang Dihitung

Parameter Percepatan Spektral Desain Periode 1,0 detik, S_{D1}	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 03-1726-2019)

Tabel 3. 14 Nilai Parameter Periode Pendekatan C_t dan α

Tipe Struktur	C_t	α
Sistem rangka pemikul momen dimana rangka yang memikul 100% gaya gempa yang disyaratkan dan tidak dilingkupi atau berhubungan dengan komponen yang lebih kaku dan akan mencegah rangka dari defleksi jika dikenakan gaya gempa:		
- Rangka baja pemikul momen	0,0724 ^a	0,8
- Rangka beton pemikul momen	0,0466 ^a	0,9
Rangka baja dengan bresing eksentris	0,0731 ^a	0,75
Rangka baja dengan bresing terkekang terhadap tekuk	0,0731 ^a	0,75
Semua sistem struktur lainnya	0,0488 ^a	0,75

(sumber: SNI 03-1726-2019)

Sebagai pendekatan perilaku inelastik struktur (kondisi penampang sudah retak) yang dianalisis secara elastis linier. SNI 2847 2019 mengatur faktor reduksi kekakuan penampang (inersia) dapat dilihat pada tabel 3.15 di bawah ini.

Tabel 3. 15 Momen Inersia Penampang

Bagian dan Kondisi	Momen Inersia
Kolom	0,70 I_g
Dinding tidak retak	0,70 I_g
Dinding retak	0,35 I_g
Balok	0,35 I_g
Pelat datar dan <i>slab</i> datar	0,25 I_g

3.9 Struktur Bangunan Gedung Beraturan dan Tidak Beraturan

Struktur gedung diklasifikasikan menjadi dua yaitu struktur beraturan dan struktur tidak beraturan. Klasifikasi tersebut harus berdasarkan kepada konfigurasi vertikal dan horizontal. Kriteria-kriteria konfigurasi vertikal maupun horizontal pada SNI 1726 2012 dan SNI 1726 2019 tidak mengalami perubahan. Struktur gedung harus memenuhi kriteria yang akan dijelaskan pada tabel 3.16 dan 3.17 berikut ini:

Tabel 3. 16 Ketidakberaturan Horizontal Struktur

	Tipe dan Penjelasan Ketidakberaturan	Penerapan Kategori Desain Seismik
1a.	Ketidakberaturan torsi didefinisikan ada jika Simpangan antar tingkat maksimum, yang dihitung termasuk torsi tak terduga dengan $A_x = 1,0$, disalah satu ujung struktur melintang terhadap suatu sumbu adalah lebih dari 1,2 kali Simpangan antar tingkat rata-rata di kedua ujung struktur. persyaratan ketidakberaturan torsi dalam pasal-pasal referensi berlaku hanya untuk struktur di mana diafragma kaku atau setengah kaku.	D, E, dan F B, C, D, E, dan F C, D, E, dan F C, D, E, dan F D, E, dan F B, C, D, E, dan F
1b.	Ketidakberaturan torsi berlebihan didefinisikan ada jika Simpangan antar tingkat maksimum yang dihitung termasuk akibat torsi tak terduga dengan $A_x = 1,0$, di salah satu ujung struktur melintang terhadap suatu sumbu adalah lebih dari 1,4 kali Simpangan antar tingkat rata-rata di kedua ujung struktur. Persyaratan ketidakberaturan torsi berlebihan dalam pasal-pasal referensi berlaku hanya untuk struktur di mana diafragmanya kaku atau setengah kaku.	E dan F D B, C, dan D C dan D C dan D D B, C, dan D
2.	Ketidakberaturan sudut dalam didefinisikan ada jika kedua dimensi proyeksi denah struktur dari lokasi sudut dalam lebih besar dari 15% dimensi denah struktur dalam arah yang ditinjau.	D, E, dan F D, E, dan F
3.	Ketidakberaturan diskontinuitas diafragma didefinisikan ada jika terdapat suatu diafragma yang memiliki diskontinuitas atau variasi kekakuan mendadak, termasuk yang mempunyai daerah terpotong atau terbuka lebih besar dari 50 % daerah diafragma bruto yang tertutup, atau perubahan kekakuan diafragma efektif lebih dari 50% dari suatu tingkat ke tingkat selanjutnya.	D, E, dan F D, E, dan F
4.	Ketidakberaturan akibat pergeseran tegak lurus terhadap bidang didefinisikan ada jika terdapat diskontinuitas dalam lintasan tahanan gaya lateral, seperti pergeseran tegak lurus terhadap bidang pada setidaknya satu elemen vertikal pemikul gaya lateral.	B, C, D,E, dan F D, E, dan F B, C, D, E, dan F D, E, dan F B, C, D, E, dan F

Lanjutan Tabel 3. 16 Ketidakberaturan Horizontal Struktur

	Tipe dan Penjelasan Ketidakberaturan	Penerapan Kategori Desain Seismik
5.	Ketidakberaturan sistem nonparalel didefinisikan ada jika elemen vertikal pemikul gaya lateral tidak paralel terhadap sumbu-sumbu ortogonal utama sistem pemikul gaya seismik.	B, C, D,E, dan F D, E, dan F B, C, D, E, dan F D, E, dan F B, C, D, E, dan F

(sumber: SNI 03-1726-2019)

Tabel 3. 17 Ketidakberaturan Vertikal Struktur

	Tipe dan Penjelasan Ketidakberaturan	Penerapan Kategori Desain Seismik
1a.	Ketidakberaturan Kekakuan Tingkat Lunak didefinisikan ada jika terdapat suatu tingkat yang kekakuan lateralnya kurang dari 70 % kekakuan lateral tingkat di atasnya atau kurang dari 80 % kekakuan rata-rata tiga tingkat di atasnya.	D, E, dan F
1b.	Ketidakberaturan Kekakuan Tingkat Lunak Berlebihan didefinisikan ada jika terdapat suatu tingkat yang kekakuan lateralnya kurang dari 60 % kekakuan lateral tingkat di atasnya atau kurang dari 70 % kekakuan rata-rata tiga tingkat di atasnya	E dan F D, E, dan F
2.	Ketidakberaturan Berat (Massa) didefinisikan ada jika massa efektif di sebarang tingkat lebih dari 150 % massa efektif tingkat di dekatnya. Atap yang lebih ringan dari lantai di bawahnya tidak perlu ditinjau.	D, E, dan F
3.	Ketidakberaturan Geometri Vertikal didefinisikan ada jika dimensi horizontal sistem pemikul gaya seismik di sebarang tingkat lebih dari 130 % dimensi horizontal sistem pemikul gaya seismik tingkat didekatnya.	D, E, dan F
4.	Ketidakberaturan Akibat Diskontinuitas Bidang pada Elemen Vertikal Pemikul Gaya Lateral didefinisikan ada jika pergeseran arah bidang	B, C, D,E, dan F

Lanjutan Tabel 3. 17 Ketidakberaturan Vertikal Struktur

	Tipe dan Penjelasan Ketidakberaturan	Penerapan Kategori Desain Seismik
	elemen pemikul gaya lateral lebih besar dari panjang elemen itu atau terdapat reduksi kekakuan elemen pemikul di tingkat di bawahnya.	D, E, dan F D, E, dan F
5a.	Ketidakberaturan Tingkat Lemah Akibat Diskontinuitas pada Kekuatan Lateral Tingkat didefinisikan ada jika kekuatan lateral suatu tingkat kurang dari 80 % kekuatan lateral tingkat di atasnya. Kekuatan lateral tingkat adalah kekuatan total semua elemen pemikul seismik yang berbagi geser tingkat pada arah yang ditinjau.	E dan F D, E, dan F
5b.	Ketidakberaturan Tingkat Lemah Berlebihan Akibat Diskontinuitas pada Kekuatan Lateral Tingkat didefinisikan ada jika kekuatan lateral suatu tingkat kurang dari 65 % kekuatan lateral tingkat di atasnya. Kekuatan lateral tingkat adalah kekuatan total semua elemen pemikul seismik yang berbagi geser tingkat pada arah yang ditinjau.	D, E, dan F B dan C D, E, dan F

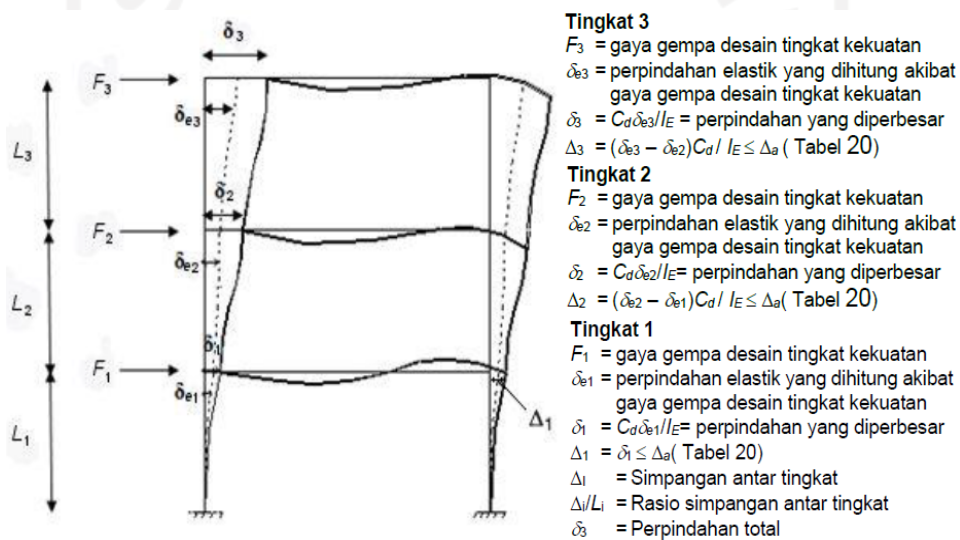
(sumber: SNI 03-1726-2019)

Pengecualian:

1. Ketidakberaturan vertikal struktur tipe 1a, 1b, atau 2 pada tabel 3.16 di atas tidak berlaku jika ada rasio simpangan antar lantai akibat gaya gempa lateral yang memiliki nilai lebih besar dari 130% rasio Simpangan antar lantai di atasnya.
2. Ketidakberaturan vertikal struktur tipe 1a, 1b, dan 2 pada tabel 3.16 di atas tidak perlu ditinjau pada bangunan satu tingkat dalam semua kategori desain seismik atau bangunan dua tingkat yang didesain untuk kategori desain seismik B, C, dan D.

3.10 Simpangan Antar Lantai (*Drift Ratio*)

Simpangan antar lantai dapat dikatakan perpindahan lateral relatif antara dua tingkat struktur bangunan yang berdekatan dan bisa dikatakan horizontal pada setiap tingkat struktur bangunan. Simpangan antar lantai harus dihitung untuk menjadi perbedaan antara pusat massa atas dan bawah tingkat yang ditinjau. Apabila pusat massa tidak segaris dalam arah vertikal, maka diizinkan untuk menghitung simpangan di dasar tingkat berdasarkan proyeksi tingkat di atasnya. Untuk lebih jelasnya dapat melihat pada gambar 3.8 di bawah ini.



Gambar 3. 8 Simpangan Antar Lantai

(sumber: SNI 03-1726-2019)

Untuk struktur yang dirancang untuk ketegori desain seismik C, D, E dan F yang memiliki ketidakberaturan horizontal 1a atau 1b maka simpangan antar lantai harus dihitung. Persamaan untuk simpangan antar lantai dapat dilihat pada gambar di bawah ini:

$$\delta_x = \frac{C_d \delta_{xe}}{I_e} \quad (3.20)$$

Keterangan:

δ_x = Simpangan pusat massa tingkat ke-x, (mm)

C_d = Faktor pembesaran simpangan lateral

δ_x = Simpangan tingkat-x yang disyaratkan

I_e = Faktor keutamaan Gempa

3.11 Pengaruh P-Delta

P-delta merupakan gejala yang terdapat pada struktur bangunan fleksibel dimana perpindahan lateral akibat beban seismik menyebabkan penambahan beban akibat beban gravitasi. Menurut SNI 1726 2012 maupun SNI 1726 2019 P-Delta pada geser tingkat dan momen elemen struktur yang dihasilkan, dan simpangan antar tingkat yang diakibatkannya tidak diperhitungkan apabila koefisien, $\Theta \leq 0,10$. Berikut ini adalah persamaan untuk efek P-Delta yang dapat dilihat dibawah ini.

$$\Theta = \frac{P_x \Delta I_e}{V_x h_{sx} C_d} \quad (3.21)$$

Koefisien stabilitas, Θ tidak boleh melebihi Θ_{\max} yang ditentukan menggunakan persamaan berikut:

$$\Theta = \frac{0,5}{\beta C_d} \leq 0,25 \quad (3.22)$$

Keterangan:

- P_x = Beban desain vertikal total dan diatas tingkat x, (kN)
- Δ = Simpangan antar tingkat desain
- I_e = Faktor keutamaan gempa
- V_x = Gaya geser seismik yang bekerja antar tingkat x dan x-1 (kN)
- h_{sx} = Tinggi tingkat dibawah tingkat x, (mm)
- C_d = Faktor pembesaran defleksi
- B = Rasio kebutuhan geser, 1,0

3.12 Penentuan Skala Gaya

Pada penentuan skala gaya ini terdapat perubahan yang terjadi antara SNI 1726 2012 dan SNI 1726 2019. Untuk penjelasan perbedaan antara kedua SNI tersebut dapat dilihat di bawah ini.

1. Penskalaan gaya menurut SNI 1726 2012

Bila pada hasil perhitungan periode fundamental struktur lebih besar dari $C_u T_a$, maka $C_u T_a$ digunakan sebagai pengganti dari periode struktur, T . Apabila kombinasi respons untuk gaya geser analisis ragam, $V_t < 85\%$ gaya geser, V maka gaya harus dikalikan dengan $0,85 \frac{V}{V_t}$.

2. Penskalaan gaya menurut SNI 1726 2019

Apabila pada hasil perhitungan periode fundamental struktur lebih besar dari $C_u T_a$, maka periode struktur, T diambil sebesar $C_u T_a$. Dan apabila kombinasi respons untuk gaya geser dasar analisis ragam, $V_t < 100\%$ gaya geser, V maka gaya tersebut harus dikalikan dengan $\frac{V}{V_t}$.

Keterangan:

V = Gaya geser dasar ekuivalen

V_t = Gaya geser dasar dari kombinasi ragam

3.13 Kinerja Batas Layan

Menurut SNI 1726 2002 kinerja batas layan struktur bertujuan untuk membatasi terjadinya pelelehan baja dan peretakan beton yang berlebihan, disamping untuk mencegah kerusakan non-struktur dan ketidaknyamanan penghuni. Kinerja batas layan struktur gedung ditentukan oleh simpangan antar tingkat akibat pengaruh gempa rencana. Persyaratan untuk kinerja batas layan yaitu perhitungan simpangan antar lantai tidak boleh melebihi $0,03/R$ dikali tinggi antar tingkat atau 30 mm, tergantung mana yang nilainya paling kecil.

3.14 Kinerja Batas Ultimit

Menurut SNI 1726 2002 kinerja batas ultimit struktur bertujuan untuk membatasi kemungkinan terjadinya keruntuhan struktur gedung yang dapat menimbulkan korban jiwa dan untuk mencegah benturan berbahaya antar gedung atau bagian struktur gedung yang dipisah dengan sela pemisah. Kinerja batas ultimit struktur ditentukan oleh simpangan dan simpangan antar tingkat maksimum akibat pengaruh gempa rencana dalam kondisi struktur gedung di ambang keruntuhan. Perhitungan untuk kinerja batas ultimit dapat menggunakan persamaan berikut ini.

1. Untuk struktur gedung beraturan

$$\xi = 0,7 \times R \quad (3.23)$$

2. Untuk struktur gedung tidak beraturan

$$\xi = \frac{0,7 \times R}{FS} \quad (3.24)$$

keterangan :

R = faktor reduksi

Fs = Faktor skala

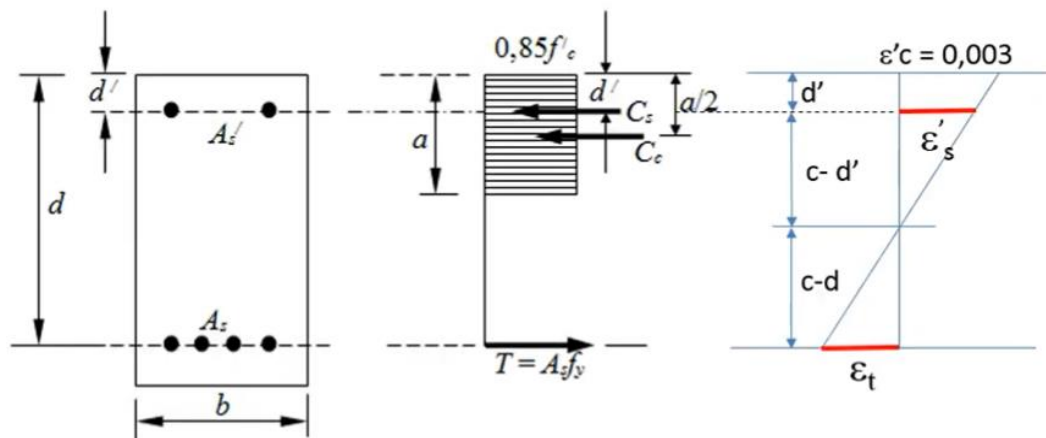
Persyaratan untuk kinerja batas ultimit struktur gedung yaitu jika simpangan antar lantai yang sudah dikalikan dengan faktor pengali kinerja batas ultimit tidak boleh melebihi 0,02 dikali dengan tinggi antar tingkat.

3.15 Analisis Struktur

Perhitungan analisis struktur pada penampang balok dan kolom dapat dilihat sebagai berikut.

3.15.1 Analisis Balok

Balok adalah bagian dari konstruksi yang berfungsi memikul beban lantai dan beban lain yang bekerja di atasnya dan kemudian menyalurkan beban tersebut ke kolom-kolom. Balok juga berfungsi membagi-bagi pelat menjadi segmen-segmen dan sebagai pengikat kolom yang satu dengan yang lainnya sehingga diperoleh struktur yang kaku dan kokoh. Balok anak berfungsi untuk mengurangi lendutan pada pelat dan meneruskan beban dari plat ke balok induk. Analisis kapasitas balok dengan tulangan rangkap mengacu pada gambar 3.9 di bawah ini.



Gambar 3. 9 Blok Tegangan Whitney

Pada penampang balok tulangan rangkap ini ada dua kemungkinan yang terjadi:

1. Jika, $\varepsilon'_s > \varepsilon_y$ dan $\varepsilon_s > \varepsilon_y$, maka baja tarik dan tekan sudah leleh.

Pada kondisi pertama yaitu dengan menganggap semua tulangan sudah leleh, sehingga gaya-gaya dalam yang diperoleh berdasarkan gambar 3.1 adalah sebagai berikut.

$$C_c = 0,85 \cdot f_c' \cdot a \cdot b \quad (3.25)$$

$$C_s = A_s' \cdot f_y \quad (3.26)$$

$$T_s = A_s \cdot f_y \quad (3.27)$$

Persamaan keseimbangan didapat sebagai berikut:

$$C_c + C_s = T_s \quad (3.28)$$

$$0,85 \cdot f_c' \cdot a \cdot b + A_s' \cdot f_y = A_s \cdot f_y \quad (3.29)$$

Sehingga dari persamaan 3.29 didapat nilai sebagai berikut:

$$a = \frac{(A_s - A_s') f_y}{0,85 \cdot f_c' \cdot b} \quad (3.30)$$

Momen nominal untuk tulangan rangkap dapat dihitung menggunakan persamaan berikut ini.

$$M_n = (A_s - A_s') f_y \left(d - \frac{a}{2} \right) + A_s' \cdot f_y (d - d') \quad (3.31)$$

2. Jika, $\varepsilon'_s < \varepsilon_y < \varepsilon_s$, maka baja tarik sudah leleh tetapi baja tekan belum leleh.

Pada kondisi kedua disaat baja tekan belum leleh maka dicari nilai a menggunakan persamaan keseimbangan berdasarkan gambar 3.1 sebagai berikut.

$$(0,85 \cdot f_c' \cdot b) a^2 + (600 \cdot A_s' - A_s \cdot f_y) a - (600 \cdot 0,85 \cdot d' \cdot A_s') = 0 \quad (3.32)$$

Perhitungan tegangan baja dihitung menggunakan persamaan berikut:

$$f_s' = \varepsilon_s' \cdot E_s \cdot 0,003 \frac{a - \beta_1 \cdot d'}{a} \cdot E_s \quad (3.33)$$

Momen nominal untuk tulangan rangkap dapat dihitung menggunakan persamaan berikut ini.

$$M_n = 0,85 \cdot f_c' \cdot a \cdot b \left(d - \frac{a}{2} \right) + A_s' \cdot f_s (d - d') \quad (3.34)$$

Keterangan:

C_c = gaya tekan beton

C_s = gaya tekan baja

T_s = gaya tarik baja

F_c' = kuat tekan beton

a = tinggi blok tegangan

b = lebar balok

A_s' = luas baja desak

F_y = tegangan leleh baja

A_s = luas baja tarik

M_n = momen nominal

d = tinggi efektif balok

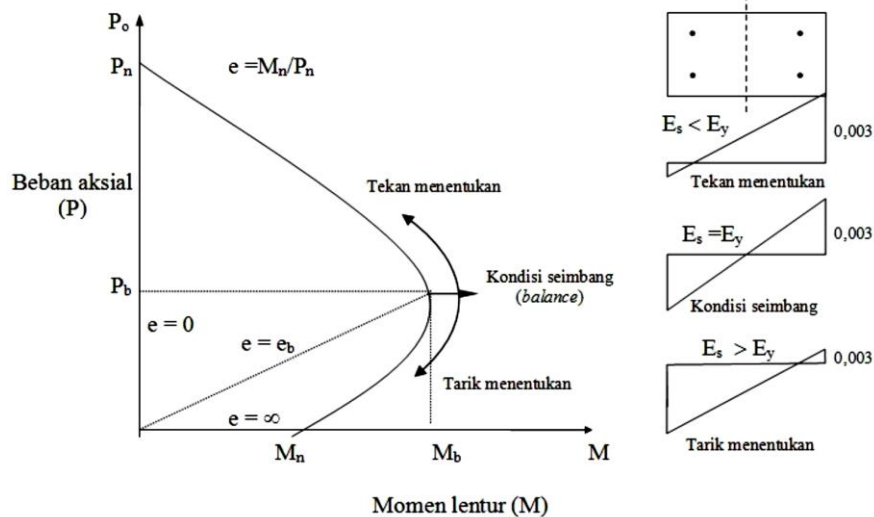
d' = jarak dari tepi serat tekan ke pusat tulangan tekan

f_s' = tegangan baja tekan

β_1 = konstanta yang merupakan fungsi dari kuat tekan beton

3.15.2 Analisis Kolom

Kolom merupakan komponen struktur bangunan yang berfungsi untuk menahan beban aksial vertikal. Kolom harus direncanakan lebih kuat daripada balok (*strong column weak beam*) agar gaya-gaya lateral dapat tersebar merata untuk dapat meminimalisir keruntuhan lokal yang terjadi.



Gambar 3. 10 Diagram Interaksi Kolom

Persamaan gaya aksial nominal kolom dapat dihitung menggunakan persamaan berikut ini.

$$P_n = (0,85 \cdot f_c' \cdot a \cdot b) + (A_s' \cdot f_s') - (A_s \cdot f_s) \quad (3.35)$$

$$M_n = P_n \cdot e \quad (3.36)$$

$$M_n = (0,85 \cdot f_c' \cdot a \cdot b) \left(y - \frac{a}{2} \right) + A_s' \cdot f_s' (y-d) A_s \cdot f_s \cdot (d - y) \quad (3.37)$$

Berdasarkan SNI 2847 2019, kuat rencana kolom sengkang tidak boleh lebih dari persamaan berikut ini:

$$\phi P_n = 0,8 \cdot \phi \cdot (A_s - A_{st}) \cdot 0,85 \cdot f_c' \cdot a \cdot b + A_{st} \cdot f_y \quad (3.38)$$

Keterangan:

P_n = kuat aksial nominal (N)

M_n = kuat lentur nominal (Nmm)

A_{st} = luas penampang tulangan memanjang kolom (mm^2)

F_s = tegangan tarik tulangan (MPa)

F_s' = tegangan dalam tulangan tekan (MPa)



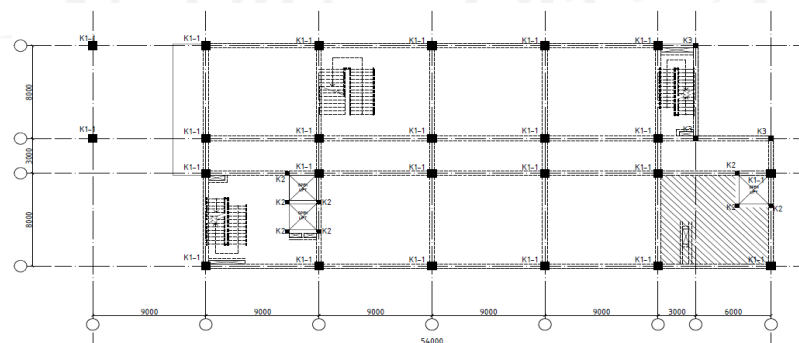
BAB IV METODE PENELITIAN

4.1 Metode Penelitian

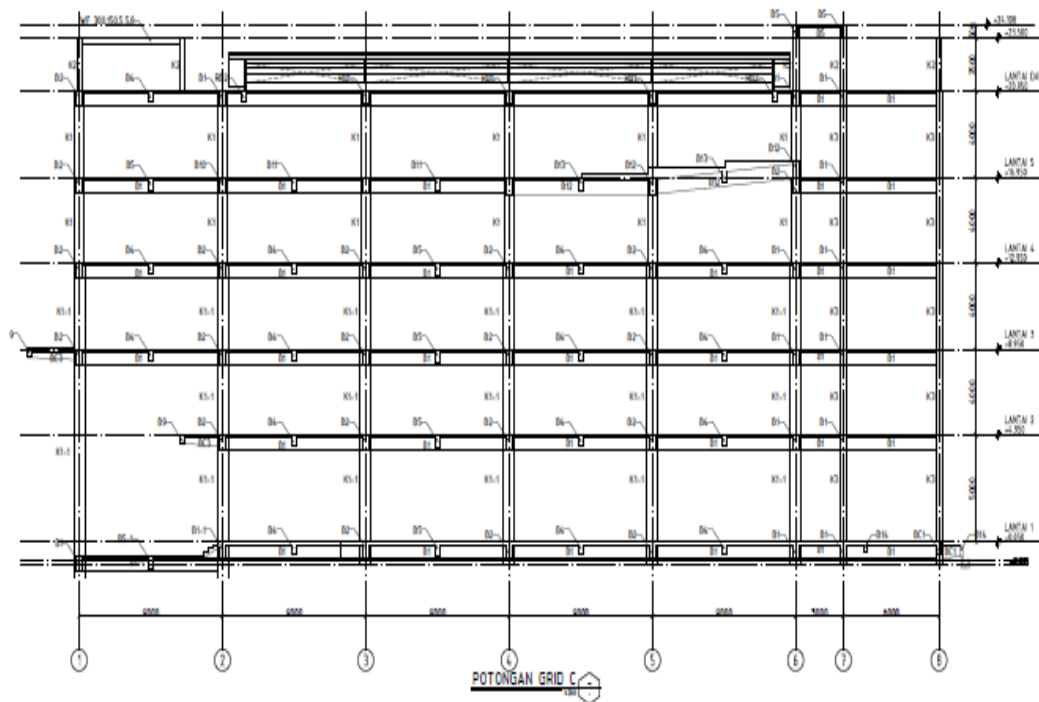
Metode penelitian adalah prosedur ilmiah yang dilakukan oleh seorang peneliti. Hal ini dimaksudkan untuk mengumpulkan informasi dan mempelajari data yang diperoleh. Metode penelitian menggambarkan desain penelitian, yang meliputi, pelaksanaan, waktu penelitian, sumber data dan prosedur pengumpulan, pengolahan dan analisis data. Data terbagi menjadi dua macam, yaitu data primer dan data sekunder. Data primer merupakan data yang diperoleh secara langsung oleh peneliti dari objek penelitian. Sedangkan, data sekunder ialah data yang diperoleh secara tidak langsung atau data yang didapatkan dari pihak lain yang memiliki informasi dan data yang dibutuhkan oleh peneliti seperti, jurnal, naskah publikasi, majalah, dan lainnya. Berdasarkan keterangan diatas maka jenis data yang digunakan dalam penelitian ini merupakan data sekunder.

4.2 Lokasi dan Objek Penelitian

Objek penelitian dalam tugas akhir ini adalah gedung kuliah bersama Politeknik Negeri Cilacap, yang bertempat di Jalan. Dr. Seotomo No.1, Karangcengis, Sindakaya, Kec. Cilacap Selatan, Kabupaten Cilacap, Jawa Tengah. Gedung tersebut memiliki total jumlah 5 lantai dengan ketinggian total 21 m. denah bangunan dapat dilihat pada gambar berikut ini.



Gambar 4. 1 Denah Gedung Kuliah Bersama Politeknik Negeri Cilacap
(sumber: PT. Artefak Arkindo)



Gambar 4. 2 Detail Potongan Gedung Kuliah Bersama Politeknik Negeri Cilacap

(sumber: PT. Artefak Arkindo)

4.3 Pengambilan Data

Data yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Mutu beton

Mutu beton yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

- a. f_c' = 24,9 MPa
- b. Berat jenis beton = 2,4 ton/m³
- c. Modulus elastisitas = $4700\sqrt{f_c'} = 23452,953$ MPa

2. Mutu baja tulangan

Mutu baja tulangan yang digunakan dalam perancangan gedung kuliah bersama politeknik Negeri Cilacap adalah sebagai berikut:

- a. Tulangan baja polos ukuran $< \varnothing 12$ mm dengan f_y sebesar 240 MPa,
- b. Tulangan baja ulir ukuran $> \varnothing 12$ mm dengan f_y sebesar 400 MPa.

3. Dimensi elemen struktur

Berikut ini adalah penjelasan mengenai dimensi elemen struktur pada Gedung Kuliah Politeknik Negeri Cilacap sebagai berikut.

a. Kolom

Dimensi kolom pada Gedung kuliah Bersama Politeknik Negeri Cilacap dapat dilihat pada tabel 4.1 dibawah ini:

Tabel 4. 1 Dimensi Kolom Gedung Kuliah Bersama Politeknik Negeri Cilacap

No	Tipe Kolom	Dimensi, (mm)
1	K1-1	700 x 700
2	K1	600 x 600
3	K2	300 x 300
4	K3	400 x 400

(sumber: PT. Artefak Arkindo)

b. Balok

Dimensi balok pada Gedung Kuliah Bersama Politeknik Negeri Cilacap dapat dilihat pada tabel 4.2 dibawah ini:

Tabel 4. 2 Dimensi Balok Gedung Kuliah Bersama Politeknik Negeri Cilacap

No	Tipe Balok	Dimensi, (mm)
1	B1	400 x 700
2	B1-1	400 x 700
3	B2	400 x 700
4	B3	400 x 700
5	B4	300 x 500
6	B5	300 x 600
7	B5-1	300 x 600
8	B6	300 x 500
9	B7	300 x 400
10	B8	300 x 500
11	B9	250 x 400

Lanjutan Tabel 4. 3 Dimensi Balok Gedung Kuliah Bersama Politeknik Negeri Cilacap

No	Tipe Balok	Dimensi, (mm)
12	B10	400 x 700
13	B11	300 x 600
14	B12	400 x 800
15	B13	300 x 600
16	B14	250 x 400

(sumber: PT. Artefak Arkindo)

c. Plat Lantai

Dimensi plat lantai pada Gedung Kuliah Bersama Politeknik Negeri Cilacap dapat dilihat pada tabel 4.3 dibawah ini:

Tabel 4. 4 Dimensi Plat Lantai Gedung Kuliah Bersama Politeknik Negeri Cilacap

No	Tipe Plat Lantai	Dimensi, (mm)
1	S1	130
2	S2	110
3	S3	110
4	S4	110

(sumber: PT. Artefak Arkindo)

4.4 Program yang digunakan

Program atau *software* yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. SAP2000,
2. Microsoft Excel,
3. Laptop dan,
4. Peralatan tulis.

4.5 Tahapan Analisis

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah menggunakan analisis spektrum respons. Program yang digunakan dalam analisis ini ialah SAP2000. Uraian tahapan analisis penelitian ini adalah sebagai berikut.

4.5.1 Studi Literatur

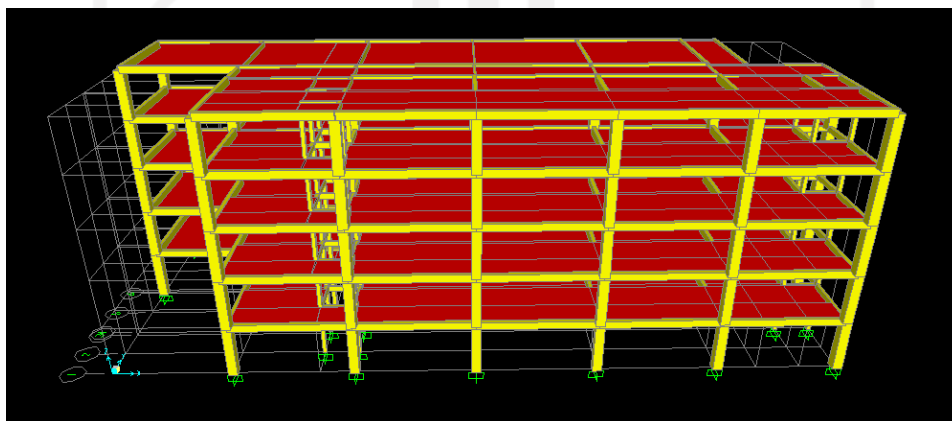
Tahapan pertama yang dilakukan dalam penelitian ini ialah mencari, membaca, dan memahami literatur, jurnal, penelitian terdahulu, serta buku yang terkait dengan penelitian ini yaitu analisis respons spektrum. Buku acuan yang dipakai dalam penelitian ini adalah SNI 03-1726-2012 dan SNI 03-1726-2019.

4.5.2 Pengumpulan Data

Data yang didapat dalam penelitian ini adalah data struktural dan bahan material Gedung Kuliah Bersama Politeknik Negeri Cilacap. Data ini akan digunakan sebagai permodelan pada program SAP2000. *Shop drawing* ini digunakan untuk membuat permodelan yang sesuai dengan *shop drawing* yang didapat sehingga analisis ini tidak menyimpang dari gambar yang telah ada.

4.5.3 Permodelan 3D

Tahap selanjutnya ialah, melakukan permodelan dengan menggunakan *software* SAP2000 dan dengan menggunakan data yang telah didapat yaitu data Gedung Kuliah Bersama politeknik Negeri Cilacap. Berikut adalah permodelan Gedung kuliah Bersama Politeknik Negeri Cilacap Menggunakan program SAP2000 yang dapat dilihat dibawah ini.



Gambar 4. 3 Permodelan Menggunakan Program SAP2000

4.5.4 Pembebanan Struktur Gedung

Pembebanan struktur pada penelitian ini menggunakan acuan dari PPIUG 1983 dan SNI 1727-2020. Beban yang bekerja pada struktur penelitian ini adalah

beban mati, beban hidup, dan beban gempa. Beban mati menggunakan acuan PPURG 1987, sedangkan beban hidup menggunakan acuan SNI 1727-2020 dan beban gempa menggunakan acuan SNI 1726-2012 dan SNI 1726-2019. Untuk lebih jelasnya pembebanan pada struktur dapat dilihat sebagai berikut.

1. Beban mati

Beban mati pada struktur ini menggunakan acuan SNI 03-1727-1989 yang dapat dilihat pada tabel 4.4 di bawah ini.

Tabel 4. 4 Berat Sendiri Bahan Bangunan dan Komponen Gedung

No	Bahan Bangunan	Berat Sendiri
1	Baja	7850 kg/m ³
2	Batu alam	2600 kg/m ³
3	Batu belah, batu bulat, batu gunung (berat tumpuk)	1500 kg/m ³
4	Batu karang (berat tumpuk)	700 kg/m ³
5	Batu pecah	1450 kg/m ³
6	Batu tuang	7250 kg/m ³
7	Beton (¹)	2200 kg/m ³
8	Beton bertulang (²)	2400 kg/m ³
9	Kayu (Kelas 1) (³)	1000 kg/m ³
10	Kerikil, koral (kering udara sampai lembab, tanpa diayak)	1650 kg/m ³
11	Pasangan bata merah	1700 kg/m ³
12	Pasangan batu belah, batu bulat, batu gunung	2200 kg/m ³
13	Pasangan batu cetak	2200 kg/m ³
14	Pasangan batu karang	1450 kg/m ³
15	Pasir (kering udara sampai lembab)	1600 kg/m ³
16	Pasir (jenuh air)	1800 kg/m ³
17	Pasir kerikil, koral (kering udara sampai lembab)	1850 kg/m ³

(sumber: SNI 03-1727-1989)

2. Beban hidup

Beban hidup pada struktur ini menggunakan acuan SNI 03-1727-2020 yang dapat dilihat pada gambar 4.3 berikut ini.

Hunian atau penggunaan	Merata, L_0 psf (kN/m ²)	Reduksi beban hidup diizinkan? (No. Pasal)	Reduksi beban hidup berlantai banyak diizinkan? (No. Pasal)	Terpusat lb (kN)	Juga Lihat Pasal
Sekolah	40 (1,92)	Ya (4.7.2)	Ya (4.7.2)	1.000 (4,45)	
Ruang kelas	80 (3,83)	Ya (4.7.2)	Ya (4.7.2)	1.000 (4,45)	
Koridor di atas lantai pertama	100 (4,79)	Ya (4.7.2)	Ya (4.7.2)	1.000 (4,45)	
Koridor lantai pertama					
Scuttles, rusuk untuk atap kaca dan langit-langit yang dapat diakses				200 (0,89)	
Jalan di pinggir untuk pejalan kaki, jalan lintas kendaraan, dan lahan/jalan untuk truk-truk	250 (11,97)	Tidak (4.7.3)	Ya (4.7.3)	8.000 (35,60)	4.15
Tangga dan jalan keluar	100 (4,79)	Ya (4.7.2)	Ya (4.7.2)	300 (1,33)	4.16
Rumah tinggal untuk satu dan dua keluarga saja	40 (1,92)	Ya (4.7.2)	Ya (4.7.2)	300 (1,33)	4.16
Gudang diatas langit-langit	20 (0,96)	Ya (4.7.2)	Ya (4.7.2)		
Gudang penyimpanan dan pekerja (harus dirancang untuk beban lebih berat jika diperlukan)					
Ringan	125 (6,00)	Tidak (4.7.3)	Ya (4.7.3)		
Berat	250 (11,97)	Tidak (4.7.3)	Ya (4.7.3)		

Gambar 4. 4 Beban Hidup Terdistribusi Merata Minimum dan Beban Hidup Terpusat

(sumber: SNI 03-1727-2020)

3. Beban gempa

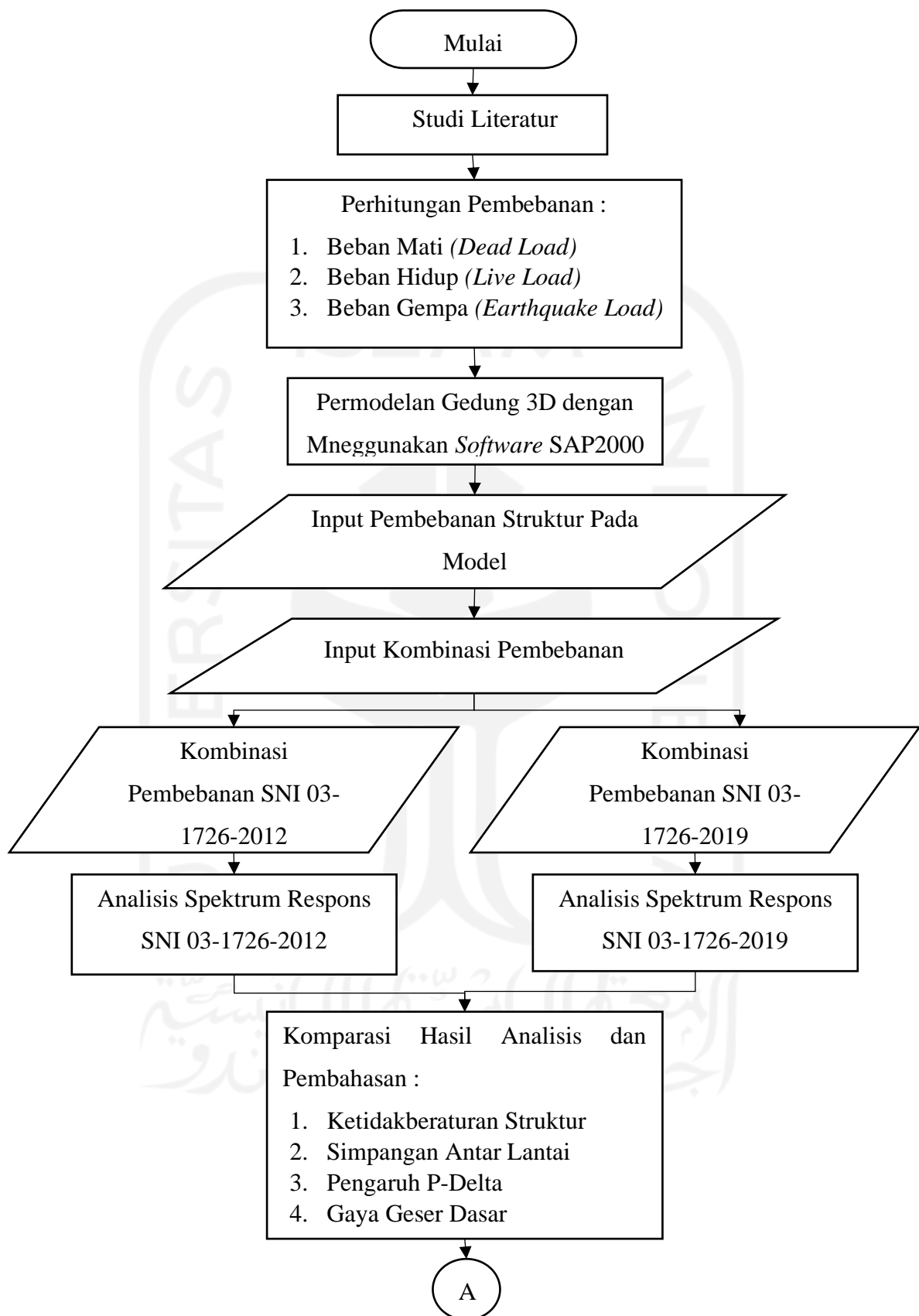
Beban gempa pada struktur ini yaitu menggunakan kombinasi pembebanan berdasarkan SNI 1726 2012 dan SNI 1726 2019 yang telah diuraikan dalam sub bab 3.4.1.

4.5.5 Analisis Respons Spektrum

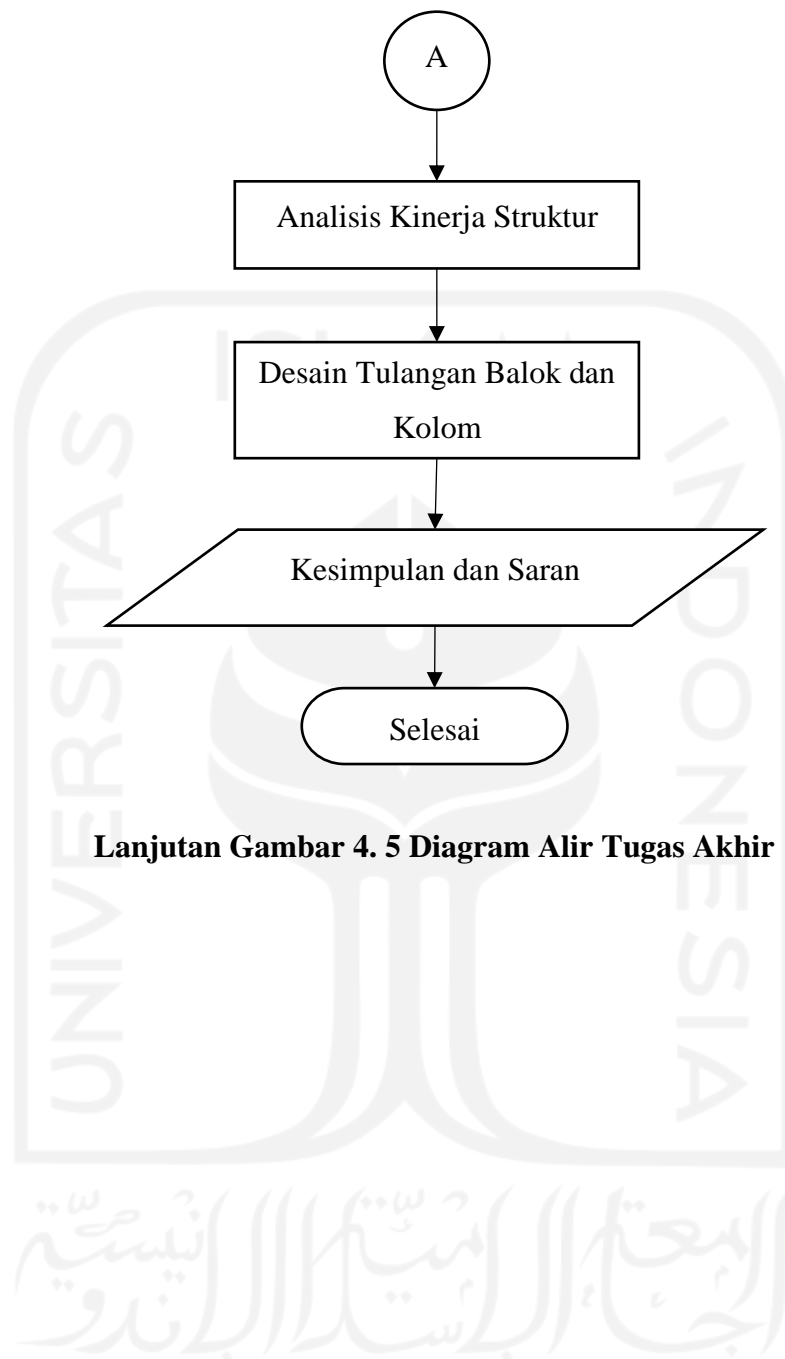
Tahapan terakhir ialah membuat analisis respons spektrum dengan menggunakan acuan yang sudah tertera didalam SNI 1726-2012 dan SNI 1726-2019. Untuk lebih jelasnya penelitian ini dapat dilihat pada *flowchart* dan *time schedule* penelitian dibawah ini.

4.6 Bagan Alir Penelitian

Bagan alir penelitian dapat dilihat pada gambar 4.3 dibawah ini.



Gambar 4. 5 Diagram Alir Tugas Akhir

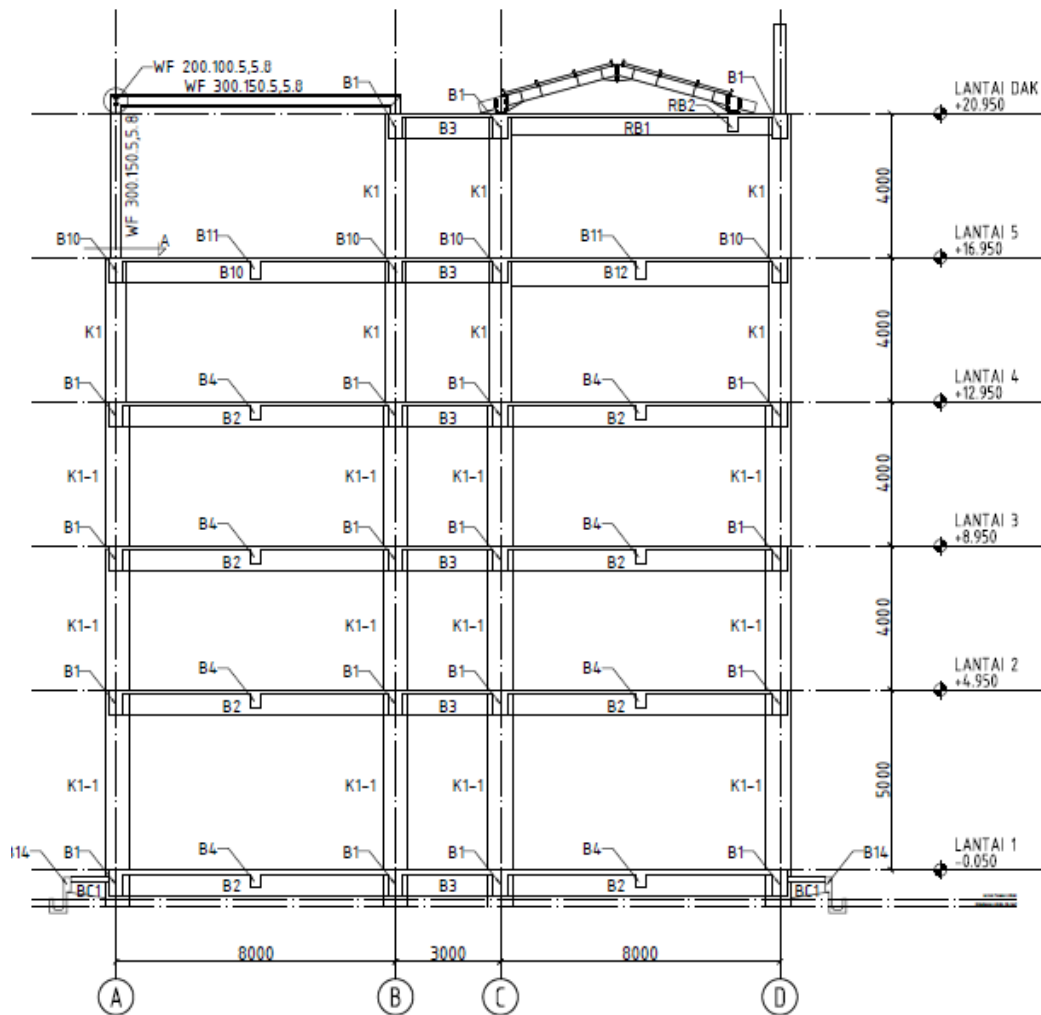


Lanjutan Gambar 4. 5 Diagram Alir Tugas Akhir

BAB V ANALISIS DAN PEMBAHASAN

5.1 Konfigurasi Bangunan

Gedung yang menjadi studi kasus dalam penelitian ini adalah Gedung Kuliah Bersama Politeknik Negeri Cilacap. Gedung ini memiliki 5 lantai dengan tinggi total bangunan tersebut adalah 21 meter. Berikut ini adalah gambar tampak potongan bangunan Gedung Kuliah Bersama Politeknik Negeri Cilacap yang dapat dilihat pada gambar 5.1 dibawah.



Gambar 5. 1 Potongan Gedung Kuliah Bersama Politeknik Negeri Cilacap
(sumber: PT. Artefak Arkindo)

Untuk data bangunan Gedung Kuliah bersama Politeknik Negeri Cilacap dapat dilihat pada tabel 5.1 dan 5.2 dibawah ini.

Tabel 5. 1 Data Bangunan

No	Data Bangunan	Satuan
1	Fungsi bangunan	Sekolah
2	Tinggi bangunan	21
3	Mutu beton	24,9
4	Tulangan baja:	
	- < Ø 12 mm	240
	- > Ø 12 mm	400

Tabel 5. 2 Data Elevasi Gedung

No	Lantai	Elevasi (m)	Tinggi (m)
1	Lantai 1	-0,050	5
2	Lantai 2	+4,950	4
3	Lantai 3	+8,950	4
4	Lantai 4	+12,950	4
5	Lantai 5	+16,950	4
6	Lantai dak	+20.950	4

5.2 Dimensi Struktur

Berikut ini adalah dimensi struktur yaitu dimensi kolom, dimensi balok, dan dimensi plat lantai pada bangunan Gedung Kuliah Bersama Politeknik Negeri Cilacap yang dapat dilihat dibawah ini.

1. Dimensi Kolom

Dimensi Kolom pada Gedung Kuliah Bersama Politeknik Negeri Cilacap dapat dilihat pada tabel 5.3 dibawah ini:

Tabel 5. 3 Dimensi Kolom

No	Tipe Kolom	Dimensi, (mm)
1	K1-1	700 x 700
2	K1	600 x 600
3	K2	300 x 300
4	K3	400 x 400

(sumber: PT. Artefak Arkindo)

2. Dimensi Balok

Dimensi Balok pada Gedung Kuliah Bersama Politeknik Negeri Cilacap dapat dilihat pada tabel 5.4 dibawah ini:

Tabel 5. 4 Dimensi Balok

No	Tipe Balok	Dimensi, (mm)
1	B1	400 x 700
2	B1-1	400 x 700
3	B2	400 x 700
4	B3	400 x 700
5	B4	300 x 500
6	B5	300 x 600
7	B5-1	300 x 600
8	B6	300 x 500
9	B7	300 x 400
10	B8	300 x 500
11	B9	250 x 400
12	B10	400 x 700
13	B11	300 x 600
14	B12	400 x 800
15	B13	300 x 600
16	B14	250 x 400

(sumber: PT. Artefak Arkindo)

3. Dimensi Plat Lantai

Dimensi plat lantai pada Gedung Kuliah Bersama Politeknik Negeri Cilacap dapat dilihat pada tabel 5.5 dibawah ini.

Tabel 5. 5 Dimensi Plat Lantai

No	Tipe Plat Lantai	Dimensi, (mm)
1	S1	130
2	S2	110
3	S3	110
4	S4	110

(sumber: PT. Artefak Arkindo)

5.3 Perhitungan Pembebanan Struktur

Pembebanan struktur merupakan salah satu hal yang sangat penting dalam suatu perencanaan gedung. Beban yang terjadi pada suatu gedung atau beban yang bekerja pada suatu struktur gedung timbul karena adanya gaya-gaya yang terjadi. Dengan kata lain terdapat beberapa beban dasar bangunan seperti beban dari manusia, beban akibat adanya gaya gravitasi, beban akibat cuaca dan suhu, serta beban yang terjadi akibat gaya gempa.

5.3.1 Beban Mati (*Dead Load*)

Pada perhitungan beban mati hanya menghitung beban mati tambahan pada struktur sedangkan berat sendiri struktur tidak diperhitungkan dikarenakan pada program SAP2000 sudah memperhitungkan berat sendiri struktur secara otomatis. Perhitungan beban mati tambahan menggunakan rujukan dari SNI 03-1727-2020 dan SNI 03-1727-1989.

1. Pelat Lantai

Perhitungan beban mati tambahan pada pelat lantai dapat dilihat pada tabel 5.6 berikut ini.

Tabel 5. 6 Beban Mati Tambahan Pelat Lantai

No	Pelat Lantai				
	Komponen	Berat Volume		Tebal (m)	Q(kN/m ²)
		Nilai	Satuan		
1	Pasir	1800	kg/m ³	0,05	0,883
2	Spesi	21	kg/m ²	0,03	0,006
3	Keramik	24	kg/m ²		0,235
4	Waterproofing	26,504	kg/m ²		0,260
5	partisi	48,930	kg/m ²		0,480
6	Plafon	11	kg/m ²		0,108
7	Penggantung Plafon	7	kg/m ²		0,069
8	Mechanical Electrical	20	kg/m ²		0,196
	Jumlah Beban mati tambahan (Qdl)				2,237

2. Pelat Atap

Perhitungan beban mati tambahan pada pelat atap dapat dilihat pada tabel 5.7 berikut ini.

Tabel 5. 7 Beban Mati Tambahan Pelat Atap

No	Pelat Atap				
	Komponen	Berat Volume		Tebal (m)	Q(kN/m ²)
		Nilai	Satuan		
1	Pelat Beton	2400	kg/m ³	0,1	2,354
2	Pasir	1800	kg/m ³	0,05	0,883
3	Spesi	21	kg/m ²	0,03	0,006
4	Waterproofing	26,504	kg/m ³		0,260
5	Ducting AC	40	kg/m ²		0,392
6	Plafon	11	kg/m ²		0,108
7	Penggantung Plafon	7	kg/m ²		0,069
8	Mechanical Electrical	20	kg/m ²		0,196
	Jumlah Beban mati tambahan(Qdl)				1,914

5.3.2 Beban Hidup (*Live Load*)

Beban hidup struktur yang diperhitungkan mengacu pada SNI 03-1727-2020. Berikut merupakan beban hidup yang digunakan pada perhitungan struktur yang sesuai dengan fungsi struktur yaitu sebagai bangunan sekolah atau perkuliahan.

1. Beban hidup pelat lantai
 - a. Ruang kelas = 1,92 kN/m²
 - b. Koridor diatas lantai pertama = 3,83 kN/m²
 - c. Koridor lantai pertama = 4,79 kN/m²
2. Beban hidup pelat atap
 - a. Pelat atap = 0,96 kN/m²

5.4 Berat Bangunan

Berikut ini adalah perhitungan berat sendiri struktur bangunan yang dapat dilihat dibawah ini.

5.4.1 Kolom

Berikut ini merupakan perhitungan berat kolom yang dapat dilihat di bawah ini.

Kolom Type K1-1

Lebar (B) = 0,7 m

Tinggi (H) = 0,7 m

Panjang (L) = 16 m

Jumlah (n) = 24 buah

$$\begin{aligned}
 \text{Berat} &= \frac{B \times H \times L \times n \times 9,81}{1000} \\
 &= \frac{0,7 \times 0,7 \times 16 \times 24 \times 9,81}{1000} \\
 &= 4430,04 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

Perhitungan kolom tipe lainnya sama seperti contoh perhitungan kolom tipe K1-1 diatas. Berikut ini adalah rekapitulasi hasil perhitungan berat sendiri kolom yang dapat dilihat pada tabel 5.8 di bawah ini.

Tabel 5. 8 Rekapitulasi Perhitungan Berat Sendiri Kolom

Kolom						
Type	B (m)	H (m)	L (m)	n	Vol (m3)	Berat (kN)
K1-1	0,7	0,7	16	24	188,16	4430,03904
K1	0,6	0,6	4	24	34,56	813,68064
K2	0,3	0,3	20	8	14,4	339,0336
K3	0,4	0,4	20	3	9,6	226,0224
Total Berat Kolom					246,72	5808,77568

5.4.2 Balok

Berikut ini merupakan perhitungan berat sendiri balok yang dapat dilihat di bawah ini.

1. Balok lantai 1

Balok tipe B1 arah x

$$\text{Lebar (B)} = 0,4 \text{ m}$$

$$\text{Tinggi (H)} = 0,7 \text{ m}$$

$$\text{Panjang (L)} = 9 \text{ m}$$

$$\text{Jumlah (n)} = 20 \text{ buah}$$

$$\begin{aligned} \text{Berat} &= \frac{B \times H \times L \times n \times 9,81}{1000} \\ &= \frac{0,4 \times 0,7 \times 9 \times 20 \times 9,81}{1000} \\ &= 1186,62 \text{ kN} \end{aligned}$$

Perhitungan balok tipe lainnya sama seperti contoh perhitungan balok tipe B1x diatas. Berikut ini adalah hasil perhitungan berat sendiri balok lantai 1 yang dapat dilihat pada tabel 5.9 di bawah ini.

Tabel 5. 9 Perhitungan Berat Sendiri Balok Lantai 1

Balok Lantai 1							
Type		B (m)	H (m)	L (m)	n	Vol (m3)	Berat (kN)
B1	B1x	0,4	0,7	9	20	50,4	1186,62
	B1y	0,4	0,7	8	4	8,96	210,95
B2	B2y	0,4	0,7	8	9	20,16	474,65
B3		0,4	0,7	3	6	5,04	118,66
B4	B4x1	0,3	0,5	9	8	10,8	254,28
	B4x2	0,3	0,5	3,225	1	0,48375	11,39
	B4x3	0,3	0,5	3	1	0,45	10,59
	B4y	0,3	0,5	8	7	8,4	197,77
B5	B5x	0,3	0,6	9	1	1,62	38,14
	B5y	0,3	0,6	8	2	2,88	67,81
B6	B6x	0,3	0,5	2,7	1	0,405	9,54
	B6y1	0,3	0,5	3	5	2,25	52,97
	B6y2	0,3	0,5	8	2	2,4	56,51
	B6y3	0,3	0,5	4	1	0,6	14,13
B7		0,3	0,4	2,5	2	0,6	14,13

Lanjutan Tabel 5. 9 Perhitungan Berat Sendiri Balok Lantai 1

Type		B (m)	H (m)	L (m)	n	Vol (m3)	Berat (kN)
B8		0,3	0,5	3,275	1	0,49125	11,57
		0,3	0,5	3	1	0,45	10,59
Total Lantai 1						116,39	2740,29

2. Balok lantai 2

Balok tipe B1 arah x

Lebar (B) = 0,4 m

Tinggi (H) = 0,7 m

Panjang (L) = 9 m

Jumlah (n) = 20 buah

$$\begin{aligned} \text{Berat} &= \frac{B \times H \times L \times n \times 9,81}{1000} \\ &= \frac{0,4 \times 0,7 \times 9 \times 20 \times 9,81}{1000} \\ &= 1186,62 \text{ kN} \end{aligned}$$

Perhitungan balok tipe lainnya sama seperti contoh perhitungan balok tipe B1x diatas. Berikut ini adalah hasil perhitungan berat sendiri balok lantai 2 yang dapat dilihat pada tabel 5.10 di bawah ini.

Tabel 5. 10 Perhitungan Berat Sendiri Balok Lantai 2

Balok Lantai 2							
Type		B (m)	H (m)	L (m)	n	Vol (m3)	Berat (kN)
B1	B1x	0,4	0,7	9	20	50,4	1186,62
	B1y	0,4	0,7	8	4	8,96	210,95
B2	B2y	0,4	0,7	8	9	20,16	474,65
B3		0,4	0,7	3	6	5,04	118,66
B4	B4x1	0,3	0,5	9	8	10,8	254,28
	B4x2	0,3	0,5	3,225	1	0,48375	11,39
	B4x3	0,3	0,5	3	1	0,45	10,59
	B4y	0,3	0,5	8	7	8,4	197,77
B5	B5x	0,3	0,6	9	1	1,62	38,14
	B5y	0,3	0,6	8	2	2,88	67,81
B6	B6x	0,3	0,5	2,7	1	0,405	9,54
	B6y1	0,3	0,5	3	5	2,25	52,97
	B6y2	0,3	0,5	8	2	2,4	56,51

Lanjutan Tabel 5. 10 Perhitungan Berat Sendiri Balok Lantai 2

Type		B (m)	H (m)	L (m)	n	Vol (m3)	Berat (kN)
	B6y3	0,3	0,5	4	1	0,6	14,13
B7		0,3	0,4	2,5	2	0,6	14,13
B8		0,3	0,5	3,27	1	0,49125	11,57
		0,3	0,5	3	1	0,45	10,59
Total Lantai 2						116,39	2740,29

3. Balok lantai 3

Balok tipe B1x

Lebar (B) = 0,4 m

Tinggi (H) = 0,7 m

Panjang (L) = 9 m

Jumlah (n) = 20 buah

$$\begin{aligned} \text{Berat} &= \frac{B \times H \times L \times n \times 9,81}{1000} \\ &= \frac{0,4 \times 0,7 \times 9 \times 20 \times 9,81}{1000} \\ &= 1186,62 \text{ kN} \end{aligned}$$

Berikut ini adalah hasil perhitungan berat sendiri balok lantai 3 yang dapat dilihat pada tabel 5.11 di bawah ini.

Tabel 5. 11 Perhitungan Berat Sendiri Balok Lantai 3

Balok Lantai 3							
Type		B (m)	H (m)	L (m)	n	Vol (m3)	Berat (kN)
B1	B1x	0,4	0,7	9	20	50,4	1186,62
	B1y	0,4	0,7	8	4	8,96	210,95
B2	B2y	0,4	0,7	8	9	20,16	474,65
B3		0,4	0,7	3	6	5,04	118,66
B4	B4x1	0,3	0,5	9	8	10,8	254,28
	B4x2	0,3	0,5	3,225	1	0,48375	11,39
	B4x3	0,3	0,5	3	1	0,45	10,59
	B4y	0,3	0,5	8	7	8,4	197,77
B5	B5x	0,3	0,6	9	1	1,62	38,14
	B5y	0,3	0,6	8	2	2,88	67,81
B6	B6x	0,3	0,5	2,7	1	0,405	9,54
	B6y1	0,3	0,5	3	5	2,25	52,97

Lanjutan Tabel 5. 11 Perhitungan Berat Sendiri Balok Lantai 3

Type		B (m)	H (m)	L (m)	n	Vol (m3)	Berat (kN)
	B6y2	0,3	0,5	8	2	2,4	56,51
	B6y3	0,3	0,5	4	1	0,6	14,13
B7		0,3	0,4	2,5	2	0,6	14,13
B8		0,3	0,5	3,275	1	0,49125	11,57
		0,3	0,5	3	1	0,45	10,59
Total Lantai 3						116,39	2740,29

4. Balok lantai 4

Balok tipe B1x

Lebar (B) = 0,4 m

Tinggi (H) = 0,7 m

Panjang (L) = 9 m

Jumlah (n) = 20 buah

$$\begin{aligned} \text{Berat} &= \frac{B \times H \times L \times n \times 9,81}{1000} \\ &= \frac{0,4 \times 0,7 \times 9 \times 20 \times 9,81}{1000} \\ &= 1186,62 \text{ kN} \end{aligned}$$

Berikut ini adalah hasil perhitungan berat sendiri balok lantai 4 yang dapat dilihat pada tabel 5.12 di bawah ini.

Tabel 5. 12 Perhitungan Berat Sendiri Balok Lantai 4

Balok Lantai 4							
Type		B (m)	H (m)	L (m)	n	Vol (m3)	Berat (kN)
B1	B1x	0,4	0,7	9	20	50,4	1186,62
	B1y	0,4	0,7	8	4	8,96	210,95
B2	B2y	0,4	0,7	8	9	20,16	474,65
B3		0,4	0,7	3	6	5,04	118,66
B4	B4x1	0,3	0,5	9	8	10,8	254,28
	B4x2	0,3	0,5	3,225	1	0,48375	11,39
	B4x3	0,3	0,5	3	1	0,45	10,59
	B4y	0,3	0,5	8	7	8,4	197,77
B5	B5x	0,3	0,6	9	1	1,62	38,14
	B5y	0,3	0,6	8	2	2,88	67,81
B6	B6x	0,3	0,5	2,7	1	0,405	9,54

Lanjutan Tabel 5. 12 Perhitungan Berat Sendiri Balok Lantai 4

Type		B (m)	H (m)	L (m)	n	Vol (m3)	Berat (kN)
	B6y1	0,3	0,5	3	5	2,25	52,97
	B6y2	0,3	0,5	8	2	2,4	56,51
	B6y3	0,3	0,5	4	1	0,6	14,13
B7		0,3	0,4	2,5	2	0,6	14,13
B8		0,3	0,5	3,275	1	0,49125	11,57
		0,3	0,5	3	1	0,45	10,59
Total Lantai 4						116,39	2740,29

5. Balok lantai 5

Balok tipe B1x

Lebar (B) = 0,4 m

Tinggi (H) = 0,7 m

Panjang (L) = 9 m

Jumlah (n) = 20 buah

$$\begin{aligned} \text{Berat} &= \frac{B \times H \times L \times n \times 9,81}{1000} \\ &= \frac{0,4 \times 0,7 \times 9 \times 20 \times 9,81}{1000} \\ &= 1186,62 \text{ kN} \end{aligned}$$

Berikut ini adalah hasil perhitungan berat sendiri balok lantai 5 yang dapat dilihat pada tabel 5.13 di bawah ini.

Tabel 5. 13 Perhitungan Berat Sendiri Balok Lantai 5

Balok Lantai 5							
Type		B (m)	H (m)	L (m)	n	Vol (m3)	Berat (kN)
B1	B1x	0,4	0,7	9	20	50,4	1186,62
	B1y	0,4	0,7	8	4	8,96	210,95
B2	B2y	0,4	0,7	8	9	20,16	474,65
B3		0,4	0,7	3	6	5,04	118,66
B4	B4x1	0,3	0,5	9	8	10,8	254,28
	B4x2	0,3	0,5	3,225	1	0,48375	11,39
	B4x3	0,3	0,5	3	1	0,45	10,59
	B4y	0,3	0,5	8	7	8,4	197,77
B5	B5x	0,3	0,6	9	1	1,62	38,14

Lanjutan Tabel 5. 13 Perhitungan Berat Sendiri Balok Lantai 5

Type		B (m)	H (m)	L (m)	n	Vol (m3)	Berat (kN)
	B5y	0,3	0,6	8	2	2,88	67,81
B6	B6x	0,3	0,5	2,7	1	0,405	9,54
	B6y1	0,3	0,5	3	5	2,25	52,97
	B6y2	0,3	0,5	8	2	2,4	56,51
	B6y3	0,3	0,5	4	1	0,6	14,13
B7		0,3	0,4	2,5	2	0,6	14,13
B8		0,3	0,5	3,275	1	0,49125	11,57
		0,3	0,5	3	1	0,45	10,59
Total Lantai 5						116,39	2740,29

Berikut ini merupakan rekapitulasi hasil perhitungan berat sendiri belok yang dapat dilihat pada tabel 5.14 di bawah ini.

Tabel 5. 14 Rekapitulasi Hasil Perhitungan Berat Sendiri Balok

Lantai	Vol (m3)	Berat (kN)
1	116,39	2740,29
2	116,39	2740,29
3	116,39	2740,29
4	116,39	2740,29
5	116,39	2740,29
Total	581,95	13701,43

5.4.3 Pelat Lantai

Berikut ini merupakan perhitungan berat sendiri pelat lantai yang dapat dilihat di bawah ini.

$$\text{Lebar (B)} = 8 \text{ m}$$

$$\text{Tinggi (H)} = 0,13 \text{ m}$$

$$\text{Panjang (L)} = 48 \text{ m}$$

$$\text{Volume} = B \times H \times L$$

$$= 8 \times 0,13 \times 48$$

$$= 49,92 \text{ m}^3$$

$$\text{Void} = (5,175 \times 3 \times 0,13)$$

$$= 2,02 \text{ m}^3$$

$$\begin{aligned} \text{Berat} &= \frac{(\text{Volume}-\text{Void}) \times 9,81}{1000} \\ &= \frac{(49,92-2,02) \times 9,81}{1000} \\ &= 1127,80 \text{ kN} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Berat Total} &= \text{Berat sendiri} \times \text{Berat mati tambahan} \\ &= 1127,80 \times 2,237 \\ &= 2523,223 \text{ kN} \end{aligned}$$

Perhitungan pelat lantai lainnya sama seperti contoh perhitungan pelat lantai diatas. Berikut ini adalah rekapitulasi hasil perhitungan berat sendiri pelat lantai yang dapat dilihat pada tabel 5.15 di bawah ini.

