TUGAS AKHIR

KAJIAN APLIKASI METODE ANALISIS RIWAYAT WAKTU (*TIME HISTORY*) TERHADAP KINERJA SEBUAH STRUKTUR BANGUNAN GEDUNG KULIAH DI YOGYAKARTA

STUDY ON THE APPLICATION OF THE TIME HISTORY ANALYSIS METHOD ON THE PERFORMANCE OF A COLLEGE BUILDING STRUCTURE IN YOGYAKARTA

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

MUHAMMAD FADEL YAHYA AYASH
20511302

PROGRAM STUDI SARJANA TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

2024

TUGAS AKHIR

KAJIAN APLIKASI METODE ANALISIS RIWAYAT WAKTU (*TIME HISTORY*) TERHADAP KINERJA SEBUAH STRUKTUR BANGUNAN GEDUNG KULIAH DI YOGYAKARTA

Disusun oleh

MUHAMMAD FADEL YAHYA AYASH
20511302

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

Diuji pada tanggal 18 September 2024

Oleh Dewan Penguji:

Pembimbing I :
Ir. Yunalia Muntafi, S.T., M.T., Ph.D. (Eng)., IPM.
NIK : 095110101
Tanggal : 4 Oktober 2024

Penguji I :
Elvis Saputra, S.T., M.T.
NIK : 205111302
Tanggal :

Penguji II :
Astriana Hardawati, S.T., M.Eng.
NIK : 165111301
Tanggal : 7 OKT 2024

Mengesahkan,
Ketua Program Studi Teknik Sipil

Ir. Yunalia Muntafi, S.T., M.T., Ph.D. (Eng)., IPM.
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, 18 September 2024

Yang membuat pernyataan,



Muhammad Fadel Yahya Ayash

(20511302)

KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan kepada Tuhan Yang Maha Esa, sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir yang berjudul *Kajian Aplikasi Metode Analisis Riwayat Waktu (Time History) Terhadap Kinerja Sebuah Struktur Bangunan Gedung Kuliah Di Yogyakarta.* Tugas Akhir ini merupakan salah satu syarat akademik dalam menyelesaikan studi tingkat strata satu di Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta.

Dalam penyusunan Tugas Akhir ini banyak hambatan yang dihadapi penulis, namun berkat saran, kritik, serta dorongan semangat dari berbagai pihak, alhamdulillah Tugas Akhir ini dapat diselesaikan. Berkaitan dengan ini, penulis ingin mengucapkan terima kasih yang sedalam-dalamnya kepada:

1. Ibu Ir. Yunalia Muntafi, S.T., M.T. Ph. D., (Eng). IPM. selaku Ketua Program Studi Teknik Sipil Universitas Islam Indonesia dan juga Dosen Pembimbing,
2. Bapak Elvis Saputra, S.T., M.T. selaku Dosen Penguji I,
3. Ibu Astriana Hardawati, S.T., M.Eng. selaku Dosen Penguji II,
4. Bapak dan ibu penulis yang telah berkorban begitu banyak, baik material maupun spiritual, hingga selesainya Tugas Akhir ini.
5. Perusahaan EARTHquake SOLUTIONS yang telah memberi lisensi *software* secara gratis untuk mendukung tugas akhir,
6. Muhammad Zakki Rizal Hidayat S.T. yang telah membantu proses pengerjaan tugas akhir,
7. Teman-teman seperjuangan angkatan 2020 yang selalu menguatkan untuk tidak menyerah dan selalu ada dalam segala kondisi apa pun untuk memberikan semangat dan dukungan. Sehingga dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini.

Akhirnya penulis berharap agar Tugas Akhir ini dapat bermanfaat bagi berbagai pihak yang membacanya.

Yogyakarta, 18 September 2024
Penulis,



Muhammad Fadel Yahya Ayash
(20511302)

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL i
HALAMAN PENGESAHAN ii
PERNYATAAN BEBAS PLAGIASI iii
KATA PENGANTAR iv
DAFTAR ISI vi
DAFTAR TABEL ix
DAFTAR GAMBAR xiii
DAFTAR LAMPIRAN xvi
DAFTAR NOTASI DAN SINGKATAN xvii
ABSTRAK xix
ABSTRACT xx
BAB I PENDAHULUAN 1
1.1 Latar Belakang 1
1.2 Rumusan Masalah 3
1.3 Tujuan Penelitian 3
1.4 Manfaat Penelitian 4
1.5 Batasan Masalah 4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA 6
2.1 Tinjauan Umum 6
2.2 Penelitian Terdahulu 6
2.3 Keaslian Penelitian 9
BAB III LANDASAN TEORI 13
3.1 Gempa 13
3.2 Respons Struktur Akibat Gempa 14
3.3 Evaluasi Kinerja Struktur Akibat Gempa 14
3.4 Pembebanan Struktur 15
3.4.1 Beban Gravitasi 15

3.4.2 Beban Lateral 15
3.5 Analisis Beban Gempa 16
3.6 Respons Spektrum 16
3.6.1 Kategori Risiko Bangunan 16
3.6.2 Faktor Keutamaan Gempa 19
3.6.3 Kombinasi Pembebanan 20
3.6.4 Klasifikasi Situs 20
3.6.5 Koefisien Situs 22
3.6.6 Parameter Percepatan Respons Spektral 23
3.6.7 Parameter Percepatan Spektral Desain 24
3.6.8 Spektrum Respons Desain 25
3.6.9 Kategori Desain Seismik 26
3.6.10 Koefisien Modifikasi Respons 27
3.6.11 Gaya Geser Dasar Seismik 29
3.6.12 Prosedur Analisis Beban Gempa 29
3.6.13 Arah Ortogonal 30
3.6.14 *Participating Mass Ratio* 30
3.6.15 Redudansi 31
3.7 Analisis *Time History* 32
3.8 Ketidakberaturan Struktur 33
3.8.1 Ketidakberaturan Horizontal 33
3.8.2 Ketidakberaturan Vertikal 36
3.9 Simpangan Antar Tingkat 40
3.10 Pengaruh P-delta 41
BAB IV METODE PENELITIAN 43
4.1 Umum 43
4.2 Lokasi Penelitian 43
4.3 Data Penelitian 43
4.4 Tahapan Penelitian 47
BAB V ANALISIS DAN PEMBAHASAN 51
5.1 Pendahuluan 51

5.2 Pemodelan Struktur 51
5.3 Pembebanan Struktur 56
5.3.1 Beban Mati 56
5.3.2 Beban Hidup 57
5.3.3 Beban Rangka Atap, Tangga dan *Lift* 57
5.3.4 Beban Gempa 61
5.3.5 Input Pembebanan pada Program SAP2000 70
5.4 Gaya Geser Dasar 71
5.5 Analisis Ketidakberaturan 73
5.5.1 Ketidakberaturan Horizontal 73
5.5.2 Ketidakberaturan Vertikal 84
5.5.3 Rekap Hasil Ketidakberaturan 100
5.6 Simpangan Antar Tingkat dan *Drift Ratio* 101
5.6.1 Simpangan Antar Tingkat 101
5.6.2 *Drift Ratio* 115
5.7 Pengaruh Efek P-Delta 119
BAB VI KESIMPULAN DAN SARAN 127
6.1 Kesimpulan 127
6.2 Saran 128
DAFTAR PUSTAKA 129
LAMPIRAN 132

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Perbandingan Penelitian Terdahulu dengan Penelitian yang Telah Dilakukan 10
Tabel 3.1 Kategori Risiko Bangunan Gedung dan Non Gedung untuk Gempa 17
Tabel 3.2 Faktor Keutamaan Gempa 20
Tabel 3.3 Klasifikasi Situs 21
Tabel 3.4 Koefisien situs Fa 22
Tabel 3.5 Koefisien Situs F_v 23
Tabel 3.6 Kategori Desain Seismik Berdasarkan Parameter Respons Percepatan pada Periode Pendek 26
Tabel 3.7 Kategori Desain Seismik Berdasarkan Parameter Respons Percepatan pada Periode 1 Detik 27
Tabel 3.8 Faktor R, Cd, dan Ω_0 Untuk Sistem Pemikul Gaya Seismik 27
Tabel 3.9 Prosedur Analisis Beban Gempa 30
Tabel 3.10 Simpangan Antar Tingkat Izin 41
Tabel 5.1 Beban Hidup 57
Tabel 5.2 Parameter Gerak Tanah 61
Tabel 5.3 Parameter Koefisien Situs 61
Tabel 5.4 Parameter Rekaman Gempa Lokasi Penelitian 64
Tabel 5.5 Parameter Rekaman Gempa Terpilih 65
Tabel 5.6 Penentuan Arah X dan Arah Y Beban Gempa 70
Tabel 5.7 *Base Shear* Arah X 71
Tabel 5.8 *Base Shear* Arah Y 72
Tabel 5.9 Ketidakberaturan Horizontal Tipe 1 Gempa Chilie 2010 1 75
Tabel 5.10 Ketidakberaturan Horizontal Tipe 1 Gempa Chilie 2010 2 75
Tabel 5.11 Ketidakberaturan Horizontal Tipe 1 Gempa Chilie 2010 3 76
Tabel 5.12 Ketidakberaturan Horizontal Tipe 1 Gempa Illapel 2015 1 76
Tabel 5.13 Ketidakberaturan Horizontal Tipe 1 Gempa Illapel 2015 2 77
Tabel 5.14 Ketidakberaturan Horizontal Tipe 1 Gempa Tohoku 2011 1 77

Tabel 5.15 Ketidakberaturan Horizontal Tipe 1 Gempa Tohoku 2011 2 78
Tabel 5.16 Ketidakberaturan Horizontal Tipe 1 Gempa MCER 78
Tabel 5.17 Ketidakberaturan Horizontal Tipe 1 Gempa Tohoku 2011 3 79
Tabel 5.18 Ketidakberaturan Horizontal Tipe 1 Gempa Tokachi-Oki 2003 1 79
Tabel 5.19 Ketidakberaturan Horizontal Tipe 1 Gempa Tokachi-Oki 2003 2 80
Tabel 5.20 Ketidakberaturan Horizontal Tipe 1 Gempa Tokachi-Oki 2003 3 80
Tabel 5.21 Ketidakberaturan Horizontal Tipe 3 82
Tabel 5.22 Ketidakberaturan Vertikal Tipe 1 Gempa MCER Yogyakrta 86
Tabel 5.23 Ketidakberaturan Vertikal Tipe 1 Gempa Chilie 2010 1 86
Tabel 5.24 Ketidakberaturan Vertikal Tipe 1 Gempa Chilie 2010 2 87
Tabel 5.25 Ketidakberaturan Vertikal Tipe 1 Gempa Chilie 2010 3 87
Tabel 5.26 Ketidakberaturan Vertikal Tipe 1 Gempa Illapel 2015 1 88
Tabel 5.27 Ketidakberaturan Vertikal Tipe 1 Gempa Illapel 2015 2 88
Tabel 5.28 Ketidakberaturan Vertikal Tipe 1 Gempa Tohoku 2011 1 89
Tabel 5.29 Ketidakberaturan Vertikal Tipe 1 Gempa Tohoku 2011 2 89
Tabel 5.30 Ketidakberaturan Vertikal Tipe 1 Gempa Tohoku 2011 3 90
Tabel 5.31 Ketidakberaturan Vertikal Tipe 1 Gempa Tokachi-Oki 2003 1 90
Tabel 5.32 Ketidakberaturan Vertikal Tipe 1 Gempa Tokachi-Oki 2003 2 91
Tabel 5.33 Ketidakberaturan Vertikal Tipe 1 Gempa Tokachi-Oki 2003 3 91
Tabel 5.34 Ketidaberatuan Vertikal Tipe 2 92
Tabel 5.35 Ketidakberaturan Vertikal Tipe 5 MCER Yogyakarta Arah X 94
Tabel 5.36 Ketidakberaturan Vertikal Tipe 5 MCER Yogyakarta Arah Y 94
Tabel 5.37 Ketidakberaturan Vertikal Tipe 5 Chilie 2010 1 Arah X 95
Tabel 5.38 Ketidakberaturan Vertikal Tipe 5 Chilie 2010 1 Arah Y 95
Tabel 5.39 Ketidakberaturan Vertikal Tipe 5 Chilie 2010 2 Arah X 95
Tabel 5.40 Ketidakberaturan Vertikal Tipe 5 Chilie 2010 2 Arah Y 95
Tabel 5.41 Ketidakberaturan Vertikal Tipe 5 Chilie 2010 3 Arah X 96
Tabel 5.42 Ketidakberaturan Vertikal Tipe 5 Chilie 2010 3 Arah Y 96
Tabel 5.43 Ketidakberaturan Vertikal Tipe 5 Illapel 2015 1 Arah X 96
Tabel 5.44 Ketidakberaturan Vertikal Tipe 5 Illapel 2015 1 Arah Y 96
Tabel 5.45 Ketidakberaturan Vertikal Tipe 5 Illapel 2015 2 Arah X 97

Tabel 5.46 Ketidakberaturan Vertikal Tipe 5 Illapel 2015 2 Arah Y 97
Tabel 5.47 Ketidakberaturan Vertikal Tipe 5 Tohoku 2011 1 Arah X 97
Tabel 5.48 Ketidakberaturan Vertikal Tipe 5 Tohoku 2011 1 Arah Y 97
Tabel 5.49 Ketidakberaturan Vertikal Tipe 5 Tohoku 2011 2 Arah X 98
Tabel 5.50 Ketidakberaturan Vertikal Tipe 5 Tohoku 2011 2 Arah Y 98
Tabel 5.51 Ketidakberaturan Vertikal Tipe 5 Tohoku 2011 3 Arah X 98
Tabel 5.52 Ketidakberaturan Vertikal Tipe 5 Tohoku 2011 3 Arah Y 98
Tabel 5.53 Ketidakberaturan Vertikal Tipe 5 Tokachi-Oki 2003 1 Arah X 99
Tabel 5.54 Ketidakberaturan Vertikal Tipe 5 Tokachi-Oki 2003 1 Arah Y 99
Tabel 5.55 Ketidakberaturan Vertikal Tipe 5 Tokachi-Oki 2003 2 Arah X 99
Tabel 5.56 Ketidakberaturan Vertikal Tipe 5 Tokachi-Oki 2003 2 Arah Y 99
Tabel 5.57 Ketidakberaturan Vertikal Tipe 5 Tokachi-Oki 2003 3 Arah X 100
Tabel 5.58 Ketidakberaturan Vertikal Tipe 5 Tokachi-Oki 2003 3 Arah Y 100
Tabel 5.59 Rekap Ketidakberaturan 100
Tabel 5.60 Simpangan Antar Tingkat MCER Yogyakarta 102
Tabel 5.61 Simpangan Antar Tingkat Gempa Chilie 2010 1 104
Tabel 5.62 Simpangan Antar Tingkat Gempa Chilie 2010 2 105
Tabel 5.63 Simpangan Antar Tingkat Gempa Chilie 2010 3 106
Tabel 5.64 Simpangan Antar Tingkat Gempa Illapel 2015 1 107
Tabel 5.65 Simpangan Antar Tingkat Gempa Illapel 2015 2 108
Tabel 5.66 Simpangan Antar Tingkat Gempa Tohoku 2011 1 109
Tabel 5.67 Simpangan Antar Tingkat Gempa Tohoku 2011 2 110
Tabel 5.68 Simpangan Antar Tingkat Gempa Tohoku 2011 3 111
Tabel 5.69 Simpangan Antar Tingkat Gempa Tokachi-Oki 2003 1 112
Tabel 5.70 Simpangan Antar Tingkat Gempa Tokachi-Oki 2003 2 113
Tabel 5.71 Simpangan Antar Tingkat Gempa Tokachi-Oki 2003 3 114
Tabel 5.72 *Drift Ratio* MCER Yogyakarta 115
Tabel 5.73 *Drift Ratio* Gempa Chi-Chi 1999 116
Tabel 5.74 *Drift Ratio* Gempa Chilie 2010 2 116
Tabel 5.75 *Drift Ratio* Gempa Chilie 2010 3 116
Tabel 5.76 *Drift Ratio* Gempa Illapel 2015 1 116

Tabel 5.77 *Drift Ratio* Gempa Illapel 2015 2 117
Tabel 5.78 *Drift Ratio* Gempa Tohoku 2011 1 117
Tabel 5.79 *Drift Ratio* Gempa Tohoku 2011 2 117
Tabel 5.80 *Drift Ratio* Gempa Tohoku 2011 3 117
Tabel 5.81 *Drift Ratio* Gempa Tokachi-Oki 2003 1 118
Tabel 5.82 *Drift Ratio* Gempa Tokachi-Oki 2003 2 118
Tabel 5.83 *Drift Ratio* Gempa Tokachi-Oki 2003 3 118
Tabel 5.84 Pengaruh P-Delta MCER Yogyakarta 120
Tabel 5.85 Pengaruh P-Delta Gempa Chilie 2010 1 120
Tabel 5.86 Pengaruh P-Delta Gempa Chilie 2010 2 121
Tabel 5.87 Pengaruh P-Delta Gempa Chilie 2010 3 121
Tabel 5.88 Pengaruh P-Delta Gempa Illapel 2015 1 122
Tabel 5.89 Pengaruh P-Delta Gempa Illapel 2015 2 122
Tabel 5.90 Pengaruh P-Delta Gempa Tohoku 2011 1 123
Tabel 5.91 Pengaruh P-Delta Gempa Tohoku 2011 2 123
Tabel 5.92 Pengaruh P-Delta Gempa Tohoku 2011 3 124
Tabel 5.93 Pengaruh P-Delta Gempa Tokachi-Oki 2003 1 124
Tabel 5.94 Pengaruh P-Delta Gempa Tokachi-Oki 2003 2 125
Tabel 5.95 Pengaruh P-Delta Gempa Tokachi-Oki 2003 3 125

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1 Kerusakan Candi Prambanan Akibat Gempa Tahun 2006 1

Gambar 1.2 Episentrum Gempa Yogyakarta Tahun 2006 dan Tahun 2023 2

Gambar 3.1 Peta Tektonik Indonesia 13

Gambar 3.2 Respons Struktur Akibat Gempa 14

Gambar 3.3 Parameter Percepatan Respons Spektral pada Periode Pendek Berdasarkan SNI 1726:2019 23

Gambar 3.4 Parameter Percepatan Respons Spektral pada Periode 1 Detik Berdasarkan SNI 1726:2019 24

Gambar 3.5 Peta transisi periode panjang (TL) wilayah Indonesia 24

Gambar 3.6 Spektrum Respons Desain 26

Gambar 3.7 Contoh Kurva *Time History* dengan Pendekatan Respons Spektrum 33

Gambar 3.8 Ketidakberaturan 1a dan 1b 34

Gambar 3.9 Ketidakberaturan Sudut Dalam 34

Gambar 3.10 Ketidakberaturan Diskontinuitas Diafragma 35

Gambar 3.11 Ketidakberaturan Pergeseran Melintang Terhadap Bidang 36

Gambar 3.12 Ketidakberaturan Sistem Nonparalel 36

Gambar 3.13 Ketidakberaturan Kekakuan Tingkat Lunak 37

Gambar 3.14 Ketidakberaturan Massa 38

Gambar 3.15 Ketidakberaturan Geometri Vertikal 38

Gambar 3.16 Ketidakberaturan Akibat Diskontinuitas Bidang pada Elemen Vertikal Pemikul Gaya Lateral 39

Gambar 3.17 Ketidakberaturan Akibat Diskontinuitas Bidang pada Elemen Vertikal Pemikul Gaya Lateral 39

Gambar 3.18 Penentuan Simpangan Antar Tingkat 40

Gambar 4.1 Denah Lantai 1 44

Gambar 4.2 Denah Lantai 2 45

Gambar 4.3 Denah Lantai 3 45

Gambar 4.4 Denah Lantai 4 45

Gambar 4.5 Denah Atap 46
Gambar 4.6 Potongan Portal 46
Gambar 4.7 Bagan Alir Penelitian 49
Gambar 5.1 *Add Frame Section Property* 51
Gambar 5.2 *Section Data* 52
Gambar 5.3 *Section Designer* 52
Gambar 5.4 *Add New Area Section* 53
Gambar 5.5 *Shell Section Data* 53
Gambar 5.6 *Shell Section Layer Definition* 54
Gambar 5.7 Tampak 3D Gedung 54
Gambar 5.8 Tampak XY Gedung 55
Gambar 5.9 Tampak XZ Gedung 55
Gambar 5.10 Tampak YZ Gedung 56
Gambar 5.11 Pemodelan 3D Rangka Atap 58
Gambar 5.12 *Output* Reaksi Tumpuan Rangka Atap 58
Gambar 5.13 Respons Spektrum dari SNI 1726:2019 63
Gambar 5.14 Respons Spektrum dari Wab Desain Spektra Indonesia 64
Gambar 5.15 *Input* Data Rekaman Gempa 66
Gambar 5.16 *Select* Data Rekaman Gempa 66
Gambar 5.17 Membuat Data Pasangan 67
Gambar 5.18 *Record Suites* 67
Gambar 5.19 Memasukkan Data pada *Record Suites* 68
Gambar 5.20 Memasukkan Data Respons Spektrum 68
Gambar 5.21 Respon Spektrum Rekaman Gempa Asli 69
Gambar 5.22 Respon Spektrum Rekaman Gempa Hasil *Matching* 69
Gambar 5.32 Model 3D Setelah Input Beban Hidup dan Mati 71
Gambar 5.33 Grafik Perbandingan *Base Shear* Tiap Beban Gempa Arah X 72
Gambar 5.34 Grafik Perbandingan *Base Shear* Tiap Beban Gempa Arah Y 72
Gambar 5.35 Titik Pengambilan Defleksi Arah X 73
Gambar 5.36 Titik Pengambilan Defleksi Arah Y 74
Gambar 5.37 Bukaan Lantai 3 81

Gambar 5.38 Peninjauan Ketidakberaturan Horizontal Tipe 4 83
Gambar 5.39 Peninjauan Ketidakberaturan Horizontal Tipe 5 83
Gambar 5.40 Peninjauan Ketidakberaturan Vertikal Tipe 3 93
Gambar 5.41 Grafik Simpangan Antar Tingkat MCER Yogyakarta 103
Gambar 5.42 Grafik Simpangan Antar Tingkat Gempa Chilie 2010 1 104
Gambar 5.43 Grafik Simpangan Antar Tingkat Gempa Chilie 2010 2 105
Gambar 5.44 Grafik Simpangan Antar Tingkat Gempa Chilie 2010 3 106
Gambar 5.45 Grafik Simpangan Antar Tingkat Gempa Illipel 2015 1 107
Gambar 5.46 Grafik Simpangan Antar Tingkat Gempa Illapel 2015 2 108
Gambar 5.47 Grafik Simpangan Antar Tingkat Gempa Tohoku 2011 1 109
Gambar 5.48 Grafik Simpangan Antar Tingkat Gempa Tohoku 2011 2 110
Gambar 5.49 Grafik Simpangan Antar Tingkat Gempa Tohoku 2011 3 111
Gambar 5.50 Grafik Simpangan Antar Tingkat Gempa Tokachi-Oki 2003 1 112
Gambar 5.51 Grafik Simpangan Antar Tingkat Gempa Tokachi-Oki 2003 2 113
Gambar 5.52 Grafik Simpangan Antar Tingkat Gempa Tokachi-Oki 2003 3 114

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 *Time Schedule* Penelitian 133

Lampiran 2 Surat Keterangan Hasil Cek Plagiasi 134

Lampiran 3 Data Dimensi Dan Reaksi *Lift* 135

Lampiran 4 Pengcekan Batas Minimal 110% MCER Untuk Setiap Pasang Rekaman Gempa 136

Lampiran 5 Pengaplikasian Rekaman Gempa pada Struktur Arah X dan Y 144

Lampiran 6 Pengecekan Kemiripan Intensitas Arias Setiap Rekaman Gempa 147

Lampiran 7 Respon Spektrum Rekaman Gempa Asli dan Hasil *Matching* 153

Lampiran 8 Rekaman Gempa Asli dan Hasil *Macthing* 164

Lampiran 9 Data *Design Engineering Detail* Objek Penelitian 170

DAFTAR NOTASI DAN SINGKATAN

Ie	=	Faktor Keutamaan Gempa
SMS	=	Parameter Respons Spektral Percepatan Pada Periode Pendek
SM1	=	Parameter Respons Spektral Percepatan Pada Periode 1 Detik
Fa	=	Koefisien Situs Periode Pendek
F1	=	Koefisien Situs Periode 1 Detik
S_s	=	Parameter Respons Spektral Percepatan Gempa Terpetakan Untuk Periode Pendek
S1	=	Parameter Respons Spektral Percepatan Gempa Terpetakan Untuk Periode 1 Detik
TL	=	Periode Panjang Parameter Respons Spektral
S_{DS}	=	Parameter Respons Spektral Percepatan Gempa Desain Periode Pendek
S_{D1}	=	Parameter Respons Spektral Percepatan Gempa Desain Periode 1 Detik
S_a	=	Respons Spektral Percepatan
KDS	=	Kategori Desain Seismik
R	=	Koefisien Modifikasi Respons
Ω_0	=	Faktor Lebih Kuat Sistem
C_d	=	Faktor Pembesaran Defleksi
ρ	=	Faktor Redudansi
V	=	Gaya Geser Dasar
Cs	=	Koefisien Respons Seismik
W	=	Berat Seismik Efektif
h_{sx}	=	Tinggi Tingkat
T_{upper}	=	Periode Yang Lebih Besar Di Antara Dua Nilai Periode Getar Fundamental Ortogonal
T_{lower}	=	Periode Getar Pada Saat 90 % Partisipasi Massa Aktual Telah Terpenuhi Pada Masing-Masing Respons Dua Arah Ortogonal

δ_x = Defleksi Yang Terjadi Pada Tingkat Ke-x

K_n = Kekakuan Pada Lantai Ke-n

V_x = Gaya Geser Pada Lantai Ke-x

Δx = Simpangan Antar Tingkat Pada Lantai Ke-x

θ = Koefisien Stabilitas

P_x = Beban Desain Vertikal Total Pada Dan Di Atas Tingkat-X

Qd = Beban Mati

Ql = Beban Hidup

Qm = Beban Merata

Re = Beban Reaksi

Vs = Kecepatan Rata-Rata Gelombang Geser

MCER = *Risk-Targeted Maximum Considered Earthquake*

A = Luas Bukaan

$SaRotD_{100}$ = Spektrum Respons Percepatan Spektral Dengan Orientasi Sudut Yang Menghasilkan Respons Maksimum

ABSTRAK

Indonesia terletak pada daerah *ring of fire*, sehingga bangunan memiliki risiko yang lebih besar akibat beban gempa. Oleh karena itu perlu dilakukan analisis evaluasi kinerja struktur gedung dengan simulasi pemberian beban gempa. Objek penelitian ini adalah gedung perkuliahan di Yogyakarta.

Tujuan dari penelitian ini adalah mengetahui *base shear*, ketidakberaturan, simpangan antar tingkat, dan efek P-delta. Metode pembebanan gempa menggunakan pembebanan *time history* yang dinilai lebih akurat dan paling cocok. Sehingga kita bisa mengetahui hasil kinerja struktur yang diberi beban gempa mendekati gempa sesungguhnya. Ketentuan dan batasan parameter kinerja struktur mengacu pada SNI 1726:2019.

Dari hasil penelitian nilai *base shear* pada 11 data rekaman gempa bervariasi. nilai gaya geser dasar yang terjadi akibat 11 beban rekaman gempa berkisar dari 931,68 kN sampai 2471,24 kN dan nilai tersebut dominan melebihi beban gempa MCER Yogyakarta, dimana nilai *base shear* gempa MCER Yogyakarta pada arah X adalah 1756,93 kN dan pada arah Y adalah 829,57 kN. Objek penelitian hanya menunjukkan satu tipe ketidakberaturan struktur, yaitu ketidakberaturan horizontal tipe 2. Tidak ada simpangan antar tingkat yang melebihi batas izin simpangan pada 11 beban rekaman gempa. Nilai *drift ratio* arah X paling besar terjadi pada lantai 3 rekaman gempa Tohoku 2011 1 dengan nilai sebesar 0,00612 dan nilai arah Y paling besar terjadi pada atap rekaman gempa Tokachi-oki 2003 2 dengan nilai sebesar 0,00766. Efek P-delta yang telah ditinjau pada 11 beban rekaman gempa tidak ada yang melebihi batas koefisien stabilitas.

Kata kunci : Gempa, *Time history*, Evaluasi kinerja, Simpangan antar tingkat, Efek P-delta

ABSTRACT

Indonesia is situated within the circumferential area of seismic activity, resulting in an elevated risk of structural failure due to seismic forces. It is therefore essential to analyse the performance evaluation of the building structure by simulating the provision of earthquake loads. The subject of this research is a lecture hall in Yogyakarta.

The objective of this study is to ascertain the base shear, irregularity, deviation between levels, and P-delta effect. The earthquake loading method employs time-history loading, which is regarded as a more precise and appropriate approach. This enables the determination of the structural behaviour of buildings when subjected to realistic earthquake loads. The provisions and limits of structural performance parameters are in accordance with the standards set forth in SNI 1726:2019.

From the results of the research, the base shear values on 11 earthquake recording data vary. The value of base shear force caused by 11 earthquake recording loads ranges from 931.68 kN to 2471.24 kN and the value dominantly exceeds the MCER Yogyakarta earthquake load, where the base shear value of MCER Yogyakarta earthquake in X direction is 1756.93 kN and in Y direction is 829.57 kN. The object of study shows only one type of structural irregularity, namely horizontal irregularity type 2. There were no inter-story drift exceeding the permissible deviation limit at 11 recorded earthquake loads. The largest X-direction drift ratio value occurred on the 3rd floor of the 2011 Tohoku earthquake recording 1 with a value of 0.00612, and the largest Y-direction value occurred on the roof of the 2003 Tokachi-oki earthquake recording 2 with a value of 0.00766. The P-delta effects examined in 11 load-earthquake records do not exceed the stability coefficient limit.

***Keyword** : Earthquake, Time history, Performance evaluation, Inter story drift, P-delta effects*

BAB I
PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Secara geografis Indonesia terletak pada daerah *ring of fire* yang merupakan pertemuan dari beberapa lempeng tektonik benua. Daerah *ring of fire* ini memiliki kemungkinan potensi gempa bumi yang tinggi, sehingga risiko bencana alam gempa bumi juga tinggi yang dapat memberikan dampak negatif pada struktur bangunan. Gempa bumi merupakan penyebab terbesar kerusakan hingga keruntuhan bangunan yang mengakibatkan banyak korban jiwa.

Daerah Istimewa Yogyakarta beberapa kali terkena bencana gempa bumi, sebagai contoh adalah gempa tahun 2006 yang menurut Elnashai (2006) berkekuatan Magnitudo 6,3 M_W dan gempa tahun 2023 pada tanggal 30 Juni yang baru saja terjadi berkekuatan Magnitudo 5,9 M_W. Bencana gempa bumi tersebut memberikan dampak yang cukup parah khususnya pada tahun 2006, disebutkan oleh Elnashai (2006) dampak kerusakan infrastruktur yang terjadi menyebabkan total kerugian kurang lebih 3 miliar dollar Amerika. Selain kerusakan infrastruktur, kerugian korban jiwa yang terjadi melebihi angka 5.700 orang. Bisa dilihat salah satu dampak kerusakan akibat gempa Yogyakarta tahun 2006 pada Gambar 1.1 dan lokasi episentrum gempa Yogyakarta pada Gambar 1.2



Gambar 1.1 Kerusakan Candi Prambanan Akibat Gempa Tahun 2006



Gambar 1.2 Episentrum Gempa Yogyakarta Tahun 2006 dan Tahun 2023
(Sumber: Geogle *Earth,* diakses pada 19 Januari 2024)

Kerusakan akibat bencana gempa bumi terjadi karena kurangnya mitigasi yang dilakukan untuk menghadapi bencana gempa, khususnya pada ketahanan struktur bangunan dalam menahan beban gempa. Oleh karena itu, perlu langkah mitigasi untuk menanggulangi akibat dari bencana gempa bumi, salah satunya adalah melalui evaluasi kinerja struktur dengan simulasi pemberian beban gempa pada struktur bangunan gedung.

Prinsip yang digunakan dalam perencanaan struktur bangunan gedung dalam SNI 1726:2019 yang berisi tentang tata cara perencanaan ketahanan gempa untuk struktur bangunan gedung dan non gedung adalah untuk membuat suatu bangunan yang kuat terhadap pengaruh beban gempa sehingga bangunan menjadi aman, nyaman, kuat, efisien, dan ekonomis. Dalam analisisnya, struktur bangunan memiliki beberapa kriteria agar bisa dinyatakan sebagai struktur yang aman. Kriteria tersebut didapatkan dari hasil evaluasi kinerja struktur.

Dalam penelitian kali ini metode pembebanan gempa yang digunakan untuk mengevaluasi kinerja struktur adalah metode *time history*. Menurut Kumhbar dan Patil (2013), *time history analysis* merupakan analisis langkah demi langkah dari sebuah respons dinamis yang diakibatkan oleh beban tertentu pada sebuah struktur yang bervariasi berdasarkan waktu. Pawirodikrumo (2012), Metode analisis *time history* dinilai menjadi metode yang paling cocok untuk mengevaluasi kinerja struktur. Penilaian tersebut berdasarkan hasil pembebanan yang berbentuk beban dinamis dengan nilai lengkap sesuai catatan waktu.

Dengan frekuensi kejadian gempa bumi yang tinggi di daerah Yogyakarta, perlu dilakukan analisis evaluasi kinerja struktur gedung dengan pembebanan *time history* pada gedung yang berlokasi di daerah Yogyakarta. Sehingga hasil kinerja struktur gedung yang diberi beban gempa yang mendekati gempa sesungguhnya dapat diketahui dari melihat parameter-parameter kinerja struktur yaitu *base shear*, ketidakberaturan, simpangan antar tingkat, dan efek P-delta.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah dibahas, maka didapat beberapa permasalahan yang menjadi fokus dalam penelitian ini, yaitu sebagai berikut.

1. Berapa nilai gaya geser dasar gedung menggunakan beban gempa *time history*?
2. Bagaimana hasil analisis ketidakberaturan gedung menggunakan beban gempa *time history*?
3. Bagaimana simpangan antar tingkat dan *drift ratio* gedung menggunakan beban gempa *time history*?
4. Bagaimana efek P-delta yang terjadi pada gedung menggunakan beban gempa *time history*?

1.3 Tujuan Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah yang telah diuraikan di atas, tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Mengetahui nilai gaya geser dasar gedung menggunakan beban gempa *time history*.

2. Mengetahui hasil analisis ketidakberaturan gedung menggunakan beban gempa *time history*.
3. Mengetahui besar simpangan antar tingkat dan *drift ratio* gedung menggunakan beban gempa *time history.*
4. Mengetahui efek P-delta yang terjadi pada gedung menggunakan beban gempa *time history*.

1.4 Manfaat Penelitian

Berdasarkan maksud dan tujuan penelitian yang telah disampaikan, maka penelitian ini diharapkan bisa memberikan manfaat bagi penulis dan pembaca.

1. Manfaat Bagi Penulis
   a. Menambah wawasan bagi penulis dalam memahami perilaku struktur yang diberi beban gempa *time history.*
   b. Melatih kemampuan analisis penulis dalam menganalisis struktur gedung.
   c. Menjadi tolak ukur kemampuan penulis dalam menganalisis struktur gedung.
2. Manfaat Bagi Pembaca
   a. Rekomendasi acuan salah satu bentuk studi kasus pada perencanaan gedung.
   b. Menambah wawasan bagi pembaca dalam perilaku struktur yang diberi beban gempa *time history.*
   c. Menjadi referensi untuk bahan penelitian mengenai analisis kinerja struktur dan analisis *time history*.

1.5 Batasan Masalah

Guna membatasi bahasan yang diteliti, maka dalam penelitian ini diberlakukan pembatasan masalah sebagai berikut.

1. Bangunan yang dijadikan sebagai objek penelitian adalah bangunan gedung beton bertulang 4 lantai yang berada di Jl. Kaliurang KM 14,5, Yogyakarta.
2. Fungsi dari bangunan ini adalah untuk perkuliahan dan fasilitas pendidikan
3. Penelitian berfokus pada ketidakberaturan, simpangan, *drift ratio,* gaya geser dasar, dan efek P-delta.

4. Pembebanan gedung meliputi beban hidup, beban mati, dan beban gempa.
5. Jenis beban gempa adalah beban gempa *time history* nonlinier.
6. Pemodelan struktur menggunakan SAP2000 dengan pemodelan 3 dimensi.
7. Struktur dimodelkan portal terbuka (*open frame*), komponen seperti tangga, lift, dan atap dihitung sebagai beban.
8. Balok dan kolom dimodelkan sebagai *frame section.*
9. Pelat dimodelkan sebagai *shell.*
10. Analisis dilakukan hanya pada struktur atas.
11. Peraturan yang digunakan yaitu sebagai berikut.
    a. SNI 1726:2019 Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Struktur Bangunan Gedung dan Nongedung.
    b. SNI 1727:2020 Beban Desain Minimum dan Kriteria Terkait Untuk Bangunan Gedung dan Struktur Lain.
    c. SNI 2847:2019 Persyaratan Beton Struktural Untuk Bangunan Gedung dan Penjelasan.
    d. SNI 8899:2020 Tata Cara Pemilihan dan Modifikasi Gerak Tanah Permukaan untuk Perencanaan Gedung Tahan Gempa.
    e. Pedoman Perencanaan Pembebanan Untuk Rumah dan Gedung 1987.
12. Tidak meninjau segi ekonomis dan estetika bangunan.

BAB II
TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Tinjauan Umum

Tinjauan pustaka merupakan peninjauan dari pustaka dengan topik pembahasan terkait yang sudah dipublikasikan sebelumnya. Tujuan dari tinjauan pustaka ini adalah mencari informasi dan mengumpulkan data mengenai penelitian-penelitian terdahulu yang memiliki topik pembahasan serupa atau berkaitan dengan penelitian yang dilakukan. Penelitian-penelitian tersebut dibahas dalam bab ini.

2.2 Penelitian Terdahulu

Penelitian terkait dengan evaluasi kinerja struktur dan juga penelitian tentang pembebanan *time history* pada gedung telah banyak dilakukan. Adapun beberapa penelitian yang dapat menjadi tinjauan pustaka ini adalah sebagai berikut.