Tabel 5. 15 Rekapitulasi Hasil Perhitungan Berat Sendiri Pelat Lantai

Pelat Lantai						
	B (m)	H (m)	L (m)	Vol (m3)	Void (m3)	Berat (kN)
Lantai 1	8,00	0,13	48,00	49,92	2,02	1127,80
	11,00	0,13	45,00	64,35	4,76	1403,04
Lantai 2	8,00	0,13	48,00	49,92	2,02	1127,80
	11,00	0,13	45,00	64,35	4,76	1403,04
Lantai 3	8,00	0,13	48,00	49,92	2,02	1127,80
	11,00	0,13	45,00	64,35	4,76	1403,04
Lantai 4	8,00	0,13	48,00	49,92	2,02	1127,80
	11,00	0,13	45,00	64,35	4,76	1403,04
Lantai 5	8,00	0,13	48,00	49,92	2,02	1127,80
	11,00	0,13	45,00	64,35	4,76	1403,04
Total Berat Plat Lantai						12654,18

5.4.4 Pelat Atap

Berikut ini merupakan perhitungan berat sendiri pelat atap yang dapat dilihat di bawah ini.

$$\begin{aligned} \text{Lebar (B)} &= 8 \text{ m} \\ \text{Tinggi (H)} &= 0,10 \text{ m} \\ \text{Panjang (L)} &= 48 \text{ m} \\ \text{Volume} &= B \times H \times L \\ &= 8 \times 0,10 \times 48 \\ &= 38,40 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Void} &= (5,175 \times 3 \times 0,10) \\ &= 2,02 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Berat} &= \frac{(\text{Volume} - \text{Void}) \times 9,81}{1000} \\ &= \frac{(38,40 - 2,02) \times 9,81}{1000} \\ &= 856,57 \text{ kN} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Berat Total} &= \text{Berat sendiri} \times \text{Berat mati tambahan} \\ &= 856,57 \times 1,914 \\ &= 1639,698 \text{ kN} \end{aligned}$$

Perhitungan pelat atap lainnya sama seperti contoh perhitungan pelat lantai diatas. Berikut ini adalah rekapitulasi hasil perhitungan berat sendiri pelat atap yang dapat dilihat pada tabel 5.16 di bawah ini.

Tabel 5. 16 Rekapitulasi Hasil Perhitungan Berat Sendiri Pelat Atap

Pelat Atap						
	B (m)	H (m)	L (m)	Vol (m ³)	Void (m ³)	Berat (kN)
Lantai	8,00	0,10	48,00	38,40	2,02	856,57
Dak	11,00	0,10	45,00	49,50	4,76	1053,409
Total Berat Plat Atap						1909,981

5.4.5 Tangga

Berikut ini adalah perhittungan berat sendiri tangga dan bordes yang dapat dilihat di bawah ini.

$$\text{Optrade (s)} = 17,9 \text{ cm}$$

$$\text{Antrade (a)} = 29 \text{ cm}$$

$$\text{Tebal plat (t)} = 31,1 \text{ cm}$$

$$\begin{aligned} \text{Sudut kemiringan } (\alpha) &= \tan^{-1} \left(\frac{s}{a} \right) \\ &= \tan^{-1} \left(\frac{17,9}{29} \right) \\ &= 31,685^\circ \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Berat sendiri plat tangga} &= \frac{t}{\cos \alpha} \times Bj \\ &= \frac{0,311}{\cos 31,685} \times 23,544 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 &= 8,605 \text{ kN/m} \\
 \text{Beban anak tangga / m}^1 &= \frac{1}{2} \times s \times a \times B_j \\
 &= \frac{1}{2} \times 17,9 \times 29 \times 23,544 \\
 &= 0,611 \text{ kN/m} \\
 \text{Berat anak tangga / m}^1 &= \text{beban anak tangga} \times \frac{100}{a} \\
 &= 0,611 \times \frac{100}{29} \\
 &= 2,107 \text{ kN/m} \\
 \text{Berat bordes / m}^1 &= t \times B_j \times 1m \\
 &= 0,311 \times 23,544 \times 1 \\
 &= 7,322 \text{ kN/m}
 \end{aligned}$$

Perhitungan pelat tangga, anak tangga, dan bordes untuk tipe lainnya sama seperti perhitungan di atas. Berikut ini adalah rekapitulasi perhitungan berat sendiri tangga yang didapat dilihat pada tabel 5.17 di bawah ini.

Tabel 5. 17 Rekapitulasi Hasil Perhitungan Berat Sendiri Tangga

Tipe	Elemen	Berat/m ¹ (kN)	Berat (kN)	Berat total (kN)
PT 1	Anak Tangga	2,107	13,444	67,219
	Plat Tangga	8,605	54,898	274,490
	Bordes	7,322	21,967	109,833
	Balok		39,554	197,770
PT 2	Anak Tangga	2,037	13,584	67,919
	Plat Tangga	8,636	57,601	288,003
	Bordes	7,416	24,289	121,443
	Balok		43,180	215,898
Total berat sendiri tangga				1342,574

5.4.6 Lift

Perhitungan lift ini menggunakan asumsi berat yang diperoleh dari PT.WISE untuk tipe *lift* mitsubishi dengan spesifikasi kode P06W dan P-08. Berikut ini adalah hasil perhitungan untuk beban lift.

Tabel 5. 18 Rekapitulasi Hasil Perhitungan Berat Lift

Type	Berat (Kg)	Berat (kN)	n	Berat Total (kN)
L1	450	4,4145	1	4,4145
L2	630	6,1803	2	12,3606
				16,7751

Setelah melakukan perhitungan terhadap struktur bangunan berupa kolom, balok, pelat lantai, dan tangga. Maka didapatkan rekapitulasi hasil seluruh perhitungan berat sendiri struktur bangunan yang dapat dilihat pada tabel 5.19 di bawah ini.

Tabel 5. 19 Rekapitulasi Perhitungan Berat Sendiri Struktur

Struktur	Berat (kN)
Balok	13701,431
Kolom	5808,776
Plat Lantai	28311,208
Plat Atap	3656,201
Tangga	1342,574
Lift	16,7751
Total Berat Bangunan	52836,966

Dan hasil total berat bangunan yang diperoleh dari SAP2000 yaitu sebesar 52522,025 kN. Berdasarkan hasil perhitungan manual dan hasil yang diperoleh dari SAP2000 maka didapatkan selisih sebagai berikut.

$$\begin{aligned}
 \text{Kontrol Pembebanan} &= \frac{(\text{Beban manual} - \text{Beban SAP2000})}{\text{Beban SAP2000}} \\
 &= \frac{(52836,966 - 52522,025)}{52522,025} \\
 &= 0,60\%
 \end{aligned}$$

Dari hasil perhitungan di atas diperoleh selisih antara perhitungan beban manual dan beban SAP2000 dengan persentase 0,60% yang dimana kurang dari syarat selisih berat perhitungan dengan program yaitu sebesar 5%. Sehingga permodelan dapat dilanjutkan ke tahap perhitungan.

5.5 Klasifikasi Situs

Klasifikasi tanah pada daerah Gedung Kuliah Bersama Politeknik Negeri Cilacap ditentukan berdasarkan hasil pengujian N-SPT dilapangan. Penentuan klasifikasi tanah pada borelog titik 1 dapat dilihat pada tabel 5.20.

Tabel 5. 20 Perhitungan N-SPT Titik 1

Layer	Depth, D(m)		N-SPT	D/N
	Cumulative	Thick	N	
0	0	0		
1	2	2	3	0,667
2	4	2	5	0,400
3	6	2	9	0,222
4	8	2	11	0,182
5	10	2	9	0,222
6	12	2	14	0,143
7	14	2	8	0,250
8	16	2	13	0,154
9	18	2	28	0,071
10	20	2	24	0,083
11	22	2	28	0,071
12	24	2	17	0,118
13	26	2	34	0,059
14	28	2	40	0,050
15	30	2	51	0,039
Total		30		2,732
Total $\sum Di / (\sum Di / Ni)$				10,983

Untuk contoh perhitungan N-SPT pada titik 1 dapat dilihat sebagai berikut.

$$\sum d = 30 \text{ m}$$

$$\sum d/N = 2,732$$

$$\begin{aligned} N_3 &= \frac{\sum_{i=1}^n d_i}{\sum_{i=1}^m N_i} \\ &= \frac{30}{2,732} \\ &= 10,983 \end{aligned}$$

Keterangan :

d_i = tebal lapisan tanah ke-i

N_i = nilai pentrasi standar lapisan ke-i

Penentuan klasifikasi tanah dapat dilihat pada tabel 5.21 di bawah ini.

Tabel 5. 21 Perhitungan N-SPT Titik 2

Layer	Depth, D(m)		N-SPT	D/N
	Cumulative	Thick	N1	
0	0	0		
1	2	2	6	0,333
2	4	2	5	0,400
3	6	2	7	0,286
4	8	2	8	0,250
5	10	2	11	0,182
6	12	2	7	0,286
7	14	2	18	0,111
8	16	2	13	0,154
9	18	2	30	0,067
10	20	2	28	0,071
11	22	2	11	0,182
12	24	2	16	0,125
13	26	2	20	0,100
14	28	2	33	0,061
15	30	2	36	0,056
Total		30		2,663
Total $\sum D_i / (\sum D_i / N_i)$				11,267

Untuk contoh perhitungan N-SPT pada titik 2 dapat dilihat sebagai berikut.

$$\sum d_i = 30 \text{ m}$$

$$\sum d_i / N = 2,663$$

$$\begin{aligned} N_3 &= \frac{\sum_{i=1}^n d_i}{\sum_{i=1}^m N_i} \\ &= \frac{30}{2,663} \\ &= 11,267 \end{aligned}$$

Keterangan :

d_i = tebal lapisan tanah ke-i

N_i = nilai pentrasi standar lapisan ke-i

Penentuan klasifikasi tanah pada borelog titik 3 dapat dilihat pada tabel 5.22 di bawah ini.

Tabel 5. 22 Perhitungan N-SPT Titik 3

Layer	Depth, D(m)		N-SPT	D/N
	Cumulative	Thick	N	
0	0	0		
1	2	2	6	0,333
2	4	2	7	0,286
3	6	2	10	0,200
4	8	2	8	0,250
5	10	2	4	0,500
6	12	2	5	0,400
7	14	2	7	0,286
8	16	2	8	0,250
9	18	2	8	0,250
10	20	2	11	0,182
11	22	2	14	0,143
12	24	2	16	0,125
13	26	2	34	0,059
14	28	2	48	0,042
15	30	2	60	0,033
Total		30		3,338
Total $\sum D_i / (\sum D_i / N_i)$				8,987

Untuk contoh perhitungan N-SPT pada titik 3 dapat dilihat sebagai berikut.

$$\sum d = 30 \text{ m}$$

$$\sum d/N = 3,338$$

$$\begin{aligned}
 N_3 &= \frac{\sum_{i=1}^n d_i}{\sum_{i=1}^m N_i} \\
 &= \frac{30}{3,338} \\
 &= 8,987
 \end{aligned}$$

Keterangan :

d_i = tebal lapisan tanah ke- i

N_i = nilai pentrasi standar lapisan ke- i

Berdasarkan perhitungan N-SPT di atas, didapatkan nilai rata-rata N pada titik 1 sebesar 10,983, nilai rata-rata N pada titik 2 sebesar 11,267, dan nilai rata-rata N pada titik 3 sebesar 8,987. Untuk perhitungan rata-rata nilai N pada ketiga titik tersebut dapat dilihat sebagai berikut.

$$\begin{aligned} N &= \frac{(N_1+N_2+N_3)}{3} \\ &= \frac{(10,983+11,267+8,987)}{3} \\ &= 10,412 \end{aligned}$$

Berdasarkan perhitungan di atas didapatkan nilai rata-rata dari ketiga titik yaitu sebesar 10,412. Maka berdasarkan tabel 3 klasifikasi situs pada SNI 03-1726-2012 dan tabel 5 pada SNI 03-1726-2019 disimpulkan bahwa klasifikasi tanah pada Bangunan Gedung Kuliah Bersama Politeknik Negeri Cilacap termasuk dalam kelas situs tanah lunak (SE).

5.6 Kategori Spektral Desain

Berikut ini merupakan langkah-langkah perhitungan beban gempa respon spektrum berdasarkan SNI 1726 2012 dan SNI 1726 2019 yang dapat dilihat di bawah ini.

5.6.1 Kategori Spektral Desain Berdasarkan SNI 03-1726-2012

1. Kategori risiko bangunan dan faktor keutamaan

Fungsi dari gedung yang digunakan dalam penelitian ini yaitu sebagai gedung sekolah atau fasilitas perkuliahan sehingga berdasarkan tabel 3.1 kategori risiko bangunan gedung dan non gedung untuk beban gempa, gedung termasuk dalam kategori risiko IV. Sehingga faktor keutamaan gedung (I_e) sebesar 1,5.

2. Parameter percepatan Gempa (S_s dan S_1)

Jenis tanah pada gedung ini adalah tanah lunak (SE) berdasarkan perhitungan nilai N-SPT. Berdasarkan peta zonasi pada SNI 1726 2012 nilai parameter respon spektral pada periode pendek (S_s) pada wilayah cilacap, Maka

didapatkan nilai parameter respon spektral periode pendek sebesar 1,0137 g dan nilai parameter respon spektral pada periode 1,0 detik sebesar 0,4668 g.

3. Koefisien Situs dan parameter respon spektral percepatan gempa maksimum yang dipertimbangkan risiko-tertarget (MCE_R).

Setelah mendapatkan nilai S_s dan S_1 dengan kondisi tanah sedang (SD), maka selanjutnya yaitu menentukan nilai faktor amplifikasi getaran pada periode pendek (F_a) dan faktor amplifikasi getaran pada periode 1,0 detik (F_v), berdasarkan tabel 3.6 dan tabel 3.7. Berdasarkan nilai S_s yang didapat yaitu sebesar 1,0137g dan nilai S_1 sebesar 0,4668 g maka untuk mendapatkan nilai F_a dan F_v harus dilakukan interpolasi linier. Interpolasi linier untuk menentukan nilai F_a dan F_v dapat dilihat di bawah ini.

- a. Nilai F_a

Berikut ini adalah hasil interpolasi untuk menentukan nilai F_a yang dapat dilihat pada tabel 5.23 di bawah ini.

Tabel 5. 23 Interpolasi Linier untuk Mendapatkan Nilai F_a

S_s	F_a
1,0	0,9
1,0137	0,90685
1,25	0,9

- b. Nilai F_v

Berikut ini adalah hasil interpolasi untuk menentukan nilai F_v yang dapat dilihat pada tabel 5.24 di bawah ini.

Tabel 5. 24 Interpolasi Linier untuk Menentukan Nilai F_v

S_1	F_v
0,4	2,4
0,4668	2,4334
0,5	2,4

Berdasarkan tabel 5.23 dan 5.24 di atas maka diperoleh nilai F_a sebesar 0,90685 dan nilai F_v sebesar 2,4334.

4. Parameter respon spektrum

a. Percepatan pada periode pendek (S_{MS})

$$\begin{aligned} S_{MS} &= Fa \times Ss \\ &= 0,90685 \times 1,0137 \\ &= 0,9193 \end{aligned}$$

b. Percepatan pada periode 1,0 detik (S_{M1})

$$\begin{aligned} S_{M1} &= Fv \times S_1 \\ &= 2,4334 \times 0,4668 \\ &= 1,1359 \end{aligned}$$

5. Parameter percepatan spektral desain

a. Spektral desain periode pendek (S_{DS})

$$\begin{aligned} S_{DS} &= \frac{2}{3} \times S_{MS} \\ &= \frac{2}{3} \times 0,9193 \\ &= 0,6128 \end{aligned}$$

b. Sepktral desain periode 1,0 detik (S_{D1})

$$\begin{aligned} S_{D1} &= \frac{2}{3} \times S_{M1} \\ &= \frac{2}{3} \times 1,1359 \\ &= 0,7573 \end{aligned}$$

6. Kategori desain seismik

Struktur harus ditetapkan mempunyai suatu kategori desain seismik menurut pasal 6.5 pada SNI 1726 2012. Berdasarkan kategori risiko bangunan yang termasuk dalam kategori risiko IV dan faktor keutamaan sebesar 1,5 serta nilai parameter spektral desain periode pendek dan periode 1,0 detik yang telah diketahui maka kategori desain seismik pada bangunan Gedung Kuliah Bersama Politeknik Cilacap merupakan kategori desain seismik D.

7. Sistem struktur

Setelah mengetahui kategori desain seismik yaitu termasuk dalam kategori desain seismik D. Maka untuk sistem struktur yang digunakan pada Gedung Kuliah Bersama Politeknik Negeri Cilacap menurut tabel 9 pada SNI 1726

2012 maka sistem struktur menggunakan sistem rangka beton bertulang menggunakan momen khusus (SRPMK).

8. Spektrum respons desain

$$\begin{aligned} T_0 &= 0,2 \frac{S_{D1}}{S_{DS}} \\ &= 0,2 \frac{0,7573}{0,6128} \\ &= 0,2471 \text{ detik} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} T_s &= \frac{S_{D1}}{S_{DS}} \\ &= \frac{0,7573}{0,6128} \\ &= 1,2357 \text{ detik} \end{aligned}$$

- a. Untuk $T < T_0$, maka spektrum respon percepatan desain adalah sebagai berikut.

$$\begin{aligned} S_a &= S_{DS} \left(0,4 + 0,6 \frac{T}{T_0} \right) \\ &= 0,6128 \left(0,4 + 0,6 \frac{0}{0,2471} \right) \\ &= 0,2451 \end{aligned}$$

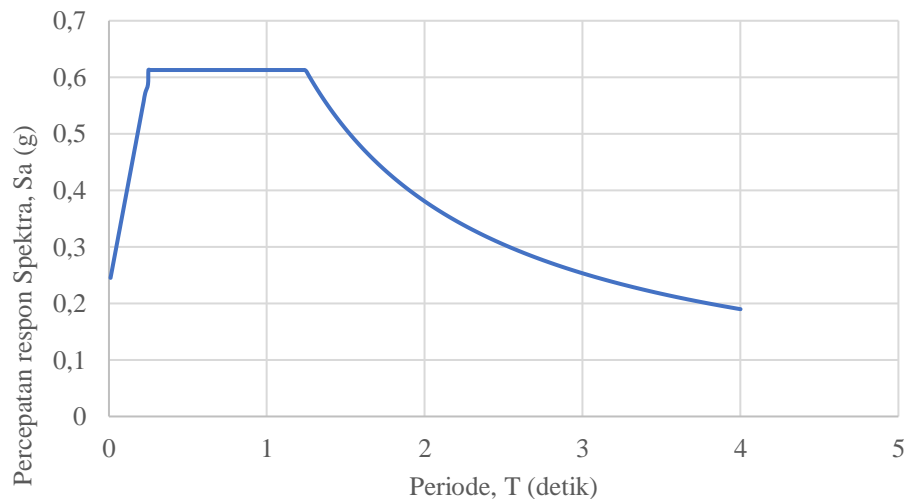
- b. Untuk $T_0 \leq T \leq T_s$, maka spektrum respon percepatan desain adalah sebagai berikut.

$$\begin{aligned} S_a &= S_{DS} \\ &= 0,6128 \end{aligned}$$

- c. Untuk $T > T_s$, maka spektrum respon percepatan desain adalah sebagai berikut.

$$\begin{aligned} S_a &= \frac{S_{D1}}{T} \\ &= \frac{0,7573}{1,24} \\ &= 0,6107 \end{aligned}$$

Berdasarkan perhitungan dari parameter di atas maka, grafik respon spektrum dapat dibuat sebagaimana yang ditunjukkan pada gambar 5.2 di bawah ini.



Gambar 5. 2 Grafik Respon Spektrum Cilacap SNI 03-1726-2012

5.6.2 Kategori Spektral Desain Berdasarkan SNI 03-1726-2019

1. Kategori risiko bangunan dan faktor keutamaan

Fungsi dari gedung yang digunakan dalam penelitian ini yaitu sebagai gedung sekolah atau fasilitas perkuliahan sehingga berdasarkan tabel 3.1 kategori risiko bangunan gedung dan non gedung untuk beban Gempa, gedung termasuk dalam kategori risiko IV. Sehingga faktor keutamaan gedung (I_e) sebesar 1,5.

2. Parameter percepatan Gempa (S_s dan S_1)

Jenis tanah pada gedung ini adalah tanah lunak (SE) berdasarkan perhitungan nilai N-SPT. Berdasarkan peta zonasi pada SNI 1726 2012 nilai parameter respon spektral pada periode pendek (S_s) pada wilayah cilacap, Maka didapatkan nilai parameter respon spektral periode pendek sebesar 1,0137 g dan nilai parameter respon spektral pada periode 1,0 detik sebesar 0,4668 g.

3. Koefisien Situs dan parameter respon spektral percepatan Gempa maksimum yang dipertimbangkan risiko-tertarget (MCE_R).

Setelah mendapatkan nilai S_s dan S_1 dengan kondisi tanah sedang (SD), maka selanjutnya yaitu menentukan nilai faktor amplifikasi getaran pada periode pendek (F_a) dan faktor amplifikasi getaran pada periode 1,0 detik (F_v), berdasarkan tabel 3.6 dan tabel 3.7. Berdasarkan nilai S_s yang didapat yaitu sebesar 1,0137g dan nilai S_1 sebesar 0,4668 g maka untuk mendapatkan nilai

Fa dan Fv harus dilakukan interpolasi linier. Interpolasi linier untuk menentukan nilai Fa dan Fv dapat dilihat di bawah ini.

c. Nilai Fa

Berikut ini adalah hasil interpolasi untuk menentukan nilai Fa yang dapat dilihat pada tabel 5.25 di bawah ini.

Tabel 5. 25 Interpolasi Linier untuk Menentukan Nilai Fa

Ss	Fa
1,0	1,1
1,0137	1,10685
1,25	0,9

d. Nilai Fv

Berikut ini adalah hasil interpolasi untuk menentukan nilai Fv yang dapat dilihat pada tabel 5.26 di bawah ini.

Tabel 5. 26 Interpolasi Linier untuk Menentukan Nilai Fv

S ₁	Fv
0,4	2,4
0,4668	2,4334
0,5	2,2

Berdasarkan tabel 5.25 dan 5.26 di atas maka diperoleh nilai Fa sebesar 1,10685 dan nilai Fv sebesar 2,4334.

4. Parameter respon spektrum

a. Percepatan pada periode pendek (S_{MS})

$$\begin{aligned}
 S_{MS} &= Fa \times Ss \\
 &= 1,10685 \times 1,0137 \\
 &= 1,1220
 \end{aligned}$$

b. Percepatan pada periode 1,0 detik (S_{M1})

$$\begin{aligned}
 S_{M1} &= Fv \times S_1 \\
 &= 2,4334 \times 0,4668 \\
 &= 1,1359
 \end{aligned}$$

5. Parameter percepatan spektral desain

a. Spektral desain periode pendek (S_{DS})

$$\begin{aligned} S_{DS} &= \frac{2}{3} \times S_{MS} \\ &= \frac{2}{3} \times 1,1220 \\ &= 0,7480 \end{aligned}$$

b. Sepktral desain periode 1,0 detik (S_{D1})

$$\begin{aligned} S_{D1} &= \frac{2}{3} \times S_{M1} \\ &= \frac{2}{3} \times 1,1359 \\ &= 0,7573 \end{aligned}$$

6. Kategori desain seismik

Struktur harus ditetapkan mempunyai suatu kategori desain seismik menurut pasal 6.5 pada SNI 1726 2019. Berdasarkan kategori risiko bangunan yang termasuk dalam kategori risiko IV dan faktor keutamaan sebesar 1,5 serta nilai parameter spektral desain periode pendek dan periode 1,0 detik yang telah diketahui maka kategori desain seismik pada bangunan Gedung Kuliah Bersama Politeknik Cilacap merupakan kategori desain seismik D.

7. Sistem struktur

Setelah mengetahui kategori desain seismik yaitu termasuk dalam kategori desain seismik D. Maka untuk sistem struktur yang digunakan pada Gedung Kuliah Bersama Politeknik Negeri Cilacap menurut tabel 12 pada SNI 1726 2019 maka sistem struktur menggunakan sistem rangka beton bertulang menggunakan momen khusus (SRPMK).

8. Spektrum respons desain

$$\begin{aligned} T_0 &= 0,2 \frac{S_{D1}}{S_{DS}} \\ &= 0,2 \frac{0,7573}{0,7480} \\ &= 0,2025 \text{ detik} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 T_s &= \frac{S_{D1}}{S_{DS}} \\
 &= \frac{0,7573}{0,7480} \\
 &= 1,0124 \text{ detik}
 \end{aligned}$$

$$T_L = 20 \text{ detik}$$

Nilai T_L diperoleh dari peta periode panjang pada SNI 1726 2019

Untuk $T < T_0$, maka spektrum respon percepatan desain adalah sebagai berikut.

$$\begin{aligned}
 S_a &= S_{DS} \left(0,4 + 0,6 \frac{T}{T_0} \right) \\
 &= 0,7480 \left(0,4 + 0,6 \frac{0}{0,1609} \right) \\
 &= 0,2992
 \end{aligned}$$

a. Untuk $T_0 \leq T \leq T_s$, maka spektrum respon percepatan desain adalah sebagai berikut.

$$\begin{aligned}
 S_a &= S_{DS} \\
 &= 0,7480
 \end{aligned}$$

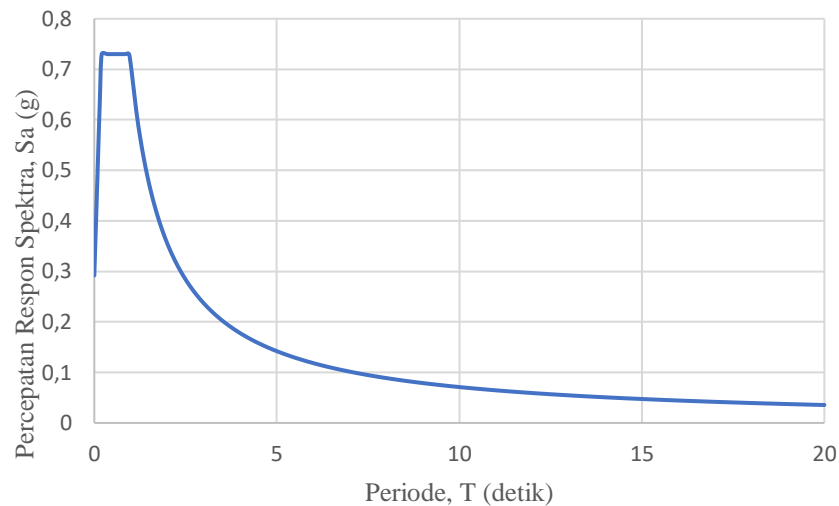
b. Untuk $T_s < T \leq T_L$, maka spektrum respon percepatan desain adalah sebagai berikut.

$$\begin{aligned}
 S_a &= \frac{S_{D1}}{T} \\
 &= \frac{0,7573}{1,15} \\
 &= 0,6585
 \end{aligned}$$

c. Untuk $T > T_L$, maka spektrum respon percepatan desain adalah sebagai berikut.

$$\begin{aligned}
 S_a &= \frac{S_{D1} T_L}{T^2} \\
 &= \frac{0,7573 \times 20}{21^2} \\
 &= 0,0343
 \end{aligned}$$

Berdasarkan perhitungan dari parameter di atas maka, grafik respon spektrum dapat dibuat sebagaimana yang ditunjukkan pada gambar 5.3 di bawah ini



Gambar 5. 3 Grafik Respon Spektrum Cilacap SNI 03-1726-2019

5.7 Periode Fundamental Struktur

1. Menentukan waktu fundamental struktur (T)

$$\begin{aligned} T_a &= C_t h_n^x \\ &= 0,0466 \times 21^{0,9} \\ &= 0,722 \text{ detik} \end{aligned}$$

Dengan:

C_t = koefisien yang didapat dari tabel 3.14 dimana nilai C_t sebesar 0,0466

h_n = ketinggian struktur dari dasar hingga atap (m)

x = koefisien yang diperoleh dari tabel 3.14 dimana nilai x sebesar 0,9 dikarenakan menggunakan sistem struktur rangka beton pemikul momen

2. Nilai periode maksimum

Berdasarkan tabel 3.13 koefisien batas atas pada periode yang dihitung dengan nilai S_{D1} sebesar $0,5083 > 0,4$ maka nilai C_u yaitu sebesar 1,4.

$$\begin{aligned} T_{max} &= C_u T_a \\ &= 1,4 \times 0,722 \\ &= 1,0104 \text{ detik} \end{aligned}$$

3. Nilai periode struktur hasil permodelan SAP2000

Nilai periode struktur yang didapatkan dari hasil SAP2000 yaitu sebesar 0,808 detik.

Berdasarkan hasil perhitungan di atas, maka dapat ditentukan periode fundamental struktur yang digunakan sesuai dengan persyaratan berikut ini.

- a. Jika $T_c < T_a$ maka digunakan $T = T_a$
- b. Jika $T_a < T_c < T_{max}$ maka digunakan $T = T_c$
- c. Jika $T_c > T_{max}$ maka digunakan $T = T_{max}$

Sehingga berdasarkan syarat-syarat di atas maka nilai periode fundamental struktur yang digunakan $T = 0,808$ detik.

5.8 Koefisien Respon Seismik

Berikut ini merupakan perhitungan nilai koefisien respon seismik yang dapat dilihat di bawah ini.

1. Faktor keutamaan Gempa (I_e)

Berdasarkan tabel 3.1 dengan kategori risiko bangunan termasuk dalam kategori risiko IV maka nilai I_e sebesar 1,5.

2. Koefisien modifikasi respons (R), faktor kuat lebih sistem (Ω_0), dan faktor pembesaran defleksi (C_d).

Berdasarkan tabel 3.12 dengan sistem struktur rangka beton pemikul momen khusus maka didapatkan nilai-nilai koefisien sistem penahan gaya gempa sebagai berikut:

- a. $R = 8$
- b. $\Omega_0 = 3$
- c. $C_d = 5,5$

3. Koefisien respons seismik, C_s

$$\begin{aligned}
 C_s &= \frac{S_{DS}}{\left(\frac{R}{I_e}\right)} \\
 &= \frac{0,6128}{\left(\frac{8}{1,5}\right)} \\
 &= 0,1149
 \end{aligned}$$

Nilai C_s yang dihitung tidak perlu melebihi persamaan berikut.

$$\begin{aligned} C_{S_{max}} &= \frac{S_{D1}}{T\left(\frac{R}{I_e}\right)} \\ &= \frac{0,7573}{0,808 \times \left(\frac{8}{1,5}\right)} \\ &= 0,1237 \end{aligned}$$

Dan nilai C_s tidak boleh kurang dari persamaan berikut.

$$\begin{aligned} C_{S_{min}} &= 0,044S_{DS}I_e > 0,01 \\ &= 0,044 \times 0,6128 \times 1,5 \\ &= 0,0404 \end{aligned}$$

Berdasarkan syarat di atas maka didapatkan nilai C_s pakai sebesar 0,1149.

4. Gaya geser dasar

Perhitungan gaya geser dasar seismik dapat dihitung menggunakan persamaan berikut ini.

$$\begin{aligned} V_{\text{statik}} &= C_s W \\ &= 0,1149 \times 52522,025 \\ &= 6035,2655 \text{ kN} \end{aligned}$$

5.9 Cek *Mass Participation Ratio*

Setelah dilakukan analisis dinamik respon spektrum maka selanjutnya perlu dilakukan pengecekan jumlah ragam.

5.9.1 *Mass participation ratio* berdasarkan SNI 03-1726-2012

Menurut SNI 1726 2012 analisis harus dilakukan untuk menentukan ragam getar struktur bangunan. Analisis harus menyertakan jumlah ragam yang cukup untuk mendapatkan partisipasi massa ragam terkombinasi paling sedikit 90% dari massa aktual dari masing-masing arah. Berikut ini merupakan *mass participation ratio* yang dapat dilihat pada tabel 5.27 di bawah ini.

Tabel 5. 27 Mass Participation Ratio SNI 03-1726-2012

OutputCase	StepType	StepNum	SumUX	SumUY
Text	Text	Unitless	Unitless	Unitless
MODAL	Mode	1	0,79525	0,00052
MODAL	Mode	2	0,79577	0,80642
MODAL	Mode	3	0,79577	0,80698
MODAL	Mode	4	0,90947	0,80703
MODAL	Mode	5	0,9095	0,91535
MODAL	Mode	6	0,9095	0,91535
MODAL	Mode	7	0,90951	0,91535
MODAL	Mode	8	0,90954	0,91535
MODAL	Mode	9	0,90954	0,91536
MODAL	Mode	10	0,90957	0,91537
MODAL	Mode	11	0,90963	0,91539
MODAL	Mode	12	0,90965	0,91539
MODAL	Mode	13	0,90967	0,91566
MODAL	Mode	14	0,90967	0,91566
MODAL	Mode	15	0,90971	0,91566
MODAL	Mode	16	0,90972	0,91567
MODAL	Mode	17	0,90972	0,91567
MODAL	Mode	18	0,90978	0,91567

Setelah melakukan analisis menggunakan SAP2000 didapatkan jumlah ragam getar atau *mass participation ratio* sebesar 90% yaitu pada modal ke-4 untuk arah x dan modal ke-5 untuk arah y sehingga model ini telah memenuhi syarat.

5.9.2 Mass participation ratio berdasarkan SNI 03-1726-2019

Menurut SNI 1726 2019 analisis harus dilakukan untuk menentukan ragam getar struktur. Analisis harus menyertakan jumlah ragam yang cukup untuk mendapatkan partisipasi massa ragam sebesar 100% dari massa struktur. Berikut ini merupakan *mass participation ratio* yang dapat dilihat pada tabel 5.28 di bawah ini.

Tabel 5. 28 Mass Participation Ratio SNI 03-1726-2019

OutputCase	StepType	StepNum	SumUX	SumUY
Text	Text	Unitless	Unitless	Unitless
MODAL	Mode	524	0,99999	0,9985
MODAL	Mode	525	0,99999	0,9985
MODAL	Mode	526	0,99999	0,9985
MODAL	Mode	527	0,99999	0,9985
MODAL	Mode	528	1	0,9985
MODAL	Mode	529	1	0,9985
MODAL	Mode	773	1	0,99999
MODAL	Mode	774	1	0,99999
MODAL	Mode	775	1	0,99999
MODAL	Mode	776	1	1

Setelah melakukan analisis menggunakan SAP2000 didapatkan jumlah ragam getar atau *mass participation ratio* sebesar 100% yaitu pada modal ke-528 untuk arah x dan modal ke-776 untuk arah y sehingga model ini telah memenuhi syarat jumlah ragam.

5.10 Ketidakberaturan Struktur

Struktur bangunan gedung harus diklasifikasi sebagai struktur yang beraturan atau tidak beraturan berdasarkan kriteria dalam SNI 1726 2012 dan SNI 1726 2019. Pada pengecekan ketidakberaturan struktur ini tidak ada perubahan yang terjadi antara SNI 1726 2012 dan SNI 1726 2019. Sehingga, peninjauan ketidakberaturan struktur ini hanya memperlihatkan salah satu peninjauan saja yaitu menurut SNI 1726 2012. Klasifikasi ketidakberaturan tersebut harus berdasarkan kepada konfigurasi vertikal dan horizontal.

5.10.1 Ketidakberaturan Vertikal

1. Ketidakberaturan kekakuan tingkat lunak

Ketidakteraturan dibagi menjadi 2 jenis yaitu sebagai berikut:

- a. Ketidakberaturan tingkat lunak didefinisikan ada jika, terdapat satu tingkat yang kekakuan lateralnya kurang dari 70% kekakuan lateral tingkat di atasnya atau kurang dari 80% kekakuan rata-rata tiga tingkat di atasnya. Konsekuensi jika terdapat ketidakberaturan 1a yaitu struktur yang didesain

pada kategori desain seismik DEF maka struktur tidak boleh dianalisis beban Gempa dengan metode statik ekuivalen (*equivalen lateral force*).

Langkah-langkah untuk mengecek ketidakberaturan tingkat lunak 1a yaitu Langkah pertama ialah memasukan beban 1 satuan ke dalam beban gempa e_x maupun e_y pada *load pattern* dan eksentrisitas diafragma dibuat 0 dengan asumsi gaya 1 satuan ini bekerja pada pusat massa bangunan. Setelah itu di running untuk mendapatkan gaya-gaya kekakuan. Berikut ini adalah perhitungan kekakuan yang dapat dilihat sebagai berikut.

$$\begin{aligned}
 F_x &= 1 \text{ kN} \\
 V_{x3} &= 3 \text{ kN} \\
 \delta_2 &= 0,020 \text{ mm} \\
 \delta_3 &= 0,030 \text{ mm} \\
 \Delta_3 &= \delta_3 - \delta_2 \\
 &= 0,030 - 0,020 \\
 &= 0,010 \text{ mm} \\
 K_3 &= \frac{V_{x3}}{\Delta_3} \\
 &= \frac{3}{0,010} \\
 &= 287,494 \text{ kN/mm} \\
 F_x &= 1 \text{ kN} \\
 V_{x2} &= 4 \text{ kN} \\
 \delta_1 &= 0,008 \text{ mm} \\
 \delta_2 &= 0,020 \text{ mm} \\
 \Delta_2 &= \delta_2 - \delta_1 \\
 &= 0,020 - 0,008 \\
 &= 0,012 \text{ mm} \\
 K_2 &= \frac{V_{x2}}{\Delta_2} \\
 &= \frac{4}{0,012} \\
 &= 335,852 \text{ kN/mm}
 \end{aligned}$$

Kekakuan lateral tingkat < 70 % kekakuan tingkat di atasnya

$$335,852 < 70\% \times 287,494$$

$$335,852 > 201,246 \text{ Regular}$$

Kekakuan lateral tingkat < 80% kekakuan rata-rata 3 tingkat di atasnya

$$335,852 < 80\% \times \left(\frac{200,200+260,315+287,494}{3} \right)$$

$$335,852 > 199,469 \text{ Regular}$$

Keterangan :

F_x = Gaya lateral tingkat ke-x, kN

V_x = Gaya geser dasar, kN

δ_x = *displacement*, mm

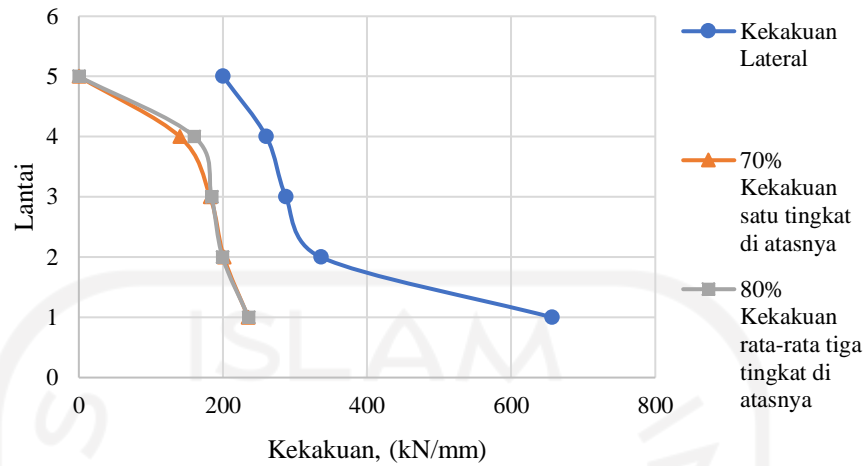
Δ_i = Simpangan antar lantai, mm

K_i = Kekakuan lateral tingkat ke-I, kN/mm

Perhitungan ketidakberaturan tingkat lunak pada lantai lainnya sama seperti contoh perhitungan di atas. Rekapitulasi perhitungan ketidakberaturan vertikal dapat dilihat pada tabel 5.29 dan tabel 5.30 di bawah ini. Serta penampilan grafis berdasarkan tabel tersebut dapat dilihat pada gambar 5.4 dan gambar 5.5.

Tabel 5. 29 Ketidakberaturan Vertikal 1a Pada Beban Gempa Arah X

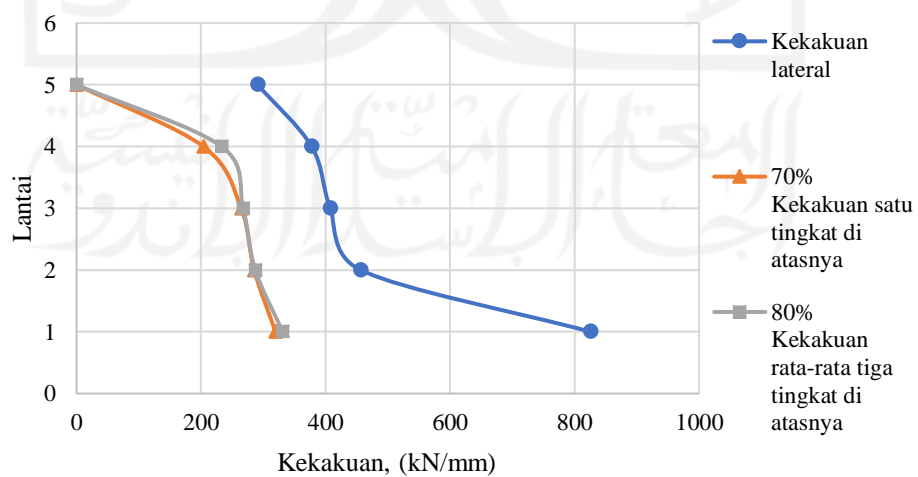
Joint	U1	Δ_i	K	Cek	Status	Cek	Status
Lt	(mm)	(mm)	(kN/mm)	70%		80%	
5	0,043	0,005	200,200	0,000	Regular	0,000	Regular
4	0,038	0,008	260,315	140,140	Regular	160,160	Regular
3	0,030	0,010	287,494	182,220	Regular	184,206	Regular
2	0,020	0,012	335,852	201,246	Regular	199,469	Regular
1	0,008	0,008	656,944	235,097	Regular	235,643	Regular



Gambar 5. 4 Ketidakberaturan Tingkat Lunak 1a Pada Gempa Arah X

Tabel 5. 30 Ketidakberaturan Vertikal 1a Pada Beban Gempa Arah Y

Joint	U2	Δ_i	K	Cek	Status	Cek	Status
Lt	(mm)	(mm)	(kN/mm)	70%		80%	
5	0,030	0,003	291,036	0,0000	Regular	0,0000	Regular
4	0,027	0,005	377,643	203,725	Regular	232,828	Regular
3	0,022	0,007	407,498	264,350	Regular	267,471	Regular
2	0,014	0,008	456,464	285,248	Regular	286,980	Regular
1	0,006	0,006	826,173	319,525	Regular	331,095	Regular

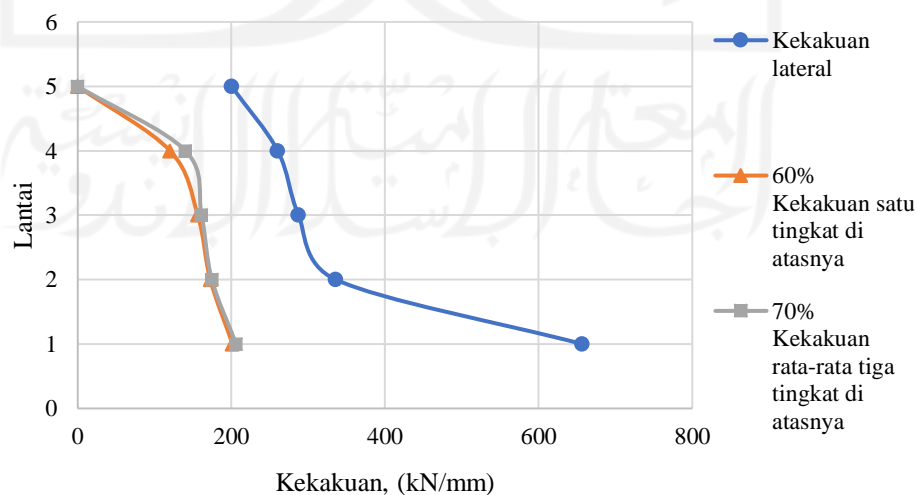


Gambar 5. 5 Ketidakberaturan Tingkat Lunak 1a Pada Gempa Arah Y

- b. Ketidakberaturan tingkat lunak didefinisikan ada jika, terdapat satu tingkat yang kekakuan lateralnya kurang dari 60% kekakuan lateral tingkat di atasnya atau kurang dari 70% kekakuan rata-rata tiga tingkat di atasnya. Konsekuensi jika terdapat ketidakberaturan 1b yaitu struktur yang didesain pada kategori desain seismik EF maka struktur harus redesain, sedangkan pada kategori desain seismik D maka struktur tidak boleh dianalisis beban Gempa menggunakan metode statik ekuivalen (*equivalen lateral force*). Perhitungan ketidakberaturan tingkat lunak berlebihan ini sama seperti contoh perhitungan pada ketidakberaturan tingkat lunak. Berikut ini adalah perhitungan kekakuan yang dapat dilihat pada tabel 5.31 dan tabel 5.32 di bawah ini. Serta penampilan grafis berdasarkan hasil tabel rekapitulasi dapat dilihat pada gambar 5.6 dan gambar 5.7.

Tabel 5. 31 Ketidakberaturan Vertikal 1b Pada Gempa Arah X

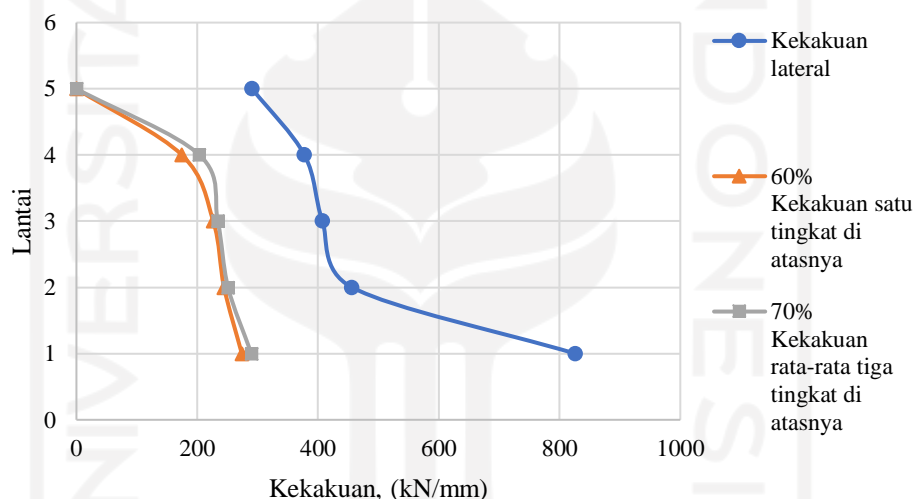
Joint	U1	Δ_i	K	Cek	Status	Cek	Status
Lt	(mm)	(mm)	(kN/mm)	60%		70%	
5	0,043	0,005	200,200	0,000	Regular	0,000	Regular
4	0,038	0,008	260,315	120,120	Regular	140,140	Regular
3	0,030	0,010	287,494	156,189	Regular	161,180	Regular
2	0,020	0,012	335,852	172,496	Regular	174,535	Regular
1	0,008	0,008	656,944	201,511	Regular	206,188	Regular



Gambar 5. 6 Ketidakberaturan Tingkat Lunak 1b Pada Gempa Arah X

Tabel 5. 32 Ketidakberturan Vertikal 1b Pada Gempa Arah Y

Joint	U2	Δ_i	K	Cek	Status	Cek	Status
Lt	(mm)	(mm)	(kN/mm)	60%		70%	
5	0,0309	0,0034	291,0361		Regular		Regular
4	0,0275	0,0053	377,6435	174,6217	Regular	203,7253	Regular
3	0,0222	0,0074	407,4980	226,5861	Regular	234,0379	Regular
2	0,0148	0,0088	456,4647	244,4988	Regular	251,1081	Regular
1	0,0061	0,0061	826,1732	273,8788	Regular	289,7081	Regular



Gambar 5. 7 Ketidakberaturan Tingkat Lunak 1b Pada Gempa Arah Y

Berdasarkan perhitungan di atas maka disimpulkan bahwa Gedung Kuliah Bersama Politeknik Negeri Cilacap tidak mengalami ketidakberaturan vertikal 1a maupun 1b.

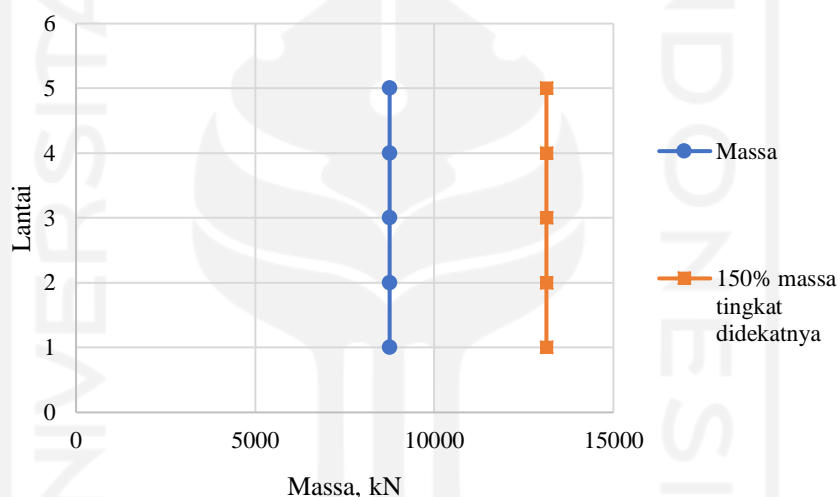
2. Ketidakberaturan massa

Ketidakberaturan massa didefinisikan ada jika massa efektif semua tingkat lebih dari 150% massa efektif tingkat didekatnya. Konsekuensi jika terdapat ketidakberaturan massa yaitu struktur yang didesain pada kategori desain seismik DEF maka struktur tidak boleh dianalisis beban gempa menggunakan metode statik ekuivalen (*equivalen lateral force*).

Berikut ini merupakan perhitungan ketidakberaturan massa yang dapat dilihat pada tabel 5.33 di bawah ini.

Tabel 5. 33 Ketidakberaturan Massa

Lantai	W (kN)	Cek	Status
5	8753,671	13130,506	Regular
4	8753,671	13130,506	Regular
3	8753,671	13130,506	Regular
2	8753,671	13130,506	Regular
1	8753,671	13130,506	Regular



Gambar 5. 8 Ketidakberaturan Massa

Berdasarkan perhitungan di atas maka dapat disimpulkan bahwa Gedung Kuliah Bersama Politeknik Negeri Cilacap tidak memiliki ketidakberaturan massa.

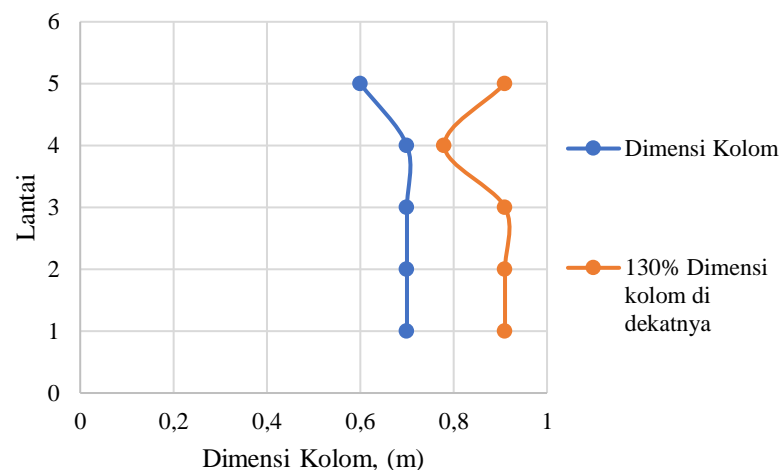
3. Ketidakberaturan geometri vertikal

Ketidakberaturan geometri vertikal didefinisikan ada jika terdapat dimensi horizontal sistem pemikul gaya seismik di seberang tingkat lebih dari 130 % dimensi horizontal sistem pemikul gaya seismik tingkat didekatnya.

Pada bangunan Gedung Kuliah Bersama Politeknik Negeri Cilacap terdapat pengecilan atau perubahan dimensi struktur yaitu pada lantai 5. Perhitungan ketidakberaturan geometri vertikal dapat dilihat pada tabel 5.34 di bawah ini.

Tabel 5. 34 Ketidakberaturan Geometri Vertikal

Lantai	di (m)	di/di+1	Status
5	0,6	0,91	Regular
4	0,7	0,78	Regular
3	0,7	0,91	Regular
2	0,7	0,91	Regular
1	0,7	0,91	Regular

**Gambar 5. 9 Pengecekan Ketidakberaturan Geometri Vertikal**

Berdasarkan perhitungan di atas maka dapat disimpulkan bahwa bangunan gedung Kuliah Bersama Politeknik Negeri Cilacap tidak mengalami ketidakberaturan geometri vertikal.

4. Ketidakberaturan diskontinuitas bidang pada elemen vertikal

Ketidakberaturan diskontinuitas bidang pada elemen vertikal didefinisikan ada jika terdapat pergeseran arah bidang elemen pemikul gaya lateral lebih besar dari panjang elemen itu atau terdapat reduksi kekuatan elemen pemikul ditingkat bawahnya.

Berdasarkan data bangunan yang didapat pada bangunan Gedung Kuliah Bersama Politeknik Negeri Cilacap tidak dijumpai kolom portal yang diskontinuitas dari atas hingga dasar bangunan.

5. Ketidakberaturan tingkat lemah

- a. Ketidakberaturan tingkat lemah akibat diskontinuitas pada kekuatan lateral tingkat

Didefinisikan jika ada kuat lateral tingkat < 80 % kuat lateral tingkat di atasnya

- b. Ketidakberaturan tingkat lemah berlebih akibat diskontinuitas pada kekuatan lateral tingkat.

Didefinisikan jika ada kuat lateral tingkat < 65 % kuat lateral tingkat di atasnya

Perhitungan untuk ketidakberaturan tingkat lemah dapat dilihat sebagai berikut.

Kekuatan tingkat dekati dengan persamaan berikut:

$$V_n = \frac{V_n}{\phi}$$

Berdasarkan persamaan di atas artinya, kekuatan tingkat itu berbanding lurus dengan gaya geser tingkat. Gaya geser tingkat diperoleh melalui akumulasi dari gaya Gempa dari setiap tingkat bangunan. Akan tetapi sampai pada tahap ini gaya gempa belum di tentukan. Sehingga, caranya yaitu dengan melakukan pendekatan menggunakan metode statik ekuivalen tanpa harus mengetahui nilai gaya Gempa. Pendekatan menggunakan metode statik ekuivalen karena berdasarkan pasal 7.8.3 pada SNI 1726 2019 yang menyatakan bahwa gaya seismik lateral, F_x di seberang tingkat harus menggunakan persamaan berikut.

$$F_x = C_{vx} V$$

$$C_{vx} = \frac{W_x h_x^k}{\sum_{i=1}^n W_i h_i^k}$$

Keterangan:

C_{vx} = faktor distribusi vertikal

V = gaya lateral desain

W_i dan W_x = bagian berat seismik efektif total struktur (kN)

h_i dan h_x = tinggi dari dasar sampai tingkat

k = untuk struktur $T \leq 0,5$ detik, $k = 1$

untuk struktur $T \geq 2,5$ detik, $k = 2$

untuk struktur $0,5 < T < 2,5$ detik, dilakukan interpolasi

Berikut ini ada pembuktian bahwa untuk menghitung kekuatan tingkat tidak harus mengetahui gaya Gempa yang terjadi terlebih dahulu.

$$\begin{aligned} V_i/V_{i+1} &= \frac{F_2+F_3}{F_3} \\ &= \frac{C_{v2}VC_{v3}V}{C_{v3}V} \\ &= \frac{C_{v2}+C_{v3}}{C_{v3}} \end{aligned}$$

Perhitungan untuk mengecek ketidakberaturan tingkat lemah dapat dilihat sebagai berikut.

$$W_i = 8753,671 \text{ kN}$$

$$H = 13 \text{ m}$$

$$K = 1,154$$

$$\begin{aligned} W \cdot h^k &= 8753,671 \times 13^{1,154} \\ &= 168982,312 \text{ kNm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} C_{v3} &= \frac{Wh^x}{\sum Wh^x} \\ &= \frac{168982,312}{859836,5616} \\ &= 0,197 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} V_3 &= C_{v3} + V_4 \\ &= 0,806 \end{aligned}$$

$$W_i = 8753,671 \text{ kN}$$

$$H = 9 \text{ m}$$

$$K = 1,154$$

$$\begin{aligned} W \cdot h^k &= 8753,671 \times 9^{1,154} \\ &= 110541,023 \text{ kNm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} C_{v2} &= \frac{Wh^x}{\sum Wh^x} \\ &= \frac{110541,023}{859836,5616} \\ &= 0,129 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} V_2 &= C_{v2} + V_3 \\ &= 0,806 + 0,129 \\ &= 0,935 \end{aligned}$$

$$V_2/V_3 = \frac{0,935}{0,806}$$

$$= 1,159$$

$$V_2/V_3 > 80\% V_3$$

$$1,159 > 80\% \times 0,806$$

$$1,159 > 0,644, \text{ Regular}$$

Keterangan:

F_x = Gaya lateral tingkat, kN

H = Tinggi tingkat, m

Perhitungan pengecekan ketidakberaturan tingkat lunak dapat dilihat pada tabel 5.35 di bawah ini.

Tabel 5. 35 Perhitungan Ketidakberaturan Tingkat Lemah

Lt	Wi (kN)	h	k	w.h ^k	Cv	Vx	Vi/Vi+1	Status
5	8753,67	21,00	1,15	293914,95	0,34	0,34	0,00	
4	8753,67	17,00	1,15	230306,11	0,27	0,61	1,78	Regular
3	8753,67	13,00	1,15	168982,31	0,20	0,81	1,32	Regular
2	8753,67	9,00	1,15	110541,02	0,13	0,93	1,16	Regular
1	8753,67	5,00	1,15	56092,17	0,07	1,00	1,07	Regular

5.10.2 Ketidakberaturan Horizontal

1. Ketidakberaturan torsi

Didefinisikan ada jika terdapat Simpangan antar lantai tingkat maksimum, torsi yang dihitung termasuk tak terduga, di sebuah ujung struktur melintang terhadap sumbu lebih dari 1,2 kali Simpangan antar lantai tingkat rata-rata dikedua ujung struktur. sedangkan Ketidakberaturan torsi berlebihan didefinisikan ada jika terdapat Simpangan antar lantai tingkat maksimum, torsi yang dihitung termasuk tak terduga, di sebuah ujung struktur melintang terhadap sumbu lebih dari 1,4 kali Simpangan antar lantai tingkat rata-rata dikedua ujung struktur.

Dikarenakan struktur bangunan Gedung Kuliah Bersama Politeknik Negeri Cilacap tidak simetris. Maka untuk meninjau ketidakberaturan torsi, semua arah datangnya Gempa harus diperhitungkan berdasarkan pasal 12.6.3.3 pada SNI 1726 2012 dan pasal 12.6.3.3 SNI 1726 2019. Pada perhitungan

ketidakberaturan torsi ini hanya dijelaskan sekali karena, tidak ada perubahan yang terjadi antara SNI 1726 2012 dan SNI 1726 2019.

a. Ketidakberaturan torsional Gempa arah +100%EX +30%EY

Perhitungan pengecekan ketidakberaturan torsi pada arah Gempa +100%EX +30%EY dapat dilihat pada tabel 5.36 di bawah ini.

Tabel 5. 36 Ketidakberaturan Torsi pada Gempa Arah +100%Ex + 30%Ey

Lt	δa (m)	δb (m)	Δa	Δb	Δ_{avg}	Δ_{max}	$\Delta_{max}/\Delta_{avg}$	Status
5	0,047	0,049	0,007	0,007	0,007	0,007	1,020	Regular
4	0,040	0,042	0,010	0,010	0,010	0,010	1,017	Regular
3	0,031	0,032	0,012	0,012	0,012	0,012	1,017	Regular
2	0,019	0,020	0,012	0,012	0,012	0,012	1,016	Regular
1	0,007	0,007	0,007	0,007	0,007	0,007	1,016	Regular

b. Ketidakberaturan torsional Gempa arah +100%EX -30%EY

Perhitungan pengecekan ketidakberaturan torsi pada arah Gempa +100%EX -30%EY dapat dilihat pada tabel 5.37 di bawah ini.

Tabel 5. 37 Ketidakberaturan Torsi pada Gempa Arah +100%Ex -30%Ey

Lt	δa (m)	δb (m)	Δa	Δb	Δ_{avg}	Δ_{max}	$\Delta_{max}/\Delta_{avg}$	Status
5	0,047	0,049	0,007	0,007	0,007	0,007	1,018	Regular
4	0,041	0,042	0,010	0,010	0,010	0,010	1,016	Regular
3	0,031	0,032	0,012	0,012	0,012	0,012	1,016	Regular
2	0,019	0,020	0,012	0,013	0,012	0,013	1,017	Regular
1	0,007	0,007	0,007	0,007	0,007	0,007	1,020	Regular

c. Ketidakberaturan torsional Gempa arah -100%EX +30%EY

Perhitungan pengecekan ketidakberaturan torsi pada arah Gempa -100%EX +30%EY dapat dilihat pada tabel 5.38 di bawah ini.

Tabel 5. 38 Ketidakberaturan Torsi pada Gempa Arah -100%Ex +30%Ey

Lt	δa (m)	δb (m)	Δa	Δb	Δ_{avg}	Δ_{max}	$\Delta_{max}/\Delta_{avg}$	Status
5	-0,04	-0,04	-0,01	-0,01	-0,01	-0,01	0,982	Regular
4	-0,04	-0,04	-0,01	-0,01	-0,01	-0,01	0,983	Regular
3	-0,03	-0,03	-0,01	-0,01	-0,01	-0,01	0,984	Regular
2	-0,01	-0,02	-0,01	-0,01	-0,01	-0,01	0,983	Regular
1	-0,01	-0,01	-0,01	-0,01	-0,01	-0,01	0,980	Regular

- d. Ketidakberaturan torsional Gempa arah -100%EX -30%EY

Perhitungan pengecekan ketidakberaturan torsi pada arah Gempa - 100%EX -30%EY dapat dilihat pada tabel 5.39 di bawah ini.

Tabel 5. 39 Ketidakberaturan Torsi pada Gempa Arah -100%Ex -30%Ey

Lt	δa (m)	δb (m)	Δa	Δb	Δavg	Δmax	$\Delta max/\Delta avg$	Status
5	-0,04	-0,04	-0,01	-0,01	-0,01	-0,01	0,980	Regular
4	-0,04	-0,04	-0,01	-0,01	-0,01	-0,01	0,983	Regular
3	-0,03	-0,03	-0,01	-0,01	-0,01	-0,01	0,983	Regular
2	-0,02	-0,02	-0,01	-0,01	-0,01	-0,01	0,984	Regular
1	-0,01	-0,01	-0,01	-0,01	-0,01	-0,01	0,985	Regular

- e. Ketidakberaturan torsional Gempa arah +30%EX +100%EY

Perhitungan pengecekan ketidakberaturan torsi pada arah Gempa +30%EX +100%EY dapat dilihat pada tabel 5.40 di bawah ini.

Tabel 5. 40 Ketidakberaturan Torsi pada Gempa Arah +30%Ex +100%Ey

Lt	δa (m)	δb (m)	Δa	Δb	Δavg	Δmax	$\Delta max/\Delta avg$	Status
5	0,026	0,043	0,01	0,01	0,01	0,01	1,223	1a Irregular
4	0,022	0,037	0,01	0,01	0,01	0,01	1,233	1a Irregular
3	0,017	0,029	0,01	0,01	0,01	0,01	1,239	1a Irregular
2	0,011	0,018	0,01	0,01	0,01	0,01	1,248	1a Irregular
1	0,004	0,007	0,01	0,01	0,01	0,01	1,274	1a Irregular

Dikarenakan pada arah Gempa 30% ke arah x dan 100% ke arah y mengalami ketidakberaturan torsi maka, menurut SNI Gempa pada pasal 7.8.4.3 harus dilakukan pembesaran momen torsi tak terduga yaitu dengan cara mengalikan faktor pembesaran torsi, A_x dengan menggunakan persamaan berikut ini.

$$\begin{aligned}\delta_{avg} &= \frac{(\delta_a + \delta_b)}{2} \\ &= \frac{(0,026 + 0,043)}{2} \\ &= 0,034 \text{ m}\end{aligned}$$

$$\delta_{max} = 0,043 \text{ m}$$

$$A_x = \left(\frac{\delta_{max}}{1,2\delta_{avg}} \right)^2$$

$$= \left(\frac{0,043}{1,2 \times 0,034} \right)^2$$

$$= 1,074 \text{ mm}$$

Berikut ini merupakan hasil rekapitulasi perhitungan faktor pembesaran torsi pada lantai 1 sampai lantai 5 yang dapat dilihat pada tabel 5.41 sebagai berikut.

Tabel 5. 41 Faktor Pembesaran Torsi pada Gempa Arah +30%Ex +100%Ey

Lantai	Ax
5	1,074
4	1,080
3	1,087
2	1,099
1	1,128

- f. Ketidakberaturan torsional Gempa arah +30%EX -100%EY

Perhitungan pengecekan ketidakberaturan torsi pada arah Gempa +30%EX -100%EY dapat dilihat pada tabel 5.42 di bawah ini.

Tabel 5. 42 Ketidakberaturan Torsi pada Gempa Arah +30%Ex -100%Ey

Lt	δa (m)	δb (m)	Δa	Δb	Δ_{avg}	Δ_{max}	$\Delta_{max}/\Delta_{avg}$	Status
5	-0,026	-0,052	-0,043	-0,01	-0,03	-0,01	0,250	Regular
4	-0,022	-0,046	-0,037	-0,01	-0,02	-0,01	0,391	Regular
3	-0,017	-0,037	-0,029	-0,01	-0,02	-0,01	0,573	Regular
2	-0,011	-0,025	-0,018	-0,01	-0,02	-0,01	0,828	Regular
1	-0,004	-0,012	-0,007	-0,01	-0,01	-0,01	0,738	Regular

- g. Ketidakberaturan torsional Gempa arah -30%EX +100%EY

Perhitungan pengecekan ketidakberaturan torsi pada arah Gempa -30%EX +100%EY dapat dilihat pada tabel 5.43 di bawah ini.

Tabel 5. 43 Ketidakberaturan Torsi pada Gempa Arah -30%Ex +100%Ey

Lt	δa (m)	δb (m)	Δa	Δb	Δ_{avg}	Δ_{max}	$\Delta_{max}/\Delta_{avg}$	Status
5	0,026	0,043	0,01	0,01	0,01	0,01	1,232	1a Irregular
4	0,022	0,037	0,01	0,01	0,01	0,01	1,237	1a Irregular
3	0,017	0,029	0,01	0,01	0,01	0,01	1,239	1a Irregular
2	0,011	0,018	0,01	0,01	0,01	0,01	1,248	1a Irregular
1	0,004	0,007	0,01	0,01	0,01	0,01	1,273	1a Irregular

Dikarenakan pada arah Gempa -30% ke arah x dan +100% ke arah y mengalami ketidakberaturan torsi maka, menurut SNI Gempa pada pasal 7.8.4.3 harus dilakukan pembesaran momen torsi tak terduga yaitu dengan cara mengalikan faktor pembesaran torsi, A_x dengan menggunakan persamaan berikut ini.

$$\begin{aligned}\delta_{avg} &= \frac{(\delta_a + \delta_b)}{2} \\ &= \frac{(0,022 + 0,037)}{2} \\ &= 0,030 \text{ m} \\ \delta_{max} &= 0,037 \text{ m} \\ A_x &= \left(\frac{\delta_{max}}{1,2\delta_{avg}} \right)^2 \\ &= \left(\frac{0,037}{1,2 \times 0,030} \right)^2 \\ &= 1,081 \text{ mm}\end{aligned}$$

Berikut ini merupakan hasil rekapitulasi perhitungan faktor pembesaran torsi pada lantai 1 sampai lantai 5 yang dapat dilihat pada tabel 5.44 sebagai berikut.

Tabel 5. 44 Faktor Pembesaran Torsi pada Gempa Arah +30%Ex +100%Ey

Lantai	A_x
5	1,077
4	1,081
3	1,087
2	1,098
1	1,126

- h. Ketidakberaturan torsional Gempa arah -30%EX -100%EY

Perhitungan pengecekan ketidakberaturan torsi pada arah Gempa -30%EX -100%EY dapat dilihat pada tabel 5.45 di bawah ini.

Tabel 5. 45 Ketidakberaturan Torsi pada Gempa Arah -30%Ex -100%Ey

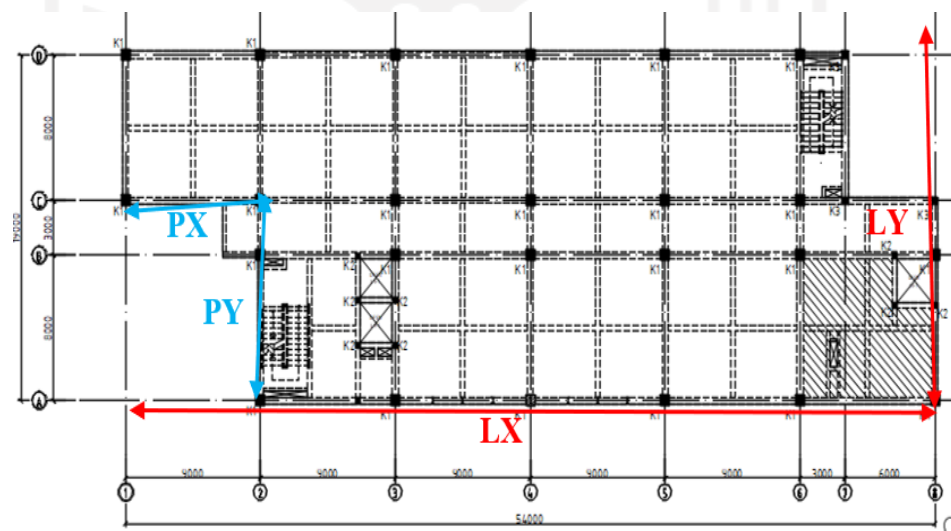
Lt	δa (m)	δb (m)	Δa	Δb	Δ_{avg}	Δ_{max}	$\Delta_{max}/\Delta_{avg}$	Status
5	-0,026	-0,043	-0,004	-0,01	-0,01	-0,01	0,776	Regular
4	-0,022	-0,037	-0,005	-0,01	-0,01	-0,01	0,767	Regular
3	-0,017	-0,029	-0,006	-0,01	-0,01	-0,01	0,762	Regular
2	-0,011	-0,018	-0,007	-0,01	-0,01	-0,01	0,752	Regular
1	-0,004	-0,007	-0,004	-0,01	-0,01	-0,01	0,726	Regular

Berdasarkan hasil perhitungan ketidakberaturan torsi maka dapat disimpulkan bahwa pada Gedung Kuliah Bersama Politeknik Negeri Cilacap mengalami ketidakberaturan torsi pada lantai 1 sampai 5 pada arah Gempa 100% arah y positif.

2. Ketidakberaturan sudut dalam

Ketidakberaturan sudut dalam didefinisikan ada jika kedua proyeksi denah struktur dari sudut dalam lebih besar dari 15 % dimensi denah struktur dalam arah yang ditentukan.

Perhitungan sudut dalam dapat dilihat di bawah ini.