1. Evaluasi Kinerja Struktur Pada Gedung Jamaliah Yayasan Syafiatulamaliyah Medan Berdasarkan SNI 1726:2019

   Syahputra R., dkk (2021) melakukan penelitian mengenai evaluasi kinerja pada gedung Jamaliah Yayasan Syafiatulamaliyah di Medan. Peraturan yang digunakan pada penelitian kali ini adalah SNI 1726:2019. Tujuan pada penelitian tersebut adalah untuk mengetahui kinerja struktur berdasarkan pembebanan layan dan beban kinerja *ultimate* kemudian mengevaluasi kinerja struktur tersebut. Adapun beban gempa yang digunakan adalah dengan metode respons spektrum. Evaluasi kinerja yang dilakukan berdasarkan hasil simpangan pada gedung tersebut. Hasil dari penelitian tersebut adalah nilai simpangan rata-rata pada arah X = 197,76 mm dan arah Y = 209,85 mm dimana nilai tersebut melebihi batas simpangan yang diizinkan yaitu 70,25 mm. sehingga kinerja struktur tidak memenuhi persyaratan yang ada pada SNI 1726:2019.

2. Evaluasi Kinerja Struktur Gedung Bertingkat dengan Analisis *Time History*

   Rifai M., dkk (2022) melakukan penelitian tentang evaluasi kinerja struktur pada gedung Rumah Sakit Umum Muhammadiyah Metro dengan analisis

time history. Tujuan dilakukannya penelitian ini adalah untuk mengetahui kinerja struktur yang diakibatkan oleh pengaruh beban gempa rencana. Evaluasi kinerja struktur yang dilakukan berupa evaluasi batas simpangan antar tingkat pada SNI 1726:2019. Adapun riwayat gempa yang dipakai sebagai beban *time history* adalah riwayat gempa Chi-chi, Friuli, El Centro, Sumatra, dan Superstition Hills. Hasil dari penelitian ini adalah nilai simpangan yang terjadi telah memenuhi syarat simpangan antar tingkat izin sesuai dengan SNI 1726:2019 dimana nilai simpangan tertinggi yang terjadi pada beban riwayat gempa Sumatera dengan nilai simpangan sekitar 0,28 m dengan izin simpangan antar tingkat pada SNI 1726:2019 adalah sekitar 0,25 m di tingkat 9.

3. Evaluasi Kinerja Struktur Gedung Terhadap Gempa Dengan Analisis *Time History* (Studi Kasus: Sekolah Nasional Global Nusantara Sampit Kab. Kotawaringin Timur)

   Novyremia D., dkk (2023) telah melakukan penelitian mengenai evaluasi kinerja struktur menggunakan pembebanan gempa metode *time history*. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui kontrol partisipasi massa, kinerja struktur dan kondisi sendi plastis saat terjadi gempa. Hasil dari penelitian tersebut menunjukkan bahwa partisipasi massa sudah memenuhi pada mode 3 sebesar 90,053%, kemudian nilai simpangan yang terjadi baik kinerja batas layan dan batas *ultimate* menggunakan 5 rekaman gempa yaitu Chi-chi, Kobe, Manjil, San Fernando, dan Superstition Hills hanya rekaman gempa manjil yang melebihi batas simpangan izin layan 70 mm dan izin *ultimate* 35 mm, kemudian kondisi sendi plastis yang berada pada kondisi *immediate occupancy* (IO).

4. Evaluasi Kinerja Struktur Bangunan Gedung Tahan Gempa Dengan Metode Analisis Respons Spektrum Dan *Time History* (Studi Kasus: Gedung Direktorat Narkoba Dan Direktorat Intelkam Polda Jabar Kota Bandung)

   Arrasyid, M.I., dkk (2023) melakukan penelitian mengenai evaluasi kinerja struktur pada gedung tahan gempa menggunakan analisis respons spektrum dan *time history*. Diberlakukan penelitian ini dilakukan untuk mengetahui

hasil simpangan dari pembebanan respons spektrum dan *time history*, dan juga untuk mengevaluasi kinerja berdasarkan ATC-40. Hasil dari penelitian ini memberikan hasil yang berbeda antara metode analisis respons spektrum dan *time history,* yang menunjukkan nilai simpangan maksimum yang terjadi pada analisis *time history* lebih besar dibandingkan respons spektrum. Nilai simpangan maksimum metode respons spektrum pada arah X = 26,747 mm dan arah Y = 26,747 mm, sedangkan metode *time history* simpangan maksimumnya adalah arah X = 33,055 mm dan arah Y = 28,96 mm. Kemudian hasil kinerjanya setelah dievaluasi termasuk dalam Tingkat *immediate occupancy* (IO).

5. Evaluasi Struktur Atas Gedung Rumah Sakit UII Berdasarkan SNI 1726:2019

   Arrofi A. (2023) melakukan penelitian tentang evaluasi struktur atas berdasarkan SNI 1726:2019. Tujuan dari penelitian ini adalah mengetahui nilai-nilai kontrol struktur gedung yaitu ketidakberaturan, gaya geser dasar, perbedaan simpangan antar tingkat, dan gaya desain diafragma. penelitian ini dilakukan dengan pembebanan statik ekuivalen dan respons spektrum. Hasil dari penelitian ini menunjukkan nilai peningkatan respons spektral periode pendek yaitu Ss = 1,259 g dari Ss = 1,2 g, peningkatan respons spektral periode 1 detik yaitu S1 = 0,551 g dari S1 = 0,4 g, nilai gaya geser sebesar 28333,257 kN mengalami kenaikan menjadi 42642,422 kN dengan persentase 50,503%, jumlah ragam mengalami kenaikan sebesar 100% pada SNI 1726:2020 dari 90% pada SNI 1726:2012, ketidakberaturan torsi pada arah X pada lantai 2,4,5, dan 6, arah Y pada lantai 3,4,5,6 dan 7, ketidakberaturan sudut pada seluruh lantai, ketidakberaturan diskontinuitas diafragma pada lantai 7, ketidakberaturan massa pada lantai 3 dan 6, gaya desain diafragma meningkat dengan nilai rata-rata 10,328% pada arah X dan 11,153% pada arah Y, nilai simpangan antar tingkat mengalami peningkatan dengan nilai rata-rata 40,926% pada arah X dan 37,511% pada arah Y, dan koefisien stabilitas memenuhi syarat SNI 1726:2012 dan SNI 1726:2019.

2.3 Keaslian Penelitian

Berdasarkan penelitian terdahulu yang melibatkan studi evaluasi kinerja struktur menggunakan pembebanan *time history*, terdapat perbedaan dalam penelitian tersebut. Perbedaan yang dimiliki oleh penelitian yang dilakukan kali ini adalah objek penelitian gedung kuliah beton bertulang 4 lantai, lokasi penelitian dilakukan di Daerah Istimewa Yogyakarta dan pembebanan gempa *time history* yang didapat dari hasil *matching* dengan respons spektral target. Untuk perbedaan lebih jelasnya dapat dilihat pada Tabel 2.1 sebagai berikut.

Tabel 2.1 Perbandingan Penelitian Terdahulu dengan Penelitian yang Telah Dilakukan

Penelitian terdahulu						Penelitian yang telah dilaksanakan
Nama Peneliti	Syahputra R., dkk	Rifai M., dkk	Novyremia D., dkk	Arrasyid, M.I., dkk	Aditya Arrofi	M. Fadel Yahya Ayash
Tahun	2021	2022	2023	2023	2023	2024
Judul Penelitian	Evaluasi Kinerja Struktur Pada Gedung Jamaliah Yayasan Syafiatulamaliyah Medan Berdasarkan SNI 1726:2019	Evaluasi Kinerja Struktur Gedung Bertingkat dengan Analisis *Time History*	Evaluasi Kinerja Struktur Gedung Terhadap Gempa Dengan Analisis *Time History* (Studi Kasus: Sekolah Nasional Global Nusantara Sampit Kab. Kotawaringin Timur)	Evaluasi Kinerja Struktur Bangunan Gedung Tahan Gempa Dengan Metode Analisis Respons Spektrum Dan *Time History* (Studi Kasus: Gedung Direktorat Narkoba Dan Direktorat Intelkam Polda Jabar Kota Bandung)	Evaluasi Struktur Atas Gedung Rumah Sakit UII Berdasarkan SNI 1726:2019	Kajian Aplikasi Metode Analisis Riwayat Waktu (*Time History)* Terhadap Kinerja Sebuah Struktur Bangunan Gedung Kuliah Di Yogyakarta

Lanjutan Tabel 2.1 Perbandingan Penelitian Terdahulu dengan Penelitian yang Telah Dilakukan

Nama Peneliti	Syahputra R., dkk	Rifai M., dkk	Novyremia D., dkk	Arrasyid, M.I., dkk	Aditya Arrofi	M. Fadel Yahya Ayash
Tahun	2021	2022	2023	2023	2023	2024
Objek	Gedung 6 lantai	Gedung 7 lantai dan 1 basement	Gedung 3 lantai	Gedung 6 lantai	Gedung 7 lantai	Gedung 4 lantai
Beban gempa	Respons Spektrum	Statik ekuivalen dan *time history*	*Time history*	Respons spektrum dan *time history*	Statik ekuivalen dan respons spektrum	*Time history*
Tujuan	Mengetahui nilai simpangan yang terjadi pada beban layan dan beban *ultimite*	Meneliti keakuratan perhitungan pembebanan gempa statik ekuivalen pada struktur bertingkat	Mengetahui kontrol partisipasi massa, kinerja struktur dan kondisi sendi plastis saat terjadi gempa	Mengetahui hasil simpangan dari pembebanan respons spektrum dan *time* history, dan juga untuk mengevaluasi kinerja berdasarkan ATC-40	Mengetahui nilai-nilai kontrol struktur gedung yaitu ketidakberaturan, gaya geser dasar, perbedaan simpangan antar tingkat, dan gaya desain diafragma dengan menggunakan pembebanan gempa statik ekuivalen dan respons spektrum	Mengetahui nilai-nilai kontrol struktur gedung yaitu ketidakberaturan, gaya geser dasar, perbedaan simpangan antar tingkat, dan efek P-delta dengan menggunakan pembebanan gempa *time history*

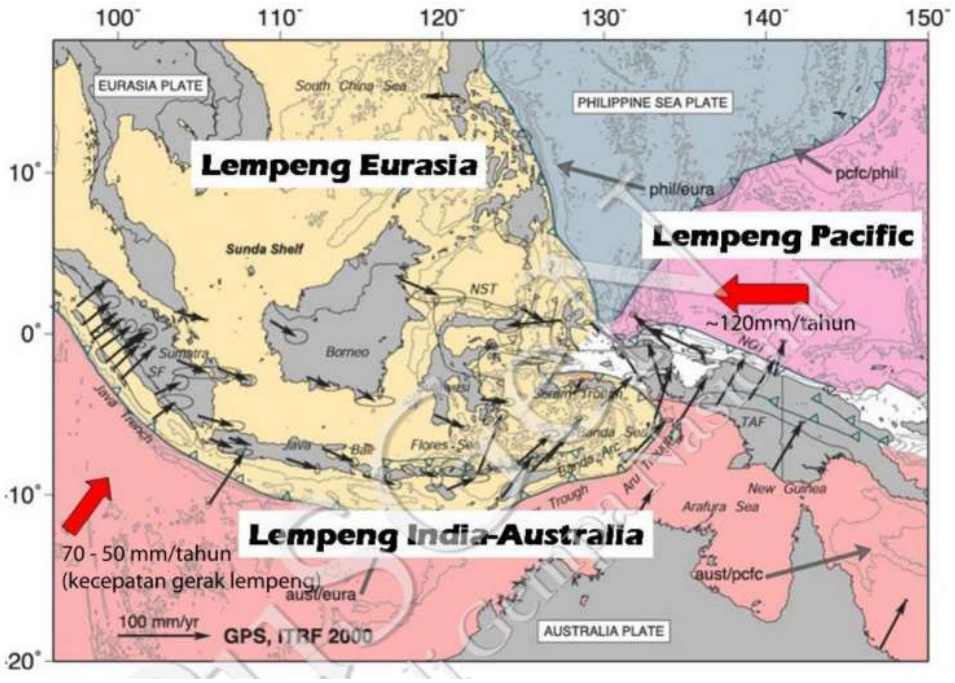
Lanjutan Tabel 2.1 Perbandingan Penelitian Terdahulu dengan Penelitian yang Telah Dilakukan

Nama Peneliti	Syahputra R., dkk	Rifai M., dkk	Novyremia D., dkk	Arrasyid, M.I., dkk	Aditya Arrofi	M. Fadel Yahya Ayash
Tahun	2021	2022	2023	2023	2023	2024
Hasil	Rata-rata simpangan pada arah X dan arah Y melebihi batas yang diizinkan pada SNI 1726:2019	Nilai simpangan yang terjadi telah memenuhi syarat simpangan antar tingkat izin sesuai dengan SNI 1726:2019 dimana nilai simpangan tertinggi yang terjadi pada beban riwayat gempa Sumatera dengan nilai simpangan sekitar 0,28 m dengan izin simpangan antar tingkat pada SNI 1726:2019 adalah sekitar 0,25 m di tingkat 9.	Partisipasi massa sudah memenuhi pada mode 3 sebesar 90,053%, kemudian nilai simpangan yang terjadi baik kinerja batas layan dan batas *ultimite* menggunakan 5 rekaman gempa hanya satu rekaman gempa manjil yang melebihi batas simpangan izin layan 70 mm dan izin *ultimate* 35 mm, kemudian kondisi sendi plastis yang berada pada kondisi *immediate occupancy* (IO).	Nilai simpangan maksimum yang terjadi pada analisis *time history* lebih besar dibandingkan respons spektrum. Kemudian hasil kinerjanya setelah dievaluasi termasuk dalam Tingkat *immediate occupancy* (IO).	Persentase nilai simpangan meningkat dengan nilai rata-rata arah X yaitu 40,926% dan arah Y 37,511%.	Nilai *Base Shear* yang didapat cukup tinggi berkisar pada 4100 kN-5700 kN. Ketidakberaturan yang terjadi hanya pada ketidakberaturan horizontal tipe 2. Hasil simpangan antar tingkat tidak melebihi batas simpangan izin. Efek P-delta memenuhi batas koefisien stabilitas.

BAB III
LANDASAN TEORI

3.1 Gempa

Menurut Hidayat dan Santoso (1997) gempa bumi merupakan bencana alam yang kedatangannya tidak bisa kita prediksi dengan durasi kejadian yang relatif singkat dengan karakteristik menghancurkan semua yang berada di permukaan bumi, baik harta, benda dan manusia. Mekanisme terjadinya gempa disebabkan oleh pergerakan di dasar lempeng bumi yang membuat getaran sampai ke permukaan bumi. Letak geografis Indonesia yang berada pada pertemuan antara beberapa lempeng bumi seperti pada Gambar 3.1 menyebabkan daerah ini rawan terjadi bencana gempa.



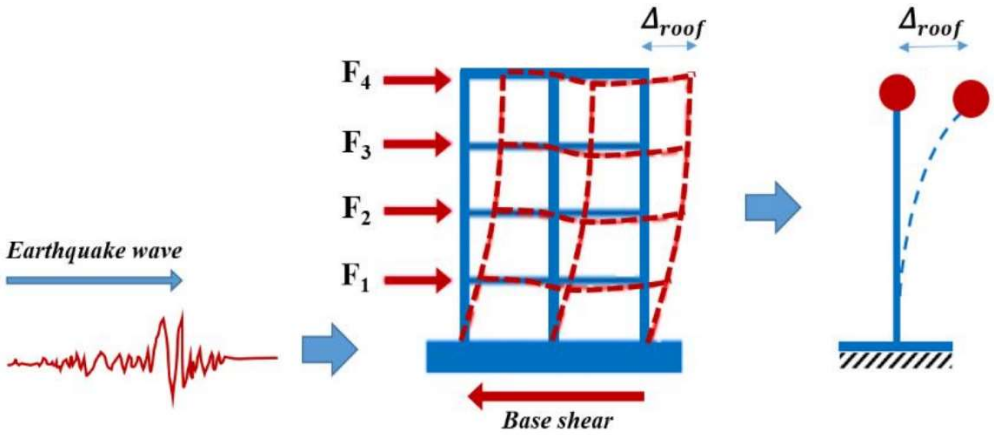
Gambar 3.1 Peta Tektonik Indonesia
(Sumber: Bock, dkk 2003, dalam PusGen 2017)

Visualisasi pada Gambar 3.1 memperlihatkan arah pergerakan lempeng India-Australia yang bergerak ke arah selatan. Pergerakan lempeng tersebut bisa

menyebabkan terjadinya subduksi antara lempeng India-Australia dengan lempeng Eurasia. Subduksi tersebut merupakan salah satu penyebab bencana gempa bumi.

3.2 Respons Struktur Akibat Gempa

Bencana gempa yang terjadi membuat gaya geser pada permukaan tanah yang menyebabkan getaran yang dikirim menggunakan medium tanah di sekitar sumber gempa dan mengirimkan gelombang energi elastis (gelombang seismik). Tanah yang bergetar tersebut akan mengakibatkan struktur bangunan yang berada di permukaan tanah ikut bergetar. Menurut Nasution dan Purqon (2016) getaran akibat gempa inilah yang akan berefek pada perubahan struktur dan menyebabkan kerusakan parah. Ketika terjadi sebuah gempa maka akan ada gaya lateral yang menggetarkan gedung dan mengakibatkan terjadi sendi plastis yang menampung momen akibat beban lateral efek gempa. Mekanisme getaran terhadap struktur bisa dilihat pada Gambar 3.2.



Gambar 3.2 Respons Struktur Akibat Gempa
(Sumber: Muntafi Y., dkk. 2023)

3.3 Evaluasi Kinerja Struktur Akibat Gempa

Evaluasi kinerja struktur akibat gempa adalah suatu kegiatan analisis untuk mengevaluasi kinerja struktur yang diakibatkan oleh adanya aktivitas gempa bumi. Tujuan dilakukannya evaluasi kinerja struktur ini untuk mengetahui kemampuan yang dimiliki struktur bangunan akibat aktivitas beban yang bekerja pada struktur bangunan. Dalam SNI 1726:2019 beberapa parameter untuk mendesain sebuah

struktur bangunan yang bisa menahan efek dari beban lateral akibat gempa harus bisa terpenuhi. Parameter yang harus terpenuhi adalah ketidakberaturan gedung, gaya geser dasar, perbedaan simpangan antar tingkat, gaya desain diafragma dan efek P-delta. Penelitian ini akan berfokus pada ketidakberaturan gedung, gaya geser dasar, perbedaan simpangan antar tingkat, dan efek P-delta.

3.4 Pembebanan Struktur

Beban merupakan gaya-gaya yang bekerja pada struktur bangunan. Pada perancangan struktur bangunan, beban dibagi menjadi dua arah yaitu beban arah vertikal (gravitasi) dan beban arah horizontal (lateral). Beban yang termasuk ke dalam beban vertikal merupakan beban mati (*dead load*), beban hidup (*live load*), dan beban air hujan. Beban yang termasuk ke dalam beban horizontal adalah beban gempa (*earthquake*), beban angin (*wind load*), tekanan tanah, dan air tanah.

3.4.1 Beban Gravitasi

Beban yang bekerja searah dengan gravitasi adalah beban mati dan beban hidup. Dijelaskan dalam SNI 1727:2020, beban mati adalah berat dari seluruh bahan konstruksi bangunan yang terpasang meliputi dinding, lantai, atap. plafon, tangga, dinding partisi tetap, *finishing*, klading gedung, dan komponen arsitektural dan struktural lainnya serta peralatan layan terpasang lain termasuk berat derek dan sistem pengangkut material. Sedangkan untuk beban hidup sendiri adalah beban yang diakibatkan oleh pengguna atau penghuni dan juga beban dari interior yang bukan merupakan struktur bangunan.

3.4.2 Beban Lateral

Pada umumnya beban lateral terdiri dari beban gempa, beban angin, beban akibat ledakan, dan getaran mesin. Beban angin adalah beban yang diakibatkan adanya aktivitas pergerakan udara yang mengakibatkan tekanan udara ke bangunan. Sedangkan beban gempa adalah beban yang diakibat karena adanya aktivitas gempa baik tektonik maupun vulkanik yang berakibat adanya gaya geser horizontal pada permukaan tanah. Untuk selanjutnya pada penelitian ini yang akan dibahas lebih lanjut adalah beban gempa.

3.5 Analisis Beban Gempa

Secara umum terdapat 2 metode untuk menganalisis beban gempa, yaitu analisis statik dan analisis dinamik. Analisis statik dilakukan dengan menggunakan analisis statik ekuivalen, sedangkan untuk analisis dinamis bisa dilakukan dengan analisis respons spektrum dan analisis *time history.* Untuk penelitian ini hanya akan dilakukan analisis *time history.*

Analisis *time history* dilakukan dengan menggunakan rekaman gempa asli untuk percepatan tanah dasar yang akan menghasilkan gaya lateral pada permukaan tanah. Akan tetapi data riwayat gempa yang dimiliki di Indonesia masih sulit didapatkan. Oleh karena pada penelitian ini akan menggunakan rekaman gempa yang ada kemudian di *matching* dengan lokasi penelitian.

3.6 Respons Spektrum

Menurut Erick dan Suliso (2022), respons spektrum adalah suatu metode pendekatan nilai percepatan tanah dasar menggunakan nilai maksimum akibat gempa yang bisa saja terjadi berdasarkan riwayat kejadian gempa. Metode ini digambarkan dengan grafik antara periode getar terhadap respons struktur. Respons yang dimiliki struktur bisa dalam bentuk perpindahan, kecepatan, maupun percepatan. Analisis respons spektrum telah diatur pada SNI 1726:2019.

3.6.1 Kategori Risiko Bangunan

Kategori risiko bangunan merupakan penggolongan fungsi bangunan untuk menentukan besaran beban gempa berdasarkan risiko yang dimiliki bangunan terhadap fungsi bangunan. Fungsi bangunan tersebut, dikelompokkan sesuai dengan beban dan risiko bangunan agar struktur bisa memikul beban sesuai dengan fungsinya. Tujuan dari pengelompokan ini adalah untuk optimalisasi pemanfaatan bangunan sesuai dengan kemampuan yang dimiliki suatu bangunan. Adapun kategori bangunan bisa dilihat dalam Tabel 3.1 berikut.

Tabel 3.1 Kategori Risiko Bangunan Gedung dan Non Gedung untuk Gempa

Jenis Pemanfaatan	Kategori risiko
Gedung dan non gedung yang memiliki risiko rendah terhadap jiwa manusia pada saat terjadi kegagalan, termasuk, tapi tidak dibatasi untuk, antara lain: - Fasilitas pertanian, perkebunan, peternakan, dan perikanan - Fasilitas sementara - Gedung penyimpanan - Rumah jaga dan struktur kecil lainya	I
Semua gedung dan struktur lain; kecuali termasuk dalam kategori risiko I, II, III, IV, termasuk, tapi tidak dibatasi untuk: - Perumahan - Rumah toko dan rumah kantor - Pasar - Gedung perkantoran - Gedung apartemen / rumah susun - Pusat perbelanjaan / mall - Bangunan industri - Fasilitas manufaktur - Pabrik	II
Gedung dan non gedung yang memiliki risiko terhadap jiwa manusia pada saat terjadi kegagalan, termasuk, tapi tidak dibatasi untuk: - Bioskop - Gedung pertemuan - Studio - Fasilitas Kesehatan yang tidak memiliki unit bedah dan unit gawat darurat	III

Lanjutan Tabel 3.1 Kategori Risiko Bangunan Gedung dan Non Gedung untuk Gempa

- Fasilitas penitipan anak - Penjara - Bangunan untuk orang jompo 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: - Pusat pembangkit listrik biasa - Fasilitas penanganan air - Fasilitas penanganan limbah - Pusat telekomunikasi Gedung dan non gedung yang tidak termasuk dalam kategori risiko IV, (termasuk, tetapi tidak dibatasi untuk fasilitas manufaktur, proses, penanganan, penyimpanan, penggunaan atau tempat pembuangan bahan bakar berbahaya, bahan kimia berbahaya, limbah berbahaya, atau bahan yang mudah meledak) yang mengandung bahan beracun atau peledak di mana jumlah kandungan bahannya melebihi nilai batas yang disyaratkan oleh instansi yang berwenang dan cukup menimbulkan bahaya bagi masyarakat jika terjadi kebocoran.	
Gedung dan non gedung yang dikategorikan sebagai fasilitas yang penting, termasuk, tetapi tidak dibatasi untuk: - Bangunan-bangunan monumental - Gedung sekolah dan fasilitas Pendidikan - Rumah ibadah - Rumah sakit dan fasilitas kesehatan lainnya yang memiliki fasilitas bedah dan unit gawat darurat	IV

Lanjutan Tabel 3.1 Kategori Risiko Bangunan Gedung dan Non Gedung untuk Gempa

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

(Sumber: SNI 1726:2019, Tabel 3)

3.6.2 Faktor Keutamaan Gempa

Faktor keutamaan gempa adalah nilai yang menjadi koefisien untuk memperbesar gempa rencana, tujuan dari pembesaran nilai gempa rencana adalah untuk meningkatkan faktor keamanan agar bangunan bisa memikul beban gempa dengan periode ulang panjang dan meminimalkan kerusakan yang terjadi. Oleh karena itu, faktor keutamaan gempa menjadi penting untuk meningkatkan keamanan dari bangunan. Berikut faktor keutamaan risiko gempa disajikan pada Tabel 3.2.

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 1726:2019, Tabel 4)

3.6.3 Kombinasi Pembebanan

Kombinasi merupakan gabungan dari beban ter faktor yang menjadi acuan beban *ultimate* pada perancangan struktur bangunan. Kegunaan dari kombinasi pembebanan adalah terciptanya desain struktur bangunan yang memiliki kemampuan sama dengan atau lebih dari beban *ultimate* ter faktor. Kombinasi pembebanan telah diatur dalam SNI 2847:2019, berikut kombinasi beban ter faktor yang tercantum dalam SNI 2847:2019.

1. 1,4D (3.1)
2. 1,2D + 1,6L + 0,5 (L_r atau R) (3.2)
3. 1,2D + 1,6 (L_r atau R) + (1,0L atau 0,5W) (3.3)
4. 1,2D + 1,0W + 1,0L + 0,5 (L_r atau R) (3.4)
5. 1,2D + 1.0E + 1,0L (3.5)
6. 0,9D + 1,0W (3.6)
7. 0,9D + 1,0E (3.7)

Keterangan:

D = beban mati,

L = beban hidup,

L_r = beban hidup dan atap,

R = beban hujan, dan

W = beban angin.

3.6.4 Klasifikasi Situs

Klasifikasi situs digunakan sebagai parameter kriteria desain berupa faktor amplifikasi pada bangunan. Dalam menentukan kriteria desain seismik bangunan

di permukaan tanah atau menentukan nilai amplifikasi besaran percepatan gempa puncak dari batuan dasar ke permukaan tanah untuk suatu situs, maka harus diklasifikasikan terlebih dahulu. Klasifikasi situs digolongkan menjadi kelas situs SA, SB, SC, SD, SE, atau SF. Penggolongan tersebut dijelaskan dalam SNI 1726:2019 yang secara detail bisa dilihat ada pada Tabel 3.3.

Tabel 3.3 Klasifikasi Situs

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

(Sumber: SNI 1726:2019, Tabel 5)

3.6.5 Koefisien Situs

Dalam penentuan respons spektral percepatan gempa MCER di permukaan tanah, perlu suatu faktor amplifikasi seismik pada periode 0,2 detik dan periode 1 detik. Faktor amplifikasi tersebut telah diatur dalam SNI 1726:2019. Perhitungan respons spektral percepatan gempa menggunakan persamaan sebagai berikut:

$$S_{MS} = F_a \, S_s \quad (3.8)$$

$$S_{M1} = F_v \, S_1 \quad (3.9)$$

Keterangan:

S_{MS} = parameter respons spektral percepatan pada periode pendek,

S_{M1} = parameter respons spektral percepatan pada periode 1 detik,

F_a = koefisien situs periode pendek ,

F_v = koefisien situs periode 1 detik,

S_s = parameter respons spektral percepatan gempa terpetakan untuk periode pendek, dan

S_1 = parameter respons spektral percepatan gempa terpetakan untuk periode 1 detik.

Koefisien situs untuk periode pendek dapat dilihat pada Tabel 3.4 dan Koefisien situs periode 1 detik dapat dilihat pada Tabel 3.5.

Tabel 3.4 Koefisien situs Fa

Kelas situs	**Parameter Respons Spektral Percepatan Gempa Maksimum yang Dipertimbangkan Risiko-Tertarget (MCE_R) Terpetakan pada Periode Pendek, T = 0,2 detik, S_S**					
	$S_S \leq 0{,}25$	$S_S = 0{,}5$	$S_S = 0{,}75$	$S_S = 1{,}0$	$S_S = 1{,}25$	$S_S \geq 1{,}5$
SA	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
SB	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9
SC	1,3	1,3	1,2	1,2	1,2	1,2
SD	1,6	1,4	1,2	1,1	1,0	1,0
SE	2,4	1,7	1,3	1,1	0,9	0,8
SF	SS					

(Sumber: SNI 1726:2019, Tabel 6)

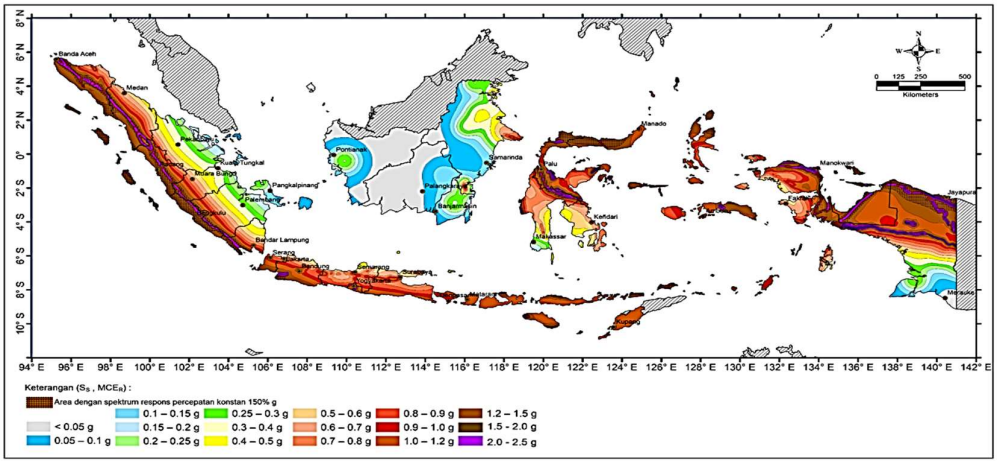
Tabel 3.5 Koefisien Situs F_v

Kelas situs	Parameter Respons Spektral Percepatan Gempa Maksimum yang Dipertimbangkan Risiko-Tertarget (MCE_R) Terpetakan pada Periode 1 detik, S_1					
	$S_1 \leq 0{,}1$	$S_1 = 0{,}2$	$S_1 = 0{,}3$	$S_1 = 0{,}4$	$S_1 = 0{,}5$	$S_1 \geq 0{,}6$
SA	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
SB	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
SC	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,4
SD	2,4	2,2	2,0	1,9	1,8	1,7
SE	4,2	3,3	2,8	2,4	2,2	2,0
SF	SS					

(Sumber: SNI 1726:2019, Tabel 7)

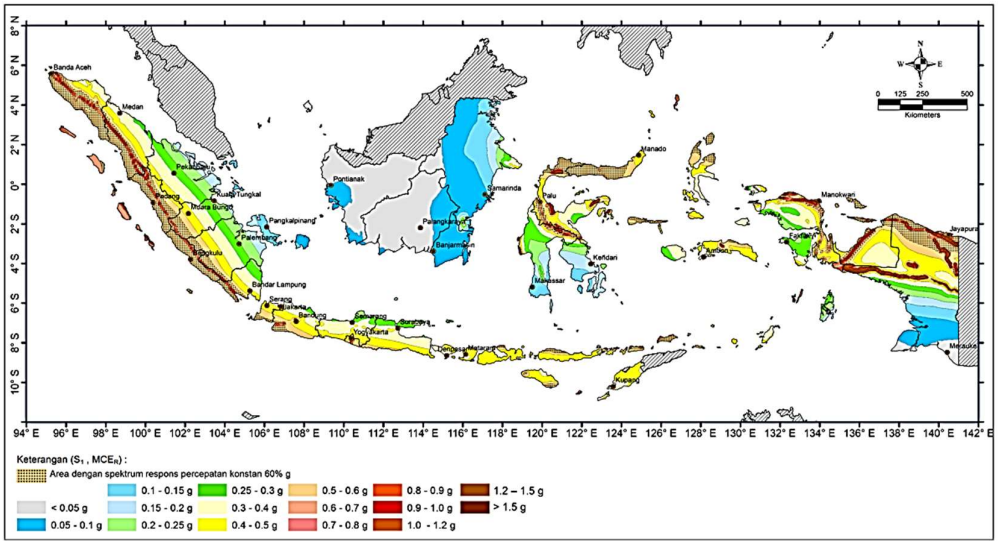
3.6.6 Parameter Percepatan Respons Spektral

Parameter dari percepatan respons spektral periode pendek, S_s, dan percepatan pada periode satu detik, S_1, perlu ditetapkan sesuai dengan nilainya masing-masing mengacu pada peta gerak tanah seismik. Berikut merupakan peta gempa untuk penentuan parameter percepatan respons spektral periode pendek dan percepatan pada periode satu detik yang terdapat pada SNI 1726:2019, untuk lebih jelasnya bisa dilihat pada Gambar 3.3, Gambar 3.4, dan Gambar 3.5.



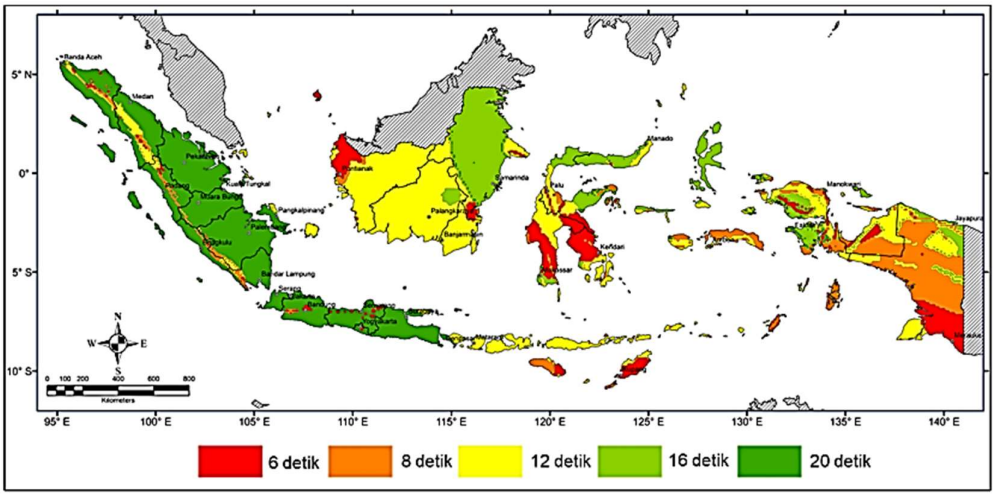
Gambar 3.3 Parameter Percepatan Respons Spektral pada Periode Pendek Berdasarkan SNI 1726:2019

(Sumber: SNI 1726:2019, Gambar 15)



Gambar 3.4 Parameter Percepatan Respons Spektral pada Periode 1 Detik Berdasarkan SNI 1726:2019

(Sumber: SNI 1726:2019, Gambar 16)



Gambar 3.5 Peta transisi periode panjang (TL) wilayah Indonesia

(Sumber:SNI 1726:2019, Gambar 20)

3.6.7 Parameter Percepatan Spektral Desain

Parameter respons spektral percepatan gempa desain S_{DS} untuk periode pendek dan S_{D1} untuk periode 1 detik ditentukan berdasarkan persamaan berikut:

$$S_{DS} = \frac{2}{3} S_{MS} \quad (3.10)$$

$$S_{D1} = \frac{2}{3} S_{M1} \quad (3.11)$$

3.6.8 Spektrum Respons Desain

Spektrum respons desain merupakan kurva hubungan antara percepatan respons spektrum dengan periode getaran. Kurva tersebut biasa disebut dengan kurva respons spektrum, untuk mendapatkan kurva respons spektrum bisa menggunakan persamaan yang ada di SNI 1726:2019 sebagai berikut beserta ketentuannya.

1. Untuk periode yang lebih kecil T_o, nilai S_a harus diambil dari persamaan:

$$S_a = S_{DS}\left(0{,}4 + 0{,}6\frac{T}{T_o}\right) \quad (3.12)$$

2. Untuk periode yang lebih besar dari T_s, tetapi lebih kecil dari atau sama dengan T_L, nilai S_a sama dengan nilai S_{DS}
3. Untuk periode lebih besar dari T_s, tetapi lebih kecil dari atau sama dengan T_L, nilai S_a harus diambil dari persamaan:

$$S_a = \frac{S_{D1}}{T} \quad (3.13)$$

4. Untuk periode lebih besar dari T_L, maka nilai S_a harus diambil dari persamaan:

$$S_a = \frac{S_{D1}T_L}{T^2} \quad (3.14)$$

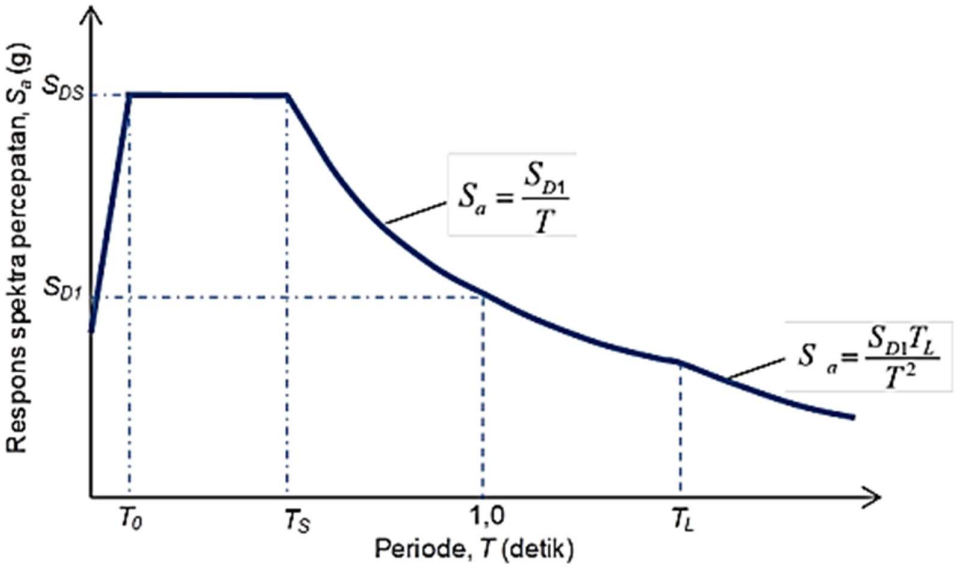
Untuk parameter lain bisa dicari menggunakan persamaan sebagai berikut:

$$T_0 = 0{,}2\frac{S_{D1}}{S_{DS}} \quad (3.15)$$

$$T_s = \frac{S_{D1}}{S_{DS}} \quad (3.16)$$

T_L = Peta transisi periode panjang

Hasil dari perhitungan respons spektrum desain akan menghasilkan kurva respons spektrum seperti pada Gambar 3.6.



Gambar 3.6 Spektrum Respons Desain
(Sumber: SNI 1726:2019, Gambar 3)

3.6.9 Kategori Desain Seismik

Kategori desain seismik (KDS) merupakan penentuan struktur bangunan menggunakan SNI 1726:2019. Penentuan KDS dapat ditentukan menggunakan nilai S_{DS} dan nilai S_{D1} yang telah didapatkan sebelumnya, semakin tinggi nilai huruf pada kategori risiko maka memiliki risiko gempa yang semakin tinggi pula. Fungsi dari KDS tersebut adalah untuk menentukan sistem rangka pemikul momen yang bisa digunakan. Penentuan tersebut bisa dilihat lebih jelas pada Tabel 3.6 dan Tabel 3.7.

Tabel 3.6 Kategori Desain Seismik Berdasarkan Parameter Respons Percepatan pada 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 1726:2019, Tabel 8)

Tabel 3.7 Kategori Desain Seismik Berdasarkan Parameter Respons Percepatan pada Periode 1 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: Tabel 9, SNI 1726:2019)

3.6.10 Koefisien Modifikasi Respons

Nilai Koefisien modifikasi respons adalah rasio antara beban maksimum yang diakibatkan pengaruh gempa rencana pada struktur bangunan elastik dan beban gempa nominal akibat pengaruh gempa rencana pada struktur gedung daktail. Koefisien modifikasi respons mempengaruhi perilaku dinamis pada struktur bangunan ketika menerima beban dari beban gempa. Nilai dari koefisien ini perlu diketahui sebelum melakukan perencanaan. Untuk menentukan nilai koefisien modifikasi respons (R), Faktor kuat lebih sistem (Ω_0) dan faktor pembesaran defleksi (Cd) berdasarkan Tabel 3.8 yang dikutip dari SNI 1726-2019.

Tabel 3.8 Faktor R, Cd, dan Ω_0 Untuk Sistem Pemikul Gaya Seismik

Sistem pemikul gaya seismik	Koefisien modifikasi respons, R	Faktor lebih kuat sistem, Ω_0	Faktor pem-besaran defleksi, Cd	Batasan sistem struktur dan batasan tinggi struktur, hn (m)				
				Kategori desain Seismik				
				B	C	D	E	F
C. Sistem rangka pemikul momen								
1. Rangka beton bertulang pemikul momen khusus	8	3	5 ½	TB	TB	TB	TB	TB

Lanjutan Tabel 3.8 Faktor R, Cd, dan Ω_0 Untuk Sistem Pemikul Gaya Seismik

2. Rangka beton bertulang pemikul momen menengah	5	3	4 ½	TB	TB	TI	TI	TI
3. Rangka beton bertulang pemikul momen biasa	3	3	2 ½	TB	TI	TI	TI	TI
D. Sistem ganda dengan rangka pemikul momen khusus yang mampu menahan paling sedikit 25 % gaya seismik yang ditetapkan								
1. Dinding geser beton bertulang khusus	7	2 ½	5 ½	TB	TB	TB	TB	TB
2. Dinding geser beton bertulang biasa	6	2 ½	5	TB	TB	TI	TI	TI
E. Sistem ganda dengan rangka pemikul momen menengah mampu menahan paling sedikit 25 % gaya seismik yang ditetapkan								
1. Dinding geser beton bertulang khusus	6 ½	2 ½	5	TB	TB	48	30	30
2. Dinding geser beton bertulang biasa	5 ½	2 ½	4 ½	TB	TB	TI	TI	TI
F. Sistem interaktif dinding geser-rangka dengan rangka pemikul momen	4 ½	2 ½	4	TB	TI	TI	TI	TI

Lanjutan Tabel 3.8 Faktor R, Cd, dan Ω_0 Untuk Sistem Pemikul Gaya Seismik

beton bertulang biasa dan dinding geser beton bertulang biasa								

(Sumber: SNI 1726:2019, Tabel 12)

3.6.11 Gaya Geser Dasar Seismik

Dijelaskan pada SNI 1726:2019, untuk perhitungan gaya dasar seismik (V) dalam arah yang ditentukan, diwajibkan untuk menggunakan persamaan dibawah ini.

$$V = Cs\ W \tag{3.25}$$

Keterangan:

Cs = koefisien respons seismik dan

W = berat seismik efektif.

Gaya geser dasar (*base shear*) merupakan penyederhanaan dari getaran gempa bumi yang bekerja di dasar bangunan yang selanjutnya digunakan dalam desain bangunan sebagai gaya gempa rencana yang harus ditinjau dan dievaluasi. Maka gaya geser dasar didapatkan dari gaya lateral yang terjadi permukaan tanah bangunan.

3.6.12 Prosedur Analisis Beban Gempa

Analisis beban gempa harus dilakukan dengan metode yang tepat agar tidak terjadi sebuah kegagalan struktur yang merugikan. Pemilihan metode struktur ini didasarkan pada kategori desain seismik bangunan, karakteristik struktur bangunan, sistem struktur, tinggi bangunan, dan ketidakberaturan struktur. Peraturan untuk prosedur analisis beban gempa terdapat pada SNI 1726:2019, untuk lebih jelasnya bisa dilihat pada Tabel 3.9 berikut.

Tabel 3.9 Prosedur Analisis Beban Gempa

Kategori desain seismik	Karakteristik struktur	Analisis gaya lateral ekivalen	Analisis spektrum respons ragam	Prosedur respons riwayat waktu seismik
B, C	Semua struktur	I	I	I
D, E, F	Bangunan dengan kategori risiko I atau II yang melebihi 2 tingkat di atas dasar	I	I	I
	Struktur tanpa ketidakberaturan struktural dan ketinggiannya tidak melebihi 48,8 m	I	I	I
	Struktur tanpa ketidakberaturan struktur dengan ketinggian melebihi 48,8 m dan T < 3,5 Ts	I	I	I
	Struktur dengan ketinggian tidak melebihi 48,8 m dan hanya memiliki ketidakberaturan horizontal tipe 2,3,4 atau 5 atau ketidakberaturan vertikal tipe 4, 5a atau 5b	I	I	I
	Semua struktur lainnya	TI	I	I

Catatan: I = Diizinkan, TI = Tidak Diizinkan

(Sumber: SNI 1726:2019, Tabel 16)

3.6.13 Arah Ortogonal

Struktur yang dianalisis menggunakan prosedur analisis gaya lateral ekivalen, analisis ragam respons spektral, atau prosedur riwayat respons waktu, dengan pembebanan yang diterapkan secara terpisah dalam sebarang dua arah ortogonal. Penerapan arah ortogonal yaitu dengan 100 % gaya untuk satu arah yang ditinjau ditambah 30 % gaya untuk arah tegak lurus.

3.6.14 *Participating Mass Ratio*

Dalam menganalisis struktural dari gedung harus ditentukan ragam getar alaminya. Cakupan analisis harus memiliki partisipasi massa yang cukup banyak, sebisa mungkin nilai partisipasi massa sampai 100% dari massa struktur. Oleh kerana itu, perlu pengaturan ragam getar alami sebaik mungkin untuk mendapat

nilai partisipasi massa yang bagus. Untuk ragam satu badan kaku (*single rigid body*) dengan periode 0,05 detik, diperbolehkan mengambil semua ragam dengan periode dibawah 0,05 detik.

3.6.15 Redudansi

Faktor redudansi (ρ) digunakan untuk meningkatkan keandalan dari sistem struktur sehingga bisa mencegah kegagalan struktur dan menjadi faktor keamanan bagi sebuah bangunan. Dalam perhitungan nilai faktor redudansi harus dilaksanakan pada kedua arah ortogonal berdasarkan SNI 1726:2019. Terdapat beberapa kondisi dimana nilai ρ adalah 1,0 untuk lebih jelasnya bisa dilihat sebagai berikut.

1. Desain struktur untuk kategori desain seismik B atau C.
2. Perhitungan simpangan antar tingkat dan pengaruh P-delta.
3. Desain komponen non struktural.
4. Desain struktur non gedung yang tidak mirip dengan bangunan gedung.
5. Desain elemen kolektor, sambungan lanjutan, dan sambungan .
6. Desain elemen struktur atau sambungan yang memperhitungkan kombinasi pengaruh beban seismik termasuk faktor kuat lebih.
7. Desain struktur dengan sistem peredam.
8. Desain dinding struktural terhadap gaya keluar bidang.

Untuk kondisi dimana nilai ρ adalah 1,3 yaitu bangunan struktur yang kategori desain seismik D, E, dan F maka ρ harus sama dengan 1,3, kecuali jika satu dari dua kondisi berikut terpenuhi, dimana ρ diizinkan diambil sebesar 1,0:

1. Masing-masing tingkat yang menahan lebih dari 35 % geser dasar dalam arah yang ditinjau.
2. Struktur dengan denah beraturan di semua tingkat dengan sistem pemikul gaya seismik terdiri dari paling sedikit dua bentang perimeter pemikul gaya seismik yang merangka pada masing-masing sisi struktur dalam masing-masing arah ortogonal di setiap tingkat yang menahan lebih dari 35 % geser dasar. Jumlah bentang untuk dinding geser harus dihitung sebagai panjang dinding geser dibagi dengan tinggi tingkat atau dua kali panjang dinding geser dibagi dengan tinggi tingkat, h_{sx}, untuk konstruksi rangka ringan.

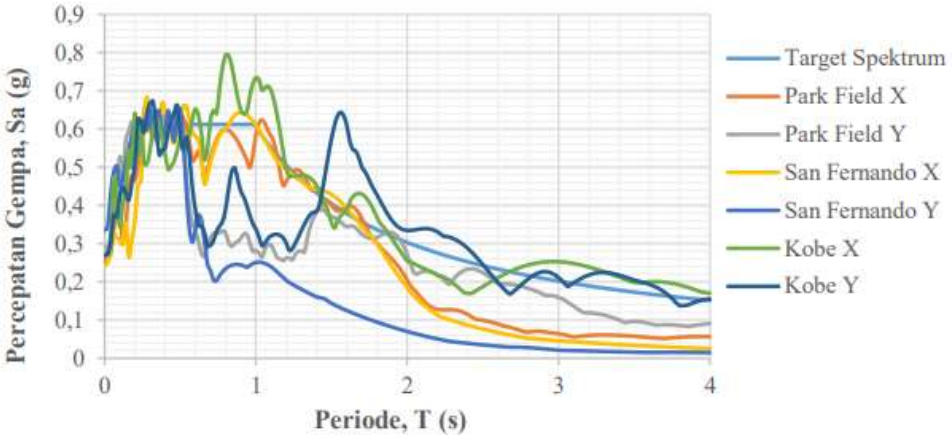
3.7 Analisis *Time History*

Menurut Diredja N. V., dkk (2009) Analisis dinamik riwayat merupakan analisis dinamik struktur dengan pemodelan struktur yang diberi rekaman gempa kemudian respons dari struktur dihitung langkah demi langkah. Berdasarkan SNI 1726:2019 analisis *time history* dapat digunakan untuk menunjukkan kekuatan, kekakuan, dan daktilitas dalam menahan gempa maksimum dengan kinerja yang dapat diterima. Pada analisis *time history*, beban gempa yang dimasukkan ke dalam program analisis struktur adalah rekaman gerak tanah yang telah dicocokkan dengan respons spektral target pada daerah lokasi struktur yang akan dianalisis. Beban harus mencakup efek horizontal dan juga vertikal bila diperlukan.

Pencocokan rekaman gerak tanah dengan respons spektral membutuhkan data gempa berupa data percepatan terhadap waktu dan respons spektral pada daerah objek. Pada SNI 1726:2019 dan SNI 8899:2020 dijelaskan persyaratan untuk analisis riwayat waktu nonlinier mengenai penentuan batas periode bawah adalah T_{lower} atau 20% T_{mode2}, sedangkan untuk batas atasnya adalah 2 T_{upper}. Batas kecocokan minimal pada hasil pencocokan tidak boleh kurang dari 110% spektrum target. Proses pencocokan dilakukan secara 2 arah pada masing-masing arah orthogonal. Contoh hasil kurva *time history* dengan pendekatan respons spektrum dapat dilihat pada Gambar 3.7.

T_{lower} = periode getar pada saat 90 % partisipasi massa aktual telah terpenuhi pada masing-masing respons dua arah ortogonal. Model matematika yang digunakan untuk menghitung T_{lower} tidak boleh memperhitungkan torsi tak terduga dan harus memperhitungkan efek P-delta.

T_{upper} = nilai yang lebih besar di antara dua nilai periode getar fundamental ortogonal. Model matematika yang digunakan untuk menghitung T_{upper} tidak boleh memperhitungkan torsi tak terduga dan harus memperhitungkan efek P-delta.



Gambar 3.7 Contoh Kurva *Time History* dengan Pendekatan Respons Spektrum
(Sumber: Abidin A. dkk, 2018)

3.8 Ketidakberaturan Struktur

Pada SNI 1726:2019 dijelaskan untuk pengklasifikasian struktur bangunan dalam bentuk beraturan dan tidak beraturan. Ketidakberaturan struktur dibagi menjadi dua jenis yaitu ketidakberaturan horizontal dan ketidakberaturan vertikal. Pengklasifikasian ketidakberaturan ini berdasarkan pada konfigurasi horizontal dan vertikal dari struktur bangunan.

3.8.1 Ketidakberaturan Horizontal

Ketidakberaturan horizontal memiliki beberapa jenis. Jika suatu struktur memiliki satu atau lebih ketidakberaturan sebagai berikut, maka struktur tersebut dinyatakan memiliki ketidakberaturan horizontal.

1. Ketidakberaturan torsi (1a dan 1b)

   Ketidakberaturan torsi ditentukan berdasarkan perpindahan maksimum antar tingkat yang terjadi pada struktur bangunan. Ketidakberaturan torsi dibagi menjadi ketidakberaturan torsi 1a dan 1b. Untuk batas pengklasifikasiannya bisa dilihat sebagai berikut.

$$\delta_{max} < 1{,}2\delta_{avg} \quad \text{= tanpa ketidakberaturan torsi} \tag{3.26}$$

$$1{,}2\delta_{avg} \leq \delta_{max} \leq 1{,}2\delta_{avg} \quad \text{= ketidakberaturan torsi 1a} \tag{3.27}$$

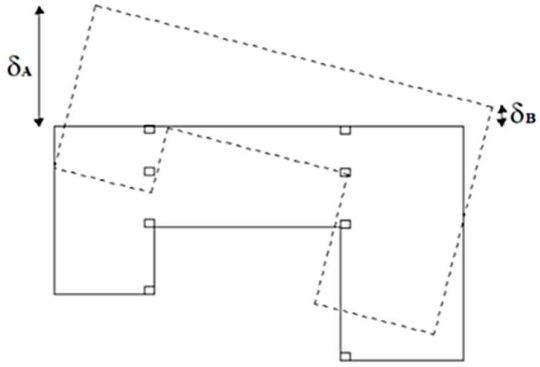
$$\delta_{max} > 1{,}4\delta_{avg} \quad \text{= ketidakberaturan torsi 1b} \tag{3.28}$$

Keterangan:

δ_{max} = perpindahan maksimum di tingkat x dan

δ_{avg} = rata-rata perpindahan di titik-titik terjauh struktur di tingkat x.

Pada Gambar 3.8 dapat dilihat mekanisme ketidakberaturan tipe 1a dan 1b.



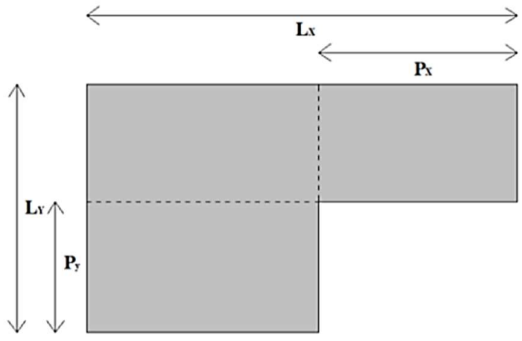
Gambar 3.8 Ketidakberaturan 1a dan 1b
(Sumber: SNI 1726:2019, Gambar 5)

2. Ketidakberaturan sudut dalam

Pada SNI 1726:2019 ketidakberaturan sudut dalam didefinisikan jika dimensi proyeksi denah struktur baik arah X dan arah Y lebih dari lokasi sudut dalam melebihi 15% dimensi denah dalam arah yang akan ditinjau. Untuk lebih jelasnya dijelaskan pada Gambar 3.9 dan persamaan berikut.

$$P_y > 0{,}15\ L_y \quad (3.29)$$

$$P_x > 0{,}15\ L_x \quad (3.30)$$

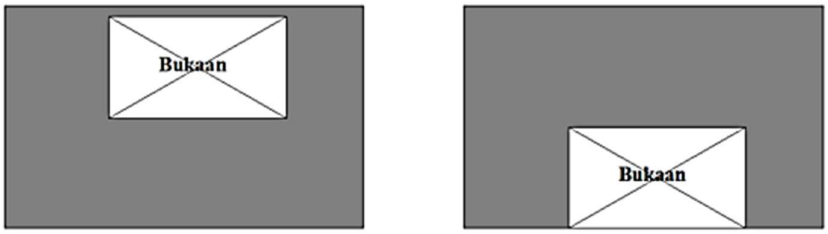


Gambar 3.9 Ketidakberaturan Sudut Dalam
(Sumber: SNI 1726:2019, Gambar 5)

3. Ketidakberaturan diskontinuitas diafragma

Dijelaskan pada SNI 1726:2019 ketidakberaturan diskontinuitas diafragma terjadi jika terdapat diafragma yang mempunyai diskontinuitas atau variasi kekakuan mendadak, termasuk daerah yang terpotong atau lebih besar dari 50 % daerah diafragma bruto yang tertutup, atau perubahan kekakuan diafragma efektif lebih dari 50% dari suatu tingkat ke tingkat selanjutnya. Visualisasi ketidakberaturan diskontinuitas diafragma dapat dilihat pada Gambar 3.10.

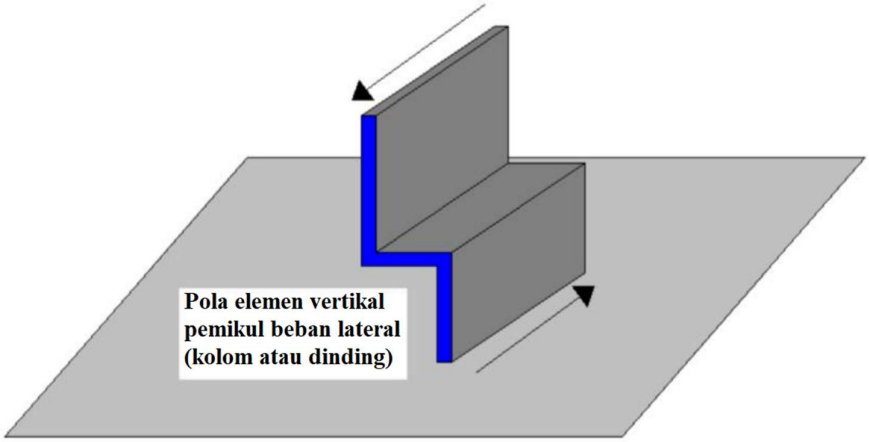
$$\text{Rasio bukaan} = \frac{Total\ luasan}{Luas\ bukaan} \times 100\% \quad (3.31)$$



Gambar 3.10 Ketidakberaturan Diskontinuitas Diafragma
(Sumber: SNI 1726:2019, Gambar 5)

4. Ketidakberaturan pergeseran melintang terhadap bidang

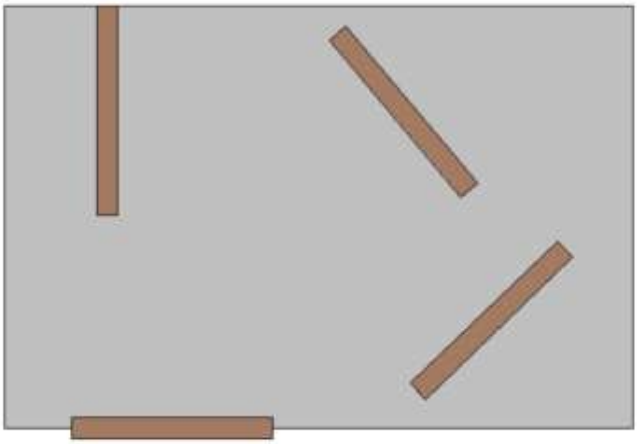
Ketidakberaturan pergeseran melintang terhadap bidang merupakan kejadian diskontinuitas dalam menahan gaya lateral, contohnya adalah pergeseran tegak lurus terhadap bidang pada paling sedikit satu elemen vertikal pemikul gaya lateral. Penjelasan lebih lanjut dapat dilihat pada Gambar 3.11.



Gambar 3.11 Ketidakberaturan Pergeseran Melintang Terhadap Bidang
(Sumber: SNI 1726:2019, Gambar 5)

5. Ketidakberaturan sistem nonparalel

Ketidakberaturan sistem nonparalel terjadi ketika elemen vertikal pemikul gaya lateral tidak terletak paralel pada sumbu-sumbu ortogonal utama sistem pemikul gaya seismik. Ketidakberaturan sistem nonpararel dapat dilihat pada Gambar 3.12.



Gambar 3.12 Ketidakberaturan Sistem Nonparalel
(Sumber: SNI 1726:2019, Gambar 5)

3.8.2 Ketidakberaturan Vertikal

Ketidakberaturan vertikal memiliki beberapa jenis. Jika suatu struktur memiliki satu atau lebih ketidakberaturan sebagai berikut, maka struktur tersebut dinyatakan memiliki ketidakberaturan vertikal.

1. Ketidakberaturan kekakuan tingkat lunak (1a dan 1b)

   Pemeriksaan ketidakberaturan kekakuan tingkat lunak dilakukan dengan membandingkan kekauan pada tiap lantainya, ketidakberaturan tingkat lunak 1a dan 1b dapat dilihat pada Gambar 3.13 dan menggunakan persamaan berikut.

   Pada 1a: $70\%(K_{n+1}) < K_n$ (3.32)

   $80\% \left(\frac{K_{n+1}+K_{n+2}+K_{n+3}}{3}\right) < K_n$ (3.33)

   Pada 1b: $60\%(K_{n+1}) < K_n$ (3.34)

   $80\% \left(\frac{K_{n+1}+K_{n+2}+K_{n+3}}{3}\right) < K_n$ (3.35)

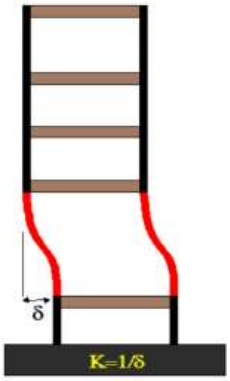
   Dengan $K_n = \frac{V_x}{\Delta_x}$ (3.36)

   Keterangan:

   K_n = kekakuan pada lantai ke-n,

   V_x = gaya geser pada lantai ke-n, dan

   Δ_x = simpangan antar tingkat pada lantai ke-n.



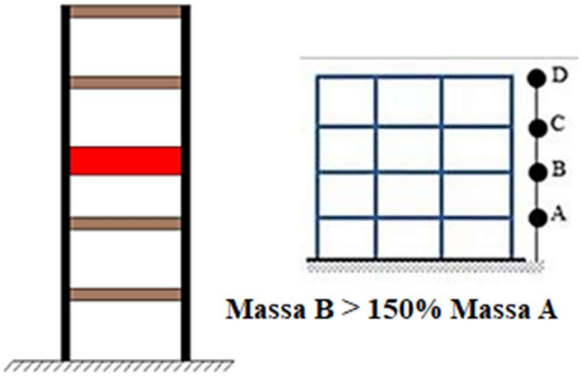
(a) Ketidakberaturan 1a dan 1b

Gambar 3.13 Ketidakberaturan Kekakuan Tingkat Lunak
(Sumber: SNI 1726:2019, Gambar 6)

2. Ketidakberaturan massa

   Ketidakberaturan massa terjadi ketika massa efektif lantai seberang melebihi 150%. Atap yang lebih ringan dari lantai sebelumnya tidak perlu ditinjau. Visualisai ketidakberaturan massa dapat dilihat pada Gambar 3.14.

Massa n > 150% Massa n-1 (3.37)

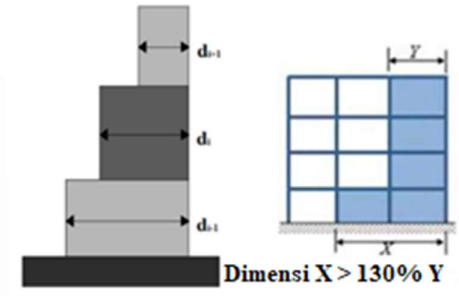


Gambar 3.14 Ketidakberaturan Massa
(Sumber: SNI 1726:2019, Gambar 6)

3. Ketidakberaturan geometri vertikal

   Ketidakberaturan geometri vertikal terjadi ketika panjang dimensi horizontal lantai di seberang tingkat lebih dari 130% dari panjang dimensi lantai di dekatnya. Mekanisme ketidakberaturan gemetri vertikal dapat dilihat pada Gambar 3.15.

   Dimensi X > 130% Dimensi Y (3.38)



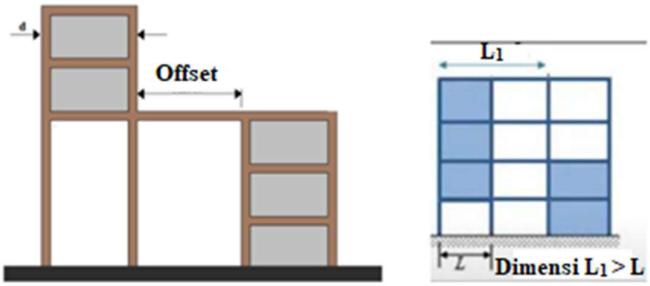
Gambar 3.15 Ketidakberaturan Geometri Vertikal
(Sumber: SNI 1726:2019, Gambar 6)

4. Ketidakberaturan akibat diskontinuitas bidang pada elemen vertikal pemikul gaya lateral

   Ketidakberaturan ini terjadi ketika adanya pergeseran arah bidang elemen pemikul beban lateral lebih besar dari panjang elemen itu atau terdapat

reduksi, kekakuan elemen pemikul di tingkat bawahnya. Mekanisme dari ketidakberaturan vertikal tipe 4 dapat dilihat pada Gambar 3.16.

Dimensi L1 > L (3.39)

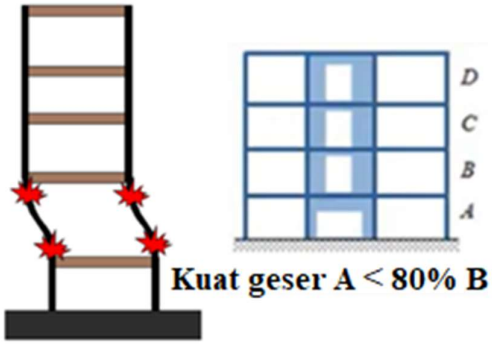


Gambar 3.16 Ketidakberaturan Akibat Diskontinuitas Bidang pada Elemen Vertikal Pemikul Gaya Lateral
(Sumber: SNI 1726:2019, Gambar 6)

5. Ketidakberaturan tingkat lemah pada kekuatan lateral tingkat (5a dan 5b)
   Terjadi ketika kuat geser suatu lantai kurang dari 80% kuat geser lantai di atasnya untuk 5a dan 65% kuat geser kurang dari lantai di atasnya untuk 5b. Penggambaran lebih jelas dapat dilihat pada Gambar 3.17.

Kuat Geser A < 80% B (3.40)

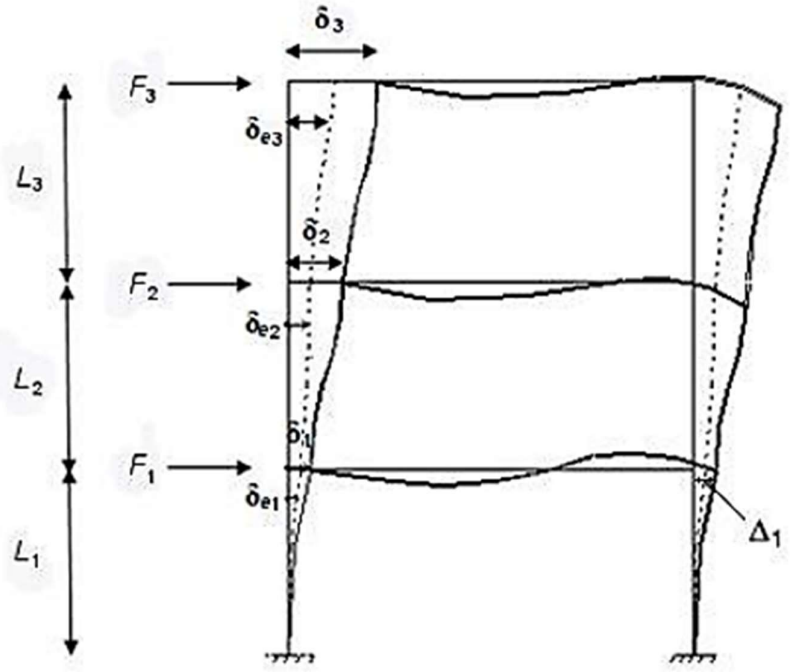
Kuat Geser A < 65% B (3.41)



Gambar 3.17 Ketidakberaturan Akibat Diskontinuitas Bidang pada Elemen Vertikal Pemikul Gaya Lateral
(Sumber: SNI 1726:2019, Gambar 6)

3.9 Simpangan Antar Tingkat

Simpangan antar tingkat ini ditinjau dari perbedaan simpangan pada pusat massa di atas di tingkat bawahnya. Apabila pusat massa letaknya tidak satu garis pada arah vertikal, diizinkan untuk menghitung simpangan didasar tingkat berdasarkan proyeksi vertikal dari pusat massa tingkat di atasnya. Jika desain tegangan ijin dipakai, (Δ) harus dihitung memakai gaya seismik desain yang ditetapkan tanpa desain tegangan ijin yang direduksi. Mekanisme simpangan pada struktur dapat dilihat pada Gambar 3.18.



Gambar 3.18 Penentuan Simpangan Antar Tingkat
(Sumber: SNI 1726:2019, Gambar 10)

Simpangan antar tingkat ditentukan oleh defleksi yang terjadi pada seluruh tingkatnya, untuk persamaan defleksinya sebagai berikut.

$$\delta_x = \frac{C_d \delta_e}{I_e} \tag{3.42}$$

Keterangan:

δ_x = defleksi yang terjadi pada tingkat x (mm),

C_d = faktor amplifikasi defleksi,

δ_e = defleksi disyaratkan pada lokasi ditentukan dari analisis elastis, dan

I_e = faktor keutamaan gempa.

Penentuan batasan simpangan antar tingkat izin yang dijelaskan pada SNI 1726:2019 disajikan pada Tabel 3.12.

Tabel 3.10 Simpangan Antar Tingkat Izin

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

(Sumber: SNI 1726:2019, Tabel 20)

3.10 Pengaruh P-delta

Efek sekunder berupa geser dan momen pada elemen-elemen struktur, yang disebabkan oleh aksi beban-beban vertikal yang dipicu oleh perpindahan horizontal struktur yang dihasilkan dari berbagai kondisi pembebanan. Pengaruh P-delta pada geser tingkat dan momen, gaya dan momen elemen struktur yang dihasilkan, dan simpangan antar tingkat yang diakibatkannya tidak perlu diperhitungkan bila koefisien stabilitas (θ) seperti yang ditentukan oleh Persamaan 3.43 berikut atau kurang dari 0,10.

$$\theta = \frac{P_x \Delta I_e}{V_x h_{sx} C_d} \tag{3.43}$$

Koefisien stabilitas tidak boleh melebihi θ_{max} yang ditentukan sebagai berikut.

$$\theta_{max} = \frac{0,5}{\beta c_d} \leq 0,25 \quad (3.44)$$

Keterangan:

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

Δ = simpangan antar tingkat desain,

I_e = faktor keutamaan gempa,

V_x = gaya geser seismik yang bekerja antara tingkat x dan x-1,

h_{sx} = tinggi tingkat di bawah tingkat x, dan

C_d = faktor pembesaran defleksi.

BAB IV
METODE PENELITIAN

4.1 Umum

Metodologi penelitian adalah tahapan-tahapan berurutan secara sistematis dalam mencapai tujuan dari penelitian. Metodologi penelitian juga memberikan gambaran yang bisa membantu penulis dalam melakukan penelitian. Tahapan-tahapan yang dilakukan dalam menyelesaikan penelitian mulai dari pengumpulan data, analisis data, pembahasan, serta kesimpulan.

Penelitian yang dilakukan bertujuan mengevaluasi kinerja dari suatu struktur bangunan. Hasil akhir dari penelitian ini diharapkan dapat diperoleh parameter kinerja struktur yaitu gaya geser dasar, ketidakberaturan, simpangan, dan efek P-delta.

4.2 Lokasi Penelitian

Lokasi gedung yang dijadikan sebagai objek penelitian berlokasi di Jl. Kaliurang KM 14.5, Sleman, Yogyakarta. Gedung tersebut merupakan gedung beton bertulang 4 lantai dengan tinggi bangunan 16,62 m yang berfungsi sebagai gedung kuliah.

4.3 Data Penelitian

Data penelitian merupakan suatu informasi atau bahan yang digunakan dalam penelitian. Data penelitian yang diperoleh yaitu *shop drawing,* spesifikasi material data umum bangunan, dan data rekaman gempa. Data yang telah diperoleh diinput ke dalam program SAP2000. Adapun data yang diperoleh sebagai berikut.

1. Data umum bangunan
    a. Lokasi penelitian adalah Jalan Kaliurang No. KM 14,5, Lodadi, Umbulmartani, Kec. Ngemplak, Kab. Sleman, Daerah Istimewa Yogyakarta.
    b. Fungsi dari objek penelitian adalah gedung kuliah dan fasilitas pendidikan.
    c. Jumlah tingkat pada objek penelitian 4 lantai.

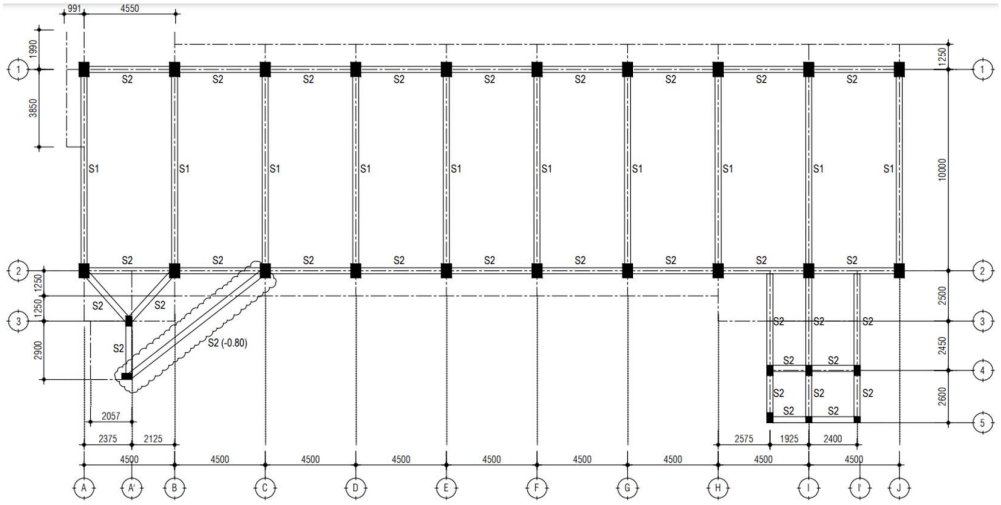
d. Material utama objek penelitian adalah beton bertulang.

2. Data riwayat gempa

Pengambilan data riwayat gempa mengikuti panduan dan parameter dari Peta Deagregasi Bahaya Gempa Indonesia untuk Perencanaan dan Evaluasi Infrastruktur Tahan Gempa yang diterbitkan PusGen 2022.

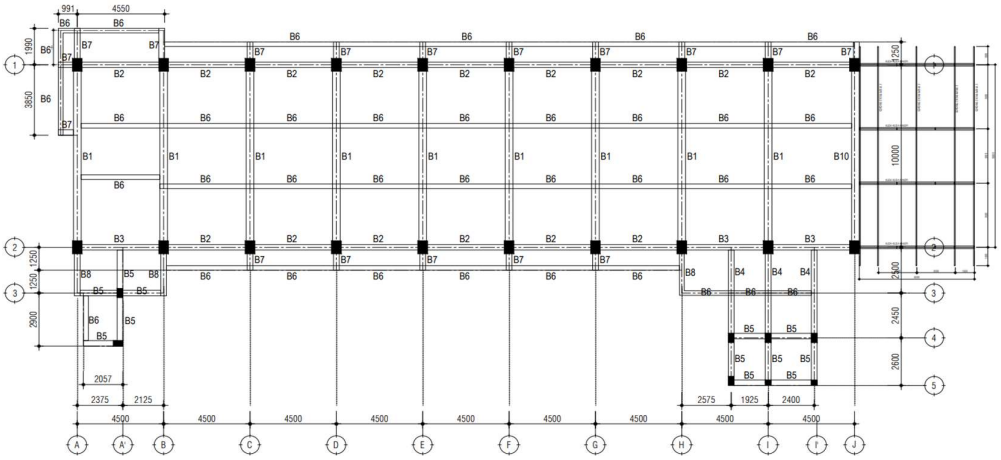
3. Gambar struktur bangunan

Pengumpulan gambar struktur bangunan bertujuan untuk menggambarkan tampak dari bangunan, dimensi struktur bangunan, hingga potongan dari gambar bangunan dapat dilihat pada Gambar 4.1, Gambar 4.2, Gambar 4.3, Gambar 4.4, Gambar 4.5, dan Gambar 4.6 berikut.