**Gambar 5. 10 Denah Struktur Bangunan**

$$L_x = 54 \text{ m}$$

$$P_x = 9 \text{ m}$$

$$15\% L_x = 8,10 \text{ m}$$

$8,10 < 9 \text{ m}$, sehingga irregular

$$L_y = 19 \text{ m}$$

$$P_y = 11 \text{ m}$$

$$15\% L_y = 2,85 \text{ m}$$

$$2,85 < 11 \text{ m, sehingga irregular}$$

Berdasarkan perhitungan di atas maka dapat disimpulkan bahwa struktur Gedung Kuliah Bersama Politeknik Negeri Cilacap memiliki ketidakberaturan sudut dalam.

3. Ketidakberaturan diskontinuitas diafragma

Ketidakberaturan diskontinuitas diafragma didefinisikan ada jika terdapat suatu diafragma yang memiliki diskontinuitas atau variasi kekakuan mendadak, termasuk yang mempunyai daerah terpotong atau terbuka lebih besar dari 50 % daerah diafragma bruto yang tertutup, atau perubahan kekakuan diafragma efektif lebih dari 50 % dari suatu tingkat ke tingkat selanjutnya.

Berikut ini merupakan hasil perhitungan luasan diafragma untuk meninjau diskontinuitas diafragma.

Tabel 5. 46 Pengecekan Diskontinuitas Diafragma

Lt	Luas diafragma			50% A bruto	Status
	A bruto (m ²)	A Void (m ²)	A netto (m ²)		
5	886,875	52,124	834,751	443,4375	Regular
4	886,875	52,124	834,751	443,4375	Regular
3	886,875	52,124	834,751	443,4375	Regular
2	886,875	52,124	834,751	443,4375	Regular
1	886,875	52,124	834,751	443,4375	Regular

4. Ketidakberaturan akibat pergeseran tegak lurus terhadap bidang

Ketidakberaturan akibat pergeseran tegak lurus terhadap bidang didefinisikan ada jika terdapat diskontinuitas dalam lintasan tahanan gaya lateral, seperti pergeseran tegak lurus terhadap bidang pada setidaknya satu elemen vertikal pemikul gaya lateral.

Berdasarkan data Gedung Kuliah Bersama Politeknik Negeri Cilacap tidak dijumpai dinding atau kolom pemikul beban lateral yang bergeser dari tegak

lurus bidang. Sehingga, dapat disimpulkan bawah struktur gedung ini tidak memiliki ketidakberaturan akibat pergeseran tegak lurus terhadap bidang.

5. Ketidakberaturan sistem non paralel

Ketidakberaturan sistem non paralel didefinisikan ada jika elemen vertikal pemikul gaya lateral tidak paralel terhadap sumbu-sumbu ortogonal utama sistem pemikul gaya seismik.

Berdasarkan data Gedung Kuliah Bersama Politeknik Negeri Cilacap tidak dijumpai elemen vertikal pemikul gaya lateral yang tidak paralel terhadap sumbu-sumbu ortogonal. Sehingga, dapat disimpulkan bahwa struktur gedung ini tidak memiliki ketidakberaturan akibat struktur non paralel.

5.11 Simpangan Antar Lantai

Berikut ini merupakan contoh perhitungan Simpangan antar lantai yang dapat dilihat di bawah ini.

5.11.1 Simpangan Antar Lantai Berdasarkan SNI 03-1726-2012

Perhitungan Simpangan antar lantai berdasarkan SNI 1726 2012 dapat dilihat sebagai berikut.

1. Nilai displacement pada SAP2000 didapatkan dengan cara, *show table – joint output – displacement*.
2. Analisis Simpangan dihitung berdasarkan nilai C_d dan faktor keutamaan, I_e . berikut ini adalah hasil perhitungannya.

$$\delta x \text{ lantai 3} = 0,0312 \text{ m}$$

$$C_d = 5,5$$

$$I_e = 1,5$$

$$\begin{aligned} dx \text{ lantai 3} &= \delta x \frac{C_d}{I_e} \\ &= 0,0312 \times \frac{5,5}{1,5} \end{aligned}$$

$$= 0,11 \text{ m}$$

$$\delta x \text{ lantai 2} = 0,0213 \text{ m}$$

$$C_d = 5,5$$

$$I_e = 1,5$$

$$\begin{aligned} dx \text{ lantai 2} &= \delta x \frac{C_d}{I_e} \\ &= 0,0213 \times \frac{5,5}{1,5} \\ &= 0,08 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \Delta \text{ lantai 3} &= dx \text{ lantai 3} - dx \text{ lantai 2} \\ &= 0,11 - 0,08 \\ &= 0,03 \text{ m} \end{aligned}$$

Keterangan:

C_d = Faktor pembesaran simpangan lateral

I_e = Faktor keutamaan gempa

δ_i = *Displacement* lantai ke-i

Δ_i = Simpangan antar lantai ke-i

3. Pengecekan faktor redundansi, ρ

Faktor redundansi untuk struktur yang dirancang pada kategori desain seismik D, E, dan F maka faktor redundansi harus sebesar 1,3 kecuali, jika salah satu kondisi berikut dipenuhi maka redundansi diizinkan diambil sebesar 1,0. Salah satu kondisi yang dimaksud yaitu berdasarkan tabel 12 SNI 1726 2012. Struktur yang menggunakan sistem rangka pemikul momen syaratnya ialah kehilangan tahanan momen di sambungan balok ke kolom di kedua ujung balok tunggal tidak akan mengakibatkan lebih dari reduksi kuat tingkat sebesar 33% atau sistem yang dihasilkan tidak memiliki ketidakberaturan torsi berlebih. Berdasarkan syarat di atas maka dilakukan pengecekan untuk nilai faktor redundansi pada Gempa arah x dan arah y yang dapat dilihat pada tabel 5.47 dan tabel 5.48 di bawah ini.

Tabel 5. 47 Pengecekan Faktor Redundansi Gempa Arah X

SectionCut	OutputCase	F _{x1}	F _{x2}	Selisih
Text	Text	KN	KN	%
STORY 5	EX RS	857,492	851,773	0,67%
STORY 4	EX RS	1610,62	1596,29	0,89%
STORY 3	EX RS	2209,54	2187,56	0,99%
STORY 2	EX RS	2693,89	2666,32	1,02%
STORY 1	EX RS	3042,35	3011,04	1,03%

Tabel 5. 48 Pengecekan Faktor Redundansi Gempa Arah Y

SectionCut	OutputCase	Fy ₁	Fy ₂	Selisih
Text	Text	KN	KN	%
STORY 5	EY RS	982,384	923,068	6,04%
STORY 4	EY RS	1917,73	1782,105	7,07%
STORY 3	EY RS	2675,78	2478,248	7,38%
STORY 2	EY RS	3281,287	3033,555	7,55%
STORY 1	EY RS	3691,807	3412,533	7,56%

Keterangan:

F_{x1} = Gaya geser tingkat arah x sebelum terjadi sendi plastis, kN

F_{x2} = Gaya geser tingkat arah x setelah terjadi sendi plastis, kN

F_{y1} = Gaya geser tingkat arah y sebelum terjadi sendi plastis, kN

F_{y2} = Gaya geser tingkat arah y setelah terjadi sendi plastis, kN

Berdasarkan hasil pengecekan faktor redundansi di atas diketahui bahwa pada Gempa arah x memenuhi persyaratan redundansi yaitu ketika ada balok tunggal terjadi sendi plastis mengalami pengurangan gaya geser paling besar 1,03% dan < 33%. Dan pada Gempa arah y juga memenuhi persyaratan redundansi yaitu ketika ada balok tunggal terjadi sendi plastis mengalami pengurangan gaya geser paling besar 7,56% dan < 33%. Sehingga faktor redundansi yang digunakan sebesar 1,0.

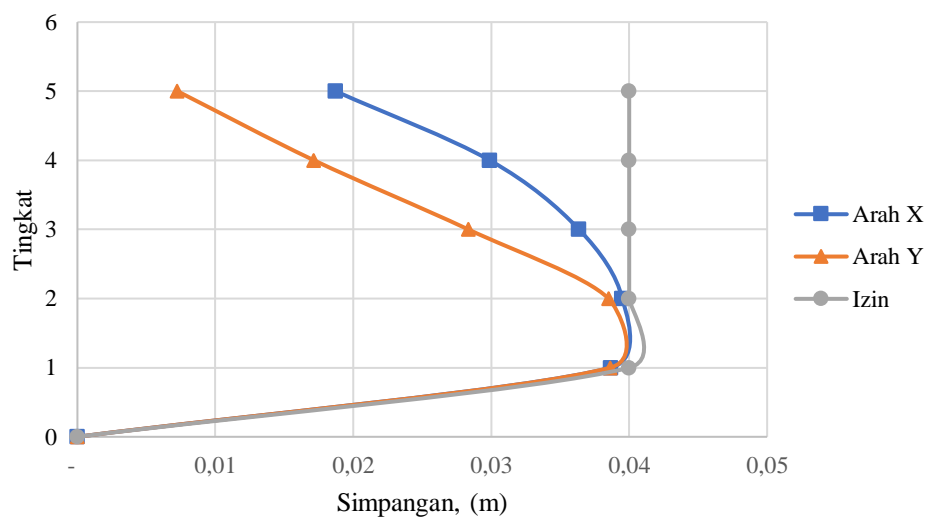
Rekapitulasi Simpangan antar lantai arah x dan y berdasarkan SNI 1726 2012 dapat dilihat sebagai berikut.

Tabel 5. 49 Rekapitulasi Perhitungan Simpangan Antar Lantai Arah x Berdasarkan SNI 03-1726-2012

Lantai	U1	Cd/i	dx	Δ	hsx	Δa	ρ	Δa/ρ	Status
	m		m		m	m			
5	0,0445	3,67	0,16	0,02	4	0,04	1	0,04	OKE
4	0,0394	3,67	0,14	0,03	4	0,04	1	0,04	OKE
3	0,0312	3,67	0,11	0,04	4	0,04	1	0,04	OKE
2	0,0213	3,67	0,08	0,04	4	0,04	1	0,04	OKE
1	0,0105	3,67	0,04	0,04	4	0,04	1	0,04	OKE

Tabel 5. 50 Rekapitulasi Perhitungan Simpangan Antar Lantai Arah y Berdasarkan SNI 03-1726-2012

Lantai	U2	Cd/i	dy	Δ	hsx	Δa	ρ	$\Delta a/\rho$	Status
	m		m			m			
5	0,035	3,67	0,13	0,01	4	0,04	1,00	0,04	OKE
4	0,033	3,67	0,12	0,02	4	0,04	1,00	0,04	OKE
3	0,029	3,67	0,11	0,03	4	0,04	1,00	0,04	OKE
2	0,021	3,67	0,08	0,04	4	0,04	1,00	0,04	OKE
1	0,011	3,67	0,04	0,04	4	0,04	1,00	0,04	OKE



Gambar 5. 11 Simpangan Antar Lantai SNI 03-1726-2012

5.11.2 Simpangan Antar Lantai Berdasarkan SNI 03-1726-2019

Perhitungan Simpangan antar lantai berdasarkan SNI 1726 2019 dapat dilihat sebagai berikut.

1. Nilai displacement pada SAP2000 didapatkan dengan cara, *show table – joint output – displacement*.
2. Analisis Simpangan dihitung berdasarkan nilai Cd dan faktor keutamaan, I_e . berikut ini adalah hasil perhitungannya.

$$\delta_x \text{ lantai 3} = 0,032 \text{ m}$$

$$C_d = 5,5$$

$$I_e = 1,5$$

$$\begin{aligned} dx \text{ lantai 3} &= \delta x \frac{C_d}{I_e} \\ &= 0,32 x \frac{5,5}{1,5} \\ &= 0,12 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\delta x \text{ lantai 2} = 0,021 \text{ m}$$

$$C_d = 5,5$$

$$I_e = 1,5$$

$$\begin{aligned} dx \text{ lantai 2} &= \delta x \frac{C_d}{I_e} \\ &= 0,021 x \frac{5,5}{1,5} \\ &= 0,08 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \Delta \text{ lantai 3} &= dx \text{ lantai 3} - dx \text{ lantai 2} \\ &= 0,12 - 0,08 \\ &= 0,04 \text{ m} \end{aligned}$$

Keterangan:

C_d = Faktor pembesaran simpangan lateral

I_e = Faktor keutamaan gempa

δ_i = *Displacement* lantai ke-i

Δ_i = Simpangan antar lantai ke-i

3. Pengecekan faktor redundansi, ρ

Faktor redundansi untuk struktur yang dirancang pada kategori desain seismik D, E, dan F maka faktor redundansi harus sebesar 1,3 kecuali, jika salah satu kondisi berikut dipenuhi maka redundansi diizinkan diambil sebesar 1,0. Salah satu kondisi yang dimaksud yaitu berdasarkan tabel 15 SNI 1726 2019. Struktur yang menggunakan sistem rangka pemikul momen syaratnya ialah kehilangan tahanan momen di sambungan balok ke kolom di kedua ujung balok tunggal tidak akan mengakibatkan lebih dari reduksi kuat tingkat sebesar 33% atau sistem yang dihasilkan tidak memiliki ketidakberaturan torsi berlebih. Berdasarkan syarat di atas maka dilakukan pengecekan untuk nilai faktor redundansi pada Gempa arah x dan arah y yang dapat dilihat pada tabel 5.51 dan tabel 5.52 di bawah ini.

Tabel 5. 51 Pengecekan Faktor Redundansi Gempa Arah X

SectionCut	OutputCase	F _{x1}	F _{x2}	Selisih
Text	Text	KN	KN	%
STORY 5	EX RS	929,129	922,537	0,71%
STORY 4	EX RS	1779,446	1763,436	0,90%
STORY 3	EX RS	2469,605	2445,265	0,99%
STORY 2	EX RS	3024,024	2993,601	1,01%
STORY 1	EX RS	3404,759	3370,103	1,02%

Tabel 5. 52 Pengecekan Faktor Redundansi Gempa Arah Y

SectionCut	OutputCase	F _{y1}	F _{y2}	Selisih
Text	Text	KN	KN	%
STORY 5	EY RS	1081,037	1009,186	6,6%
STORY 4	EY RS	2129,165	1976,257	7,2%
STORY 3	EY RS	2998,263	2774,071	7,5%
STORY 2	EY RS	3685,07	3405,369	7,6%
STORY 1	EY RS	4137,416	3822,089	7,6%

Keterangan:

F_{x1} = Gaya geser tingkat arah x sebelum terjadi sendi plastis, kN

F_{x2} = Gaya geser tingkat arah x setelah terjadi sendi plastis, kN

F_{y1} = Gaya geser tingkat arah y sebelum terjadi sendi plastis, kN

F_{y2} = Gaya geser tingkat arah y setelah terjadi sendi plastis, kN

Berdasarkan hasil pengecekan faktor redundansi di atas diketahui bahwa pada Gempa arah x memenuhi persyaratan redundansi yaitu ketika ada balok tunggal terjadi sendi plastis mengalami pengurangan gaya geser paling besar 1,02% dan < 33%. Dan pada Gempa arah y juga memenuhi persyaratan redundansi yaitu ketika ada balok tunggal terjadi sendi plastis mengalami pengurangan gaya geser paling besar 7,6% dan < 33%. Sehingga faktor redundansi yang digunakan sebesar 1,0.

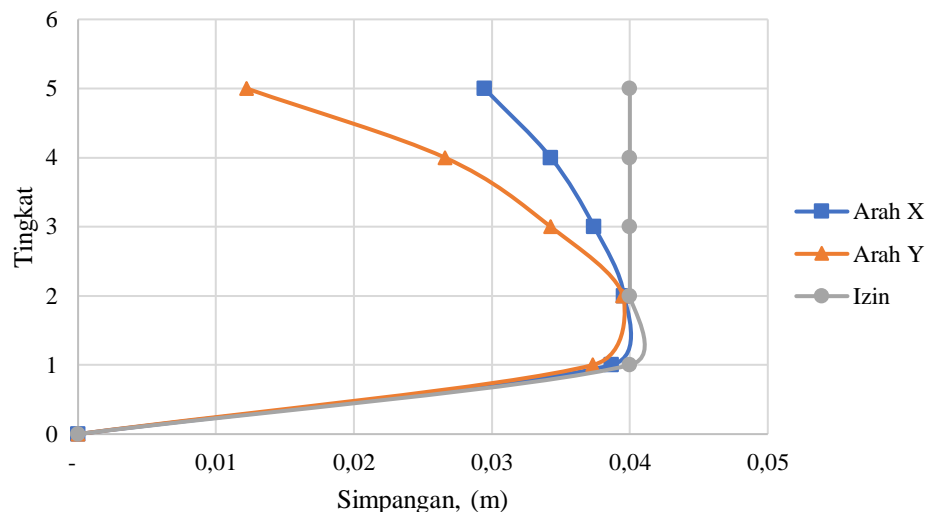
Rekapitulasi Simpangan antar lantai arah x dan y berdasarkan SNI 1726 2019 dapat dilihat sebagai berikut.

Tabel 5. 53 Rekapitulasi Perhitungan Simpangan Antar Lantai Arah x
Berdasarkan SNI 03-1726-2019

Lantai	U1	Cd/i	dx	Δ	hsx	Δa	ρ	$\Delta a/\rho$	Status
	m		m	m	m	m			
5	0,049	3,67	0,18	0,03	4	0,04	1	0,04	OKE
4	0,041	3,67	0,15	0,03	4	0,04	1	0,04	OKE
3	0,032	3,67	0,12	0,04	4	0,04	1	0,04	OKE
2	0,021	3,67	0,08	0,04	4	0,04	1	0,04	OKE
1	0,011	3,67	0,04	0,04	4	0,04	1	0,04	OKE

Tabel 5. 54 Rekapitulasi Perhitungan Simpangan Antar Lantai Arah y
Berdasarkan SNI 03-1726-2019

Lantai	U2	Cd/i	dy	Δ	hsx	Δa	ρ	$\Delta a/\rho$	Status
	m		m	m	m	m			
5	0,041	3,67	0,15	0,01	4	0,04	1	0,04	OKE
4	0,038	3,67	0,14	0,03	4	0,04	1	0,04	OKE
3	0,030	3,67	0,11	0,03	4	0,04	1	0,04	OKE
2	0,021	3,67	0,08	0,04	4	0,04	1	0,04	OKE
1	0,010	3,67	0,04	0,04	4	0,04	1	0,04	OKE



Gambar 5. 12 Simpangan Antar Lantai SNI 03-1726-2019

Berdasarkan perhitungan Simpangan antar lantai di atas dapat disimpulkan bahwa berdasarkan SNI 1726 2012 maupun SNI 1726 2019 telah memenuhi syarat Simpangan antar lantai.

5.12 Pengaruh P-Delta

Perhitungan P-Delta berdasarkan SNI 1726 2012 dan SNI 1726 2019 dapat dilihat sebagai berikut.

5.12.1 Pengaruh P-Delta Berdasarkan SNI 03-1726-2012

1. Nilai P_x pada SAP2000 didapatkan dengan cara, *show table – analysis results – structure output – other output items – section cut force*. Kemudian nilai p_x adalah F3.
2. Analisis P-delta dihitung berdasarkan nilai ketinggian antar lantai, C_d , dan faktor kautamaan Gempa. Pengaruh P-delta dapat dihitung menggunakan persamaan berikut.

$$P_x = 10485,512 \text{ kN}$$

$$V_x = 857,492 \text{ kN}$$

$$h_{sx} = 4 \text{ m}$$

$$C_d = 5,5$$

$$I_e = 1,5$$

$$\Theta = \frac{P_x \Delta I_e}{V_x h_{sx} C_d}$$

$$= \frac{10485,512 \times 0,01 \times 1,5}{857,492 \times 4 \times 5,5}$$

$$= 0,02$$

$$\Theta_{max} = \frac{0,5}{\beta C_d}$$

$$= \frac{0,5}{0,75 \times 5,5}$$

$$= 0,12121$$

$$\Theta < \Theta_{max}$$

$0,02 < 0,12121$, efek P-delta dapat diabaikan

Keterangan:

P_x = beban desain vertikal total pada dan di atas tingkat-x

V_x = gaya geser seismik yang bekerja antara tingkat x dan x-1 (kN)

h_{sx} = tinggi tingkat di bawah tingkat-x (m)

C_d = faktor pembesaran defleksi

I_e = faktor keutamaan gempa

Θ = koefisien stabilitas

Syarat, $\Theta < \Theta_{max}$, jika tidak memenuhi syarat tersebut maka struktur harus di redesain.

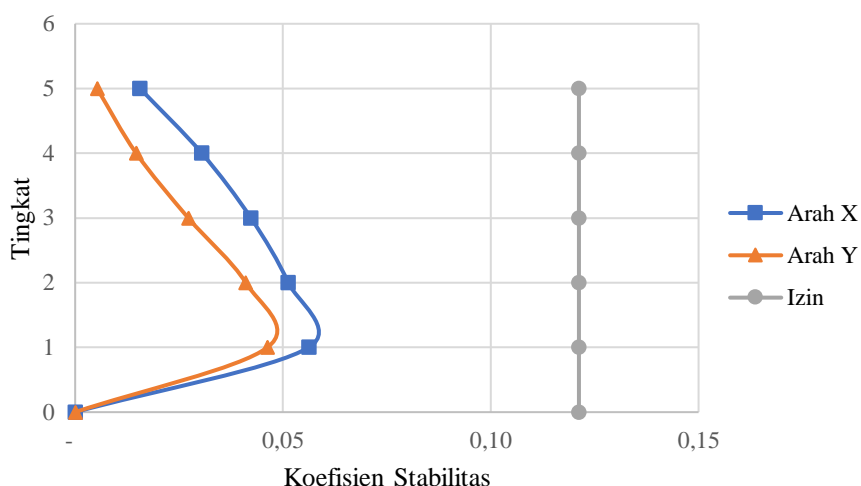
Perhitungan pengaruh P-delta untuk lantai lainnya sama seperti perhitungan di atas. Berikut adalah hasil rekapitulasi P-delta yang dapat dilihat pada tabel 5.55 dan tabel 5.56 di bawah ini.

Tabel 5. 55 Perhitungan Pengaruh P-Delta Arah x Berdasarkan SNI 03-1726-2012

Lantai	P_x	V_x	h_{sx}	I_e	C_d	Θ	Θ_{max}	Status	Status
m	kN	kN	m						
5	10485,51	857,49	4	1,5	5,5	0,02	0,121	OK	No P-Delta Effect
4	24083,49	1610,62	4	1,5	5,5	0,03	0,121	OK	No P-Delta Effect
3	37681,47	2209,54	4	1,5	5,5	0,04	0,121	OK	No P-Delta Effect
2	51279,45	2693,89	4	1,5	5,5	0,051	0,121	OK	No P-Delta Effect
1	64877,43	3042,35	4	1,5	5,5	0,056	0,121	OK	No P-Delta Effect

Tabel 5. 56 Perhitungan Pengaruh P-Delta Arah y Berdasarkan SNI 03-1726-2012

Lantai	P_x	V_y	h_{sx}	I_e	C_d	Θ	Θ_{max}	Status	Status
m	kN	kN	m						
5	10485,51	982,38	4	1,5	5,5	0,005	0,121	OK	No P-Delta Effect
4	24083,49	1917,73	4	1,5	5,5	0,015	0,121	OK	No P-Delta Effect
3	37681,47	2675,78	4	1,5	5,5	0,027	0,121	OK	No P-Delta Effect
2	51279,45	3281,29	4	1,5	5,5	0,041	0,121	OK	No P-Delta Effect
1	64877,43	3691,81	4	1,5	5,5	0,046	0,121	OK	No P-Delta Effect



Gambar 5. 13 Pengaruh P-Delta SNI 03-1726-2012

5.12.2 Pengaruh P-Delta Berdasarkan SNI 03-1726-2019

1. Nilai P_x pada SAP2000 didapatkan dengan cara, *show table – analysis results – structure output – other output items – section cut force*. Kemudian nilai p_x adalah F_3 .
2. Analisis P-delta dihitung berdasarkan nilai ketinggian antar lantai, C_d , dan faktor kautamaan Gempa. Pengaruh P-delta dapat dihitung menggunakan persamaan berikut.

$$P_x = 24083,49 \text{ kN}$$

$$V_x = 1779,45 \text{ kN}$$

$$h_{sx} = 4 \text{ m}$$

$$C_d = 5,5$$

$$I_e = 1,5$$

$$\begin{aligned} \Theta &= \frac{P_x \Delta I_e}{V_x h_{sx} C_d} \\ &= \frac{24083,49 \times 0,022 \times 1,5}{1779,45 \times 4 \times 5,5} \end{aligned}$$

$$= 0,032$$

$$\begin{aligned} \Theta_{max} &= \frac{0,5}{\beta C_d} \\ &= \frac{0,5}{0,75 \times 5,5} \\ &= 0,12121 \end{aligned}$$

$$\Theta < \Theta_{max}$$

0,032 < 0,12121, memenuhi syarat

P_x = beban desain vertikal total pada dan di atas tingkat-x

V_x = gaya geser seismik yang bekerja antara tingkat x dan x-1 (kN)

h_{sx} = tinggi tingkat di bawah tingkat-x (m)

C_d = faktor pembesaran defleksi

I_e = faktor keutamaan gempa

Θ = koefisien stabilitas

Syarat, $\Theta < \Theta_{max}$, jika tidak memenuhi syarat tersebut maka struktur harus di redesain.

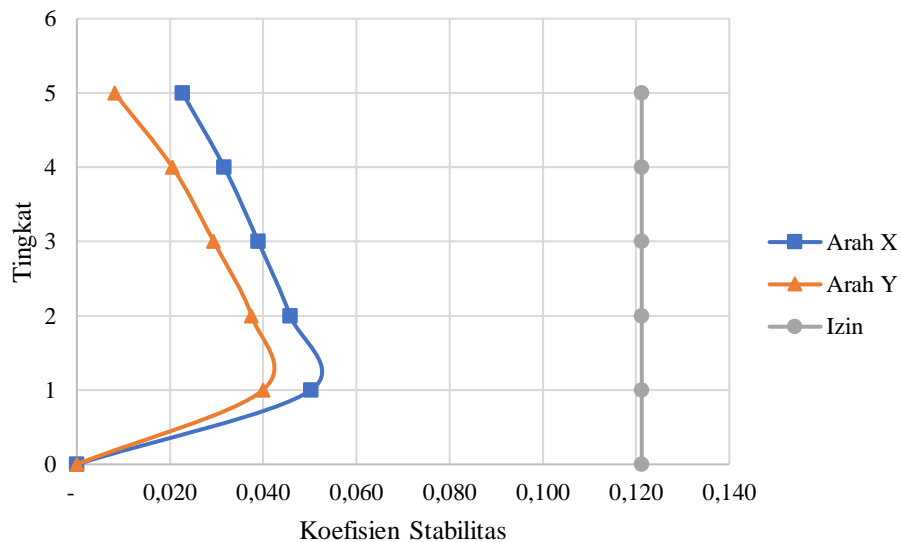
Perhitungan pengaruh P-delta untuk lantai lainnya sama seperti perhitungan di atas. Berikut adalah hasil rekapitulasi P-delta yang dapat dilihat pada tabel 5.57 dan tabel 5.58 di bawah ini.

Tabel 5. 57 Perhitungan Pengaruh P-Delta Arah x Berdasarkan SNI 03-1726-2019

Lantai	P_x	V_x	h_{sx}	I_e	C_d	Θ	Θ_{max}	Status	Status
m	kN	kN	m						
5	10485,51	929,13	4	1,5	5,5	0,023	0,121	OK	No P-Delta Effect
4	24083,49	1779,45	4	1,5	5,5	0,032	0,121	OK	No P-Delta Effect
3	37681,47	2469,61	4	1,5	5,5	0,039	0,121	OK	No P-Delta Effect
2	51279,45	3024,02	4	1,5	5,5	0,046	0,121	OK	No P-Delta Effect
1	64877,43	3404,76	4	1,5	5,5	0,050	0,121	OK	No P-Delta Effect

Tabel 5. 58 Perhitungan Pengaruh P-Delta Arah y Berdasarkan SNI 03-1726-2019

Lantai	Px	Vx	hsx	Ie	Cd	Θ	Θ max	Status	Status
m	kN	kN	m						
5	10485,51	1081,04	4	1,5	5,5	0,008	0,121	OK	No P-Delta Effect
4	24083,49	2129,17	4	1,5	5,5	0,021	0,121	OK	No P-Delta Effect
3	37681,47	2998,26	4	1,5	5,5	0,029	0,121	OK	No P-Delta Effect
2	51279,45	3685,07	4	1,5	5,5	0,037	0,121	OK	No P-Delta Effect
1	64877,43	4137,42	4	1,5	5,5	0,040	0,121	OK	No P-Delta Effect



Gambar 5. 14 Pengaruh P-Delta SNI 03-1726-2019

Berdasarkan perhitungan P-delta di atas berdasarkan SNI 1726 2012 maupun SNI 1726 2019, bangunan ini telah memenuhi standar P-delta yaitu $\Theta < 0,1$ dan $\Theta < \Theta_{max}$.

5.13 Skala Nilai Desain Untuk Respon Terkombinasi

Perhitungan penskalaan gaya berdasarkan SNI 1726 2012 dan SNI 1726 2019 dapat dilihat sebagai berikut.

5.13.1 Skala Gaya Berdasarkan SNI 03-1726-2012

Perhitungan untuk skala gaya dapat dilihat sebagai berikut.

$$\begin{aligned} T_a &= C_t h_n^x \\ &= 0,0466 \times 21^{0,9} \\ &= 0,722 \text{ detik} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} C_u T_a &= 1,4 \times 0,722 \\ &= 1,0104 \text{ detik} \end{aligned}$$

$$T_c = 1,1481 \text{ detik}$$

Berdasarkan pasal 7.9.4.1 SNI 1726 2012 menyatakan apabila $T_c > C_u T_a$ maka periode yang dipakai $T = C_u T_a$.

$$T = 1,0104 \text{ detik}$$

$$\begin{aligned} C_s &= \frac{S_{DS}}{\left(\frac{R}{I_e}\right)} \\ &= \frac{0,6128}{\left(\frac{8}{1,5}\right)} \\ &= 0,1149 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} C_s \text{ max} &= \frac{SD1}{T\left(\frac{R}{I_e}\right)} \\ &= \frac{0,7573}{1,0104 \times \left(\frac{8}{1,5}\right)} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} &= 0,1405 \\ C_s \text{ min} &= 0,044 S_{DS} I_e \\ &= 0,044 \times 0,6128 \times 1,5 \\ &= 0,0404 \end{aligned}$$

$$C_s \text{ pakai} = 0,1149$$

$$W = 52522,025 \text{ kN}$$

$$\begin{aligned} V &= C_s W \\ &= 0,1149 \times 52522,025 \\ &= 6035,265 \text{ kN} \end{aligned}$$

$$85\% V = 85\% \times 6035,265$$

$$= 5129,9756 \text{ kN}$$

$$V_{tx} = 4488,005 \text{ kN}$$

$$V_{ty} = 5407,659 \text{ kN}$$

$V_{tx} < 85\% V$, dilakukan penskalaan gaya

$$F_{sx} = \frac{85\%V}{V_{tx}}$$

$$= \frac{5129,9756}{4488,005}$$

$$= 1,143$$

$V_{ty} > 85\% V$, tidak dilakukan penskalaan gaya

$$F_{sy} = 5407,659 \text{ kN}$$

Keterangan:

T_a = perioda fundamental pendekatan

C_u = koefisien batas atas

T_c = periode yang didapat dari SAP2000

C_s = koefisien respon seismik

W = berat struktur (kN)

V = gaya geser dasar statik ekuivalen (kN)

V_{tx} = gaya geser dasar dinamik gempa arah x didapat dari SAP2000 (kN)

V_{ty} = gaya geser dasar dinamik gempa arah y didapat dari SAP2000 (kN)

F_s = faktor skala

Setelah dilakukan penskalaan gaya maka gaya geser dinamik yang diperoleh dari SAP2000 untuk gempa arah x, V_{tx} sebesar 5130,194 kN $>$ 85% gaya geser statik sehingga penskalaan gaya geser sudah memenuhi syarat SNI 1726 2012.

5.13.2 Skala Gaya Berdasarkan SNI 03-1726-2019

Perhitungan untuk skala gaya dapat dilihat sebagai berikut.

$$T_a = C_t h_n^x$$

$$= 0,0466 \times 21^{0,9}$$

$$= 0,722 \text{ detik}$$

$$\begin{aligned} C_u T_a &= 1,4 \times 0,722 \\ &= 1,0104 \text{ detik} \end{aligned}$$

$$T_c = 1,1481 \text{ detik}$$

Berdasarkan pasal 7.9.4.1 SNI 1726 2012 menyatakan apabila $T_c > C_u T_a$ maka periode yang dipakai $T = C_u T_a$.

$$T = 1,0104 \text{ detik}$$

$$\begin{aligned} C_s &= \frac{S_{DS}}{\left(\frac{R}{I_e}\right)} \\ &= \frac{0,6128}{\left(\frac{8}{1,5}\right)} \\ &= 0,1149 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} C_{s \text{ max}} &= \frac{S_{D1}}{T\left(\frac{R}{I_e}\right)} \\ &= \frac{0,7573}{1,0104 \times \left(\frac{8}{1,5}\right)} \\ &= 0,1405 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} C_{s \text{ min}} &= 0,044 S_{DS} I_e \\ &= 0,044 \times 0,6128 \times 1,5 \\ &= 0,0404 \end{aligned}$$

$$C_s \text{ pakai} = 0,1149$$

$$W = 52522,025 \text{ kN}$$

$$\begin{aligned} V &= C_s W \\ &= 0,1149 \times 52522,025 \\ &= 6035,2654 \text{ kN} \end{aligned}$$

$$V_{tx} = 4224,468 \text{ kN}$$

$$V_{ty} = 5138,978 \text{ kN}$$

$V_{tx} < V$, dilakukan penskalaan gaya

$$\begin{aligned} F_x &= \frac{V}{V_{tx}} \\ &= \frac{6035,2654}{4224,468} \\ &= 1,423 \end{aligned}$$

$V_{ty} < V$, dilakukan penskalaan gaya

$$\begin{aligned} F_y &= \frac{V}{V_{ty}} \\ &= \frac{6035,265}{5138,978} \\ &= 1,175 \end{aligned}$$

Setelah melakukan penskalaan terhadap gaya geser dinamik yang diperoleh dari SAP2000 maka didapatkan nilai gaya geser dinamik sebagai berikut.

$$V_{tx} = 6040,99 \text{ kN}$$

$$V_{ty} = 6038,299 \text{ kN}$$

Keterangan:

T_a = periode fundamental pendekatan

C_u = koefisien batas atas

T_c = periode yang didapat dari SAP2000

C_s = koefisien respon seismik

W = berat struktur (kN)

V = gaya geser dasar statik ekuivalen (kN)

V_{tx} = gaya geser dasar dinamik gempa arah x didapat dari SAP2000 (kN)

V_{ty} = gaya geser dasar dinamik gempa arah y didapat dari SAP2000 (kN)

F_s = faktor skala

Berdasarkan nilai gaya geser dasar dinamik yang telah diskalakan maka nilai tersebut sudah memenuhi syarat SNI 1726 2019 yaitu gaya geser dinamik harus lebih besar dari gaya geser dasar statik.

5.14 Kinerja Struktur

Tahapan pengecekan kinerja batas struktur dibagi menjadi kinerja batas layan dan kinerja batas ultimit yang akan dijelaskan sebagai berikut.

5.14.1 Kinerja Batas Layan

Perhitungan kinerja batas layan ditentukan menggunakan simpangan antar tingkat. Kemudian simpangan antar tingkat dicek berdasarkan kinerja batas layan dengan menggunakan persamaan pada pasal 8.1.1 SNI 03-1726-2002 yang dapat dilihat sebagai berikut ini.

$$\frac{\Delta}{FS} \leq \frac{0,03}{R} x h_i \leq 30 \text{ mm}$$

Keterangan :

Δ = simpangan antar tingkat

R = koefisien modifikasi respons berdasarkan tabel 12 SNI 1726 2019 sistem struktur menggunakan sistem rangka pemikul momen khusus sehingga nilai R = 8.

FS = faktor skala

h_i = tinggi tingkat ke-i

Berdasarkan hasil analisis respon spektrum menggunakan SAP2000, kemudian nilai *displacement* dicek dengan kinerja batas layan. Berikut ini merupakan perhitungan kinerja batas layan pada lantai 4 sebagai berikut.

$$\Delta \text{ lantai 4} = 0,06215$$

$$\Delta \text{ lantai 3} = 0,04744$$

$$\begin{aligned} \Delta \text{ antar tingkat arah x} &= \Delta \text{ lantai 4} - \Delta \text{ lantai 3} \\ &= 0,06215 - 0,04744 \\ &= 0,014712 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Syarat} &= \frac{0,03}{R} x h_i \\ &= \frac{0,03}{8} x 4 \\ &= 0,015 \text{ m} \end{aligned}$$

Hasil perhitungan kinerja batas layan dapat dilihat pada tabel 5.59 dan tabel 5.60 sebagai berikut.

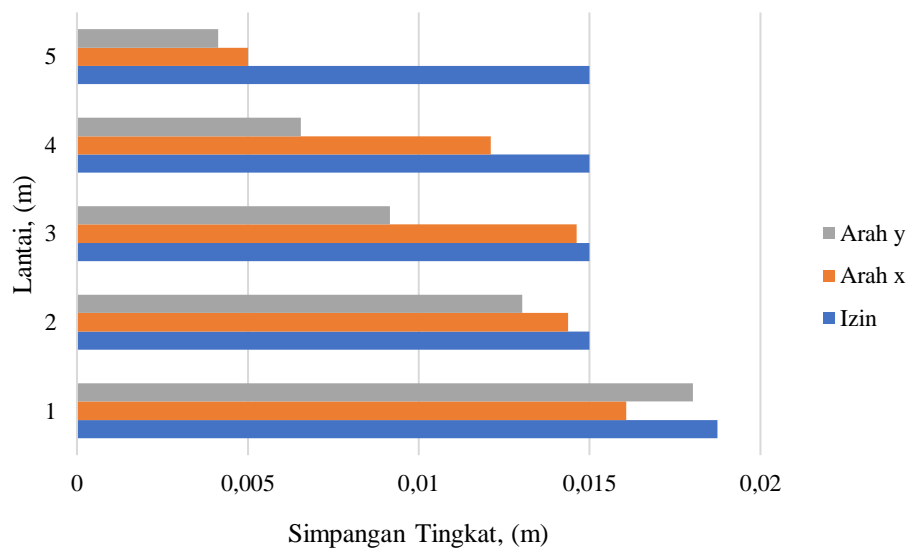
Tabel 5. 59 Kinerja Batas Layan pada Gempa Arah X

Lantai	H (m)	Δx (m)	Δx antar tingkat (m)	syarat	status
5	4	0,075903	0,013754	0,015	Aman
4	4	0,062149	0,014712	0,015	Aman
3	4	0,047437	0,0149	0,015	Aman
2	4	0,032537	0,014559	0,015	Aman
1	5	0,017978	0,017978	0,01875	Aman

Tabel 5. 60 Kinerja Batas Layan pada Gempa Arah Y

Lantai	H (m)	Δx (m)	Δx antar tingkat (m)	syarat	status
5	4	0,059814	0,008864	0,015	Aman
4	4	0,05095	0,009691	0,015	Aman
3	4	0,041259	0,014767	0,015	Aman
2	4	0,026492	0,011315	0,015	Aman
1	5	0,015177	0,015177	0,01875	Aman

Berdasarkan hasil rekapitulasi di atas maka penampilan grafis dapat dibuat yang ditunjukkan pada gambar 5.15 berikut ini.

**Gambar 5. 15 Kinerja Batas Layan**

Berdasarkan gambar 5.15 menunjukkan bahwa simpangan antar tingkat pada gempa arah x maupun gempa arah y telah memenuhi syarat kinerja batas layan yaitu simpangan antar tingkat $< 0,03/R$ dikali tinggi antar tingkat.

5.14.2 Kinerja Batas Ultimit

Perhitungan kinerja batas ultimit ditentukan menggunakan simpangan antar tingkat yang dikalikan dengan faktor pengali. Kemudian simpangan antar tingkat dicek berdasarkan kinerja batas ultimit yang dapat dilihat sebagai berikut ini.

Struktur gedung termasuk gedung tidak beraturan sehingga menggunakan persamaan pada pasal 8.2.1 SNI 03-1726-2002 berikut.

$$\xi = \frac{0,7 \times R}{FS}$$

Kinerja batas ultimit harus dicek menggunakan pasal 8.2.1 SNI 03-1726-2002 persamaan berikut ini.

$$\xi \times \Delta \leq 0,02 \times hi$$

Keterangan :

ξ = faktor pengali kinerja batas ultimit

R = Koefisien modifikasi respons berdasarkan tabel 12 SNI 1726 2019 sistem struktur menggunakan sistem rangka pemikul momen khusus sehingga nilai R = 8.

FS = faktor skala

hi = tinggi tingkat ke-i

Berdasarkan hasil analisis respon spektrum menggunakan SAP2000, kemudian nilai *displacement* dicek dengan kinerja batas ultimit. Berikut ini merupakan perhitungan kinerja batas ultimit pada lantai 4 sebagai berikut.

$$Fs \text{ arah } x = 1,43$$

$$\begin{aligned} \xi &= \frac{0,7 \times R}{FS} \\ &= \frac{0,7 \times 8}{1,43} \\ &= 3,916 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \xi \Delta &= 3,916 \times 0,0147 \\ &= 0,057 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Syarat} &= 0,02 \times hi \\ &= 0,02 \times 4 \\ &= 0,08 \text{ m} \end{aligned}$$

Hasil perhitungan kinerja batas layan dapat dilihat pada tabel 5.61 dan tabel 5.62 sebagai berikut.

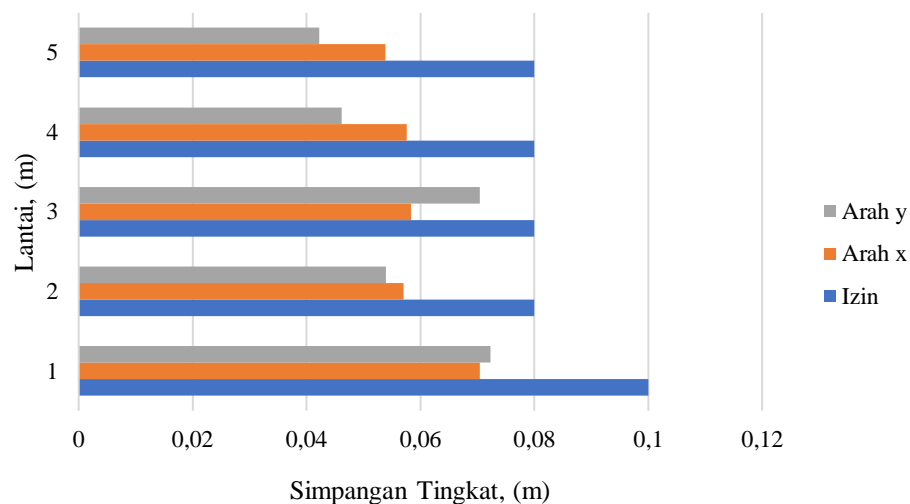
Tabel 5. 61 Kinerja Batas Ultimit pada Gempa Arah X

Lt	H (m)	Δx (m)	Δx antar tingkat	$\xi \Delta x$ antar tingkat	Syarat	Status
5	4	0,076	0,014	0,054	0,08	Aman
4	4	0,062	0,015	0,058	0,08	Aman
3	4	0,047	0,015	0,058	0,08	Aman
2	4	0,033	0,015	0,057	0,08	Aman
1	5	0,018	0,018	0,070	0,1	Aman

Tabel 5. 62 Kinerja Batas Ultimit pada Gempa Arah Y

Lt	H (m)	Δx (m)	Δx antar tingkat	$\xi \Delta x$ antar tingkat	Syarat	Status
5	0,060	0,009	0,042	0,060	0,08	Aman
4	0,051	0,010	0,046	0,051	0,08	Aman
3	0,041	0,015	0,070	0,041	0,08	Aman
2	0,026	0,011	0,054	0,026	0,08	Aman
1	0,015	0,015	0,072	0,015	0,1	Aman

Berdasarkan hasil rekapitulasi di atas maka penampilan grafis dapat dibuat yang ditunjukkan pada gambar 5.16 berikut ini.

**Gambar 5. 16 Kinerja Batas Ultimit**

Berdasarkan gambar 5.16 menunjukkan bahwa simpangan antar tingkat pada gempa arah x maupun gempa arah y telah memenuhi syarat kinerja batas ultimit yaitu simpangan antar tingkat dikali faktor pengali $< 0,02$ dikali tinggi antar tingkat.

5.15 Perhitungan Kebutuhan Penampang Struktur Bangunan Terhadap Kinerja Struktur Sesuai SNI 03-1726-2019

Setelah melakukan penskalaan pada gaya geser dasar dinamik maka selanjutnya yaitu mengecek struktur bangunan balok dan kolom untuk mengetahui apakah setelah melakukan penskalaan struktur bangunan Gedung Kuliah Bersama Politeknik Negeri Cilacap masih aman atau tidak. Perhitungan struktur balok dan kolom dapat dilihat sebagai berikut.

5.15.1 Balok

Perhitungan penulangan balok dapat dilihat sebagai berikut ini.

1. Redistribusi momen

Redistribusi momen dilakukan jika, pada daerah tumpuan momen positif < 50% momen negatif, sedangkan pada daerah lapangan momen negatif < 50% momen positif maka harus dilakukan redistribusi momen. Gaya-gaya dalam yang digunakan dalam mendesain tulangan lentur diperoleh dari hasil permodelan SAP2000 yaitu dengan cara *display – show table – analysis result – element output – frame output*. Berikut ini adalah momen-momen yang diperoleh dari SAP2000.

Tabel 5. 63 Rekapitulasi Momen Balok Sebelum dilakukan Redistribusi Momen

Balok	Lantai	Tumpuan		Lapangan	
		M-	M+	M-	M+
B1	5	-321,188	113,768	-142,051	196,652
	4	-343,156	146,292	-182,950	229,088
	3	-402,852	237,129	-205,484	229,070
	2	-428,308	326,864	-233,571	233,551
	1	-440,741	334,272	-237,879	238,318

Lanjutan Tabel 5. 63 Rekapitulasi Momen Balok Sebelum dilakukan Redistribusi Momen

Balok	Lantai	Tumpuan		Lapangan	
		M-	M+	M-	M+
B2	5	-294,616	96,439	-84,538	145,911
	4	-315,920	187,954	-94,858	190,522
	3	-368,492	237,590	-162,746	212,352
	2	-424,960	307,106	-217,261	229,601
	1	-463,013	337,764	-228,624	234,493
B3	5	-168,265	61,008	-35,828	43,744
	4	-266,992	216,522	-68,418	82,483
	3	-300,718	242,746	-102,136	116,239
	2	-337,581	275,925	-139,285	186,648
	1	-416,287	325,896	-214,111	238,910
B4x	5	-103,423	29,540	-14,884	52,383
	4	-118,949	37,280	-15,017	54,542
	3	-126,580	43,093	-16,491	56,933
	2	-135,699	49,118	-17,578	60,439
	1	-146,236	60,760	-22,641	68,734
B4y	5	-83,180	41,513	-24,642	87,359
	4	-79,012	39,131	-25,069	52,946
	3	-86,839	43,263	-25,364	54,870
	2	-94,576	47,263	-25,902	57,511
	1	-105,889	53,793	-23,252	64,196
B5x	5	-91,855	33,701	-49,638	72,664
	4	-127,723	47,418	-64,436	89,560
	3	-135,580	53,478	-72,749	90,043
	2	-142,736	60,497	-74,137	99,895
	1	-152,302	87,160	-96,343	118,708

Lanjutan Tabel 5. 63 Rekapitulasi Momen Balok Sebelum dilakukan Redistribusi Momen

Balok	Lantai	Tumpuan		Lapangan	
		M-	M+	M-	M+
B5y	5	-83,180	42,088	-21,479	77,359
	4	-86,909	58,106	-21,897	74,160
	3	-96,067	63,265	-23,629	76,634
	2	-105,081	68,435	-26,381	79,490
	1	-117,724	81,858	-35,607	88,486
B6	5	-55,802	21,782	-11,343	26,027
	4	-56,113	18,443	-12,261	26,180
	3	-52,427	15,679	-22,866	36,616
	2	-53,190	16,501	-23,832	46,645
	1	-59,748	17,591	-26,673	47,650
B7	5	-33,948	12,929	-10,359	15,044
	4	-44,416	24,665	-17,320	25,778
	3	-59,809	40,831	-22,414	30,327
	2	-80,501	60,737	-27,655	45,652
	1	-102,389	78,825	-39,091	54,128
B8	5	-90,168	81,270	-59,145	28,073
	4	-107,781	76,450	-82,206	43,529
	3	-121,469	107,721	-100,185	140,006
	2	-172,039	185,295	-128,173	174,014
	1	-212,823	199,804	-153,043	218,507

Setelah itu adalah melakukan redistribusi momen pada momen-momen yang tidak memenuhi syarat yakni pada daerah tumpuan momen positif $< 50\%$ momen negatif, sedangkan pada daerah lapangan momen negatif $< 50\%$ momen positif. Cara untuk melakukan redistribusi momen yaitu dengan trial dari persen redistribusinya. Redistribusi momen juga hanya diperbolehkan maksimal 15% saja. Perhitungan redistribusi momen yang dicontohkan yaitu

pada balok B1 pada lantai 4 bagian tumpuan dengan $M_u^+ = 146,2919$ kNm dan $M_u^- = -343,1562$ kNm yang dapat dilihat sebagai berikut.

a. Trial 1

$$\% \text{ redis} = 4\%$$

$$\% \text{ redis} \times M_u^- = \frac{4}{100} \times -343,156$$

$$= 13,726 \text{ kNm}$$

$$M_u^- \text{ pakai} = |M_u^-| - (\% \text{ redis} \times M_u^-)$$

$$= |-343,156| - 13,726$$

$$= 329,43 \text{ kNm}$$

$$\Sigma \text{ momen} = (|M_u^-| + M_u^+) \times 2$$

$$= (|-343,156| + 146,292) \times 2$$

$$= 978,8962 \text{ kNm}$$

$$M_u^+ \text{ pakai} = \frac{(\Sigma \text{ momen} - (2 \times M_u^- \text{ pakai}))}{2}$$

$$= \frac{978,8962 - (2 \times 329,43)}{2}$$

$$= 160,018 \text{ kNm}$$

$$\text{Momen } \% = \frac{M_u^+ \text{ pakai}}{M_u^- \text{ pakai}} \times 100$$

$$= \frac{160,018}{329,43} \times 100$$

$$= 48,574 \% < 50\% \text{ sehingga belum memenuhi syarat}$$

b. Trial 2

$$\% \text{ redis} = 5\%$$

$$\% \text{ redis} \times M_u^- = \frac{5}{100} \times -343,156$$

$$= 17,158 \text{ kNm}$$

$$M_u^- \text{ pakai} = |M_u^-| - (\% \text{ redis} \times M_u^-)$$

$$= |-343,156| - 17,158$$

$$= 325,998 \text{ kNm}$$

$$\Sigma \text{ momen} = (|M_u^-| + M_u^+) \times 2$$

$$= (|-343,156| + 146,292) \times 2$$

$$= 978,8962 \text{ kNm}$$

$$\begin{aligned}
 M_u^+ \text{ pakai} &= \frac{(\sum \text{momen} - (2 \times M_u^- \text{ pakai}))}{2} \\
 &= \frac{978,8962 - (2 \times 325,998)}{2} \\
 &= 163,45 \text{ kNm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Momen \%} &= \frac{M_u^+ \text{ pakai}}{M_u^- \text{ pakai}} \times 100 \\
 &= \frac{163,4497}{325,998} \times 100 \\
 &= 50,138 \% > 50\% \text{ sehingga memenuhi syarat}
 \end{aligned}$$

Perhitungan redistribusi untuk balok lain sama seperti perhitungan di atas.

Rekapitulasi redistribusi momen dapat dilihat sebagai berikut.

Tabel 5. 64 Rekapitulasi Momen Balok Setelah dilakukan Redistribusi
Momen

Balok	Lantai	Tumpuan		Lapangan	
		M-	M+	M-	M+
B1	5	289,069	145,887	142,051	196,652
	4	325,998	163,450	182,950	229,088
	3	402,852	237,129	205,484	229,070
	2	428,308	326,864	233,571	233,551
	1	440,741	334,272	237,879	238,318
B2	5	259,262	131,793	100,588	129,861
	4	315,920	187,954	117,720	167,659
	3	368,492	237,590	162,746	212,352
	2	424,960	307,106	217,261	229,601
	1	463,013	337,764	228,624	234,493
B3	5	151,438	77,834	35,828	43,744
	4	266,992	216,522	68,418	82,483
	3	300,718	242,746	102,136	116,239
	2	337,581	275,925	139,285	186,648
	1	416,287	325,896	214,111	238,910

Lanjutan Tabel 5. 64 Rekapitulasi Momen Balok Setelah dilakukan Redistribusi Momen

Balok	Lantai	Tumpuan		Lapangan	
		M-	M+	M-	M+
B4x	5	87,909	45,053	22,741	44,525
	4	103,486	52,743	23,198	46,361
	3	112,656	57,017	25,031	48,393
	2	122,129	62,688	26,644	51,373
	1	137,462	69,534	30,889	60,485
B4y	5	82,348	42,345	37,746	74,255
	4	78,222	39,922	26,128	51,887
	3	85,971	44,131	27,011	53,224
	2	93,631	48,209	28,202	55,211
	1	105,889	53,793	29,672	57,776
B5x	5	83,588	41,968	49,638	72,664
	4	116,228	58,913	64,436	89,560
	3	124,733	64,324	72,749	90,043
	2	134,171	69,061	74,137	99,895
	1	152,302	87,160	96,343	118,708
B5y	5	83,180	42,088	33,083	65,755
	4	86,909	58,106	32,280	63,777
	3	96,067	63,265	33,591	66,671
	2	105,081	68,435	35,920	69,951
	1	117,724	81,858	41,801	82,292
B6	5	51,337	26,246	12,644	24,725
	4	49,380	25,177	13,046	25,394
	3	45,087	23,019	22,866	36,616
	2	46,275	23,415	23,832	46,645
	1	51,383	25,956	26,673	47,650

Lanjutan Tabel 5. 64 Rekapitulasi Momen Balok Setelah dilakukan Redistribusi Momen

Balok	Lantai	Tumpuan		Lapangan	
		M-	M+	M-	M+
B7	5	30,893	15,984	10,359	15,044
	4	44,416	24,665	17,320	25,778
	3	59,809	40,831	22,414	30,327
	2	80,501	60,737	27,655	45,652
	1	102,389	78,825	39,091	54,128
B8	5	90,168	81,270	59,145	28,073
	4	100,237	83,995	82,206	43,529
	3	121,469	107,721	100,185	140,006
	2	172,039	185,295	128,173	174,014
	1	212,823	199,804	153,043	218,507

Setelah melakukan redistribusi momen maka kemudian direkapitulasi untuk momen yang paling besar tiap masing-masing tipe balok untuk dilakukan analisis penulangan lentur balok. Berikut ini ada rekapitulasi momen untuk desain tulangan lentur balok yang dapat dilihat pada tabel 5.65 di bawah ini.

Tabel 5. 65 Rekapitulasi Momen untuk Desain Tulangan Lentur Balok

Balok	Tumpuan (kNm)		Lapangan (kNm)	
	Mu-	Mu+	Mu-	Mu+
B1	440,741	334,272	233,571	238,318
B2	463,013	337,764	228,624	234,493
B3	416,287	325,896	214,111	238,910
B4	137,462	69,534	37,746	74,255
B5	152,302	87,160	96,343	118,708
B6	51,383	26,246	26,673	47,650
B7	102,389	78,825	39,091	54,128
B8	212,823	199,804	153,043	218,507

2. Desain tulangan lentur balok

Tahapan perhitungan desain tulangan lentur balok dapat dilihat di bawah ini.

a. Momen ultimit

1) Tumpuan

$$Mu^- = 440,741 \text{ kNm}$$

$$Mu^+ = 334,272 \text{ kNm}$$

2) Lapangan

$$Mu^- = 237,88 \text{ kNm}$$

$$Mu^+ = 238,318 \text{ kNm}$$

b. Data material

$$f_c' = 24,9 \text{ MPa}$$

$$f_y = 400 \text{ MPa}$$

$$\varnothing \text{ pokok} = 22 \text{ mm}$$

$$\varnothing \text{ sengkang} = 10 \text{ mm}$$

$$\beta_1 = 0,85 \text{ (karena } f_c' < 28)$$

$$\phi = 0,9$$

$$\phi_0 = 1,25$$

$$E = 200000 \text{ MPa}$$

$$\begin{aligned} \epsilon_y &= \frac{f_y}{E} \\ &= \frac{400}{200000} \\ &= 0,002 \end{aligned}$$

$$\epsilon_{cu} = 0,003$$

$$\begin{aligned} m &= \frac{f_y}{0,85 \times f_c'} \\ &= \frac{400}{0,85 \times 24,9} \\ &= 18,899 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \rho_b &= \left(\frac{\beta_1}{m} \right) \times \left(\frac{\epsilon_{cu}}{\epsilon_{cu} + \epsilon_y} \right) \\ &= \left(\frac{0,85}{18,899} \right) \times \left(\frac{0,003}{0,003 + 0,002} \right) \\ &= 0,02698 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \rho_m &= 0,75 \times \rho_b \\
 &= 0,75 \times 0,02698 \\
 &= 0,02024 \\
 R_b &= (\rho_b \times f_y)(1 - (0,5 \times \rho_b \times m)) \\
 &= (0,02698 \times 400)(1 - (0,5 \times 0,02698 \times 18,899)) \\
 &= 8,0416 \text{ N/mm}^2 \\
 R_m &= 0,75 \times R_b \\
 &= 0,75 \times 8,0416 \\
 &= 6,0312 \text{ N/mm}^2
 \end{aligned}$$

Keterangan:

$$\begin{aligned}
 f_c' &= \text{kuar tekan beton (MPa)} \\
 f_y &= \text{kekuatan leleh tulangan (MPa)} \\
 \emptyset_{\text{pokok}} &= \text{diameter tulangan pokok (mm)} \\
 \emptyset_{\text{sengkang}} &= \text{diameter tulangan sengkang (mm)} \\
 \beta_1 &= \text{faktor yang menghubungkan tinggi blok tegangan tekan} \\
 &\quad \text{persegi ekuivalen dengan tinggi sumbu netral} \\
 \phi &= \text{faktor reduksi} \\
 E &= \text{modulus elastisitas beton, MPa} \\
 \epsilon_y &= \text{nilai regangan leleh baja} \\
 \epsilon_{cu} &= \text{regangan beton}
 \end{aligned}$$

c. Dimensi balok

$$\begin{aligned}
 b &= 400 \text{ mm} \\
 h &= 700 \text{ mm} \\
 s_b &= 40 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

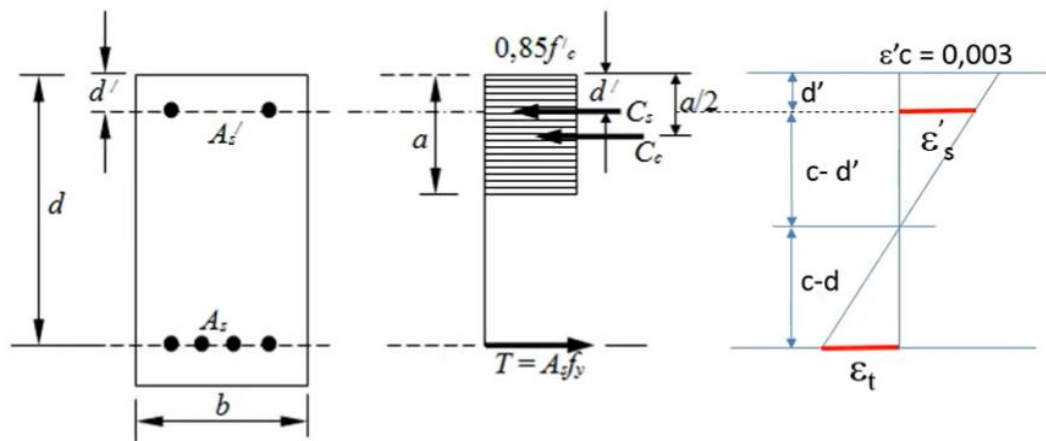
$$\begin{aligned}
 b \text{ rumus} &= \left(\frac{\left(\frac{M_u}{\phi} \times 10^6 \right)^{\frac{1}{3}}}{4 \times R_m} \right) \\
 &= \left(\frac{\left(\frac{440,741}{0,9} \times 10^6 \right)^{\frac{1}{3}}}{4 \times 6,0312} \right) \\
 &= 272,7878 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 b \text{ pakai} &= 400 \text{ mm} \\
 h \text{ pakai} &= 700 \text{ mm} \\
 \text{jarak tul} &= 25 \text{ mm} \\
 d &= sb + \emptyset \text{sengkang} + \emptyset \text{pokok} + \frac{\text{jarak tulangan}}{2} \\
 &= 40 + 10 + 22 + \frac{25}{2} \\
 &= 84,5 \text{ mm} \\
 d' &= sb + \emptyset \text{sengkang} + \frac{\emptyset \text{pokok}}{2} \\
 &= 40 + 10 + \frac{22}{2} \\
 &= 61 \text{ mm} \\
 h- &= h \text{ pakai} - d \\
 &= 700 - 84,5 \\
 &= 615,5 \text{ mm} \\
 h+ &= h \text{ pakai} - d' \\
 &= 700 - 61 \\
 &= 639 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

Keterangan:

$$\begin{aligned}
 b &= \text{lebar balok (mm)} \\
 h &= \text{tinggi balok (mm)} \\
 sb &= \text{selimut beton (mm)} \\
 d &= \text{pusat berat tulangan tarik (mm)} \\
 d' &= \text{pusat berat tulangan tekan (mm)} \\
 h- &= \text{tinggi efektif daerah tarik (mm)} \\
 h+ &= \text{tinggi efektif daerah desak (mm)}
 \end{aligned}$$

berikut ini merupakan blok tegangan Whitney yang dapat dilihat pada gambar 5.17 di bawah ini.



Gambar 5. 17 Blok Tegangan Whitney

d. Tulangan sebelah

1) Tumpuan

$$C = 0,2$$

$$R1 = C \times Rb$$

$$= 0,2 \times 8,0416$$

$$= 1,6083 \text{ N/mm}^2$$

$$M1 = R1 \times b \text{ pakai } \times h^{-2}$$

$$= 1,6083 \times 400 \times 615,5^2$$

$$= 243719805,68 \text{ Nmm}$$

$$Cc = 0,85 \times f'c \times a \times b \text{ pakai}$$

$$= 0,85 \times 24,9 \times a \times 400$$

$$= 8466 a$$

$$a = \frac{\left(-(-Cc \times h) - \left(\sqrt{(-Cc \times h)^2 - \left(4x \frac{Cc}{2}\right) \times M1} \right) \right)}{\left(2x \frac{Cc}{2} \right)}$$

$$= \frac{\left(-(-8466a \times 615,5) - \left(\sqrt{(-8466a \times 615,5)^2 - \left(4x \frac{8466a}{2}\right) \times 243719805,6} \right) \right)}{\left(2x \frac{8466a}{2} \right)}$$

$$= 48,6983 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned}
 c &= \frac{a}{\beta_1} \\
 &= \frac{48,6983}{0,85} \\
 &= 57,2921 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \varepsilon_s' &= \frac{c-d'}{c} \times \varepsilon_{cu} \\
 &= \frac{57,2921-61}{57,2921} \times 0,003 \\
 &= 0,000194153 < \varepsilon_y, \text{ belum leleh}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 A_{s1} &= \frac{C_c \times a}{f_y} \\
 &= \frac{8466 \times 48,6983}{400} \\
 &= 1030,7006 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 A_{sd} &= \frac{1}{4} \times \pi \times \emptyset_{pokok}^2 \\
 &= \frac{1}{4} \times \pi \times 22^2 \\
 &= 380,1327 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 nt1 &= \frac{A_{s1}}{A_{sd}} \\
 &= \frac{1030,7006}{380,1327} \\
 &= 2,7114 \text{ buah} \\
 &= 3 \text{ buah}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 A_{s \text{ pakai}} &= A_{sd} \times nt1 \\
 &= 380,1327 \times 3 \\
 &= 1140,3981 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Jarak tul 1} &= \frac{b - (2 \times (sb + \emptyset_{sengkang}) - nt1 \times \emptyset_{pokok})}{nt1 - 1} \\
 &= \frac{400 - (2 \times (40 + 10) - 3 \times 22)}{22 - 1} \\
 &= 117 \text{ mm} > 25 \text{ mm, (jarak tulangan oke)}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 C_c &= A_{s \text{ pakai}} \times f_y \\
 &= 1140,3981 \times 400 \\
 &= 456159,2533 \text{ N}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 a &= \frac{Cc}{0,85 \times f'c' \times b \text{ pakai}} \\
 &= \frac{456159,2533}{0,85 \times 24,9 \times 400} \\
 &= 53,8813 \text{ mm} \\
 c &= \frac{a}{\beta_1} \\
 &= \frac{53,8813}{0,85} \\
 &= 63,3897 \text{ mm} \\
 \epsilon_s' &= \frac{c-d'}{c} \times \epsilon_{cu} \\
 &= \frac{63,3897-61}{63,3897} \times 0,003 \\
 &= 0,0001131 < \epsilon_y, \text{ (belum leleh)} \\
 \epsilon_t &= \frac{h-c}{c} \times \epsilon_{cu} \\
 &= \frac{615,5-63,3897}{63,3897} \\
 &= 0,026129298 > \epsilon_y, \text{ (sudah leleh)} \\
 \text{Cek } \phi &= 0,9 \text{ (karena } \epsilon_t > 0,005) \\
 M1 &= (0,85 \times f'c' \times a \times b) \times \left(h - \frac{a}{2}\right) \\
 &= (0,85 \times 24,9 \times 53,8813 \times 400) \times \left(615,5 - \frac{53,8813}{2}\right) \\
 &= 268476789,1 \text{ Nmm} \\
 M_n &= \frac{M_u \times 10^6}{\phi} \\
 &= \frac{440,74 \times 10^6}{0,9} \\
 &= 489712555,6 \text{ Nmm} \\
 M2 &= M_n - M1 \\
 &= 489712555,6 - 268476789,1 \\
 &= 221235766,4 \text{ Nmm}
 \end{aligned}$$

2) Lapangan

$$C = 0,2$$

$$R1 = C \times Rb$$

$$= 0,2 \times 8,0416$$

$$= 1,6083 \text{ N/mm}^2$$

$$M1 = R1 \times b \text{ pakai } x h^{-2}$$

$$= 1,6083 \times 400 \times 615,5^2$$

$$= 243719805,68 \text{ Nmm}$$

$$Cc = 0,85 \times fc' \times a \times b \text{ pakai}$$

$$= 0,85 \times 24,9 \times a \times 400$$

$$= 8466 a$$

$$a = \frac{\left(-(-Cc \times h) - \left(\sqrt{(-Cc \times h)^2 - \left(4 \times \frac{Cc}{2} \right) \times M1} \right) \right)}{\left(2 \times \frac{Cc}{2} \right)}$$

$$= \frac{\left(-(-8466a \times 615,5) - \left(\sqrt{(-8466a \times 615,5)^2 - \left(4 \times \frac{8466}{2} \right) \times 243719805,6} \right) \right)}{\left(2 \times \frac{8466a}{2} \right)}$$

$$= 48,6983 \text{ mm}$$

$$c = \frac{a}{\beta_1}$$

$$= \frac{48,6983}{0,85}$$

$$= 57,2921 \text{ mm}$$

$$\epsilon_s' = \frac{c-d'}{c} \times \epsilon_{cu}$$

$$= \frac{57,2921-61}{57,2921} \times 0,003$$

$$= 0,000194153 < \epsilon_y, \text{ belum leleh}$$

$$As1 = \frac{Cc \times a}{fy}$$

$$= \frac{8466 \times 48,6983}{400}$$

$$= 1030,7006 \text{ mm}^2$$

$$\begin{aligned}
 A_{sd} &= \frac{1}{4} \times \pi \times \emptyset_{pokok}^2 \\
 &= \frac{1}{4} \times \pi \times 22^2 \\
 &= 380,1327 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 n_{t1} &= \frac{A_{s1}}{A_{sd}} \\
 &= \frac{1030,7006}{380,1327} \\
 &= 2,7114 \text{ buah} \\
 &= 3 \text{ buah}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 A_{s \text{ pakai}} &= A_{sd} \times n_{t1} \\
 &= 380,1327 \times 3 \\
 &= 1140,3981 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Jarak tul 1} &= \frac{b - (2 \times (s_b + \emptyset_{sengkang}) - n_{t1} \times \emptyset_{pokok})}{n_{t1} - 1} \\
 &= \frac{400 - (2 \times (40 + 10) - 3 \times 22)}{22 - 1} \\
 &= 117 \text{ mm} > 25 \text{ mm, (jarak tulangan oke)}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 C_c &= A_{s \text{ pakai}} \times f_y \\
 &= 1140,3981 \times 400 \\
 &= 456159,2533 \text{ N}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 a &= \frac{C_c}{0,85 \times f_c' \times b \text{ pakai}} \\
 &= \frac{456159,2533}{0,85 \times 24,9 \times 400} \\
 &= 53,8813 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 c &= \frac{a}{\beta_1} \\
 &= \frac{53,8813}{0,85} \\
 &= 63,3897 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \epsilon_{s'} &= \frac{c-d}{c} \times \epsilon_{cu} \\
 &= \frac{63,3897 - 84,5}{63,3897} \times 0,003 \\
 &= 0,000999067 < \epsilon_y, \text{ (belum leleh)}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\varepsilon t &= \frac{h-c}{c} \times \varepsilon_{cu} \\ &= \frac{639-63,3897}{63,3897} \\ &= 0,027241464 > \varepsilon_y, \text{ (sudah leleh)}\end{aligned}$$

$$\text{Cek } \varphi = 0,9 \text{ (karena } \varepsilon t > 0,005 \text{)}$$

$$\begin{aligned}M1 &= (0,85 \times f_c' \times a \times b) \times \left(h - \frac{a}{2}\right) \\ &= (0,85 \times 24,9 \times 53,8813 \times 400) \times \left(615,5 - \frac{53,8813}{2}\right) \\ &= 268476789,1 \text{ Nmm}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}Mn &= \frac{Mu \times 10^6}{\varphi} \\ &= \frac{250,88 \times 10^6}{0,9} \\ &= 278753888,9 \text{ Nmm}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}M2 &= Mn - M1 \\ &= 278753888,9 - 268476789,1 \\ &= 10277099,78 \text{ Nmm}\end{aligned}$$

e. Tulangan kembar

1) Tumpuan

$$\begin{aligned}As' &= \frac{M2}{f_y \times (h-d')} \\ &= \frac{221235766,4}{400 \times (615,5-61)} \\ &= 997,4561 \text{ mm}^2\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}nt2 &= \frac{As'}{Asd} \\ &= \frac{997,4561}{380,1327} \\ &= 2,6239 \text{ buah} \\ &= 3 \text{ buah}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Jarak tul 2} &= \frac{b - (2 \times (sb + \emptyset \text{sengkang}) - nt2 \times \emptyset \text{pokok})}{nt2 - 1} \\ &= \frac{400 - (2 \times (40 + 10) - 3 \times 22)}{3 - 1} \\ &= 117 \text{ mm} > 25 \text{ mm, (jarak tulangan oke)}\end{aligned}$$

Jumlah tulangan yang dipakai

$$\begin{aligned}\text{Atas} &= nt1 + nt2 \\ &= 3 + 3 \\ &= 6 \text{ buah}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Bawah} &= nt2 \\ &= 3 \text{ buah}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Ast} &= \text{Asd} \times \text{jumlah tulangan atas} \\ &= 380,1327 \times 6 \\ &= 2280,7962 \text{ mm}^2\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{As}' &= \text{Asd} \times \text{jumlah tulangan bawah} \\ &= 380,1327 \times 3 \\ &= 1140,3981 \text{ mm}^2\end{aligned}$$

2) Lapangan

$$\begin{aligned}\text{As}' &= \frac{M2}{fy \times (h-d)} \\ &= \frac{221235766,4}{400 \times (639-84,5)} \\ &= 46,3349 \text{ mm}^2\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}nt2 &= \frac{\text{As}'}{\text{Asd}} \\ &= \frac{46,3349}{380,1327} \\ &= 0,1218 \text{ buah} \\ &= 3 \text{ buah}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Jarak tul 2} &= \frac{b - (2 \times (sb + \emptyset \text{sengkang}) - nt2 \times \emptyset \text{pokok})}{nt2 - 1} \\ &= \frac{400 - (2 \times (40 + 10) - 3 \times 22)}{3 - 1} \\ &= 117 \text{ mm} > 25 \text{ mm, (jarak tulangan oke)}\end{aligned}$$

Jumlah tulangan yang dipakai

$$\begin{aligned}\text{Atas} &= nt2 \\ &= 3 \text{ buah}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Bawah} &= nt1 + nt2 \\ &= 3 + 3 \\ &= 6 \text{ buah}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 A_{st} &= A_{sd} \times \text{jumlah tulangan bawah} \\
 &= 380,1327 \times 6 \\
 &= 2280,7962 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 A_{s'} &= A_{sd} \times \text{jumlah tulangan atas} \\
 &= 380,1327 \times 3 \\
 &= 1140,3981 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

f. Momen tersedia negatif

1) Tumpuan

$$\begin{aligned}
 A &= 0,85 \times f_c' \times b \text{ pakai} \\
 &= 0,85 \times 24,9 \times 400 \\
 &= 8466
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 B &= (A_{s'} \times \epsilon_{cu} \times E) - (A_{st} \times f_y) \\
 &= (1140,3981 \times 0,003 \times 200000) - (2280,796 \times 400) \\
 &= -228079,6267
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 C &= A_{s'} \times \epsilon_{cu} \times E - d' \times \beta_1 \\
 &= 1140,398 \times 0,003 \times 2000000 - 61 \times 0,85 \\
 &= -35477785,93
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 a &= \frac{-B + \sqrt{B^2 - 4AC}}{2A} \\
 &= \frac{-(-228079,6267) + \sqrt{(-228079,6267)^2 - 4 \times 8466 \times (-35477785,93)}}{2 \times 8466} \\
 &= 79,5919 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 c &= \frac{a}{\beta_1} \\
 &= \frac{79,5919}{0,85} \\
 &= 93,6376 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \epsilon_{s'} &= \frac{c - d'}{c} \times \epsilon_{cu} \\
 &= \frac{93,6376 - 61}{93,6376} \times 0,003 \\
 &= 0,001045657 < \epsilon_y, \text{ belum leleh}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 f_y/f_s' &= \varepsilon_s' \times E \\
 &= 0,001045657 \times 200000 \\
 &= 209,1313 \text{ N/mm}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 M_1 &= (0,85 \times f_c' \times a \times b) \times \left(h - \frac{a}{2}\right) \\
 &= (0,85 \times 24,9 \times 79,592 \times 400) \times \left(615,5 - \frac{79,5919}{2}\right) \\
 &= 387924050,3 \text{ Nmm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 M_2 &= A_s' \times f_y/f_s' \times (h - d') \\
 &= 1140,3981 \times 209,1313 \times (615,5 - 61) \\
 &= 132244372,3 \text{ Nmm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 M_{\text{total}} &= M_1 + M_2 \\
 &= 387924050,3 + 132244372,3 \\
 &= 520168422,6 \text{ Nmm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \phi M_n &= \frac{\phi \times M_{\text{total}}}{10^6} \\
 &= \frac{0,9 \times 520168422,6}{10^6} \\
 &= 468,1516 \text{ kNm} > M_u = 440,74 \text{ kNm}, (\text{Oke})
 \end{aligned}$$

2) Lapangan

$$\begin{aligned}
 A &= 0,85 \times f_c' \times b \text{ pakai} \\
 &= 0,85 \times 24,9 \times 400 \\
 &= 8466
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 B &= -(A_s' \times f_y) - (A_s t \times \varepsilon_{cu} \times E) \\
 &= -(1140,3981 \times 400) - (2280,796 \times 0,003 \times 200000) \\
 &= 912318,5066
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 C &= -d \times \varepsilon_{cu} \times E \times A_s t \times \beta_1 \\
 &= -84,5 \times 0,003 \times 2000000 \times 2280,7962 \times 0,85 \\
 &= -98290915,11
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 a &= \frac{-B + \sqrt{B^2 - 4AC}}{2A} \\
 &= \frac{-912318,5066 + \sqrt{-912318,5066^2 - 4 \times 8466 \times -98290915,11}}{2 \times 8466} \\
 &= 66,5897 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 c &= \frac{a}{\beta_1} \\
 &= \frac{66,5897}{0,85} \\
 &= 78,34085 \text{ mm} \\
 \varepsilon_s' &= \frac{c-d}{c} \times \varepsilon_{cu} \\
 &= \frac{78,34085 - 84,5}{78,34085} \times 0,003 \\
 &= 0,000235859 < \varepsilon_y, \text{ belum leleh} \\
 f_y/f_s' &= \varepsilon_s' \times E \\
 &= -0,000235859 \times 200000 \\
 &= -47,17186199 \text{ N/mm}^2 \\
 M_1 &= (0,85 \times f_c' \times a \times b) \times \left(h - \frac{a}{2}\right) \\
 &= (0,85 \times 24,9 \times 66,5897 \times 400) \times \left(639 - \frac{66,5897}{2}\right) \\
 &= 341465458 \text{ Nmm} \\
 M_2 &= A_s t \times f_y/f_s' \times (h - d) \\
 &= 2280,7962 \times -47,1718 \times (639 - 84,5) \\
 &= -59658326,02 \text{ Nmm} \\
 M_{\text{total}} &= M_1 + M_2 \\
 &= 341465458 + -59658326,02 \\
 &= 281807132 \text{ Nmm} \\
 \phi M_n &= \frac{\phi \times M_{\text{total}}}{10^6} \\
 &= \frac{0,9 \times 281807132}{10^6} \\
 &= 253,6264 \text{ kNm} > M_u = 237,88 \text{ kNm}, \text{ (Oke)}
 \end{aligned}$$

g. Momen tersedia positif

1) Tumpuan

$$\begin{aligned}
 A &= 0,85 \times f_c' \times b \text{ pakai} \\
 &= 0,85 \times 24,9 \times 400 \\
 &= 8466
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 B &= -(As' \times fy) - (Ast \times \varepsilon_{cu} \times E) \\
 &= -(1140,3981 \times 400) - (2280,796 \times 0,003 \times 200000) \\
 &= 912318,5066
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 C &= -d \times \varepsilon_{cu} \times E \times Ast \\
 &= -84,5 \times 0,003 \times 2000000 \times 2280,7962 \\
 &= -115636370,7
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 a &= \frac{-B + \sqrt{B^2 - 4AC}}{2A} \\
 &= \frac{-912318,5066 + \sqrt{-912318,5066^2 - 4 \times 8466 \times -115636370,7}}{2 \times 8466} \\
 &= 74,8125 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 c &= \frac{a}{\beta_1} \\
 &= \frac{74,8125}{0,85} \\
 &= 88,0147 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \varepsilon_{s'} &= \frac{c-d}{c} \times \varepsilon_{cu} \\
 &= \frac{88,0147 - 84,5}{88,0147} \times 0,003 \\
 &= 0,000119801 < \varepsilon_y, \text{ belum leleh}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 f_y/f_{s'} &= \varepsilon_{s'} \times E \\
 &= 0,000119801 \times 200000 \\
 &= 23,96025683 \text{ N/mm}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 M1 &= (0,85 \times f_{c'} \times a \times b) \times \left(h - \frac{a}{2}\right) \\
 &= (0,85 \times 24,9 \times 74,8125 \times 400) \times \left(639 - \frac{74,8125}{2}\right) \\
 &= 381027218,2 \text{ Nmm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 M2 &= Ast \times f_y/f_{s'} \times (h - d) \\
 &= 2280,7962 \times 23,96025 \times (639 - 84,5) \\
 &= 30302573,47 \text{ Nmm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 M \text{ total} &= M1 + M2 \\
 &= 381027218,2 + 30302573,47 \\
 &= 411329791,7 \text{ Nmm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \phi M_{n+} &= \frac{\phi \times M_{total}}{10^6} \\
 &= \frac{0,9 \times 411329791,7}{10^6} \\
 &= 370,1968 \text{ kNm} > M_u^+ = 334,27 \text{ kNm, (Oke)}
 \end{aligned}$$

2) Lapangan

$$\begin{aligned}
 A &= 0,85 \times f_c' \times b \text{ pakai} \\
 &= 0,85 \times 24,9 \times 400 \\
 &= 8466 \\
 B &= (A s' \times \epsilon_{cu} \times E) - (A s_t \times f_y) \\
 &= (1140,3981 \times 0,003 \times 200000) - (2280,796 \times 400) \\
 &= 228079,6267 \\
 C &= A s' \times \epsilon_{cu} \times E - d' \times \beta_1 \\
 &= 1140,398 \times 0,003 \times 2000000 - 61 \times 0,85 \\
 &= -35477785,93 \\
 a &= \frac{-B + \sqrt{B^2 - 4AC}}{2A} \\
 &= \frac{-228079,6267 + \sqrt{-228079,6267^2 - 4 \times 8466 \times -35477785,93}}{2 \times 8466} \\
 &= 52,6513 \text{ mm} \\
 c &= \frac{a}{\beta_1} \\
 &= \frac{52,6513}{0,85} \\
 &= 61,9427 \text{ mm} \\
 \epsilon_s' &= \frac{c-d'}{c} \times \epsilon_{cu} \\
 &= \frac{61,9427-61}{61,9427} \times 0,003 \\
 &= 0,0000457 < \epsilon_y, \text{ belum leleh} \\
 f_y/f_s' &= \epsilon_s' \times E \\
 &= 0,0000457 \times 200000 \\
 &= 9,13135505 \text{ N/mm}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 M1 &= (0,85 \times f_c' \times a \times b) \times \left(h - \frac{a}{2}\right) \\
 &= (0,85 \times 24,9 \times 52,6513 \times 400) \times \left(615,5 - \frac{52,6513}{2}\right) \\
 &= 262622035,9 \text{ Nmm} \\
 M2 &= A_s' \times f_y / f_s' \times (h - d') \\
 &= 1140,3981 \times 9,13135 \times (615,5 - 61) \\
 &= 5774219,35 \text{ Nmm} \\
 M \text{ total} &= M1 + M2 \\
 &= 262622035,9 + 5774219,35 \\
 &= 268396255,2 \text{ Nmm} \\
 \phi M_{n+} &= \frac{\phi \times M \text{ total}}{10^6} \\
 &= \frac{0,9 \times 268396255,2}{10^6} \\
 &= 241,5566 \text{ kNm} > M_u^+ = 238,32 \text{ kNm}, (\text{Oke})
 \end{aligned}$$

Keterangan:

C_c = resultan tegangan desak beton

T_s = gaya tarik baja

a dan c = garis netral dari tepi atas (tepi zona desak)

ϵ_s = regangan baja

ϵ_t = regangan tarik netto

M_n = momen nominal

A_{sd} = luas tulangan pokok

A_s' = total luas tulangan pokok zona tarik

A_{st} = total luas tulangan pokok zona desak

s = spasi

ϕ = faktor reduksi

3. Analisis Kapasitas Balok

Berikut ini merupakan perhitungan kapasitas balok berdasarkan hasil perhitungan desain tulangan lentur di atas.

a. Tumpuan

1) Momen kapasitas negatif

$$\begin{aligned}
 a &= \frac{(A_{st} \times f_y \times \phi_o) - (A_{s'} \times f_y)}{0,85 \times f_{c'} \times b} \\
 &= \frac{(2280,796 \times 400 \times 1,25) - (1140,398 \times 400)}{0,85 \times 24,9 \times 400} \\
 &= 80,8219 \text{ mm} \\
 c &= \frac{a}{\beta_1} \\
 &= \frac{80,8219}{0,85} \\
 &= 95,0846 \text{ mm} \\
 \epsilon_{s'} &= \frac{c-d'}{c} \times \epsilon_{cu} \\
 &= \frac{95,0846-61}{95,0846} \times 0,003 \\
 &= 0,0010754 < \epsilon_y, \text{ (belum leleh)} \\
 A &= 0,85 \times f_{c'} \times b \text{ pakai} \\
 &= 0,85 \times 24,9 \times 400 \\
 &= 8466 \\
 B &= (A_{s'} \times \epsilon_{cu} \times E) - (1,25 \times A_{st} \times f_y) \\
 &= (1140,39 \times 0,003 \times 200000) - (1,25 \times 2280,7 \times 400) \\
 &= -456159,2533 \\
 C &= A_{s'} \times \epsilon_{cu} \times E - d' \times \beta_1 \\
 &= 1140,398 \times 0,003 \times 2000000 - 61 \times 0,85 \\
 &= -35477785,93 \\
 a &= \frac{-B + \sqrt{B^2 - 4AC}}{2A} \\
 &= \frac{-(-456159,2533) + \sqrt{(-456159,2533)^2 - 4 \times 8466 \times (-35477785,93)}}{2 \times 8466} \\
 &= 97,05783 \text{ mm} \\
 c &= \frac{a}{\beta_1} \\
 &= \frac{97,05783}{0,85} \\
 &= 114,1856929 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \epsilon_s' &= \frac{c-d'}{c} \times \epsilon_{cu} \\
 &= \frac{114,1856-61}{114,1856} \times 0,003 \\
 &= 0,001397347 < \epsilon_y, \text{ belum leleh} \\
 f_y/f_s' &= \epsilon_s' \times E \\
 &= 0,001397347 \times 200000 \\
 &= 279,4694758 \text{ N/mm}^2 \\
 M_1 &= (0,85 \times f_c' \times a \times b) \times \left(h - \frac{a}{2}\right) \\
 &= (0,85 \times 24,9 \times 97,057 \times 400) \times \left(615,5 - \frac{97,0578}{2}\right) \\
 &= 465875411 \text{ Nmm} \\
 M_2 &= A_s' \times f_y/f_s' \times (h - d') \\
 &= 1140,3981 \times 279,4694 \times (615,5 - 61) \\
 &= 176722736,8 \text{ Nmm} \\
 M_{\text{total}} &= M_1 + M_2 \\
 &= 465875411 + 176722736,8 \\
 &= 642598147,8 \text{ Nmm} \\
 M_{\text{kap-}} &= \frac{M_{\text{total}}}{10^6} \\
 &= \frac{642598147,8}{10^6} \\
 &= 642,5981 \text{ kNm} > M_u = 440,74 \text{ kNm}, (\text{Oke})
 \end{aligned}$$

2) Momen kapasitas positif

$$\begin{aligned}
 A &= 0,85 \times f_c' \times b \text{ pakai} \\
 &= 0,85 \times 24,9 \times 400 \\
 &= 8466 \\
 B &= (A_s t \times \epsilon_{cu} \times E) - (1,25 \times A_s' \times f_y) \\
 &= (2280,7 \times 0,003 \times 200000) - (1,25 \times 1140,39 \times 400) \\
 &= 798278,6933 \\
 C &= -d \times \epsilon_{cu} \times E \times A_s t \times \beta_1 \\
 &= -84,5 \times 0,003 \times 2000000 \times 2280,7962 \times 0,85 \\
 &= -98290915,11
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 a &= \frac{-B + \sqrt{B^2 - 4AC}}{2A} \\
 &= \frac{-798278,6933 + \sqrt{798278,6933^2 - 4 \times 8466 \times -98290915,11}}{2 \times 8466} \\
 &= 70,4669 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 c &= \frac{a}{\beta_1} \\
 &= \frac{70,4669}{0,85} \\
 &= 82,9022 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \epsilon_s' &= \frac{c-d}{c} \times \epsilon_{cu} \\
 &= \frac{82,9022 - 84,5}{82,9022} \times 0,003 \\
 &= -0,0000578 < \epsilon_y, \text{ belum leleh}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 f_y/f_s' &= \epsilon_s' \times E \\
 &= -0,0000578 \times 200000 \\
 &= -11,56348239 \text{ N/mm}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 M_1 &= (0,85 \times f_c' \times a \times b) \times \left(h - \frac{a}{2}\right) \\
 &= (0,85 \times 24,9 \times 70,4669 \times 400) \times \left(639 - \frac{70,4669}{2}\right) \\
 &= 360190822,1 \text{ Nmm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 M_2 &= A_s t \times f_y/f_s' \times (h - d) \\
 &= 2280,7962 \times -11,5634 \times (639 - 84,5) \\
 &= -14624353,87 \text{ Nmm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 M_{\text{total}} &= M_1 + M_2 \\
 &= 360190822,1 + -14624353,87 \\
 &= 345566468,3 \text{ Nmm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 M_{\text{kap}+} &= \frac{M_{\text{total}}}{10^6} \\
 &= \frac{345566468,3}{10^6} \\
 &= 345,5664 \text{ kNm} > \mu^+ = 334,27 \text{ kNm}, \text{ (Oke)}
 \end{aligned}$$

b. Lapangan

1) Momen kapasitas negatif

$$\begin{aligned}
 a &= \frac{(As' \times fy \times \phi_o) + (Ast \times fy)}{0,85 \times fc' \times b} \\
 &= \frac{(1140,398 \times 400 \times 1,25) + (2280,796 \times 400)}{0,85 \times 24,9 \times 400} \\
 &= 175,1142 \text{ mm} \\
 c &= \frac{a}{\beta_1} \\
 &= \frac{175,1142}{0,85} \\
 &= 206,0168 \text{ mm} \\
 \epsilon_s' &= \frac{c-d'}{c} \times \epsilon_{cu} \\
 &= \frac{206,0168 - 84,5}{206,0168} \times 0,003 \\
 &= 0,001769518 < \epsilon_y, \text{ (belum leleh)} \\
 A &= 0,85 \times fc' \times b \text{ pakai} \\
 &= 0,85 \times 24,9 \times 400 \\
 &= 8466 \\
 B &= -(As' \times fy \times 1,25) - (Ast \times \epsilon_{cu} \times E) \\
 &= -(1140,39 \times 400 \times 1,25) - (2280,7 \times 0,03 \times 200000) \\
 &= 798278,6933 \\
 C &= Ast \times \epsilon_{cu} \times E - d \times \beta_1 \\
 &= 2280,7 \times 0,003 \times 2000000 - 84,5 \times 0,85 \\
 &= -98290915,11 \\
 a &= \frac{-B + \sqrt{B^2 - 4AC}}{2A} \\
 &= \frac{-798278,6933 + \sqrt{798278,6933^2 - 4 \times 8466 \times -98290915,11}}{2 \times 8466} \\
 &= 70,4669 \text{ mm} \\
 c &= \frac{a}{\beta_1} \\
 &= \frac{70,4669}{0,85} \\
 &= 82,9022 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \varepsilon_s' &= \frac{c-d'}{c} \times \varepsilon_{cu} \\
 &= \frac{82,9022 - 84,5}{82,9022} \times 0,003 \\
 &= -0,0000578 < \varepsilon_y, \text{ belum leleh} \\
 f_y/f_s' &= \varepsilon_s' \times E \\
 &= -0,0000578 \times 200000 \\
 &= -11,56348239 \text{ N/mm}^2 \\
 M1 &= (0,85 \times f_c' \times a \times b) \times \left(h - \frac{a}{2}\right) \\
 &= (0,85 \times 24,9 \times 70,466 \times 400) \times \left(639 - \frac{70,466}{2}\right) \\
 &= 360190822,1 \text{ Nmm} \\
 M2 &= A_s' \times f_y/f_s' \times (h - d') \\
 &= 1140,3981 \times -11,56348 \times (615,5 - 61) \\
 &= -14624353,87 \text{ Nmm} \\
 M_{\text{total}} &= M1 + M2 \\
 &= 465875411 + -14624353,87 \\
 &= 345566468,3 \text{ Nmm} \\
 M_{\text{kap-}} &= \frac{M_{\text{total}}}{10^6} \\
 &= \frac{345566468,3}{10^6} \\
 &= 345,5664 \text{ kNm} > M_u' = 237,88 \text{ kNm}, (\text{Oke})
 \end{aligned}$$

2) Momen kapasitas positif

$$\begin{aligned}
 A &= 0,85 \times f_c' \times b \text{ pakai} \\
 &= 0,85 \times 24,9 \times 400 \\
 &= 8466 \\
 B &= (A_s' \times \varepsilon_{cu} \times E) - (1,25 \times A_{st} \times f_y) \\
 &= (1140,39 \times 0,003 \times 200000) - (1,25 \times 2280,7 \times 400) \\
 &= -456159,2533 \\
 C &= A_s' \times \varepsilon_{cu} \times E - d' \times \beta_1 \\
 &= 1140,398 \times 0,003 \times 2000000 - 61 \times 0,85 \\
 &= -35477785,93
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 a &= \frac{-B + \sqrt{B^2 - 4AC}}{2A} \\
 &= \frac{-456159,2533 + \sqrt{-456159,2533^2 - 4 \times 8466 \times -35477785,93}}{2 \times 8466} \\
 &= 97,05783 \text{ mm} \\
 c &= \frac{a}{\beta_1} \\
 &= \frac{97,05783}{0,85} \\
 &= 114,1856929 \text{ mm} \\
 \varepsilon_s' &= \frac{c-d'}{c} \times \varepsilon_{cu} \\
 &= \frac{114,1856-61}{114,1856} \times 0,003 \\
 &= 0,001397347 < \varepsilon_y, \text{ belum leleh} \\
 f_y/f_s' &= \varepsilon_s' \times E \\
 &= 0,001397347 \times 200000 \\
 &= 279,4694758 \text{ N/mm}^2 \\
 M_1 &= (0,85 \times f_c' \times a \times b) \times \left(h - \frac{a}{2}\right) \\
 &= (0,85 \times 24,9 \times 97,057 \times 400) \times \left(615,5 - \frac{97,0578}{2}\right) \\
 &= 465875411 \text{ Nmm} \\
 M_2 &= A_s' \times f_y/f_s' \times (h - d') \\
 &= 1140,3981 \times 279,4694 \times (615,5 - 61) \\
 &= 176722736,8 \text{ Nmm} \\
 M_{\text{total}} &= M_1 + M_2 \\
 &= 465875411 + 176722736,8 \\
 &= 642598147,8 \text{ Nmm} \\
 M_{\text{kap+}} &= \frac{M_{\text{total}}}{10^6} \\
 &= \frac{642598147,8}{10^6} \\
 &= 642,5981 \text{ kNm} > M_u^- = 238,32 \text{ kNm}, \text{ (Oke)}
 \end{aligned}$$

Perhitungan momen kapasitas balok tipe lainnya sama seperti perhitungan di atas. Rekapitulasi perhitungan momen kapasitas balok dapat dilihat di bawah ini.

Tabel 5. 66 Rekapitulasi Momen Kapasitas Balok

Balok	Tumpuan (kNm)		Lapangan (kNm)	
	Mkap-	Mkap+	Mkap-	Mkap+
B1	642,60	345,57	345,57	642,60
B2	642,60	345,57	345,57	642,60
B3	642,60	345,57	345,57	642,60
B4	264,20	173,23	173,23	264,20
B5	399,04	281,26	281,26	399,04
B6	312,38	173,24	173,23	312,38
B7	168,67	97,96	97,96	168,67
B8	313,98	224,55	224,55	313,98

4. Desain tulangan geser

Berikut ini adalah contoh perhitungan penulangan geser balok B1 yang dapat dilihat di bawah ini.

a. *Input data*

$$L \text{ balok} = 9000 \text{ mm}$$

$$B \text{ kolom kiri} = 700 \text{ mm}$$

$$B \text{ kolom kanan} = 700 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} L \text{ netto} &= L \text{ balok} - \frac{b \text{ kolom kiri}}{2} - \frac{b \text{ kolom kanan}}{2} \\ &= 9000 - \frac{700}{2} - \frac{700}{2} \\ &= 8300 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$M_{\text{kap-}} = 642,60 \text{ kNm}$$

$$M_{\text{kap+}} = 345,57 \text{ kNm}$$

$$B \text{ balok} = 400 \text{ mm}$$

$$H \text{ balok} = 700 \text{ mm}$$

$$F_c' = 24,9 \text{ MPa}$$

$$F_y \text{ sengkang} = 240 \text{ MPa}$$

$$\phi_{\text{sengkang}} = 10 \text{ mm}$$

$$\phi = 0,75$$

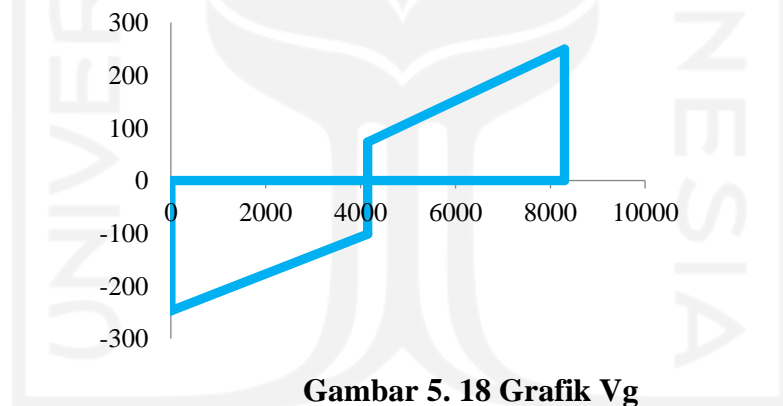
$$h = 615,5 \text{ mm}$$

$$\phi_{\text{pokok}} = 22 \text{ mm}$$

b. Akibat beban gravitasi dan gempa

VD kiri	= -93,874 kN
VL kiri	= -72,949 kN
VD kanan	= 96,581 kN
VL kanan	= 71,215 kN
PD bawah	= -44,035 kN
PL bawah	= -23,456 kN
PD atas	= 36,294 kN
PL atas	= 11,171 kN
VE	= 112,544 kN

Bentuk grafis gaya geser akibat beban gravitasi dapat dilihat pada gambar 5.18 di bawah ini.



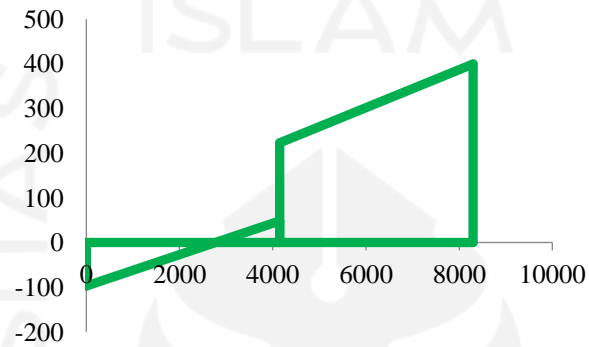
Gambar 5. 18 Grafik Vg

c. Kombinasi Vu

$$\begin{aligned}
 Vu \text{ kiri}/\phi &= \frac{1,2 VD \text{ kiri} + VL \text{ kiri}}{0,75} + \frac{VE}{0,75} \\
 &= \frac{1,2 \times -93,874 - 72,949}{0,75} + \frac{112,554}{0,75} \\
 &= -97,4050 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 V_u \text{ kanan}/\phi &= \frac{1,2 VD \text{ kanan} + VL \text{ kanan}}{0,75} + \frac{VE}{0,75} \\
 &= \frac{1,2 \times -96,581 + 71,215}{0,75} + \frac{112,554}{0,75} \\
 &= 399,5416 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

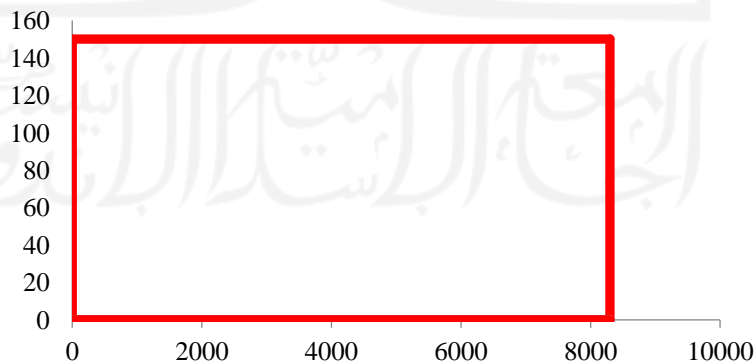
Bentuk grafis untuk gaya geser ultimit dapat dilihat pada gambar 5.19 di bawah ini.



Gambar 5. 19 Grafik Vu

$$\begin{aligned}
 V_E/\phi &= \frac{VE}{0,75} \\
 &= \frac{112,554}{0,75} \\
 &= 150,0586 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

Bentuk grafis gaya geser akibat beban gempa dapat dilihat pada gambar 5.20 di bawah ini.

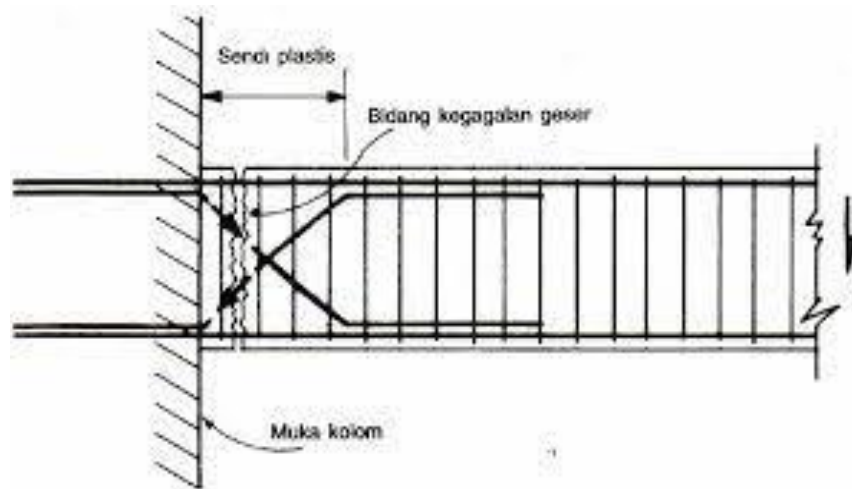


Gambar 5. 20 Grafik Ve

Karena maks (vu kiri : vu kanan) > VE/φ, maka vc harus dihitung.

d. Daerah sendi plastis

Berikut ini merupakan perhitungan tulangan geser pada daerah sendi plastis.



Gambar 5. 21 Daerah Sendi Plastis

$$\begin{aligned}
 V_c &= \frac{1}{6} \times \frac{\sqrt{f_c'} \times b \text{ balok} \times h}{1000} \\
 &= \frac{1}{6} \times \frac{\sqrt{24,9} \times 400 \times 615,5}{1000} \\
 &= 204,756 \text{ kN} \\
 V_{s1} &= \frac{V_u \text{ kanan}}{\phi} - V_c \\
 &= 399,5416 - 204,756 \\
 &= 194,7856 \text{ kN} \\
 A_v &= \frac{1}{4} \times \pi \times \phi \text{ sengkang}^2 \\
 &= \frac{1}{4} \times \pi \times 10^2 \\
 &= 78,5398 \text{ mm}^2 \\
 \text{Sengkang} &= 2 \text{ kaki} \\
 S &= \frac{\text{sengkang} \times A_v \times \frac{f_y}{1000} \times h}{V_{s1}} \\
 &= \frac{2 \times 78,5398 \times \frac{240}{1000} \times 615,5}{194,7856} \\
 &= 119,124 \text{ mm} \\
 &= 100 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

Cek syarat SNI:

$$\begin{aligned} d/4 &= \frac{h}{4} \\ &= \frac{615,5}{4} \\ &= 153,875 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} 8 \times \text{Øpokok} &= 8 \times 22 \\ &= 176 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} 24 \times \text{Øsengkang} &= 24 \times 10 \\ &= 240 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$300 \text{ mm} = 300 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} \text{Minimal} &= 153,875 \text{ mm} \\ &= 153,875 > 100 \text{ mm, (Oke)} \end{aligned}$$

$$S = 100 \geq 100 \text{ mm, (Oke)}$$

$$S \text{ pakai} = 2P10 - 100 \text{ mm}$$

e. Daerah luar sendi plastis

$$\begin{aligned} V_{\text{ats}} &= \frac{V_{\text{u kanan}}}{\varphi} - \frac{VE}{\varphi} - \frac{V_{\text{u atas}}}{\varphi} \\ &= 399,541 - 150,058 - 223,023 \\ &= 26,4592 \text{ kN} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} L - x &= \frac{L_{\text{netto}}}{2} \\ &= \frac{8300}{2} \\ &= 4150 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} y &= \frac{v_{\text{ats}} \times (L-x) - 2 \times h_{\text{balok}}}{L-x} \\ &= \frac{26,4592 \times 4150 - 2 \times 700}{4150} \\ &= 17,5332 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} y_1 &= y + \frac{v_{\text{u atas}}}{\varphi} + \frac{VE}{\varphi} \\ &= 17,5332 + 233,023 + 150,058 \\ &= 390,6156 \text{ kN} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} V_{s2} &= y_1 - V_c \\ &= 390,6156 - 204,76 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 &= 185,8597 \text{ kN} \\
 A_v &= \frac{1}{4} \times \pi \times \emptyset_{\text{sengkang}}^2 \\
 &= \frac{1}{4} \times \pi \times 10^2 \\
 &= 78,5398 \text{ mm}^2 \\
 \text{Sengkang} &= 3 \text{ kaki} \\
 \text{Cek syarat SNI:} \\
 d/4 &= \frac{h}{4} \\
 &= \frac{615,5}{4} \\
 &= 153,875 \text{ mm} \\
 8 \times \emptyset_{\text{pokok}} &= 8 \times 22 \\
 &= 176 \text{ mm} \\
 24 \times \emptyset_{\text{sengkang}} &= 24 \times 10 \\
 &= 240 \text{ mm} \\
 300 \text{ mm} &= 300 \text{ mm} \\
 \text{Minimal} &= 153,875 \text{ mm} \\
 &= 153,875 > 100 \text{ mm, (Oke)} \\
 S &= 150 \geq 100 \text{ mm, (Oke)} \\
 S \text{ pakai} &= 3P10 - 150 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

Perhitungan desain tulangan geser balok lainnya sama seperti perhitungan di atas. Rekapitulasi penulangan balok dapat dilihat sebagai berikut.

Tabel 5. 67 Rekapitulasi Penulangan Balok Desain

Balok	Dimensi		Uraian	Tumpuan	Lapangan	Tulangan Geser	
	b (mm)	h (mm)				Sendi Plastis	Luar Sendi Plastis
B1	400	700	Atas	6D22	3D22	P10-100 mm	1,5P10-150 mm
			Bawah	3D22	6D22		
B2	400	700	Atas	6D22	3D22	P10-100 mm	1,5P10-150 mm
			Bawah	3D22	6D22		
B3	400	700	Atas	6D22	3D22	P10-100 mm	P10-150 mm
			Bawah	3D22	6D22		
B4	300	500	Atas	5D19	3D19	P10-100 mm	P10-150 mm
			Bawah	3D19	5D19		
B5	300	600	Atas	6D19	4D19	P10-100 mm	P10-150 mm
			Bawah	4D19	6D19		
B6	300	500	Atas	6D19	3D19	P10-100 mm	P10-150 mm
			Bawah	3D19	6D19		
B7	300	400	Atas	6D16	3D16	P10-100 mm	P10-150 mm
			Bawah	3D16	6D16		
B8	300	500	Atas	6D19	4D19	P10-100 mm	P10-150 mm
			Bawah	4D19	6D19		

5. Desain balok eksisting

Berikut ini adalah rekapitulasi balok eksisting yang dapat dilihat pada tabel 5.68 di bawah ini.

Tabel 5. 68 Rekapitulasi Penulangan Balok Eksisting

Balok	Dimensi		Uraian	Tumpuan	Lapangan	Tulangan Geser	
	b (mm)	h (mm)				Sendi Plastis	Luar Sendi Plastis
B1	400	700	Atas	6D22	4D22	P10-100 mm	P10-150 mm
			Bawah	4D22	6D22		
B2	400	700	Atas	8D22	4D22	P10-100 mm	P10-150 mm
			Bawah	4D22	8D22		
B3	400	700	Atas	3D22	3D22	P10-100 mm	P10-150 mm
			Bawah	3D22	3D22		
B4	300	500	Atas	5D19	5D19	P10-100 mm	P10-150 mm
			Bawah	5D19	5D19		
B5	300	600	Atas	6D19	4D19	P10-100 mm	P10-150 mm
			Bawah	4D19	6D19		
B6	300	500	Atas	3D19	3D19	P10-100 mm	P10-150 mm
			Bawah	3D19	3D19		
B7	300	400	Atas	3D16	3D16	P10-100 mm	P10-150 mm
			Bawah	3D16	3D16		
B8	300	500	Atas	6D19	4D19	P10-100 mm	P10-150 mm
			Bawah	4D19	6D19		

Berdasarkan hasil perhitungan desain dan analisis tulangan balok didapatkan bahwa hasil desain penampang balok masih memenuhi syarat terhadap kinerja struktur sesuai SNI 1726 2019.

5.15.2 Kolom

Langkah-langkah perhitungan desain tulangan lentur kolom dan tulangan geser kolom dapat dilihat sebagai berikut.

1. Momen ultimit dan beban ultimit

Momen ultimit dan beban aksial pada kolom di dapat dari SAP2000 dengan cara *display – show table – analysis result – element output – frame output*. Berikut ini merupakan hasil rekapitulasi momen ultimit dan beban aksial kolom yang dapat dilihat sebagai berikut.

Tabel 5. 69 Rekapitulasi Momen Ultimit dan Beban Ultimit Kolom

Kolom	Lantai	Pu (ton)	Mu (tm)
K1	5	163,062	58,121
K1-1	4	144,2	45,4129
	3	240,211	55,6371
	2	350,943	78,1961
	1	426,643	114,006
K2	5	16,1749	6,2093
	4	39,2296	8,2740
	3	66,6990	10,2801
	2	98,8744	13,6937
	1	136,6108	19,7913
K3	5	25,9466	10,6798
	4	63,1126	15,3252
	3	122,6552	22,7824
	2	213,6400	31,7493
	1	347,0511	42,7756

2. Desain tulangan lentur kolom

Perhitungan desain tulangan lentur pada kolom K1-1 dapat dilihat sebagai berikut.

a. Input data

$$F_c' = 24,9 \text{ MPa}$$

$$= 253,98 \text{ Kg/cm}$$

$$F_y = 400 \text{ MPa}$$

$$= 4080 \text{ Kg/cm}$$

$$E_s = 2100000 \text{ Kg/cm}$$

$$\begin{aligned}\epsilon_y &= \frac{fy}{Es} \\ &= \frac{4080}{2100000} \\ &= 0,0019428\end{aligned}$$

$$\epsilon_c = 0,003$$

$$\beta = 0,85 \text{ (} f_c' < 28 \text{ MPa)}$$

$$H_t = 70 \text{ cm}$$

$$B = 70 \text{ cm}$$

$$\begin{aligned}d_s &= sb + \emptyset_{sengkang} + \frac{\emptyset_{pokok}}{2} \\ &= 4 + 1 + \frac{2,2}{2} \\ &= 6,1 \text{ cm}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}d' &= sb + \emptyset_{sengkang} + \frac{\emptyset_{pokok}}{2} \\ &= 4 + 1 + \frac{2,2}{2} \\ &= 6,1 \text{ cm}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}h &= H_t - d_s \\ &= 70 - 6,1 \\ &= 63,9 \text{ cm}\end{aligned}$$

$$h' = H_t - d'$$

$$\begin{aligned}h' &= H_t - d' \\ &= 70 - 6,1 \\ &= 63,9 \text{ cm}\end{aligned}$$

$$n = 5 \text{ buah}$$

$$\emptyset_{pk} = 2,2 \text{ cm}$$

$$\begin{aligned}A_s &= \frac{1}{4} \times \pi \times \emptyset_{pokok}^2 \\ &= \frac{1}{4} \times \pi \times 2,2^2 \\ &= 19,0066 \text{ cm}^2\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}A_s &= \frac{1}{4} \times \pi \times \emptyset_{pokok}^2 \\ &= \frac{1}{4} \times \pi \times 2,2^2 \\ &= 19,0066 \text{ cm}^2\end{aligned}$$

b. Beban sentris

$$\begin{aligned} Cc &= 0,85 \times f_c' \times B \times Ht \\ &= 0,85 \times 253,98 \times 70 \times 70 \\ &= 1057826,7 \text{ Kg} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Cs1 &= As(fy - 0,85 \times f_c') \\ &= 19,0066 \times (4080 - 0,85 \times 253,98) \\ &= 73443,863 \text{ Kg} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Cs2 &= As'(fy - 0,85 \times f_c') \\ &= 19,0066 \times (4080 - 0,85 \times 253,98) \\ &= 73443,863 \text{ Kg} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Pn &= Cc + Cs1 + Cs2 \\ &= \frac{1057826,7 + 73443,863 + 73443,863}{1000} \\ &= 1204,714 \text{ Ton} \end{aligned}$$

$$Mn = 0 \text{ Tm (Beban sentris)}$$

c. Kondisi *balance*

$$\begin{aligned} Cb &= \frac{\varepsilon_c}{\varepsilon_c + \varepsilon_y} \times h \\ &= \frac{0,003}{0,003 + 0,00194} \times 63,9 \\ &= 38,7832 \text{ cm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Ab &= \beta \times Cb \\ &= 0,85 \times 38,7832 \\ &= 32,9657 \text{ cm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Cc &= 0,85 \times f_c' \times Ab \times B \\ &= 0,85 \times 253,98 \times 32,9657 \times 70 \\ &= 498172,1723 \text{ Kg} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Cs &= As'(fy - 0,85 \times f_c') \\ &= 19,0066(4080 - 0,85 \times 253,98) \\ &= 73443,863 \text{ Kg} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Ts &= As \times fy \\ &= 19,0066 \times 4080 \\ &= 77547,0730 \text{ Kg} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 P_b &= C_c + C_s - T_s \\
 &= \frac{498172,1723 + 73443,863 + 77547,073}{1000} \\
 &= 494,0689 \text{ ton}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 M_{nb} &= C_c \left(\frac{1}{2} Ht - \frac{1}{2} Ab \right) + C_s \left(\frac{1}{2} Ht - d' \right) + T_s \left(\frac{1}{2} Ht - d \right) \\
 &= 498172,1 \times \left(\frac{1}{2} \times 70 - \frac{1}{2} \times 32,9 \right) + 73443 \times \left(\frac{1}{2} \times 70 - 6,1 \right) \\
 &\quad + 77547,07 \times \left(\frac{1}{2} \times 70 - 6,1 \right) \\
 &= 13588354,1 \text{ Kgcm} \\
 &= 135,883 \text{ Tm}
 \end{aligned}$$

d. Kondisi patah tarik

$$\begin{aligned}
 C &= 0,9 \times C_b \\
 &= 0,9 \times 38,7832 \\
 &= 34,9049
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 a &= \beta \times C \\
 &= 0,85 \times 34,9049 \\
 &= 29,6691
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \varepsilon_s' &= \left(\frac{c-d'}{c} \right) \times \varepsilon_c \\
 &= \left(\frac{34,9094-6,1}{34,9094} \right) \times 0,003 \\
 &= 0,002475719 > \varepsilon_y, \text{ baja sudah leleh}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \varepsilon_s &= \left(\frac{h-c}{c} \right) \times \varepsilon_c \\
 &= \left(\frac{63,9-34,9094}{34,9094} \right) \times 0,003 \\
 &= 0,002492063 > \varepsilon_y, \text{ baja sudah leleh}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 C_c &= 0,85 \times f_c' \times a \times B \\
 &= 0,85 \times 253,98 \times 29,6691 \times 70 \\
 &= 448354,9551 \text{ Kg}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 C_s &= A_s' (f_y - 0,85 \times f_c') \\
 &= 19,0066 \times (4080 - 0,85 \times 253,98) \\
 &= 73443,863 \text{ Kg}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} T_s &= A_s \times f_y \\ &= 19,0066 \times 4080 \\ &= 77547,073 \text{ Kg} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} P_n &= C_c + C_s - T_s \\ &= \frac{448354,955 + 73443,863 - 77547,073}{1000} \\ &= 444,2517 \text{ Ton} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_n &= C_c \left(\frac{1}{2} Ht - \frac{1}{2} Ab \right) + C_s \left(\frac{1}{2} Ht - d' \right) + T_s \left(\frac{1}{2} Ht - d \right) \\ &= 448354,95 \times \left(\frac{1}{2} \times 70 - \frac{1}{2} \times 32,9 \right) + 73443 \times \left(\frac{1}{2} \times 70 - 6,1 \right) \\ &\quad + 77547,07 \times \left(\frac{1}{2} \times 70 - 6,1 \right) \\ &= 13404900,39 \text{ Kgcm} \\ &= 134,049 \text{ Tm} \end{aligned}$$

e. Kondisi patah desak

$$\begin{aligned} C &= 1,1 \times C_b \\ &= 1,1 \times 38,7832 \\ &= 42,6615 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} a &= \beta \times C \\ &= 0,85 \times 42,6615 \\ &= 36,2623 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \varepsilon_s' &= \left(\frac{c-d'}{c} \right) \times \varepsilon_c \\ &= \left(\frac{42,6615-6,1}{42,6615} \right) \times 0,003 \\ &= 0,002571042 > \varepsilon_y, \text{ baja sudah leleh} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \varepsilon_s &= \left(\frac{h-c}{c} \right) \times \varepsilon_c \\ &= \left(\frac{63,9-42,6615}{42,6615} \right) \times 0,003 \\ &= 0,001493506 < \varepsilon_y, \text{ baja belum leleh} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} F_s &= \varepsilon_s \times E \\ &= 0,001493506 \times 2100000 \\ &= 3136,364 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 Cc &= 0,85 \times f'c' \times a \times B \\
 &= 0,85 \times 253,98 \times 36,2623 \times 70 \\
 &= 547989,3896 \text{ Kg}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 Cs &= As'(fy - 0,85 \times f'c') \\
 &= 19,0066 \times (4080 - 0,85 \times 253,98) \\
 &= 73443,863 \text{ Kg}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 Ts &= As \times fs \\
 &= 19,0066 \times 3136,364 \\
 &= 59611,7206 \text{ Kg}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 Pn &= Cc + Cs - Ts \\
 &= \frac{547989,3896 + 73443,863 - 59611,7206}{1000} \\
 &= 561,8215 \text{ Ton}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 Mn &= Cc \left(\frac{1}{2} Ht - \frac{1}{2} Ab \right) + Cs \left(\frac{1}{2} Ht - d' \right) + Ts \left(\frac{1}{2} Ht - d \right) \\
 &= 547989,38 \times \left(\frac{1}{2} \times 70 - \frac{1}{2} \times 32,9 \right) + 73443,863 \times \left(\frac{1}{2} \times 70 - 6,1 \right) \\
 &\quad + 547989,38 \times \left(\frac{1}{2} \times 70 - 6,1 \right) \\
 &= 13089249,91 \text{ Kgcm} \\
 &= 130,892 \text{ Tm}
 \end{aligned}$$

f. Kondisi lentur murni

Dibuat menjadi persamaa kuadrat:

$$xa^2 + ya - z$$

$$\begin{aligned}
 x &= 0,85 \times f'c' \times b \\
 &= 0,85 \times 253,98 \times 70 \\
 &= 15111,81
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 y &= As'(\epsilon cu \times Es) - (As \times fy) \\
 &= 19,006 \times (0,003 \times 2100000) - (19,0066 \times 4080) \\
 &= 42194,73093
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 z &= As'(\epsilon cu)(Es)(\beta x d') \\
 &= -19,0066 \times 0,003 \times 2100000 \times 0,85 \times 6,1 \\
 &= -620861,2537
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 a &= \frac{-y + \sqrt{y^2 - 4xz}}{2x} \\
 &= \frac{-42194,73 + \sqrt{42194,73^2 - 4 \times 15111,81 \times -620861,25}}{2 \times 15111,81} \\
 &= 5,164 \text{ cm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 C &= \frac{a}{\beta} \\
 &= \frac{5,164}{0,85} \\
 &= 6,07519
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \epsilon_s &= \left(\frac{c-d}{c} \right) \times \epsilon_{cu} \\
 &= \left(\frac{6,07-6,1}{6,07} \right) \times 0,003 \\
 &= -0,000012 < \epsilon_y, \text{ baja belum leleh}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 F_s &= \epsilon_s \times E_s \\
 &= -0,000012 \times 2100000 \\
 &= -25,727 \text{ Kg/cm}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 C_c &= 0,85 \times f_c' \times a \times B \\
 &= 0,85 \times 253,98 \times 5,164 \times 70 \\
 &= 78036,06044
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 T_s &= A_s \times f_s \\
 &= 19,0066 \times -25,727 \\
 &= -488,9873793 \text{ Kg}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 M_n &= C_c \left(h - \frac{a}{2} \right) + T_s (h - d') \\
 &= \frac{78036,06044 \times \left(70 - \frac{5,164}{2} \right) - 488,9873(70 - 6,1)}{10^5} \\
 &= 47,5675 \text{ Tm}
 \end{aligned}$$

$$P_n = 0 \text{ Ton (lentur murni)}$$

g. Kondisi tarik murni

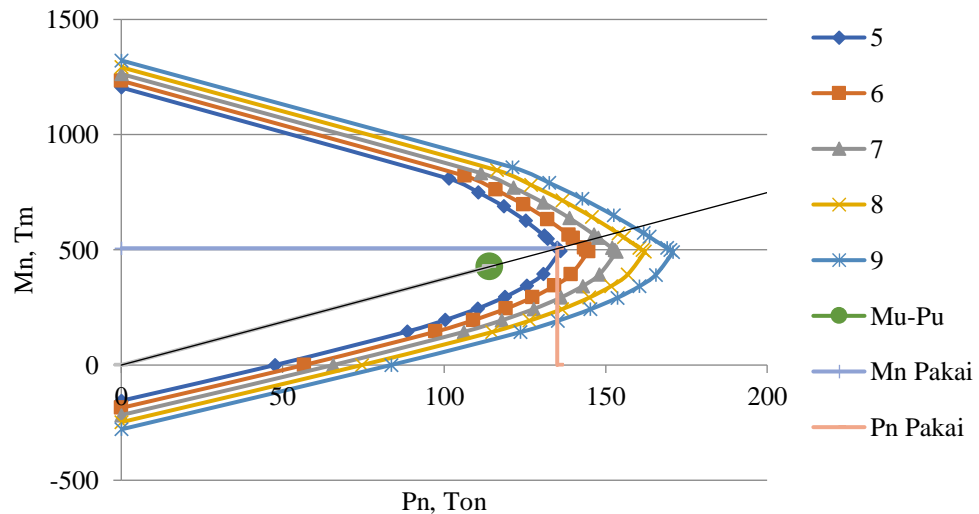
$$\begin{aligned} P_t &= -(A_s + A_s')f_y \\ &= -(19,0066 + 19,0066) \times 4080 \\ &= -155,09414 \text{ Kg} \end{aligned}$$

$$M_t = 0 \text{ Tm (tarik murni)}$$

Keterangan:

B	= lebar kolom (cm)
Ht	= tinggi kolom (cm)
Fc'	= kuat tekan beton (MPa)
Fy	= tegangan leleh baja (MPa)
Es	= modulus elastisitas baja
Cc	= resultan tegangan desak beton
Ts	= gaya tarik baja
a dan c	= garis netral dari tepi atas (tepi zona desak)
es	= regangan baja
et	= regangan tarik netto
Mn	= momen nominal
Asd	= luas tulangan pokok
As'	= total luas tulangan pokok zona tarik
Ast	= total luas tulangan pokok zona desak
s	= spasi
φ	= faktor reduksi

Berdasarkan perhitungan di atas maka dapat dibuat grafik Mn-Pn sebagai berikut ini.



Gambar 5. 22 Grafik Mn – Pn

Berdasarkan grafik mn-pn di atas maka di dapatkan hasil sebagai berikut.

Mn pakai = 135 Tm

Pn pakai = 507 Ton

Berikut ini adalah rekapitulasi penulangan lentur kolom.

Tabel 5. 70 Rekapitulasi Penulangan Lentur Kolom

Tipe	Dimensi Kolom, cm		Tul. Lentur	
	arah x	arah y	arah x	arah y
K1-1	70	70	5D22	5D22
K1	60	60	4D22	4D22
K2	30	30	3D16	3D16
K3	40	40	3D16	3D16

3. SCWB (*strong coloum weak beam*)

Struktur harus didesain agar kolom lebih kuat dari pada balok atau yang dikenal dengan SCWB (*Strong coloum weak beam*). Syarat SCWB adalah dengan menggunakan persamaan berikut.

$$1,2 \sum Mn \text{ balok} < \sum Mn \text{ Kolom}$$

Berikut ini merupakan hasil pengecekan syarat SCWB yang dapat dilihat pada tabel 5.71 di bawah ini.

Tabel 5. 71 Rekapitulasi Strong Coloum Weak Beam

Lt	ΣM_n balok	1,2 ΣM_n balok	Mn kolom atas	Mn kolom bawah	ΣM_n kolom	Cek
5	100,77	120,92	0	135	135	OK
4	100,77	120,92	135	135	270	OK
3	100,77	120,92	135	135	270	OK
2	100,77	120,92	135	135	270	OK
1	100,77	120,92	135	135	270	OK

4. Perhitungan gaya geser

Berikut ini merupakan hasil perhitungan gaya geser yang dapat dilihat sebagai berikut.

Tabel 5. 72 Rekapitulasi Gaya Geser Kolom

Tipe	Lt	E-X			E-Y		
		Vu (ton)	Ve (ton)	V pakai (ton)	Vu (ton)	Ve (ton)	V pakai (ton)
K1-1	5	67,50	20,53	67,50	67,50	20,53	67,50
	4	67,50	25,19	67,50	67,50	25,19	67,50
	3	67,50	25,19	67,50	67,50	25,19	67,50
	2	67,50	12,60	67,50	67,50	25,19	67,50
	1	Desain dengan sendi plastis					
K2	5	5,73	12,98	12,98	5,73	12,98	12,98
	4	5,73	25,19	25,19	5,73	25,19	25,19
	3	5,73	25,19	25,19	5,73	25,19	25,19
	2	5,73	25,19	25,19	5,73	25,19	25,19
	1	Desain dengan sendi plastis					
K3	5	11,40	13,77	13,77	11,40	13,77	13,77
	4	11,40	25,19	25,19	11,40	25,19	25,19
	3	11,40	25,19	25,19	11,40	25,19	25,19
	2	11,40	25,19	25,19	11,40	25,19	25,19
	1	Desain dengan sendi plastis					

5. Desain tulangan geser

Perhitungan untuk analisis tulangan geser pada kolom K1-1 dapat dilihat sebagai berikut.

a. Input data

$$\begin{aligned}
 F_c' &= 24,9 \text{ MPa} \\
 &= 253,98 \text{ Kg/cm}^2 \\
 F_y &= 400 \text{ MPa} \\
 &= 4080 \text{ Kg/cm}^2 \\
 b &= 70 \text{ cm} \\
 H_t &= 70 \text{ cm} \\
 \text{Tinggi Kolom} &= 4 \text{ m} \\
 S_b &= 4 \text{ cm} \\
 \text{\textcircled{O}pokok} &= 22 \text{ mm} \\
 &= 2,2 \text{ cm} \\
 \text{\textcircled{O}sengkang} &= 10 \text{ mm} \\
 &= 1 \text{ cm} \\
 h \text{ balok atas} &= 70 \text{ cm} \\
 h \text{ balok bawah} &= 70 \text{ cm} \\
 h \text{ arah x} &= b - s_b - \text{\textcircled{O}sengkang} - \frac{\text{\textcircled{O}pokok}}{2} \\
 &= 70 - 4 - 1 - \frac{2,2}{2} \\
 &= 63,9 \text{ cm} \\
 h \text{ arah y} &= H_t - s_b - \text{\textcircled{O}sengkang} - \frac{\text{\textcircled{O}pokok}}{2} \\
 &= 70 - 4 - 1 - \frac{2,2}{2} \\
 &= 63,9 \text{ cm} \\
 L_u = L_b &= \text{Tinggi kolom} - \frac{h \text{ balok atas}}{2} - \frac{h \text{ balok bawah}}{2} \\
 &= 400 - \frac{70}{2} - \frac{70}{2} \\
 &= 330 \text{ cm} \\
 &= 3,3 \text{ m}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 A_d &= \frac{1}{4} \times \pi \times \varnothing_{sengkang}^2 \\
 &= \frac{1}{4} \times \pi \times 1^2 \\
 &= 0,785 \text{ cm}^2 \\
 \lambda &= 1 \text{ (beton biasa)} \\
 N_u &= 350,94 \text{ ton (beban Pu dari SAP2000)} \\
 A_g &= b \times Ht \\
 &= 70 \times 70 \\
 &= 4900 \text{ cm}^2 \\
 N_u/A_g &= \frac{\left(\frac{350,94}{1000}\right)}{4900} \\
 &= 10,2 \\
 &= 7,0216 \text{ MPa}
 \end{aligned}$$

b. Syarat panjang lo

$$\begin{aligned}
 1) \text{ 1/6 bentang bersih} &= \frac{1}{6} \times Lu \times 100 \\
 &= \frac{1}{6} \times 3,3 \times 100 \\
 &= 55 \text{ cm} \\
 2) \text{ Dimensi penampang maks kolom} &= 70 \text{ cm} \\
 3) \text{ 450 mm} &= 45 \text{ cm} \\
 4) \text{ Lo pakai} &= 70 \text{ cm}
 \end{aligned}$$

c. Daerah sendi plastis arah x

$$\begin{aligned}
 V \text{ pakai} &= 67,5 \text{ ton} \\
 \Phi &= 0,75 \\
 V_n &= \frac{v \text{ pakai}}{\phi} \\
 &= \frac{67,5}{0,75} \\
 &= 90 \text{ Ton}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 V_c &= 0,17 \left(1 + \left(\frac{Nu}{14 \times Ag} \right) \right) \times \lambda \times \sqrt{f'c'} \times b \times h \\
 &= 0,17 \left(1 + \left(\frac{7,021}{14} \right) \right) \times 1 \times \sqrt{24,9} \times 700 \times 639 \\
 &= 569753,1199 \text{ N} \\
 &= 58,0788 \text{ Ton}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 V_s &= V_n - V_c \\
 &= 90 - 58,0788 \\
 &= 31,9211 \text{ Ton}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 n &= 3 \text{ kaki} \\
 A_v &= n \times A_g \\
 &= 3 \times 0,7854 \\
 &= 2,356 \text{ cm}^2 \\
 s &= \frac{A_v \times f_y \times h \text{ arah } y}{V_s / 1000} \\
 &= \frac{2,356 \times 4080 \times 63,9}{31,921 / 1000} \\
 &= 19,244 \text{ cm}
 \end{aligned}$$

Syarat jarak spasi arah x

$$\begin{aligned}
 8 \times \text{tulangan pokok} &= 8 \times 2,2 \\
 &= 17,6 \text{ cm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 24 \times \text{tul sengkang} &= 24 \times 1 \\
 &= 24 \text{ cm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \frac{1}{2} \text{ kolom terkecil} &= \frac{70}{2} \\
 &= 35 \text{ cm}
 \end{aligned}$$

$$300 \text{ mm} = 30 \text{ cm}$$

$$S \text{ pakai} = 10 \text{ cm}$$

$$x1 = \frac{b - 2sb - 2 \times \frac{\phi \text{sengkang}}{2}}{n}$$

$$= \frac{70 - 2 \times 4 - 2 \times \frac{1}{2}}{3}$$

$$= 30,5 \text{ cm} < 35 \text{ cm, Oke tidak perlu tambahan kaki}$$

d. Daerah sendi plastis arah y

$$V \text{ pakai} = 67,5 \text{ ton}$$

$$\Phi = 0,75$$

$$V_n = \frac{v \text{ pakai}}{\phi}$$

$$= \frac{67,5}{0,75}$$

$$= 90 \text{ Ton}$$

$$V_c = 0,17 \left(1 + \left(\frac{N_u}{14 \times A_g} \right) \right) \times \lambda \times \sqrt{f_c'} \times H_t \times h$$

$$= 0,17 \left(1 + \left(\frac{7,021}{14} \right) \right) \times 1 \times \sqrt{24,9} \times 700 \times 639$$

$$= 569753,1199 \text{ N}$$

$$= 58,0788 \text{ Ton}$$

$$V_s = V_n - V_c$$

$$= 90 - 58,0788$$

$$= 31,9211 \text{ Ton}$$

$$n = 3 \text{ kaki}$$

$$A_v = n \times A_g$$

$$= 3 \times 0,7854$$

$$= 2,356 \text{ cm}^2$$

$$s = \frac{A_v \times f_y \times h \text{ arah } y}{V_s / 1000}$$

$$= \frac{2,356 \times 4080 \times 63,9}{31,921 / 1000}$$

$$= 19,244 \text{ cm}$$

Syarat jarak spasi arah x

$$8 \times \text{tulangan pokok} = 8 \times 2,2$$

$$= 17,6 \text{ cm}$$

$$24 \times \text{tul sengkang} = 24 \times 1$$

$$= 24 \text{ cm}$$

$$\frac{1}{2} \text{ kolom terkecil} = \frac{70}{2}$$

$$= 35 \text{ cm}$$

$$300 \text{ mm} = 30 \text{ cm}$$

$$S \text{ pakai} = 10 \text{ cm}$$

$$x1 = \frac{Ht-2sb-2x\frac{\emptyset sengkang}{2}}{n}$$

$$= \frac{70-2x4-2x\frac{1}{2}}{3}$$

$$= 30,5 \text{ cm} < 35 \text{ cm, Oke tidak perlu tambahan kaki}$$

Maka, tulangan geser yang dipakai pada daerah sendi plastis arah x dan arah y adalah 3D10 – 100.

e. Daerah luar sendi plastis arah x

Syarat jarak spasi

$$h/2 = \frac{63,9}{2}$$

$$= 31,95 \text{ cm}$$

$$S \text{ pakai} = 15 \text{ cm}$$

$$n \text{ pakai} = 3 \text{ kaki}$$

$$x1 = \frac{Ht-2sb-2x\frac{\emptyset sengkang}{2}}{n}$$

$$= \frac{70-2x4-2x\frac{1}{2}}{3}$$

$$= 30,5 \text{ cm} < 35 \text{ cm, Oke tidak perlu tambahan kaki}$$

f. Daerah luar sendi plastis arah y

$$h/2 = \frac{63,9}{2}$$

$$= 31,95 \text{ cm}$$

$$S \text{ pakai} = 15 \text{ cm}$$

$$n \text{ pakai} = 3 \text{ kaki}$$

$$x1 = \frac{b-2sb-2x\frac{\emptyset sengkang}{2}}{n}$$

$$= \frac{70-2x4-2x\frac{1}{2}}{3}$$

$$= 30,5 \text{ cm} < 35 \text{ cm, Oke tidak perlu tambahan kaki}$$

Maka, tulangan geser yang dipakai pada daerah luar sendi plastis arah x dan arah y adalah 3D10 – 150.

Perhitungan tulangan geser pada kolom tipe lainnya sama seperti perhitungan di atas. Berikut ini merupakan hasil rekapitulasi perhitungan tulangan geser kolom yang dapat dilihat pada tabel 5.73 di bawah ini.

Tabel 5. 73 Rekapitulasi Tulangan Geser Kolom

Tip e	Lanta i	D.S Plastis X	D.S Plastis y	D.S L Plastis X	D.S L Plastis y
K1	5	1,5P10-100	1,5P10-100	1,5P10-150	1,5P10-150
K1- 1	4	1,5P10-100	1,5P10-100	1,5P10-150	1,5P10-150
	3	1,5P10-100	1,5P10-100	1,5P10-150	1,5P10-150
	2	1,5P10-100	1,5P10-100	1,5P10-150	1,5P10-150
	1	1,5P10-100	1,5P10-100	1,5P10-150	1,5P10-150
K2	5	P10-60	P10-60	P10-100	P10-100
	4	P10-60	P10-60	P10-100	P10-100
	3	P10-60	P10-60	P10-100	P10-100
	2	P10-60	P10-60	1,5P10-100	1,5P10-100
	1	P10-75	P10-75	P10-100	P10-100
K3	5	P10-100	P10-100	P10-150	P10-150
	4	P10-100	P10-100	P10-100	P10-150
	3	P10-100	P10-100	P10-150	P10-150
	2	P10-100	P10-100	P10-150	P10-150
	1	P10-96	P10-96	P10-100	P10-100

6. Desain tulangan kolom eksisting

Berikut ini merupakan rekapitulasi tulangan lentur dan tulangan geser kolom eksisting yang dapat dilihat sebagai berikut.

Tabel 5. 74 Rekapitulasi Tulangan Lentur Kolom Eksisting

Tipe	Dimensi Kolom, cm		Tul. Lentur	
	arah x	arah y	arah x	arah y
K1-1	70	70	5D10	5D10
K1	60	60	4D10	4D10
K2	30	30	3D10	3D10
K3	40	40	3D10	3D10

Tabel 5. 75 Rekapitulasi Tulangan Geser Kolom Eksisting

Tip e	Lanta i	D.S Plastis X	D.S Plastis y	D.S L Plastis X	D.S L Plastis y
K1	5	P10-100	P10-100	P10-150	P10-150
K1- 1	4	P10-100	P10-100	P10-150	P10-150
	3	P10-100	P10-100	P10-150	P10-150
	2	P10-100	P10-100	P10-150	P10-150
	1	P10-100	P10-100	P10-150	P10-150
K2	5	P10-100	P10-100	P10-150	P10-150
	4	P10-100	P10-100	P10-150	P10-150
	3	P10-100	P10-100	P10-150	P10-150
	2	P10-100	P10-100	P10-150	P10-150
	1	P10-100	P10-100	P10-150	P10-150
K3	5	P10-100	P10-100	P10-150	P10-150
	4	P10-100	P10-100	P10-150	P10-150
	3	P10-100	P10-100	P10-150	P10-150
	2	P10-100	P10-100	P10-150	P10-150
	1	P10-100	P10-100	P10-150	P10-150

Berdasarkan hasil perhitungan desain dan analisis tulangan kolom didapatkan bahwa hasil desain penampang kolom masih memenuhi syarat terhadap kinerja struktur sesuai SNI 1726 2019.

5.16 Rangkuman Hasil dan Pembahasan

Berdasarkan hasil analisis yang telah dibahas dan diuraikan maka berikut ini penulis akan merangkum secara keseluruhan tentang hasil analisis penelitian ini.

5.16.1 Periode

Nilai periode yang didapatkan setelah memodelkan bangunan menggunakan Sap2000 yaitu sebesar;

1. Pada penampang tidak retak artinya momen inersia pada penampang balok belum direduksi, maka periode yang diperoleh yaitu sebesar 0,808288 detik.
2. Pada penampang retak artinya momen inersia pada penampang balok sudah direduksi. Pada penampang balok direduksi sampai 0,35 dan pada penampang kolom direduksi sampai 0,7. Maka periode yang diperoleh yaitu sebesar 1,1481 detik.

5.16.2 Gaya Geser Dasar

1. Gaya geser dasar statik

Nilai gaya geser dasar statik yang diperoleh yaitu sebesar 6035,2655 kN yang didapatkan dari perkalian antara Cs dengan berat struktur.

2. Gaya geser dasar dinamik

c. Berdasarkan SNI 03-1726-2012

Nilai gaya geser dasar analisis dinamik respon spektrum diperoleh nilai untuk gempa arah x sebesar 4488,01 kN dan gempa arah y 5407,66 kN. Berdasarkan nilai tersebut maka gaya geser dasar pada gempa arah x harus diskalakan karena kurang dari gaya geser dasar statik. Setelah diskalakan maka diperoleh nilai gaya geser dasar dinamik pada gempa arah x sebesar 5130,194 kN, sehingga gaya geser dasar dinamik telah memenuhi syarat karena lebih besar dari nilai gaya geser dasar statik.

d. Berdasarkan SNI 03-1726-2019

Nilai gaya geser dasar analisis dinamik respon spektrum diperoleh nilai untuk gempa arah x sebesar 4224,468 kN dan gempa arah y sebesar 5138,978 kN. Berdasarkan nilai tersebut maka gaya geser dasar pada gempa arah x dan arah y harus diskalakan karena kurang dari gaya geser dasar statik. Setelah diskalakan maka diperoleh nilai gaya geser dasar dinamik untuk gempa arah x sebesar 6040,99 kN dan gempa arah y sebesar 6038,299 kN, sehingga nilai gaya geser dinamik pada gempa arah x maupun arah y telah memenuhi syarat karena lebih besar dari gaya geser dasar statik.

5.16.3 Ketidakberaturan Struktur

1. Ketidakberaturan vertikal

a. Ketidakberaturan tingkat lunak

Setelah melakukan analisis terhadap struktur yang telah dimodelkan didapatkan bahwa struktur Gedung Kuliah Bersama Politeknik Negeri Cilacap tidak terdapat ketidakberaturan tingkat lunak dan ketidakberaturan tingkat lunak berlebih. Rekapitulasi perhitungan ketidakberaturan tingkat lunak dapat dilihat pada tabel 5.76 dan tabel 5.77 di bawah ini.

Tabel 5. 76 Rekapitulasi Ketidakberaturan Tingkat Lunak Arah X

Lantai	K	Cek	Cek	status
	(kN/mm)	70%	80%	
5	200,2	0	0	Regular
4	260,315	140,14	160,16	Regular
3	287,494	182,22	184,206	Regular
2	335,852	201,246	199,469	Regular
1	656,944	235,097	235,643	Regular

Tabel 5. 77 Rekapitulasi Ketidakberaturan Tingkat Lunak Arah Y

Lantai	K	Cek	Cek	status
	(kN/mm)	70%	80%	
5	291,036	0	0	Regular
4	377,644	203,725	232,829	Regular
3	407,498	264,35	267,472	Regular
2	456,465	285,249	286,981	Regular
1	826,173	319,525	331,095	Regular

b. Ketidakberaturan massa

Setelah melakukan analisis terhadap struktur yang dimodelkan maka didapatkan bahwa pada struktur Gedung Kuliah Politeknik Negeri Cilacap tidak mengalami ketidakberaturan massa. Rekapitulasi perhitungan ketidakberaturan massa dapat dilihat pada tabel 5.78 di bawah ini.

Tabel 5. 78 Rekapitulasi Ketidakberaturan Massa

Lantai	W (kN)	Cek	Status
5	8753,671	13131	Regular
4	8753,671	13131	Regular
3	8753,671	13131	Regular
2	8753,671	13131	Regular
1	8753,671	13131	Regular

c. Ketidakberaturan geometri vertikal

Setelah dilakukan analisis terhadap struktur yang sudah dimodelkan didapatkan bahwa struktur Gedung Kuliah Politeknik Negeri Cilacap tidak mengalami ketidakberaturan geometri vertikal. Rekapitulasi perhitungan ketidakberaturan geometri vertikal dapat dilihat pada tabel 5.79 di bawah ini.