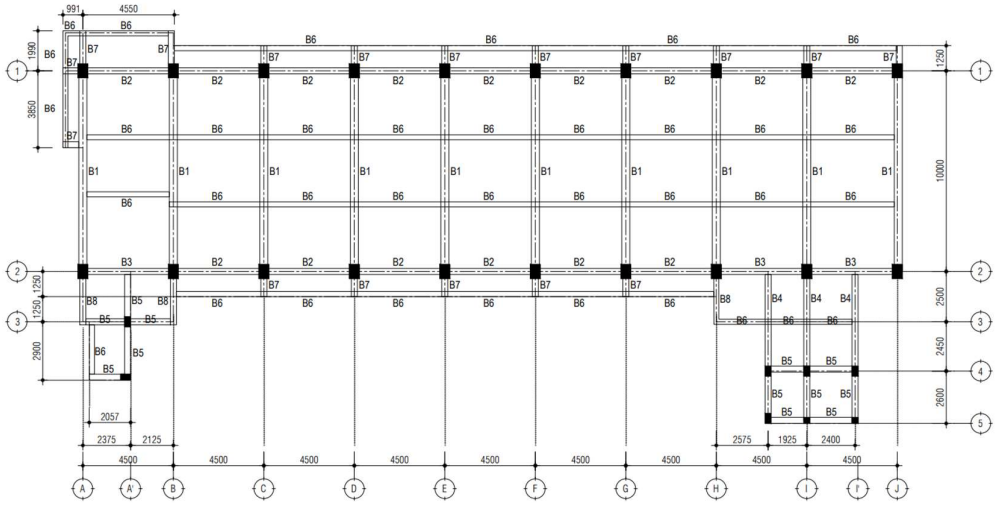


Gambar 4.1 Denah Lantai 1

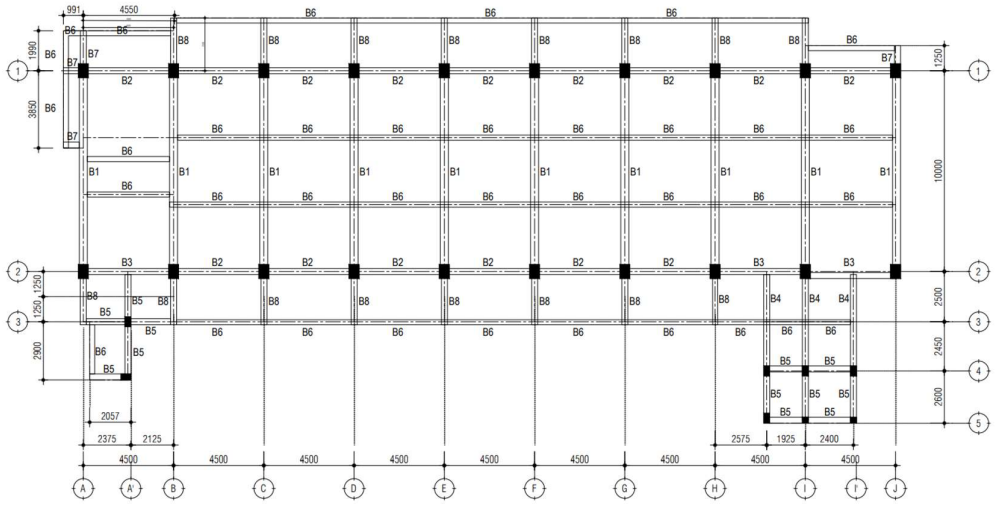
(Sumber: Dokumen DED PFKUII, 2023)



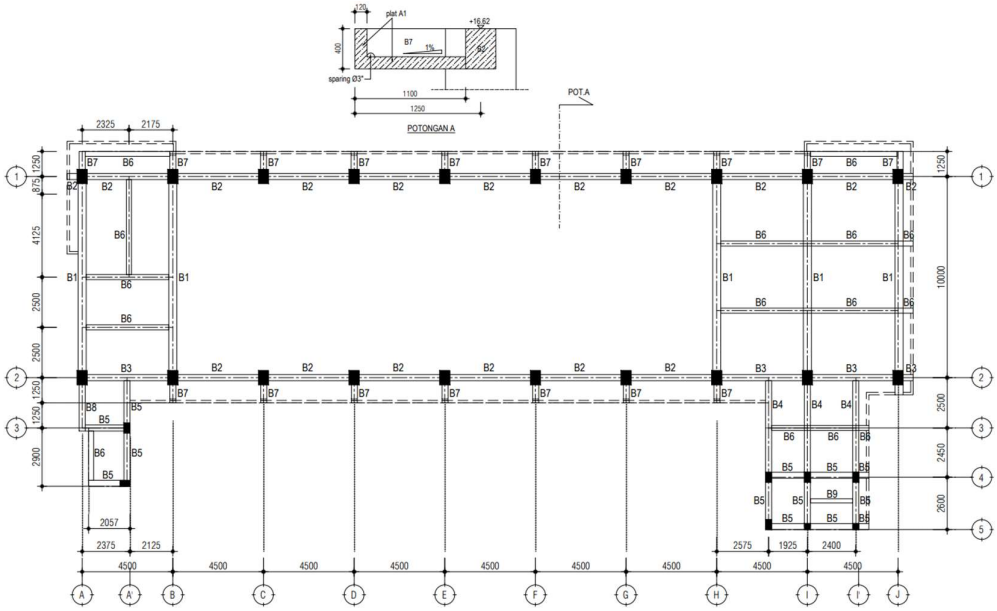
Gambar 4.2 Denah Lantai 2
(Sumber: Dokumen DED PFKUII, 2023)



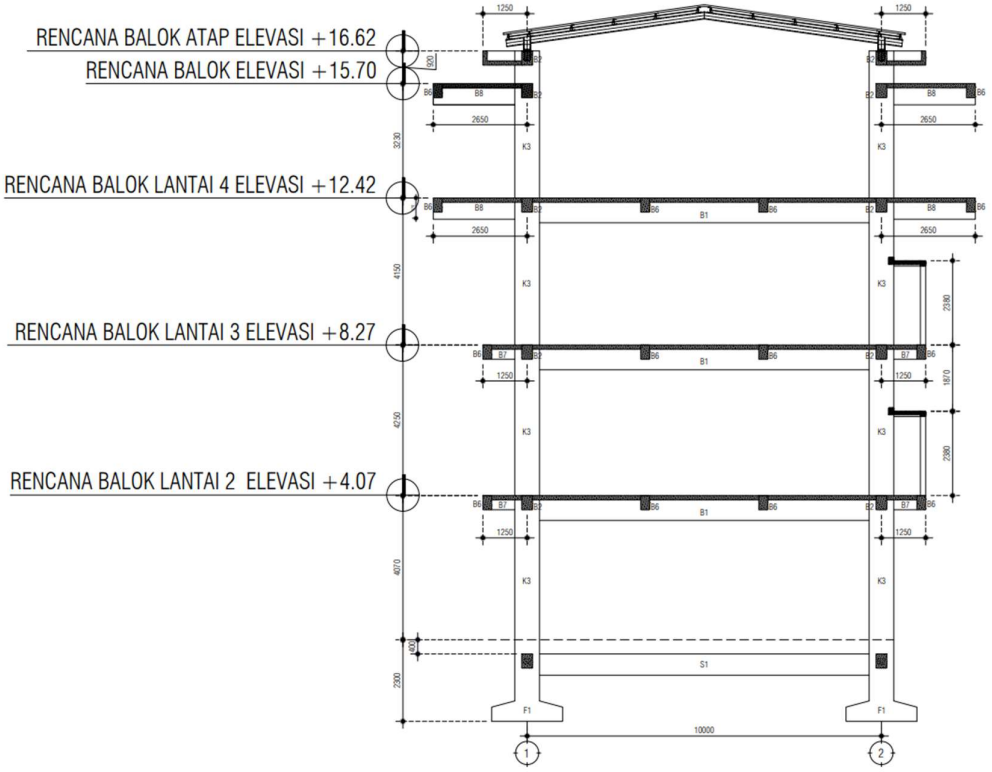
Gambar 4.3 Denah Lantai 3
(Sumber: Dokumen DED PFKUII, 2023)



Gambar 4.4 Denah Lantai 4
(Sumber: Dokumen DED PFKUII, 2023)



Gambar 4.5 Denah Atap
(Sumber: Dokumen DED PFKUII, 2023)



Gambar 4.6 Potongan Portal
(Sumber: Dokumen DED PFKUII, 2023)

4.4 Tahapan Penelitian

Adapun tahapan yang harus dilakukan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Studi literatur

   Mengidentifikasi permasalahan untuk menentukan masalah yang akan menjadi topik pembahasan dalam penelitian ini dan kemudian melakukan studi literatur pada sumber-sumber terpercaya untuk referensi dari teori yang digunakan dalam menyelesaikan permasalahan dalam penelitian. Setelah itu, merumuskan masalah sebagai pertanyaan yang akan dicari jawabannya. Studi literatur yang dilakukan adalah studi tentang analisis evaluasi kinerja struktur gedung dan juga analisis *time history.*

2. Pengumpulan data

   Mencari data yang sesuai di lapangan untuk bahan informasi yang diperlukan dalam penelitian guna mencapai tujuan dari penelitian yang dilakukan. Data yang diperlukan meliputi data umum bangunan (DED) dan spesifikasi material. Data diperoleh dari pihak Pengelola Fasilitas Kampus UII. Data rekaman gempa didapat dari *database* PEER dan NHR3 mengikuti parameter dari peta deagregasi PusGen 2022.

3. Pemodelan bangunan

   Memodelkan bangunan menggunakan *software* SAP2000 sesuai dengan gambar *Design Engineering Detail* yang sudah diperoleh. Pemodelan elemen struktur bangunan mengikuti pemodelan yang ada di dokumen perencanaan proyek yaitu pelat, balok, dan kolom.

4. Perhitungan pembebanan

   Mengolah data meliputi perhitungan pembebanan pada elemen struktur yaitu beban mati (*dead load*), beban mati tambahan (*additional dead load*), beban hidup (*live load*), dan beban gempa (*earthquake load*).

5. Analisis beban seismik

   Memasukkan grafik percepatan tanah berdasarkan catatan waktu ke dalam program SAP2000. Analisis beban seismik menggunakan metode analisis *time history* disesuaikan berdasarkan SNI 1726:2019 dan SNI 8899:2020.

6. Analisis ketidakberaturan

   Melakukan analisis pada struktur mengenai ketidakberaturan struktur apakah ketidakberaturan atau tidak, jika terdapat ketidakberaturan maka harus disesuaikan dengan konsekuensi ketidakberaturan berdasarkan SNI 1726:2019.

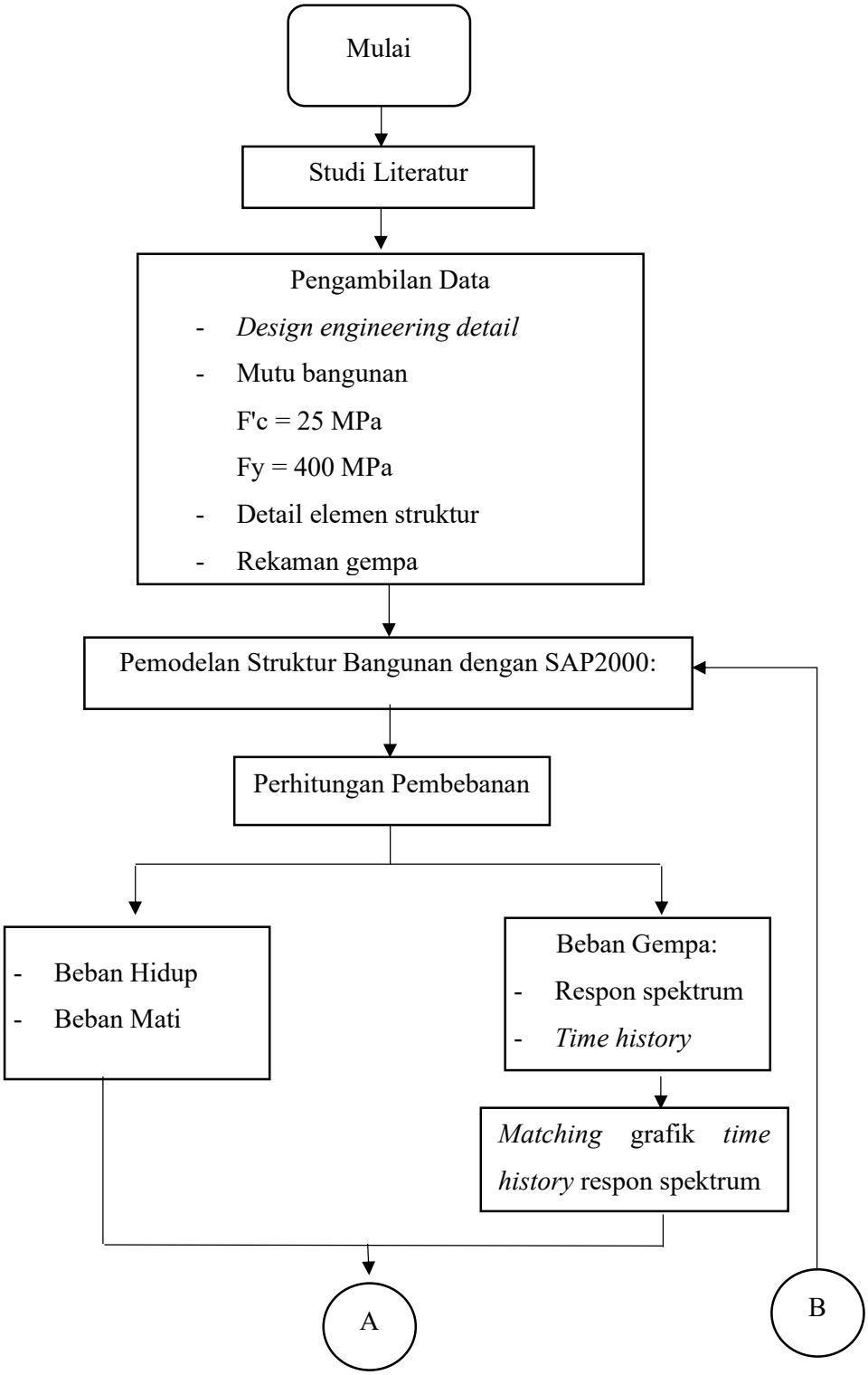
7. Analisis simpangan antar tingkat dan pengaruh p-delta
8. Melakukan peninjauan terhadap simpangan antar tingkat dan pengaruh P-delta kemudian dicek apakah memenuhi syarat menurut SNI 1726:2019.
9. Pembahasan

   Mengolah dan menjabarkan pembahasan hasil penelitian berdasarkan SNI 1726:2019. Pengolahan dan penjabaran dikemas dengan bahasa yang efektif dan mudah dimengerti

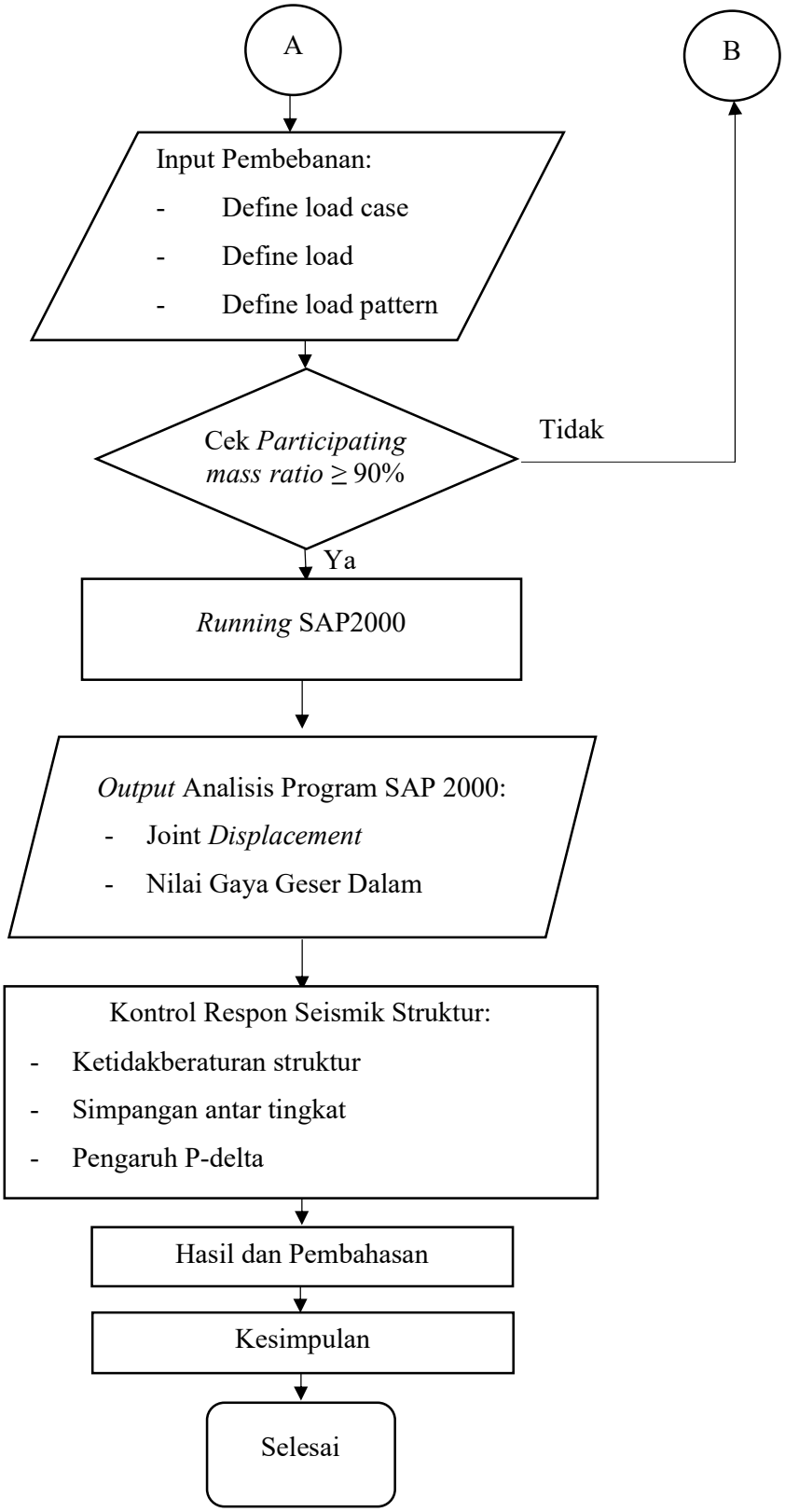
10. Kesimpulan

    Menyimpulkan hasil penelitian dan saran untuk penelitian selanjutnya.

Dari penjelasan di atas dapat dibuat bagan alir untuk memudahkan pembacaan tahapan penelitian, berikut bagan alir penelitian yang disajikan pada Gambar 4.7.



Gambar 4.7 Bagan Alir Penelitian



Lanjutan Gambar 4.7 Bagan Alir Penelitian

BAB V
ANALISIS DAN PEMBAHASAN

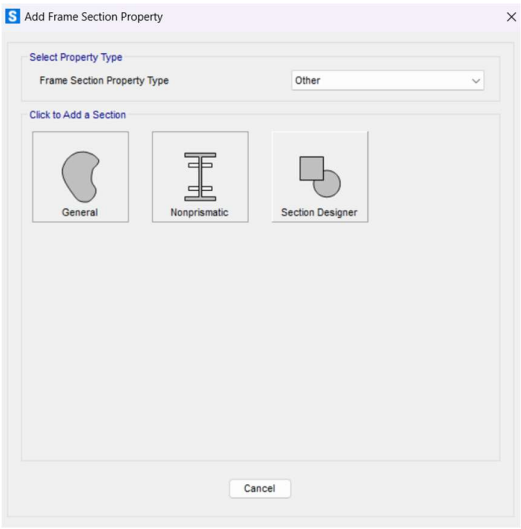
5.1 Pendahuluan

Pada bab ini dibahas mengenai proses dan hasil dari penelitian yang telah dilakukan. Proses analisis yang dimaksud adalah pembebanan beban lateral, pembebanan beban gravitasi, ketidakberaturan struktur, simpangan antar tingkat, dan pengaruh efek P-delta.

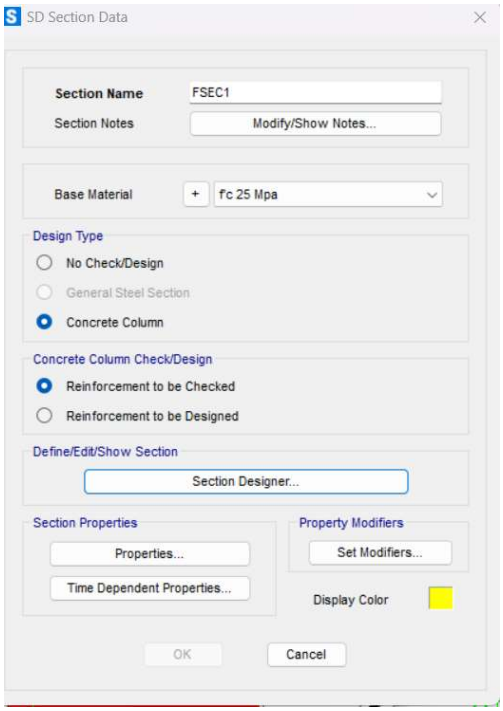
5.2 Pemodelan Struktur

Pemodelan struktur dilakukan pada program SAP2000. Pemodelan diawali dengan mendefinisikan elemen struktur seperti balok, pelat dan kolom. Data elemen struktur disesuaikan dengan data yang ada di lapangan.

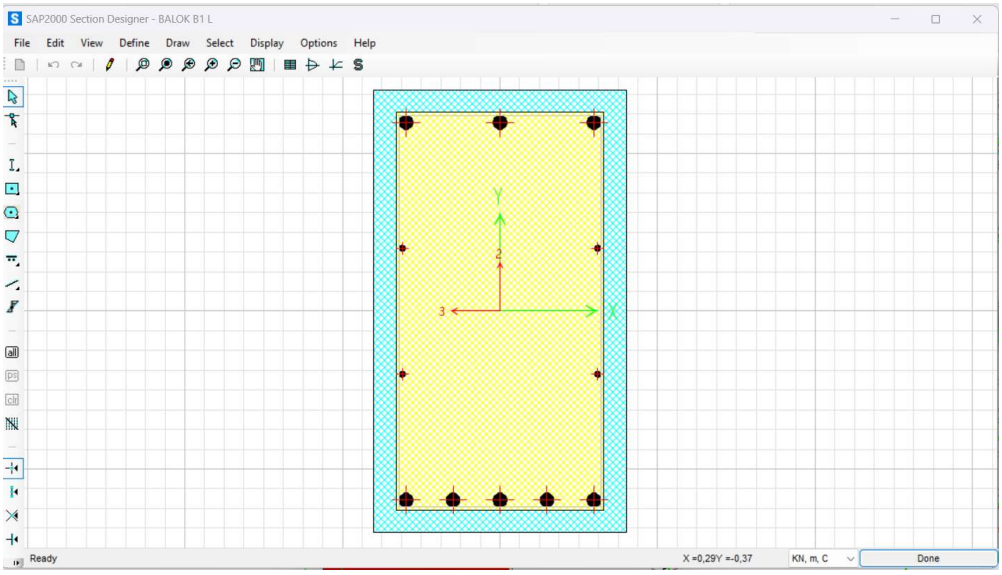
Pemodelan kolom dan balok dengan *section designer*. *Section designer* memiliki kelebihan karena bisa memasukkan jumlah tulangan pada elemen struktur. *Section designer* bisa dilakukan dengan memilih opsi *Define – Section Propertis – Frame Sections – Add News Property – Other – Section Designer.* Setelah itu masukan data struktur sesuai dengan data di lapangan



Gambar 5.1 ***Add Frame Section Property***



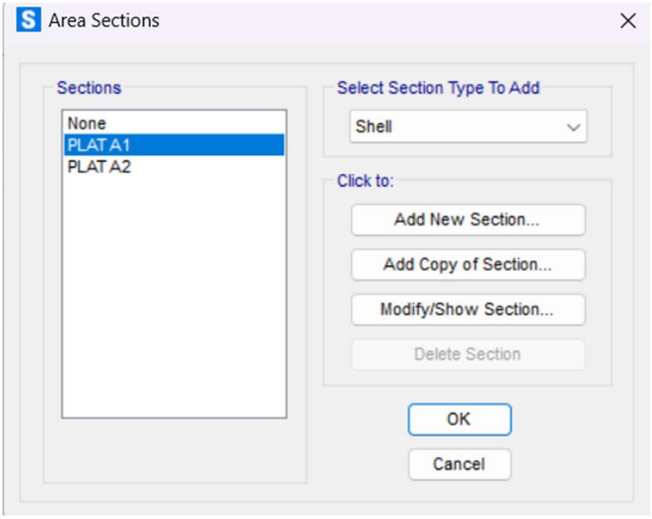
Gambar 5.2 ***Section Data***



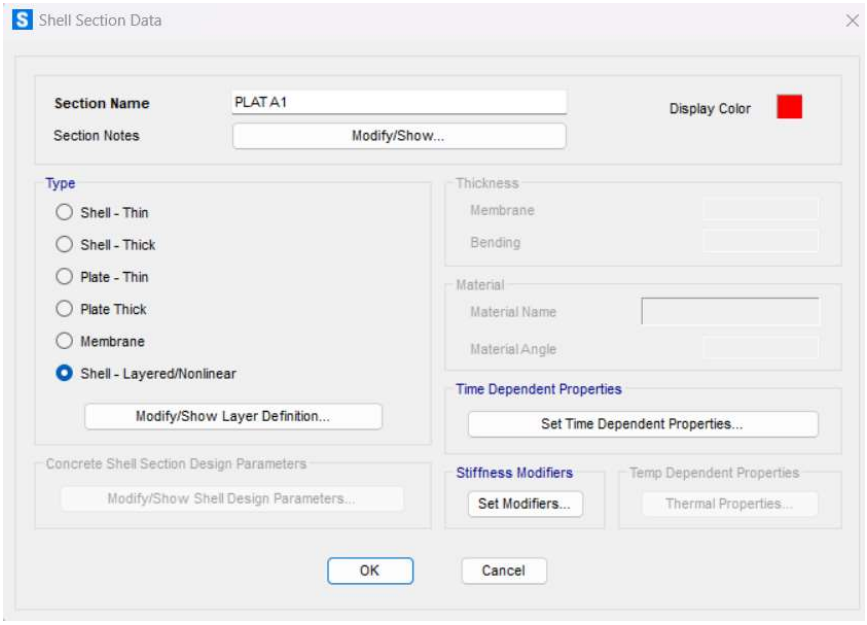
Gambar 5.3 ***Section Designer***

Setelah mendefinisikan semua balok dan kolom kemudian mendefinisakan pelat. Pelat didefnisikan dengan memilih opsi *Define – Section Propertis – Area*

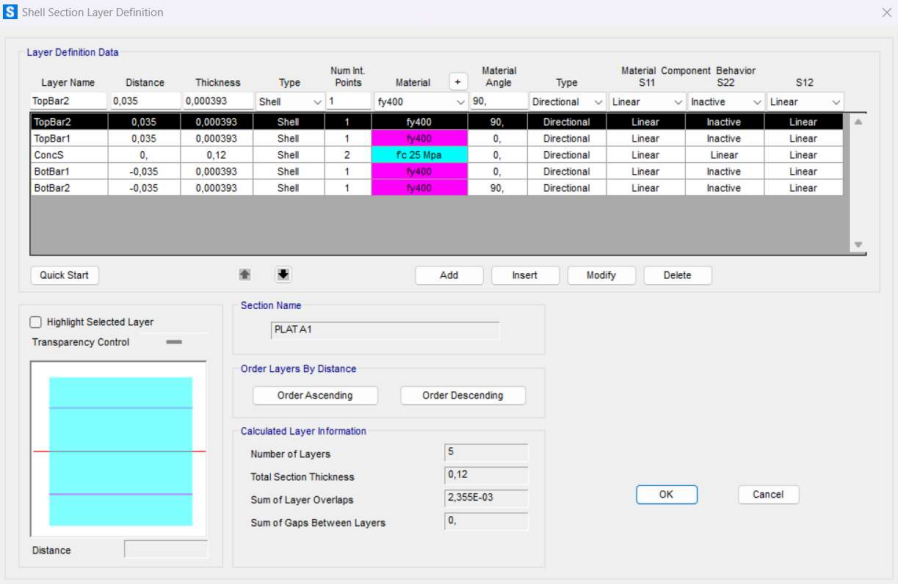
Section – Shell – Add New Section – Pilih *Shell Layered/Nonlinier – Modify/Show Layer Defintion.* Kemudian masukan semua data sesuai dengan di lapangan.



Gambar 5.4 ***Add New Area Section***

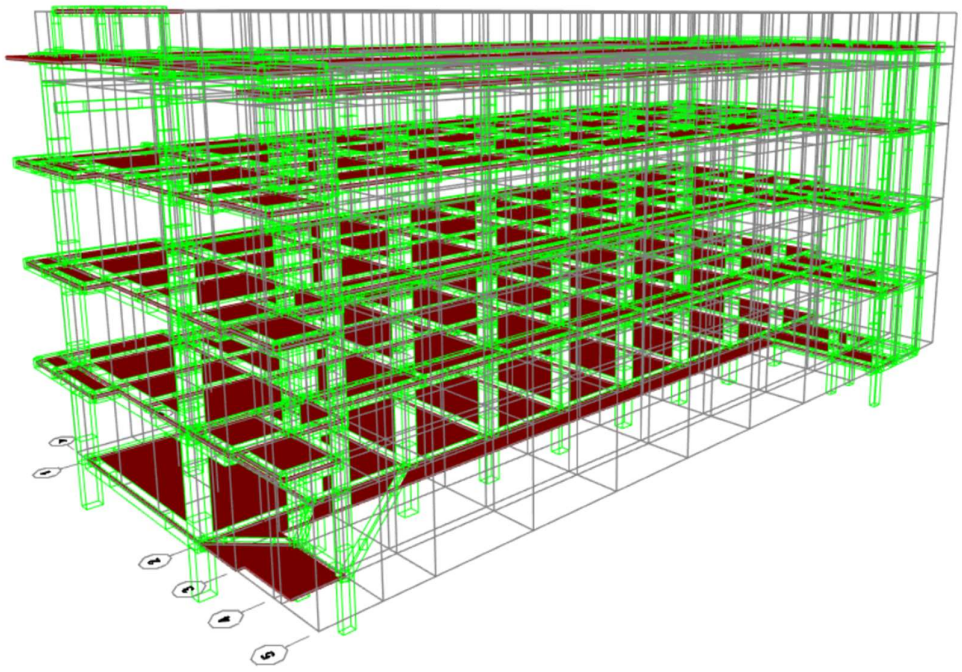


Gambar 5.5 ***Shell Section Data***

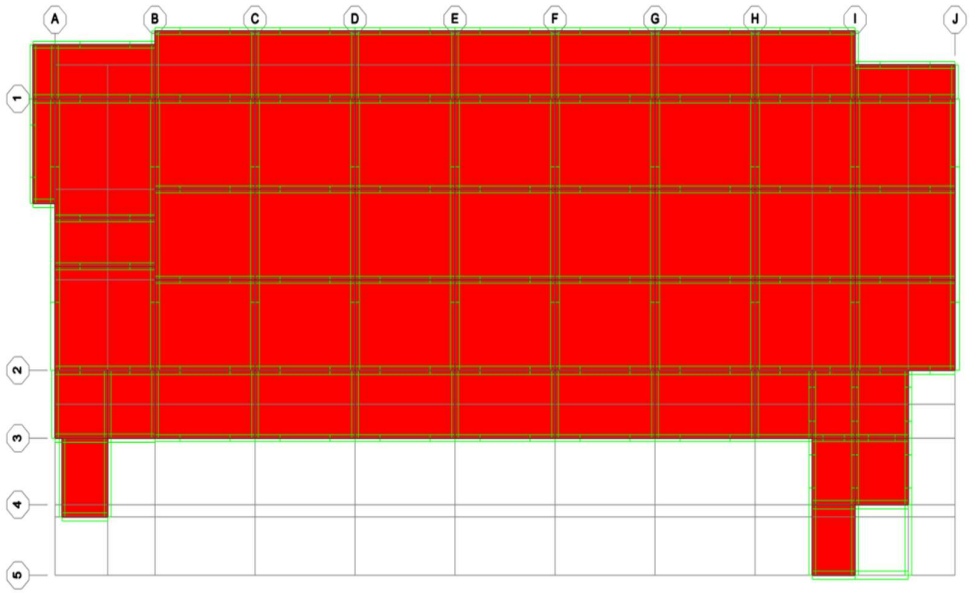


Gambar 5.6 *Shell Section Layer Definition*

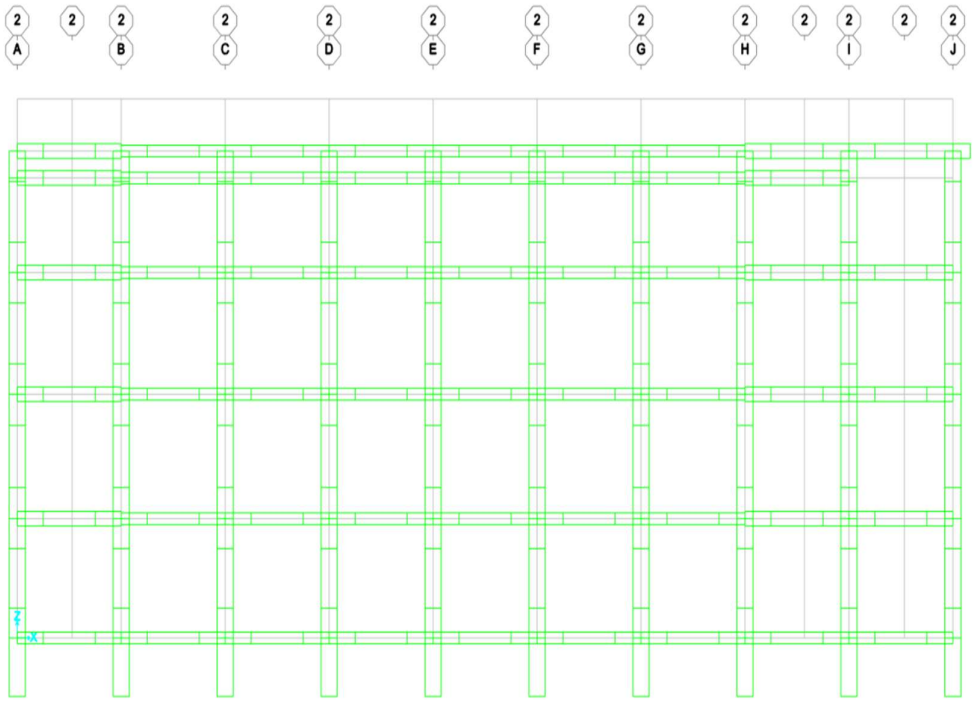
Setelah semua pemodelan elemen struktur langkah selanjutnya adalah memodelkan gedung secara 3D pada SAP2000.



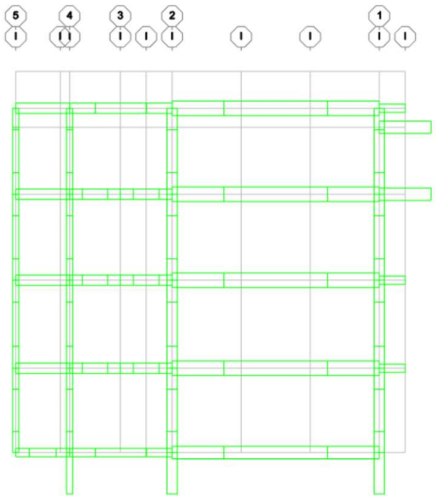
Gambar 5.7 Tampak 3D Gedung



Gambar 5.8 Tampak XY Gedung



Gambar 5.9 Tampak XZ Gedung



Gambar 5.10 Tampak YZ Gedung

5.3 Pembebanan Struktur

Pembebanan struktur dibagi menjadi dua kategori yaitu beban gravitasi dan beban gempa bumi. Untuk beban gravitasi sendiri dibagi dua kategori yaitu beban hidup dan beban mati. Pembebanan gravitasi pada penelitian ini mengacu pada SNI 1727:2020 dan PPURG 1978.

5.3.1 Beban Mati

1. Beban mati pada plat lantai 1

   Pasir = 1800 kg/m^3 x 0,04 m / 1000 x 9,81 = 0,706 kN/m^2

   Spesi = 2100 kg/m^3 x 0,03 m / 1000 x 9,81 = 0,618 kN/m^2

   Keramik = 0,167 kN/m^2

   MEP = 0,147 kN/m^2

   Total = 0,706 + 0,618 + 0,167 + 0,147

   = 1,638 kN/m^2

2. Beban mati pada plat lantai 2 sampai 4

   Pasir = 1800 kg/m3 x 0,04 m / 1000 x 9,81 = 0,706 kN/m^2

   Spesi = 2100 kg/m3 x 0,03 m / 1000 x 9,81 = 0,618 kN/m^2

   Partisi = 0,720 kN/m^2

   Keramik = 0,167 kN/m^2

   Plafon = 0,088 kN/m^2

Penggantung Plafon = 0,049 kN/m^2

MEP = 0,147 kN/m^2

Total = 0,706 + 0,618 + 0,720 + 0,167 + 0,088 + 0,049 + 0,147

= 2,496 kN/m^2

3. Beban mati pada plat Atap

Spesi = 2100 kg/m3 x 0,03 m / 1000 x 9,81 = 0,618 kN/m^2

Plafon = 0,235 kN/m^2

Penggantung Plafon = 0,049 kN/m^2

Waterproofing = 1900 kg/m3 x 0,025 m / 1000 x 9,81 = 0,466 kN/m^2

MEP = 0,147 kN/m^2

Total = 0,618 + 0,235 + 0,049 + 0,466 + 0,147

= 1,533 kN/m^2

5.3.2 Beban Hidup

Beban hidup yang digunakan menyesuaikan dengan kondisi *existing* dari fungsi ruangan pada masing-masing ruangan. Nilai dari beban hidup mengacu pada SNI 1727:2020, berikut nilai beban hidup yang dipakai pada Tabel 5.1.