Tabel 5. 79 Rekapitulasi Ketidakberaturan Geometri Vertikal

Lantai	di (m)	di/di+1	Status
5	0,6	0,91	Regular
4	0,7	0,78	Regular
3	0,7	0,91	Regular
2	0,7	0,91	Regular
1	0,7	0,91	Regular

- d. Ketidakberaturan diskontinuitas bidang vertikal pemikul gaya lateral
Berdasarkan data struktur yang diperoleh, maka tidak dijumpai kolom portal yang diskontinuitas dari atas hingga dasar bangunan Gedung Kuliah Bersama Politeknik Negeri Cilacap.
- e. Ketidakberaturan tingkat lemah
Setelah melakukan analisis terhadap struktur yang telah dimodelkan didapatkan bahwa struktur Gedung Kuliah Bersama Politeknik Negeri Cilacap tidak mengalami ketidakberaturan tingkat lemah. Rekapitulasi perhitungan ketidakberaturan tingkat lemah dapat dilihat pada tabel 5.80 di bawah ini.

Tabel 5. 80 Rekapitulasi Ketidakberaturan Tingkat Lemah

Lantai	Cv	Cx	Vi/Vi+1	Status
5	0,34183	0,34183	0	
4	0,26785	0,60968	1,78358	Regular
3	0,19653	0,8062	1,32235	Regular
2	0,12856	0,93476	1,15946	Regular
1	0,06524	1	1,06979	Regular

2. Ketidakberaturan horizontal

a. Ketidakberaturan torsi

Setelah melakukan analisis terhadap struktur yang dimodelkan maka didapatkan bahwa struktur Gedung Kuliah Bersama Politeknik Negeri Cilacap mengalami ketidakberaturan horizontal pada arah gempa 100% ke arah y positif dan terjadi pada lantai 1 sampai dengan lantai 5. Sehingga harus dikalikan dengan faktor pembesaran torsi dan analisis respon seismik harus menggunakan analisis dinamik respon spektrum.

Rekapitulasi perhitungan ketidakberaturan torsi dapat dilihat sebagai berikut ini.

Tabel 5. 81 Rekapitulasi Ketidakberaturan Torsi Gempa Arah X

Lt	$\Delta_{max}/\Delta_{avg}$				Status
	+1ex+0,3ey	+1ex-0,3ey	-1ex+0,3ey	-1ex-0,3ey	
5	1,020	1,018	0,982	0,980	Regular
4	1,017	1,016	0,983	0,983	Regular
3	1,017	1,016	0,984	0,983	Regular
2	1,016	1,017	0,983	0,984	Regular
1	1,016	1,020	0,980	0,985	Regular

Tabel 5. 82 Rekapitulasi Ketidakberaturan Torsi Gempa Arah Y

Lantai	$\Delta_{max}/\Delta_{avg}$		Status
	+0,3ex+1ey	-0,3ex+1ey	
5	1,223	1,232	Irregular
4	1,233	1,237	Irregular
3	1,239	1,239	Irregular
2	1,248	1,248	Irregular
1	1,274	1,273	Irregular

Tabel 5. 83 Rekapitulasi Ketidakberaturan Torsi Gempa Arah Y

Lantai	$\Delta_{max}/\Delta_{avg}$		Status
	+0,3ex-1ey	-0,3ex-1ey	
5	0,250	0,776	Regular
4	0,391	0,767	Regular
3	0,573	0,762	Regular
2	0,828	0,752	Regular
1	0,738	0,726	Regular

b. Ketidakberaturan sudut dalam

Setelah melakukan analisis terhadap struktur yang dimodelkan didapatkan bahwa struktur Gedung Kuliah Bersama Politeknik Negeri Cilacap mengalami ketidakberaturan sudut dalam.

c. Ketidakberaturan dikontinuitas diafragma

Setelah melakukan analisis terhadap struktur yang dimodelkan didapatkan bahwa struktur Gedung Kuliah Bersama Politeknik Negeri Cilacap tidak mengalami ketidakberaturan diskontinuitas diafragma. Rekapitulasi

perhitungan ketidakberaturan diskontinuitas diafragma dapat dilihat sebagai berikut.

**Tabel 5. 84 Rekapitulasi Ketidakberaturan Diskontinuitas
Diafragma**

Lt	Luas diafragma			50% A bruto	Status
	A bruto (m2)	A Void (m2)	A netto (m2)		
5	886,875	52,124	834,751	443,4375	Regular
4	886,875	52,124	834,751	443,4375	Regular
3	886,875	52,124	834,751	443,4375	Regular
2	886,875	52,124	834,751	443,4375	Regular
1	886,875	52,124	834,751	443,4375	Regular

- d. Ketidakberaturan akibat pergeseran tegak lurus bidang
Berdasarkan data struktur yang diperoleh, maka tidak dijumpai dinding atau kolom pemikul beban lateral yang bergeser dari tegak lurus bidang.
- e. Ketidakberaturan sistem non paralel
Berdasarkan data struktur yang diperoleh, maka tidak dijumpai elemen vertikal pemikul gaya lateral yang tidak paralel terhadap sumbu-sumbu orthogonal.

5.16.4 Mass Participation Ratios

1. Berdasarkan SNI 03-1726-2012

Menurut SNI 1726 2012 analisis harus dilakukan untuk menentukan ragam getar struktur bangunan. Analisis harus menyertakan jumlah ragam yang cukup untuk mendapatkan partisipasi massa ragam terkombinasi paling sedikit 90% dari massa aktual dari masing-masing arah. Setelah melakukan analisis menggunakan SAP2000 didapatkan jumlah ragam getar atau mass participation ratio sebesar 90% yaitu pada modal ke-4 untuk arah x dan modal ke-5 untuk arah y. Hasil mass participation ratio dapat dilihat pada tabel 5.85 berikut.

Tabel 5. 85 Mass Participation Ratios SNI 03-1726-2012

OutputCase	StepType	StepNum	SumUX	SumUY
Text	Text	Unitless	Unitless	Unitless
MODAL	Mode	1	0,79525	0,00052
MODAL	Mode	2	0,79577	0,80642
MODAL	Mode	3	0,79577	0,80698
MODAL	Mode	4	0,90947	0,80703
MODAL	Mode	5	0,9095	0,91535
MODAL	Mode	6	0,9095	0,91535
MODAL	Mode	7	0,90951	0,91535
MODAL	Mode	8	0,90954	0,91535
MODAL	Mode	9	0,90954	0,91536
MODAL	Mode	10	0,90957	0,91537
MODAL	Mode	11	0,90963	0,91539
MODAL	Mode	12	0,90965	0,91539
MODAL	Mode	13	0,90967	0,91566
MODAL	Mode	14	0,90967	0,91566
MODAL	Mode	15	0,90971	0,91566
MODAL	Mode	16	0,90972	0,91567
MODAL	Mode	17	0,90972	0,91567
MODAL	Mode	18	0,90978	0,91567

2. Berdasarkan SNI 03-1726-2019

Menurut SNI 1726 2019 analisis harus dilakukan untuk menentukan ragam getar struktur. Analisis harus menyertakan jumlah ragam yang cukup untuk mendapatkan partisipasi massa ragam sebesar 100% dari massa struktur. Setelah melakukan analisis menggunakan SAP2000 didapatkan jumlah ragam getar atau mass participation ratio sebesar 100% yaitu pada modal ke-528 untuk arah x dan modal ke-776 untuk arah y. Hasil mass participation ratio dapat dilihat pada tabel 5.86 berikut.

Tabel 5. 86 Mass Participation Ratios SNI 03-1726-2019

OutputCase	StepType	StepNum	SumUX	SumUY
Text	Text	Unitless	Unitless	Unitless
MODAL	Mode	524	0,99999	0,9985
MODAL	Mode	525	0,99999	0,9985
MODAL	Mode	526	0,99999	0,9985
MODAL	Mode	527	0,99999	0,9985
MODAL	Mode	528	1	0,9985
MODAL	Mode	529	1	0,9985
MODAL	Mode	773	1	0,99999
MODAL	Mode	774	1	0,99999
MODAL	Mode	775	1	0,99999
MODAL	Mode	776	1	1

5.16.5 Simpangan Antar Lantai

1. Berdasarkan SNI 03-1726-2012

Setelah melakukan analisis terhadap struktur yang telah dimodelkan maka didapatkan bahwa struktur Gedung Kuliah Bersama Politeknik Negeri Cilacap memenuhi syarat simpangan antar lantai terhadap gempa arah x dan arah y.

Berikut ini merupakan rekapitulasi perhitungan simpangan antar lantai yang dapat dilihat pada tabel 5. 87 di bawah ini.

Tabel 5. 87 Rekapitulasi Simpangan Antar Lantai SNI 03-1726-2012

Lantai	Arah X		Status	Arah Y		Status
	Δ	$\Delta a/\rho$		Δ	$\Delta a/\rho$	
5	0,01872	0,04	OKE	0,01872	0,04	OKE
4	0,02989	0,04	OKE	0,02989	0,04	OKE
3	0,03637	0,04	OKE	0,03637	0,04	OKE
2	0,03949	0,04	OKE	0,03949	0,04	OKE
1	0,03867	0,04	OKE	0,03867	0,04	OKE

2. Berdasarkan SNI 03-1726-2019

Setelah melakukan analisis terhadap struktur yang telah dimodelkan maka didapatkan bahwa struktur Gedung Kuliah Bersama Politeknik Negeri Cilacap memenuhi syarat simpangan antar lantai terhadap gempa arah x dan arah y.

Berikut ini merupakan rekapitulasi perhitungan simpangan antar lantai yang dapat dilihat pada tabel 5. 88 di bawah ini.

Tabel 5. 88 Rekapitulasi Simpangan Antar Lantai SNI 03-1726-2019

Lantai	Arah X		Status	Arah Y		Status
	Δ	$\Delta a/\rho$		Δ	$\Delta a/\rho$	
5	0,02945	0,04	OKE	0,01222	0,04	OKE
4	0,03427	0,04	OKE	0,02659	0,04	OKE
3	0,03741	0,04	OKE	0,03426	0,04	OKE
2	0,03958	0,04	OKE	0,03950	0,04	OKE
1	0,03867	0,04	OKE	0,03732	0,04	OKE

5.16.6 Pengaruh P-Delta

1. Berdasarkan SNI 03-1726-2012

Setelah melakukan analisis terhadap struktur yang telah dimodelkan maka didapatkan bahwa struktur Gedung Kuliah Bersama Politeknik Negeri Cilacap memenuhi syarat pengaruh P-Delta terhadap gempa arah x dan arah y.

Berikut ini merupakan rekapitulasi perhitungan pengaruh P-delta yang dapat dilihat pada tabel 5. 89 di bawah ini.

Tabel 5. 89 Rekapitulasi Pengaruh P-Delta SNI 03-1726-2012

Lantai	Arah X		Arah Y		Status	Status
	Θ	Θ_{max}	Θ	Θ_{max}		
5	0,0156	0,1212	0,0156	0,1212	OK	No P-Delta Effect
4	0,0305	0,1212	0,0305	0,1212	OK	No P-Delta Effect
3	0,0423	0,1212	0,0423	0,1212	OK	No P-Delta Effect
2	0,0513	0,1212	0,0513	0,1212	OK	No P-Delta Effect
1	0,0562	0,1212	0,0562	0,1212	OK	No P-Delta Effect

2. Berdasarkan SNI 03-1726-2019

Setelah melakukan analisis terhadap struktur yang telah dimodelkan maka didapatkan bahwa struktur Gedung Kuliah Bersama Politeknik Negeri Cilacap memenuhi syarat pengaruh P-Delta terhadap gempa arah x dan arah y.

Berikut ini merupakan rekapitulasi perhitungan pengaruh P-delta yang dapat dilihat pada tabel 5. 90 di bawah ini.

Tabel 5. 90 Rekapitulasi Pengaruh P-Delta SNI 03-1726-2019

Lantai	Arah X		Arah Y		Status	Status
	Θ	Θ max	Θ	Θ max		
5	0,0227	0,1212	0,0081	0,1212	OK	No P-Delta Effect
4	0,0316	0,1212	0,0205	0,1212	OK	No P-Delta Effect
3	0,0389	0,1212	0,0294	0,1212	OK	No P-Delta Effect
2	0,0458	0,1212	0,0375	0,1212	OK	No P-Delta Effect
1	0,0502	0,1212	0,0399	0,1212	OK	No P-Delta Effect

5.16.7 Kinerja Batas Layan

Setelah melakukan analisis terhadap struktur yang telah dimodelkan maka didapatkan bahwa struktur Gedung Kuliah Bersama Politeknik Negeri Cilacap memenuhi syarat kinerja batas layan terhadap gempa arah x maupun arah y. Berikut ini merupakan perhitungan kinerja batas layan yang dapat dilihat pada tabel 5.91 di bawah ini.

Tabel 5. 91 Rekapitulasi Kinerja Batas Layan

Lantai	Δx antar tingkat	Δy antar tingkat	Syarat	Status
5	0,0138	0,0089	0,0150	Aman
4	0,0147	0,0097	0,0150	Aman
3	0,0149	0,0148	0,0150	Aman
2	0,0146	0,0113	0,0150	Aman
1	0,0180	0,0152	0,0188	Aman

5.16.8 Kinerja Batas Ultimit

Setelah melakukan analisis terhadap struktur yang telah dimodelkan maka didapatkan bahwa struktur Gedung Kuliah Bersama Politeknik Negeri Cilacap memenuhi syarat kinerja batas ultimit terhadap gempa arah x maupun arah y. Berikut ini merupakan perhitungan kinerja batas ultimit yang dapat dilihat pada tabel 5.92 di bawah ini.

Tabel 5. 92 Rekapitulasi Kinerja Batas Ultimit

Lantai	$\xi\Delta x$ antar tingkat	$\xi\Delta y$ antar tingkat	Syarat	Status
5	0,0539	0,0422	0,0800	Aman
4	0,0576	0,0462	0,0800	Aman
3	0,0583	0,0704	0,0800	Aman
2	0,0570	0,0539	0,0800	Aman
1	0,0704	0,0723	0,1000	Aman

5.16.9 Perhitungan Kebutuhan Penampang Struktur Bangunan Terhadap Kinerja Struktur Sesuai SNI 03-1726-2019

Perhitungan dilakukan terhadap penampang balok guna mengetahui kebutuhan penampang balok terhadap kinerja struktur sesuai SNI 03-1726-2019.

1. Struktur Balok

Berdasarkan hasil perhitungan desain dan analisis terhadap penampang balok terhadap adanya perubahan peraturan dari SNI 1726 2012 menjadi SNI 1726 2019 dengan menggunakan data penampang balok eksisting ternyata beberapa tipe balok belum memenuhi syarat. Sehingga dilakukan percobaan atau *trial* pada jumlah tulangan dengan cara menambah ataupun mengurangi jumlah tulangan pada penampang balok. Setelah melakukan *trial* pada jumlah tulangan balok maka didapatkan bahwa struktur balok yang didesain sudah memenuhi syarat sesuai SNI 1726 2019. Dengan terjadi penambahan jumlah tulangan sebesar 33,33 % pada balok tipe B3, B6 dan B7. Sedangkan pada balok tipe B1, B2 dan B4 terjadi pengurangan jumlah tulangan sebesar 10 – 25 %. Berikut ini adalah perbandingan proporsi tulangan pada penampang balok yang dapat dilihat pada tabel 5.93 di bawah ini.

Tabel 5. 93 Rekapitulasi Perbandingan Proporsi Tulangan Balok

Balok	Uraian	Balok Desain				Balok Eksisting			
		Tulangan Lentur		Tulangan Geser		Tulangan Lentur		Tulangan Geser	
		Tumpuan	Lapangan	Sendi Plastis	Luar Sendi Plastis	Tumpuan	Lapangan	Sendi Plastis	Luar Sendi Plastis
B1	Atas	6D22	3D22	P10-100 mm	1,5P10-150 mm	6D22	4D22	P10-100 mm	P10-150 mm
	Bawah	3D22	6D22			4D22	6D22		
B2	Atas	6D22	3D22	P10-100 mm	1,5P10-150 mm	8D22	4D22	P10-100 mm	P10-150 mm
	Bawah	3D22	6D22			4D22	8D22		
B3	Atas	6D22	3D22	P10-100 mm	P10-150 mm	3D22	3D22	P10-100 mm	P10-150 mm
	Bawah	3D22	6D22			3D22	3D22		
B4	Atas	5D19	3D19	P10-100 mm	P10-150 mm	5D19	5D19	P10-100 mm	P10-150 mm
	Bawah	3D19	5D19			5D19	5D19		
B5	Atas	6D19	4D19	P10-100 mm	P10-150 mm	6D19	4D19	P10-100 mm	P10-150 mm
	Bawah	4D19	6D19			4D19	6D19		
B6	Atas	6D19	3D19	P10-100 mm	P10-150 mm	3D19	3D19	P10-100 mm	P10-150 mm
	Bawah	3D19	6D19			3D19	3D19		
B7	Atas	6D16	3D16	P10-100 mm	P10-150 mm	3D16	3D16	P10-100 mm	P10-150 mm
	Bawah	3D16	6D16			3D16	3D16		
B8	Atas	6D19	4D19	P10-100 mm	P10-150 mm	6D19	4D19	P10-100 mm	P10-150 mm
	Bawah	4D19	6D19			4D19	6D19		

2. Struktur Kolom

Berdasarkan hasil perhitungan desain dan analisis terhadap penampang kolom terhadap adanya perubahan peraturan dari SNI 1726 2012 menjadi SNI 1726 2019 dengan menggunakan data penampang kolom eksisting ternyata beberapa tipe kolom belum memenuhi syarat pada desain tulangan geser. Sehingga dilakukan percobaan atau trial pada jumlah tulangan geser dengan cara menambah ataupun mengurangi jumlah tulangan geser dan spasi tulangan geser pada penampang kolom. Setelah melakukan trial pada jumlah tulangan geser dan spasi tulangan geser kolom maka didapatkan bahwa struktur kolom yang didesain sudah memenuhi syarat sesuai SNI 1726 2019. Dengan terjadi penambahan jumlah tulangan geser sebesar 33,33 % pada kolom tipe K1-1 dan K1. Sedangkan pada kolom tipe K2 terjadi pengurangan spasi jarak antar tulangan geser sebesar 25 - 40 %. Dan pada kolom tipe K3 terjadi pengurangan spasi antar tulangan geser yaitu pada lantai 1 sebesar 4%. Berikut ini adalah perbandingan proporsi tulangan pada penampang kolom yang dapat dilihat pada tabel 5.94 di bawah ini.

Tabel 5. 94 Rekapitulasi Perbandingan Proporsi Tulangan Kolom

Tipe	Lantai	Kolom Desain			Kolom Eksisting		
		Tul. Lentur	Tulangan Geser		Tul Lentur	Tulangan Geser	
		Arah X dan Y	D.S Plastis X dan Y	D.S L Plastis X dan Y	Arah X dan Y	D.S Plastis X dan Y	D.S L Plastis X dan Y
K1	5	4D10	1,5P10-100	1,5P10-150	4D10	P10-100	P10-150
K1-1	4	5D22	1,5P10-100	1,5P10-150	5D22	P10-100	P10-150
	3		1,5P10-100	1,5P10-150		P10-100	P10-150
	2		1,5P10-100	1,5P10-150		P10-100	P10-150
	1		1,5P10-100	1,5P10-150		P10-100	P10-150
K2	5	3D22	P10-60	P10-100	3D22	P10-100	P10-150
	4		P10-60	P10-100		P10-100	P10-150
	3		P10-60	P10-100		P10-100	P10-150
	2		P10-60	P10-100		P10-100	P10-150
	1		P10-75	P10-100		P10-100	P10-150
K3	5	3D22	P10-100	P10-150	3D22	P10-100	P10-150
	4		P10-100	P10-150		P10-100	P10-150
	3		P10-100	P10-150		P10-100	P10-150
	2		P10-100	P10-150		P10-100	P10-150
	1		P10-96	P10-100		P10-100	P10-150

BAB VI

KESIMPULAN DAN SARAN

6.1 Kesimpulan

Setelah melakukan analisis respon seismik Gedung Kuliah Bersama Politeknik Negeri Cilacap berdasarkan SNI 03-1726-2012 dan SNI 03-1726-2019 dengan analisis dinamik menggunakan respon spektrum maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut.

1. Berdasarkan hasil analisis respon seismik yang dilakukan maka diperoleh kesimpulan sebagai berikut:
 - a. Berdasarkan hasil analisis ketidakberaturan vertikal yaitu tingkat lunak, ketidakberaturan massa, ketidakberaturan geometri, ketidakberaturan diskontinuitas bidang vertikal, dan ketidakberaturan tingkat lemah didapatkan hasil bahwa gedung ini memenuhi syarat ketidakberaturan vertikal.
 - b. Berdasarkan hasil analisis ketidakberaturan horizontal yaitu pada ketidakberaturan torsi didapatkan hasil bahwa pada gempa arah y gedung mengalami ketidakberaturan torsi pada lantai 1 sampai lantai 5.
 - c. Berdasarkan hasil analisis simpangan antar lantai didapatkan bahwa berdasarkan SNI 03-1726-2012 dan SNI 03-1726-2019 saat menggunakan beban gempa arah x maupun arah y memenuhi syarat simpangan antar lantai dengan terjadi peningkatan sebesar 15%.
 - d. Berdasarkan hasil analisis pengaruh P-delta diketahui bahwa berdasarkan SNI 03-1726-2012 maupun SNI 03-1726-2019 telah memenuhi syarat pengaruh P-delta dengan terjadi peningkatan sebesar 4%.
 - e. Berdasarkan hasil analisis gaya geser dasar didapatkan bahwa berdasarkan SNI 03-1726-2012 dan SNI 03-1726-2019 terjadi peningkatan gaya geser dasar sebesar 18%.

2. Berdasarkan hasil analisis kinerja struktur yang diperoleh didapatkan bahwa Gedung Kuliah Bersama Politeknik Negeri Cilacap telah memenuhi persyaratan kinerja batas layan dan kinerja batas ultimit.
3. Berdasarkan hasil analisis penampang balok dan kolom setelah dilakukan penskalaan gaya geser dasar disimpulkan bahwa penampang balok dan kolom masih memenuhi syarat sesuai SNI 1726 2019.

6.2 Saran

Berdasarkan penulisan tugas akhir ini, saran yang dapat disampaikan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Analisis dinamik menggunakan respon spektrum berdasarkan SNI 03-1726-2019 perlu dilakukan analisis serupa pada gedung yang lebih tinggi untuk dapat mengetahui perilaku struktur.
2. Penelitian selanjutnya dapat dilakukan terhadap struktur gedung pada daerah dengan tingkat gempa yang tinggi.
3. Penelitian respon seismik ini dapat dikembangkan menggunakan metode lainnya seperti analisis riwayat waktu (*time history*).

DAFTAR PUSTAKA

- Aditya, B. (2021). *Pengaruh Perubahan SNI 1726 2012 Menjadi SNI 1726 2019 Untuk Nilai Gaya Gesar Dasar Statik Ekuivalen (Studi Kasus Gedung Kampus di Provinsi Jawa Tengah)*.
- Akhir, T. P. (2017). *PEDOMAN TUGAS AKHIR PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA*. Yogyakarta: Prodi Teknik Sipil Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Universitas Islam Indonesia.
- Kori, A. F. (2020). *Analisis Perbandingan Gaya Gempa Berdasar SNI 1726 2002 dan SNI 1726 2012 Terhadap Struktur Atas Gedung Perpustakaan dan Laboratorium Politeknik Negeri Madiun*.
- Nasional, B. S. (1989). *Pedoman Perencanaan Pembebanan untuk Rumah dan Gedung*. Jakarta: Badan Standardisasi Nasional.
- Nasional, B. S. (2012). *Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non Gedung*. Jakarta: Badan Standardisasi Nasional.
- Nasional, B. S. (2019). *Persyaratan Beton Struktural Untuk Bangunan Gedung dan Penjelasan*. Jakarta: Badan Standardisasi Nasional.
- Nasional, B. S. (2019). *Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Struktur Gedung dan Non Gedung*. Jakarta: Badan Standardisasi Nasional.
- Nasional, B. S. (2020). *Beban Desain Minimum dan Kriteria Terkait untuk Bangunan Gedung dan Struktur Lain*. Jakarta: Badan Standardisasi Nasional.
- Nasional, B. S. (2020). *SNI 03-1727-2020 Beban Desain Minimum dan Kriteria Terkait Untuk Bangunan Gedung dan Struktur Lain*. Jakarta: Badan Standardisasi Nasional.
- Pawirodikromo, W. (2012). Yogyakarta: Pustaka Pelajar.

- Purwoko, A. (2018). *Studi Perbandingan Gaya Gempa Pada Struktur Bangunan di Samarinda Berdasarkan SNI 03 1726 2002 dan SNI 03 1726 2012*.
- Rohman, R. K. (2014). *Studi Perbandingan Analisis Gaya Gempa Terhadap Struktur Gedung Di Kota Madiun Berdasar SNI 1726 2012 dan RSNi 201X*.
- Wicaksana, A. (2021). *Pembandingan Perencanaan Bangunan Tahan Gempa Menggunakan SNI 1726 2012 dan SNI 1726 2019*.





LAMPIRAN

Lampiran 1.1 Mass Participation Ratios Pada SAP2000 Berdasarkan SNI 03-1726-2012

TABLE: Modal Participating Mass Ratios					
OutputCase	StepType	StepNum	Period	SumUX	SumUY
Text	Text	Unitless	Sec	Unitless	Unitless
MODAL	Mode	1	1,148129	0,795250	0,000520
MODAL	Mode	2	0,982246	0,795770	0,806420
MODAL	Mode	3	0,888429	0,795770	0,806980
MODAL	Mode	4	0,354708	0,909470	0,807030
MODAL	Mode	5	0,313805	0,909500	0,915350
MODAL	Mode	6	0,283969	0,909500	0,915350
MODAL	Mode	7	0,210325	0,909510	0,915350
MODAL	Mode	8	0,206556	0,909540	0,915350
MODAL	Mode	9	0,204698	0,909540	0,915360
MODAL	Mode	10	0,202309	0,909570	0,915370
MODAL	Mode	11	0,20106	0,909630	0,915390
MODAL	Mode	12	0,199941	0,909650	0,915390
MODAL	Mode	13	0,199279	0,909670	0,915660
MODAL	Mode	14	0,19858	0,909670	0,915660
MODAL	Mode	15	0,197678	0,909710	0,915660
MODAL	Mode	16	0,196709	0,909720	0,915670
MODAL	Mode	17	0,195954	0,909720	0,915670
MODAL	Mode	18	0,195697	0,909780	0,915670

Lampiran 1.2 Mass Participation Ratios Pada SAP2000 Berdasarkan SNI 03-1726-2019

TABLE: Modal Participating Mass Ratios					
OutputCase	StepType	StepNum	Period	SumUX	SumUY
Text	Text	Unitless	Sec	Unitless	Unitless
MODAL	Mode	1	1,49389	0,90665	0,00093
MODAL	Mode	2	1,2233	0,90762	0,90477
MODAL	Mode	3	1,09914	0,908	0,90705
MODAL	Mode	4	0,43024	0,9736	0,9071
MODAL	Mode	5	0,37104	0,97365	0,97354
MODAL	Mode	6	0,33451	0,97367	0,97356
MODAL	Mode	7	0,21655	0,98974	0,97356
MODAL	Mode	8	0,21032	0,98976	0,97356
MODAL	Mode	9	0,20651	0,98979	0,97356
MODAL	Mode	10	0,20452	0,98979	0,97357
MODAL	Mode	11	0,20217	0,9898	0,9737
MODAL	Mode	12	0,20092	0,98981	0,97422
MODAL	Mode	13	0,20008	0,98981	0,97721
MODAL	Mode	14	0,19977	0,98981	0,97749
MODAL	Mode	15	0,19871	0,98981	0,97749
MODAL	Mode	16	0,19764	0,98982	0,97757
MODAL	Mode	17	0,19679	0,98982	0,97854
MODAL	Mode	18	0,19642	0,98982	0,98528
MODAL	Mode	19	0,19606	0,98982	0,98591
MODAL	Mode	20	0,1959	0,98982	0,98641
MODAL	Mode	21	0,19474	0,98983	0,98721
MODAL	Mode	22	0,19426	0,98983	0,98752
MODAL	Mode	23	0,19409	0,98983	0,98791
MODAL	Mode	24	0,19348	0,98983	0,98797
MODAL	Mode	25	0,19324	0,98983	0,98797
MODAL	Mode	26	0,19269	0,98983	0,988
MODAL	Mode	27	0,19247	0,98983	0,98801
MODAL	Mode	28	0,19213	0,98983	0,98802
MODAL	Mode	29	0,19202	0,98983	0,98803
MODAL	Mode	30	0,19174	0,98983	0,98803
MODAL	Mode	31	0,19167	0,98983	0,98806
MODAL	Mode	32	0,1916	0,98983	0,98806
MODAL	Mode	33	0,19131	0,98983	0,98806
MODAL	Mode	34	0,19107	0,98983	0,98808

OutputCase	StepType	StepNum	Period	SumUX	SumUY
Text	Text	Unitless	Sec	Unitless	Unitless
MODAL	Mode	35	0,19086	0,98983	0,98809
MODAL	Mode	36	0,18997	0,98984	0,98809
MODAL	Mode	37	0,18984	0,98984	0,9881
MODAL	Mode	38	0,1897	0,98984	0,9881
MODAL	Mode	39	0,18954	0,98984	0,98812
MODAL	Mode	40	0,18902	0,98984	0,98812
MODAL	Mode	41	0,18881	0,98984	0,98812
MODAL	Mode	42	0,18861	0,98984	0,98812
MODAL	Mode	43	0,18825	0,98984	0,98817
MODAL	Mode	44	0,18769	0,98985	0,98817
MODAL	Mode	45	0,18761	0,98985	0,98817
MODAL	Mode	46	0,18732	0,98985	0,98839
MODAL	Mode	47	0,18728	0,98985	0,98845
MODAL	Mode	48	0,18716	0,98985	0,98855
MODAL	Mode	49	0,18653	0,98985	0,98855
MODAL	Mode	50	0,18642	0,98985	0,9886
MODAL	Mode	51	0,1861	0,98985	0,98861
MODAL	Mode	52	0,18522	0,98985	0,98862
MODAL	Mode	53	0,18521	0,98985	0,98863
MODAL	Mode	54	0,1846	0,98985	0,98864
MODAL	Mode	55	0,18366	0,98985	0,98883
MODAL	Mode	56	0,18325	0,98986	0,98884
MODAL	Mode	57	0,183	0,98986	0,98887
MODAL	Mode	58	0,18238	0,98986	0,98887
MODAL	Mode	59	0,17783	0,98986	0,98888
MODAL	Mode	60	0,14554	0,98986	0,98888
MODAL	Mode	61	0,145	0,98986	0,98888
MODAL	Mode	62	0,13799	0,98986	0,98888
MODAL	Mode	63	0,1374	0,98987	0,98888
MODAL	Mode	64	0,13628	0,98987	0,98889
MODAL	Mode	65	0,13515	0,98987	0,98889
MODAL	Mode	66	0,1344	0,99054	0,98892
MODAL	Mode	67	0,13357	0,99386	0,98898
MODAL	Mode	68	0,13342	0,99509	0,98901
MODAL	Mode	69	0,13292	0,99518	0,98901
MODAL	Mode	70	0,1327	0,99523	0,98901

OutputCase	StepType	StepNum	Period	SumUX	SumUY
Text	Text	Unitless	Sec	Unitless	Unitless
MODAL	Mode	71	0,13241	0,99537	0,98902
MODAL	Mode	72	0,13204	0,99539	0,98902
MODAL	Mode	73	0,13151	0,99539	0,98902
MODAL	Mode	74	0,13133	0,99539	0,98902
MODAL	Mode	75	0,13086	0,9954	0,98902
MODAL	Mode	76	0,1306	0,9954	0,98903
MODAL	Mode	77	0,13044	0,99541	0,98903
MODAL	Mode	78	0,13017	0,99542	0,98903
MODAL	Mode	79	0,12954	0,99542	0,98903
MODAL	Mode	80	0,12904	0,99543	0,98903
MODAL	Mode	81	0,12807	0,99544	0,98905
MODAL	Mode	82	0,12751	0,99545	0,98922
MODAL	Mode	83	0,12734	0,99572	0,9929
MODAL	Mode	84	0,12685	0,99573	0,99324
MODAL	Mode	85	0,12627	0,99573	0,99328
MODAL	Mode	86	0,12605	0,99573	0,99331
MODAL	Mode	87	0,12592	0,99573	0,99331
MODAL	Mode	88	0,12517	0,99573	0,99336
MODAL	Mode	89	0,12355	0,99573	0,99337
MODAL	Mode	90	0,12303	0,99574	0,99342
MODAL	Mode	91	0,12274	0,99574	0,99342
MODAL	Mode	92	0,12234	0,99575	0,99343
MODAL	Mode	93	0,12127	0,99575	0,99343
MODAL	Mode	94	0,12079	0,9958	0,99366
MODAL	Mode	95	0,12065	0,99587	0,99399
MODAL	Mode	96	0,11991	0,99587	0,99401
MODAL	Mode	97	0,11954	0,99587	0,99401
MODAL	Mode	98	0,11928	0,99591	0,99403
MODAL	Mode	99	0,11905	0,99598	0,99419
MODAL	Mode	100	0,11888	0,99599	0,99419
MODAL	Mode	101	0,11861	0,996	0,99421
MODAL	Mode	102	0,11829	0,99601	0,99422
MODAL	Mode	103	0,11824	0,99603	0,99424
MODAL	Mode	104	0,1179	0,99604	0,99425
MODAL	Mode	105	0,11776	0,99604	0,99425
MODAL	Mode	106	0,11758	0,99605	0,99426

OutputCase	StepType	StepNum	Period	SumUX	SumUY
Text	Text	Unitless	Sec	Unitless	Unitless
MODAL	Mode	107	0,11735	0,99605	0,99428
MODAL	Mode	108	0,11721	0,99605	0,99429
MODAL	Mode	109	0,1171	0,99605	0,99429
MODAL	Mode	110	0,11676	0,99605	0,99429
MODAL	Mode	111	0,11659	0,99605	0,99429
MODAL	Mode	112	0,11618	0,99605	0,99429
MODAL	Mode	113	0,11614	0,99605	0,99429
MODAL	Mode	114	0,1159	0,99605	0,99429
MODAL	Mode	115	0,11577	0,99605	0,99429
MODAL	Mode	116	0,11549	0,99605	0,9943
MODAL	Mode	117	0,11529	0,99605	0,9943
MODAL	Mode	118	0,11527	0,99605	0,9943
MODAL	Mode	119	0,11495	0,99606	0,9943
MODAL	Mode	120	0,11485	0,99606	0,9943
MODAL	Mode	121	0,11463	0,99606	0,9943
MODAL	Mode	122	0,11451	0,99606	0,99432
MODAL	Mode	123	0,11434	0,99608	0,99433
MODAL	Mode	124	0,11426	0,99608	0,99434
MODAL	Mode	125	0,11418	0,99608	0,99434
MODAL	Mode	126	0,11394	0,99608	0,99435
MODAL	Mode	127	0,11383	0,99609	0,99435
MODAL	Mode	128	0,11374	0,99609	0,99435
MODAL	Mode	129	0,11367	0,99609	0,99436
MODAL	Mode	130	0,11348	0,99609	0,99436
MODAL	Mode	131	0,11337	0,99609	0,99436
MODAL	Mode	132	0,11316	0,9961	0,99438
MODAL	Mode	133	0,11301	0,9961	0,99438
MODAL	Mode	134	0,11297	0,9961	0,99438
MODAL	Mode	135	0,11291	0,9961	0,99438
MODAL	Mode	136	0,11281	0,9961	0,99438
MODAL	Mode	137	0,11259	0,99611	0,99439
MODAL	Mode	138	0,11258	0,99612	0,99443
MODAL	Mode	139	0,11242	0,99612	0,99443
MODAL	Mode	140	0,11227	0,99613	0,99449
MODAL	Mode	141	0,11206	0,99613	0,9945
MODAL	Mode	142	0,11204	0,99614	0,99451

OutputCase	StepType	StepNum	Period	SumUX	SumUY
Text	Text	Unitless	Sec	Unitless	Unitless
MODAL	Mode	143	0,11181	0,99614	0,99451
MODAL	Mode	144	0,11179	0,99614	0,99451
MODAL	Mode	145	0,1116	0,99615	0,99451
MODAL	Mode	146	0,11145	0,99615	0,99451
MODAL	Mode	147	0,11135	0,99615	0,99452
MODAL	Mode	148	0,11127	0,99615	0,99452
MODAL	Mode	149	0,11119	0,99615	0,99452
MODAL	Mode	150	0,11109	0,99616	0,99453
MODAL	Mode	151	0,11099	0,99617	0,99462
MODAL	Mode	152	0,11085	0,99618	0,99466
MODAL	Mode	153	0,11044	0,99618	0,99466
MODAL	Mode	154	0,11029	0,99618	0,99467
MODAL	Mode	155	0,10994	0,99618	0,99467
MODAL	Mode	156	0,10988	0,99618	0,99467
MODAL	Mode	157	0,10977	0,99618	0,99467
MODAL	Mode	158	0,1096	0,99618	0,99467
MODAL	Mode	159	0,10952	0,99618	0,99467
MODAL	Mode	160	0,10949	0,99618	0,99468
MODAL	Mode	161	0,10936	0,99618	0,99473
MODAL	Mode	162	0,10933	0,99618	0,99473
MODAL	Mode	163	0,10927	0,99618	0,99473
MODAL	Mode	164	0,10916	0,99618	0,99473
MODAL	Mode	165	0,10905	0,99618	0,99473
MODAL	Mode	166	0,10899	0,99618	0,99474
MODAL	Mode	167	0,10899	0,99618	0,99474
MODAL	Mode	168	0,1089	0,99618	0,99474
MODAL	Mode	169	0,1088	0,99618	0,99474
MODAL	Mode	170	0,10867	0,99618	0,99474
MODAL	Mode	171	0,10835	0,99619	0,99474
MODAL	Mode	172	0,10827	0,99619	0,99474
MODAL	Mode	173	0,10812	0,99619	0,99474
MODAL	Mode	174	0,10782	0,99619	0,99474
MODAL	Mode	175	0,10779	0,99619	0,99475
MODAL	Mode	176	0,10756	0,99619	0,99475
MODAL	Mode	177	0,1075	0,99619	0,99475
MODAL	Mode	178	0,10734	0,99619	0,99475

OutputCase	StepType	StepNum	Period	SumUX	SumUY
Text	Text	Unitless	Sec	Unitless	Unitless
MODAL	Mode	179	0,10731	0,99619	0,99475
MODAL	Mode	180	0,10715	0,99619	0,99475
MODAL	Mode	181	0,10685	0,99619	0,99475
MODAL	Mode	182	0,10649	0,99619	0,99475
MODAL	Mode	183	0,10636	0,99619	0,99475
MODAL	Mode	184	0,10631	0,99619	0,99475
MODAL	Mode	185	0,10605	0,99619	0,99475
MODAL	Mode	186	0,10587	0,99619	0,99475
MODAL	Mode	187	0,10585	0,99619	0,99475
MODAL	Mode	188	0,10535	0,99619	0,99477
MODAL	Mode	189	0,10506	0,99619	0,99477
MODAL	Mode	190	0,10488	0,99619	0,99477
MODAL	Mode	191	0,10471	0,9962	0,99478
MODAL	Mode	192	0,10458	0,9962	0,99478
MODAL	Mode	193	0,1045	0,9962	0,99478
MODAL	Mode	194	0,10418	0,9962	0,99479
MODAL	Mode	195	0,10403	0,9962	0,99479
MODAL	Mode	196	0,10363	0,9962	0,9948
MODAL	Mode	197	0,10349	0,9962	0,9948
MODAL	Mode	198	0,10342	0,9962	0,9948
MODAL	Mode	199	0,10326	0,9962	0,99481
MODAL	Mode	200	0,10266	0,99621	0,99481
MODAL	Mode	201	0,10243	0,99621	0,99481
MODAL	Mode	202	0,1023	0,99621	0,99481
MODAL	Mode	203	0,10215	0,99621	0,99481
MODAL	Mode	204	0,10044	0,99621	0,99481
MODAL	Mode	205	0,09944	0,99623	0,99484
MODAL	Mode	206	0,09757	0,99623	0,99484
MODAL	Mode	207	0,09643	0,99623	0,99484
MODAL	Mode	208	0,09637	0,99624	0,99484
MODAL	Mode	209	0,09619	0,99624	0,99484
MODAL	Mode	210	0,09614	0,99624	0,99484
MODAL	Mode	211	0,09591	0,99626	0,99486
MODAL	Mode	212	0,09584	0,99627	0,99486
MODAL	Mode	213	0,09558	0,99627	0,99486
MODAL	Mode	214	0,09519	0,99627	0,99486

OutputCase	StepType	StepNum	Period	SumUX	SumUY
Text	Text	Unitless	Sec	Unitless	Unitless
MODAL	Mode	215	0,09449	0,99627	0,99486
MODAL	Mode	216	0,09362	0,99627	0,99487
MODAL	Mode	217	0,09319	0,99627	0,99487
MODAL	Mode	218	0,09279	0,99627	0,99502
MODAL	Mode	219	0,09271	0,99627	0,99502
MODAL	Mode	220	0,09214	0,99627	0,99502
MODAL	Mode	221	0,09202	0,99627	0,99508
MODAL	Mode	222	0,09191	0,99627	0,99508
MODAL	Mode	223	0,09182	0,99627	0,99509
MODAL	Mode	224	0,09141	0,99627	0,99509
MODAL	Mode	225	0,09123	0,99627	0,99511
MODAL	Mode	226	0,09106	0,99627	0,99513
MODAL	Mode	227	0,09085	0,99627	0,99513
MODAL	Mode	228	0,09015	0,99664	0,99517
MODAL	Mode	229	0,08998	0,99783	0,99517
MODAL	Mode	230	0,0897	0,99784	0,99517
MODAL	Mode	231	0,08944	0,99784	0,99517
MODAL	Mode	232	0,08921	0,99786	0,99519
MODAL	Mode	233	0,08893	0,99786	0,9952
MODAL	Mode	234	0,08885	0,99786	0,99521
MODAL	Mode	235	0,08874	0,99786	0,99522
MODAL	Mode	236	0,08773	0,99788	0,99557
MODAL	Mode	237	0,08736	0,99788	0,99581
MODAL	Mode	238	0,08687	0,99788	0,99586
MODAL	Mode	239	0,08666	0,99788	0,99587
MODAL	Mode	240	0,08655	0,99788	0,99591
MODAL	Mode	241	0,08639	0,99788	0,99591
MODAL	Mode	242	0,08627	0,99788	0,99592
MODAL	Mode	243	0,08613	0,99789	0,99619
MODAL	Mode	244	0,08562	0,99789	0,99619
MODAL	Mode	245	0,08436	0,99789	0,9962
MODAL	Mode	246	0,08195	0,99789	0,9962
MODAL	Mode	247	0,07965	0,99789	0,9962
MODAL	Mode	248	0,07896	0,99789	0,9962
MODAL	Mode	249	0,0789	0,99789	0,9962
MODAL	Mode	250	0,07864	0,99789	0,99625

OutputCase	StepType	StepNum	Period	SumUX	SumUY
Text	Text	Unitless	Sec	Unitless	Unitless
MODAL	Mode	251	0,07836	0,9979	0,99625
MODAL	Mode	252	0,07815	0,9979	0,99625
MODAL	Mode	253	0,07791	0,99792	0,99625
MODAL	Mode	254	0,0753	0,99792	0,99625
MODAL	Mode	255	0,07202	0,99792	0,99625
MODAL	Mode	256	0,07082	0,99795	0,99626
MODAL	Mode	257	0,07041	0,99795	0,99626
MODAL	Mode	258	0,0696	0,99795	0,99626
MODAL	Mode	259	0,06934	0,99796	0,99626
MODAL	Mode	260	0,06871	0,99797	0,99626
MODAL	Mode	261	0,0686	0,99797	0,99627
MODAL	Mode	262	0,06856	0,99797	0,99627
MODAL	Mode	263	0,06642	0,99797	0,99627
MODAL	Mode	264	0,06594	0,99797	0,99627
MODAL	Mode	265	0,06488	0,99797	0,99627
MODAL	Mode	266	0,06443	0,99797	0,99627
MODAL	Mode	267	0,06405	0,99797	0,99627
MODAL	Mode	268	0,06296	0,99798	0,99627
MODAL	Mode	269	0,06256	0,99798	0,99627
MODAL	Mode	270	0,06247	0,99798	0,99627
MODAL	Mode	271	0,0624	0,99798	0,99628
MODAL	Mode	272	0,06183	0,99798	0,99632
MODAL	Mode	273	0,06173	0,998	0,99632
MODAL	Mode	274	0,06155	0,99801	0,99637
MODAL	Mode	275	0,05972	0,99815	0,9964
MODAL	Mode	276	0,05913	0,99828	0,99642
MODAL	Mode	277	0,05785	0,9983	0,99643
MODAL	Mode	278	0,05703	0,99831	0,99644
MODAL	Mode	279	0,05674	0,99831	0,99644
MODAL	Mode	280	0,05617	0,99831	0,99644
MODAL	Mode	281	0,05271	0,99831	0,99644
MODAL	Mode	282	0,05231	0,99831	0,99645
MODAL	Mode	283	0,05226	0,99832	0,99646
MODAL	Mode	284	0,05159	0,99832	0,99694
MODAL	Mode	285	0,05126	0,99832	0,99694
MODAL	Mode	286	0,05123	0,99832	0,99695

OutputCase	StepType	StepNum	Period	SumUX	SumUY
Text	Text	Unitless	Sec	Unitless	Unitless
MODAL	Mode	287	0,05116	0,99832	0,99699
MODAL	Mode	288	0,05114	0,99832	0,99699
MODAL	Mode	289	0,0508	0,99832	0,99702
MODAL	Mode	290	0,05069	0,99832	0,99702
MODAL	Mode	291	0,05057	0,99832	0,99703
MODAL	Mode	292	0,05045	0,99833	0,99703
MODAL	Mode	293	0,05034	0,99833	0,99703
MODAL	Mode	294	0,04951	0,99833	0,99703
MODAL	Mode	295	0,04926	0,99833	0,99703
MODAL	Mode	296	0,04901	0,99836	0,99705
MODAL	Mode	297	0,04852	0,99836	0,99705
MODAL	Mode	298	0,04836	0,99839	0,99706
MODAL	Mode	299	0,04758	0,9984	0,99706
MODAL	Mode	300	0,04698	0,99889	0,99708
MODAL	Mode	301	0,04654	0,99889	0,99708
MODAL	Mode	302	0,04618	0,99889	0,99708
MODAL	Mode	303	0,04583	0,99889	0,99708
MODAL	Mode	304	0,0456	0,99889	0,99708
MODAL	Mode	305	0,04524	0,99889	0,99709
MODAL	Mode	306	0,04488	0,99889	0,99709
MODAL	Mode	307	0,04481	0,99889	0,99709
MODAL	Mode	308	0,04451	0,99889	0,99709
MODAL	Mode	309	0,04446	0,99889	0,99709
MODAL	Mode	310	0,04425	0,99889	0,99709
MODAL	Mode	311	0,04386	0,99889	0,99709
MODAL	Mode	312	0,04363	0,99891	0,99709
MODAL	Mode	313	0,04361	0,99897	0,99709
MODAL	Mode	314	0,04348	0,99897	0,99709
MODAL	Mode	315	0,04341	0,99897	0,99709
MODAL	Mode	316	0,04321	0,99897	0,99709
MODAL	Mode	317	0,04305	0,99897	0,99709
MODAL	Mode	318	0,04292	0,99897	0,99709
MODAL	Mode	319	0,04283	0,99897	0,99709
MODAL	Mode	320	0,04275	0,99897	0,99709
MODAL	Mode	321	0,04271	0,99897	0,99709
MODAL	Mode	322	0,04262	0,99897	0,99709

OutputCase	StepType	StepNum	Period	SumUX	SumUY
Text	Text	Unitless	Sec	Unitless	Unitless
MODAL	Mode	323	0,04238	0,99897	0,99709
MODAL	Mode	324	0,04237	0,99899	0,99709
MODAL	Mode	325	0,04234	0,99899	0,99709
MODAL	Mode	326	0,04231	0,99899	0,99709
MODAL	Mode	327	0,04188	0,99903	0,99709
MODAL	Mode	328	0,04171	0,99903	0,99709
MODAL	Mode	329	0,04122	0,99903	0,99709
MODAL	Mode	330	0,04116	0,99903	0,99709
MODAL	Mode	331	0,04093	0,99904	0,9971
MODAL	Mode	332	0,0408	0,99904	0,9971
MODAL	Mode	333	0,04074	0,99904	0,9971
MODAL	Mode	334	0,04067	0,99904	0,9971
MODAL	Mode	335	0,04066	0,99904	0,9971
MODAL	Mode	336	0,04032	0,99904	0,9971
MODAL	Mode	337	0,04012	0,99904	0,9971
MODAL	Mode	338	0,03974	0,99905	0,99711
MODAL	Mode	339	0,0396	0,9991	0,99718
MODAL	Mode	340	0,03941	0,9991	0,99718
MODAL	Mode	341	0,03911	0,9991	0,99718
MODAL	Mode	342	0,03886	0,99911	0,99719
MODAL	Mode	343	0,03831	0,99911	0,99719
MODAL	Mode	344	0,03795	0,99911	0,99719
MODAL	Mode	345	0,03788	0,99911	0,99722
MODAL	Mode	346	0,03757	0,99911	0,99722
MODAL	Mode	347	0,03754	0,99911	0,99723
MODAL	Mode	348	0,03732	0,99911	0,99723
MODAL	Mode	349	0,03725	0,99911	0,99723
MODAL	Mode	350	0,0371	0,99911	0,99723
MODAL	Mode	351	0,037	0,99911	0,99723
MODAL	Mode	352	0,03694	0,99911	0,99723
MODAL	Mode	353	0,03629	0,99911	0,99723
MODAL	Mode	354	0,03608	0,99911	0,99733
MODAL	Mode	355	0,03588	0,99911	0,99733
MODAL	Mode	356	0,03539	0,99913	0,99733
MODAL	Mode	357	0,03511	0,99914	0,99735
MODAL	Mode	358	0,03479	0,99914	0,99735

OutputCase	StepType	StepNum	Period	SumUX	SumUY
Text	Text	Unitless	Sec	Unitless	Unitless
MODAL	Mode	359	0,03474	0,99914	0,99735
MODAL	Mode	360	0,03469	0,99914	0,99735
MODAL	Mode	361	0,03459	0,99915	0,99736
MODAL	Mode	362	0,03455	0,99916	0,99744
MODAL	Mode	363	0,0345	0,99916	0,99744
MODAL	Mode	364	0,03417	0,99916	0,99744
MODAL	Mode	365	0,03405	0,99919	0,99744
MODAL	Mode	366	0,03393	0,9992	0,99764
MODAL	Mode	367	0,03335	0,99945	0,99764
MODAL	Mode	368	0,03285	0,99964	0,99764
MODAL	Mode	369	0,03269	0,99965	0,99764
MODAL	Mode	370	0,03265	0,99965	0,99764
MODAL	Mode	371	0,0322	0,99965	0,99764
MODAL	Mode	372	0,03209	0,99972	0,99764
MODAL	Mode	373	0,03162	0,99972	0,99764
MODAL	Mode	374	0,03161	0,99972	0,99764
MODAL	Mode	375	0,03146	0,99972	0,99764
MODAL	Mode	376	0,03141	0,99972	0,99764
MODAL	Mode	377	0,03137	0,99972	0,99765
MODAL	Mode	378	0,03115	0,99972	0,99765
MODAL	Mode	379	0,03075	0,99972	0,99765
MODAL	Mode	380	0,03054	0,99972	0,99768
MODAL	Mode	381	0,03025	0,99974	0,99769
MODAL	Mode	382	0,03013	0,99974	0,99769
MODAL	Mode	383	0,02988	0,99975	0,9977
MODAL	Mode	384	0,02976	0,99975	0,9977
MODAL	Mode	385	0,02971	0,99975	0,9977
MODAL	Mode	386	0,02955	0,99975	0,9977
MODAL	Mode	387	0,02935	0,99975	0,9977
MODAL	Mode	388	0,02931	0,99975	0,99785
MODAL	Mode	389	0,02921	0,99975	0,99785
MODAL	Mode	390	0,02921	0,99975	0,99789
MODAL	Mode	391	0,02899	0,99975	0,9979
MODAL	Mode	392	0,02895	0,99975	0,9979
MODAL	Mode	393	0,02875	0,99981	0,9979
MODAL	Mode	394	0,02862	0,99981	0,9979

OutputCase	StepType	StepNum	Period	SumUX	SumUY
Text	Text	Unitless	Sec	Unitless	Unitless
MODAL	Mode	395	0,02842	0,99984	0,9979
MODAL	Mode	396	0,02832	0,99984	0,9979
MODAL	Mode	397	0,02823	0,99985	0,9979
MODAL	Mode	398	0,02812	0,99987	0,9979
MODAL	Mode	399	0,02777	0,99987	0,9979
MODAL	Mode	400	0,02771	0,99987	0,9979
MODAL	Mode	401	0,02738	0,99988	0,99791
MODAL	Mode	402	0,0272	0,99988	0,99791
MODAL	Mode	403	0,02672	0,99988	0,99791
MODAL	Mode	404	0,0266	0,99989	0,99791
MODAL	Mode	405	0,02631	0,99989	0,99792
MODAL	Mode	406	0,02542	0,99989	0,99792
MODAL	Mode	407	0,0252	0,99989	0,99795
MODAL	Mode	408	0,0251	0,99989	0,99795
MODAL	Mode	409	0,02504	0,99989	0,99795
MODAL	Mode	410	0,02496	0,99989	0,99795
MODAL	Mode	411	0,02484	0,9999	0,99795
MODAL	Mode	412	0,02461	0,99993	0,99795
MODAL	Mode	413	0,02438	0,99996	0,998
MODAL	Mode	414	0,02414	0,99996	0,99801
MODAL	Mode	415	0,02411	0,99996	0,99801
MODAL	Mode	416	0,02391	0,99996	0,99801
MODAL	Mode	417	0,02382	0,99996	0,99801
MODAL	Mode	418	0,02374	0,99996	0,99801
MODAL	Mode	419	0,02368	0,99996	0,99801
MODAL	Mode	420	0,02353	0,99996	0,99808
MODAL	Mode	421	0,02341	0,99996	0,99808
MODAL	Mode	422	0,02317	0,99996	0,99808
MODAL	Mode	423	0,02306	0,99996	0,99808
MODAL	Mode	424	0,02297	0,99996	0,99808
MODAL	Mode	425	0,02296	0,99996	0,99827
MODAL	Mode	426	0,02295	0,99996	0,99827
MODAL	Mode	427	0,02294	0,99996	0,99827
MODAL	Mode	428	0,02287	0,99996	0,99827
MODAL	Mode	429	0,02285	0,99997	0,99828
MODAL	Mode	430	0,02285	0,99997	0,99829

OutputCase	StepType	StepNum	Period	SumUX	SumUY
Text	Text	Unitless	Sec	Unitless	Unitless
MODAL	Mode	431	0,02275	0,99997	0,99829
MODAL	Mode	432	0,02254	0,99997	0,99829
MODAL	Mode	433	0,0225	0,99997	0,99829
MODAL	Mode	434	0,022	0,99998	0,99829
MODAL	Mode	435	0,0217	0,99998	0,9983
MODAL	Mode	436	0,0215	0,99999	0,99831
MODAL	Mode	437	0,02103	0,99999	0,99833
MODAL	Mode	438	0,0208	0,99999	0,99835
MODAL	Mode	439	0,02068	0,99999	0,99835
MODAL	Mode	440	0,02055	0,99999	0,9984
MODAL	Mode	441	0,02052	0,99999	0,9984
MODAL	Mode	442	0,0204	0,99999	0,9984
MODAL	Mode	443	0,02035	0,99999	0,99841
MODAL	Mode	444	0,02026	0,99999	0,99841
MODAL	Mode	445	0,02011	0,99999	0,99841
MODAL	Mode	446	0,01969	0,99999	0,99842
MODAL	Mode	447	0,01969	0,99999	0,99842
MODAL	Mode	448	0,01937	0,99999	0,99842
MODAL	Mode	449	0,01935	0,99999	0,99842
MODAL	Mode	450	0,01931	0,99999	0,99843
MODAL	Mode	451	0,01928	0,99999	0,99843
MODAL	Mode	452	0,01921	0,99999	0,99844
MODAL	Mode	453	0,01916	0,99999	0,99844
MODAL	Mode	454	0,0189	0,99999	0,99844
MODAL	Mode	455	0,0189	0,99999	0,99844
MODAL	Mode	456	0,01887	0,99999	0,99844
MODAL	Mode	457	0,01875	0,99999	0,99844
MODAL	Mode	458	0,01874	0,99999	0,99844
MODAL	Mode	459	0,01872	0,99999	0,99844
MODAL	Mode	460	0,01849	0,99999	0,99844
MODAL	Mode	461	0,01846	0,99999	0,99844
MODAL	Mode	462	0,01843	0,99999	0,99844
MODAL	Mode	463	0,01841	0,99999	0,99844
MODAL	Mode	464	0,0184	0,99999	0,99844
MODAL	Mode	465	0,01838	0,99999	0,99844
MODAL	Mode	466	0,01838	0,99999	0,99844

OutputCase	StepType	StepNum	Period	SumUX	SumUY
Text	Text	Unitless	Sec	Unitless	Unitless
MODAL	Mode	467	0,01828	0,99999	0,99844
MODAL	Mode	468	0,0181	0,99999	0,99845
MODAL	Mode	469	0,01808	0,99999	0,99845
MODAL	Mode	470	0,01805	0,99999	0,99845
MODAL	Mode	471	0,01802	0,99999	0,99845
MODAL	Mode	472	0,01798	0,99999	0,99846
MODAL	Mode	473	0,01797	0,99999	0,99846
MODAL	Mode	474	0,01796	0,99999	0,99846
MODAL	Mode	475	0,01794	0,99999	0,99846
MODAL	Mode	476	0,01791	0,99999	0,99848
MODAL	Mode	477	0,01777	0,99999	0,99848
MODAL	Mode	478	0,01774	0,99999	0,99848
MODAL	Mode	479	0,01714	0,99999	0,99848
MODAL	Mode	480	0,01709	0,99999	0,99848
MODAL	Mode	481	0,01705	0,99999	0,99848
MODAL	Mode	482	0,01701	0,99999	0,99848
MODAL	Mode	483	0,01699	0,99999	0,99848
MODAL	Mode	484	0,01697	0,99999	0,99848
MODAL	Mode	485	0,01672	0,99999	0,99848
MODAL	Mode	486	0,01666	0,99999	0,99848
MODAL	Mode	487	0,01646	0,99999	0,99848
MODAL	Mode	488	0,01638	0,99999	0,99848
MODAL	Mode	489	0,01627	0,99999	0,99849
MODAL	Mode	490	0,01625	0,99999	0,99849
MODAL	Mode	491	0,01625	0,99999	0,99849
MODAL	Mode	492	0,01624	0,99999	0,99849
MODAL	Mode	493	0,01623	0,99999	0,99849
MODAL	Mode	494	0,01622	0,99999	0,99849
MODAL	Mode	495	0,01621	0,99999	0,99849
MODAL	Mode	496	0,0162	0,99999	0,99849
MODAL	Mode	497	0,01619	0,99999	0,99849
MODAL	Mode	498	0,01619	0,99999	0,99849
MODAL	Mode	499	0,01618	0,99999	0,99849
MODAL	Mode	500	0,01608	0,99999	0,99849
MODAL	Mode	501	0,01593	0,99999	0,99849
MODAL	Mode	502	0,01586	0,99999	0,99849

OutputCase	StepType	StepNum	Period	SumUX	SumUY
Text	Text	Unitless	Sec	Unitless	Unitless
MODAL	Mode	503	0,0157	0,99999	0,99849
MODAL	Mode	504	0,01548	0,99999	0,99849
MODAL	Mode	505	0,01544	0,99999	0,99849
MODAL	Mode	506	0,01538	0,99999	0,99849
MODAL	Mode	507	0,01538	0,99999	0,99849
MODAL	Mode	508	0,01533	0,99999	0,99849
MODAL	Mode	509	0,01525	0,99999	0,99849
MODAL	Mode	510	0,01466	0,99999	0,99849
MODAL	Mode	511	0,01463	0,99999	0,99849
MODAL	Mode	512	0,01411	0,99999	0,99849
MODAL	Mode	513	0,01379	0,99999	0,99849
MODAL	Mode	514	0,01379	0,99999	0,99849
MODAL	Mode	515	0,01374	0,99999	0,99849
MODAL	Mode	516	0,01374	0,99999	0,99849
MODAL	Mode	517	0,01371	0,99999	0,9985
MODAL	Mode	518	0,01368	0,99999	0,9985
MODAL	Mode	519	0,01358	0,99999	0,9985
MODAL	Mode	520	0,01353	0,99999	0,9985
MODAL	Mode	521	0,01343	0,99999	0,9985
MODAL	Mode	522	0,01342	0,99999	0,9985
MODAL	Mode	523	0,01341	0,99999	0,9985
MODAL	Mode	524	0,01315	0,99999	0,9985
MODAL	Mode	525	0,01301	0,99999	0,9985
MODAL	Mode	526	0,01288	0,99999	0,9985
MODAL	Mode	527	0,01288	0,99999	0,9985
MODAL	Mode	528	0,0128	1	0,9985
MODAL	Mode	529	0,01272	1	0,9985
MODAL	Mode	530	0,01266	1	0,9985
MODAL	Mode	531	0,01248	1	0,9985
MODAL	Mode	532	0,01247	1	0,9985
MODAL	Mode	533	0,01244	1	0,99854
MODAL	Mode	534	0,01242	1	0,99854
MODAL	Mode	535	0,01241	1	0,99854
MODAL	Mode	536	0,01241	1	0,99854
MODAL	Mode	537	0,01237	1	0,99854
MODAL	Mode	538	0,01236	1	0,99854

OutputCase	StepType	StepNum	Period	SumUX	SumUY
Text	Text	Unitless	Sec	Unitless	Unitless
MODAL	Mode	539	0,01235	1	0,99854
MODAL	Mode	540	0,01234	1	0,99854
MODAL	Mode	541	0,01233	1	0,99854
MODAL	Mode	542	0,01232	1	0,99854
MODAL	Mode	543	0,0123	1	0,99854
MODAL	Mode	544	0,01223	1	0,99854
MODAL	Mode	545	0,01215	1	0,99854
MODAL	Mode	546	0,01207	1	0,99854
MODAL	Mode	547	0,01197	1	0,99855
MODAL	Mode	548	0,01191	1	0,99855
MODAL	Mode	549	0,01184	1	0,99855
MODAL	Mode	550	0,01178	1	0,99855
MODAL	Mode	551	0,01177	1	0,99855
MODAL	Mode	552	0,01176	1	0,99855
MODAL	Mode	553	0,01174	1	0,99855
MODAL	Mode	554	0,01165	1	0,99855
MODAL	Mode	555	0,01164	1	0,99855
MODAL	Mode	556	0,01162	1	0,99855
MODAL	Mode	557	0,01161	1	0,99855
MODAL	Mode	558	0,01149	1	0,99855
MODAL	Mode	559	0,01143	1	0,99855
MODAL	Mode	560	0,01143	1	0,99855
MODAL	Mode	561	0,01139	1	0,99855
MODAL	Mode	562	0,01133	1	0,99855
MODAL	Mode	563	0,01131	1	0,99855
MODAL	Mode	564	0,01122	1	0,99855
MODAL	Mode	565	0,01113	1	0,99855
MODAL	Mode	566	0,01111	1	0,99855
MODAL	Mode	567	0,01108	1	0,99855
MODAL	Mode	568	0,01107	1	0,99855
MODAL	Mode	569	0,01086	1	0,99855
MODAL	Mode	570	0,01077	1	0,99855
MODAL	Mode	571	0,01074	1	0,99855
MODAL	Mode	572	0,01074	1	0,99855
MODAL	Mode	573	0,01074	1	0,99855
MODAL	Mode	574	0,01074	1	0,99855

OutputCase	StepType	StepNum	Period	SumUX	SumUY
Text	Text	Unitless	Sec	Unitless	Unitless
MODAL	Mode	575	0,01073	1	0,99855
MODAL	Mode	576	0,01073	1	0,99855
MODAL	Mode	577	0,01073	1	0,99855
MODAL	Mode	578	0,01072	1	0,99855
MODAL	Mode	579	0,01072	1	0,99855
MODAL	Mode	580	0,01059	1	0,99855
MODAL	Mode	581	0,01051	1	0,99855
MODAL	Mode	582	0,01041	1	0,99855
MODAL	Mode	583	0,01035	1	0,99857
MODAL	Mode	584	0,01033	1	0,99857
MODAL	Mode	585	0,01022	1	0,99857
MODAL	Mode	586	0,01016	1	0,99857
MODAL	Mode	587	0,01015	1	0,99857
MODAL	Mode	588	0,01013	1	0,99857
MODAL	Mode	589	0,01008	1	0,99857
MODAL	Mode	590	0,00997	1	0,99857
MODAL	Mode	591	0,00997	1	0,99858
MODAL	Mode	592	0,00987	1	0,99858
MODAL	Mode	593	0,00985	1	0,99858
MODAL	Mode	594	0,00983	1	0,99858
MODAL	Mode	595	0,00972	1	0,99858
MODAL	Mode	596	0,00971	1	0,99858
MODAL	Mode	597	0,0097	1	0,99858
MODAL	Mode	598	0,00969	1	0,99858
MODAL	Mode	599	0,00967	1	0,99858
MODAL	Mode	600	0,00967	1	0,99858
MODAL	Mode	601	0,00965	1	0,99858
MODAL	Mode	602	0,00965	1	0,99858
MODAL	Mode	603	0,00964	1	0,99858
MODAL	Mode	604	0,00962	1	0,99858
MODAL	Mode	605	0,00962	1	0,99858
MODAL	Mode	606	0,00956	1	0,99858
MODAL	Mode	607	0,00951	1	0,99858
MODAL	Mode	608	0,00949	1	0,99858
MODAL	Mode	609	0,00949	1	0,99858
MODAL	Mode	610	0,00942	1	0,99858

OutputCase	StepType	StepNum	Period	SumUX	SumUY
Text	Text	Unitless	Sec	Unitless	Unitless
MODAL	Mode	611	0,00942	1	0,99858
MODAL	Mode	612	0,00938	1	0,99859
MODAL	Mode	613	0,00936	1	0,99859
MODAL	Mode	614	0,00933	1	0,99859
MODAL	Mode	615	0,00931	1	0,99859
MODAL	Mode	616	0,0093	1	0,99859
MODAL	Mode	617	0,00927	1	0,99859
MODAL	Mode	618	0,00926	1	0,99859
MODAL	Mode	619	0,00919	1	0,99859
MODAL	Mode	620	0,00917	1	0,99859
MODAL	Mode	621	0,00912	1	0,99859
MODAL	Mode	622	0,00911	1	0,99859
MODAL	Mode	623	0,00901	1	0,99859
MODAL	Mode	624	0,00901	1	0,99859
MODAL	Mode	625	0,00901	1	0,99859
MODAL	Mode	626	0,00901	1	0,99859
MODAL	Mode	627	0,00899	1	0,99859
MODAL	Mode	628	0,00897	1	0,99859
MODAL	Mode	629	0,00897	1	0,99859
MODAL	Mode	630	0,00895	1	0,99859
MODAL	Mode	631	0,00884	1	0,99859
MODAL	Mode	632	0,00882	1	0,99932
MODAL	Mode	633	0,00881	1	0,99932
MODAL	Mode	634	0,00875	1	0,99932
MODAL	Mode	635	0,00865	1	0,99993
MODAL	Mode	636	0,00857	1	0,99996
MODAL	Mode	637	0,00854	1	0,99996
MODAL	Mode	638	0,00852	1	0,99998
MODAL	Mode	639	0,00846	1	0,99998
MODAL	Mode	640	0,00842	1	0,99998
MODAL	Mode	641	0,00841	1	0,99998
MODAL	Mode	642	0,00841	1	0,99998
MODAL	Mode	643	0,00837	1	0,99998
MODAL	Mode	644	0,00837	1	0,99998
MODAL	Mode	645	0,00837	1	0,99998
MODAL	Mode	646	0,00837	1	0,99998

OutputCase	StepType	StepNum	Period	SumUX	SumUY
Text	Text	Unitless	Sec	Unitless	Unitless
MODAL	Mode	647	0,00836	1	0,99998
MODAL	Mode	648	0,00836	1	0,99998
MODAL	Mode	649	0,00836	1	0,99998
MODAL	Mode	650	0,00836	1	0,99998
MODAL	Mode	651	0,00836	1	0,99998
MODAL	Mode	652	0,00836	1	0,99998
MODAL	Mode	653	0,00836	1	0,99998
MODAL	Mode	654	0,00836	1	0,99998
MODAL	Mode	655	0,00835	1	0,99998
MODAL	Mode	656	0,00834	1	0,99998
MODAL	Mode	657	0,00834	1	0,99998
MODAL	Mode	658	0,00831	1	0,99998
MODAL	Mode	659	0,0083	1	0,99998
MODAL	Mode	660	0,00829	1	0,99998
MODAL	Mode	661	0,00824	1	0,99998
MODAL	Mode	662	0,00824	1	0,99998
MODAL	Mode	663	0,00815	1	0,99998
MODAL	Mode	664	0,00814	1	0,99998
MODAL	Mode	665	0,00793	1	0,99998
MODAL	Mode	666	0,00787	1	0,99998
MODAL	Mode	667	0,00786	1	0,99998
MODAL	Mode	668	0,00778	1	0,99998
MODAL	Mode	669	0,00777	1	0,99998
MODAL	Mode	670	0,00777	1	0,99998
MODAL	Mode	671	0,00775	1	0,99998
MODAL	Mode	672	0,00774	1	0,99999
MODAL	Mode	673	0,00771	1	0,99999
MODAL	Mode	674	0,00764	1	0,99999
MODAL	Mode	675	0,00763	1	0,99999
MODAL	Mode	676	0,00753	1	0,99999
MODAL	Mode	677	0,00752	1	0,99999
MODAL	Mode	678	0,00751	1	0,99999
MODAL	Mode	679	0,0075	1	0,99999
MODAL	Mode	680	0,00746	1	0,99999
MODAL	Mode	681	0,00745	1	0,99999
MODAL	Mode	682	0,00744	1	0,99999

OutputCase	StepType	StepNum	Period	SumUX	SumUY
Text	Text	Unitless	Sec	Unitless	Unitless
MODAL	Mode	683	0,00744	1	0,99999
MODAL	Mode	684	0,00742	1	0,99999
MODAL	Mode	685	0,00742	1	0,99999
MODAL	Mode	686	0,0074	1	0,99999
MODAL	Mode	687	0,00736	1	0,99999
MODAL	Mode	688	0,00733	1	0,99999
MODAL	Mode	689	0,00731	1	0,99999
MODAL	Mode	690	0,0073	1	0,99999
MODAL	Mode	691	0,00726	1	0,99999
MODAL	Mode	692	0,00724	1	0,99999
MODAL	Mode	693	0,00724	1	0,99999
MODAL	Mode	694	0,00724	1	0,99999
MODAL	Mode	695	0,00724	1	0,99999
MODAL	Mode	696	0,00724	1	0,99999
MODAL	Mode	697	0,00724	1	0,99999
MODAL	Mode	698	0,00724	1	0,99999
MODAL	Mode	699	0,00724	1	0,99999
MODAL	Mode	700	0,00724	1	0,99999
MODAL	Mode	701	0,00722	1	0,99999
MODAL	Mode	702	0,00719	1	0,99999
MODAL	Mode	703	0,00719	1	0,99999
MODAL	Mode	704	0,00716	1	0,99999
MODAL	Mode	705	0,00706	1	0,99999
MODAL	Mode	706	0,00703	1	0,99999
MODAL	Mode	707	0,00703	1	0,99999
MODAL	Mode	708	0,00703	1	0,99999
MODAL	Mode	709	0,00701	1	0,99999
MODAL	Mode	710	0,00696	1	0,99999
MODAL	Mode	711	0,00695	1	0,99999
MODAL	Mode	712	0,00689	1	0,99999
MODAL	Mode	713	0,00678	1	0,99999
MODAL	Mode	714	0,00673	1	0,99999
MODAL	Mode	715	0,00673	1	0,99999
MODAL	Mode	716	0,00673	1	0,99999
MODAL	Mode	717	0,00673	1	0,99999
MODAL	Mode	718	0,00669	1	0,99999

OutputCase	StepType	StepNum	Period	SumUX	SumUY
Text	Text	Unitless	Sec	Unitless	Unitless
MODAL	Mode	719	0,00666	1	0,99999
MODAL	Mode	720	0,00666	1	0,99999
MODAL	Mode	721	0,00662	1	0,99999
MODAL	Mode	722	0,00662	1	0,99999
MODAL	Mode	723	0,00661	1	0,99999
MODAL	Mode	724	0,00656	1	0,99999
MODAL	Mode	725	0,00651	1	0,99999
MODAL	Mode	726	0,00646	1	0,99999
MODAL	Mode	727	0,00645	1	0,99999
MODAL	Mode	728	0,0063	1	0,99999
MODAL	Mode	729	0,00628	1	0,99999
MODAL	Mode	730	0,00626	1	0,99999
MODAL	Mode	731	0,00625	1	0,99999
MODAL	Mode	732	0,00623	1	0,99999
MODAL	Mode	733	0,00619	1	0,99999
MODAL	Mode	734	0,00614	1	0,99999
MODAL	Mode	735	0,00612	1	0,99999
MODAL	Mode	736	0,00612	1	0,99999
MODAL	Mode	737	0,00612	1	0,99999
MODAL	Mode	738	0,00611	1	0,99999
MODAL	Mode	739	0,00609	1	0,99999
MODAL	Mode	740	0,00606	1	0,99999
MODAL	Mode	741	0,00602	1	0,99999
MODAL	Mode	742	0,00602	1	0,99999
MODAL	Mode	743	0,00602	1	0,99999
MODAL	Mode	744	0,00601	1	0,99999
MODAL	Mode	745	0,00601	1	0,99999
MODAL	Mode	746	0,00597	1	0,99999
MODAL	Mode	747	0,00594	1	0,99999
MODAL	Mode	748	0,00589	1	0,99999
MODAL	Mode	749	0,00582	1	0,99999
MODAL	Mode	750	0,00574	1	0,99999
MODAL	Mode	751	0,0057	1	0,99999
MODAL	Mode	752	0,00562	1	0,99999
MODAL	Mode	753	0,00548	1	0,99999
MODAL	Mode	754	0,00533	1	0,99999

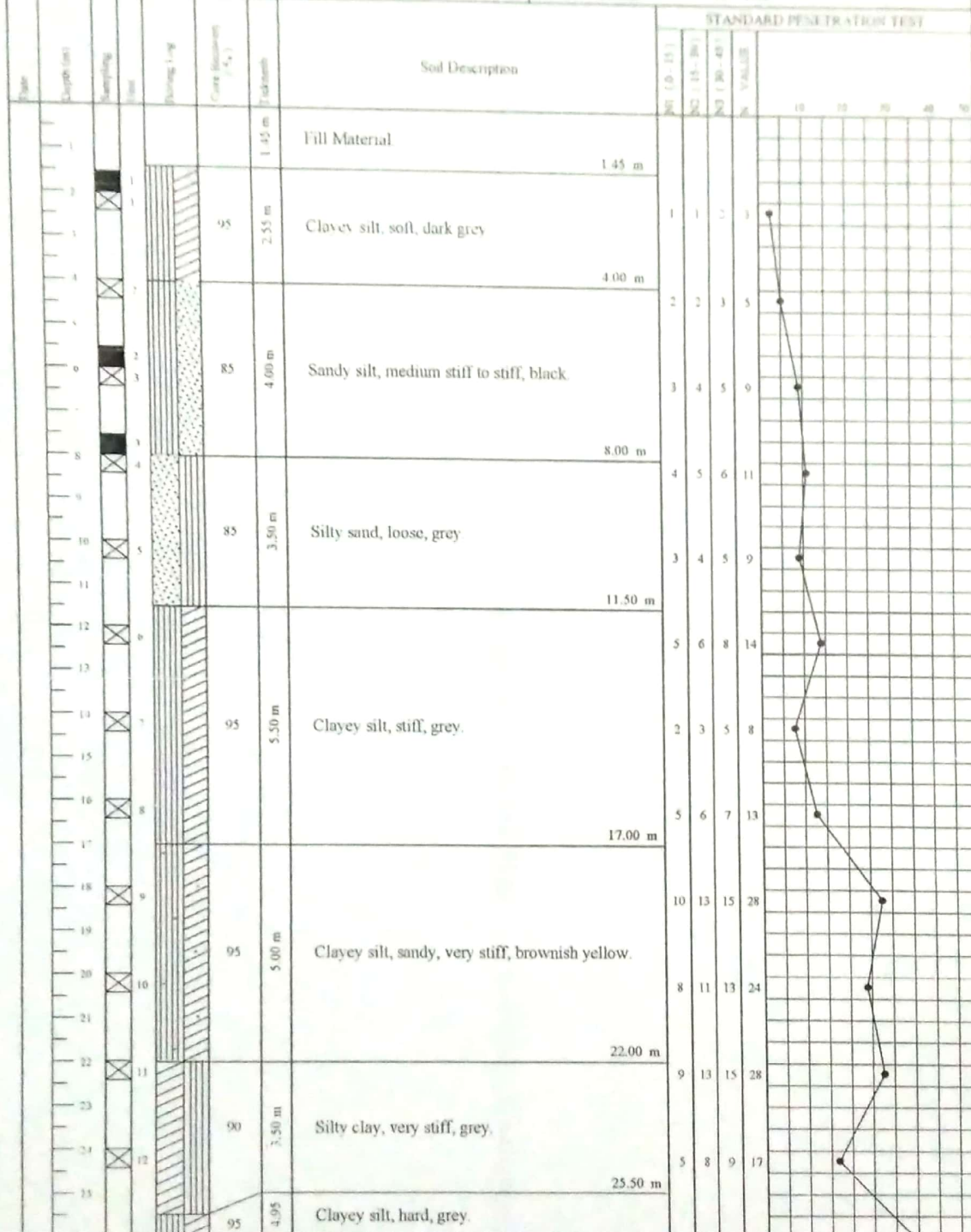
OutputCase	StepType	StepNum	Period	SumUX	SumUY
Text	Text	Unitless	Sec	Unitless	Unitless
MODAL	Mode	755	0,0052	1	0,99999
MODAL	Mode	756	0,00518	1	0,99999
MODAL	Mode	757	0,00501	1	0,99999
MODAL	Mode	758	0,00501	1	0,99999
MODAL	Mode	759	0,00501	1	0,99999
MODAL	Mode	760	0,00501	1	0,99999
MODAL	Mode	761	0,00501	1	0,99999
MODAL	Mode	762	0,00495	1	0,99999
MODAL	Mode	763	0,00493	1	0,99999
MODAL	Mode	764	0,00489	1	0,99999
MODAL	Mode	765	0,00489	1	0,99999
MODAL	Mode	766	0,00489	1	0,99999
MODAL	Mode	767	0,00489	1	0,99999
MODAL	Mode	768	0,00489	1	0,99999
MODAL	Mode	769	0,00486	1	0,99999
MODAL	Mode	770	0,00473	1	0,99999
MODAL	Mode	771	0,00473	1	0,99999
MODAL	Mode	772	0,00463	1	0,99999
MODAL	Mode	773	0,00458	1	0,99999
MODAL	Mode	774	0,00457	1	0,99999
MODAL	Mode	775	0,00455	1	0,99999
MODAL	Mode	776	0,00454	1	1
MODAL	Mode	777	0,00454	1	1
MODAL	Mode	778	0,00454	1	1
MODAL	Mode	779	0,00454	1	1
MODAL	Mode	780	0,00454	1	1
MODAL	Mode	781	0,00448	1	1
MODAL	Mode	782	0,00442	1	1
MODAL	Mode	783	0,00439	1	1
MODAL	Mode	784	0,00438	1	1
MODAL	Mode	785	0,0043	1	1
MODAL	Mode	786	0,00422	1	1
MODAL	Mode	787	0,00421	1	1
MODAL	Mode	788	0,00417	1	1
MODAL	Mode	789	0,00416	1	1
MODAL	Mode	790	0,00413	1	1

OutputCase	StepType	StepNum	Period	SumUX	SumUY
Text	Text	Unitless	Sec	Unitless	Unitless
MODAL	Mode	791	0,00411	1	1
MODAL	Mode	792	0,00406	1	1
MODAL	Mode	793	0,00405	1	1
MODAL	Mode	794	0,00399	1	1
MODAL	Mode	795	0,00398	1	1
MODAL	Mode	796	0,00395	1	1
MODAL	Mode	797	0,00395	1	1
MODAL	Mode	798	0,00389	1	1
MODAL	Mode	799	0,00384	1	1
MODAL	Mode	800	0,00372	1	1



BORING LOG

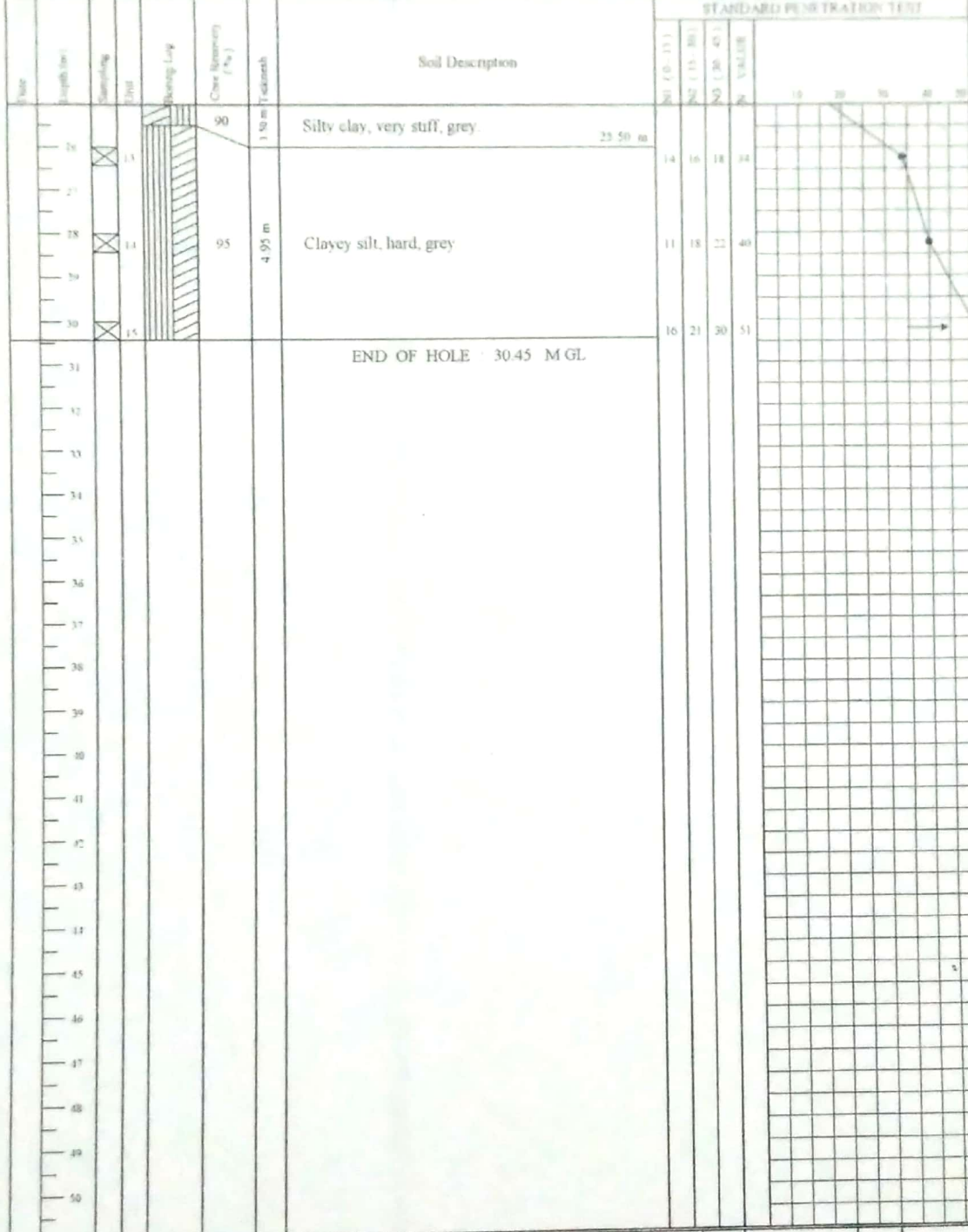
PROJECT NAME	KAMPUS POLITEKSDN	LOCATION	(BLAGAP JAWA TENGAH)
BORE HOLE NO	LD 4	DRIILLER	TCMD
GROUND ELEVATION		DATE STARTED	09 / 12 / 2016
GROUND WATER LEVEL	00.10 m	DATE FINISHED	12 / 11 / 2016



LEGEND Ground Water Level Undisturbed Sample Standard Penetration Test	Md	12 / 12 / 2016	Tm	Sheet 1 of 2
	Dr	15 / 12 / 2015	Tg	
	Ch	15 / 12 / 2015	Kd	

BORING LOG

PROJECT NAME: KAMPUS INSITEKSI	LOCATION: CELACAP - JAWA TENGAH
BORE HOLE NO: BH 4	DRILLER: TIRUAT
GROUND ELEVATION:	DATE STARTED: 09 / 11 / 2015
GROUND WATER LEVEL: - 00.10 m	DATE FINISHED: 11 / 11 / 2015



LEGEND Ground Water Level Undisturbed Sample Standard Penetration Test	Md	12 / 12 / 2016	Tm	Sheet 2 of 2
	Dr	15 / 12 / 2015	Tg	
	Ch	15 / 12 / 2015	Kd	

BORING LOG

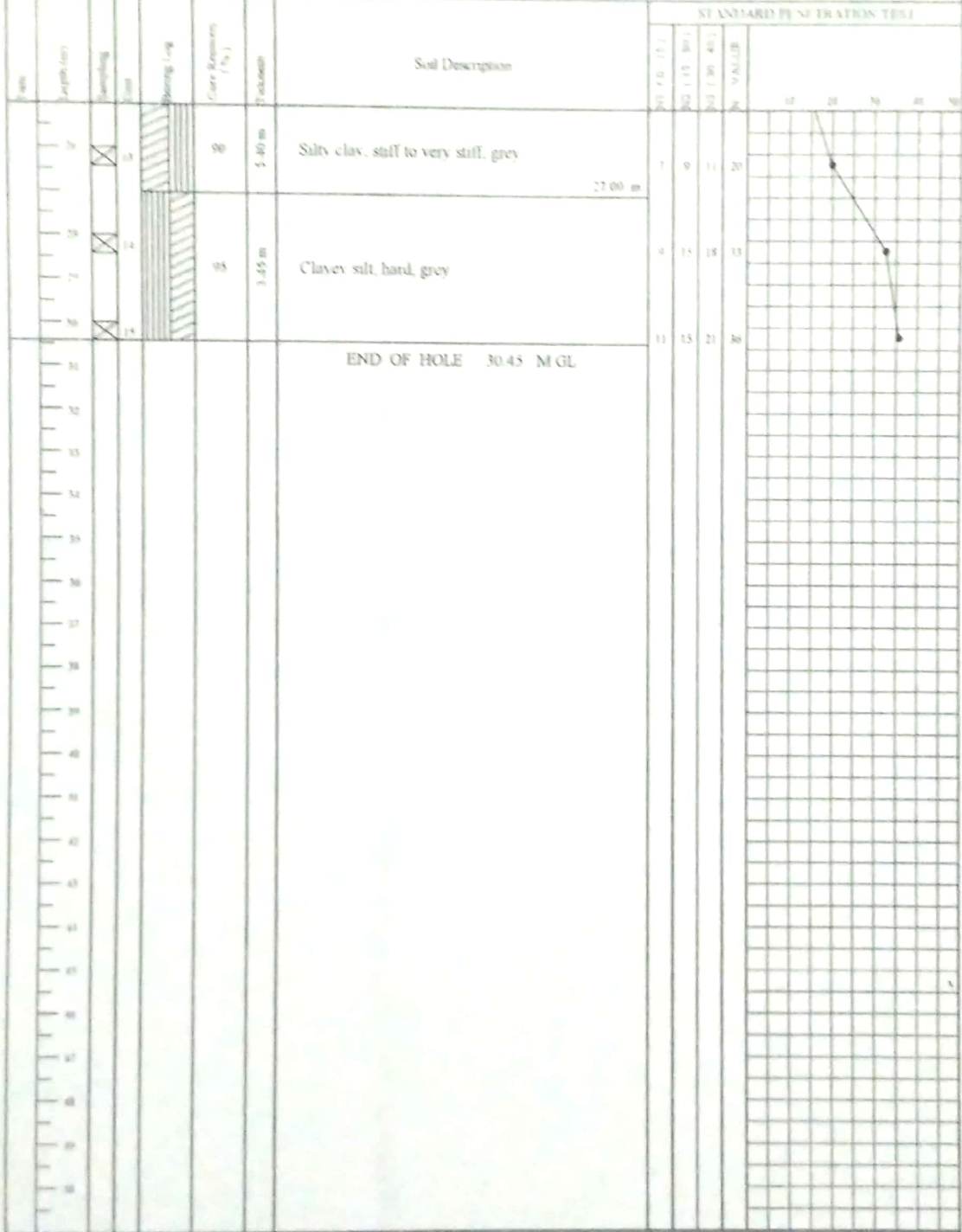
PROJECT NAME		KAMPUS POLITIBENDU		LOCATION		CLACAP - JAWA TENGAH					
BORE HOLE NO.		DB 5		DRILLER		TOMO					
GROUND ELEVATION				DATE STARTED							
GROUND WATER LEVEL				DATE FINISHED							
				STANDARD PENETRATION TEST							
Depth (m)	Soil Description	SPT (Blows)	N ₁₅ (15-30)	N ₃₀ (30-45)	N ₆₀ VALUE	Scale					
						10	20	30	40	50	
0 - 1.45	Fill Material										
1.45 - 3.55	Clayey silt, medium stiff, grey.	95	3	3	6						
3.55 - 5.00			2	2	5						
5.00 - 7.00	Sandy silt, medium stiff, blackish brown.	85	3	3	7						
7.00 - 12.50	Silty sand, loose, grey.	85	3	3	8						
12.50 - 17.00	Clayey silt, stiff, grey	95	3	3	7						
17.00 - 21.60	Clayey silt, sandy, hard to very stiff, grey, brown.	95	5	8	18						
21.60 - 25.00	Silty clay, stiff to very stiff, grey	90	4	6	13						
25.00 - 30.00			5	14	30						
30.00 - 35.00			7	13	28						
35.00 - 40.00			3	5	11						
40.00 - 45.00			5	7	16						

Ground Water Level
 Undisturbed Sample
 Standard Penetration Test

Md	09 / 12 / 2016	Tm	Sheet 1 of 2
Dr	15 / 12 / 2015	Tg	
Ch	15 / 12 / 2015	Kd	

BORING LOG

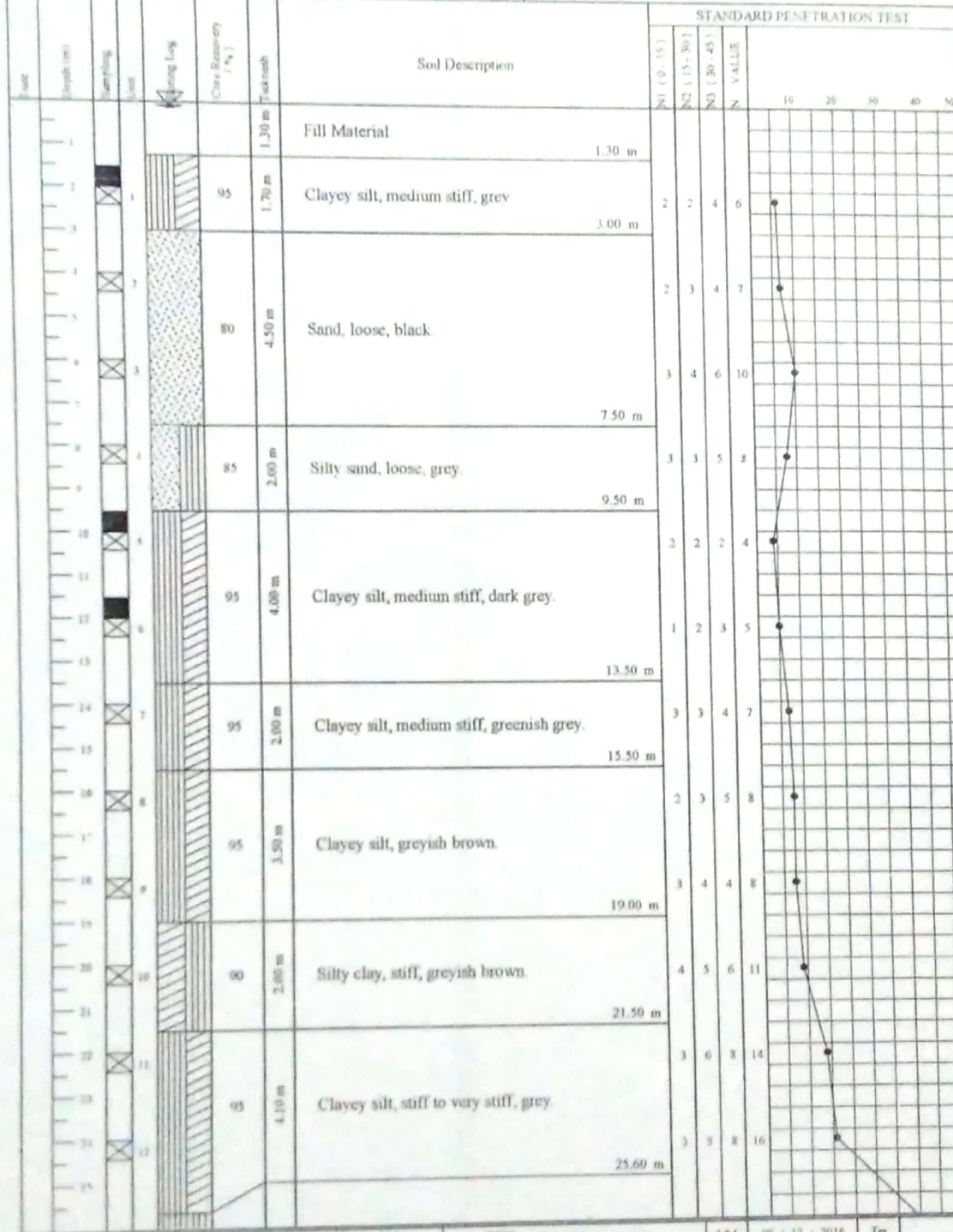
PROJECT NAME	KAMPUS POLITEKNIK	LOCATION	CIBAYAT JAWA TENGAH
BORE HOLE NO.	DB 5	DRILLER	TUMBO
GROUND ELEVATION		DATE STARTED	07 12 2014
GROUND WATER LEVEL	30.10 m	DATE FINISHED	09 12 2014



LEGEND Ground Water Level Undisturbed Sample Standard Penetration Test	Md	09 / 12 / 2014	Dm	Sheet 2 of 2
	Dt	15 / 12 / 2014	Fg	
	Cb	18 / 12 / 2013	Kf	

BORING LOG

PROJECT NAME KAMPUS POLITEKNIK	LOCATION CILACAP JAWA TENGAH
BORE HOLE NO. FB 6	DRILLER TOMO
GROUND ELEVATION	DATE STARTED 02 / 12 / 2016
GROUND WATER LEVEL - 00.10 m	DATE FINISHED 05 / 12 / 2016



LEGEND Ground Water Level Undisturbed Sample Standard Penetration Test	Md	05 / 12 / 2016	Tm	Sheet 1 of 2
	Dr	15 / 12 / 2015	Tg	
	Ch	15 / 12 / 2015	Ed	

BORING LOG

PROJECT NAME		KAMPUS POLITEKNIK		LOCATION		CIBACAP JAWA TENGAH						
BORE HOLE NO		DH 6		DRILLER		TOMO						
GROUND ELEVATION				DATE STARTED		02 / 12 / 2016						
GROUND WATER LEVEL		00 to m		DATE FINISHED		05 / 12 / 2016						
Depth (m) 0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23 24 25 26 27 28 29 30 31 32 33 34 35 36 37 38 39 40 41 42 43 44 45 46 47 48 49 50 51 52 53 54 55 56 57 58 59 60	Sampling 13 14 15	Boring Log 13 14 15	Core Recovery (%) 95 90	Total Depth 4.10 m 4.85 m	Soil Description			STANDARD PENETRATION TEST				
					Clayey silt, stiff to very stiff, grey 25.60 m			SPT (10 - 15)	SPT (15 - 30)	SPT (30 - 45)	N VALUE	
Cemented silt, hard, grey					8	14	20	34				
END OF HOLE . 30.45 MGL					10	18	30	48				
					16	31	30	11	60			

LEGEND Ground Water Level Undisturbed Sample Standard Penetration Test	Md	05 / 12 / 2016	Tm	Sheet 2 of 2
	Dr	15 / 12 / 2015	Ty	
	Cb	15 / 12 / 2015	Ed	



POLITEKNIK NEGERI CILACAP
 JL. DOKTER SOETOMO No.1, KARANGCENGIS,
 SIDAKAYA, KEC. CILACAP SEL., KABUPATEN CILACAP,
 JAWA TENGAH 53212

SHOP DRAWING

PEKERJAAN :

PEMBANGUNAN GEDUNG KULIAH
 BERSAMA
 POLITEKNIK NEGERI CILACAP

MENYETUJUI :

Pejabat Pembuat Komitmen (PPKom)

DADANG HERMAWAN, SE, M.Si
 NIP. 19590804 198812 1 001

DISETUJUI OLEH :

MANAJEMEN KONSTRUKSI
 PT. POLA DWIPA

SULISTYO, ST
 Team Leader

DIBUAT OLEH :

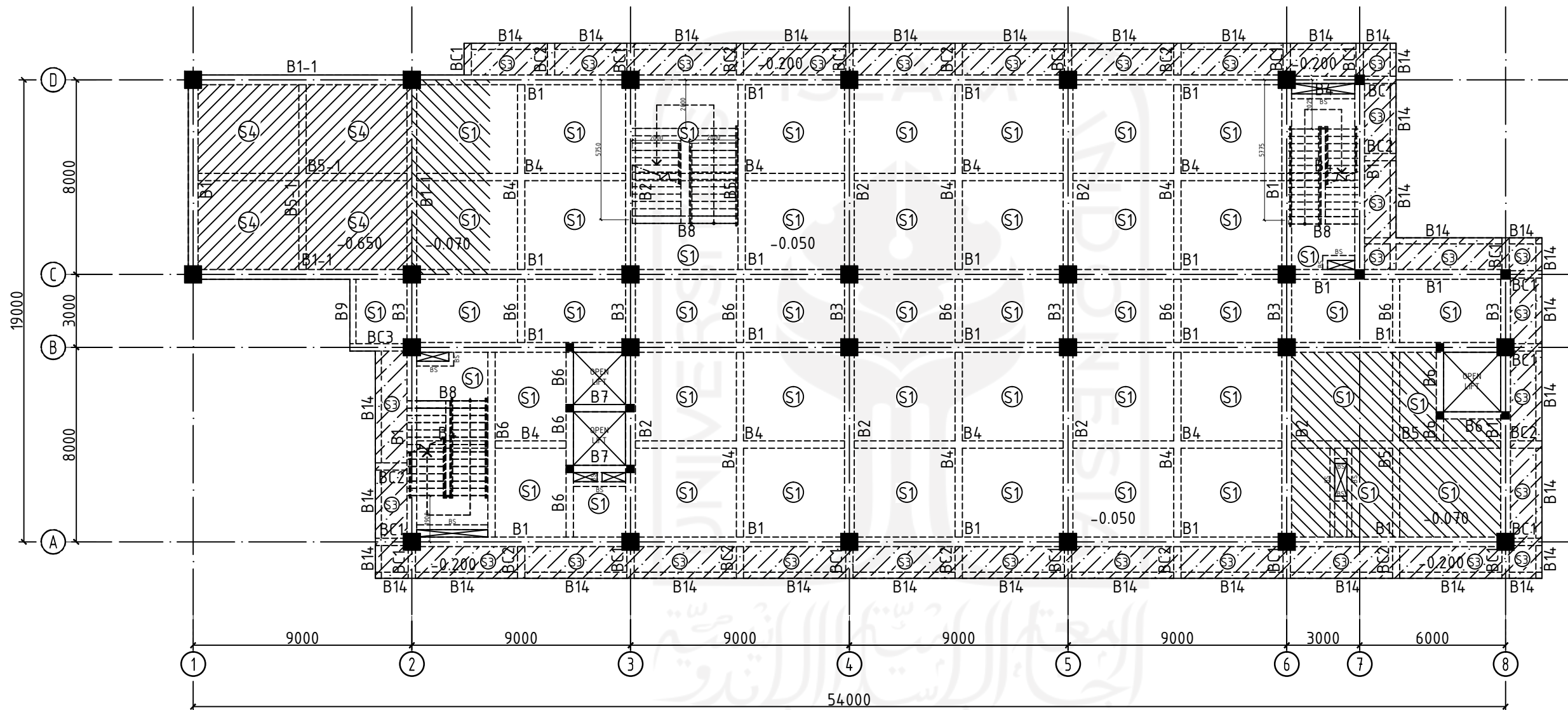
KONTRAKTOR PELAKSANA
 PT. MITRA ANDALAN SAKTI -
 PT. CERIA JASA KONSTRUKSI, KSO

DEDDY MARTEANO, ST, MT
 Project Manager

NO	REVISI	TANGGAL	PARAF

JUDUL GAMBAR :

SKALA	KODE	NO. LEMBAR	JML. LEMBAR



DENAH BALOK DAN PELAT LT. 1
 1:200



POLITEKNIK NEGERI CILACAP
 JL. DOKTER SOETOMO No.1, KARANGCENGIS,
 SIDAKAYA, KEC. CILACAP SEL., KABUPATEN CILACAP,
 JAWA TENGAH 53212

SHOP DRAWING

PEKERJAAN :

PEMBANGUNAN GEDUNG KULIAH
 BERSAMA
 POLITEKNIK NEGERI CILACAP

MENYETUJUI :

Pejabat Pembuat Komitmen (PPK)om

DADANG HERMAWAN, SE, M.Si
 NIP. 19590804 198812 1 001

DISETUJUI OLEH :

MANAJEMEN KONSTRUKSI
 PT. POLA DWIPA

SULISTYO, ST
 Team Leader

DIBUAT OLEH :

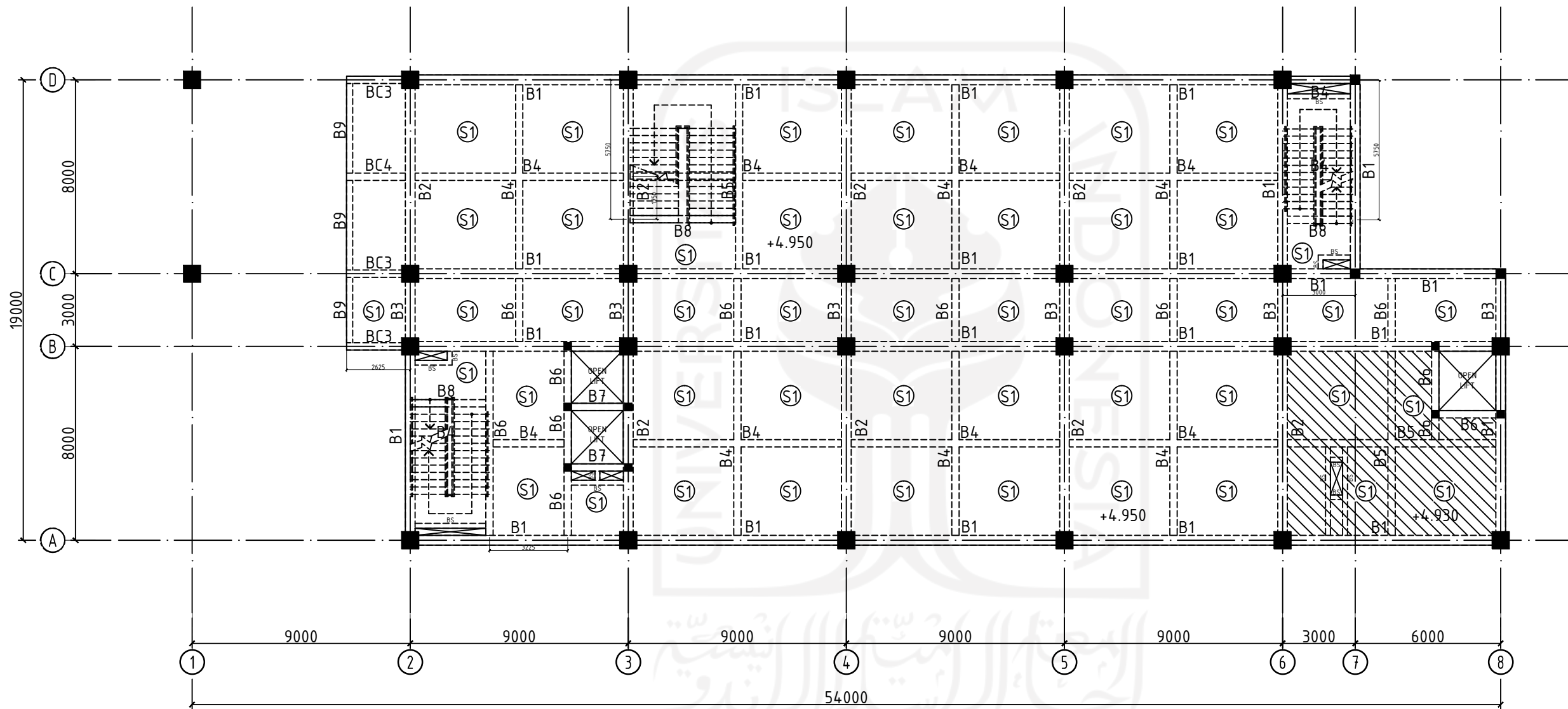
KONTRAKTOR PELAKSANA
 PT. MITRA ANDALAN SAKTI -
 PT. CERIA JASA KONSTRUKSI, KSO

DEDDY MARTEANO, ST, MT
 Project Manager

NO	REVISI	TANGGAL	PARAF

JUDUL GAMBAR :

SKALA	KODE	NO. LEMBAR	JML. LEMBAR



DENAH BALOK DAN PELAT LT. 2

1:200





POLITEKNIK NEGERI CILACAP
 JL. DOKTER SOETOMO No.1, KARANGCENGIS,
 SIDAKAYA, KEC. CILACAP SEL., KABUPATEN CILACAP,
 JAWA TENGAH 53212

SHOP DRAWING

PEKERJAAN :

PEMBANGUNAN GEDUNG KULIAH
 BERSAMA
 POLITEKNIK NEGERI CILACAP

MENYETUJUI :

Pejabat Pembuat Komitmen (PPK)om

DADANG HERMAWAN, SE, M.Si
 NIP. 19590804 198812 1 001

DISETUJUI OLEH :

MANAJEMEN KONSTRUKSI
 PT. POLA DWIPA

SULISTYO, ST
 Team Leader

DIBUAT OLEH :

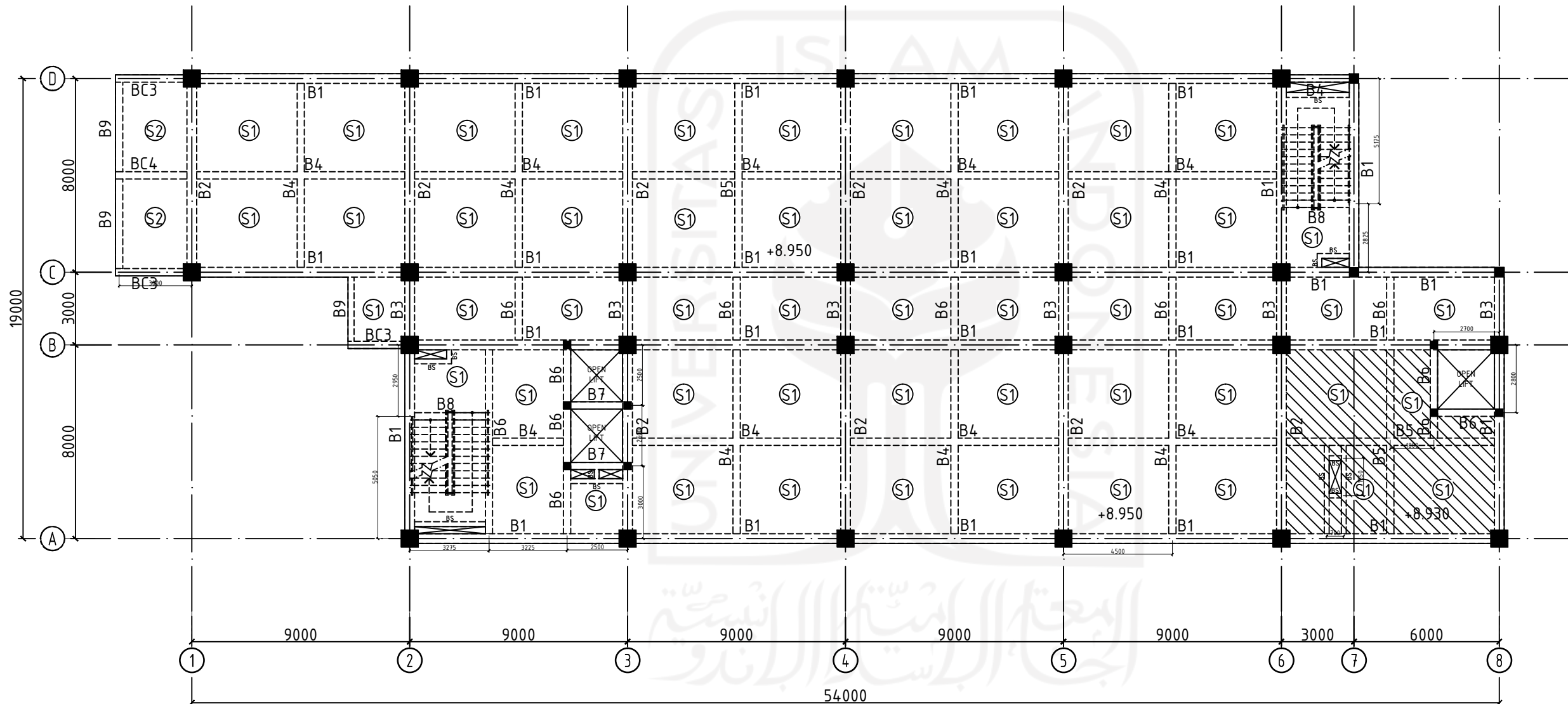
KONTRAKTOR PELAKSANA
 PT. MITRA ANDALAN SAKTI -
 PT. CERIA JASA KONSTRUKSI, KSO

DEDDY MARTEANO, ST, MT
 Project Manager

NO	REVISI	TANGGAL	PARAF

JUDUL GAMBAR :

SKALA	KODE	NO. LEMBAR	JML. LEMBAR



DENAH BALOK DAN PELAT LT. 3 
 1:200



POLITEKNIK NEGERI CILACAP
 JL. DOKTER SOETOMO No.1, KARANGCENGIS,
 SIDAKAYA, KEC. CILACAP SEL., KABUPATEN CILACAP,
 JAWA TENGAH 53212

SHOP DRAWING

PEKERJAAN :

PEMBANGUNAN GEDUNG KULIAH
 BERSAMA
 POLITEKNIK NEGERI CILACAP

MENYETUJUI :

Pejabat Pembuat Komitmen (PPKom)

DADANG HERMAWAN, SE, M.Si
 NIP. 19590804 198812 1 001

DISETUJUI OLEH :

MANAJEMEN KONSTRUKSI
 PT. POLA DWIPA

SULISTYO, ST
 Team Leader

DIBUAT OLEH :

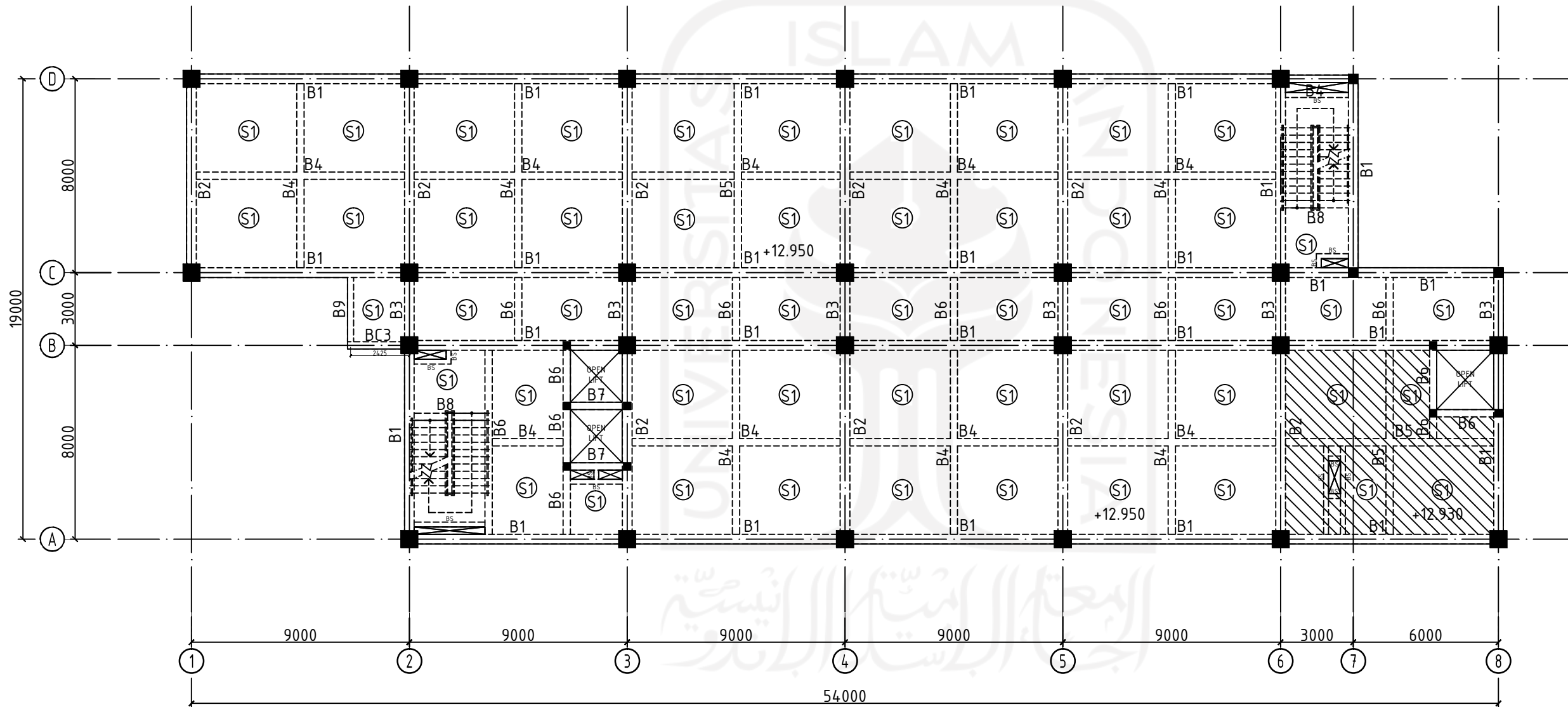
KONTRAKTOR PELAKSANA
 PT. MITRA ANDALAN SAKTI -
 PT. CERIA JASA KONSTRUKSI, KSO

DEDDY MARTEANO, ST, MT
 Project Manager

NO	REVISI	TANGGAL	PARAF

JUDUL GAMBAR :

SKALA	KODE	NO. LEMBAR	JML. LEMBAR



DENAH BALOK DAN PELAT LT. 4 
 1:200



POLITEKNIK NEGERI CILACAP
 JL. DOKTER SOETOMO No.1, KARANGCENGIS,
 SIDAKAYA, KEC. CILACAP SEL., KABUPATEN CILACAP,
 JAWA TENGAH 53212

SHOP DRAWING

PEKERJAAN :

PEMBANGUNAN GEDUNG KULIAH
 BERSAMA
 POLITEKNIK NEGERI CILACAP

MENYETUJUI :

Pejabat Pembuat Komitmen (PPKom)

DADANG HERMAWAN, SE, M.Si
 NIP. 19590804 198812 1 001

DISETUJUI OLEH :

MANAJEMEN KONSTRUKSI
 PT. POLA DWIPA

SULISTYO, ST
 Team Leader

DIBUAT OLEH :

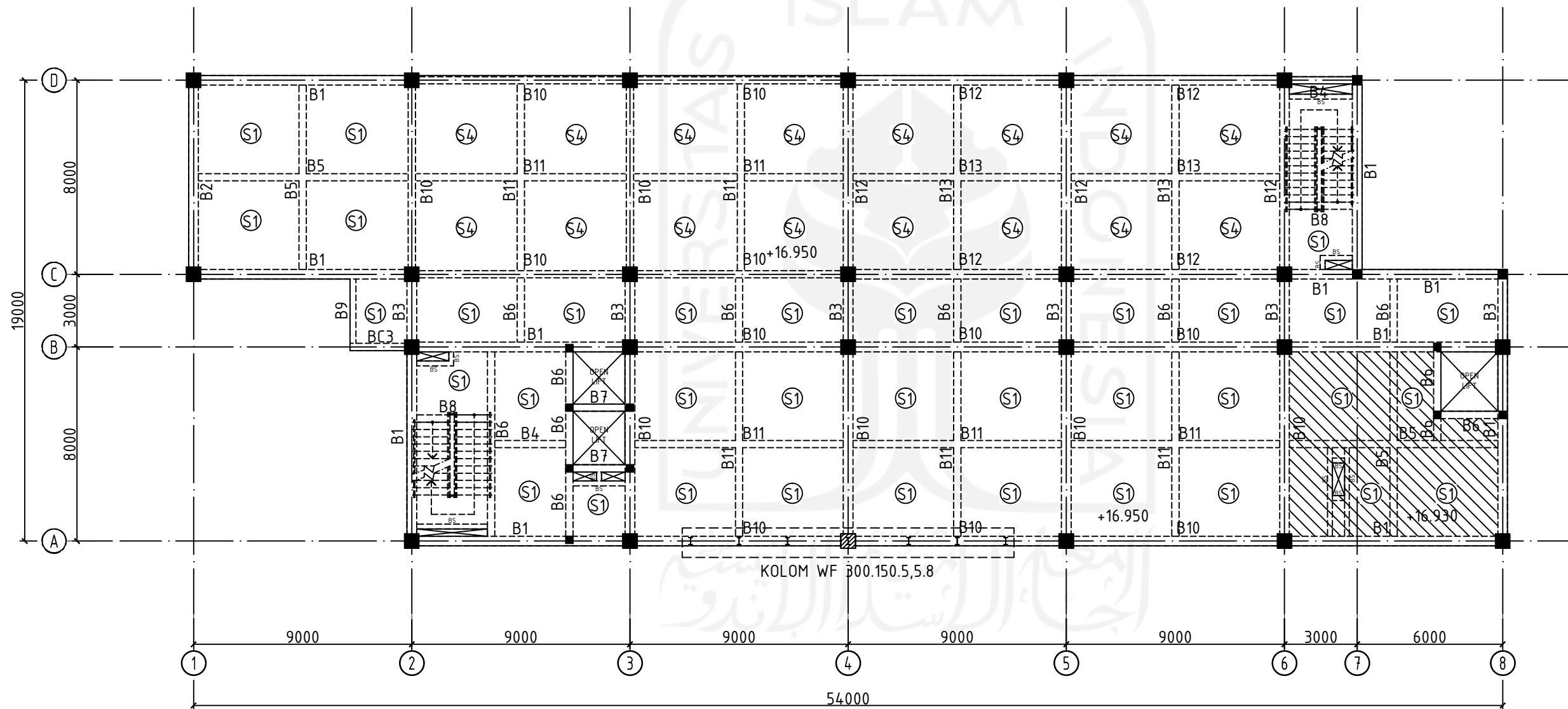
KONTRAKTOR PELAKSANA
 PT. MITRA ANDALAN SAKTI -
 PT. CERIA JASA KONSTRUKSI, KSO

DEDDY MARTEANO, ST, MT
 Project Manager

NO	REVISI	TANGGAL	PARAF

JUDUL GAMBAR :

SKALA	KODE	NO. LEMBAR	JML. LEMBAR



DENAH BALOK DAN PELAT LT. 5

1:200





POLITEKNIK NEGERI CILACAP
 JL. DOKTER SOETOMO No.1, KARANGCENGIS,
 SIDAKAYA, KEC. CILACAP SEL., KABUPATEN CILACAP,
 JAWA TENGAH 53212

SHOP DRAWING

PEKERJAAN :

PEMBANGUNAN GEDUNG KULIAH
 BERSAMA
 POLITEKNIK NEGERI CILACAP

MENYETUJUI :

Pejabat Pembuat Komitmen (PPKom)

DADANG HERMAWAN, SE, M.Si
 NIP. 19590804 198812 1 001

DISETUJUI OLEH :

MANAJEMEN KONSTRUKSI
 PT. POLA DWIPA

SULISTYO, ST
 Team Leader

DIBUAT OLEH :

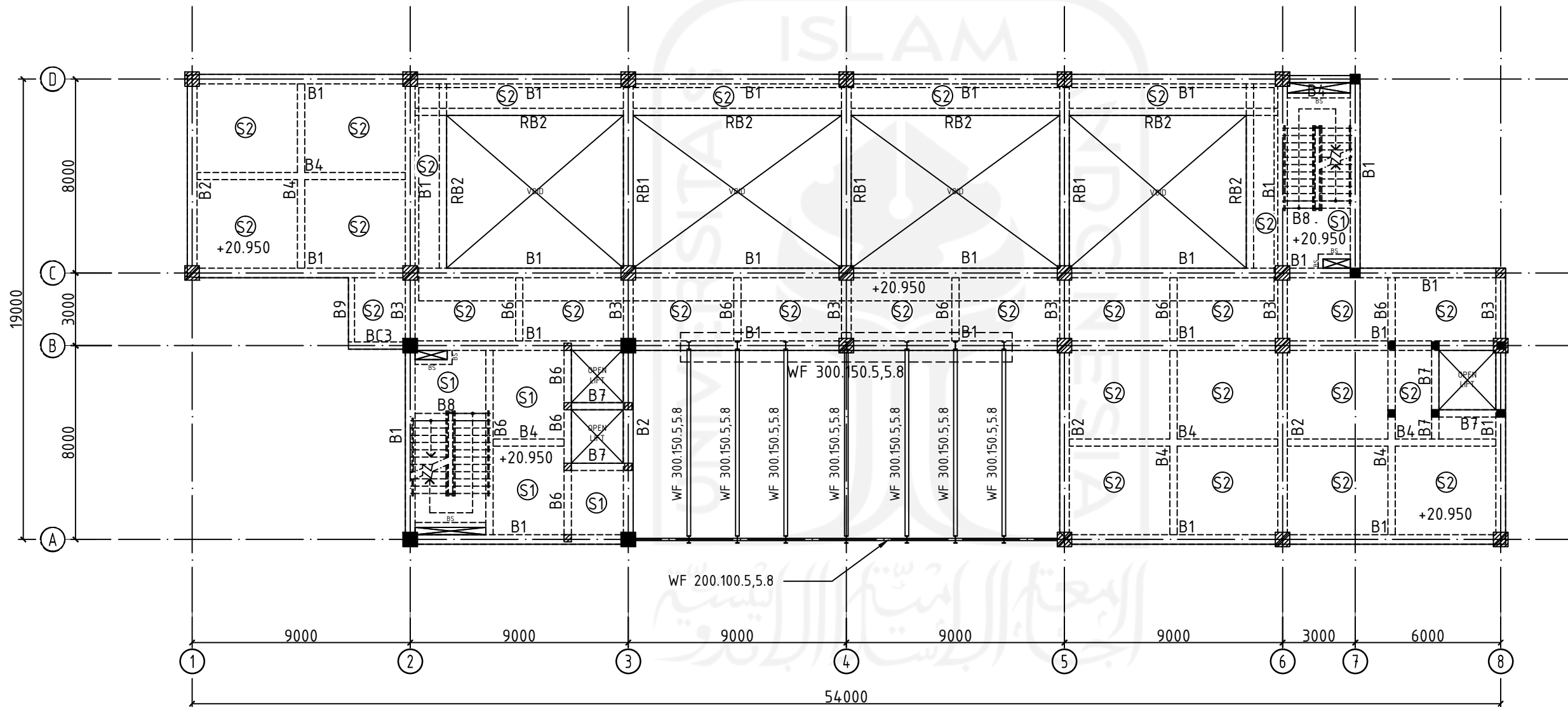
KONTRAKTOR PELAKSANA
 PT. MITRA ANDALAN SAKTI -
 PT. CERIA JASA KONSTRUKSI, KSO

DEDDY MARTEANO, ST, MT
 Project Manager

NO	REVISI	TANGGAL	PARAF

JUDUL GAMBAR :

SKALA	KODE	NO. LEMBAR	JML. LEMBAR



DENAH BALOK DAN PELAT LT. DAK
 1:200



POLITEKNIK NEGERI CILACAP
 JL. DOKTER SOETOMO No.1, KARANGCENGIS,
 SIDAKAYA, KEC. CILACAP SEL., KABUPATEN CILACAP,
 JAWA TENGAH 53212

SHOP DRAWING

PEKERJAAN :

PEMBANGUNAN GEDUNG KULIAH
 BERSAMA
 POLITEKNIK NEGERI CILACAP

MENYETUJUI :

Pejabat Pembuat Komitmen (PPK)om)

DADANG HERMAWAN, SE, M.Si
 NIP. 19590804 198812 1 001

DISETUJUI OLEH :

MANAJEMEN KONSTRUKSI
PT. POLA DWIPA

SULISTYO, ST
 Team Leader

DIBUAT OLEH :

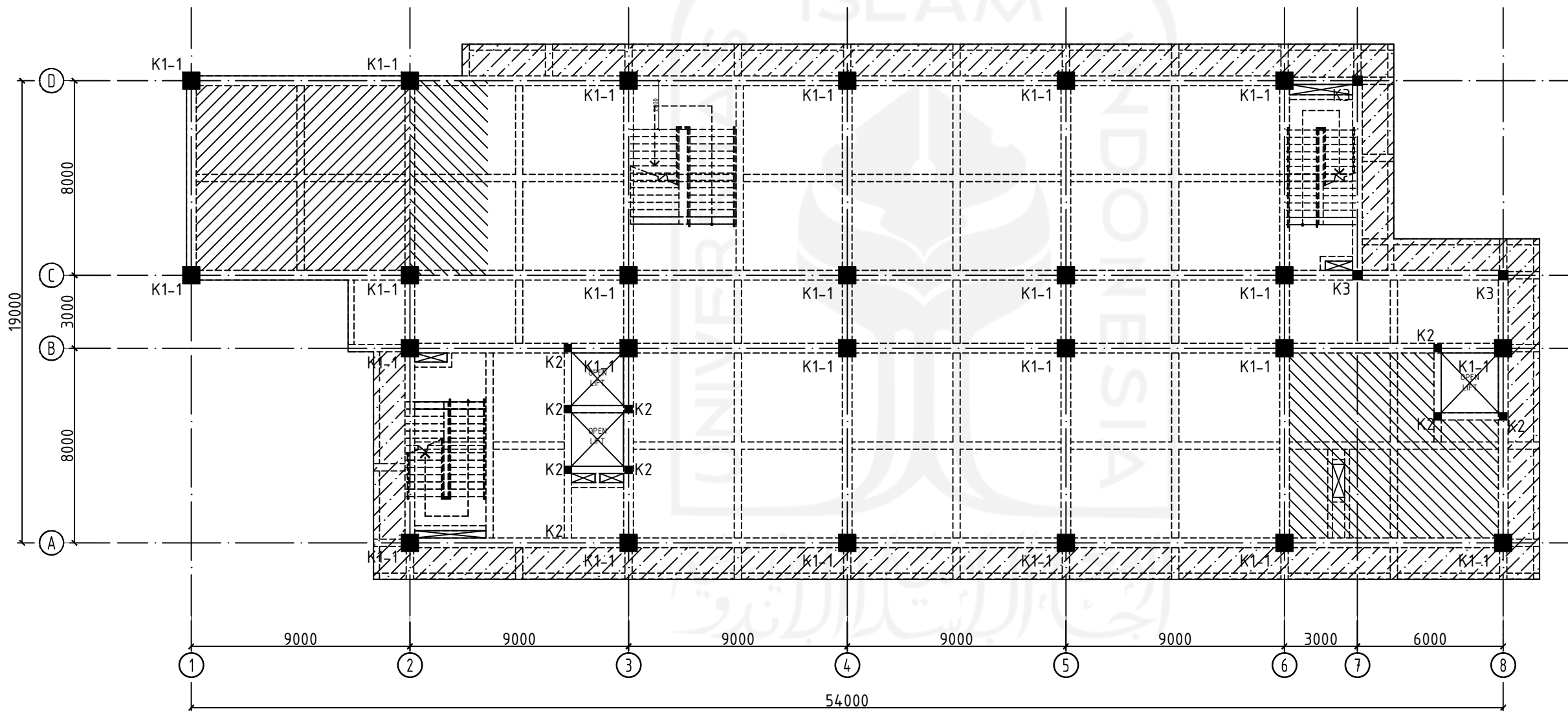
KONTRAKTOR PELAKSANA
PT. MITRA ANDALAN SAKTI -
PT. CERIA JASA KONSTRUKSI, KSO

DEDDY MARTEANO, ST, MT
 Project Manager

NO	REVISI	TANGGAL	PARAF

JUDUL GAMBAR :

SKALA	KODE	NO. LEMBAR	JML. LEMBAR



DENAH KOLOM LT. 1
 1:200



POLITEKNIK NEGERI CILACAP
 JL. DOKTER SOETOMO No.1, KARANGCENGIS,
 SIDAKAYA, KEC. CILACAP SEL., KABUPATEN CILACAP,
 JAWA TENGAH 53212

SHOP DRAWING

PEKERJAAN :

PEMBANGUNAN GEDUNG KULIAH
 BERSAMA
 POLITEKNIK NEGERI CILACAP

MENYETUJUI :

Pejabat Pembuat Komitmen (PPKom)

DADANG HERMAWAN, SE, M.Si
 NIP. 19590804 198812 1 001

DISETUJUI OLEH :

MANAJEMEN KONSTRUKSI
 PT. POLA DWIPA

SULISTYO, ST
 Team Leader

DIBUAT OLEH :

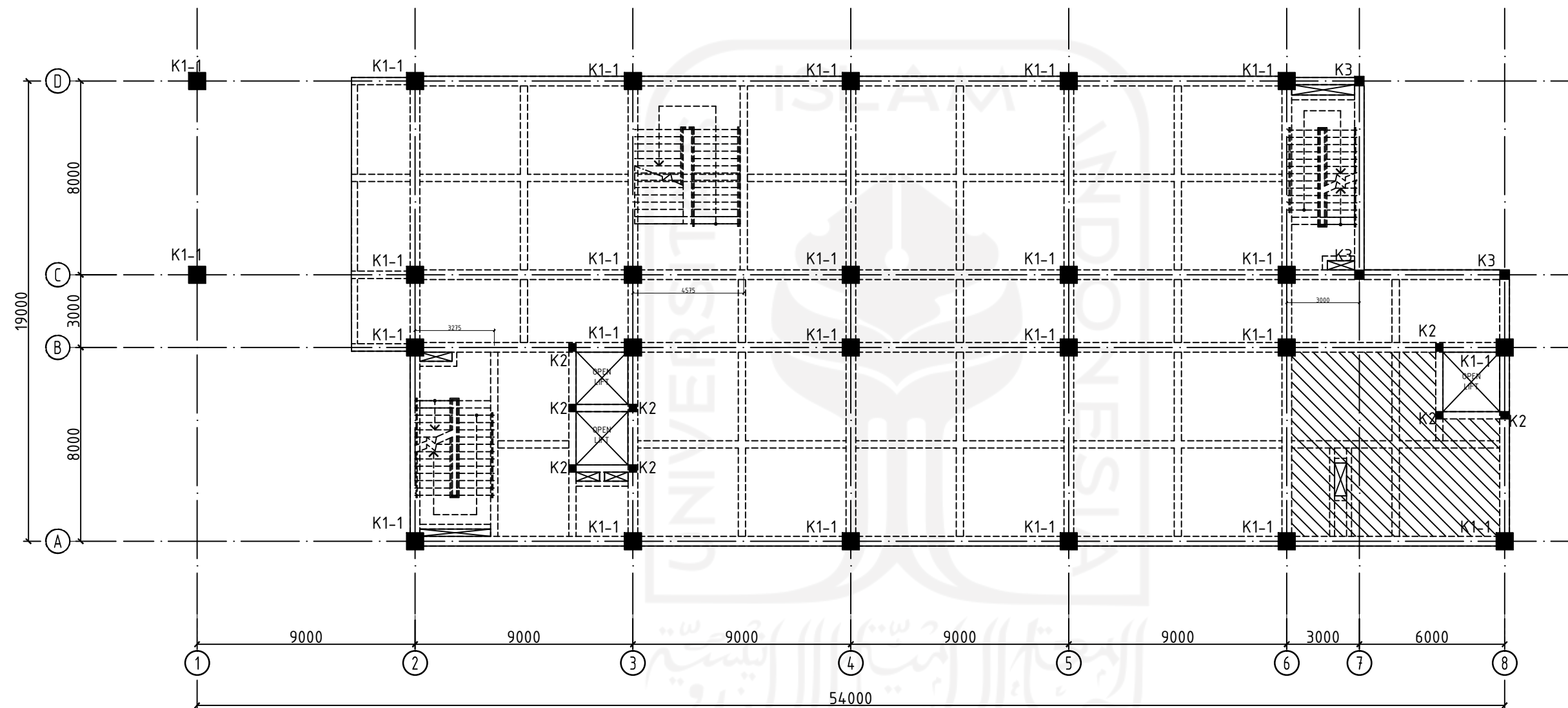
KONTRAKTOR PELAKSANA
 PT. MITRA ANDALAN SAKTI -
 PT. CERIA JASA KONSTRUKSI, KSO

DEDDY MARTEANO, ST, MT
 Project Manager

NO	REVISI	TANGGAL	PARAF

JUDUL GAMBAR :

SKALA	KODE	NO. LEMBAR	JML. LEMBAR



DENAH KOLOM LT. 2
 1:200



POLITEKNIK NEGERI CILACAP
 JL. DOKTER SOETOMO No.1, KARANGCENGIS,
 SIDAKAYA, KEC. CILACAP SEL., KABUPATEN CILACAP,
 JAWA TENGAH 53212

SHOP DRAWING

PEKERJAAN :

PEMBANGUNAN GEDUNG KULIAH
 BERSAMA
 POLITEKNIK NEGERI CILACAP

MENYETUJUI :

Pejabat Pembuat Komitmen (PPKom)

DADANG HERMAWAN, SE, M.Si
 NIP. 19590804 198812 1 001

DISETUUJI OLEH :

MANAJEMEN KONSTRUKSI
 PT. POLA DWIPA

SULISTYO, ST
 Team Leader

DIBUAT OLEH :

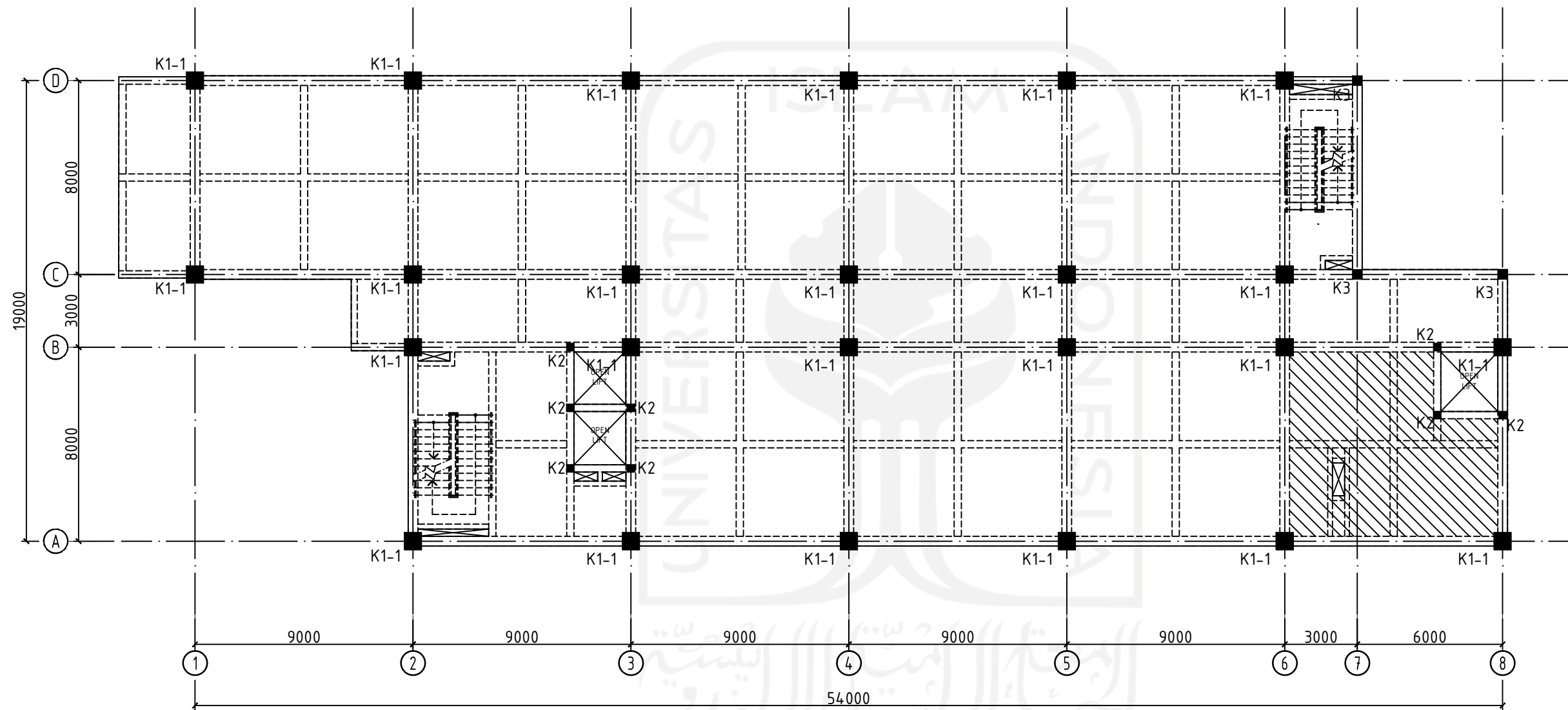
KONTRAKTOR PELAKSANA
 PT. MITRA ANDALAN SAKTI -
 PT. CERIA JASA KONSTRUKSI, KSO

DEDDY MARTEANO, ST, MT
 Project Manager

NO	REVISI	TANGGAL	PARAF

JUDUL GAMBAR :

SKALA	KODE	NO. LEMBAR	JML. LEMBAR



DENAH KOLOM LT. 3
 1:200



POLITEKNIK NEGERI CILACAP
 JL. DOKTER SOETOMO No.1, KARANGCENGIS,
 SIDAKAYA, KEC. CILACAP SEL., KABUPATEN CILACAP,
 JAWA TENGAH 53212

SHOP DRAWING

PEKERJAAN :

PEMBANGUNAN GEDUNG KULIAH
 BERSAMA
 POLITEKNIK NEGERI CILACAP

MENYETUJUI :

Pejabat Pembuat Komitmen (PPKom)

DADANG HERMAWAN, SE, M.Si
 NIP. 19590804 198812 1 001

DISETUJUI OLEH :

MANAJEMEN KONSTRUKSI
 PT. POLA DWIPA

SULISTYO, ST
 Team Leader

DIBUAT OLEH :

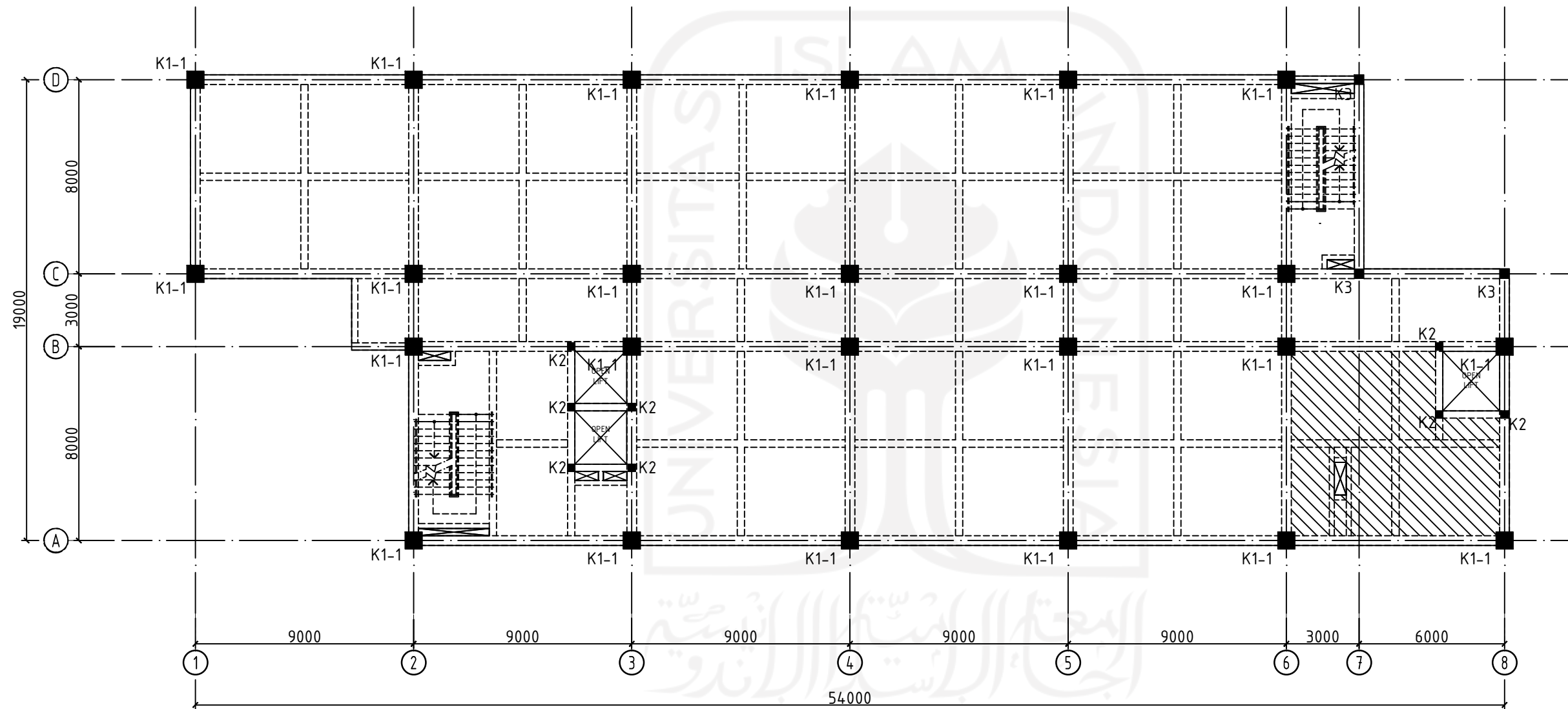
KONTRAKTOR PELAKSANA
 PT. MITRA ANDALAN SAKTI -
 PT. CERIA JASA KONSTRUKSI, KSO

DEDDY MARTEANO, ST, MT
 Project Manager

NO	REVISI	TANGGAL	PARAF

JUDUL GAMBAR :