Tabel 5.1 Beban Hidup

Beban hidup	**kN/m^2**
Ruang kelas	1,92
koridor di lantai atas pertama	3,83
Koridor di lantai pertama	4,79
Lobi	4,79
Ruang pertemuan	4,79
Kantor	2,4
Atap	0,96

(Sumber: SNI 1727:2020)

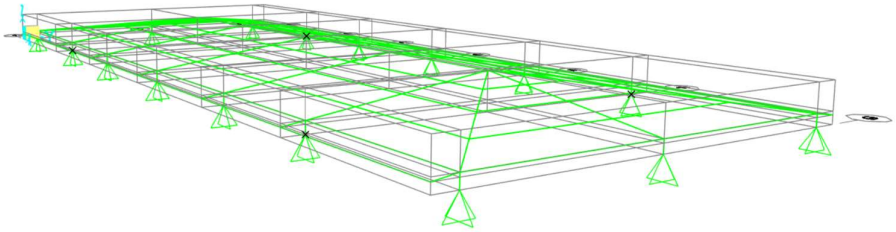
5.3.3 Beban Rangka Atap, Tangga dan *Lift*

Pada penelitian kali untuk memudahkan dalam pemodelan struktur rangka atap, tangga dan *lift* di ubah menjadi beban yang tersalurkan langsung pada struktur bangunan. Beban yang dihasilkan dari rangka atap dan tangga bisa diambil dari

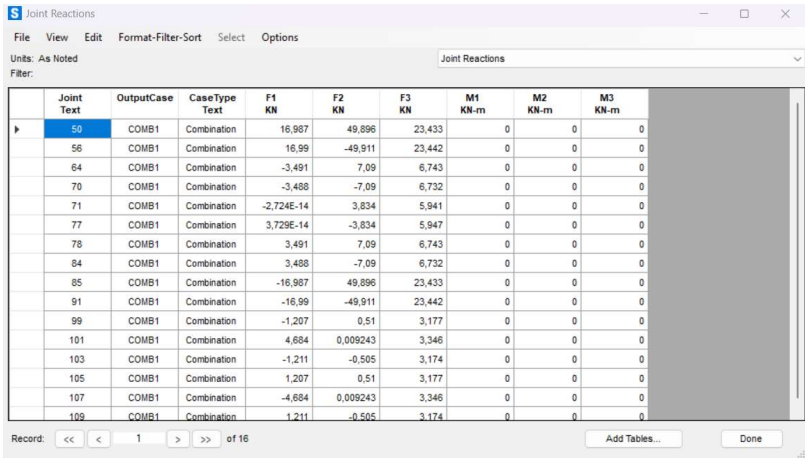
hasil pemodelan secara terpisah, sedangkan untuk beban *lift* bisa diambil dari katalog *lift*. Detail beban rangka atap, tangga dan *lift* disajikan sebagai berikut:

1. Beban rangka atap

   Dari hasil reaksi tumpuan pada pemodelan didapat gaya reaksi tumpuan paling besar senilai 23,433 kN. Kemudian dipakai nilai tersebut untuk digunakan sebagai beban titik yang berada paling teratas pada kolom-kolom penyangga rangka atap.



Gambar 5.11 Pemodelan 3D Rangka Atap



Joint Reactions

File View Edit Format-Filter-Sort Select Options

Units: As Noted

Filter:

Joint Reactions

	Joint Text	OutputCase	CaseType Text	F1 KN	F2 KN	F3 KN	M1 KN-m	M2 KN-m	M3 KN-m
▸	50	COMB1	Combination	16,987	49,896	23,433	0	0	0
	56	COMB1	Combination	16,99	-49,911	23,442	0	0	0
	64	COMB1	Combination	-3,491	7,09	6,743	0	0	0
	70	COMB1	Combination	-3,488	-7,09	6,732	0	0	0
	71	COMB1	Combination	-2,724E-14	3,834	5,941	0	0	0
	77	COMB1	Combination	3,729E-14	-3,834	5,947	0	0	0
	78	COMB1	Combination	3,491	7,09	6,743	0	0	0
	84	COMB1	Combination	3,488	-7,09	6,732	0	0	0
	85	COMB1	Combination	-16,987	49,896	23,433	0	0	0
	91	COMB1	Combination	-16,99	-49,911	23,442	0	0	0
	99	COMB1	Combination	-1,207	0,51	3,177	0	0	0
	101	COMB1	Combination	4,684	0,009243	3,346	0	0	0
	103	COMB1	Combination	-1,211	-0,505	3,174	0	0	0
	105	COMB1	Combination	1,207	0,51	3,177	0	0	0
	107	COMB1	Combination	-4,684	0,009243	3,346	0	0	0
	109	COMB1	Combination	1,211	-0,505	3,174	0	0	0

Record: << < 1 > >> of 16 Add Tables... Done

Gambar 5.12 *Output* Reaksi Tumpuan Rangka Atap

2. Beban Tangga

   Antrede = 250 mm

   Optrede = 200 mm

   H Pelat = 150 mm

   B Tangga = 2240 mm

L anak tangga = 2500 mm

L bordes = 2110 mm

α = 41,86°

a. Pelat tangga

Qd anak tangga $= \frac{Optrede}{2} \times berat\ jenis\ beton \times g$

$= \frac{0,2}{2} \times 2,4 \times 9,81$

= 2,354 kN/m^2

Qd pelat tangga $= \frac{H\ pelat \times berat\ jenis\ beton \times g}{\cos \alpha}$

$= \frac{0,15 \times 2,4 \times 9,81}{\cos 41,86^{\circ}}$

= 4,742 kN/m^2

Qd keramik = 0,167 kN/m^2

Qd plester = 0,618 kN/m^2

Qd = 7,881 kN/m^2

Ql = 2,943 kN/m^2

Qu1 = 1,2 Qd + 1,6 Ql

= 14,166 kN/m^2

Qu1 per meter $= Qu \times \frac{B\ tangga}{2}$

$= 14,166 \times \frac{2}{2}$

= 14,166 kN/m

b. Pelat bordes

Qd plat bordes $= H\ pelat \times berat\ jenis\ beton \times g$

$= 0,15 \times 2,4 \times 9,81$

= 3,532 kN/m^2

Qd keramik = 0,167 kN/m^2

Qd plester = 0,618 kN/m^2

Qd = 4,316 kN/m^2

Ql = 2,943 kN/m^2

Qu2 = 1,2 Qd + 1,6 Ql

= 9,888 kN/m^2

Qu2 per meter $= Qu \times \frac{B\ tangga}{2}$

$= 9{,}888 \times \frac{2}{2}$

$= 9{,}888$ kN/m

c. Beban merata pada balok

Re plat lantai $= \frac{(14{,}166 \times 2{,}5 \times (0{,}5 \times 2{,}5 + 2{,}11)) + (9{,}888 \times 2{,}11 \times (0{,}5 \times 2{,}11)}{2{,}5 + 2{,}11}$

$= 30{,}587$ kN

Re bordes $= \frac{(9{,}888 \times 2{,}5 \times (0{,}5 \times 2{,}5 + 2{,}11)) + (14{,}166 \times 2{,}11 \times (0{,}5 \times 2{,}11)}{2{,}5 + 2{,}11}$

$= 24{,}858$ kN

Qm plat lantai $= \frac{Ra}{\frac{B\ tangga}{2}}$

$= \frac{30{,}587}{\frac{2}{2}}$

$= 30{,}587$ kN/m

Qm bordes $= \frac{Rb}{\frac{B\ tangga}{2}}$

$= \frac{24{,}858}{\frac{2}{2}}$

$= 24{,}858$ kN/m

3. Beban *lift*

Untuk beban lift diambil dari katalog *lift*. Beban reaksi 1, beban reaksi 2 pada *lift*, dan berat *lift* yang terjadi menurut katalog Hyundai dengan spesifikasi dimensi yang sesuai pada ruangan lift disajikan sebagai berikut.

R1 = 4550 kg

= 4550 x 9,81

= 44,635 kN

R2 = 2800 kg

= 2800 x 9,81

= 27,468 kN

Berat lift $= \frac{9{,}81 \times 800\ kg}{1000}$

= 7,848 kN

5.3.4 Beban Gempa

Beban Gempa yang dipakai pada penelitian ini adalah beban gempa *time history* yang sudah dicocokkan dengan target respons spektrum. Target respons spektrum yang digunakan bisa dihitung mengikuti SNI 1726:2019 atau mengikuti hasil dari web resmi Desain Spektra Indonesia Kementerian PUPR.

1. Respons spektrum
   a. Penentuan kategori risiko dan faktor keutamaan gempa

      Fungsi Bangunan : Bangunan Pendidikan

      Kategori Risiko : IV

      Faktor keutamaan gempa : 1,5

      Kelas situs : Tanah Keras (SC)

   b. Nilai S_S dan S_1 SNI 1726:2019 dan web Desain Spektra Indonesia

Tabel 5.2 Parameter Gerak Tanah

Parameter Gerak Tanah	SNI 1726:2019	Web Desain Spektra Indonesia
S_S	1,100 g	1,107 g
S_1	0,500 g	0,507 g

   c. Nilai Fa dan Fv

Tabel 5.3 Parameter Koefisien Situs

Parameter Koefisien Situs	SNI 1726:2019	Web Desain Spektra Indonesia
Fa	1,200	1,200
Fv	1,50	1,493

   d. Nilai S_{MS} dan S_{M1}
      1) SNI 1726:2019

S_{MS} = Fa x Ss

= 1,1 x 1,2

= 1,320 g

S_{MS} = Fv x S_1

= 0,5 x 1,5

= 0,750 g

2) Web Desain Spektra Indonesia

S_{MS} = Fa x S_S

= 1,107 x 1,2

= 1,328 g

S_{M1} = Fv x S_1

= 0,507 x 1,493

= 0,757 g

e. Nilai S_{DS} dan S_{D1}

1) SNI 1726:2019

$S_{DS} = \frac{2}{3} x\ S_{MS}$

$= \frac{2}{3} x\ 1{,}32$

= 0,880 g

$S_{D1} = \frac{2}{3} x\ S_{M1}$

$= \frac{2}{3} x\ 0{,}75$

= 0,500 g

2) Web Desain Spektra Indonesia

$S_{DS} = \frac{2}{3} x\ S_{MS}$

$= \frac{2}{3} x\ 1{,}328$

= 0,886 g

$S_{D1} = \frac{2}{3} x\ S_{M1}$

$= \frac{2}{3} x\ 0{,}757$

= 0,505 g

f. Grafik respons spektrum

Contoh perhitungan yang digunakan dilakukan pada parameter SNI 1726:2019

1) Nilai Periode T_0 dan T_S

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

$= 0{,}2\ x\ \frac{0{,}500}{0{,}88}$

= 0,114 detik

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

$= \frac{0,500}{0,880}$

= 0,568 detik

2) $T < T_0$ nilai Sa harus diambil harus diambil dari persamaan:

$Sa = S_{Ds}(0,4 + 0,6\frac{T}{T_0})$

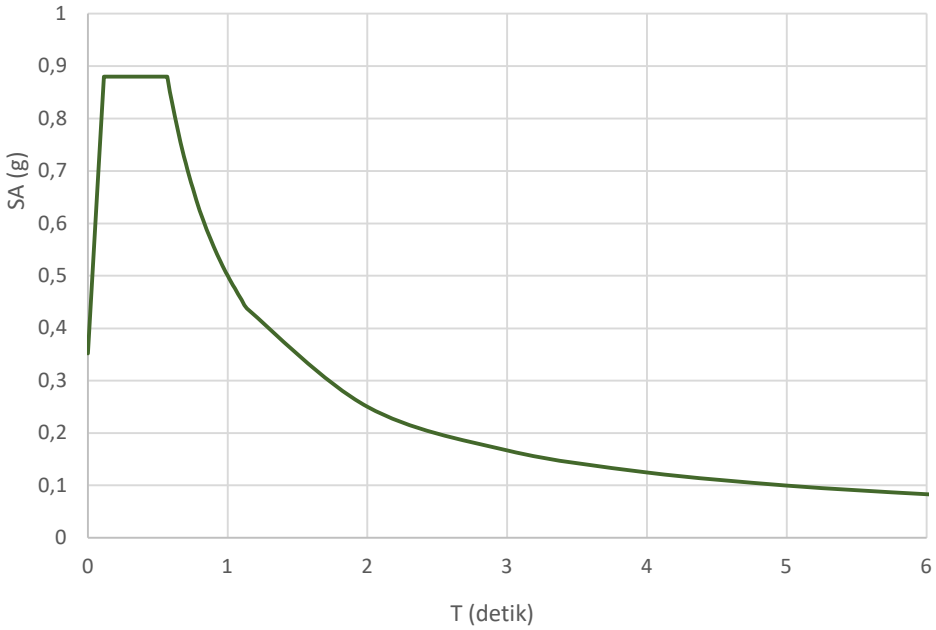
3) $T_0 < T < T_S$ nilai Sa yang diambil adalah nilai S_{DS} 0.886 g.

4) $T > T_S$ nilai Sa diambil dari persamaan:

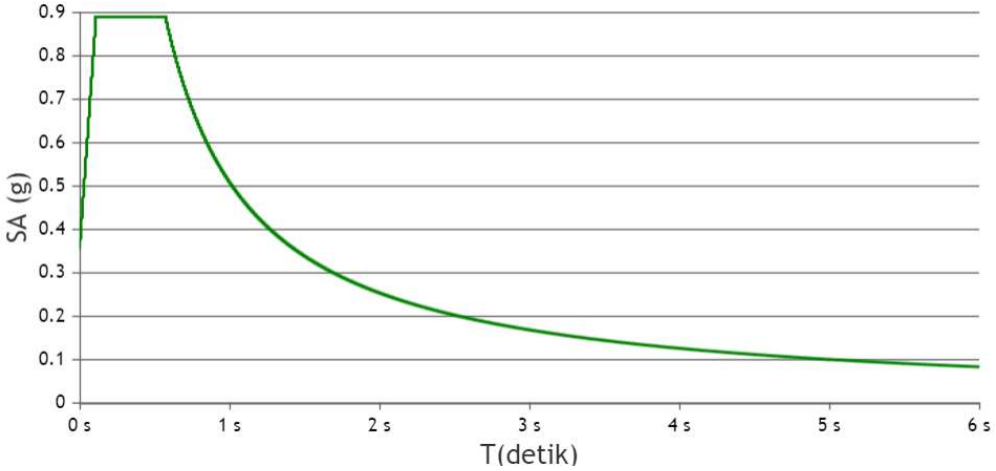
$Sa = \frac{S_{D1}}{T}$

5) $T > T_L$ nilai Sa diambil dari persamaan:

$Sa = \frac{S_{D1}\,T_L}{T^2}$



Gambar 5.13 Respons Spektrum dari SNI 1726:2019



Gambar 5.14 Respons Spektrum dari Wab Desain Spektra Indonesia
(Sumber: Web Desain Spektra Indonesia, diakses pada 23 Maret 2024)

Dari hasil perhitungan respons spektrum yang telah dilakukan, respons spektrum dari web Desain Spektra Indonesia Kementerian PUPR akan digunakan sebagai targer spektra pada proses *matching* data *time history* dengan pertimbangan ketelitian nilai yang lebih akurat pada hasil respons spektra web Desain Spektra Indonesia Kementerian PUPR

2. Pengambilan data *time history*

Data rekaman gempa diambil mengacu pada buku Diagregasi Bahaya Gempa Indonesia 2022. Pemilihan data rekaman gempa menurut buku tersebut dibagi menjadi tiga kategori berdasarkan gerakan tanah yaitu *shallow crustal, benioff* dan *Megathrust*. Pada SNI 1726:2019 pasal 11.2.2 disebutkan bahwa data rekaman gempa yang dipilih tidak kurang dari 11 pasang untuk setiap target spektra. Berdasarkan penjelasan di atas maka dapat didapatkan data parameter rekaman gempa pada Tabel 5.4 sebagai berikut.

Tabel 5.4 Parameter Rekaman Gempa Lokasi Penelitian

Jenis Gerakan Tanah	Magnitudo	Jarak (km)
Periode struktur	3 detik	3 detik
Shallow crustal	6,4 – 6,6	20 – 30
Benioff	7,2 – 7,4	120 – 150
Megathrust	8,4 – 8,6	120 – 150

Dengan kelas situs C maka Vs = 350 – 750 m/s berdasarkan Tabel 5 SNI 1726:2019, maka didapatkanlah 11 pasang rekaman gempa yang sesuai dengan parameter dari situs PEER dan NHR3. Pemiliha rekaman gempa hanya diambil rekaman gempa *Megathrust* pada penelitian ini. Pada Tabel 5.5 dapat dilihat nilai parameter dari masing-masing rekaman gempa.

Tabel 5.5 Parameter Rekaman Gempa Terpilih

NO	Kejadian	Tahun	RSN	Stasiun	M_w	Vs (m/s)	Rrup (km)	Durasi (detik)
1	Chilie	2010	6001802	SJCH	8,81	495	134,8	160
2	Chilie	2010	6001808	OLMU	8,81	391	135,1	100
3	Chilie	2010	6001824	SANTIAGO CENTRO VILLA ANDALUCIA	8,81	489	121,5	200
4	Illapel, Coastal Chilie	2015	6002262	GO04	8,31	605	87,35	270
5	Illapel, Coastal Chilie	2015	6005361	C27O	8,31	415	139,3	320
6	Tokohu	2011	4000105	42225	9,12	407,2	115,1	360
7	Tokohu	2011	4000023	41214	9,12	356,2	125,5	300
8	Tokohu	2011	4000365	NISHIGOU	9,12	487	103,2	300
9	Tokachi-oki	2003	4032540	51109	8,29	375,4	118	120
10	Tokachi-oki	2003	4028584	MOMBETSU	8,29	383,1	102,3	140
11	Tokachi-oki	2003	4028605	OIWAKE	8,29	350,7	137,8	160

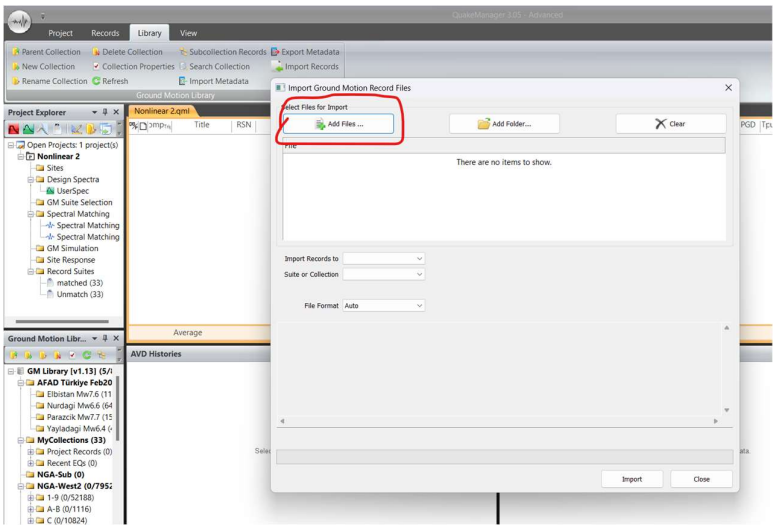
3. *Matching* data *time history*

Proses *matching* dilakukan dengan menargetkan data rekaman gempa pada respons spektra MCER. Beberapa ketentuan seperti batasan periode dan kemiripan nilai rata-rata data rekaman gempa telah diatur pada SNI 1726:2019. Batas periode yang digunakan sesuai dengan SNI 1726:2019 adalah $T_{upper} = 2T_1$ pada periode mode pertama sedangkan untuk T_{lower} dipilih nilai terkecil antara $0{,}2T_2$ atau periode dimana mode pertama kali memiliki 90% partisipasi massa, didapatkan nilai $T_{upper} = 2{,}521$ detik dan $T_{lower} = 0{,}101$ detik.

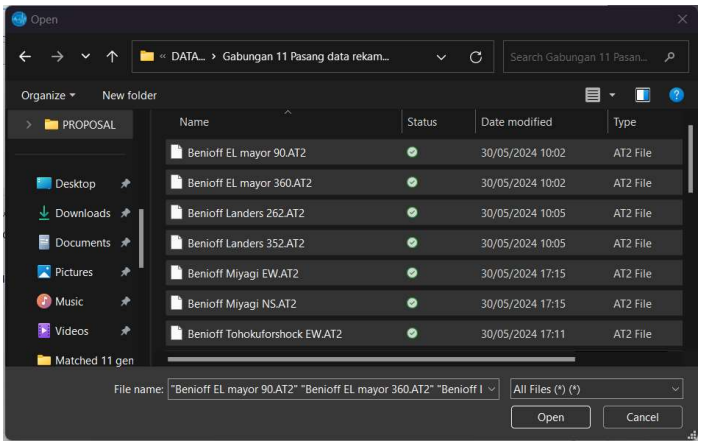
Pengerjaan *matching* data *time history* dilakukan dengan bantuan *Software* QuakeManager dengan memasukkan data di atas proses pengerjaan bisa dilakukan dengan batasan yang sudah ditentukan pada SNI 1726:2019. Pemilihan *software* QuakeManager dikarenakan persyaratan pada SNI

8899:2020 pasal 5 yang mengharuskan analisis beban gempa dilakukan secara 2 arah untuk mendapatkan respons spektral percepatan maksimum atau biasa disebut respons spketrum percepatan spektral $SaRotD_{100}$. Berikut merupakan langkah demi langkah dari proses *matching* data rekaman gempa.

a. Buka aplikasi QuakeManager, kemudian masukan data rekaman gempa percepatan dan waktu dengan format AT2 dengan cara klik Liblary → Input Records → add files kemudian pilih file rekaman gempa yang ingin dicocokan.

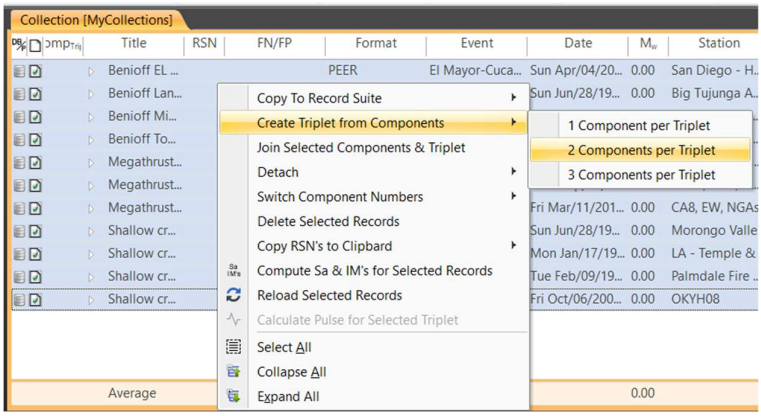


Gambar 5.15 *Input* Data Rekaman Gempa



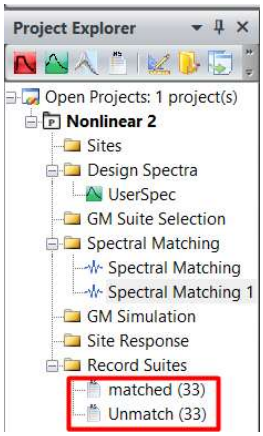
Gambar 5.16 *Select* Data Rekaman Gempa

b. Buat data pasangan pada setiap pasang data rekaman gempa dengan cara memilih semua dan klik kanan Create Triplet from Components → 2 Components per Triplet.



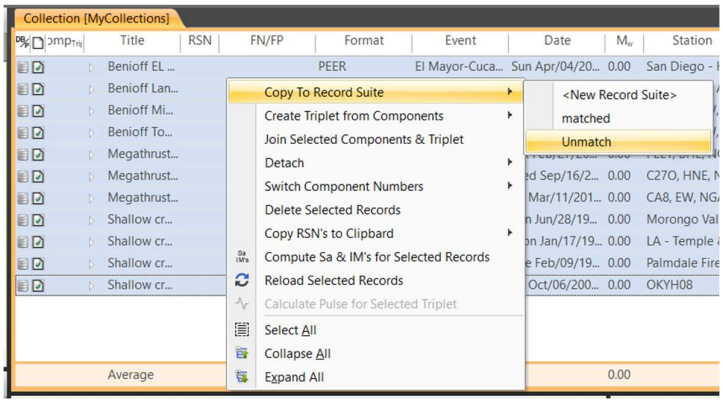
Gambar 5.17 Membuat Data Pasangan

c. Buat *unmatched suite* dan *matched suite* sebagai lokasi data *input* dan data *output* pada proses *matching* data rekaman gempa.



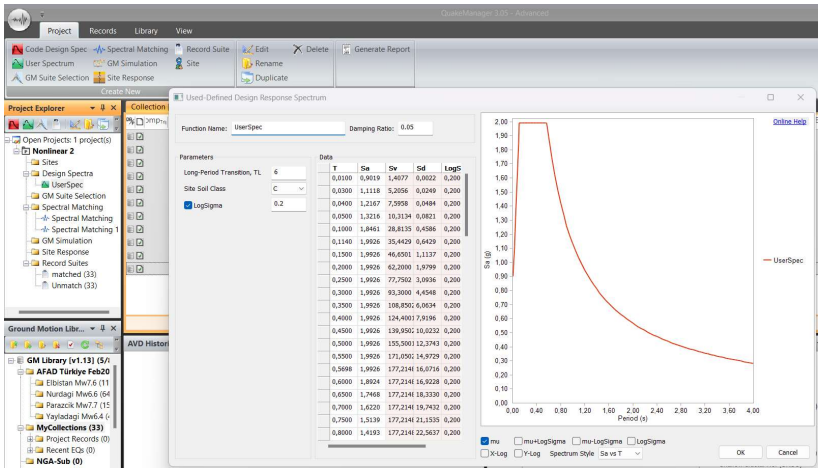
Gambar 5.18 *Record Suites*

d. Masukan data rekaman gempa pada *unmatched suite* dengan cara memilih semua data rekaman gempa lalu klik kanan Copy to record suites → Unmatched.



Gambar 5.19 Memasukkan Data pada *Record Suites*

e. Masukan data respons spektrum sebagai target pada proses *matching.* Klik pada Project → User Spektrum kemudian salin data respons spektrum.

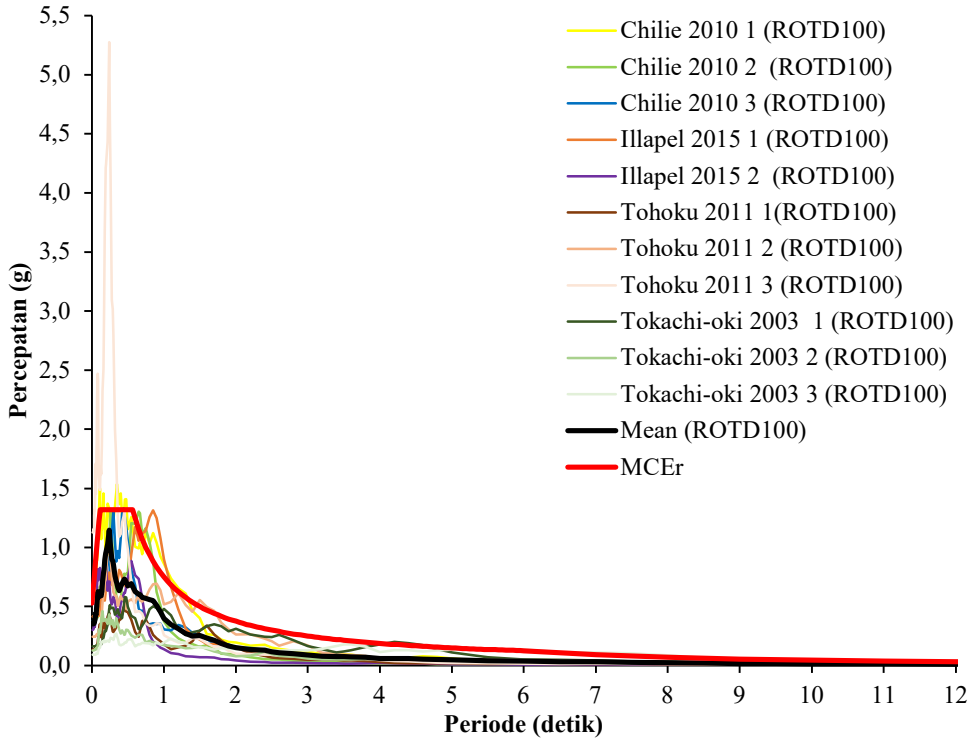


Gambar 5.20 Memasukkan Data Respons Spektrum

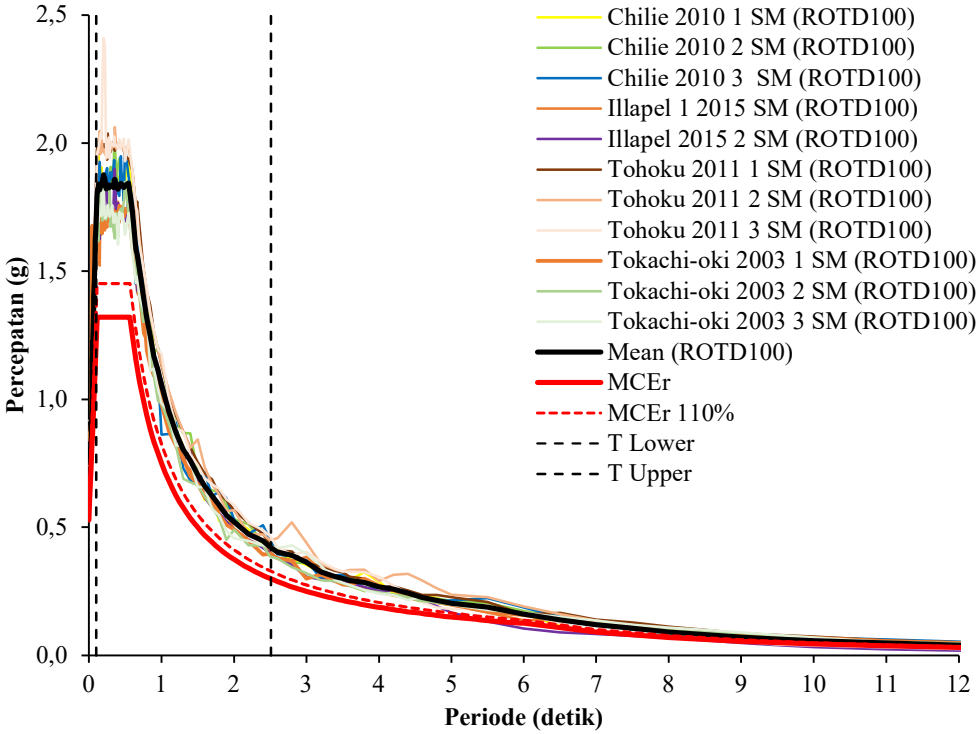
f. Lakukan proses *macthing* dengan klik Project→ Spektral Macthing. Kemudian masukan data T_{upper}, T_{lower} Target spektrum, *input suites* dan *out suites* kemudian tekan Run untuk melakukan proses *macthing*.

g. Setalah proses *matching* selesai ambil data rekaman gempa dengan memilih rekaman gempa yang akan diambil kemudian *Copy Chart Data* lalu salin pada Notepad.

Berikut data respons spektrum rekaman gempa asil pada Gambar 5.21 dan data respons spektrum rekaman gempa hasil *matching* dari 11 rekaman gempa pada gambar 5.22 berikut.



Gambar 5.21 Respon Spektrum Rekaman Gempa Asli



Gambar 5.22 Respon Spektrum Rekaman Gempa Hasil *Matching*

Pengecekan pada data rekaman gempa dengan syarat setiap pasang gerak tanah harus dimodifikasi agar rata-rata dari respons spektrum arah maksimum tidak kurang dari 110% MCER pada rentang periode yang berlaku, sesuai dengan SNI 1726:2019 dan SNI 8899:2020, hasil pengecekan setiap pasang rekaman gempa bisa dilihat pada Lampiran 4. Kemudian dilakukan pengaplikasian rekaman gempa pada model struktur dimana nilai setiap pasang komponen horizontal rekaman gempa arah X dan Y (11 komponen akselerogram untuk masing-masing arah), dipastikan berada dalam 10% dari rata-rata spektrum seluruh komponen akselrogram (22 komponen). Penentuan masing-masing komponen akselerogram pada setiap rekaman gempa bisa dilihat pada Tabel 5.6 berikut ini.

Tabel 5.6 Penentuan Arah X dan Arah Y Beban Gempa

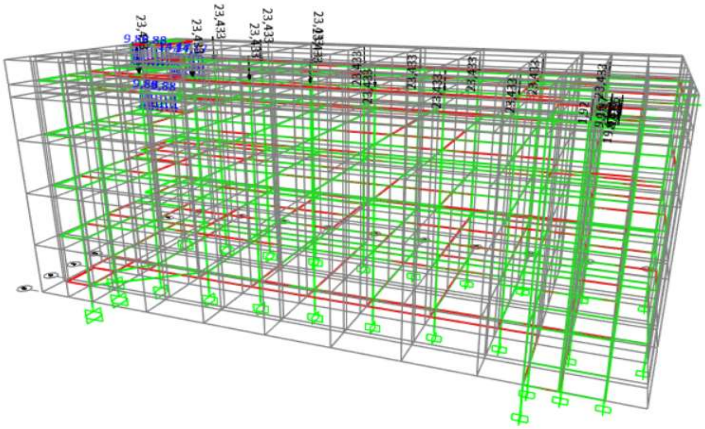
Nama Event	Arah X	Arah Y
Chilie 2010 1	90	360
Chilie 2010 2	Y	X
Chilie 2010 3	L	T
Illapel 2015 1	EW	NS
Illapel 2015 2	NS	EW
Tohoku 2011 1	EW	NS
Tohoku 2011 2	EW	NS
Tohoku 2011 3	NS	EW
Tokachi-oki 2003 1	NS	EW
Tokachi-oki 2003 2	EW	NS
Tokachi-oki 2003 3	NS	EW

Dari hasil penentuan arah beban gempa tersebut sudah memenuhi dimana nilai rata-rata maksimum untuk arah x adalah 5,9% dan untuk arah Y adalah 8,4 %. Hasil penentuan arah lebih jelasnya bisa dilihat pada Lampiran 5.

5.3.5 Input Pembebanan pada Program SAP2000

1. Input beban hidup dan mati

   Hasil dari perhitungan beban mati, *lift*, tangga dan rangka atap dimasukkan dengan kode DEAD dan SIDL. Setiap beban hidup dan mati dimasukkan sesuai dengan posisinya masing-masing pada model struktur. Langkah yang dilakukan adalah memilih lokasi beban kemudian *assign loads*.



Gambar 5.32 Model 3D Setelah Input Beban Hidup dan Mati

2. Input beban gempa

   Hasil rekaman gempa dari proses *matching* didefinisikan sebagai *functions time history* pada program SAP2000.

5.4 Gaya Geser Dasar

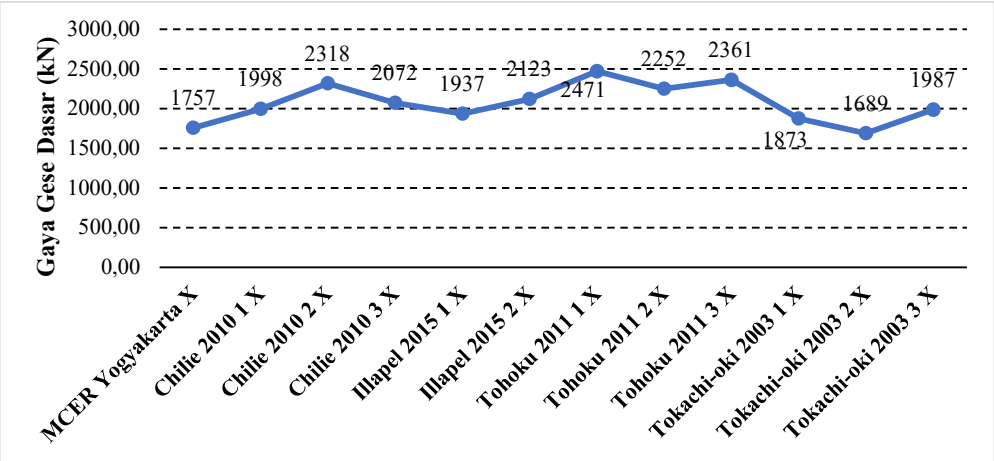
Gaya geser dasar merupakan gaya yang terjadi pada dasar gedung akibat dari gerak tanah yang terjadi. Data riwayat waktu yang sudah dianalisis kita *run* pada program SAP200 kemudian diambil *output* gaya pada bagian *base* (dasar). Berikut nilai *base shear* dari program analisis yang didapat pada Tabel 5.7 dan Tabel 5.8.