SKALA	KODE	NO. LEMBAR	JML. LEMBAR



DENAH KOLOM LT. 4
 1:200



POLITEKNIK NEGERI CILACAP
 JL. DOKTER SOETOMO No.1, KARANGCENGIS,
 SIDAKAYA, KEC. CILACAP SEL., KABUPATEN CILACAP,
 JAWA TENGAH 53212

SHOP DRAWING

PEKERJAAN :

PEMBANGUNAN GEDUNG KULIAH
 BERSAMA
 POLITEKNIK NEGERI CILACAP

MENYETUJUI :

Pejabat Pembuat Komitmen (PPKom)

DADANG HERMAWAN, SE, M.Si
 NIP. 19590804 198812 1 001

DISETUJUI OLEH :

MANAJEMEN KONSTRUKSI
 PT. POLA DWIPA

SULISTYO, ST
 Team Leader

DIBUAT OLEH :

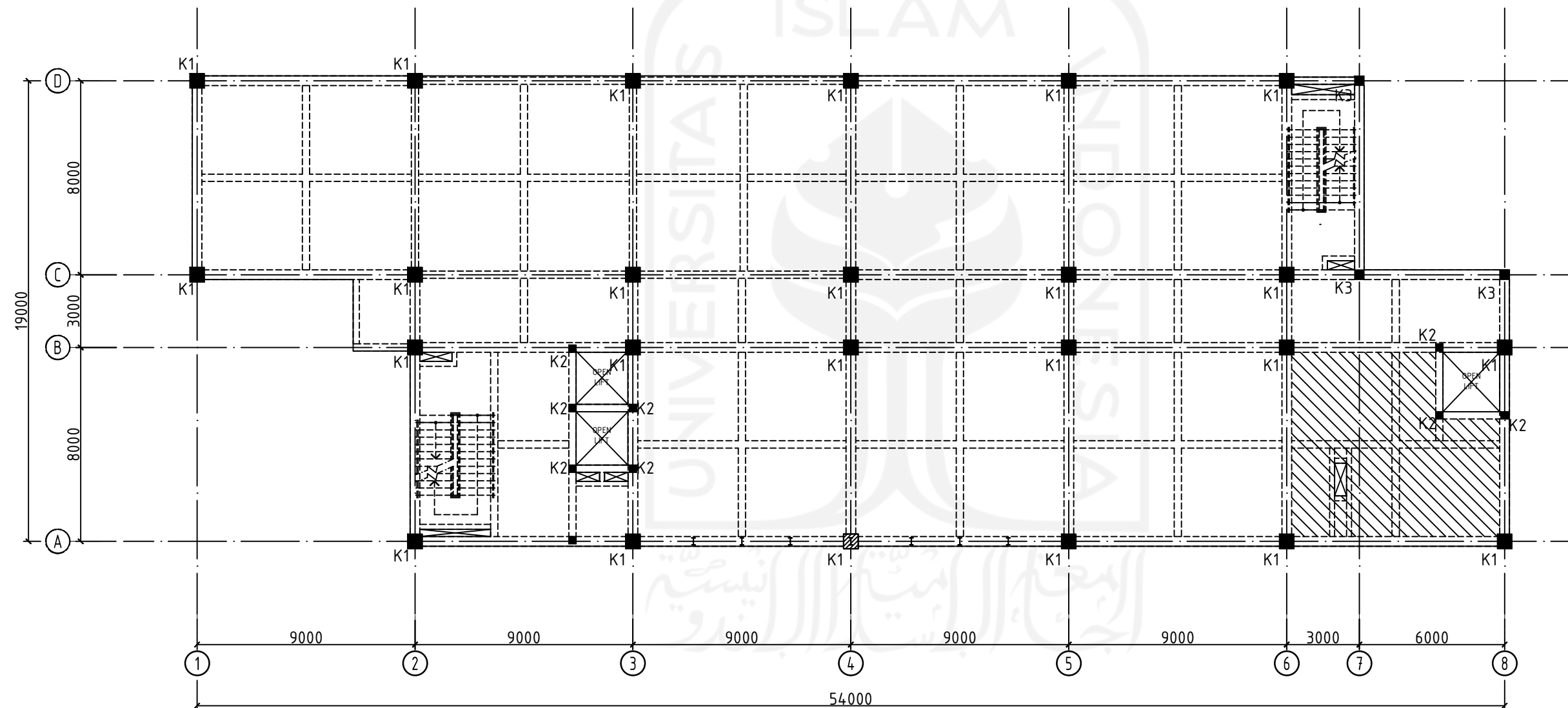
KONTRAKTOR PELAKSANA
 PT. MITRA ANDALAN SAKTI -
 PT. CERIA JASA KONSTRUKSI, KSO

DEDDY MARTEANO, ST, MT
 Project Manager

NO	REVISI	TANGGAL	PARAF

JUDUL GAMBAR :

SKALA	KODE	NO. LEMBAR	JML. LEMBAR



DENAH KOLOM LT. 5
 1:200



POLITEKNIK NEGERI CILACAP
 JL. DOKTER SOETOMO No.1, KARANGCENGIS,
 SIDAKAYA, KEC. CILACAP SEL., KABUPATEN CILACAP,
 JAWA TENGAH 53212

SHOP DRAWING

PEKERJAAN :

PEMBANGUNAN GEDUNG KULIAH
 BERSAMA
 POLITEKNIK NEGERI CILACAP

MENYETUJUI :
 Pejabat Pembuat Komitmen (PPKom)

DADANG HERMAWAN, SE, M.Si
 NIP. 19590804 198812 1 001

DISETUJUI OLEH :

MANAJEMEN KONSTRUKSI
 PT. POLA DWIPA

SULISTYO, ST
 Team Leader

DIBUAT OLEH :
 KONTRAKTOR PELAKSANA
 PT. MITRA ANDALAN SAKTI -
 PT. CERIA JASA KONSTRUKSI, KSO

DEDDY MARTEANO, ST, MT
 Project Manager

NO	REVISI	TANGGAL	PARAF

JUDUL GAMBAR :

SKALA	KODE	NO. LEMBAR	JML. LEMBAR

UKURAN BALOK				UKURAN BALOK				UKURAN BALOK			
400 x 700	TUMPUAN KIRI	LAPANGAN	TUMPUAN KANAN	300 x 600	TUMPUAN KIRI	LAPANGAN	TUMPUAN KANAN	400 x 700	TUMPUAN KIRI	LAPANGAN	TUMPUAN KANAN
TYPE BALOK B1				TYPE BALOK B5-1				TYPE BALOK B10			
Tulangan Utama Atas	6 D 22	4 D 22	6 D 22	Tulangan Utama Atas	6 D 19	6 D 19	6 D 19	Tulangan Utama Atas	8 D 22	4 D 22	8 D 22
Tulangan Utama Bawah	4 D 22	6 D 22	4 D 22	Tulangan Utama Bawah	6 D 19	6 D 19	6 D 19	Tulangan Utama Bawah	4 D 22	8 D 22	4 D 22
Sengkang	D 10 - 100	D 10 - 150	D 10 - 100	Sengkang	D 10 - 100	D 10 - 150	D 10 - 100	Sengkang	D 10 - 100	D 10 - 150	D 10 - 100
Tulangan Pinggang	2 D 13	2 D 13	2 D 13	Tulangan Pinggang	2 D 13	2 D 13	2 D 13	Tulangan Pinggang	2 D 13	2 D 13	2 D 13
TYPE BALOK B2				TYPE BALOK B6				TYPE BALOK B11			
Tulangan Utama Atas	8 D 22	4 D 22	8 D 22	Tulangan Utama Atas	3 D 19	3 D 19	3 D 19	Tulangan Utama Atas	6 D 19	5 D 19	6 D 19
Tulangan Utama Bawah	4 D 22	8 D 22	4 D 22	Tulangan Utama Bawah	3 D 19	3 D 19	3 D 19	Tulangan Utama Bawah	5 D 19	6 D 19	5 D 19
Sengkang	D 10 - 100	D 10 - 150	D 10 - 100	Sengkang	D 10 - 100	D 10 - 150	D 10 - 100	Sengkang	D 10 - 100	D 10 - 150	D 10 - 100
Tulangan Pinggang	2 D 13	2 D 13	2 D 13	Tulangan Pinggang	2 D 13	2 D 13	2 D 13	Tulangan Pinggang	2 D 13	2 D 13	2 D 13
TYPE BALOK B3				TYPE BALOK B7				TYPE BALOK B12			
Tulangan Utama Atas	3 D 22	3 D 22	3 D 22	Tulangan Utama Atas	3 D 16	3 D 16	3 D 16	Tulangan Utama Atas	9 D 22	6 D 22	9 D 22
Tulangan Utama Bawah	3 D 22	3 D 22	3 D 22	Tulangan Utama Bawah	3 D 16	3 D 16	3 D 16	Tulangan Utama Bawah	6 D 22	9 D 22	6 D 22
Sengkang	D 10 - 100	D 10 - 150	D 10 - 100	Sengkang	D 10 - 100	D 10 - 150	D 10 - 100	Sengkang	D 10 - 100	D 10 - 150	D 10 - 100
Tulangan Pinggang	2 D 13	2 D 13	2 D 13	Tulangan Pinggang	2 D 13	2 D 13	2 D 13	Tulangan Pinggang	2 D 13	2 D 13	2 D 13
TYPE BALOK B4				TYPE BALOK B8				TYPE BALOK B13			
Tulangan Utama Atas	5 D 19	5 D 19	5 D 19	Tulangan Utama Atas	4 D 19	4 D 19	4 D 19	Tulangan Utama Atas	8 D 19	5 D 19	8 D 19
Tulangan Utama Bawah	5 D 19	5 D 19	5 D 19	Tulangan Utama Bawah	4 D 19	4 D 19	4 D 19	Tulangan Utama Bawah	5 D 19	8 D 19	5 D 19
Sengkang	D 10 - 100	D 10 - 150	D 10 - 100	Sengkang	D 10 - 100	D 10 - 150	D 10 - 100	Sengkang	D 10 - 100	D 10 - 150	D 10 - 100
Tulangan Pinggang	2 D 13	2 D 13	2 D 13	Tulangan Pinggang	2 D 13	2 D 13	2 D 13	Tulangan Pinggang	2 D 13	2 D 13	2 D 13
TYPE BALOK B5				TYPE BALOK B9				TYPE BALOK B1-1			
Tulangan Utama Atas	6 D 19	4 D 19	6 D 19	Tulangan Utama Atas	5 D 13	3 D 13	5 D 13	Tulangan Utama Atas	8 D 22	5 D 22	8 D 22
Tulangan Utama Bawah	4 D 19	6 D 19	4 D 19	Tulangan Utama Bawah	3 D 13	5 D 13	3 D 13	Tulangan Utama Bawah	5 D 22	8 D 22	5 D 22
Sengkang	D 10 - 100	D 10 - 150	D 10 - 100	Sengkang	D 10 - 100	D 10 - 150	D 10 - 100	Sengkang	D 10 - 100	D 10 - 150	D 10 - 100
Tulangan Pinggang	2 D 13	2 D 13	2 D 13	Tulangan Pinggang	2 D 13	2 D 13	2 D 13	Tulangan Pinggang	2 D 13	2 D 13	2 D 13
TYPE BALOK B14											
Tulangan Utama Atas	3 D 13	3 D 13	3 D 13								
Tulangan Utama Bawah	3 D 13	3 D 13	3 D 13								
Sengkang	D 10 - 100	D 10 - 150	D 10 - 100								
Tulangan Pinggang	2 D 13	2 D 13	2 D 13								

DETAIL TULANGAN BALOK
 NTS



POLITEKNIK NEGERI CILACAP
 JL. DOKTER SOETOMO No.1, KARANGCENGIS,
 SIDAKAYA, KEC. CILACAP SEL., KABUPATEN CILACAP,
 JAWA TENGAH 53212

SHOP DRAWING

PEKERJAAN :

PEMBANGUNAN GEDUNG KULIAH
 BERSAMA
 POLITEKNIK NEGERI CILACAP

MENYETUJUI :

Pejabat Pembuat Komitmen (PPKom)

DADANG HERMAWAN, SE, M.Si
 NIP. 19590804 198812 1 001

DISETUJUI OLEH :

MANAJEMEN KONSTRUKSI
 PT. POLA DWIPA

SULISTYO, ST
 Team Leader

DIBUAT OLEH :

KONTRAKTOR PELAKSANA
 PT. MITRA ANDALAN SAKTI -
 PT. CERIA JASA KONSTRUKSI, KSO

DEDDY MARTEANO, ST, MT
 Project Manager

NO	REVISI	TANGGAL	PARAF

JUDUL GAMBAR :

SKALA KODE NO. LEMBAR JML. LEMBAR

UKURAN KOLOM	DESKRIPSI			UKURAN KOLOM	DESKRIPSI		
	BAWAH	TENGAH	ATAS		BAWAH	TENGAH	ATAS
TYPE KOLOM K 1-1 700 x 700				TYPE KOLOM K 2 300 x 300			
Tulangan	16 D 22	16 D 22	16 D 22	Tulangan	8 D 16	8 D 16	8 D 16
Sengkang	D10 - 100	D10 - 150	D10 - 100	Sengkang	D10 - 100	D10 - 150	D10 - 100
Selimum Beton	50 mm	50 mm	50 mm	Selimum Beton	50 mm	50 mm	50 mm
UKURAN KOLOM	DESKRIPSI			UKURAN KOLOM	DESKRIPSI		
	BAWAH	TENGAH	ATAS		BAWAH	TENGAH	ATAS
TYPE KOLOM K 1 600 x 600				TYPE KOLOM K 3 400 x 400			
Tulangan	12 D 22	12 D 22	12 D 22	Tulangan	8 D 16	8 D 16	8 D 16
Sengkang	D10 - 100	D10 - 150	D10 - 100	Sengkang	D10 - 100	D10 - 150	D10 - 100
Selimum Beton	50 mm	50 mm	50 mm	Selimum Beton	50 mm	50 mm	50 mm

DETAIL TULANGAN KOLOM



POLITEKNIK NEGERI CILACAP
 JL. DOKTER SOETOMO No.1, KARANGCENGIS,
 SIDAKAYA, KEC. CILACAP SEL., KABUPATEN CILACAP,
 JAWA TENGAH 53212

SHOP DRAWING

PEKERJAAN :

PEMBANGUNAN GEDUNG KULIAH
 BERSAMA
 POLITEKNIK NEGERI CILACAP

MENYETUJUI :

Pejabat Pembuat Komitmen (PPKom)

DADANG HERMAWAN, SE, M.Si
 NIP. 19590804 198812 1 001

DISETUJUI OLEH :

MANAJEMEN KONSTRUKSI
 PT. POLA DWIPA

SULISTYO, ST
 Team Leader

DIBUAT OLEH :

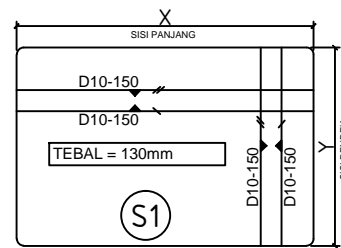
KONTRAKTOR PELAKSANA
 PT. MITRA ANDALAN SAKTI -
 PT. CERIA JASA KONSTRUKSI, KSO

DEDDY MARTEANO, ST, MT
 Project Manager

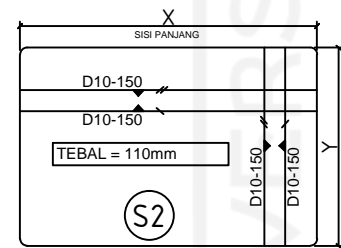
NO	REVISI	TANGGAL	PARAF

JUDUL GAMBAR :

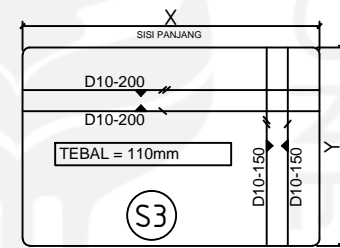
SKALA	KODE	NO. LEMBAR	JML. LEMBAR



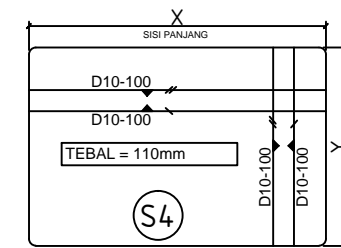
PENULANGAN PELAT TYPE S1



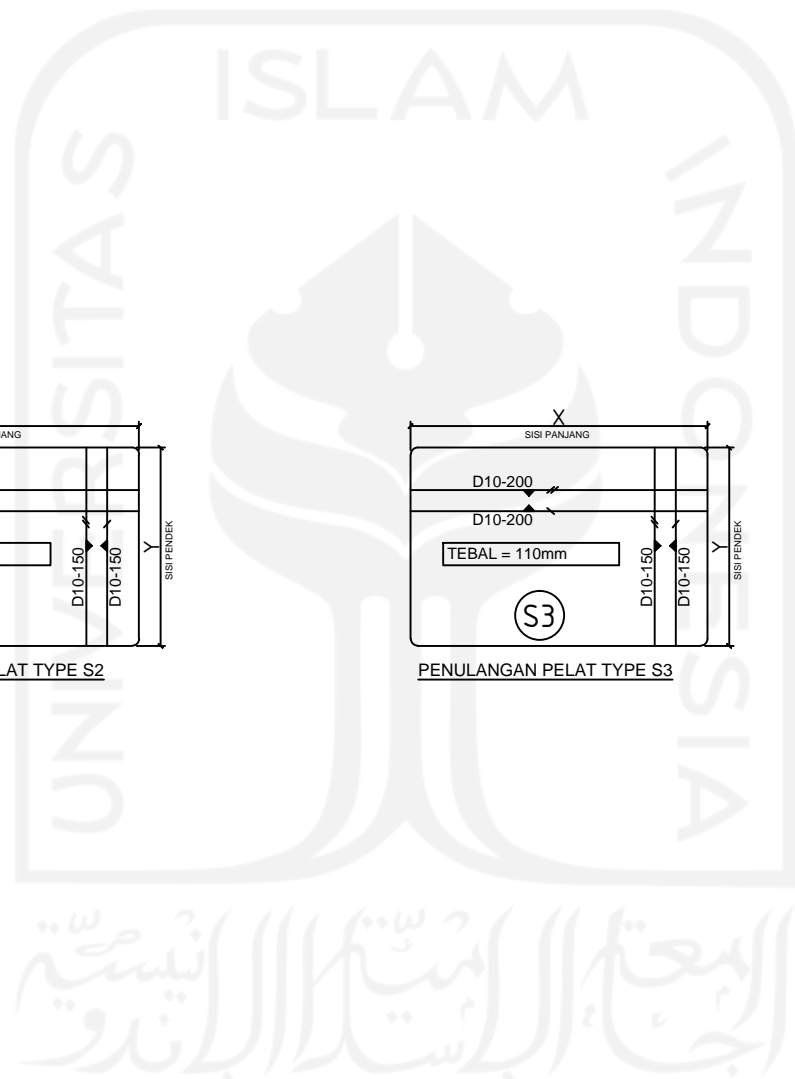
PENULANGAN PELAT TYPE S2



PENULANGAN PELAT TYPE S3



PENULANGAN PELAT TYPE S4





POLITEKNIK NEGERI CILACAP
 JL. DOKTER SOETOMO No.1, KARANGCENGIS,
 SIDAKAYA, KEC. CILACAP SEL., KABUPATEN CILACAP,
 JAWA TENGAH 53212

SHOP DRAWING

PEKERJAAN :

**PEMBANGUNAN GEDUNG KULIAH
 BERSAMA
 POLITEKNIK NEGERI CILACAP**

MENYETUJUI :

Pejabat Pembuat Komitmen (PPKom)

DADANG HERMAWAN, SE, M.Si
 NIP. 19590804 198812 1 001

DISETUJUI OLEH :

**MANAJEMEN KONSTRUKSI
 PT. POLA DWIPA**

SULISTYO, ST
 Team Leader

DIBUAT OLEH :

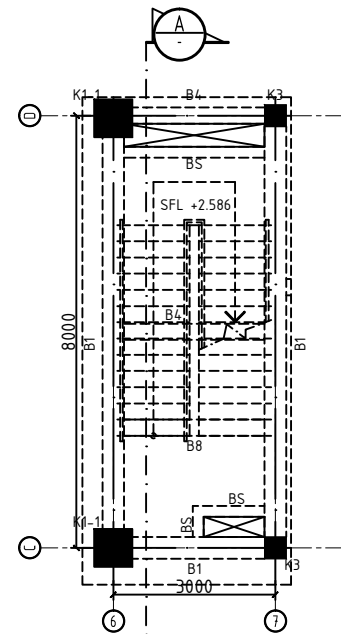
**KONTRAKTOR PELAKSANA
 PT. MITRA ANDALAN SAKTI -
 PT. CERIA JASA KONSTRUKSI, KSO**

DEDDY MARTEANO, ST, MT
 Project Manager

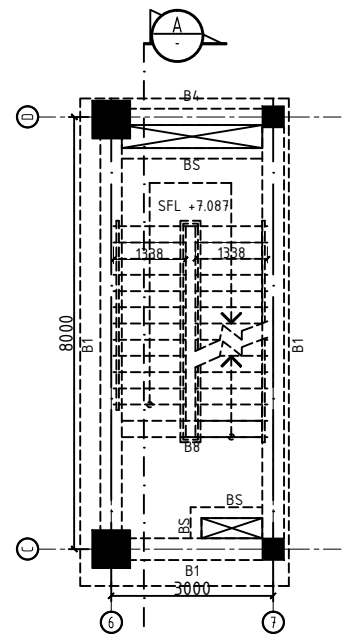
NO	REVISI	TANGGAL	PARAF

JUDUL GAMBAR :

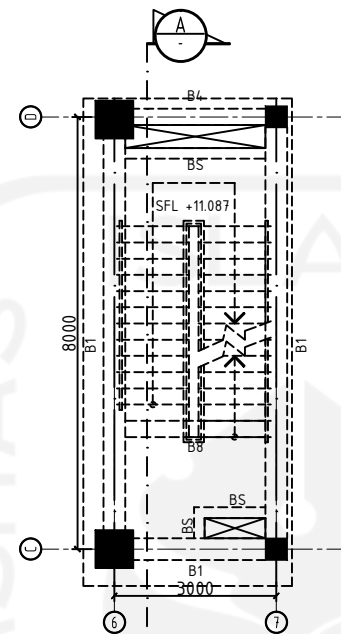
SKALA	KODE	NO. LEMBAR	JML. LEMBAR



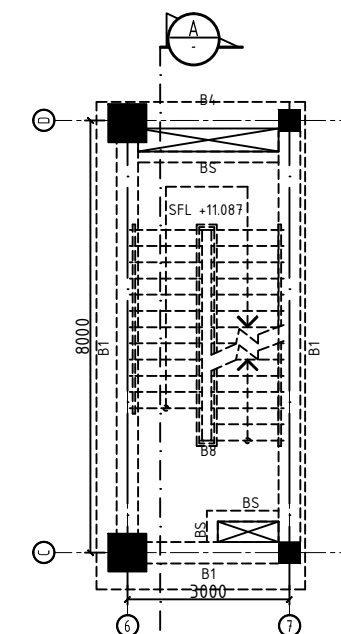
DENAH TANGGA A LT.1



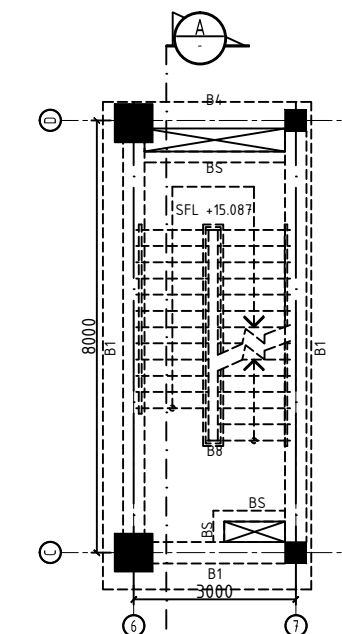
DENAH TANGGA A LT.2



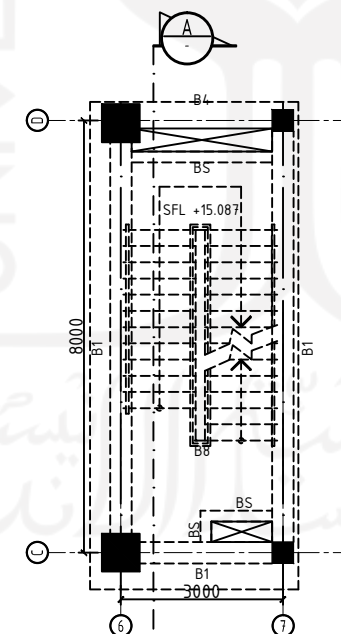
DENAH TANGGA A LT.3



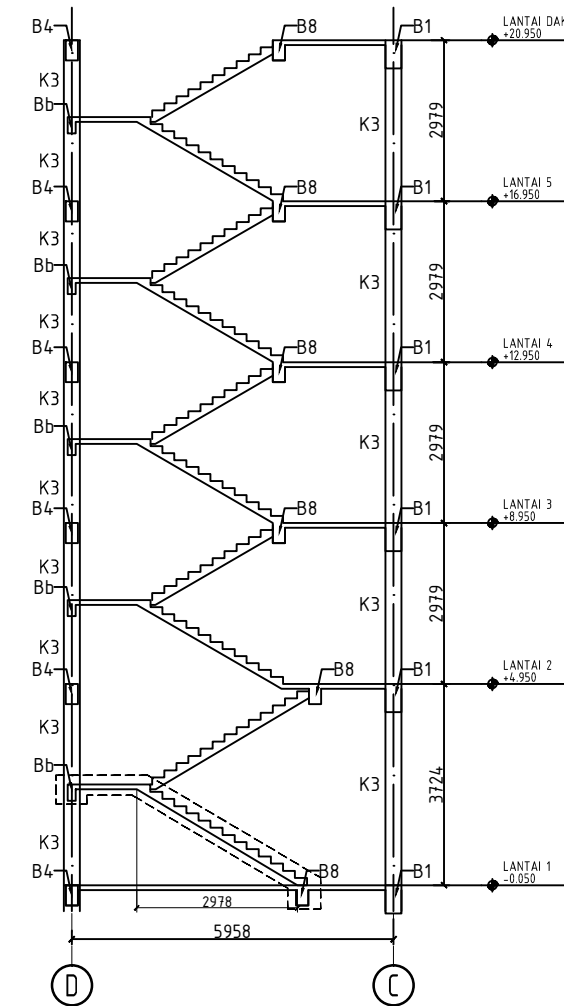
DENAH TANGGA A LT.4



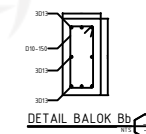
DENAH TANGGA A LT.5



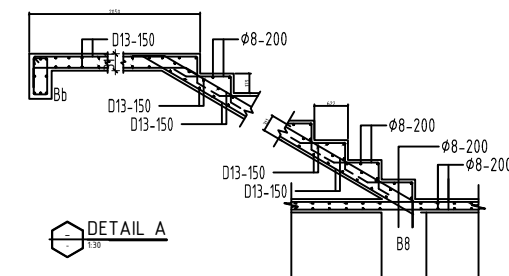
DENAH TANGGA A LT.DAK



POTONGAN A



DETAIL BALOK Bb



DETAIL A



POLITEKNIK NEGERI CILACAP
 JL. DOKTER SOETOMO No.1, KARANGCENGIS,
 SIDAKAYA, KEC. CILACAP SEL., KABUPATEN CILACAP,
 JAWA TENGAH 53212

SHOP DRAWING

PEKERJAAN :

PEMBANGUNAN GEDUNG KULIAH
 BERSAMA
 POLITEKNIK NEGERI CILACAP

MENYETUJUI :
 Pejabat Pembuat Komitmen (PPKom)

DADANG HERMAWAN, SE, M.Si
 NIP. 19590804 198812 1 001

DISETUJUI OLEH :
 MANAJEMEN KONSTRUKSI
 PT. POLA DWIPA

SULISTYO, ST
 Team Leader

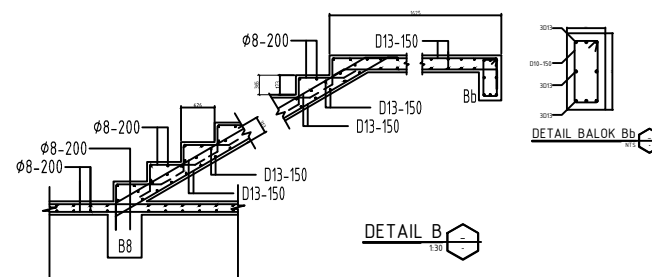
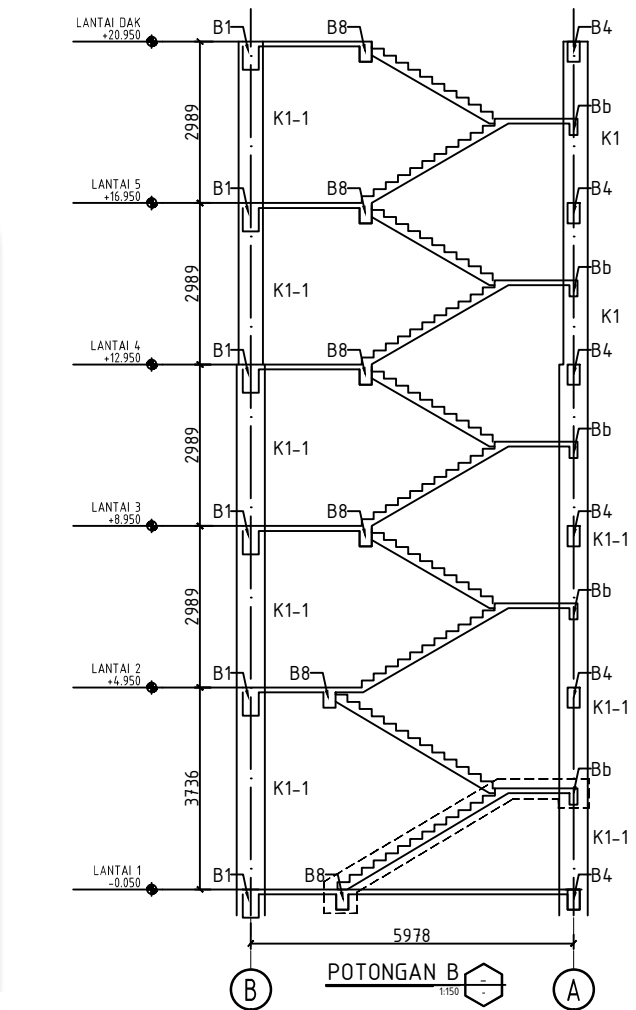
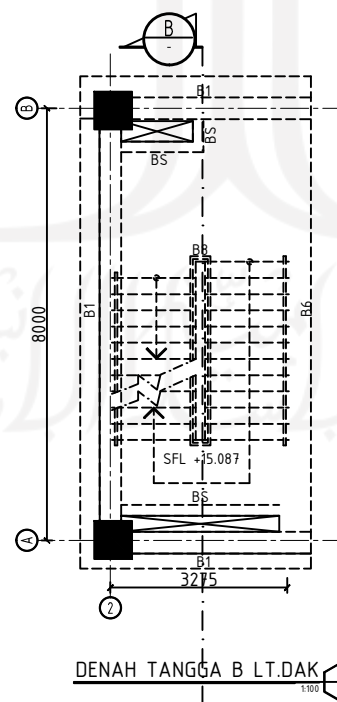
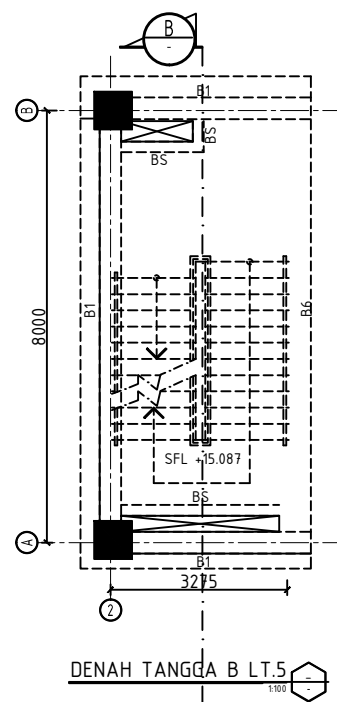
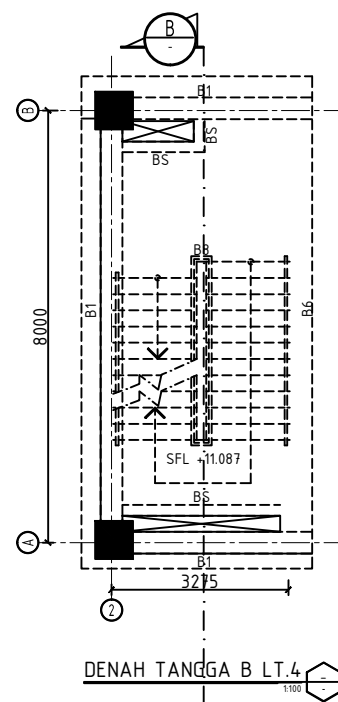
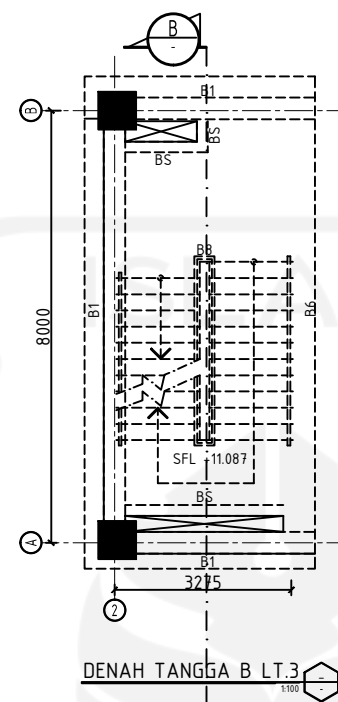
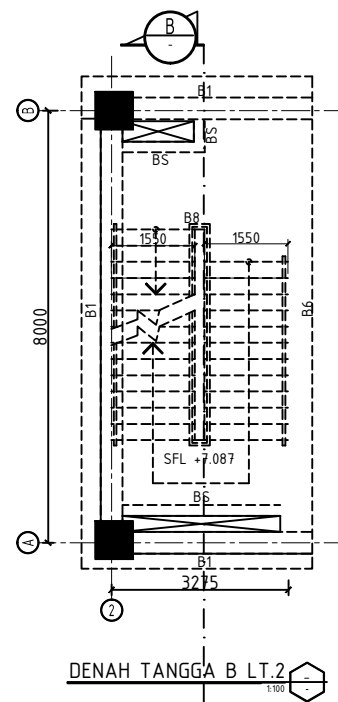
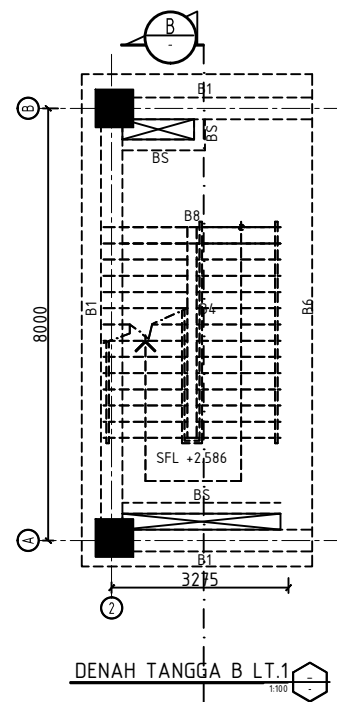
DIBUAT OLEH :
 KONTRAKTOR PELAKSANA
 PT. MITRA ANDALAN SAKTI -
 PT. CERIA JASA KONSTRUKSI, KSO

DEDDY MARTEANO, ST, MT
 Project Manager

NO	REVISI	TANGGAL	PARAF

JUDUL GAMBAR :

SKALA	KODE	NO. LEMBAR	JML. LEMBAR





POLITEKNIK NEGERI CILACAP
 JL. DOKTER SOETOMO No.1, KARANGCENGIS,
 SIDAKAYA, KEC. CILACAP SEL., KABUPATEN CILACAP,
 JAWA TENGAH 53212

SHOP DRAWING

PEKERJAAN :

PEMBANGUNAN GEDUNG KULIAH
 BERSAMA
 POLITEKNIK NEGERI CILACAP

MENYETUJUI :

Pejabat Pembuat Komitmen (PPKom)

DADANG HERMAWAN, SE, M.Si
 NIP. 19590804 198812 1 001

DISETUJUI OLEH :

MANAJEMEN KONSTRUKSI
 PT. POLA DWIPA

SULISTYO, ST
 Team Leader

DIBUAT OLEH :

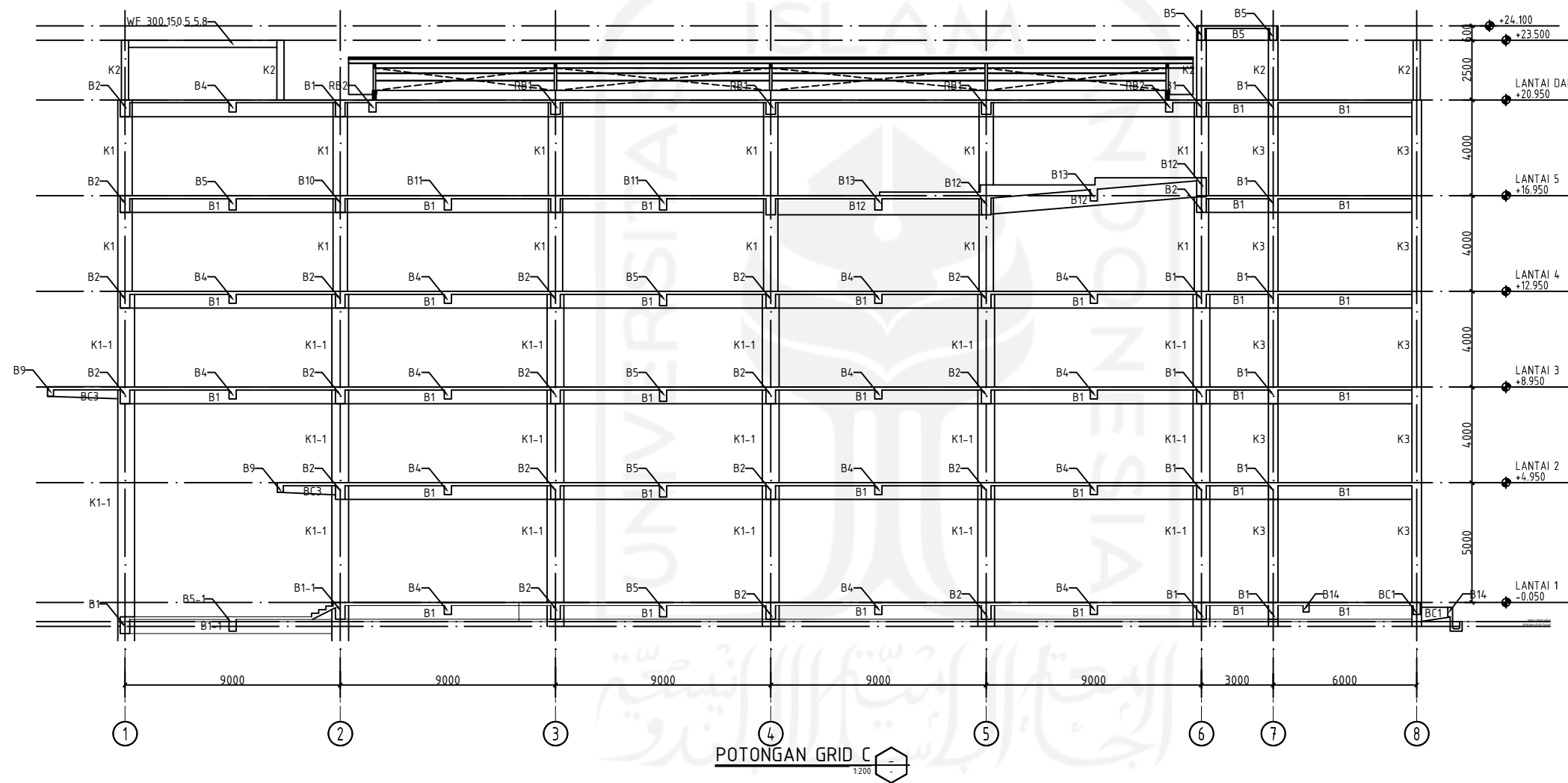
KONTRAKTOR PELAKSANA
 PT. MITRA ANDALAN SAKTI -
 PT. CERIA JASA KONSTRUKSI, KSO

DEDDY MARTEANO, ST, MT
 Project Manager

NO	REVISI	TANGGAL	PARAF

JUDUL GAMBAR :

SKALA	KODE	NO. LEMBAR	JML. LEMBAR





POLITEKNIK NEGERI CILACAP
 JL. DOKTER SOETOMO No.1, KARANGCENGIS,
 SIDAKAYA, KEC. CILACAP SEL., KABUPATEN CILACAP,
 JAWA TENGAH 53212

SHOP DRAWING

PEKERJAAN :

 PEMBANGUNAN GEDUNG KULIAH
 BERSAMA
 POLITEKNIK NEGERI CILACAP

MENYETUJUI :
 Pejabat Pembuat Komitmen (PPKom)

DADANG HERMAWAN, SE, M.Si
 NIP. 19590804 198812 1 001

DISETUJUI OLEH :
 MANAJEMEN KONSTRUKSI
 PT. POLA DWIPA

 SULISTYO, ST
 Team Leader

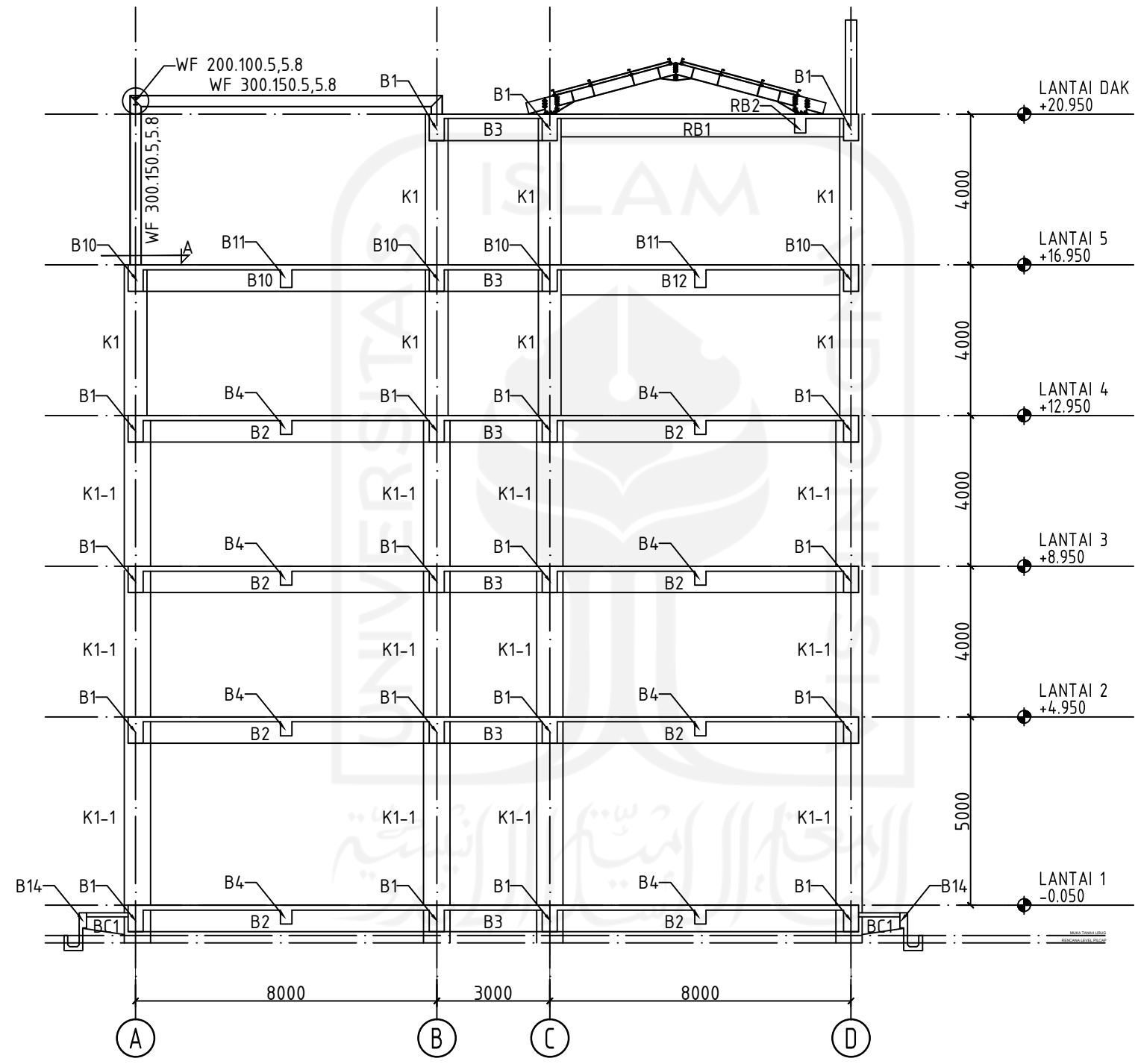
DIBUAT OLEH :
 KONTRAKTOR PELAKSANA
 PT. MITRA ANDALAN SAKTI -
 PT. CERIA JASA KONSTRUKSI, KSO

DEDDY MARTEANO, ST, MT
 Project Manager

NO	REVISI	TANGGAL	PARAF

JUDUL GAMBAR :

SKALA	KODE	NO. LEMBAR	JML. LEMBAR



POTONGAN GRID 4
 1:200



POLITEKNIK NEGERI CILACAP
 JL. DOKTER SOETOMO No.1, KARANGCENGIS,
 SIDAKAYA, KEC. CILACAP SEL., KABUPATEN CILACAP,
 JAWA TENGAH 53212

SHOP DRAWING

PEKERJAAN :

PEMBANGUNAN GEDUNG KULIAH
 BERSAMA
 POLITEKNIK NEGERI CILACAP

MENYETUJUI :

Pejabat Pembuat Komitmen (PPKom)

DADANG HERMAWAN, SE, M.Si
 NIP. 19590804 198812 1 001

DISETUJUI OLEH :

MANAJEMEN KONSTRUKSI
 PT. POLA DWIPA

SULISTYO, ST
 Team Leader

DIBUAT OLEH :

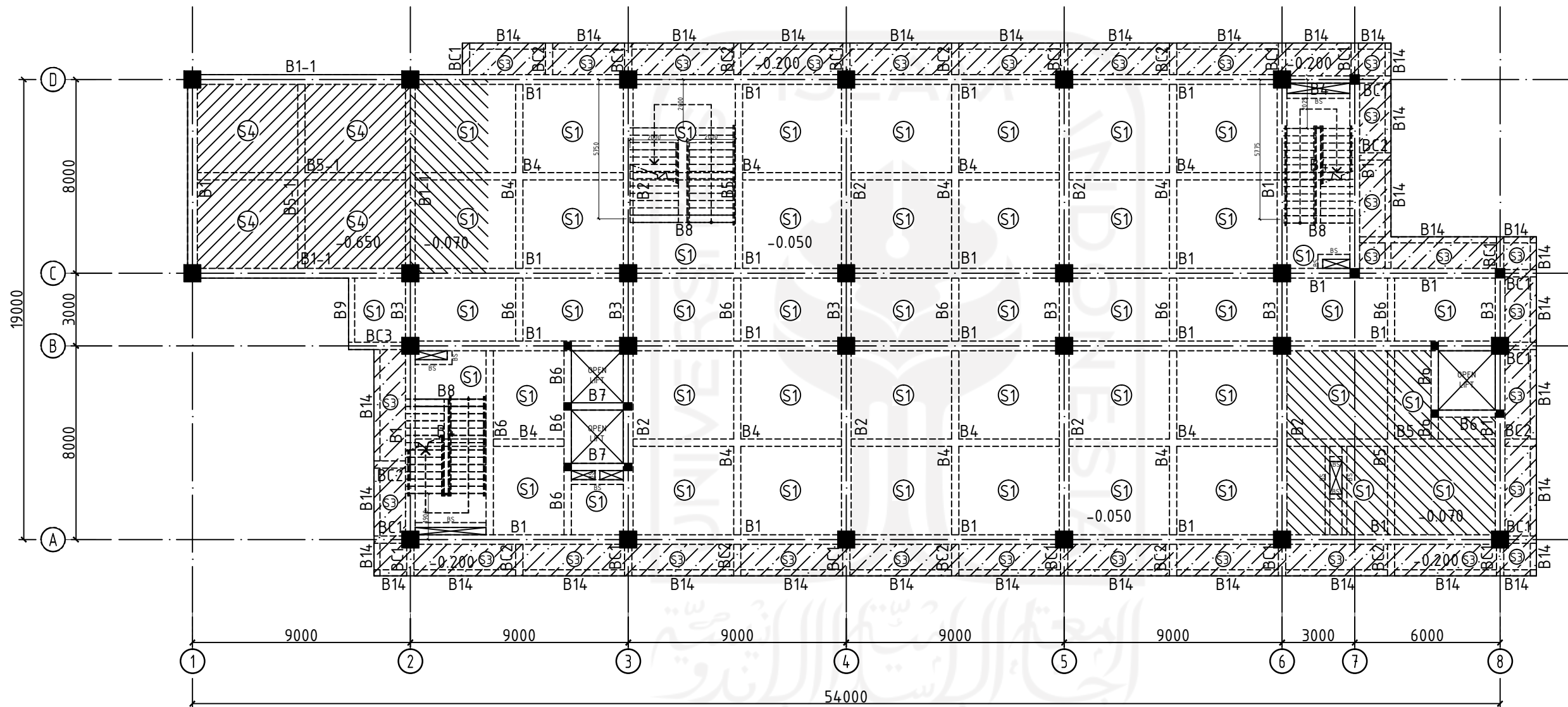
KONTRAKTOR PELAKSANA
 PT. MITRA ANDALAN SAKTI -
 PT. CERIA JASA KONSTRUKSI, KSO

DEDDY MARTEANO, ST, MT
 Project Manager

NO	REVISI	TANGGAL	PARAF

JUDUL GAMBAR :

SKALA	KODE	NO. LEMBAR	JML. LEMBAR



DENAH BALOK DAN PELAT LT. 1
 1:200



POLITEKNIK NEGERI CILACAP
 JL. DOKTER SOETOMO No.1, KARANGCENGIS,
 SIDAKAYA, KEC. CILACAP SEL., KABUPATEN CILACAP,
 JAWA TENGAH 53212

SHOP DRAWING

PEKERJAAN :

PEMBANGUNAN GEDUNG KULIAH
 BERSAMA
 POLITEKNIK NEGERI CILACAP

MENYETUJUI :

Pejabat Pembuat Komitmen (PPK)om

DADANG HERMAWAN, SE, M.Si
 NIP. 19590804 198812 1 001

DISETUJUI OLEH :

MANAJEMEN KONSTRUKSI
 PT. POLA DWIPA

SULISTYO, ST
 Team Leader

DIBUAT OLEH :

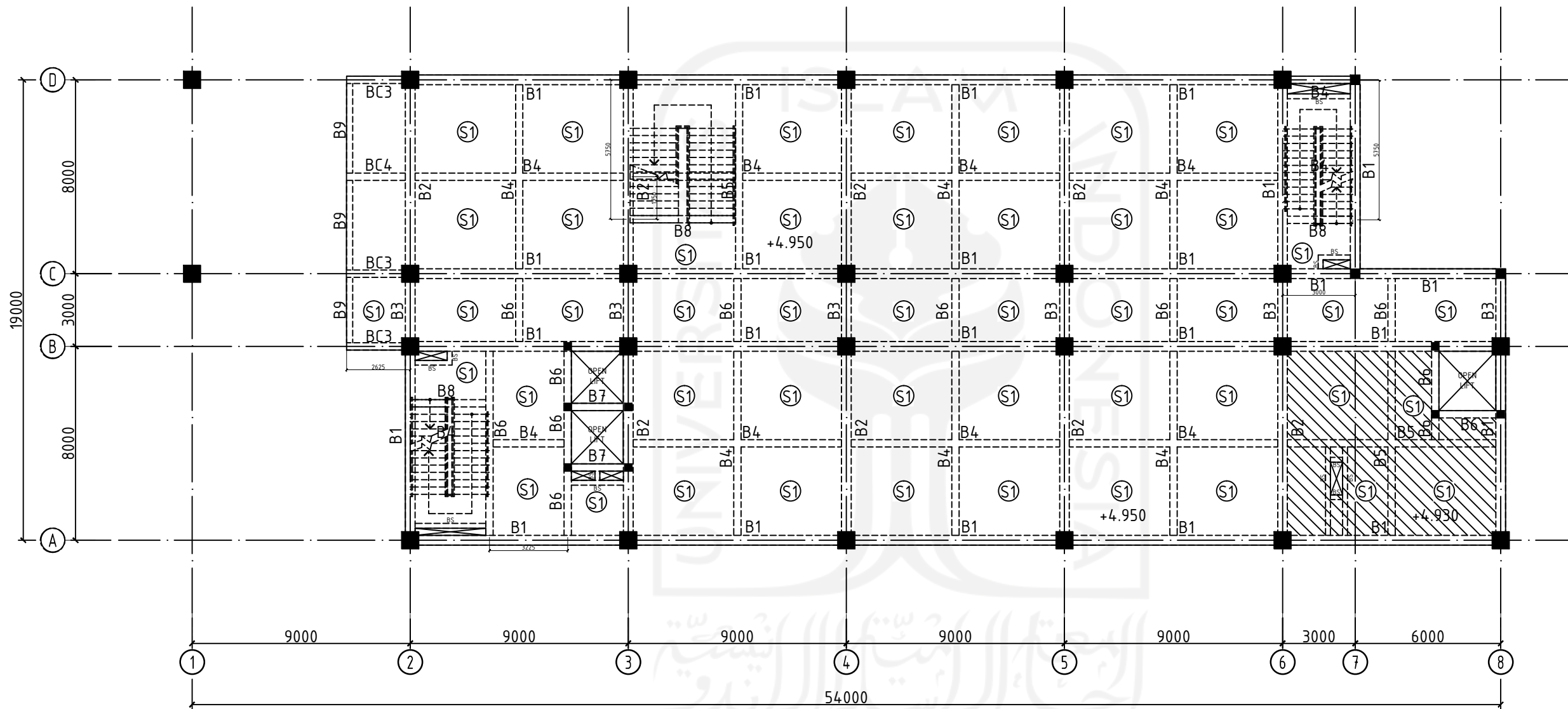
KONTRAKTOR PELAKSANA
 PT. MITRA ANDALAN SAKTI -
 PT. CERIA JASA KONSTRUKSI, KSO

DEDDY MARTEANO, ST, MT
 Project Manager

NO	REVISI	TANGGAL	PARAF

JUDUL GAMBAR :

SKALA	KODE	NO. LEMBAR	JML. LEMBAR



DENAH BALOK DAN PELAT LT. 2

1:200





POLITEKNIK NEGERI CILACAP
 JL. DOKTER SOETOMO No.1, KARANGCENGIS,
 SIDAKAYA, KEC. CILACAP SEL., KABUPATEN CILACAP,
 JAWA TENGAH 53212

SHOP DRAWING

PEKERJAAN :

PEMBANGUNAN GEDUNG KULIAH
 BERSAMA
 POLITEKNIK NEGERI CILACAP

MENYETUJUI :

Pejabat Pembuat Komitmen (PPK)om

DADANG HERMAWAN, SE, M.Si
 NIP. 19590804 198812 1 001

DISETUJUI OLEH :

MANAJEMEN KONSTRUKSI
 PT. POLA DWIPA

SULISTYO, ST
 Team Leader

DIBUAT OLEH :

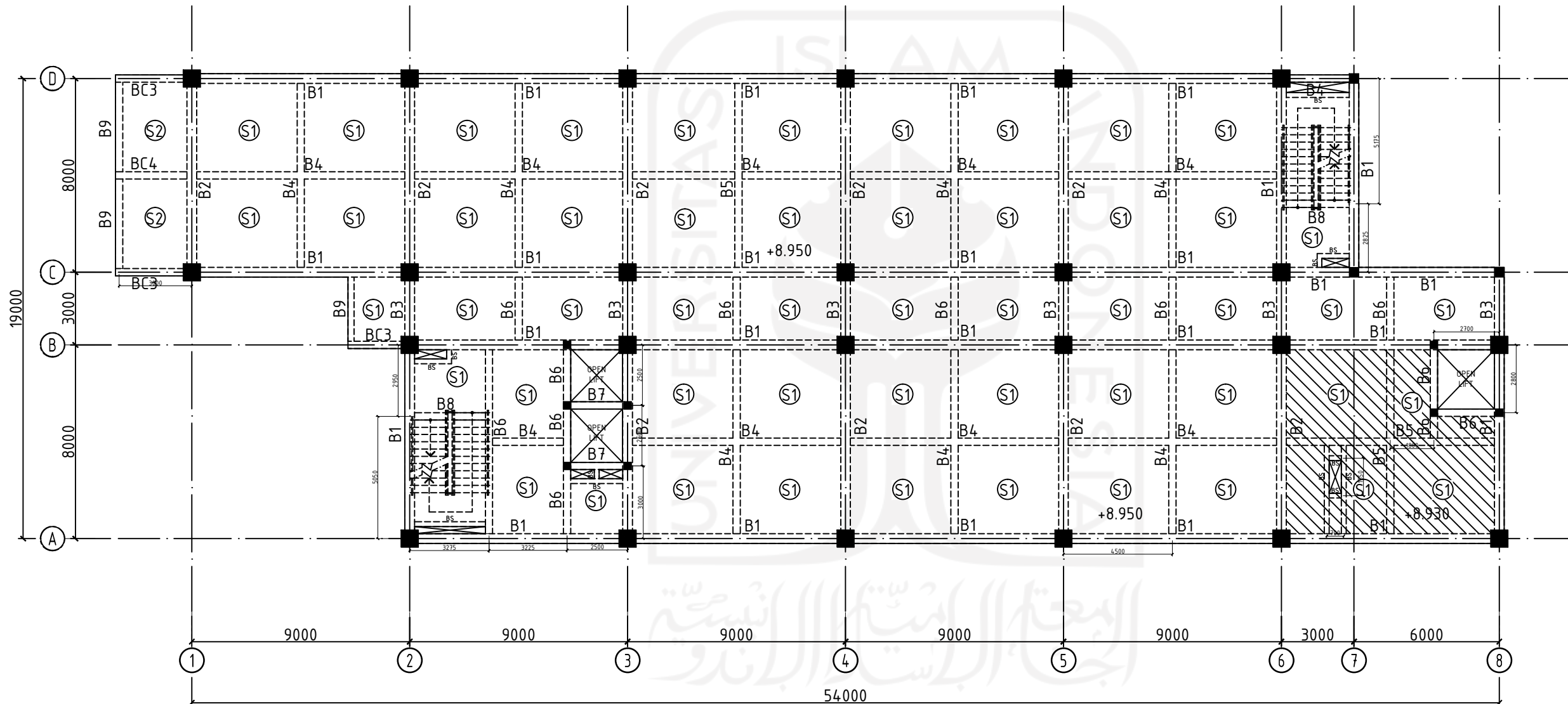
KONTRAKTOR PELAKSANA
 PT. MITRA ANDALAN SAKTI -
 PT. CERIA JASA KONSTRUKSI, KSO

DEDDY MARTEANO, ST, MT
 Project Manager

NO	REVISI	TANGGAL	PARAF

JUDUL GAMBAR :

SKALA	KODE	NO. LEMBAR	JML. LEMBAR



DENAH BALOK DAN PELAT LT. 3 
 1:200



POLITEKNIK NEGERI CILACAP
 JL. DOKTER SOETOMO No.1, KARANGCENGIS,
 SIDAKAYA, KEC. CILACAP SEL., KABUPATEN CILACAP,
 JAWA TENGAH 53212

SHOP DRAWING

PEKERJAAN :

PEMBANGUNAN GEDUNG KULIAH
 BERSAMA
 POLITEKNIK NEGERI CILACAP

MENYETUJUI :

Pejabat Pembuat Komitmen (PPKom)

DADANG HERMAWAN, SE, M.Si
 NIP. 19590804 198812 1 001

DISETUJUI OLEH :

MANAJEMEN KONSTRUKSI
 PT. POLA DWIPA

SULISTYO, ST
 Team Leader

DIBUAT OLEH :

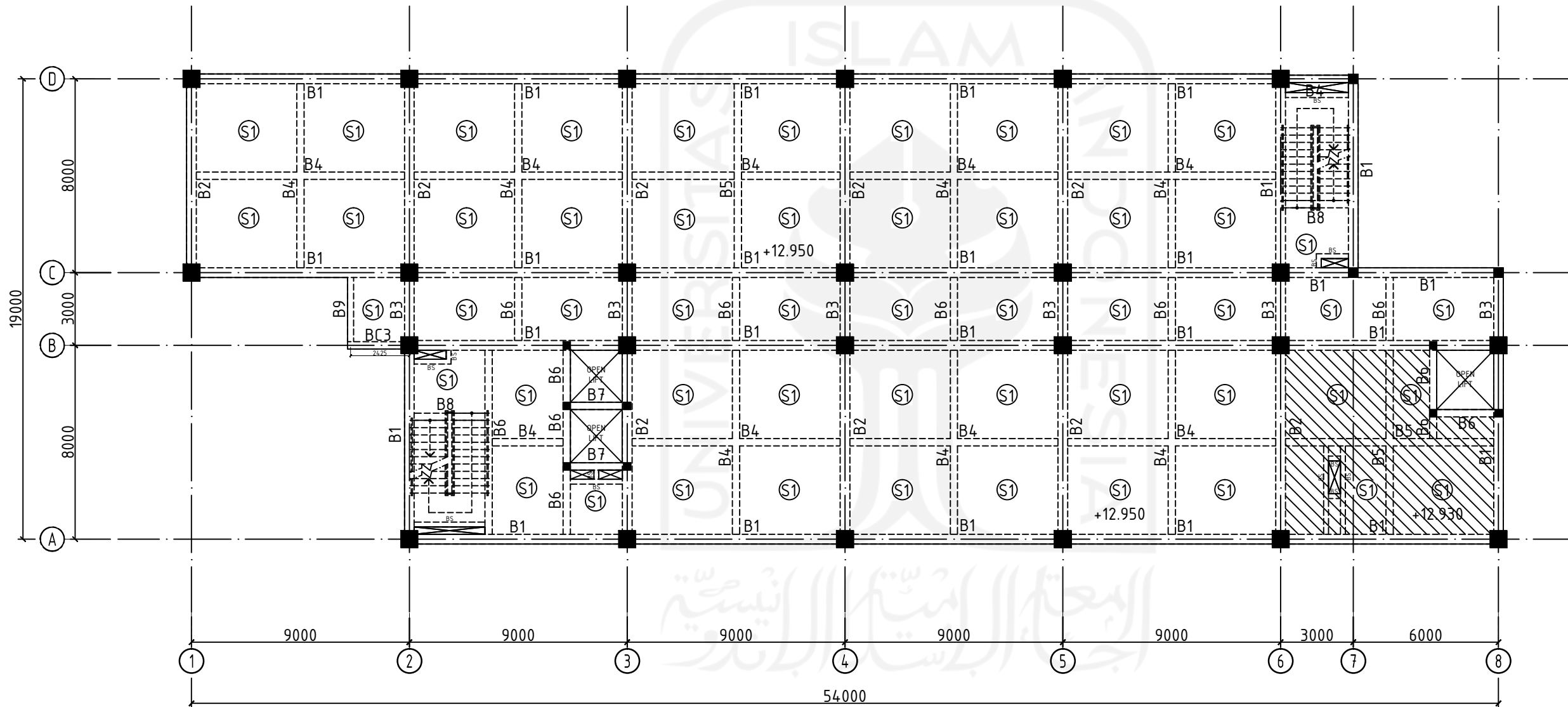
KONTRAKTOR PELAKSANA
 PT. MITRA ANDALAN SAKTI -
 PT. CERIA JASA KONSTRUKSI, KSO

DEDDY MARTEANO, ST, MT
 Project Manager

NO	REVISI	TANGGAL	PARAF

JUDUL GAMBAR :

SKALA	KODE	NO. LEMBAR	JML. LEMBAR



DENAH BALOK DAN PELAT LT. 4 
 1:200



POLITEKNIK NEGERI CILACAP
 JL. DOKTER SOETOMO No.1, KARANGCENGIS,
 SIDAKAYA, KEC. CILACAP SEL., KABUPATEN CILACAP,
 JAWA TENGAH 53212

SHOP DRAWING

PEKERJAAN :

PEMBANGUNAN GEDUNG KULIAH
 BERSAMA
 POLITEKNIK NEGERI CILACAP

MENYETUJUI :

Pejabat Pembuat Komitmen (PPKom)

DADANG HERMAWAN, SE, M.Si
 NIP. 19590804 198812 1 001

DISETUJUI OLEH :

MANAJEMEN KONSTRUKSI
 PT. POLA DWIPA

SULISTYO, ST
 Team Leader

DIBUAT OLEH :

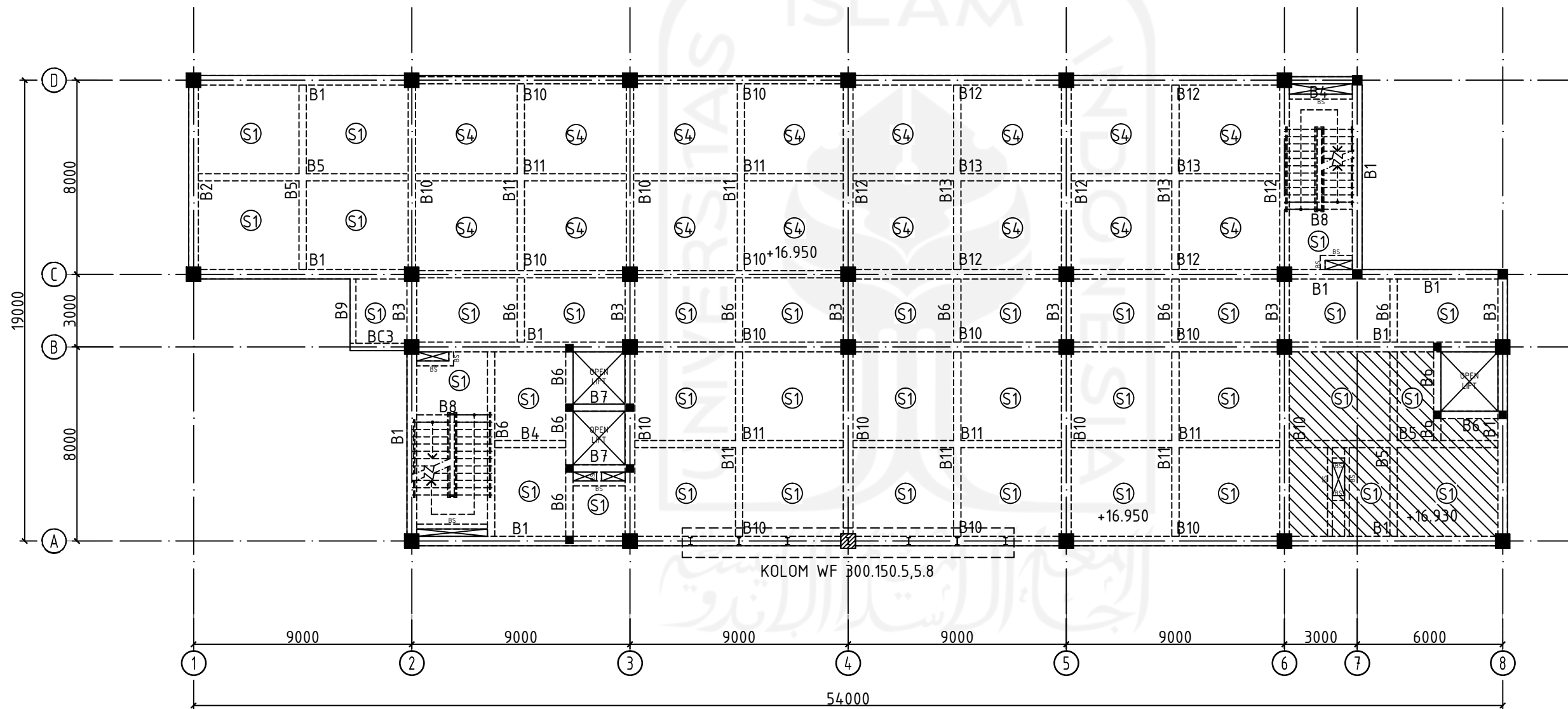
KONTRAKTOR PELAKSANA
 PT. MITRA ANDALAN SAKTI -
 PT. CERIA JASA KONSTRUKSI, KSO

DEDDY MARTEANO, ST, MT
 Project Manager

NO	REVISI	TANGGAL	PARAF

JUDUL GAMBAR :

SKALA	KODE	NO. LEMBAR	JML. LEMBAR



DENAH BALOK DAN PELAT LT. 5

1:200





POLITEKNIK NEGERI CILACAP
 JL. DOKTER SOETOMO No.1, KARANGCENGIS,
 SIDAKAYA, KEC. CILACAP SEL., KABUPATEN CILACAP,
 JAWA TENGAH 53212

SHOP DRAWING

PEKERJAAN :

PEMBANGUNAN GEDUNG KULIAH
 BERSAMA
 POLITEKNIK NEGERI CILACAP

MENYETUJUI :

Pejabat Pembuat Komitmen (PPKom)

DADANG HERMAWAN, SE, M.Si
 NIP. 19590804 198812 1 001

DISETUJUI OLEH :

MANAJEMEN KONSTRUKSI
 PT. POLA DWIPA

SULISTYO, ST
 Team Leader

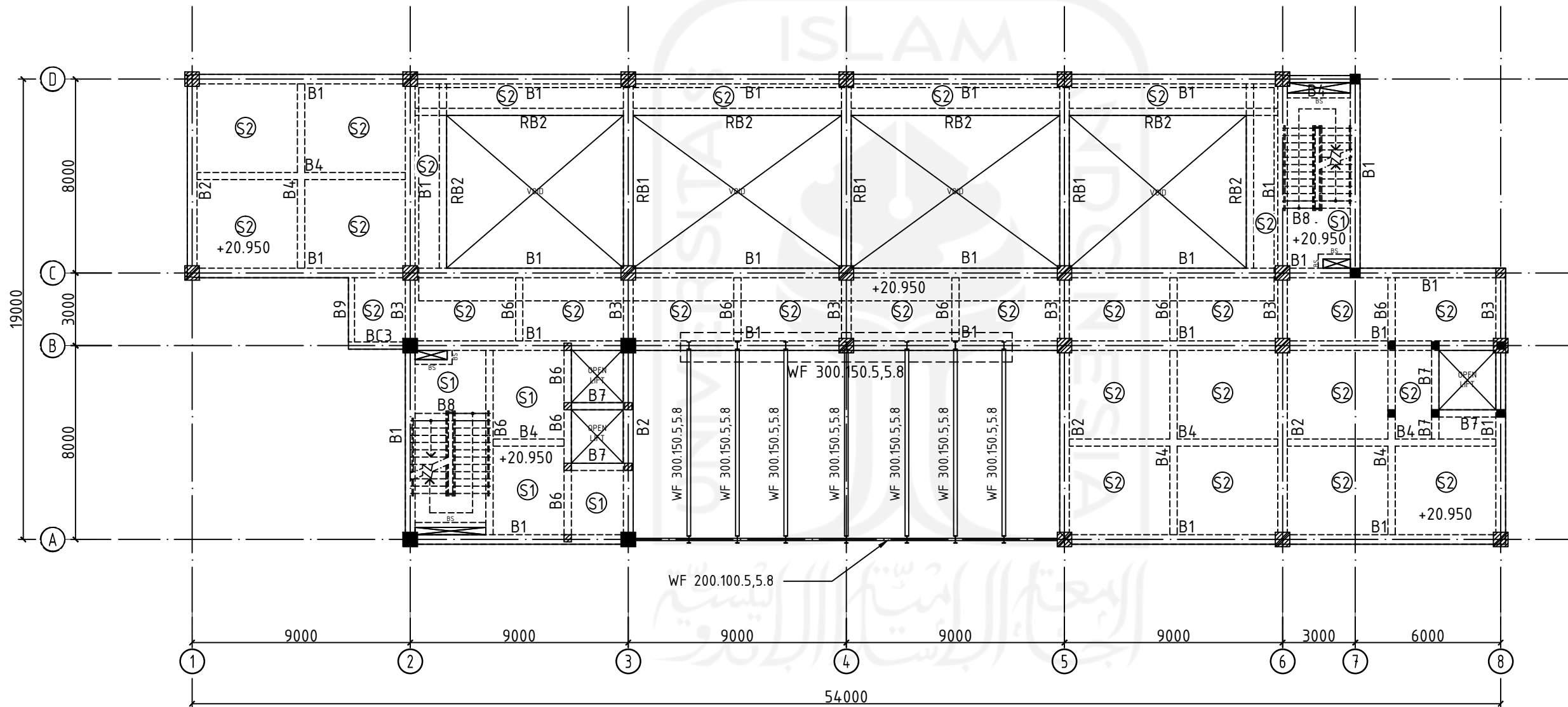
DIBUAT OLEH :

KONTRAKTOR PELAKSANA
 PT. MITRA ANDALAN SAKTI -
 PT. CERIA JASA KONSTRUKSI, KSO

DEDDY MARTEANO, ST, MT
 Project Manager

NO	REVISI	TANGGAL	PARAF

JUDUL GAMBAR :



DENAH BALOK DAN PELAT LT. DAK
 1:200

SKALA	KODE	NO. LEMBAR	JML. LEMBAR



POLITEKNIK NEGERI CILACAP
 JL. DOKTER SOETOMO No.1, KARANGCENGIS,
 SIDAKAYA, KEC. CILACAP SEL., KABUPATEN CILACAP,
 JAWA TENGAH 53212

SHOP DRAWING

PEKERJAAN :

PEMBANGUNAN GEDUNG KULIAH
 BERSAMA
 POLITEKNIK NEGERI CILACAP

MENYETUJUI :

Pejabat Pembuat Komitmen (PPK)om

DADANG HERMAWAN, SE, M.Si
 NIP. 19590804 198812 1 001

DISETUJUI OLEH :

MANAJEMEN KONSTRUKSI
PT. POLA DWIPA

SULISTYO, ST
 Team Leader

DIBUAT OLEH :

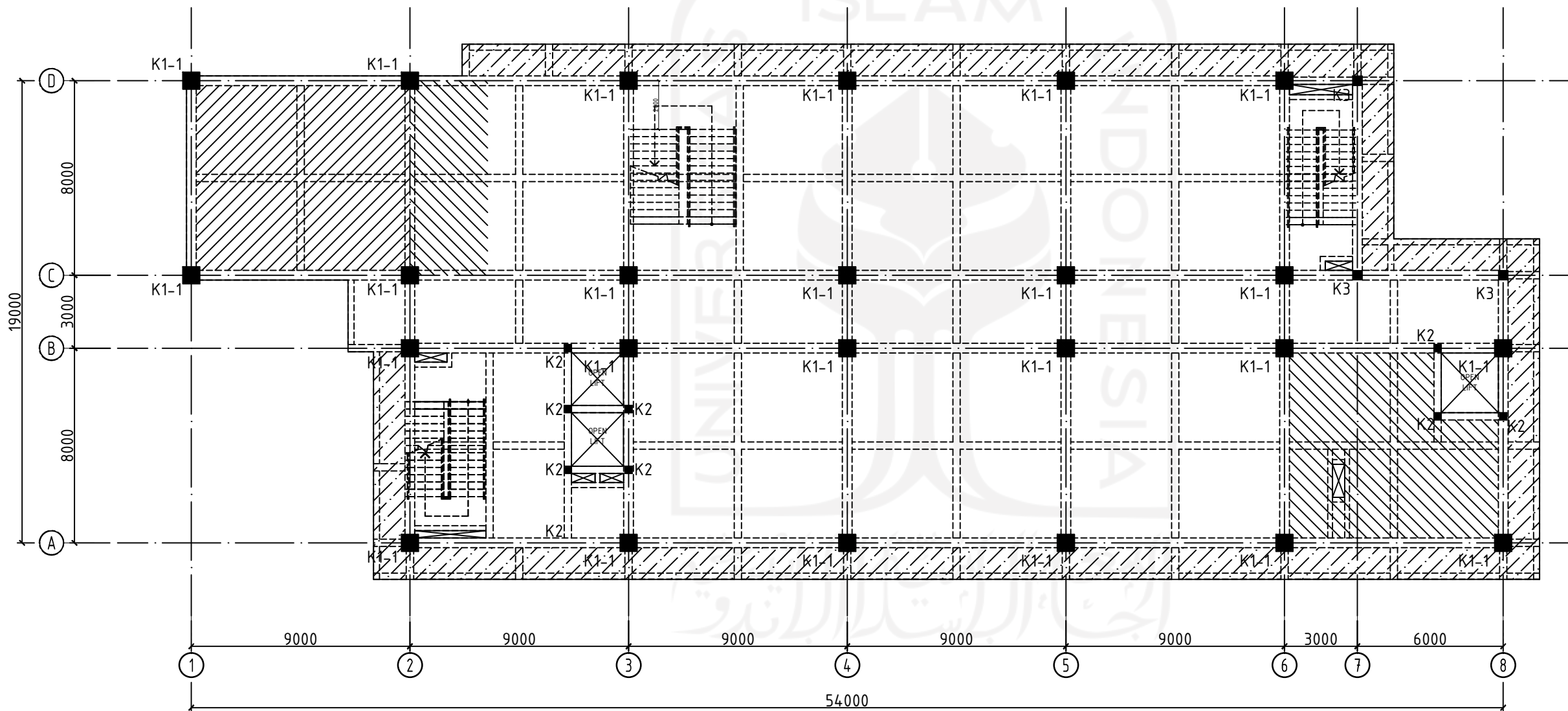
KONTRAKTOR PELAKSANA
PT. MITRA ANDALAN SAKTI -
PT. CERIA JASA KONSTRUKSI, KSO

DEDDY MARTEANO, ST, MT
 Project Manager

NO	REVISI	TANGGAL	PARAF

JUDUL GAMBAR :

SKALA	KODE	NO. LEMBAR	JML. LEMBAR



DENAH KOLOM LT. 1
 1:200



POLITEKNIK NEGERI CILACAP
 JL. DOKTER SOETOMO No.1, KARANGCENGIS,
 SIDAKAYA, KEC. CILACAP SEL., KABUPATEN CILACAP,
 JAWA TENGAH 53212

SHOP DRAWING

PEKERJAAN :

PEMBANGUNAN GEDUNG KULIAH
 BERSAMA
 POLITEKNIK NEGERI CILACAP

MENYETUJUI :

Pejabat Pembuat Komitmen (PPKom)

DADANG HERMAWAN, SE, M.Si
 NIP. 19590804 198812 1 001

DISETUJUI OLEH :

MANAJEMEN KONSTRUKSI
 PT. POLA DWIPA

SULISTYO, ST
 Team Leader

DIBUAT OLEH :

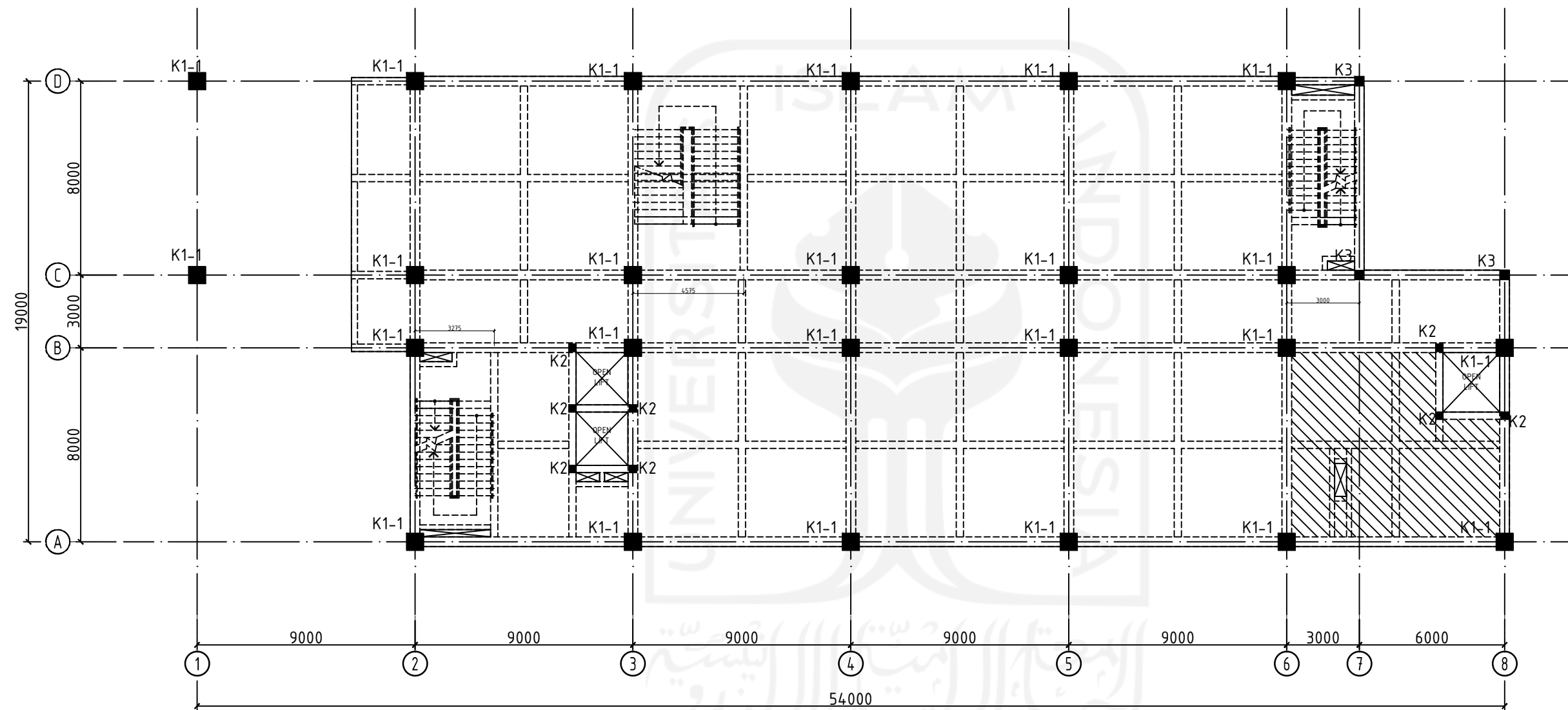
KONTRAKTOR PELAKSANA
 PT. MITRA ANDALAN SAKTI -
 PT. CERIA JASA KONSTRUKSI, KSO

DEDDY MARTEANO, ST, MT
 Project Manager

NO	REVISI	TANGGAL	PARAF

JUDUL GAMBAR :

SKALA	KODE	NO. LEMBAR	JML. LEMBAR



DENAH KOLOM LT. 2
 1:200



POLITEKNIK NEGERI CILACAP
 JL. DOKTER SOETOMO No.1, KARANGCENGIS,
 SIDAKAYA, KEC. CILACAP SEL., KABUPATEN CILACAP,
 JAWA TENGAH 53212

SHOP DRAWING

PEKERJAAN :

PEMBANGUNAN GEDUNG KULIAH
 BERSAMA
 POLITEKNIK NEGERI CILACAP

MENYETUJUI :

Pejabat Pembuat Komitmen (PPKom)

DADANG HERMAWAN, SE, M.Si
 NIP. 19590804 198812 1 001

DISETUJUI OLEH :

MANAJEMEN KONSTRUKSI
 PT. POLA DWIPA

SULISTYO, ST
 Team Leader

DIBUAT OLEH :

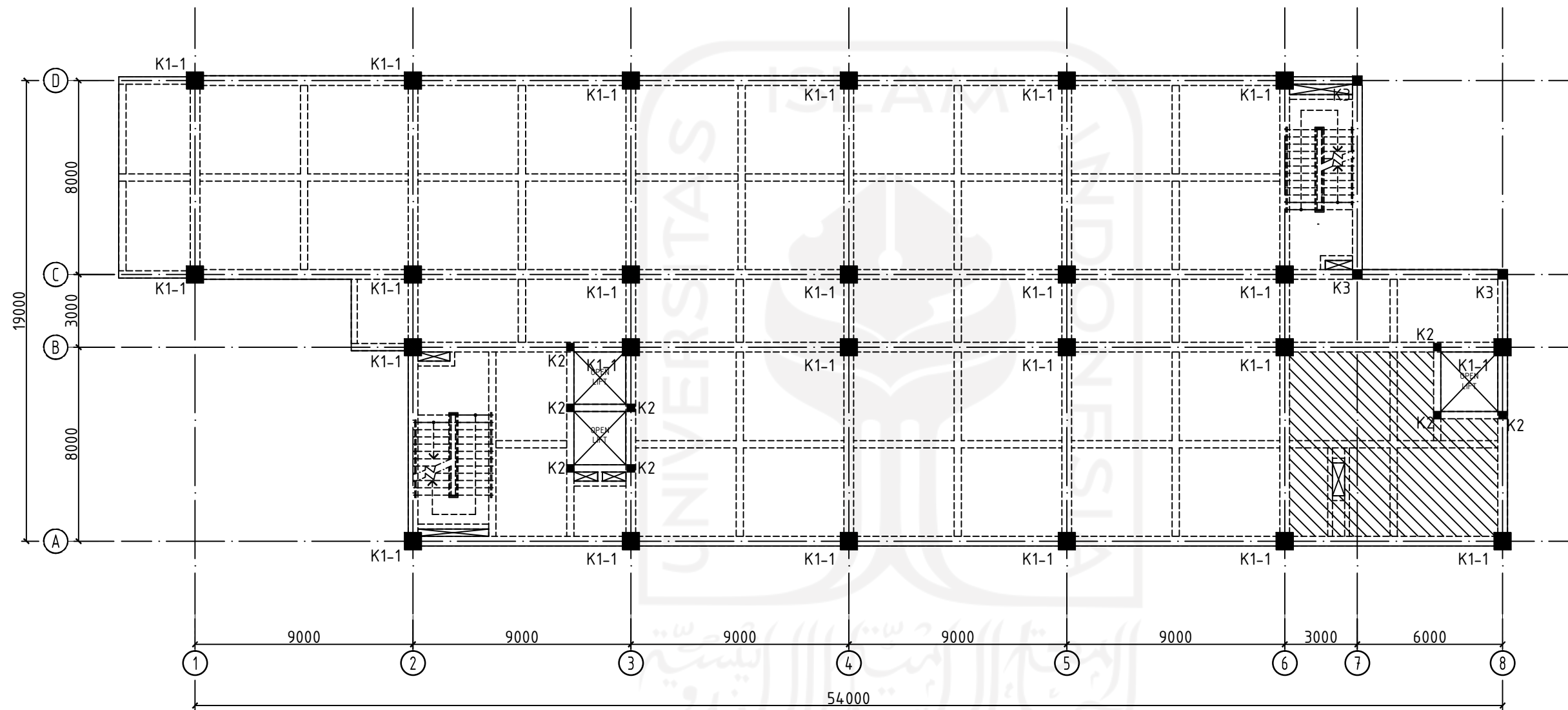
KONTRAKTOR PELAKSANA
 PT. MITRA ANDALAN SAKTI -
 PT. CERIA JASA KONSTRUKSI, KSO

DEDDY MARTEANO, ST, MT
 Project Manager

NO	REVISI	TANGGAL	PARAF

JUDUL GAMBAR :

SKALA	KODE	NO. LEMBAR	JML. LEMBAR



DENAH KOLOM LT. 3
 1:200



POLITEKNIK NEGERI CILACAP
 JL. DOKTER SOETOMO No.1, KARANGCENGIS,
 SIDAKAYA, KEC. CILACAP SEL., KABUPATEN CILACAP,
 JAWA TENGAH 53212

SHOP DRAWING

PEKERJAAN :

PEMBANGUNAN GEDUNG KULIAH
 BERSAMA
 POLITEKNIK NEGERI CILACAP

MENYETUJUI :

Pejabat Pembuat Komitmen (PPKom)

DADANG HERMAWAN, SE, M.Si
 NIP. 19590804 198812 1 001

DISETUJUI OLEH :

MANAJEMEN KONSTRUKSI
 PT. POLA DWIPA

SULISTYO, ST
 Team Leader

DIBUAT OLEH :

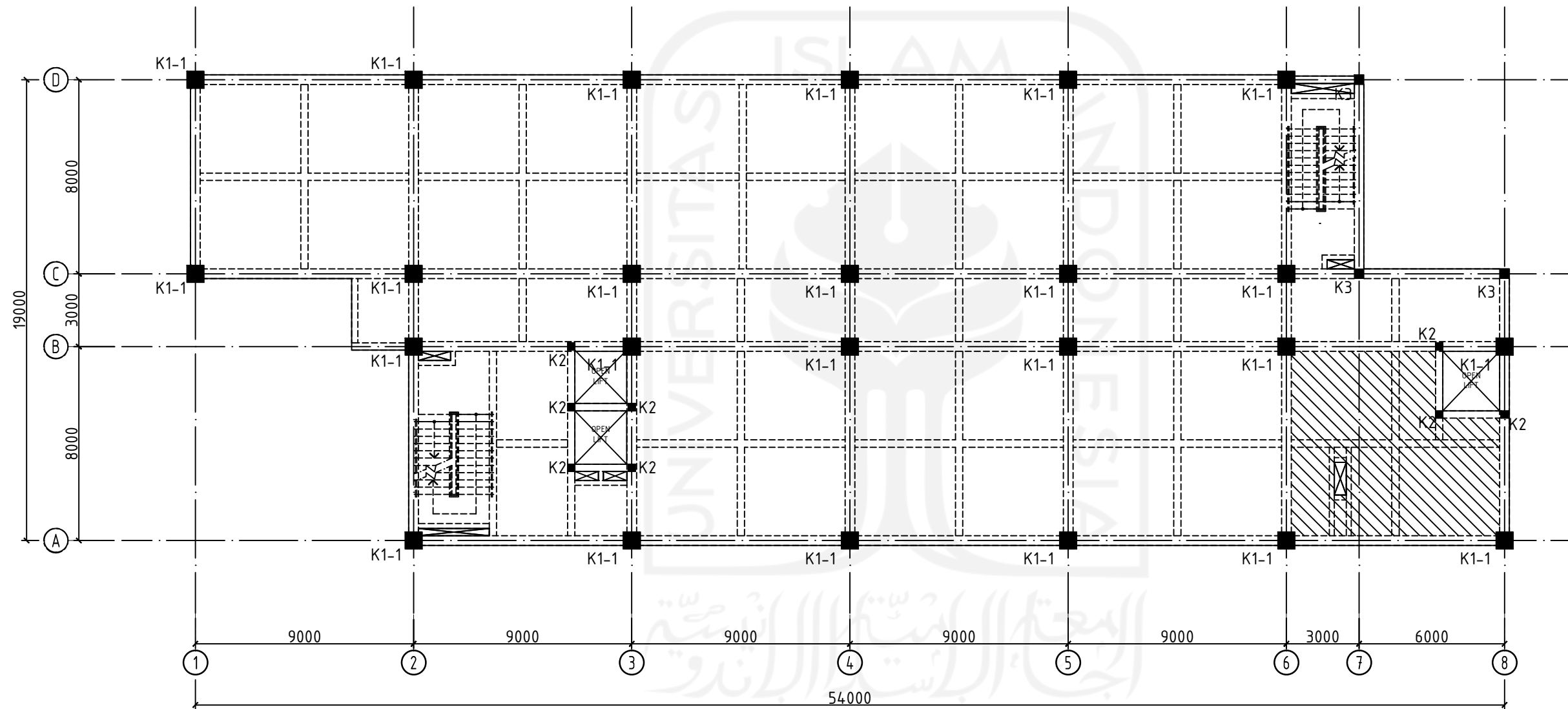
KONTRAKTOR PELAKSANA
 PT. MITRA ANDALAN SAKTI -
 PT. CERIA JASA KONSTRUKSI, KSO

DEDDY MARTEANO, ST, MT
 Project Manager

NO	REVISI	TANGGAL	PARAF

JUDUL GAMBAR :

SKALA	KODE	NO. LEMBAR	JML. LEMBAR



DENAH KOLOM LT. 4
 1:200



POLITEKNIK NEGERI CILACAP
 JL. DOKTER SOETOMO No.1, KARANGCENGIS,
 SIDAKAYA, KEC. CILACAP SEL., KABUPATEN CILACAP,
 JAWA TENGAH 53212

SHOP DRAWING

PEKERJAAN :

PEMBANGUNAN GEDUNG KULIAH
 BERSAMA
 POLITEKNIK NEGERI CILACAP

MENYETUJUI :

Pejabat Pembuat Komitmen (PPKom)

DADANG HERMAWAN, SE, M.Si
 NIP. 19590804 198812 1 001

DISETUJUI OLEH :

MANAJEMEN KONSTRUKSI
 PT. POLA DWIPA

SULISTYO, ST
 Team Leader

DIBUAT OLEH :

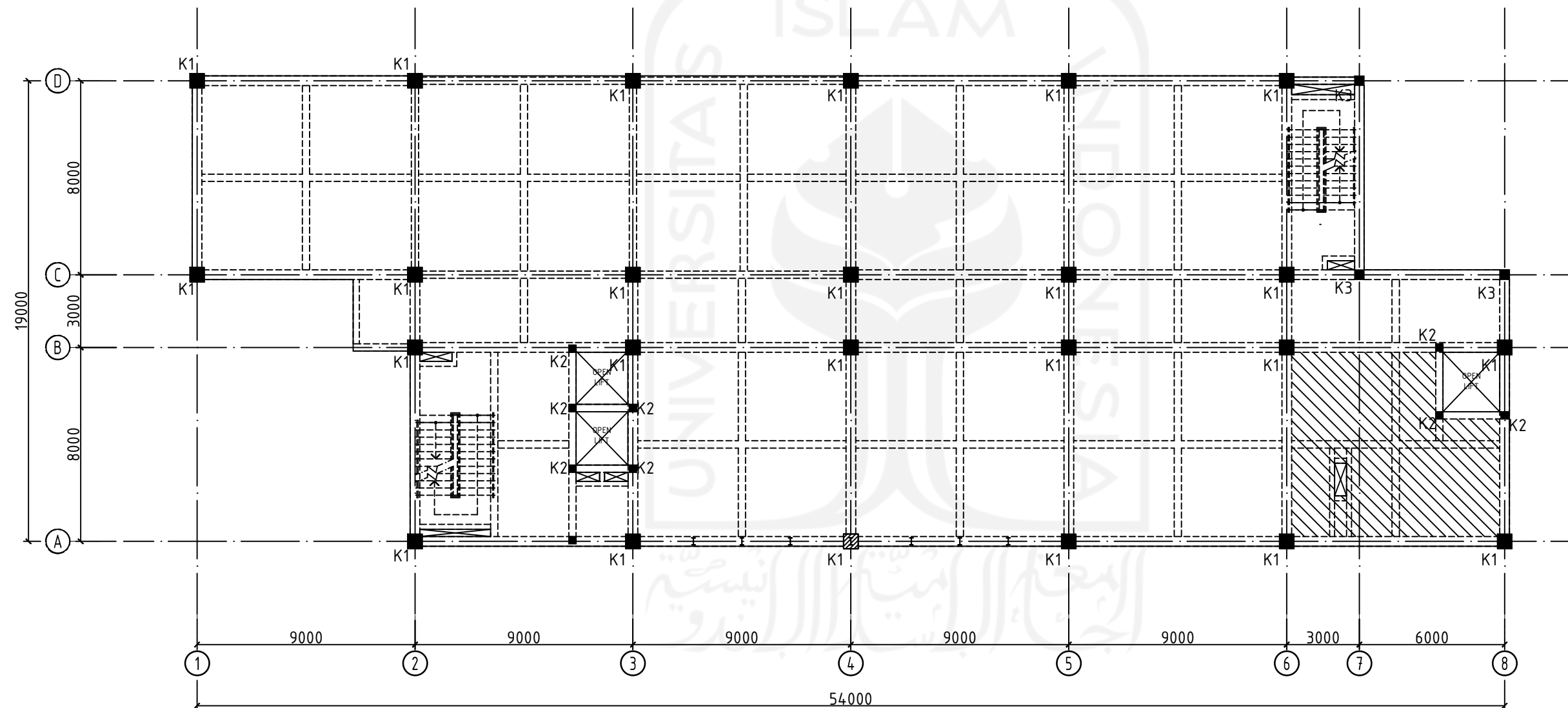
KONTRAKTOR PELAKSANA
 PT. MITRA ANDALAN SAKTI -
 PT. CERIA JASA KONSTRUKSI, KSO

DEDDY MARTEANO, ST, MT
 Project Manager

NO	REVISI	TANGGAL	PARAF

JUDUL GAMBAR :

SKALA	KODE	NO. LEMBAR	JML. LEMBAR



DENAH KOLOM LT. 5
 1:200



POLITEKNIK NEGERI CILACAP
 JL. DOKTER SOETOMO No.1, KARANGCENGIS,
 SIDAKAYA, KEC. CILACAP SEL., KABUPATEN CILACAP,
 JAWA TENGAH 53212

SHOP DRAWING

PEKERJAAN :

PEMBANGUNAN GEDUNG KULIAH
 BERSAMA
 POLITEKNIK NEGERI CILACAP

MENYETUJUI :

Pejabat Pembuat Komitmen (PPKom)

DADANG HERMAWAN, SE, M.Si
 NIP. 19590804 198812 1 001

DISETUJUI OLEH :

MANAJEMEN KONSTRUKSI
 PT. POLA DWIPA

SULISTYO, ST
 Team Leader

DIBUAT OLEH :

KONTRAKTOR PELAKSANA
 PT. MITRA ANDALAN SAKTI -
 PT. CERIA JASA KONSTRUKSI, KSO

DEDDY MARTEANO, ST, MT
 Project Manager

NO	REVISI	TANGGAL	PARAF

JUDUL GAMBAR :

SKALA	KODE	NO. LEMBAR	JML. LEMBAR

UKURAN BALOK				UKURAN BALOK			
300 x 500	TUMPUAN	UJUNG BEBAS		300 x 400	TUMPUAN	UJUNG BEBAS	
TYPE BALOK BC1				TYPE BALOK BC4			
Tulangan Utama Atas	2 D 19	2 D 19		Tulangan Utama Atas	4 D 16	2 D 16	
Tulangan Utama Bawah	2 D 19	2 D 19		Tulangan Utama Bawah	3 D 16	3 D 16	
Sengkang	D 10 - 100	D 10 - 150		Sengkang	D 10 - 100	D 10 - 150	
Tulangan Pinggang	2 D 13	2 D 13		Tulangan Pinggang	2 D 13	2 D 13	
UKURAN BALOK				UKURAN BALOK			
300 x 400	TUMPUAN	UJUNG BEBAS		400 x 600	TUMPUAN KIRI	LAPANGAN	TUMPUAN KANAN
TYPE BALOK BC2				TYPE BALOK RB1			
Tulangan Utama Atas	2 D 16	2 D 16		Tulangan Utama Atas	5 D 19	3 D 19	5 D 19
Tulangan Utama Bawah	2 D 16	2 D 16		Tulangan Utama Bawah	3 D 19	5 D 19	3 D 19
Sengkang	D 10 - 100	D 10 - 150		Sengkang	D 10 - 100	D 10 - 150	D 10 - 100
Tulangan Pinggang	2 D 13	2 D 13		Tulangan Pinggang	2 D 13	2 D 13	2 D 13
UKURAN BALOK				UKURAN BALOK			
300 x 500	TUMPUAN	UJUNG BEBAS		300 x 500	TUMPUAN KIRI	LAPANGAN	TUMPUAN KANAN
TYPE BALOK BC3				TYPE BALOK RB2			
Tulangan Utama Atas	4 D 19	2 D 19		Tulangan Utama Atas	4 D 19	3 D 19	4 D 19
Tulangan Utama Bawah	3 D 19	3 D 19		Tulangan Utama Bawah	3 D 19	4 D 19	3 D 19
Sengkang	D 10 - 100	D 10 - 150		Sengkang	D 10 - 100	D 10 - 150	D 10 - 100
Tulangan Pinggang	2 D 13	2 D 13		Tulangan Pinggang	2 D 13	2 D 13	2 D 13

DETAIL TULANGAN BALOK

UKURAN BALOK			
200 x 300	TUMPUAN KIRI	LAPANGAN	TUMPUAN KANAN
TYPE BALOK BS			
Tulangan Utama Atas	3 D 13	3 D 13	3 D 13
Tulangan Utama Bawah	3 D 13	3 D 13	3 D 13
Sengkang	D 10 - 150	D 10 - 150	D 10 - 100
Tulangan Pinggang	-	-	-

DETAIL TULANGAN BALOK SHAFT



POLITEKNIK NEGERI CILACAP
 JL. DOKTER SOETOMO No.1, KARANGCENGIS,
 SIDAKAYA, KEC. CILACAP SEL., KABUPATEN CILACAP,
 JAWA TENGAH 53212

SHOP DRAWING

PEKERJAAN :

PEMBANGUNAN GEDUNG KULIAH
 BERSAMA
 POLITEKNIK NEGERI CILACAP

MENYETUJUI :
 Pejabat Pembuat Komitmen (PPKom)

DADANG HERMAWAN, SE, M.Si
 NIP. 19590804 198812 1 001

DISETUJUI OLEH :

MANAJEMEN KONSTRUKSI
 PT. POLA DWIPA

SULISTYO, ST
 Team Leader

DIBUAT OLEH :
 KONTRAKTOR PELAKSANA
 PT. MITRA ANDALAN SAKTI -
 PT. CERIA JASA KONSTRUKSI, KSO

DEDDY MARTEANO, ST, MT
 Project Manager

NO	REVISI	TANGGAL	PARAF

JUDUL GAMBAR :

SKALA	KODE	NO. LEMBAR	JML. LEMBAR

UKURAN BALOK				UKURAN BALOK				UKURAN BALOK			
400 x 700	TUMPUAN KIRI	LAPANGAN	TUMPUAN KANAN	300 x 600	TUMPUAN KIRI	LAPANGAN	TUMPUAN KANAN	400 x 700	TUMPUAN KIRI	LAPANGAN	TUMPUAN KANAN
TYPE BALOK B1				TYPE BALOK B5-1				TYPE BALOK B10			
Tulangan Utama Atas	6 D 22	4 D 22	6 D 22	Tulangan Utama Atas	6 D 19	6 D 19	6 D 19	Tulangan Utama Atas	8 D 22	4 D 22	8 D 22
Tulangan Utama Bawah	4 D 22	6 D 22	4 D 22	Tulangan Utama Bawah	6 D 19	6 D 19	6 D 19	Tulangan Utama Bawah	4 D 22	8 D 22	4 D 22
Sengkang	D 10 - 100	D 10 - 150	D 10 - 100	Sengkang	D 10 - 100	D 10 - 150	D 10 - 100	Sengkang	D 10 - 100	D 10 - 150	D 10 - 100
Tulangan Pinggang	2 D 13	2 D 13	2 D 13	Tulangan Pinggang	2 D 13	2 D 13	2 D 13	Tulangan Pinggang	2 D 13	2 D 13	2 D 13
TYPE BALOK B2				TYPE BALOK B6				TYPE BALOK B11			
Tulangan Utama Atas	8 D 22	4 D 22	8 D 22	Tulangan Utama Atas	3 D 19	3 D 19	3 D 19	Tulangan Utama Atas	6 D 19	5 D 19	6 D 19
Tulangan Utama Bawah	4 D 22	8 D 22	4 D 22	Tulangan Utama Bawah	3 D 19	3 D 19	3 D 19	Tulangan Utama Bawah	5 D 19	6 D 19	5 D 19
Sengkang	D 10 - 100	D 10 - 150	D 10 - 100	Sengkang	D 10 - 100	D 10 - 150	D 10 - 100	Sengkang	D 10 - 100	D 10 - 150	D 10 - 100
Tulangan Pinggang	2 D 13	2 D 13	2 D 13	Tulangan Pinggang	2 D 13	2 D 13	2 D 13	Tulangan Pinggang	2 D 13	2 D 13	2 D 13
TYPE BALOK B3				TYPE BALOK B7				TYPE BALOK B12			
Tulangan Utama Atas	3 D 22	3 D 22	3 D 22	Tulangan Utama Atas	3 D 16	3 D 16	3 D 16	Tulangan Utama Atas	9 D 22	6 D 22	9 D 22
Tulangan Utama Bawah	3 D 22	3 D 22	3 D 22	Tulangan Utama Bawah	3 D 16	3 D 16	3 D 16	Tulangan Utama Bawah	6 D 22	9 D 22	6 D 22
Sengkang	D 10 - 100	D 10 - 150	D 10 - 100	Sengkang	D 10 - 100	D 10 - 150	D 10 - 100	Sengkang	D 10 - 100	D 10 - 150	D 10 - 100
Tulangan Pinggang	2 D 13	2 D 13	2 D 13	Tulangan Pinggang	2 D 13	2 D 13	2 D 13	Tulangan Pinggang	2 D 13	2 D 13	2 D 13
TYPE BALOK B4				TYPE BALOK B8				TYPE BALOK B13			
Tulangan Utama Atas	5 D 19	5 D 19	5 D 19	Tulangan Utama Atas	4 D 19	4 D 19	4 D 19	Tulangan Utama Atas	8 D 19	5 D 19	8 D 19
Tulangan Utama Bawah	5 D 19	5 D 19	5 D 19	Tulangan Utama Bawah	4 D 19	4 D 19	4 D 19	Tulangan Utama Bawah	5 D 19	8 D 19	5 D 19
Sengkang	D 10 - 100	D 10 - 150	D 10 - 100	Sengkang	D 10 - 100	D 10 - 150	D 10 - 100	Sengkang	D 10 - 100	D 10 - 150	D 10 - 100
Tulangan Pinggang	2 D 13	2 D 13	2 D 13	Tulangan Pinggang	2 D 13	2 D 13	2 D 13	Tulangan Pinggang	2 D 13	2 D 13	2 D 13
TYPE BALOK B5				TYPE BALOK B9				TYPE BALOK B1-1			
Tulangan Utama Atas	6 D 19	4 D 19	6 D 19	Tulangan Utama Atas	5 D 13	3 D 13	5 D 13	Tulangan Utama Atas	8 D 22	5 D 22	8 D 22
Tulangan Utama Bawah	4 D 19	6 D 19	4 D 19	Tulangan Utama Bawah	3 D 13	5 D 13	3 D 13	Tulangan Utama Bawah	5 D 22	8 D 22	5 D 22
Sengkang	D 10 - 100	D 10 - 150	D 10 - 100	Sengkang	D 10 - 100	D 10 - 150	D 10 - 100	Sengkang	D 10 - 100	D 10 - 150	D 10 - 100
Tulangan Pinggang	2 D 13	2 D 13	2 D 13	Tulangan Pinggang	2 D 13	2 D 13	2 D 13	Tulangan Pinggang	2 D 13	2 D 13	2 D 13
TYPE BALOK B14											
Tulangan Utama Atas	3 D 13	3 D 13	3 D 13								
Tulangan Utama Bawah	3 D 13	3 D 13	3 D 13								
Sengkang	D 10 - 100	D 10 - 150	D 10 - 100								
Tulangan Pinggang	2 D 13	2 D 13	2 D 13								

DETAIL TULANGAN BALOK
 NTS



POLITEKNIK NEGERI CILACAP
 JL. DOKTER SOETOMO No.1, KARANGCENGIS,
 SIDAKAYA, KEC. CILACAP SEL., KABUPATEN CILACAP,
 JAWA TENGAH 53212

SHOP DRAWING

PEKERJAAN :

PEMBANGUNAN GEDUNG KULIAH
 BERSAMA
 POLITEKNIK NEGERI CILACAP

MENYETUJUI :

Pejabat Pembuat Komitmen (PPKom)

DADANG HERMAWAN, SE, M.Si
 NIP. 19590804 198812 1 001

DISETUJUI OLEH :

MANAJEMEN KONSTRUKSI
 PT. POLA DWIPA

SULISTYO, ST
 Team Leader

DIBUAT OLEH :

KONTRAKTOR PELAKSANA
 PT. MITRA ANDALAN SAKTI -
 PT. CERIA JASA KONSTRUKSI, KSO

DEDDY MARTEANO, ST, MT
 Project Manager

NO	REVISI	TANGGAL	PARAF

JUDUL GAMBAR :

SKALA KODE NO. LEMBAR JML. LEMBAR

UKURAN KOLOM	DESKRIPSI			UKURAN KOLOM	DESKRIPSI		
	BAWAH	TENGAH	ATAS		BAWAH	TENGAH	ATAS
TYPE KOLOM K 1-1 700 x 700				TYPE KOLOM K 2 300 x 300			
Tulangan	16 D 22	16 D 22	16 D 22	Tulangan	8 D 16	8 D 16	8 D 16
Sengkang	D10 - 100	D10 - 150	D10 - 100	Sengkang	D10 - 100	D10 - 150	D10 - 100
Selimum Beton	50 mm	50 mm	50 mm	Selimum Beton	50 mm	50 mm	50 mm
UKURAN KOLOM	DESKRIPSI			UKURAN KOLOM	DESKRIPSI		
	BAWAH	TENGAH	ATAS		BAWAH	TENGAH	ATAS
TYPE KOLOM K 1 600 x 600				TYPE KOLOM K 3 400 x 400			
Tulangan	12 D 22	12 D 22	12 D 22	Tulangan	8 D 16	8 D 16	8 D 16
Sengkang	D10 - 100	D10 - 150	D10 - 100	Sengkang	D10 - 100	D10 - 150	D10 - 100
Selimum Beton	50 mm	50 mm	50 mm	Selimum Beton	50 mm	50 mm	50 mm

DETAIL TULANGAN KOLOM



POLITEKNIK NEGERI CILACAP
 JL. DOKTER SOETOMO No.1, KARANGCENGIS,
 SIDAKAYA, KEC. CILACAP SEL., KABUPATEN CILACAP,
 JAWA TENGAH 53212

SHOP DRAWING

PEKERJAAN :

PEMBANGUNAN GEDUNG KULIAH
 BERSAMA
 POLITEKNIK NEGERI CILACAP

MENYETUJUI :

Pejabat Pembuat Komitmen (PPKom)

DADANG HERMAWAN, SE, M.Si
 NIP. 19590804 198812 1 001

DISETUJUI OLEH :

MANAJEMEN KONSTRUKSI
 PT. POLA DWIPA

SULISTYO, ST
 Team Leader

DIBUAT OLEH :

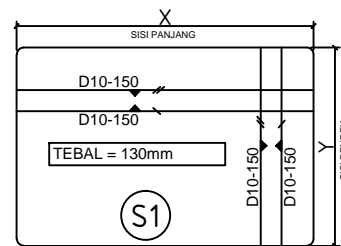
KONTRAKTOR PELAKSANA
 PT. MITRA ANDALAN SAKTI -
 PT. CERIA JASA KONSTRUKSI, KSO

DEDDY MARTEANO, ST, MT
 Project Manager

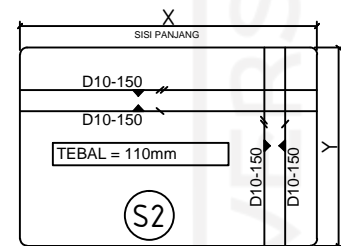
NO	REVISI	TANGGAL	PARAF

JUDUL GAMBAR :

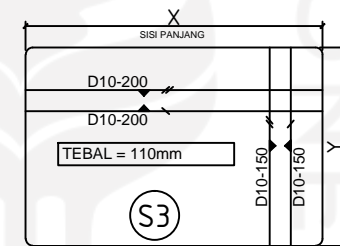
SKALA	KODE	NO. LEMBAR	JML. LEMBAR



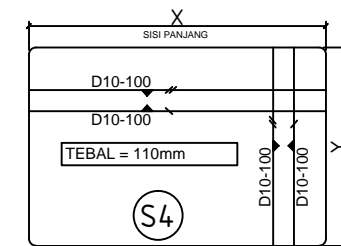
PENULANGAN PELAT TYPE S1



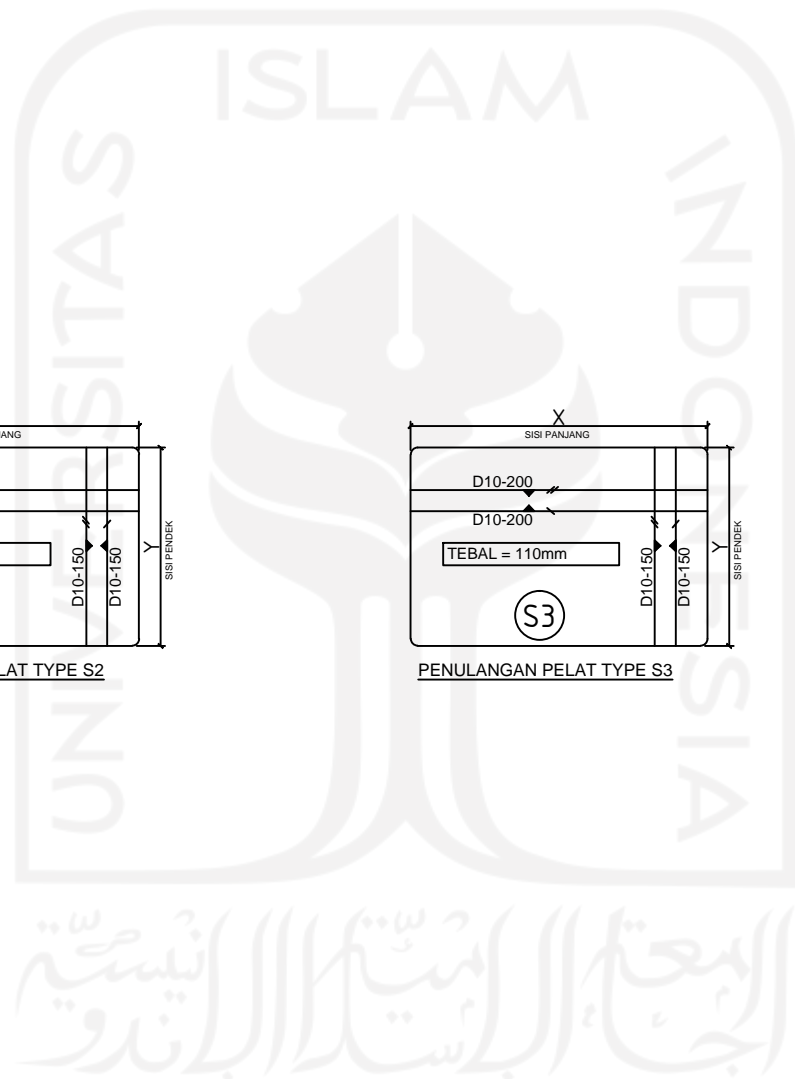
PENULANGAN PELAT TYPE S2



PENULANGAN PELAT TYPE S3



PENULANGAN PELAT TYPE S4





POLITEKNIK NEGERI CILACAP
 JL. DOKTER SOETOMO No.1, KARANGCENGIS,
 SIDAKAYA, KEC. CILACAP SEL., KABUPATEN CILACAP,
 JAWA TENGAH 53212

SHOP DRAWING

PEKERJAAN :

**PEMBANGUNAN GEDUNG KULIAH
 BERSAMA
 POLITEKNIK NEGERI CILACAP**

MENYETUJUI :

Pejabat Pembuat Komitmen (PPKom)

DADANG HERMAWAN, SE, M.Si
 NIP. 19590804 198812 1 001

DISETUJUI OLEH :

**MANAJEMEN KONSTRUKSI
 PT. POLA DWIPA**

SULISTYO, ST
 Team Leader

DIBUAT OLEH :

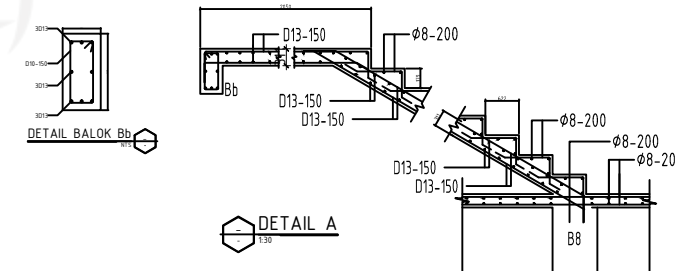
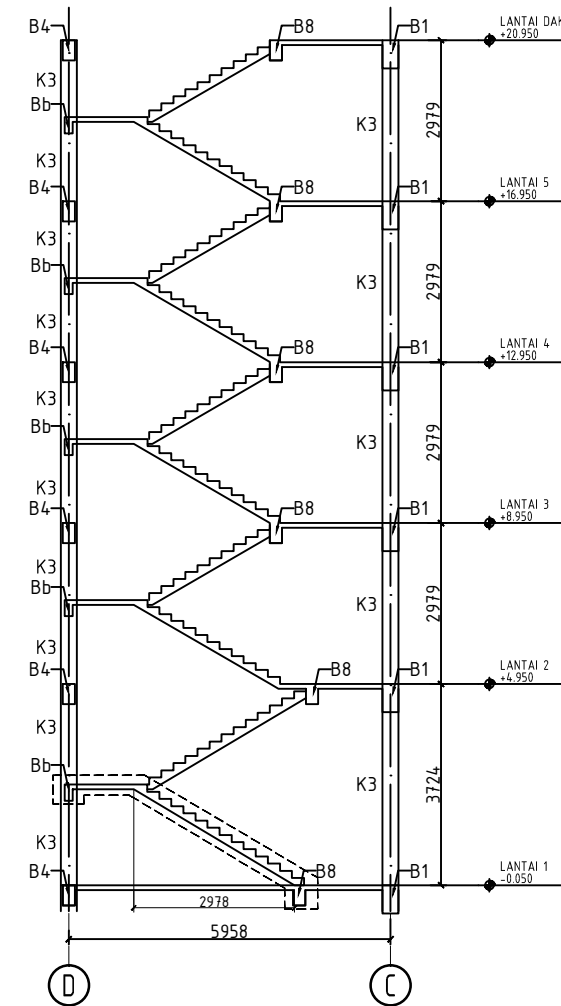
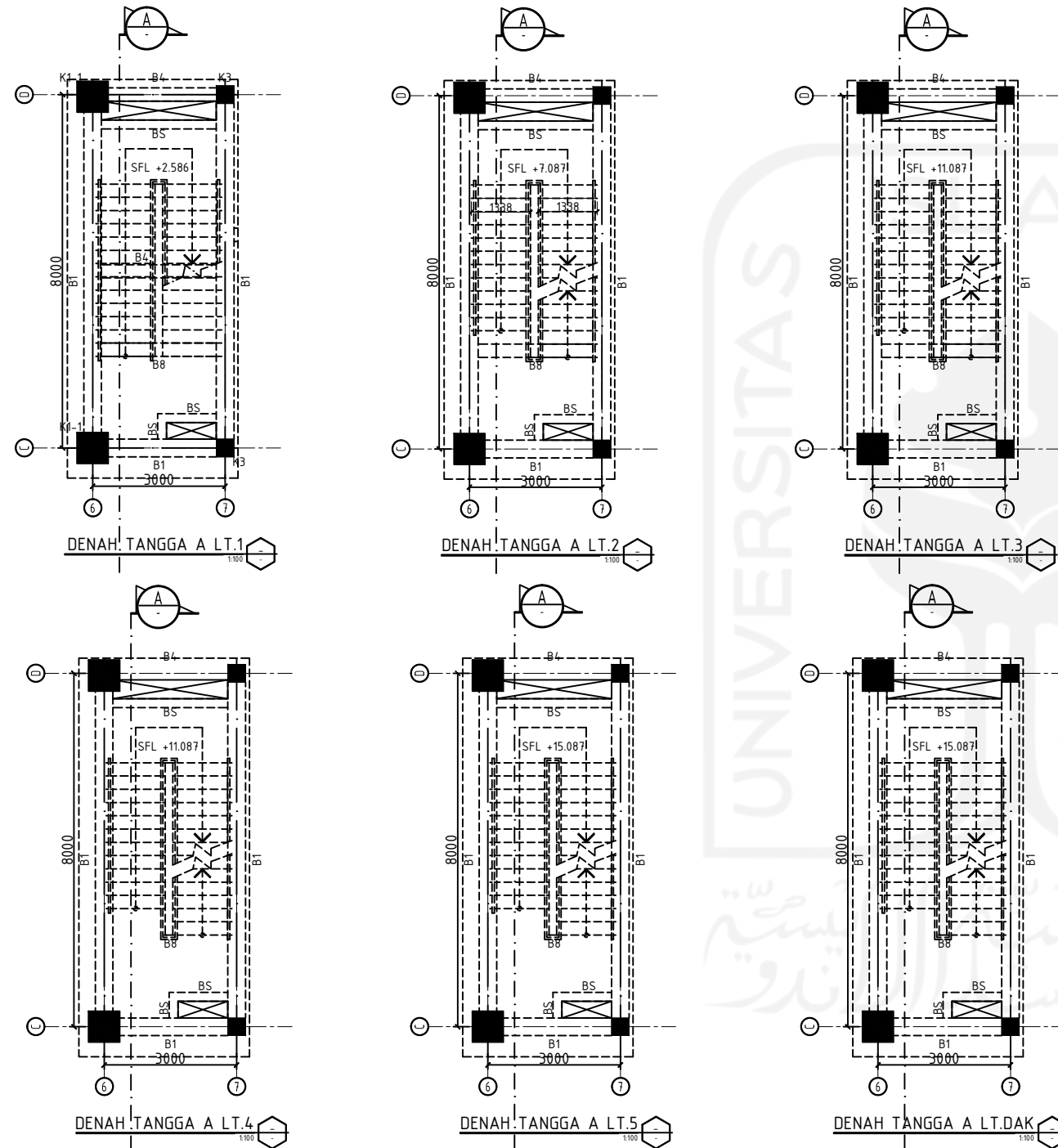
**KONTRAKTOR PELAKSANA
 PT. MITRA ANDALAN SAKTI -
 PT. CERIA JASA KONSTRUKSI, KSO**

DEDDY MARTEANO, ST, MT
 Project Manager

NO	REVISI	TANGGAL	PARAF

JUDUL GAMBAR :

SKALA	KODE	NO. LEMBAR	JML. LEMBAR





POLITEKNIK NEGERI CILACAP
 JL. DOKTER SOETOMO No.1, KARANGCENGIS,
 SIDAKAYA, KEC. CILACAP SEL., KABUPATEN CILACAP,
 JAWA TENGAH 53212

SHOP DRAWING

PEKERJAAN :

PEMBANGUNAN GEDUNG KULIAH
 BERSAMA
 POLITEKNIK NEGERI CILACAP

MENYETUJUI :
 Pejabat Pembuat Komitmen (PPKom)

DADANG HERMAWAN, SE, M.Si
 NIP. 19590804 198812 1 001

DISETUJUI OLEH :
 MANAJEMEN KONSTRUKSI
 PT. POLA DWIPA

SULISTYO, ST
 Team Leader

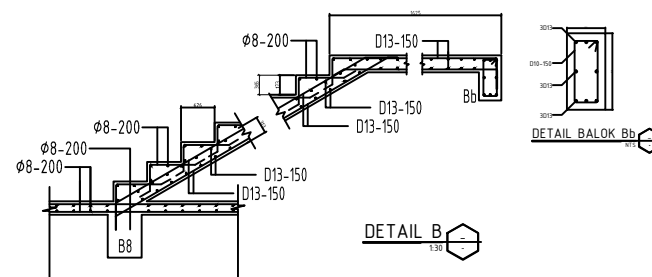
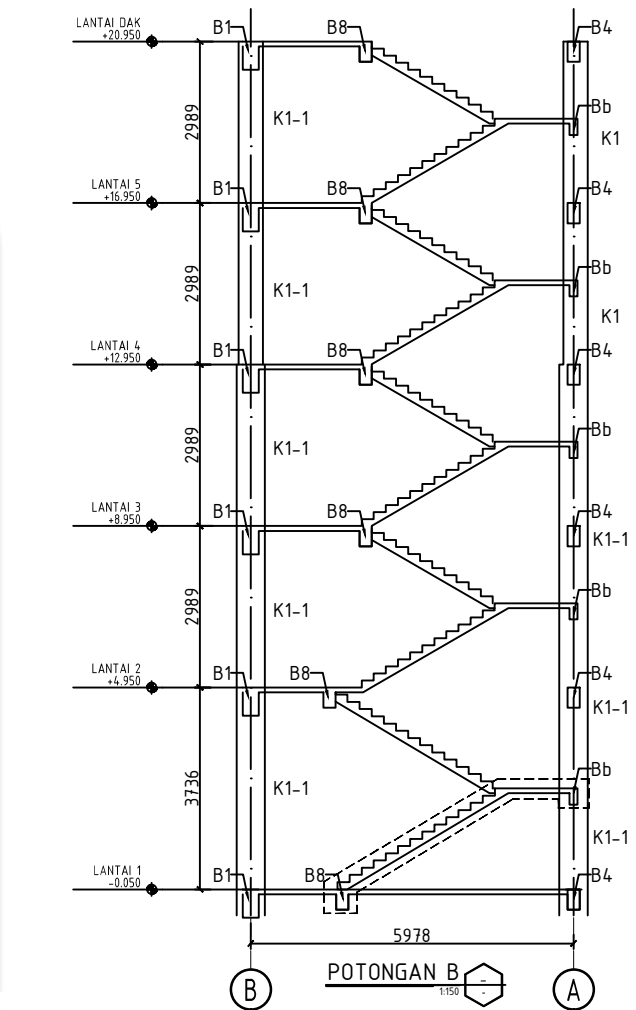
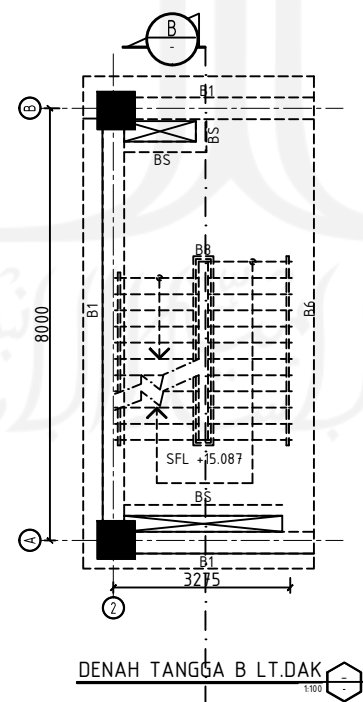
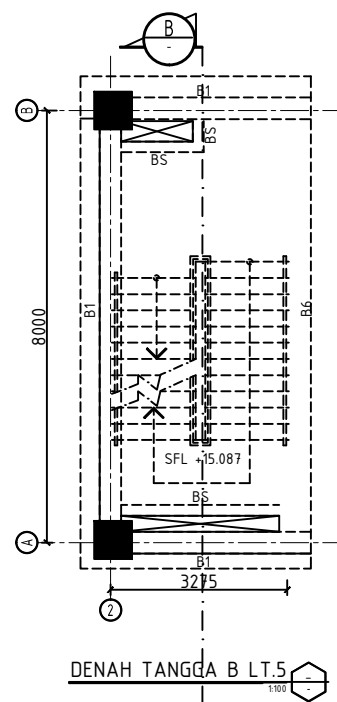
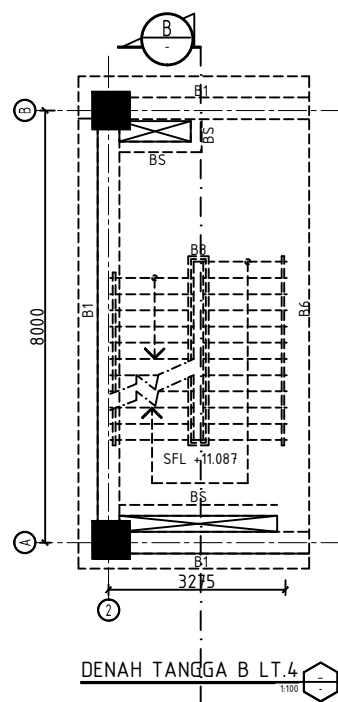
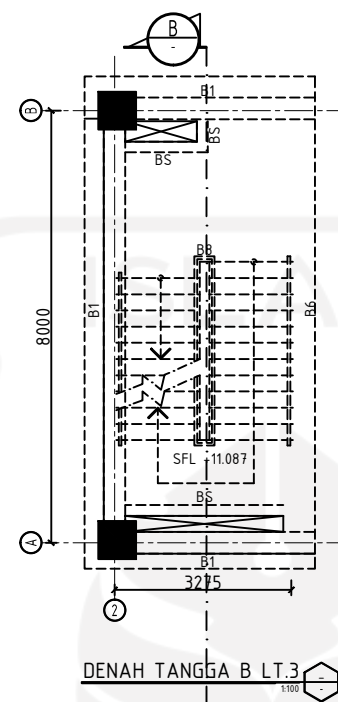
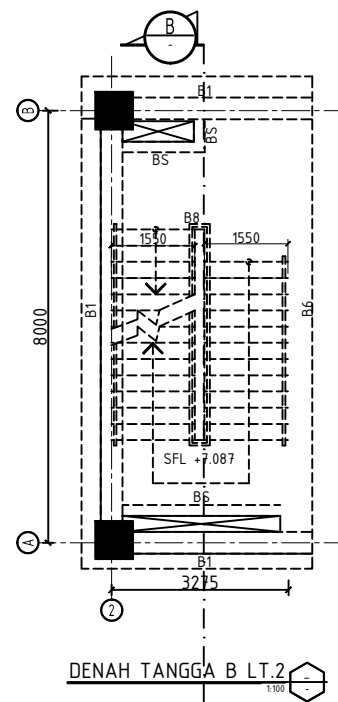
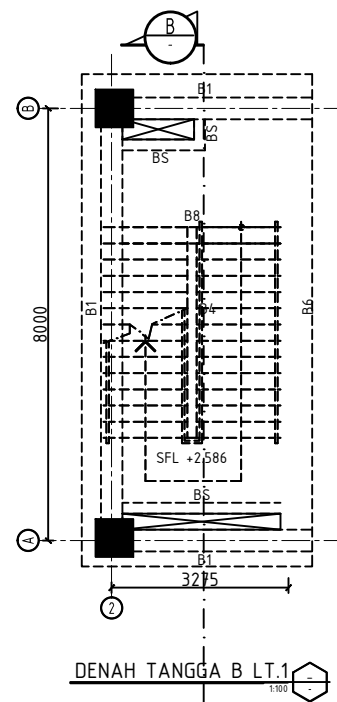
DIBUAT OLEH :
 KONTRAKTOR PELAKSANA
 PT. MITRA ANDALAN SAKTI -
 PT. CERIA JASA KONSTRUKSI, KSO

DEDDY MARTEANO, ST, MT
 Project Manager

NO	REVISI	TANGGAL	PARAF

JUDUL GAMBAR :

SKALA	KODE	NO. LEMBAR	JML. LEMBAR





POLITEKNIK NEGERI CILACAP
 JL. DOKTER SOETOMO No.1, KARANGCENGIS,
 SIDAKAYA, KEC. CILACAP SEL., KABUPATEN CILACAP,
 JAWA TENGAH 53212

SHOP DRAWING

PEKERJAAN :

PEMBANGUNAN GEDUNG KULIAH
 BERSAMA
 POLITEKNIK NEGERI CILACAP

MENYETUJUI :

Pejabat Pembuat Komitmen (PPKom)

DADANG HERMAWAN, SE, M.Si
 NIP. 19590804 198812 1 001

DISETUJUI OLEH :

MANAJEMEN KONSTRUKSI
 PT. POLA DWIPA

SULISTYO, ST
 Team Leader

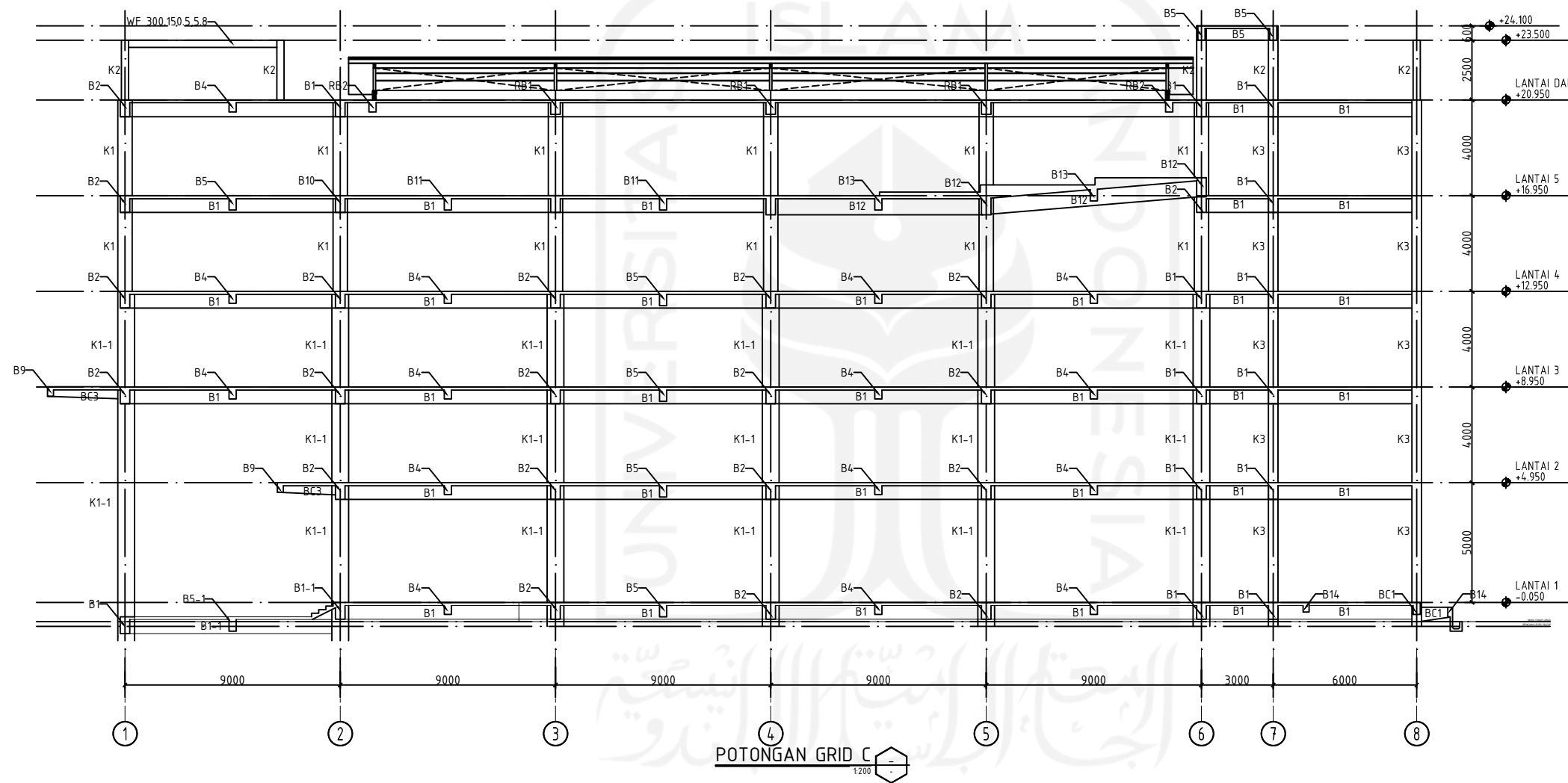
DIBUAT OLEH :

KONTRAKTOR PELAKSANA
 PT. MITRA ANDALAN SAKTI -
 PT. CERIA JASA KONSTRUKSI, KSO

DEDDY MARTEANO, ST, MT
 Project Manager

NO	REVISI	TANGGAL	PARAF

JUDUL GAMBAR :



SKALA	KODE	NO. LEMBAR	JML. LEMBAR



POLITEKNIK NEGERI CILACAP
 JL. DOKTER SOETOMO No.1, KARANGCENGIS,
 SIDAKAYA, KEC. CILACAP SEL., KABUPATEN CILACAP,
 JAWA TENGAH 53212

SHOP DRAWING

PEKERJAAN :

 PEMBANGUNAN GEDUNG KULIAH
 BERSAMA
 POLITEKNIK NEGERI CILACAP

MENYETUJUI :
 Pejabat Pembuat Komitmen (PPKom)

DADANG HERMAWAN, SE, M.Si
 NIP. 19590804 198812 1 001

DISETUJUI OLEH :
 MANAJEMEN KONSTRUKSI
 PT. POLA DWIPA

 SULISTYO, ST
 Team Leader

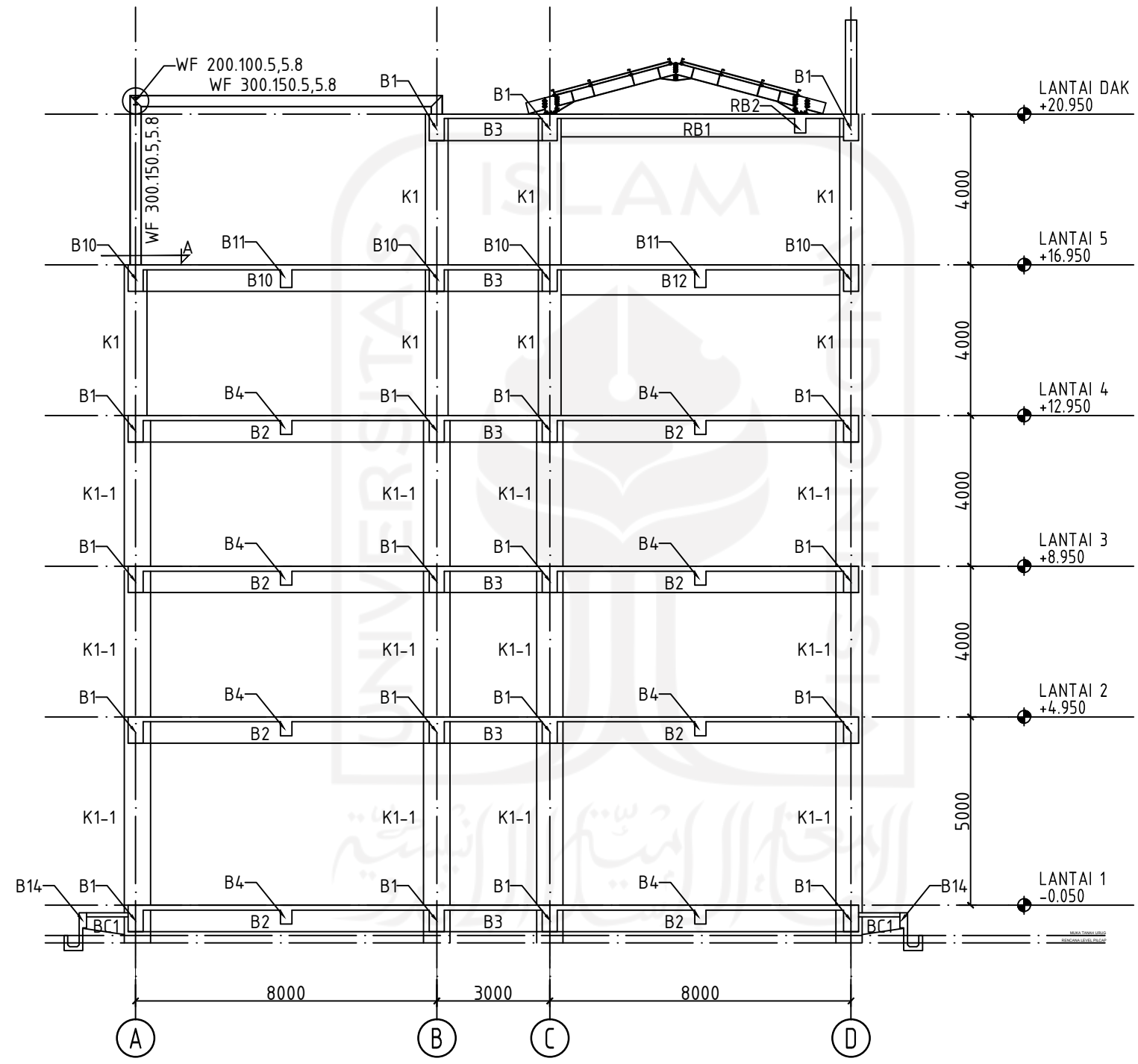
DIBUAT OLEH :
 KONTRAKTOR PELAKSANA
 PT. MITRA ANDALAN SAKTI -
 PT. CERIA JASA KONSTRUKSI, KSO

DEDDY MARTEANO, ST, MT
 Project Manager

NO	REVISI	TANGGAL	PARAF

JUDUL GAMBAR :

SKALA	KODE	NO. LEMBAR	JML. LEMBAR



POTONGAN GRID 4
 1:200