Tabel 5.7 *Base Shear* Arah X

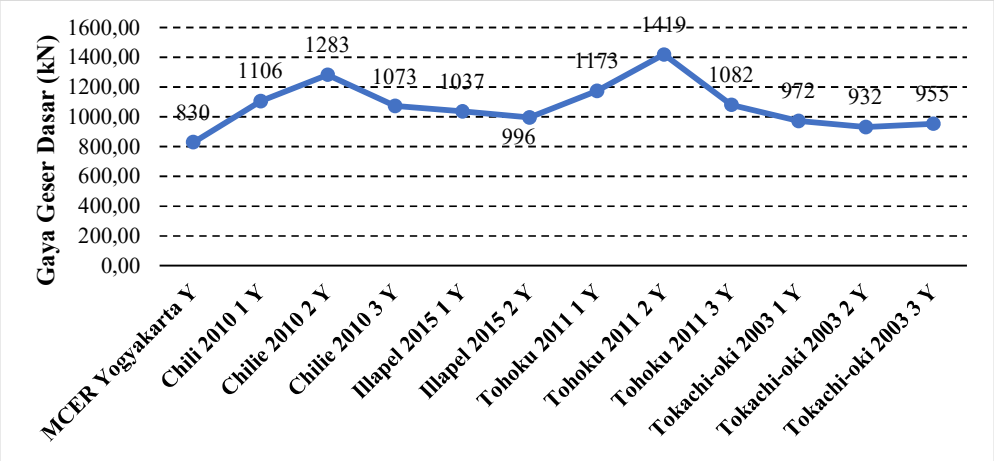
Beban Gempa	Tipe Beban	*Base Shear*
		KN
MCER Yogyakarta X	LinRespSpec	1998,33
Chilie 2010 1 X	NonModHist	2317,58
Chilie 2010 2 X	NonModHist	2072,17
Chilie 2010 3 X	NonModHist	1937,24
Illapel 2015 1 X	NonModHist	2123,36
Illapel 2015 2 X	NonModHist	2471,24
Tohoku 2011 1 X	NonModHist	2252,15
Tohoku 2011 2 X	NonModHist	2360,68
Tohoku 2011 3 X	NonModHist	1873,46
Tokachi-oki 2003 1 X	NonModHist	1689,08
Tokachi-oki 2003 2 X	NonModHist	1986,769
Tokachi-oki 2003 3 X	NonModHist	1998,33

Tabel 5.8 *Base Shear* Arah Y

Beban Gempa	Tipe Beban	*Base Shear*
		KN
MCER Yogyakarta Y	LinRespSpec	829,57
Chili 2010 1 Y	NonModHist	1105,92
Chilie 2010 2 Y	NonModHist	1283,28
Chilie 2010 3 Y	NonModHist	1072,92
Illapel 2015 1 Y	NonModHist	1036,73
Illapel 2015 2 Y	NonModHist	995,63
Tohoku 2011 1 Y	NonModHist	1173,07
Tohoku 2011 2 Y	NonModHist	1419,09
Tohoku 2011 3 Y	NonModHist	1081,62
Tokachi-oki 2003 1 Y	NonModHist	972,28
Tokachi-oki 2003 2 Y	NonModHist	931,68
Tokachi-oki 2003 3 Y	NonModHist	954,60



Gambar 5.33 Grafik Perbandingan *Base Shear* Tiap Beban Gempa Arah X



Gambar 5.34 Grafik Perbandingan *Base Shear* Tiap Beban Gempa Arah Y

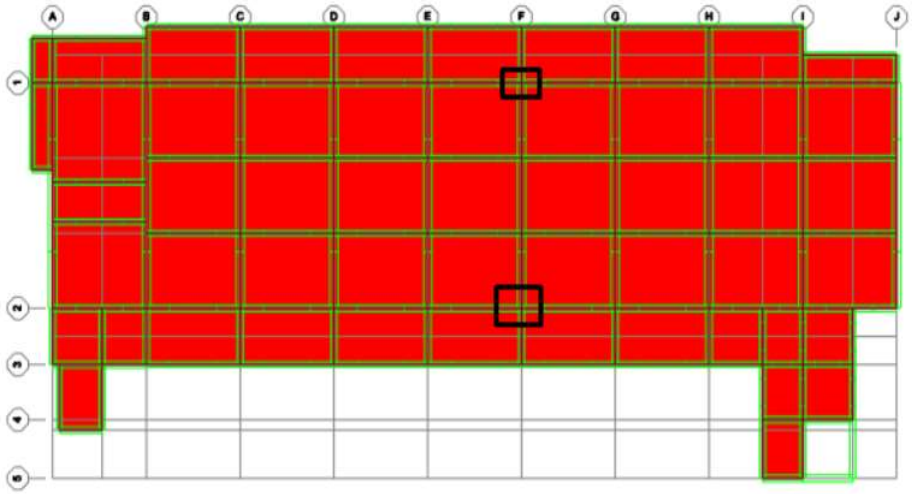
Hasil dari pengambilan nilai gaya geser dasar yang didapatkan pada setiap data rekaman gempa memiliki nilai yang variatif. Hasil tersebut menunjukkan nilai gaya geser dasar arah X lebih dominan dari arah Y, akan tetapi pada rekaman gempa Northridge 1994 memiliki nilai gaya geser dasar yang hampir sama, Nilai gaya geser dasar untuk 11 rekaman gempa bisa dilihat pada Gambar 5.33 dan Gambar 5.34. Dari hasil tersebut juga bisa dilihat bahwa nilai gaya geser dasar beban rekaman gempa dominan lebih besar dari gempa MCER Yogyakarta.

5.5 Analisis Ketidakberaturan

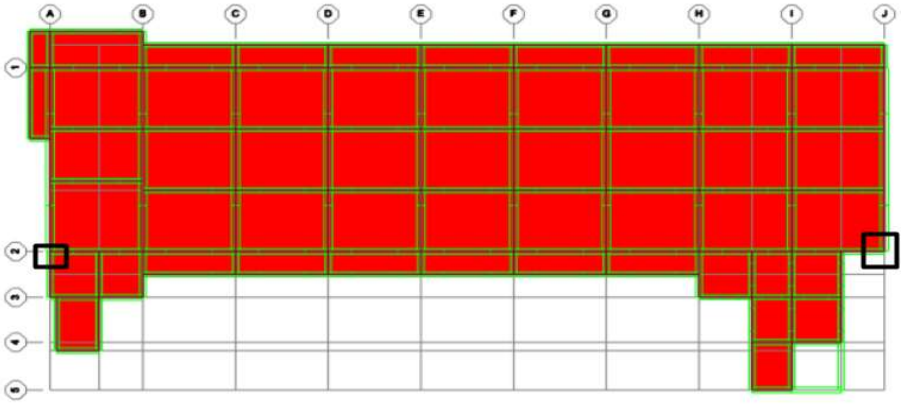
5.5.1 Ketidakberaturan Horizontal

1. Ketidakberaturan Torsi

   Menurut SNI 1726:2019 ketidaberaturan torsi 1a dan 1b terjadi apabila terjadi jika ada simpangan antar tingkat maksimum disalah satu ujung struktur melintang terhadap suatu sumbu melintang lebih dari 1,2 kali simpangan antar tingkat rata-rata di kedua ujung struktur untuk 1a dan 1,4 kali untuk 1b. Titik diambilnya kedua ujung struktur untuk arah x bisa dilihat pada Gambar 5.35 dan untuk arah Y pada Gambar 5.36.



Gambar 5.35 Titik Pengambilan Defleksi Arah X



Gambar 5.36 Titik Pengambilan Defleksi Arah Y

Contoh perhitungan analisis pada lantai 1 gempa Chi-chi 1999 untuk ketidakberaturan tipe 1 menggunakan Persamaan 3.26, 3.27, dan 3.28 bisa dilihat sebagai berikut.

$\delta 1$ A = 0,0007 m

$\delta 1$ B = 0,0007 m

δmax = 0,0007 m

δavg $= \frac{\delta 1 + \delta 2}{2}$

$= \frac{0,0007 + 0,0007}{2}$

= 0,0007 m

δavg 1,2 = $1,2 \; x \; 0,0007$

= 0,0009 m

δavg 1,4 = $1,4 \; x \; 0,0007$

= 0,0010 m

Contoh perhitungan ini menunjukkan hasil δmax < δavg1,2 < δavg1,4 maka tidak ada ketidakberaturan yang terjadi pada lantai 1 gempa Chi-chi 1999. Rekapitulasi hasil analisis yang telah dilakukan pada semua data rekaman gempa adalah sebagai berikut:

a. Gempa Chilie 2010 1

Tabel 5.9 Ketidakberaturan Horizontal Tipe 1 Gempa Chilie 2010 1

Ketidakberaturan Horizontal Tipe 1 Chilie 2010 1 Arah X							Cek	
Lantai	**δ1 A (m)**	**δ1 B (m)**	**δmax (m)**	**δavg (m)**	**1,2δavg (m)**	**1,4δavg (m)**	**1a**	**1b**
1	0,0007	0,0007	0,0007	0,0007	0,0009	0,0010	Reguler	Reguler
2	0,0064	0,0064	0,0064	0,0064	0,0077	0,0090	Reguler	Reguler
3	0,0171	0,0169	0,0171	0,0170	0,0204	0,0238	Reguler	Reguler
4	0,0126	0,0125	0,0126	0,0126	0,0151	0,0176	Reguler	Reguler
Atap	0,0181	0,0182	0,0182	0,0182	0,0218	0,0254	Reguler	Reguler
Ketidakberaturan Horizontal Tipe 1 Chilie 2010 1 Arah Y							**Cek**	
Lantai	**δ2 A (m)**	**δ2 B (m)**	**δmax (m)**	**δavg (m)**	**1,2δavg (m)**	**1,4δavg (m)**	**1a**	**1b**
1	0,0005	0,0005	0,0005	0,0005	0,0005	0,0006	Reguler	Reguler
2	0,0065	0,0064	0,0065	0,0064	0,0077	0,0090	Reguler	Reguler
3	0,0211	0,0217	0,0217	0,0214	0,0256	0,0299	Reguler	Reguler
4	0,0147	0,0144	0,0147	0,0145	0,0174	0,0203	Reguler	Reguler
Atap	0,0254	0,0265	0,0265	0,0260	0,0312	0,0364	Reguler	Reguler

b. Gempa Chilie 2010 2

Tabel 5.10 Ketidakberaturan Horizontal Tipe 1 Gempa Chilie 2010 2

Ketidakberaturan Horizontal Tipe 1 Chilie 2010 2 Arah X							Cek	
Lantai	**δ1 A (m)**	**δ1 B (m)**	**δmax (m)**	**δavg (m)**	**1,2δavg (m)**	**1,4δavg (m)**	**1a**	**1b**
1	0,0009	0,0008	0,0009	0,0009	0,0010	0,0012	Reguler	Reguler
2	0,0074	0,0072	0,0074	0,0073	0,0088	0,0103	Reguler	Reguler
3	0,0186	0,0181	0,0186	0,0183	0,0220	0,0257	Reguler	Reguler
4	0,0139	0,0135	0,0139	0,0137	0,0164	0,0192	Reguler	Reguler
Atap	0,0197	0,0194	0,0197	0,0196	0,0235	0,0274	Reguler	Reguler
Ketidakberaturan Horizontal Tipe 1 Chilie 2010 2 Arah Y							**Cek**	
Lantai	**δ2 A (m)**	**δ2 B (m)**	**δmax (m)**	**δavg (m)**	**1,2δavg (m)**	**1,4δavg (m)**	**1a**	**1b**
1	0,0004	0,0004	0,0004	0,0004	0,0005	0,0006	Reguler	Reguler
2	0,0059	0,0057	0,0059	0,0058	0,0069	0,0081	Reguler	Reguler
3	0,0200	0,0192	0,0200	0,0196	0,0235	0,0274	Reguler	Reguler
4	0,0139	0,0133	0,0139	0,0136	0,0164	0,0191	Reguler	Reguler
Atap	0,0238	0,0231	0,0238	0,0235	0,0282	0,0328	Reguler	Reguler

c. Gempa Chilie 2010 3

Tabel 5.11 Ketidakberaturan Horizontal Tipe 1 Gempa Chilie 2010 3

Ketidakberaturan Horizontal Tipe 1 Chilie 2010 3 Arah X							Cek	
Lantai	δ1 A (m)	δ1 B (m)	δmax (m)	δavg (m)	1,2δavg (m)	1,4δavg (m)	1a	1b
1	0,0008	0,0008	0,0008	0,0008	0,0009	0,0011	Reguler	Reguler
2	0,0067	0,0064	0,0067	0,0065	0,0078	0,0091	Reguler	Reguler
3	0,0179	0,0171	0,0179	0,0175	0,0210	0,0245	Reguler	Reguler
4	0,0132	0,0127	0,0132	0,0129	0,0155	0,0181	Reguler	Reguler
Atap	0,0189	0,0185	0,0189	0,0187	0,0224	0,0261	Reguler	Reguler
Ketidakberaturan Horizontal Tipe 1 Chilie 2010 3 Arah Y							**Cek**	
Lantai	**δ2 A (m)**	**δ2 B (m)**	**δmax (m)**	**δavg (m)**	**1,2δavg (m)**	**1,4δavg (m)**	**1a**	**1b**
1	0,0004	0,0004	0,0004	0,0004	0,0005	0,0006	Reguler	Reguler
2	0,0061	0,0062	0,0062	0,0062	0,0074	0,0086	Reguler	Reguler
3	0,0206	0,0208	0,0208	0,0207	0,0248	0,0290	Reguler	Reguler
4	0,0142	0,0143	0,0143	0,0142	0,0171	0,0199	Reguler	Reguler
Atap	0,0241	0,0246	0,0246	0,0244	0,0293	0,0341	Reguler	Reguler

d. Gempa Illapel 2015 1

Tabel 5.12 Ketidakberaturan Horizontal Tipe 1 Gempa Illapel 2015 1

Ketidakberaturan Horizontal Tipe 1 Illapel 2015 1 Arah X							Cek	
Lantai	δ1 A (m)	δ1 B (m)	δmax (m)	δavg (m)	1,2δavg (m)	1,4δavg (m)	1a	1b
1	0,0007	0,0009	0,0009	0,0008	0,0009	0,0011	Reguler	Reguler
2	0,0060	0,0073	0,0073	0,0066	0,0080	0,0093	Reguler	Reguler
3	0,0151	0,0173	0,0173	0,0162	0,0194	0,0227	Reguler	Reguler
4	0,0113	0,0134	0,0134	0,0123	0,0148	0,0172	Reguler	Reguler
Atap	0,0162	0,0184	0,0184	0,0173	0,0208	0,0242	Reguler	Reguler
Ketidakberaturan Horizontal Tipe 1 Illapel 2015 1 Arah Y							**Cek**	
Lantai	**δ1 A (m)**	**δ1 B (m)**	**δmax (m)**	**δavg (m)**	**1,2δavg (m)**	**1,4δavg (m)**	**1a**	**1b**
1	0,0004	0,0004	0,0004	0,0004	0,0005	0,0006	Reguler	Reguler
2	0,0061	0,0060	0,0061	0,0061	0,0073	0,0085	Reguler	Reguler
3	0,0208	0,0206	0,0208	0,0207	0,0248	0,0290	Reguler	Reguler
4	0,0145	0,0143	0,0145	0,0144	0,0173	0,0202	Reguler	Reguler
Atap	0,0241	0,0241	0,0241	0,0241	0,0289	0,0338	Reguler	Reguler

e. Gempa Illapel 2015 2

Tabel 5.13 Ketidakberaturan Horizontal Tipe 1 Gempa Illapel 2015 2

Ketidakberaturan Horizontal Tipe 1 Illapel 2015 2 Arah X							Cek	
Lantai	δ1 A (m)	δ1 B (m)	δmax (m)	δavg (m)	1,2δavg (m)	1,4δavg (m)	1a	1b
1	0,0008	0,0008	0,0008	0,0008	0,0009	0,0011	Reguler	Reguler
2	0,0066	0,0069	0,0069	0,0067	0,0081	0,0094	Reguler	Reguler
3	0,0158	0,0171	0,0171	0,0164	0,0197	0,0230	Reguler	Reguler
4	0,0121	0,0130	0,0130	0,0126	0,0151	0,0176	Reguler	Reguler
Atap	0,0169	0,0182	0,0182	0,0175	0,0210	0,0246	Reguler	Reguler
Ketidakberaturan Horizontal Tipe 1 Illapel 2015 2 Arah Y							**Cek**	
Lantai	δ2 A (m)	δ2 B (m)	δmax (m)	δavg (m)	1,2δavg (m)	1,4δavg (m)	1a	1b
1	0,0004	0,0004	0,0004	0,0004	0,0005	0,0006	Reguler	Reguler
2	0,0059	0,0062	0,0062	0,0061	0,0073	0,0085	Reguler	Reguler
3	0,0202	0,0211	0,0211	0,0206	0,0247	0,0289	Reguler	Reguler
4	0,0142	0,0148	0,0148	0,0145	0,0174	0,0203	Reguler	Reguler
Atap	0,0236	0,0248	0,0248	0,0242	0,0290	0,0338	Reguler	Reguler

f. Gempa Tohoku 2011 1

Tabel 5.14 Ketidakberaturan Horizontal Tipe 1 Gempa Tohoku 2011 1

Ketidakberaturan Horizontal Tipe 1 Tohoku 2011 1 Arah X							Cek	
Lantai	δ1 A (m)	δ1 B (m)	δmax (m)	δavg (m)	1,2δavg (m)	1,4δavg (m)	1a	1b
1	0,0009	0,0009	0,0009	0,0009	0,0011	0,0013	Reguler	Reguler
2	0,0077	0,0077	0,0077	0,0077	0,0093	0,0108	Reguler	Reguler
3	0,0196	0,0196	0,0196	0,0196	0,0235	0,0274	Reguler	Reguler
4	0,0147	0,0147	0,0147	0,0147	0,0176	0,0205	Reguler	Reguler
Atap	0,0210	0,0210	0,0210	0,0210	0,0252	0,0294	Reguler	Reguler
Ketidakberaturan Horizontal Tipe 1 Tohoku 2011 1 Arah Y							**Cek**	
Lantai	δ2 A (m)	δ2 B (m)	δmax (m)	δavg (m)	1,2δavg (m)	1,4δavg (m)	1a	1b
1	0,0005	0,0005	0,0005	0,0005	0,0006	0,0007	Reguler	Reguler
2	0,0068	0,0064	0,0068	0,0066	0,0079	0,0092	Reguler	Reguler
3	0,0218	0,0206	0,0218	0,0212	0,0254	0,0297	Reguler	Reguler
4	0,0151	0,0147	0,0151	0,0149	0,0179	0,0208	Reguler	Reguler
Atap	0,0265	0,0241	0,0265	0,0253	0,0303	0,0354	Reguler	Reguler

g. Gempa Tohoku 2011 2

Tabel 5.15 Ketidakberaturan Horizontal Tipe 1 Gempa Tohoku 2011 2

Ketidakberaturan Horizontal Tipe 1 Tohoku 2011 2 Arah X							Cek	
Lantai	δ1 A (m)	δ1 B (m)	δmax (m)	δavg (m)	1,2δavg (m)	1,4δavg (m)	1a	1b
1	0,0008	0,0008	0,0008	0,0008	0,0010	0,0012	Reguler	Reguler
2	0,0072	0,0071	0,0072	0,0072	0,0086	0,0100	Reguler	Reguler
3	0,0186	0,0182	0,0186	0,0184	0,0221	0,0258	Reguler	Reguler
4	0,0137	0,0134	0,0137	0,0135	0,0162	0,0189	Reguler	Reguler
Atap	0,0198	0,0196	0,0198	0,0197	0,0236	0,0276	Reguler	Reguler
Ketidakberaturan Horizontal Tipe 1 Tohoku 2011 2 Arah Y							**Cek**	
Lantai	δ2 A (m)	δ2 B (m)	δmax (m)	δavg (m)	1,2δavg (m)	1,4δavg (m)	1a	1b
1	0,0005	0,0005	0,0005	0,0005	0,0005	0,0006	Reguler	Reguler
2	0,0062	0,0061	0,0062	0,0062	0,0074	0,0086	Reguler	Reguler
3	0,0206	0,0209	0,0209	0,0208	0,0249	0,0291	Reguler	Reguler
4	0,0144	0,0146	0,0146	0,0145	0,0174	0,0203	Reguler	Reguler
Atap	0,0236	0,0244	0,0244	0,0240	0,0288	0,0336	Reguler	Reguler

h. Gempa MCER Yogyakarta

Tabel 5.16 Ketidakberaturan Horizontal Tipe 1 Gempa MCER

Ketidakberaturan Horizontal Tipe 1 MCER Arah X							Cek	
Lantai	δ1 A (m)	δ1 B (m)	δmax (m)	δavg (m)	1,2δavg (m)	1,4δavg (m)	1a	1b
1	0,0010	0,0009	0,0010	0,0010	0,0011	0,0013	Reguler	Reguler
2	0,0083	0,0081	0,0083	0,0082	0,0098	0,0115	Reguler	Reguler
3	0,0155	0,0152	0,0155	0,0154	0,0184	0,0215	Reguler	Reguler
4	0,0205	0,0200	0,0205	0,0203	0,0243	0,0284	Reguler	Reguler
Atap	0,0216	0,0214	0,0216	0,0215	0,0258	0,0301	Reguler	Reguler
Ketidakberaturan Horizontal Tipe 1 MCER Arah Y							**Cek**	
Lantai	δ2 A (m)	δ2 B (m)	δmax (m)	δavg (m)	1,2δavg (m)	1,4δavg (m)	1a	1b
1	0,0018	0,0018	0,0018	0,0018	0,0021	0,0025	Reguler	Reguler
2	0,0252	0,0254	0,0254	0,0253	0,0304	0,0354	Reguler	Reguler
3	0,0584	0,0584	0,0584	0,0584	0,0701	0,0818	Reguler	Reguler
4	0,0827	0,0830	0,0830	0,0829	0,0995	0,1160	Reguler	Reguler
Atap	0,0960	0,0974	0,0974	0,0967	0,1160	0,1354	Reguler	Reguler

i. Gempa Tahoku 2011 3

Tabel 5.17 Ketidakberaturan Horizontal Tipe 1 Gempa Tohoku 2011 3

Ketidakberaturan Horizontal Tipe 1 Tohoku 2011 3 Arah X							Cek	
Lantai	δ1 A (m)	δ1 B (m)	δmax (m)	δavg (m)	1,2δavg (m)	1,4δavg (m)	1a	1b
1	0,0009	0,0008	0,0009	0,0009	0,0010	0,0012	Reguler	Reguler
2	0,0074	0,0071	0,0074	0,0072	0,0087	0,0101	Reguler	Reguler
3	0,0168	0,0164	0,0168	0,0166	0,0199	0,0232	Reguler	Reguler
4	0,0128	0,0125	0,0128	0,0126	0,0152	0,0177	Reguler	Reguler
Atap	0,0179	0,0176	0,0179	0,0178	0,0213	0,0249	Reguler	Reguler
Ketidakberaturan Horizontal Tipe 1 Tohoku 2011 3 Arah Y							**Cek**	
Lantai	δ2 A (m)	δ2 B (m)	δmax (m)	δavg (m)	1,2δavg (m)	1,4δavg (m)	1a	1b
1	0,0005	0,0005	0,0005	0,0005	0,0006	0,0007	Reguler	Reguler
2	0,0073	0,0072	0,0073	0,0072	0,0087	0,0101	Reguler	Reguler
3	0,0250	0,0250	0,0250	0,0250	0,0300	0,0350	Reguler	Reguler
4	0,0173	0,0172	0,0173	0,0173	0,0207	0,0242	Reguler	Reguler
Atap	0,0294	0,0298	0,0298	0,0296	0,0355	0,0414	Reguler	Reguler

j. Gempa Tokachi-oki 2003 1

Tabel 5.18 Ketidakberaturan Horizontal Tipe 1 Gempa Tokachi-Oki 2003 1

Ketidakberaturan Horizontal Tipe 1 Tokachi-Oki 2003 1 Arah X							Cek	
Lantai	δ1 A (m)	δ1 B (m)	δmax (m)	δavg (m)	1,2δavg (m)	1,4δavg (m)	1a	1b
1	0,0007	0,0007	0,0007	0,0007	0,0008	0,0010	Reguler	Reguler
2	0,0060	0,0059	0,0060	0,0059	0,0071	0,0083	Reguler	Reguler
3	0,0152	0,0148	0,0152	0,0150	0,0180	0,0210	Reguler	Reguler
4	0,0114	0,0111	0,0114	0,0113	0,0135	0,0158	Reguler	Reguler
Atap	0,0161	0,0159	0,0161	0,0160	0,0192	0,0224	Reguler	Reguler
Ketidakberaturan Horizontal Tipe 1 Tokachi-Oki 2003 1 Arah Y							**Cek**	
Lantai	δ2 A (m)	δ2 B (m)	δmax (m)	δavg (m)	1,2δavg (m)	1,4δavg (m)	1a	1b
1	0,0004	0,0004	0,0004	0,0004	0,0005	0,0005	Reguler	Reguler
2	0,0054	0,0056	0,0056	0,0055	0,0066	0,0077	Reguler	Reguler
3	0,0190	0,0196	0,0196	0,0193	0,0232	0,0270	Reguler	Reguler
4	0,0131	0,0135	0,0135	0,0133	0,0159	0,0186	Reguler	Reguler
Atap	0,0221	0,0231	0,0231	0,0226	0,0271	0,0317	Reguler	Reguler

k. Gempa Tokachi-oki 2003 2

Tabel 5.19 Ketidakberaturan Horizontal Tipe 1 Gempa Tokachi-Oki 2003 2

Ketidakberaturan Horizontal Tipe 1 Tokachi-Oki 2003 2 Arah X							Cek	
Lantai	δ1 A (m)	δ1 B (m)	δmax (m)	δavg (m)	1,2δavg (m)	1,4δavg (m)	1a	1b
1	0,0006	0,0008	0,0008	0,0007	0,0008	0,0010	Reguler	Reguler
2	0,0052	0,0067	0,0067	0,0059	0,0071	0,0083	Reguler	Reguler
3	0,0124	0,0158	0,0158	0,0141	0,0169	0,0197	Reguler	Reguler
4	0,0093	0,0122	0,0122	0,0108	0,0129	0,0151	Reguler	Reguler
Atap	0,0132	0,0168	0,0168	0,0150	0,0180	0,0210	Reguler	Reguler
Ketidakberaturan Horizontal Tipe 1 Tokachi-Oki 2003 Arah Y							**Cek**	
Lantai	δ2 A (m)	δ2 B (m)	δmax (m)	δavg (m)	1,2δavg (m)	1,4δavg (m)	1a	1b
1	0,0004	0,0004	0,0004	0,0004	0,0005	0,0006	Reguler	Reguler
2	0,0061	0,0062	0,0062	0,0062	0,0074	0,0086	Reguler	Reguler
3	0,0205	0,0205	0,0205	0,0205	0,0246	0,0288	Reguler	Reguler
4	0,0145	0,0144	0,0145	0,0145	0,0174	0,0203	Reguler	Reguler
Atap	0,0238	0,0239	0,0239	0,0238	0,0286	0,0333	Reguler	Reguler

l. Gempa Tokachi-Oki 2003 3

Tabel 5.20 Ketidakberaturan Horizontal Tipe 1 Gempa Tokachi-Oki 2003 3

Ketidakberaturan Horizontal Tipe 1 Tokachi-Oki 2003 3 Arah X							Cek	
Lantai	δ1 A (m)	δ1 B (m)	δmax (m)	δavg (m)	1,2δavg (m)	1,4δavg (m)	1a	1b
1	0,0007	0,0007	0,0007	0,0007	0,0009	0,0010	Reguler	Reguler
2	0,0063	0,0062	0,0063	0,0063	0,0075	0,0088	Reguler	Reguler
3	0,0157	0,0155	0,0157	0,0156	0,0187	0,0218	Reguler	Reguler
4	0,0118	0,0117	0,0118	0,0118	0,0141	0,0165	Reguler	Reguler
Atap	0,0166	0,0166	0,0166	0,0166	0,0199	0,0232	Reguler	Reguler
Ketidakberaturan Horizontal Tipe 1 Tokachi-Oki 2003 3 Arah Y							**Cek**	
Lantai	δ2 A (m)	δ2 B (m)	δmax (m)	δavg (m)	1,2δavg (m)	1,4δavg (m)	1a	1b
1	0,0005	0,0005	0,0005	0,0005	0,0006	0,0006	Reguler	Reguler
2	0,0063	0,0064	0,0064	0,0064	0,0076	0,0089	Reguler	Reguler
3	0,0196	0,0200	0,0200	0,0198	0,0237	0,0277	Reguler	Reguler
4	0,0142	0,0144	0,0144	0,0143	0,0171	0,0200	Reguler	Reguler
Atap	0,0225	0,0230	0,0230	0,0228	0,0273	0,0319	Reguler	Reguler

Berdasarkan hasil analisis yang disajikan pada tabel-tabel di atas menunjukkan bahwa tidak terjadi ketidakberaturan horizontal tipe 1 atau ketidakberaturan torsi pada setiap data rekaman gempa.

2. Ketidakberaturan sudut dalam

Dari hasil pengamatan yang dilakukan pada denah struktur didapat dimensi proyeksi denah struktur pada arah X adalah Px 36,175 m dan arah Y adalah Py 7,5 m. Panjang dimensi denah struktur arah X adalah Lx 40,5 m dan arah Y adalah Ly 17,5 m. Maka dari data tersebut bisa didapat rasio antara panjang proyeksi dan panjang dimensi denah struktur menggunakan Persamaan 3.29 dan 3.30, untuk lebih jelasnya sebagai berikut.

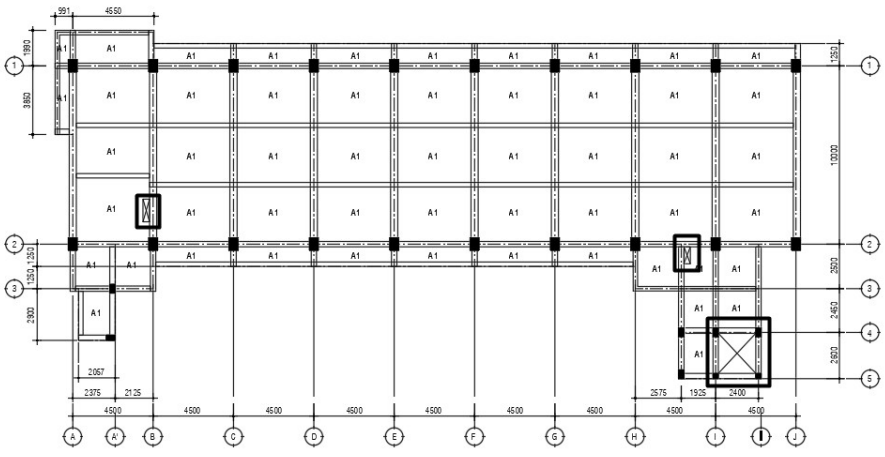
$$\frac{Px}{Lx} = \frac{36{,}175}{40{,}5}\ x\ 100\% = 89\%$$

$$\frac{Py}{Ly} = \frac{7{,}5}{17{,}5}\ x\ 100\% = 43\%$$

Hasil rasio yang didapatkan bagi arah X dan Y melebihi 15%, maka pada struktur gedung ini terjadi ketidakberaturan tipe 2.

3. Ketidakberaturan diskontinuitas diafragma

Contoh dari perhitungan untuk ketidakberaturan horizontal tipe 3 dilakukan pada lantai 3 menggunakan Persamaan 3.31, untuk lokasi bukaan bisa dilihat pada Gambar 5.37.



Gambar 5.37 Bukaan Lantai 3
(Sumber: Dokumen DED PFKUII, 2023)

Total luasan = 554,89849 m^2

Luas bukaan = 6,24 m^2

Rasio bukaan = $\frac{6,24}{554,89849} x100\%$

= 1,125 %

Didapat rasio bukaan kurang dari 50% maka tidak terjadi ketidakberaturan horizontal tipe 3 pada lantai 1. Hasil dari pengamatan pada seluruh lantai total luasan dan luas bukaannya telah dicatat pada Tabel 5.21 berikut ini.

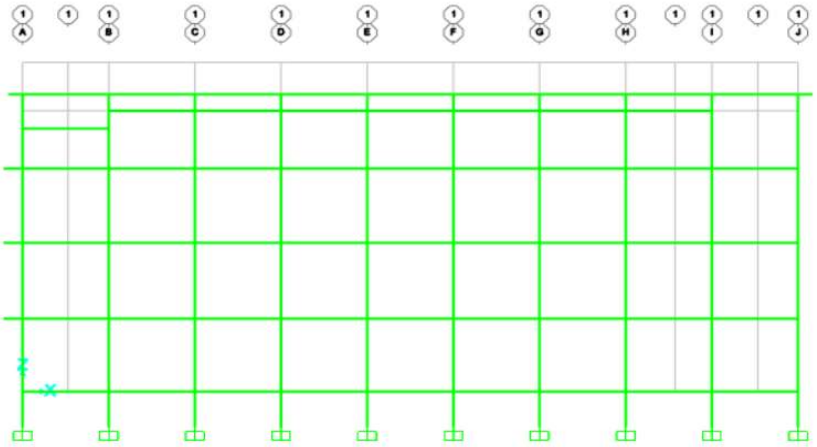
Tabel 5.21 Ketidakberaturan Horizontal Tipe 3

Lantai	A Total (m^2)	A bukaan (m^2)	Rasio Bukaan (%)	Cek
1	490,1	6,24	1,273%	Reguler
2	554,89849	6,24	1,125%	Reguler
3	554,89849	6,24	1,125%	Reguler
4	632,64899	7,00	1,106%	Reguler
Atap	574,0523	276,25	48,123%	Reguler

Berdasarkan perhitungan yang dilakukan, rasio bukaan pada tiap lantai tidak ada yang melebihi 50% maka tidak terjadi ketidakberaturan horizontal tipe 3 pada objek penelitian.

4. Ketidakberaturan akibat pergeseran tegak urus terhadap

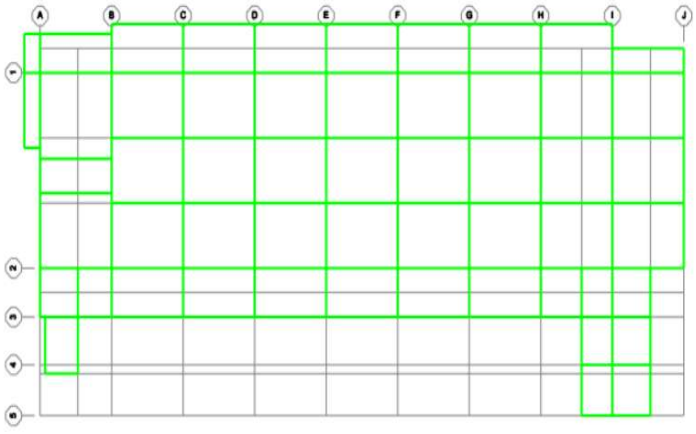
Pada Ketidakberaturan horizontal tipe 4 menurut SNI 1726:2019 terjadi apabila ada diskontinuitas dalam arah gaya lateral atau pada umumnya struktur kolom, seperti terjadinya pergeseran arah tegak lurus terhadap bidangnya pada setidaknya paling sedikit satu elemen tersebut. Hasil dari pengamatan pada objek tidak menunjukkan ketidakberaturan horizontal tipe 4, seperti yang disajikan pada Gambar 5.38.



Gambar 5.38 Peninjauan Ketidakberaturan Horizontal Tipe 4

5. Ketidakberaturan sistem nonpararel

Ketidakberaturan horizontal tipe 5 menurut SNI 1726:2019 terjadi apabila ada elemen pemikul gaya lateral atau kolom yang tidak pararel dengan sumbu ortogonalnya. Hasil dari pengamatan yang dilakukan pada objek penelitian tidak ada pemikul gaya lateral yang tidak pararel dengan sumbu ortogonalnya. Kesimpulan yang didapat adalah objek tidak menunjukkan ketidakberatuan horizontal tipe 5 untuk lebih jelasnya bisa dilihat pada Gambar 5.39.



Gambar 5.39 Peninjauan Ketidakberaturan Horizontal Tipe 5

5.5.2 Ketidakberaturan Vertikal

1. Ketidakberaturan kekakuan tingkat lunak

Ketentuan untuk ketidakberaturan vertikal tipe 1 dijelaskan pada SNI 1726:2019 terjadi apabila terdapat kekakuan lateral sebuah tingkat yang kurang dari 70% tingkat di atasnya atau kurang dari 80% rata-rata 3 tingkat di atasnya untuk tipe 1a, sedangkan untuk tipe 1b terjadi apabila kurang dari 60% tingkat di atasnya atau kurang dari 70% rata-rata 3 tingkat di atasnya. Contoh perhitungan pada MCER Yogyakarta dengan tinjauan lantai 1 menggunakan Persamaan 3.32, 3.33, 3.34, 3.35 dan 3.36 bisa dilihat sebagai berikut.

Vx1 = 2544 kN

Vx2 = 2228 kN

Vx3 = 1652 kN

Vx4 = 794 kN

$\delta 1$ = 0,0009 m

$\delta 2$ = 0,0080 m

$\delta 3$ = 0,0151 m

$\delta 4$ = 0,0199 m

$\Delta 1$ = 0,0009 m

$\Delta 2 = \delta 2 - \delta 1$

$= 0{,}0080 - 0{,}0009$

= 0,0071 m

$\Delta 3 = \delta 3 - \delta 2$

$= 0{,}0151 - 0{,}0080$

= 0,0071 m

$\Delta 4 = \delta 4 - \delta 3$

$= 0{,}0199 - 0{,}0151$

= 0,0048 m

K1 $= \frac{Vx1}{\Delta 1}$

$= \frac{2544}{0{,}0009}$

= 2714795 kN/m

K2 $= \frac{Vx2}{\Delta 2}$

$= \frac{2228}{0{,}0071}$

= 313701 kN/m

K3 $= \frac{Vx}{\Delta 3}$

$= \frac{1652}{0{,}0071}$

= 234074 kN/m

K4 $= \frac{Vx4}{\Delta 4}$

$= \frac{794}{0{,}0048}$

= 165474 kN/m

Cek Syarat 1a:

70% K2 = 0,7 x 313701

= 219591 kN/m

80%(K2,K3,K4) $= \frac{313701+234074+16547}{3}\ x\ 80\%$

= 190200 kN/m

Cek Syarat 1b:

60% K2 = 0,6 x 313701

= 188221 kN/m

70%(K2,K4,K4) $= \frac{313701+234074+165474}{3}\ x\ 70\%$

= 166425 kN/m

Untuk hasil dari pengecekan syarat 1a didapatkan hasil bahwa K1 > 70%K2 dan K1 > 80%(K2,K3,K4) maka tidak terjadi ketidakberaturan vertikal tipe 1a. Pengecekan syarat 1b juga mendapatkan hasil yang sama dimana K1 > 60% K2 dan K1 > 70%(K2,K3,K4). Rekapitulasi hasil dari setiap rekaman gempa disajikan pada tabel-tabel berikut.

a. Gempa MCER Yogyakarta

Tabel 5.22 Ketidakberaturan Vertikal Tipe 1 Gempa MCER Yogyakrta

Kekakuan Vertikal Arah X MCER						1a		1b	
Lantai	Fx	Vx	δ	Δ	K	Syarat 1	Syarat 2	Syarat 1	Syarat 2
lt	kN	kN	m	m	kN/m	status		status	
1	315,9	2543,8	0,0009	0,0009	2714795	Reguler	Reguler	Reguler	Reguler
2	576,3	2227,9	0,0080	0,0071	313701	Reguler	Reguler	Reguler	Reguler
3	858,0	1651,6	0,0151	0,0071	234074	Reguler	Reguler	Reguler	Reguler
4	774,0	793,6	0,0199	0,0048	165474	Reguler	Reguler	Reguler	Reguler
atap	19,6	19,6	0,0213	0,0014	14322	Reguler	Reguler	Reguler	Reguler
Kekakuan Vertikal Arah Y MCER						1a		1b	
Lantai	Fx	Vx	δ	Δ	K	Syarat 1	Syarat 2	Syarat 1	Syarat 2
lt	kN	kN	m	m	kN/m	status		status	
1	277	2552	0,0007	0,0007	3461089	Reguler	Reguler	Reguler	Reguler
2	521	2275	0,0050	0,0043	532821	Reguler	Reguler	Reguler	Reguler
3	797	1754	0,0116	0,0066	265530	Reguler	Reguler	Reguler	Reguler
4	933	957	0,0165	0,0048	197459	Reguler	Reguler	Reguler	Reguler
atap	24	24	0,0198	0,0033	7259	Reguler	Reguler	Reguler	Reguler

b. Gempa Chilie 2010 1

Tabel 5.23 Ketidakberaturan Vertikal Tipe 1 Gempa Chilie 2010 1

Kekakuan Vertikal Arah X Chilie 2010 1						1a		1b	
Lantai	Fx	Vx	δ	Δ	K	Syarat 1	Syarat 2	Syarat 1	Syarat 2
lt	kN	kN	m	m	kN/m	status		status	
1	106	2006	0,0007	0,0007	2725058	Reguler	Reguler	Reguler	Reguler
2	421	1900	0,0064	0,0057	334736	Reguler	Reguler	Reguler	Reguler
3	758	1479	0,0125	0,0061	241639	Reguler	Reguler	Reguler	Reguler
4	701	721	0,0169	0,0044	163815	Reguler	Reguler	Reguler	Reguler
atap	20	20	0,0182	0,0013	15676	Reguler	Reguler	Reguler	Reguler
Kekakuan Vertikal Arah Y Chilie 2010 1						1a		1b	
Lantai	Fx	Vx	δ	Δ	K	Syarat 1	Syarat 2	Syarat 1	Syarat 2
lt	kN	kN	m	m	kN/m	status		status	
1	162	1096	0,0004	0,0004	2518667	Reguler	Reguler	Reguler	Reguler
2	82	934	0,0064	0,0060	156865	Reguler	Reguler	Reguler	Reguler
3	359	852	0,0145	0,0081	104860	Reguler	Reguler	Reguler	Reguler
4	482	493	0,0202	0,0057	86036	Reguler	Reguler	Reguler	Reguler
atap	12	12	0,0228	0,0026	4465	Reguler	Reguler	Reguler	Reguler

c. Gempa Chilie 2010 2

Tabel 5.24 Ketidakberaturan Vertikal Tipe 1 Gempa Chilie 2010 2

Kekakuan Vertikal Arah X Chilie 2010 2						1a		1b	
Lantai	Fx	Vx	δ	Δ	K	Syarat 1	Syarat 2	Syarat 1	Syarat 2
lt	kN	kN	m	m	kN/m	status		status	
1	258	2298	0,0008	0,0008	2726337	Reguler	Reguler	Reguler	Reguler
2	447	2041	0,0072	0,0064	319773	Reguler	Reguler	Reguler	Reguler
3	817	1594	0,0135	0,0063	254298	Reguler	Reguler	Reguler	Reguler
4	757	776	0,0181	0,0046	169675	Reguler	Reguler	Reguler	Reguler
atap	19	19	0,0194	0,0013	14178	Reguler	Reguler	Reguler	Reguler
Kekakuan Vertikal Arah Y Chilie 2010 2						1a		1b	
Lantai	Fx	Vx	δ	Δ	K	Syarat 1	Syarat 2	Syarat 1	Syarat 2
lt	kN	kN	m	m	kN/m	status		status	
1	82	1285	0,0004	0,0004	3372328	Reguler	Reguler	Reguler	Reguler
2	210	1203	0,0058	0,0054	223338	Reguler	Reguler	Reguler	Reguler
3	262	993	0,0136	0,0078	126590	Reguler	Reguler	Reguler	Reguler
4	713	731	0,0195	0,0059	124046	Reguler	Reguler	Reguler	Reguler
atap	18	18	0,0216	0,0021	8710	Reguler	Reguler	Reguler	Reguler

d. Gempa Chilie 2010 3

Tabel 5.25 Ketidakberaturan Vertikal Tipe 1 Gempa Chilie 2010 3

Kekakuan Vertikal Arah X Chilie 2010 3						1a		1b	
Lantai	Fx	Vx	δ	Δ	K	Syarat 1	Syarat 2	Syarat 1	Syarat 2
lt	kN	kN	m	m	kN/m	status		status	
1	51	2026	0,0008	0,0008	2689932	Reguler	Reguler	Reguler	Reguler
2	461	1975	0,0063	0,0056	354887	Reguler	Reguler	Reguler	Reguler
3	788	1514	0,0116	0,0052	289452	Reguler	Reguler	Reguler	Reguler
4	710	727	0,0152	0,0036	200086	Reguler	Reguler	Reguler	Reguler
atap	16	16	0,0163	0,0011	14687	Reguler	Reguler	Reguler	Reguler
Kekakuan Vertikal Arah Y Chilie 2010 3						1a		1b	
Lantai	Fx	Vx	δ	Δ	K	Syarat 1	Syarat 2	Syarat 1	Syarat 2
lt	kN	kN	m	m	kN/m	status		status	
1	125	1060	0,0004	0,0004	2612660	Reguler	Reguler	Reguler	Reguler
2	188	935	0,0061	0,0057	165145	Reguler	Reguler	Reguler	Reguler
3	377	747	0,0143	0,0082	91324	Reguler	Reguler	Reguler	Reguler
4	361	371	0,0207	0,0065	57441	Reguler	Reguler	Reguler	Reguler
atap	10	10	0,0230	0,0023	4133	Reguler	Reguler	Reguler	Reguler

e. Gempa Illapel 2015 1

Tabel 5.26 Ketidakberaturan Vertikal Tipe 1 Gempa Illapel 2015 1

Kekakuan Vertikal Arah X Illapel 2015 1						1a		1b	
Lantai	Fx	Vx	δ	Δ	K	Syarat 1	Syarat 2	Syarat 1	Syarat 2
lt	kN	kN	m	m	kN/m	status		status	
1	218	1895	0,0007	0,0007	2695990	Reguler	Reguler	Reguler	Reguler
2	365	1678	0,0060	0,0053	319161	Reguler	Reguler	Reguler	Reguler
3	667	1312	0,0113	0,0053	246214	Reguler	Reguler	Reguler	Reguler
4	626	645	0,0151	0,0038	169133	Reguler	Reguler	Reguler	Reguler
atap	20	20	0,0162	0,0011	17639	Reguler	Reguler	Reguler	Reguler
Kekakuan Vertikal Arah Y Illapel 2015 1						1a		1b	
Lantai	Fx	Vx	δ	Δ	K	Syarat 1	Syarat 2	Syarat 1	Syarat 2
lt	kN	kN	m	m	kN/m	status		status	
1	56	1015	0,0004	0,0004	2655484	Reguler	Reguler	Reguler	Reguler
2	232	959	0,0055	0,0051	188763	Reguler	Reguler	Reguler	Reguler
3	347	727	0,0128	0,0073	99315	Reguler	Reguler	Reguler	Reguler
4	371	380	0,0183	0,0055	68565	Reguler	Reguler	Reguler	Reguler
atap	9	9	0,0203	0,0020	4611	Reguler	Reguler	Reguler	Reguler

f. Gempa Illapel 2015 2

Tabel 5.27 Ketidakberaturan Vertikal Tipe 1 Gempa Illapel 2015 2

Kekakuan Vertikal Arah X Illapel 2015 2						1a		1b	
Lantai	Fx	Vx	δ	Δ	K	Syarat 1	Syarat 2	Syarat 1	Syarat 2
lt	kN	kN	m	m	kN/m	status		status	
1	2083	3832	0,0007	0,0007	5701774	Reguler	Reguler	Reguler	Reguler
2	474	1749	0,0057	0,0051	345254	Reguler	Reguler	Reguler	Reguler
3	668	1275	0,0108	0,0050	253445	Reguler	Reguler	Reguler	Reguler
4	591	607	0,0139	0,0032	191019	Reguler	Reguler	Reguler	Reguler
atap	16	16	0,0148	0,0009	17907	Reguler	Reguler	Reguler	Reguler
Kekakuan Vertikal Arah Y Illapel 2015 2						1a		1b	
Lantai	Fx	Vx	δ	Δ	K	Syarat 1	Syarat 2	Syarat 1	Syarat 2
lt	kN	kN	m	m	kN/m	status		status	
1	21	998	0,0004	0,0004	2773561	Reguler	Reguler	Reguler	Reguler
2	247	978	0,0051	0,0047	208430	Reguler	Reguler	Reguler	Reguler
3	368	730	0,0115	0,0064	113517	Reguler	Reguler	Reguler	Reguler
4	353	362	0,0174	0,0059	61542	Reguler	Reguler	Reguler	Reguler
atap	8	8	0,0192	0,0019	4572	Reguler	Reguler	Reguler	Reguler

g. Gempa Tohoku 2011 1

Tabel 5.28 Ketidakberaturan Vertikal Tipe 1 Gempa Tohoku 2011 1

Kekakuan Vertikal Arah X Tohoku 2011 1						1a		1b	
Lantai	Fx	Vx	δ	Δ	K	Syarat 1	Syarat 2	Syarat 1	Syarat 2
lt	kN	kN	m	m	kN/m	status		status	
1	263	2453	0,0009	0,0009	2722737	Reguler	Reguler	Reguler	Reguler
2	530	2190	0,0077	0,0068	320123	Reguler	Reguler	Reguler	Reguler
3	859	1660	0,0147	0,0069	239776	Reguler	Reguler	Reguler	Reguler
4	783	801	0,0196	0,0049	163729	Reguler	Reguler	Reguler	Reguler
atap	18	18	0,0210	0,0014	12721	Reguler	Reguler	Reguler	Reguler
Kekakuan Vertikal Arah Y Tohoku 2011 1						1a		1b	
Lantai	Fx	Vx	δ	Δ	K	Syarat 1	Syarat 2	Syarat 1	Syarat 2
lt	kN	kN	m	m	kN/m	status		status	
1	176	1162	0,0004	0,0004	2670782	Reguler	Reguler	Reguler	Reguler
2	124	986	0,0064	0,0059	165707	Reguler	Reguler	Reguler	Reguler
3	319	861	0,0147	0,0083	103147	Reguler	Reguler	Reguler	Reguler
4	529	542	0,0205	0,0058	93783	Reguler	Reguler	Reguler	Reguler
atap	13	13	0,0230	0,0025	5234	Reguler	Reguler	Reguler	Reguler

h. Gempa Tohoku 2011 2

Tabel 5.29 Ketidakberaturan Vertikal Tipe 1 Gempa Tohoku 2011 2

Kekakuan Vertikal Arah X Tohoku 2011 2						1a		1b	
Lantai	Fx	Vx	δ	Δ	K	Syarat 1	Syarat 2	Syarat 1	Syarat 2
lt	kN	kN	m	m	kN/m	status		status	
1	208	2251	0,0008	0,0008	3001719	Reguler	Reguler	Reguler	Reguler
2	418	2043	0,0065	0,0057	357632	Reguler	Reguler	Reguler	Reguler
3	825	1625	0,0124	0,0059	273487	Reguler	Reguler	Reguler	Reguler
4	780	800	0,0166	0,0042	189273	Reguler	Reguler	Reguler	Reguler
atap	20	20	0,0179	0,0012	16242	Reguler	Reguler	Reguler	Reguler
Kekakuan Vertikal Arah Y Tohoku 2011 2						1a		1b	
Lantai	Fx	Vx	δ	Δ	K	Syarat 1	Syarat 2	Syarat 1	Syarat 2
lt	kN	kN	m	m	kN/m	status		status	
1	146	1395	0,0004	0,0004	3451959	Reguler	Reguler	Reguler	Reguler
2	293	1249	0,0061	0,0057	217909	Reguler	Reguler	Reguler	Reguler
3	365	956	0,0143	0,0082	117043	Reguler	Reguler	Reguler	Reguler
4	576	592	0,0196	0,0053	112551	Reguler	Reguler	Reguler	Reguler
atap	15	15	0,0225	0,0029	5178	Reguler	Reguler	Reguler	Reguler

i. Gempa Tohoku 2011 3

Tabel 5.30 Ketidakberaturan Vertikal Tipe 1 Gempa Tohoku 2011 3

Kekakuan Vertikal Arah X Tohoku 2011 3						1a		1b	
Lantai	Fx	Vx	δ	Δ	K	Syarat 1	Syarat 2	Syarat 1	Syarat 2
lt	kN	kN	m	m	kN/m	status		status	
1	409	2273	0,0008	0,0008	2686962	Reguler	Reguler	Reguler	Reguler
2	136	1864	0,0071	0,0062	299278	Reguler	Reguler	Reguler	Reguler
3	773	1728	0,0125	0,0054	319150	Reguler	Reguler	Reguler	Reguler
4	924	955	0,0164	0,0039	246804	Reguler	Reguler	Reguler	Reguler
atap	31	31	0,0176	0,0013	24264	Reguler	Reguler	Reguler	Reguler
Kekakuan Vertikal Arah Y Tohoku 2011 3						1a		1b	
Lantai	Fx	Vx	δ	Δ	K	Syarat 1	Syarat 2	Syarat 1	Syarat 2
lt	kN	kN	m	m	kN/m	status		status	
1	48	1087	0,0005	0,0005	2347480	Reguler	Reguler	Reguler	Reguler
2	221	1039	0,0066	0,0062	168721	Reguler	Reguler	Reguler	Reguler
3	225	818	0,0150	0,0084	97362	Reguler	Reguler	Reguler	Reguler
4	579	594	0,0213	0,0063	93968	Reguler	Reguler	Reguler	Reguler
atap	15	15	0,0231	0,0018	8431	Reguler	Reguler	Reguler	Reguler

j. Gempa Tokachi-oki 2003 1

Tabel 5.31 Ketidakberaturan Vertikal Tipe 1 Gempa Tokachi-Oki 2003 1

Kekakuan Vertikal Arah X Tokachi-Oki 2003 1						1a		1b	
Lantai	Fx	Vx	δ	Δ	K	Syarat 1	Syarat 2	Syarat 1	Syarat 2
lt	kN	kN	m	m	kN/m	status		status	
1	196	1856	0,0007	0,0007	2820026	Reguler	Reguler	Reguler	Reguler
2	399	1660	0,0056	0,0049	337454	Reguler	Reguler	Reguler	Reguler
3	652	1261	0,0102	0,0046	273407	Reguler	Reguler	Reguler	Reguler
4	596	609	0,0133	0,0032	193219	Reguler	Reguler	Reguler	Reguler
atap	14	14	0,0143	0,0009	14818	Reguler	Reguler	Reguler	Reguler
Kekakuan Vertikal Arah Y Tokachi-Oki 2003 1						1a		1b	
Lantai	Fx	Vx	δ	Δ	K	Syarat 1	Syarat 2	Syarat 1	Syarat 2
lt	kN	kN	m	m	kN/m	status		status	
1	123	967	0,0004	0,0004	1411814	Reguler	Reguler	Reguler	Reguler
2	252	844	0,0054	0,0051	178449	Reguler	Reguler	Reguler	Reguler
3	236	592	0,0133	0,0079	96690	Reguler	Reguler	Reguler	Reguler
4	347	356	0,0193	0,0060	63563	Reguler	Reguler	Reguler	Reguler
atap	9	9	0,0221	0,0028	3584	Reguler	Reguler	Reguler	Reguler

k. Gempa Tokachi-oki 2003 2

Tabel 5.32 Ketidakberaturan Vertikal Tipe 1 Gempa Tokachi-Oki 2003 2

Kekakuan Vertikal Arah X Tokachi-Oki 2003 2						1a		1b	
Lantai	Fx	Vx	δ	Δ	K	Syarat 1	Syarat 2	Syarat 1	Syarat 2
lt	kN	kN	m	m	kN/m	status		status	
1	306	1650	0,0006	0,0006	2819680	Reguler	Reguler	Reguler	Reguler
2	230	1343	0,0050	0,0045	301783	Reguler	Reguler	Reguler	Reguler
3	557	1113	0,0092	0,0042	266533	Reguler	Reguler	Reguler	Reguler
4	541	556	0,0117	0,0025	221050	Reguler	Reguler	Reguler	Reguler
atap	16	16	0,0124	0,0007	24028	Reguler	Reguler	Reguler	Reguler
Kekakuan Vertikal Arah Y Tokachi-Oki 2003 2						1a		1b	
Lantai	Fx	Vx	δ	Δ	K	Syarat 1	Syarat 2	Syarat 1	Syarat 2
lt	kN	kN	m	m	kN/m	status		status	
1	64	921	0,0004	0,0004	2352073	Reguler	Reguler	Reguler	Reguler
2	229	857	0,0057	0,0053	160830	Reguler	Reguler	Reguler	Reguler
3	276	628	0,0130	0,0073	86068	Reguler	Reguler	Reguler	Reguler
4	344	352	0,0190	0,0059	59160	Reguler	Reguler	Reguler	Reguler
atap	8	8	0,0227	0,0037	2202	Reguler	Reguler	Reguler	Reguler

l. Gempa Tokachi-oki 2003 3

Tabel 5.33 Ketidakberaturan Vertikal Tipe 1 Gempa Tokachi-Oki 2003 3

Kekakuan Vertikal Arah X Tokachi-Oki 2003 3						1a		1b	
Lantai	Fx	Vx	δ	Δ	K	Syarat 1	Syarat 2	Syarat 1	Syarat 2
lt	kN	kN	m	m	kN/m	status		status	
1	242	1961	0,0007	0,0007	3003066	Reguler	Reguler	Reguler	Reguler
2	442	1719	0,0056	0,0049	350362	Reguler	Reguler	Reguler	Reguler
3	665	1278	0,0104	0,0048	266378	Reguler	Reguler	Reguler	Reguler
4	596	612	0,0136	0,0033	186262	Reguler	Reguler	Reguler	Reguler
atap	17	17	0,0146	0,0010	17411	Reguler	Reguler	Reguler	Reguler
Kekakuan Vertikal Arah Y Tokachi-Oki 2003 3						1a		1b	
Lantai	Fx	Vx	δ	Δ	K	Syarat 1	Syarat 2	Syarat 1	Syarat 2
lt	kN	kN	m	m	kN/m	status		status	
1	137	944	0,0004	0,0004	2350338	Reguler	Reguler	Reguler	Reguler
2	212	807	0,0058	0,0054	149360	Reguler	Reguler	Reguler	Reguler
3	305	595	0,0128	0,0070	84776	Reguler	Reguler	Reguler	Reguler
4	283	291	0,0175	0,0047	61967	Reguler	Reguler	Reguler	Reguler
atap	7	7	0,0205	0,0030	2434	Reguler	Reguler	Reguler	Reguler

Dari hasil analisis pada objek penelitian tidak menunjukkan kekakuan lantai yang kurang dari syarat untuk ketidakberaturan vertikal tipe 1a dan 1b pada setiap beban rekaman gempa, maka dapat diambil hasil bahwa tidak terjadi ketidakberaturan vertikal tipe 1a dan 1b pada objek penelitian.

2. Ketidakberaturan berat (massa)

Hasil dari pengamatan pada objek penelitian mengenai ketidaberaturan massa atau ketidakberaturan vertikal tipe 2 sesuai dengan SNI 1726:2019, dimana dalam ketentuan SNI 1726:2019 ketidakberaturan vertikal tipe 2 terjadi apabila ada massa efektif pada lantai lebih dari 150% tingkat didekatnya. Khusus untuk atap yang lebih ringan dari lantai di bawahnya tidak perlu ditinjau. Berikut contoh perhitungan ketidakberaturan massa menggunakan Persamaan 3.37 dilakukan pada lantai 1.

W1 = 3596,737 kN
W2 = 5400,732 kN
150% W2 = 1,5 x 5400,732
= 8101,1 kN

W1 < 150%W2 sehingga tidak terjadi tidak beraturan vertikal tipe 2 pada lantai 1. Rekapitulasi hasil pengamatan didapatkan hasil pada Tabel 5.34 berikut.

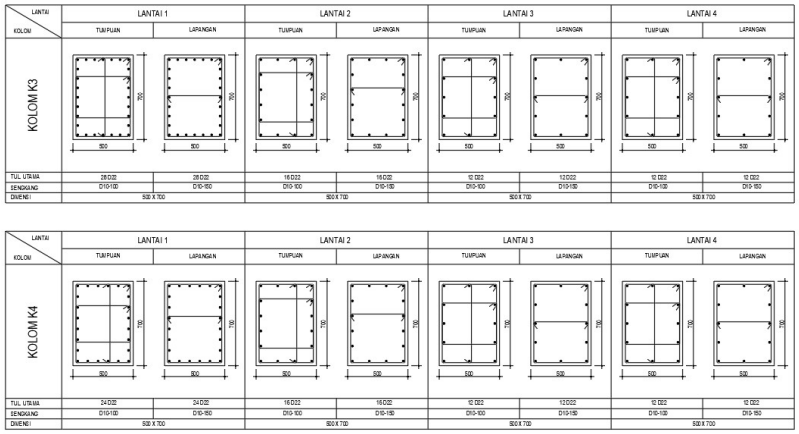
Tabel 5.34 Ketidaberatuan Vertikal Tipe 2

Lantai	W(KN)	150%Wi+1	Status
atap	3492,740	0,00	
4	5869,738	5239,11	irreguler
3	5486,865	8804,61	reguler
2	5400,732	8230,30	reguler
1	3596,737	8101,10	reguler

Berdasarkan hasil analisis yang disajikan pada Tabel 5.34 di atas menunjukkan bahwa tidak terjadi ketidakberaturan horizontal tipe 2 atau ketidakberaturan berat pada struktur bangunan.

3. Ketidakberaturan geometri vertikal

   Menurut SNI 1726:2019 ketidakberaturan geometri vertikal terjadi apabila ada dimensi arah horizontal elemen struktur pemikul gaya seismik melebihi 130% dari tingkat di dekatnya. Dari hasil pengamatan yang telah dilakukan seluruh elemen struktur pemikul gaya seismik tidak memiliki perbedaan dimensi pada arah horizontal pada setiap lantainya. Untuk lebih jelasnya bisa dilihat pada Gambar 5.40. Maka hasil dari pengamatan tidak terjadi ketidakberaturan horizontal tipe 3.



Gambar 5.40 Peninjauan Ketidakberaturan Vertikal Tipe 3
(Sumber: Dokumen DED PFKUII, 2023)

4. Ketidakberaturan akibat diskontinuitas bidang pada elemen vertikal pemikul gaya lateral

   Berdasarkan ketentuan dari SNI 1726:2019 ketidakberaturan vertikal tipe 4 terjadi apabila ada pergeseran arah ortogonal bidang elemen pemikul gaya lateral yang melebihi dari panjang elemen itu atau terjadi reduksi kekakuan elemen pemikul ditingkat di bawahnya. Hasil pengamatan menunjukan elemen pemikul gaya lateral yang seragam dan tidak ada reduksi di tiap lantainya, maka tidak terjadi ketidakberaturan vertikal tipe 4.

5. Ketidakberaturan tingkat lemah berlebihan akibat diskontinuitas pada kekakuan lateral tingkat.

   Ketidakberaturan vertikal tipe 5 menurut SNI 1726:2019 terjadi apabila kekakuan lateral tingkat kurang dari 80% dari kekakuan tingkat seberang

untuk 5a dan 65% untuk 5b. Contoh perhitungan dari ketidakberaturan vertikal tipe 5 pada lantai 1 gempa Chi-chi 1999 menggunakan Persamaan 3.40 dan 3.41 adalah sebagai berikut.

Vx1 = 2342,139 kN

Vx2 = 2006,883 kN

Rasio= $\frac{2342,139}{2006,883}$

= 1,14

Dari hasil tersebut rasio yang didapat adalah 1,243 yang lebih dari 0.8 sebagai syarat ketidakberaturan vertikal tipe 5a dan 0.65 sebagai syarat ketidakberatudan vertikal 5b sehingga tidak terjadi ketidakberaturan vertikal tipe 5 pada lantai 1. Rekapitulasi perhitungan analisis ketidakberaturan vertikal tipe 5 pada setiap rekaman gempa disajikan pada tabel-tabel berikut.

a. MECR Yogyakarta

Tabel 5.35 Ketidakberaturan Vertikal Tipe 5 MCER Yogyakarta Arah X

MECR Yogyakarta Arah X			**Status**	
Lantai	**Vx (kN)**	**Vi/Vi+1**	**5a.**	**5b.**
1	2543,763	1,14177406	reguler	reguler
2	2227,904	1,34891637	reguler	reguler
3	1651,625	2,08115185	reguler	reguler
4	793,611	40,447021	reguler	reguler
Atap	19,621	1	reguler	reguler

Tabel 5.36 Ketidakberaturan Vertikal Tipe 5 MCER Yogyakarta Arah Y

MECR Yogyakarta Arah Y			**Status**	
Lantai	**Vx (kN)**	**Vi/Vi+1**	**5a.**	**5b.**
1	2551,52	1,12173538	reguler	reguler
2	2274,61	1,29682637	reguler	reguler
3	1753,99	1,83256158	reguler	reguler
4	957,122	39,5668458	reguler	reguler
Atap	24,19	1	reguler	reguler

b. Gempa Chilie 2010 1

Tabel 5.37 Ketidakberaturan Vertikal Tipe 5 Chilie 2010 1 Arah X

Chilie 2010 1 Arah X			Status	
Lantai	**Vx (kN)**	**Vi/Vi+1**	**5a.**	**5b.**
1	2005,64	1,0558	reguler	reguler
2	1899,63	1,2843	reguler	reguler
3	1479,07	2,0516	reguler	reguler
4	720,95	35,3770	reguler	reguler
Atap	20,38	1,0000	reguler	reguler

Tabel 5.38 Ketidakberaturan Vertikal Tipe 5 Chilie 2010 1 Arah Y

Chilie 2010 1 Arah Y			Status	
Lantai	**Vx (kN)**	**Vi/Vi+1**	**5a.**	**5b.**
1	1095,62	1,1734	reguler	reguler
2	933,75	1,0960	reguler	reguler
3	851,95	1,7274	reguler	reguler
4	493,19	42,4616	reguler	reguler
Atap	11,62	1,0000	reguler	reguler

c. Gempa Chilie 2010 2

Tabel 5.39 Ketidakberaturan Vertikal Tipe 5 Chilie 2010 2 Arah X

Chilie 2010 2 Arah X			Status	
Lantai	**Vx (kN)**	**Vi/Vi+1**	**5a.**	**5b.**
1	2298,30	1,1262	reguler	reguler
2	2040,79	1,2805	reguler	reguler
3	1593,69	2,0526	reguler	reguler
4	776,44	40,8371	reguler	reguler
Atap	19,01	1,0000	reguler	reguler

Tabel 5.40 Ketidakberaturan Vertikal Tipe 5 Chilie 2010 2 Arah Y

Chilie 2010 2 Arah Y			Status	
Lantai	**Vx (kN)**	**Vi/Vi+1**	**5a.**	**5b.**
1	1285,36	1,0685	reguler	reguler
2	1202,91	1,2115	reguler	reguler
3	992,91	1,3584	reguler	reguler
4	730,92	40,3777	reguler	reguler
Atap	18,10	1,0000	reguler	reguler

d. Gempa Chilie 2010 3

Tabel 5.41 Ketidakberaturan Vertikal Tipe 5 Chilie 2010 3 Arah X

Chilie 2010 3 Arah X			Status	
Lantai	**Vx (kN)**	**Vi/Vi+1**	**5a.**	**5b.**
1	2025,52	1,0256	reguler	reguler
2	1974,95	1,3041	reguler	reguler
3	1514,41	2,0845	reguler	reguler
4	726,51	44,0497	reguler	reguler
Atap	16,49	1,0000	reguler	reguler

Tabel 5.42 Ketidakberaturan Vertikal Tipe 5 Chilie 2010 3 Arah Y

Chilie 2010 3 Arah Y			Status	
Lantai	**Vx (kN)**	**Vi/Vi+1**	**5a.**	**5b.**
1	1059,70	1,1331	reguler	reguler
2	935,18	1,2512	reguler	reguler
3	747,45	2,0165	reguler	reguler
4	370,67	38,5308	reguler	reguler
Atap	9,62	1,0000	reguler	reguler

e. Gempa Illapel 2015 1

Tabel 5.43 Ketidakberaturan Vertikal Tipe 5 Illapel 2015 1 Arah X

Illapel 2015 1 Arah X			Status	
Lantai	**Vx (kN)**	**Vi/Vi+1**	**5a.**	**5b.**
1	1895,28	1,1298	reguler	reguler
2	1677,51	1,2785	reguler	reguler
3	1312,07	2,0329	reguler	reguler
4	645,41	32,8454	reguler	reguler
Atap	19,65	1,0000	reguler	reguler

Tabel 5.44 Ketidakberaturan Vertikal Tipe 5 Illapel 2015 1 Arah Y

Illapel 2015 1 Arah Y			Status	
Lantai	**Vx (kN)**	**Vi/Vi+1**	**5a.**	**5b.**
1	1014,93	1,0584	reguler	reguler
2	958,96	1,3188	reguler	reguler
3	727,16	1,9146	reguler	reguler
4	379,79	41,0099	reguler	reguler
Atap	9,26	1,0000	reguler	reguler

f. Gempa Illapel 2015 2

Tabel 5.45 Ketidakberaturan Vertikal Tipe 5 Illapel 2015 2 Arah X

Illapel 2015 2 Arah X			Status	
Lantai	**Vx (kN)**	**Vi/Vi+1**	**5a.**	**5b.**
1	2082,88	1,1911	reguler	reguler
2	1748,71	1,3717	reguler	reguler
3	1274,83	2,1000	reguler	reguler
4	607,06	38,2616	reguler	reguler
Atap	15,87	1,0000	reguler	reguler

Tabel 5.46 Ketidakberaturan Vertikal Tipe 5 Illapel 2015 2 Arah Y

Illapel 2015 2 Arah Y			Status	
Lantai	**Vx (kN)**	**Vi/Vi+1**	**5a.**	**5b.**
1	998,48	1,0214	reguler	reguler
2	977,58	1,3388	reguler	reguler
3	730,21	2,0175	reguler	reguler
4	361,94	42,6820	reguler	reguler
Atap	8,48	1,0000	reguler	reguler

g. Gempa Tokoku 2011 1

Tabel 5.47 Ketidakberaturan Vertikal Tipe 5 Tohoku 2011 1 Arah X

Tohoku 2011 1 Arah X			Status	
Lantai	**Vx (kN)**	**Vi/Vi+1**	**5a.**	**5b.**
1	2453,19	1,1200	reguler	reguler
2	2190,28	1,3193	reguler	reguler
3	1660,21	2,0724	reguler	reguler
4	801,12	44,5069	reguler	reguler
Atap	18,00	1,0000	reguler	reguler

Tabel 5.48 Ketidakberaturan Vertikal Tipe 5 Tohoku 2011 1 Arah Y

Tohoku 2011 1 Arah Y			Status	
Lantai	**Vx (kN)**	**Vi/Vi+1**	**5a.**	**5b.**
1	1161,79	1,1788	reguler	reguler
2	985,59	1,1444	reguler	reguler
3	861,24	1,5890	reguler	reguler
4	541,99	41,2662	reguler	reguler
Atap	13,13	1,0000	reguler	reguler

h. Gempa Tohoku 2011 2

Tabel 5.49 Ketidakberaturan Vertikal Tipe 5 Tohoku 2011 2 Arah X

Tohoku 2011 2 Arah X			Status	
Lantai	**Vx (kN)**	**Vi/Vi+1**	**5a.**	**5b.**
1	2251,29	1,1021	reguler	reguler
2	2042,80	1,2573	reguler	reguler
3	1624,78	2,0308	reguler	reguler
4	800,06	39,5012	reguler	reguler
Atap	20,25	1,0000	reguler	reguler

Tabel 5.50 Ketidakberaturan Vertikal Tipe 5 Tohoku 2011 2 Arah Y

Tohoku 2011 2 Arah Y			Status	
Lantai	**Vx (kN)**	**Vi/Vi+1**	**5a.**	**5b.**
1	1395,28	1,1171	reguler	reguler
2	1248,98	1,3061	reguler	reguler
3	956,30	1,6164	reguler	reguler
4	591,62	38,7467	reguler	reguler
Atap	15,27	1,0000	reguler	reguler

i. Gempa Tohoku 2011 3

Tabel 5.51 Ketidakberaturan Vertikal Tipe 5 Tohoku 2011 3 Arah X

Tohoku 2011 3 Arah X			Status	
Lantai	**Vx (kN)**	**Vi/Vi+1**	**5a.**	**5b.**
1	2273,17	1,2194	reguler	reguler
2	1864,20	1,0789	reguler	reguler
3	1727,88	1,8095	reguler	reguler
4	954,89	30,6495	reguler	reguler
Atap	31,16	1,0000	reguler	reguler

Tabel 5.52 Ketidakberaturan Vertikal Tipe 5 Tohoku 2011 3 Arah Y

Tohoku 2011 3 Arah Y			Status	
Lantai	**Vx (kN)**	**Vi/Vi+1**	**5a.**	**5b.**
1	1087,07	1,0458	reguler	reguler
2	1039,43	1,2705	reguler	reguler
3	818,15	1,3783	reguler	reguler
4	593,58	39,5828	reguler	reguler
Atap	15,00	1,0000	reguler	reguler

j. Gampa Tokachi-oki 2003 1

Tabel 5.53 Ketidakberaturan Vertikal Tipe 5 Tokachi-Oki 2003 1 Arah X

Tokachi-Oki 2003 1 Arah X			Status	
Lantai	**Vx (kN)**	**Vi/Vi+1**	**5a.**	**5b.**
1	1855,58	1,1181	reguler	reguler
2	1659,60	1,3161	reguler	reguler
3	1260,96	2,0691	reguler	reguler
4	609,41	44,7014	reguler	reguler
Atap	13,63	1,0000	reguler	reguler

Tabel 5.54 Ketidakberaturan Vertikal Tipe 5 Tokachi-Oki 2003 1 Arah Y

Tokachi-Oki 2003 1 Arah Y			Status	
Lantai	**Vx (kN)**	**Vi/Vi+1**	**5a.**	**5b.**
1	966,83	1,1458	reguler	reguler
2	843,77	1,4256	reguler	reguler
3	591,86	1,6648	reguler	reguler
4	355,51	39,9766	reguler	reguler
Atap	8,89	1,0000	reguler	reguler

k. Gempa Tokachi-oki 2003 2

Tabel 5.55 Ketidakberaturan Vertikal Tipe 5 Tokachi-Oki 2003 2 Arah X

Tokachi-Oki 2003 2 Arah X			Status	
Lantai	**Vx (kN)**	**Vi/Vi+1**	**5a.**	**5b.**
1	1649,51	1,2280	reguler	reguler
2	1343,24	1,2065	reguler	reguler
3	1113,31	2,0010	reguler	reguler
4	556,38	35,5153	reguler	reguler
Atap	15,67	1,0000	reguler	reguler

Tabel 5.56 Ketidakberaturan Vertikal Tipe 5 Tokachi-Oki 2003 2 Arah Y

Tokachi-Oki 2003 2 Arah Y			Status	
Lantai	**Vx (kN)**	**Vi/Vi+1**	**5a.**	**5b.**
1	921,26	1,0749	reguler	reguler
2	857,09	1,3653	reguler	reguler
3	627,76	1,7844	reguler	reguler
4	351,80	42,9967	reguler	reguler
Atap	8,18	1,0000	reguler	reguler

l. Gempa Tokachi-oki 2003 3

Tabel 5.57 Ketidakberaturan Vertikal Tipe 5 Tokachi-Oki 2003 3 Arah X

Tokachi-Oki 2003 3 Arah X			Status	
Lantai	**Vx (kN)**	**Vi/Vi+1**	**5a.**	**5b.**
1	1961,00	1,1406	reguler	reguler
2	1719,23	1,3457	reguler	reguler
3	1277,55	2,0867	reguler	reguler
4	612,24	36,8976	reguler	reguler
Atap	16,59	1,0000	reguler	reguler

Tabel 5.58 Ketidakberaturan Vertikal Tipe 5 Tokachi-Oki 2003 3 Arah Y

Tokachi-Oki 2003 3 Arah Y			Status	
Lantai	**Vx (kN)**	**Vi/Vi+1**	**5a.**	**5b.**
1	944,37	1,1696	reguler	reguler
2	807,46	1,3568	reguler	reguler
3	595,10	2,0483	reguler	reguler
4	290,54	40,3749	reguler	reguler
Atap	7,20	1,0000	reguler	reguler

Berdasarkan hasil analisis yang disajikan pada tabel-tabel di atas menunjukkan bahwa tidak terjadi ketidakberaturan vertikal tipe 5a dan 5b pada setiap data rekaman gempa pada objek penelitian.

5.5.3 Rekap Hasil Ketidakberaturan

Dari hasil pengamatan dan evaluasi pada objek penelitian yang sudah dilakukan dapat direkap hasil yang disajikan pada Tabel 5.59 sebagai berikut.

Tabel 5.59 Rekap Ketidakberaturan

Tipe Ketidakberaturan		Keterangan
Horizontal	1a	Reguler
	1b	Reguler
	2	Irreguler
	3	Reguler
	4	Reguler
	5	Reguler
Vertikal	1a	Reguler
	1b	Reguler
	2	Reguler
	3	Reguler

Lanjutan 5.59 Rekap Ketidakberaturan

	4	Reguler
	5a	Reguler
	5b	Reguler

Berdasarkan hasil dari data yang disajikan pada tabel di atas dapat disimpulkan bahwa hanya terjadi ketidakberaturan horizontal tipe 2 atau ketidakberaturan sudut dalam. Konsekuensi dari ketidaberaturan horizontal sudut dalam berdasarkan SNI 1726:2019 pasal 7.3.3.4. adalah peningkata gaya desain sebesar 25% pada elemen-elemen pemikul gaya seisimik, yaitu sambungan antara diafragma dengan elemen-elemen vertikal maupun dengan elemen-elemen kolektor dan juga Elemen kolektor dan sambungannya.

5.6 Simpangan Antar Tingkat dan *Drift Ratio*

5.6.1 Simpangan Antar Tingkat

Simpangan antar tingkat sudah diatur pada SNI 1726:2019 dengan batasan simpangan antar tingkat pada Tabel 3.12 dimana untuk struktur dengan kategori risiko IV dan tidak terjadi ketidakberaturan torsi maka nilai batasan simpangannya adalah $0{,}01h_{sx}/\rho$. Nilai faktor redudansi (ρ) yang digunakan adalah 1,3 karena tidak terjadi ketidakberaturan torsi pada objek penelitian. Contoh perhitungan simpangan antar tingkat dilakukan pada gempa Chi-chi 1999 menggunakan Persamaan 3.42 bisa dilihat sebagai berikut.

h_{sx} = 4070 mm

ρ = 1,3

Cd = 5,5

Ie = 1,5

$\delta e0$ = 0 mm

$\delta e1$ = 0,00082 mm

Dari data yang sudah didapatkan bisa dihitung nilai simpangan antar tingkat pada lantai 1.

$\delta 0 = \frac{C_d \times \delta_{e0}}{I_e}$

$= \frac{5{,}5 \times 0}{1{,}5}$

$= 0$ mm

$\delta 1 = \frac{C_d \times \delta_{e1}}{I_e}$

$= \frac{5{,}5 \times 0{,}00082}{1{,}5}$

$= 2{,}992$ mm

$\Delta 1 = \delta_1 - \delta_0$

$= 2{,}992 - 0$

$= 2{,}992$ mm

$\Delta_{izin} = \frac{0{,}001\ h_{sx}}{\rho}$

$= \frac{0{,}001 \times 4070}{1{,}3}$

$= 31{,}3077$ mm

Dari hasil perhitungan simpangan antar tingkat yang terjadi pada lantai 1 adalah 2,7031 mm kurang dari batasan simpangan izin yaitu 31,3077 mm. Maka dari hasil tersebut simpangan pada lantai satu gempa Big Bear dinyatakan memenuhi batasan simpangan izin. Untuk keseluruhan hasil analisis simpangan bisa dilihat pada tabel-tabel berikut.

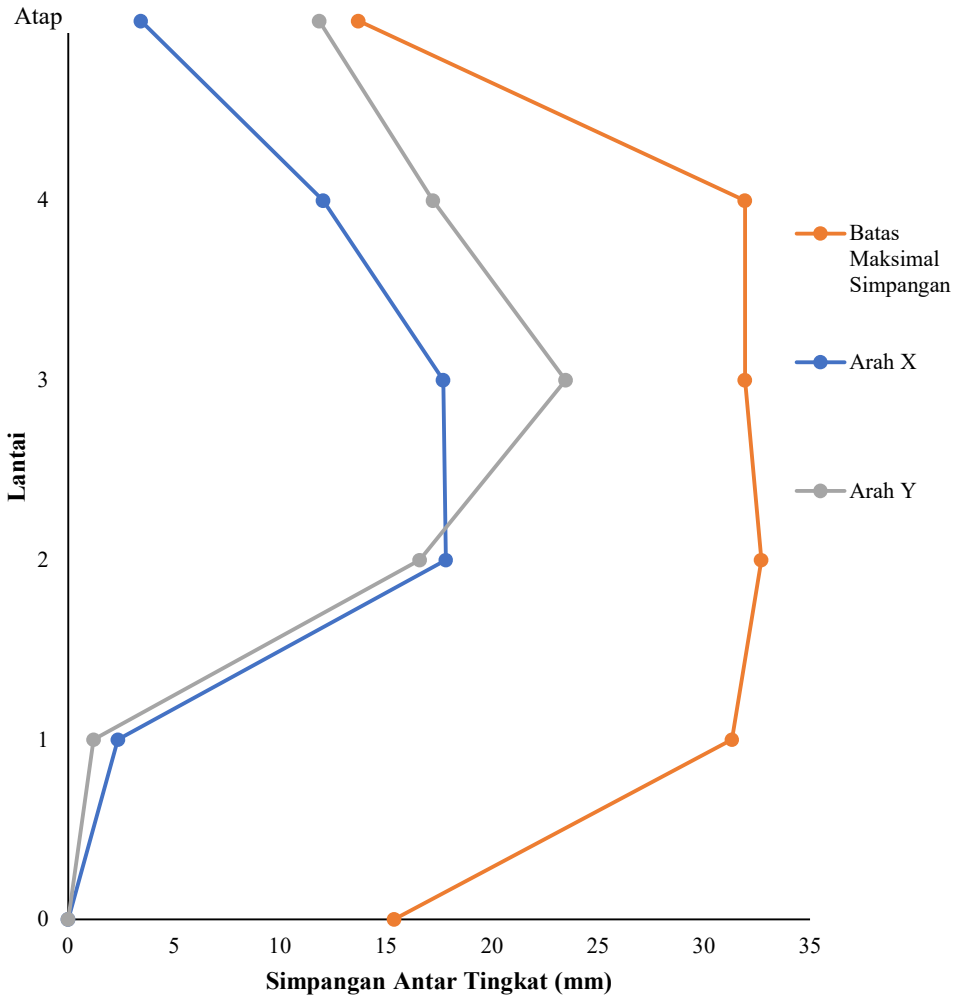
1. MCER Yogyakarta

Tabel 5.60 Simpangan Antar Tingkat MCER Yogyakarta

Simpangan Antar Tingkat MCER Yogyakarta Arah X									
Lantai	**δex**	**Cd**	**Ie**	**ρ**	**h_{sx}**	**δe**	**Δx**	**Δ_{izin}**	**Status**
	mm				**mm**	**mm**	**mm**	**mm**	
Pondasi	0	5,5	1,5	1,3	2000	0,0000	0,0000	15,3846	OK
1	0,641				4070	2,3503	2,3503	31,3077	OK
2	5,499				4250	20,1630	17,8127	32,6923	OK
3	10,323				4150	37,8510	17,6880	31,9231	OK
4	13,603				4150	49,8777	12,0267	31,9231	OK
Atap	14,540				1780	53,3133	3,4357	13,6923	OK

Lanjutan Tabel 5.60 Simpangan Antar Tingkat MCER Yogyakarta

Simpangan Antar Tingkat MCER Yogyakarta Arah Y									
Lantai	**δex**	**Cd**	**Ie**	**ρ**	**h_{sx}**	**δe**	**Δx**	**Δ_{izin}**	**Status**
	mm				**mm**	**mm**	**mm**	**mm**	
Pondasi	0	5,5	1,5	1,3	2000	0,00	0,00	15,3846	OK
1	0,326				4070	1,20	1,20	31,3077	OK
2	4,850				4250	17,78	16,59	32,6923	OK
3	11,249				4150	41,25	23,46	31,9231	OK
4	15,944				4150	58,46	17,22	31,9231	OK
Atap	19,172				1780	70,30	11,84	13,6923	OK

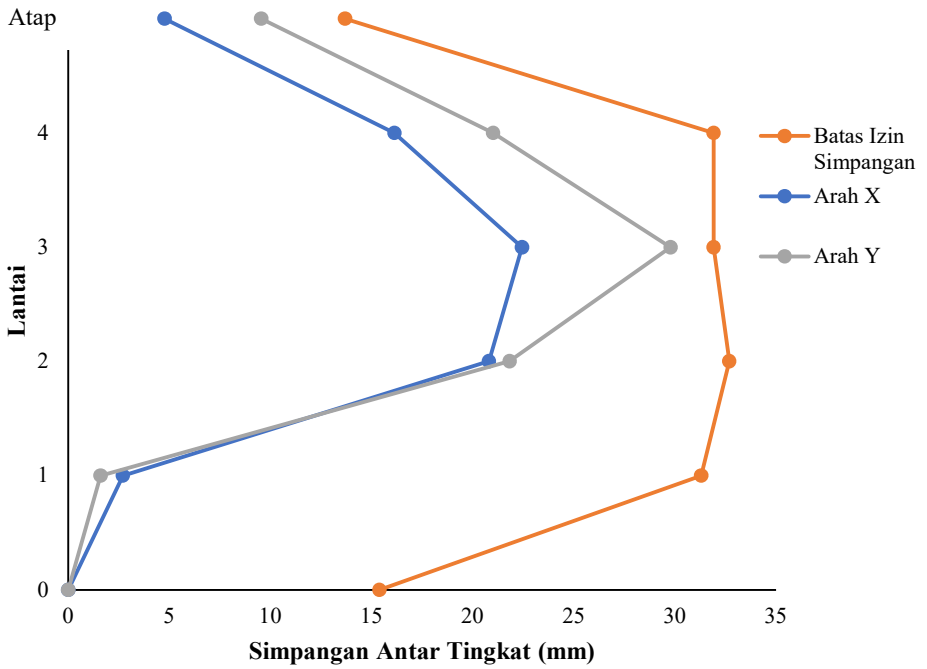


Gambar 5.41 Grafik Simpangan Antar Tingkat MCER Yogyakarta

2. Gempa Chilie 2010 1

Tabel 5.61 Simpangan Antar Tingkat Gempa Chilie 2010 1

Simpangan Antar Tingkat Gempa Chilie 2010 1 Arah X									
Lantai	**δex**	**Cd**	**Ie**	**ρ**	**h_{sx}**	**δe**	**Δx**	**Δ_{izin}**	**Status**
	mm				**mm**	**mm**	**mm**	**mm**	
Pondasi	0	5,5	1,5	1,3	2000	0,00	0,00	15,38	OK
1	0,74				4070	2,70	2,70	31,31	OK
2	6,41				4250	23,51	20,81	32,69	OK
3	12,53				4150	45,95	22,44	31,92	OK
4	16,93				4150	62,09	16,14	31,92	OK
Atap	18,23				1780	66,85	4,77	13,69	OK
Simpangan Antar Tingkat Gempa Chilie 2010 1 Arah Y									
Lantai	**δex**	**Cd**	**Ie**	**ρ**	**h_{sx}**	**δe**	**Δx**	**Δ_{izin}**	**Status**
	mm				**mm**	**mm**	**mm**	**mm**	
Pondasi	0,00	5,5	1,5	1,3	2000	0,00	0,00	15,38	OK
1	0,44				4070	1,60	1,60	31,31	OK
2	6,39				4250	23,42	21,83	32,69	OK
3	14,51				4150	53,21	29,79	31,92	OK
4	20,24				4150	74,23	21,02	31,92	OK
Atap	22,85				1780	83,77	9,54	13,69	OK

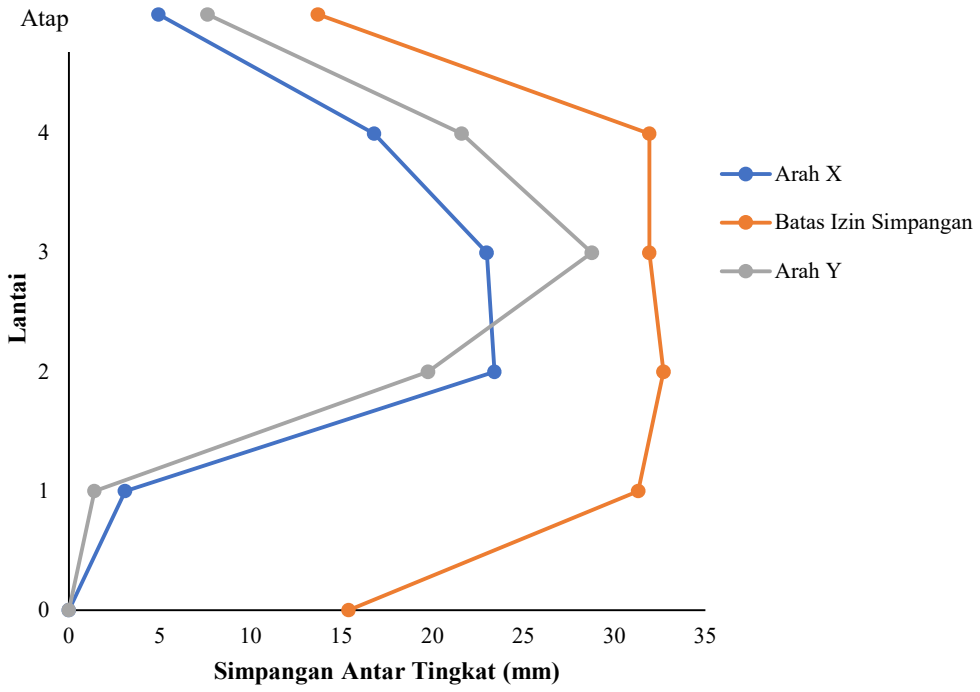


Gambar 5.42 Grafik Simpangan Antar Tingkat Gempa Chilie 2010 1

3. Gempa Chilie 2010 2

Tabel 5.62 Simpangan Antar Tingkat Gempa Chilie 2010 2

Simpangan Antar Tingkat Gempa Chilie 2010 2 Arah X									
Lantai	**δex**	**Cd**	**Ie**	**ρ**	**h_{sx}**	**δe**	**Δx**	**Δ_{izin}**	**Status**
	mm				**mm**	**mm**	**mm**	**mm**	
Pondasi	0	5,5	1,5	1,3	2000	0,00	0,00	15,38	OK
1	0,84				4070	3,09	3,09	31,31	OK
2	7,23				4250	26,49	23,40	32,69	OK
3	13,49				4150	49,47	22,98	31,92	OK
4	18,07				4150	66,25	16,78	31,92	OK
Atap	19,41				1780	71,17	4,92	13,69	OK
Simpangan Antar Tingkat Gempa Chilie 2010 2 Arah Y									
Lantai	**δex**	**Cd**	**Ie**	**ρ**	**h_{sx}**	**δe**	**Δx**	**Δ_{izin}**	**Status**
	mm				**mm**	**mm**	**mm**	**mm**	
Pondasi	0,00	5,5	1,5	1,3	2000	0,00	0,00	15,38	OK
1	0,38				4070	1,40	1,40	31,31	OK
2	5,77				4250	21,15	19,75	32,69	OK
3	13,61				4150	49,91	28,76	31,92	OK
4	19,50				4150	71,51	21,61	31,92	OK
Atap	21,58				1780	79,13	7,62	13,69	OK

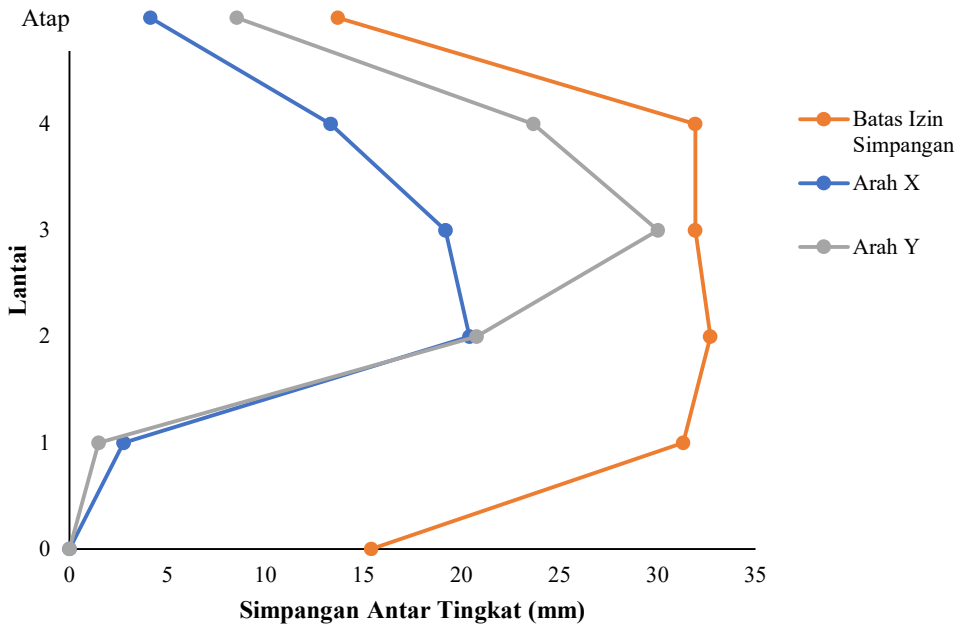


Gambar 5.43 Grafik Simpangan Antar Tingkat Gempa Chilie 2010 2

4. Gempa Chilie 2010 3

Tabel 5.63 Simpangan Antar Tingkat Gempa Chilie 2010 3

Simpangan Antar Tingkat Gempa Chilie 2010 3 Arah X									
Lantai	**δex**	**Cd**	**Ie**	**ρ**	**h_{sx}**	**δe**	**Δx**	**Δ_{izin}**	**Status**
	mm				**mm**	**mm**	**mm**	**mm**	
Pondasi	0,00	5,5	1,5	1,3	2000	0,00	0,00	15,38	OK
1	0,75				4070	2,76	2,76	31,31	OK
2	6,32				4250	23,17	20,41	32,69	OK
3	11,55				4150	42,35	19,18	31,92	OK
4	15,18				4150	55,66	13,31	31,92	OK
Atap	16,30				1780	59,78	4,12	13,69	OK
Simpangan Antar Tingkat Gempa Chilie 2010 3 Arah Y									
Lantai	**δex**	**Cd**	**Ie**	**ρ**	**h_{sx}**	**δe**	**Δx**	**Δ_{izin}**	**Status**
	mm				**mm**	**mm**	**mm**	**mm**	
Pondasi	0,00	5,5	1,5	1,3	2000	0,00	0,00	15,38	OK
1	0,41				4070	1,49	1,49	31,31	OK
2	6,07				4250	22,25	20,76	32,69	OK
3	14,25				4150	52,26	30,01	31,92	OK
4	20,71				4150	75,92	23,66	31,92	OK
Atap	23,03				1780	84,46	8,53	13,69	OK

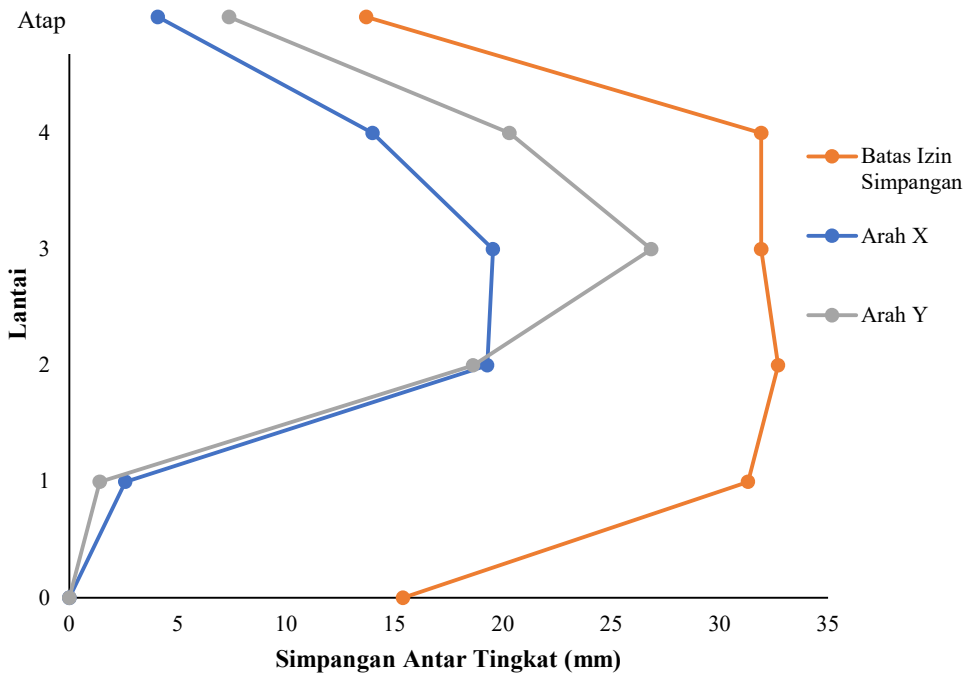


Gambar 5.44 Grafik Simpangan Antar Tingkat Gempa Chilie 2010 3

5. Gempa Illapel 2015 1

Tabel 5.64 Simpangan Antar Tingkat Gempa Illapel 2015 1

Simpangan Antar Tingkat Gempa Illapel 2015 1 Arah X									
Lantai	**δex**	**Cd**	**Ie**	**ρ**	**h_{sx}**	**δe**	**Δx**	**Δ_{izin}**	**Status**
	mm				**mm**	**mm**	**mm**	**mm**	
Pondasi	0,00	5,5	1,5	1,3	2000	0,00	0,00	15,38	OK
1	0,70				4070	2,58	2,58	31,31	OK
2	5,96				4250	21,85	19,27	32,69	OK
3	11,29				4150	41,39	19,54	31,92	OK
4	15,10				4150	55,38	13,99	31,92	OK
Atap	16,22				1780	59,47	4,08	13,69	OK
Simpangan Antar Tingkat Gempa Illapel 2015 1 Arah Y									
Lantai	**δex**	**Cd**	**Ie**	**ρ**	**h_{sx}**	**δe**	**Δx**	**Δ_{izin}**	**Status**
	mm				**mm**	**mm**	**mm**	**mm**	
Pondasi	0,00	5,5	1,5	1,3	2000	0,00	0,00	15,38	OK
1	0,38				4070	1,40	1,40	31,31	OK
2	5,46				4250	20,03	18,63	32,69	OK
3	12,78				4150	46,88	26,85	31,92	OK
4	18,32				4150	67,19	20,31	31,92	OK
Atap	20,33				1780	74,55	7,36	13,69	OK

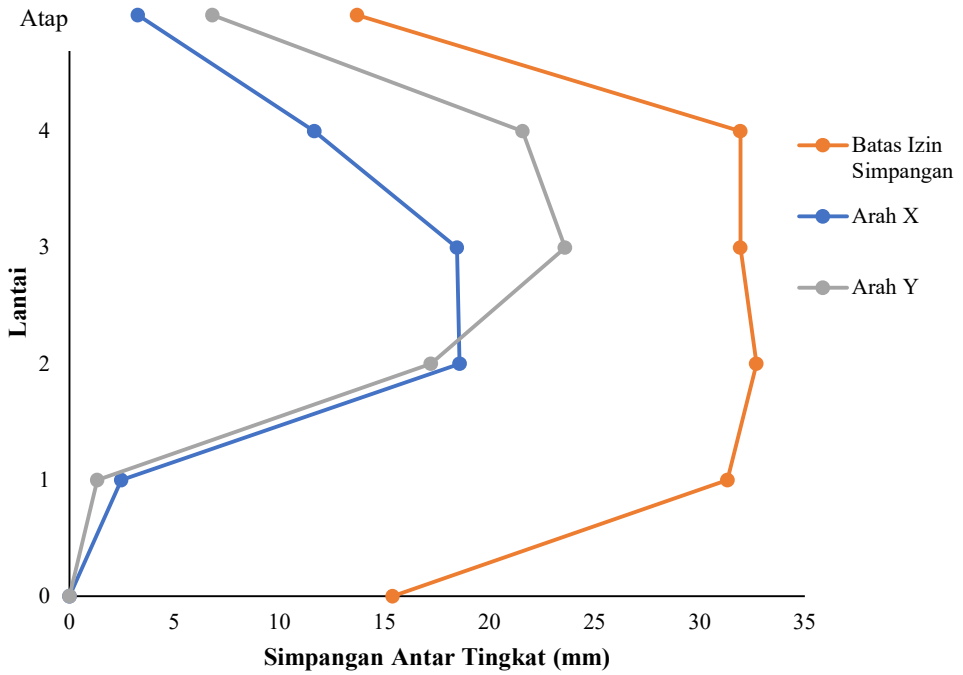


Gambar 5.45 Grafik Simpangan Antar Tingkat Gempa Illipel 2015 1

6. Gempa Illapel 2015 2

Tabel 5.65 Simpangan Antar Tingkat Gempa Illapel 2015 2

Simpangan Antar Tingkat Gempa Illapel 2015 2 Arah X									
Lantai	**δex**	**Cd**	**Ie**	**ρ**	**h_{sx}**	**δe**	**Δx**	**Δ_{izin}**	**Status**
	mm				**mm**	**mm**	**mm**	**mm**	
Pondasi	0,00	5,5	1,5	1,3	2000	0,00	0,00	15,38	OK
1	0,67				4070	2,46	2,46	31,31	OK
2	5,74				4250	21,04	18,57	32,69	OK
3	10,77				4150	39,48	18,44	31,92	OK
4	13,95				4150	51,13	11,65	31,92	OK
Atap	14,83				1780	54,38	3,25	13,69	OK
Simpangan Antar Tingkat Gempa Illapel 2015 2 Arah Y									
Lantai	**δex**	**Cd**	**Ie**	**ρ**	h_{sx}	δe	Δx	Δ_{izin}	Status
	mm				**mm**	**mm**	**mm**	**mm**	
Pondasi	0,00	5,5	1,5	1,3	2000	0,00	0,00	15,38	OK
1	0,36				4070	1,32	1,32	31,31	OK
2	5,05				4250	18,52	17,20	32,69	OK
3	11,48				4150	42,10	23,59	31,92	OK
4	17,36				4150	63,67	21,56	31,92	OK
Atap	19,22				1780	70,47	6,80	13,69	OK

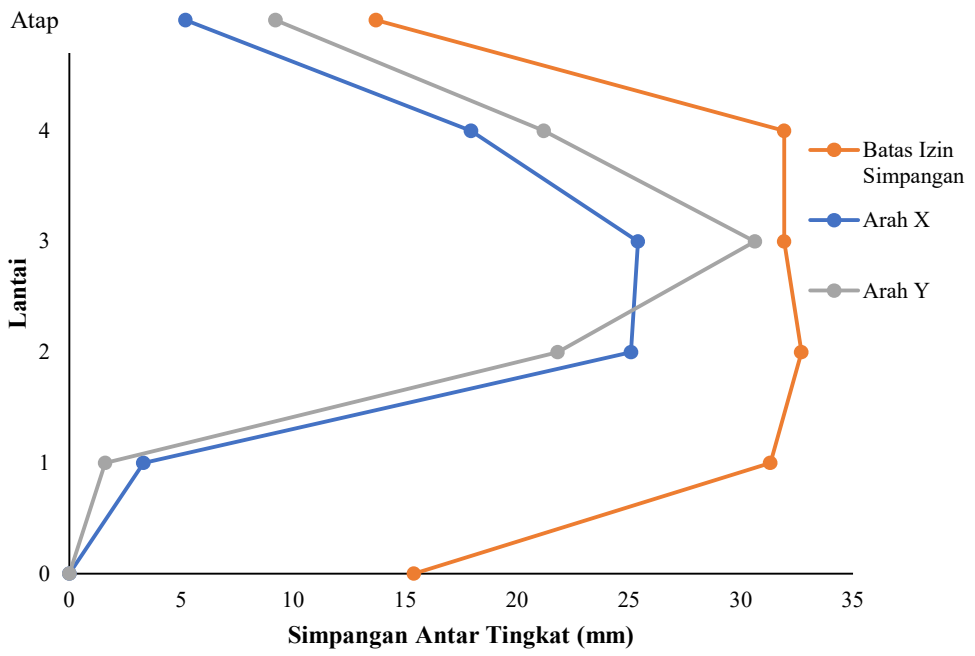


Gambar 5.46 Grafik Simpangan Antar Tingkat Gempa Illapel 2015 2

7. Gempa Tohoku 2011 1

Tabel 5.66 Simpangan Antar Tingkat Gempa Tohoku 2011 1

Simpangan Antar Tingkat Tohoku 2011 1 Arah X									
Lantai	**δex**	**Cd**	**Ie**	**ρ**	**h_{sx}**	**δe**	**Δx**	**Δ_{izin}**	**Status**
	mm				**mm**	**mm**	**mm**	**mm**	
Pondasi	0,00	5,5	1,5	1,3	2000	0,00	0,00	15,38	OK
1	0,90				4070	3,30	3,30	31,31	OK
2	7,74				4250	28,39	25,09	32,69	OK
3	14,67				4150	53,78	25,39	31,92	OK
4	19,56				4150	71,72	17,94	31,92	OK
Atap	20,98				1780	76,91	5,19	13,69	OK
Simpangan Antar Tingkat Gempa Tohoku 2011 1 Arah Y									
Lantai	**δex**	**Cd**	**Ie**	**ρ**	**h_{sx}**	**δe**	**Δx**	**Δ_{izin}**	**Status**
	mm				**mm**	**mm**	**mm**	**mm**	
Pondasi	0,00	5,5	1,5	1,3	2000	0,00	0,00	15,38	OK
1	0,44				4070	1,60	1,60	31,31	OK
2	6,38				4250	23,40	21,81	32,69	OK
3	14,73				4150	54,02	30,62	31,92	OK
4	20,51				4150	75,21	21,19	31,92	OK
Atap	23,02				1780	84,41	9,20	13,69	OK

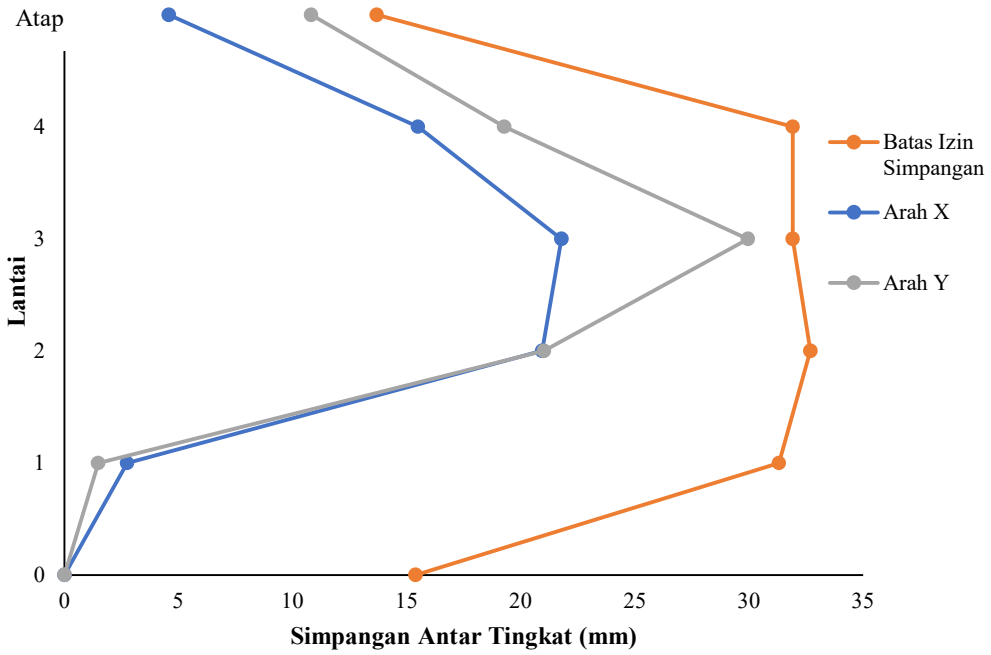


Gambar 5.47 Grafik Simpangan Antar Tingkat Gempa Tohoku 2011 1

8. Gempa Tohoku 2011 2

Tabel 5.67 Simpangan Antar Tingkat Gempa Tohoku 2011 2

Simpangan Antar Tingkat Gempa Tohoku 2011 2 Arah X									
Lantai	**δex**	**Cd**	**Ie**	**ρ**	**h_{sx}**	**δe**	**Δx**	**Δ_{izin}**	**Status**
	mm				**mm**	**mm**	**mm**	**mm**	
Pondasi	0	5,5	1,5	1,3	2000	0,00	0,00	15,38	OK
1	0,75				4070	2,75	2,75	31,31	OK
2	6,46				4250	23,69	20,94	32,69	OK
3	12,40				4150	45,48	21,78	31,92	OK
4	16,63				4150	60,98	15,50	31,92	OK
Atap	17,88				1780	65,55	4,57	13,69	OK
Simpangan Antar Tingkat Gempa Tohoku 2011 2 Arah Y									
Lantai	**δex**	**Cd**	**Ie**	**ρ**	**h_{sx}**	**δe**	**Δx**	**Δ_{izin}**	**Status**
	mm				**mm**	**mm**	**mm**	**mm**	
Pondasi	0,00	5,5	1,5	1,3	2000	0,00	0,00	15,38	OK
1	0,40				4070	1,48	1,48	31,31	OK
2	6,14				4250	22,50	21,02	32,69	OK
3	14,31				4150	52,46	29,96	31,92	OK
4	19,56				4150	71,73	19,27	31,92	OK
Atap	22,51				1780	82,54	10,81	13,69	OK

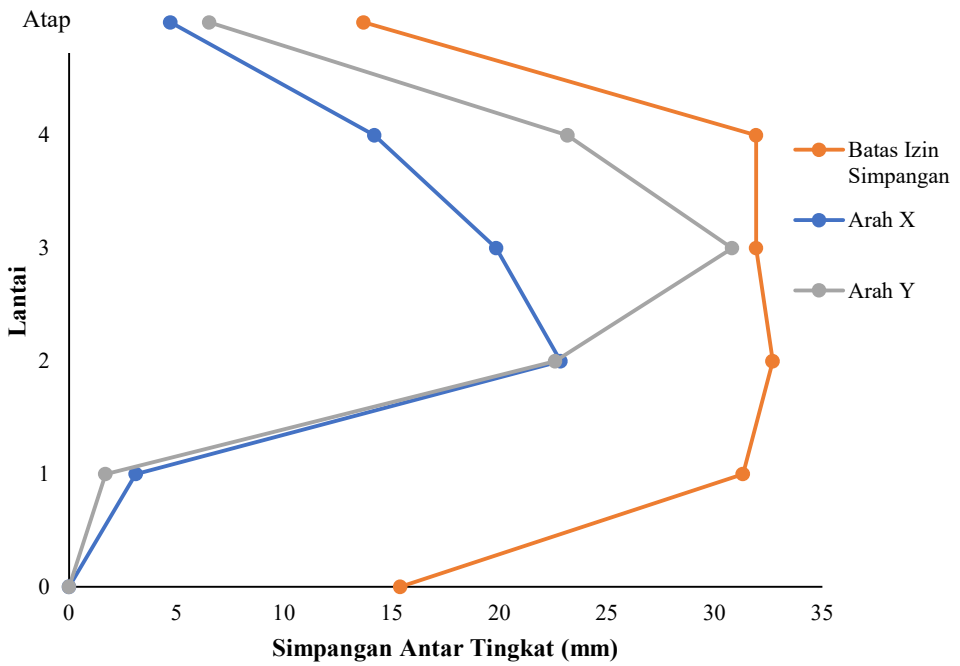


Gambar 5.48 Grafik Simpangan Antar Tingkat Gempa Tohoku 2011 2

9. Gempa Tohoku 2011 3

Tabel 5.68 Simpangan Antar Tingkat Gempa Tohoku 2011 3

Simpangan Antar Tingkat Gempa Tohoku 2011 3 Arah X									
Lantai	**δex**	**Cd**	**Ie**	**ρ**	**h_{sx}**	**δe**	**Δx**	**Δ_{izin}**	**Status**
	mm				**mm**	**mm**	**mm**	**mm**	
Pondasi	0,00	5,5	1,5	1,3	2000	0,00	0,00	15,38	OK
1	0,85				4070	3,10	3,10	31,31	OK
2	7,08				4250	25,94	22,84	32,69	OK
3	12,49				4150	45,79	19,85	31,92	OK
4	16,36				4150	59,98	14,19	31,92	OK
Atap	17,64				1780	64,69	4,71	13,69	OK
Simpangan Antar Tingkat Gempa Tohoku 2011 3 Arah Y									
Lantai	**δex**	**Cd**	**Ie**	**ρ**	**h_{sx}**	**δe**	**Δx**	**Δ_{izin}**	**Status**
	mm				**mm**	**mm**	**mm**	**mm**	
Pondasi	0,00	5,5	1,5	1,3	2000	0,00	0,00	15,38	OK
1	0,46				4070	1,70	1,70	31,31	OK
2	6,62				4250	24,29	22,59	32,69	OK
3	15,03				4150	55,10	30,81	31,92	OK
4	21,34				4150	78,26	23,16	31,92	OK
Atap	23,12				1780	84,78	6,52	13,69	OK

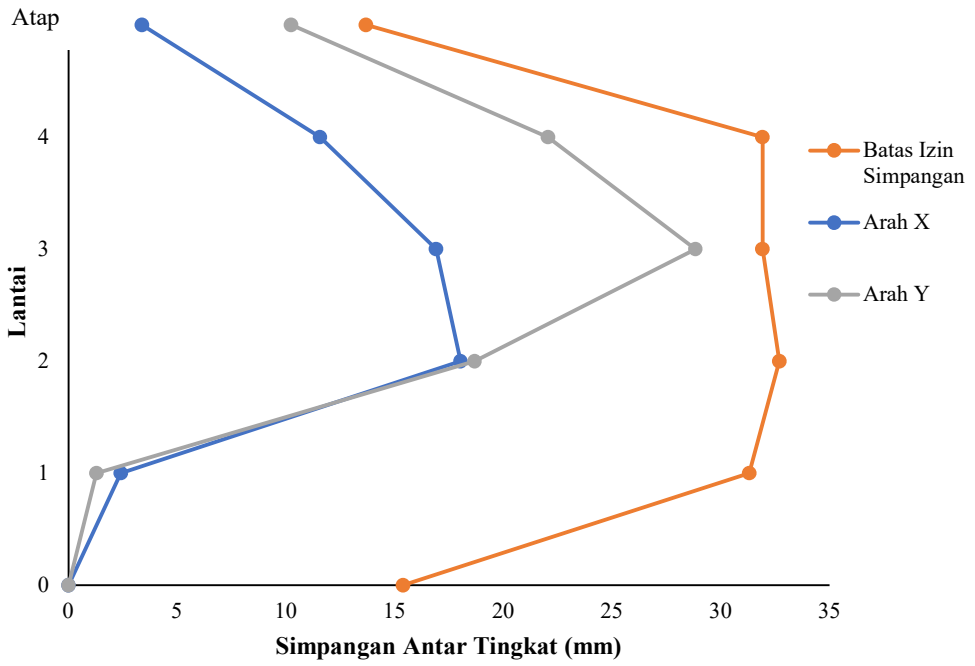


Gambar 5.49 Grafik Simpangan Antar Tingkat Gempa Tohoku 2011 3

10. Gempa Tokachi-oki 2003 1

Tabel 5.69 Simpangan Antar Tingkat Gempa Tokachi-Oki 2003 1

Simpangan Antar Tingkat Gempa Tokachi-Oki 2003 1 Arah X									
Lantai	**δex**	**Cd**	**Ie**	**ρ**	**h_{sx}**	**δe**	**Δx**	**Δ_{izin}**	**Status**
	mm				**mm**	**mm**	**mm**	**mm**	
Pondasi	0,00	5,5	1,5	1,3	2000	0,00	0,00	15,38	OK
1	0,66				4070	2,41	2,41	31,31	OK
2	5,58				4250	20,45	18,03	32,69	OK
3	10,19				4150	37,36	16,91	31,92	OK
4	13,34				4150	48,92	11,56	31,92	OK
Atap	14,26				1780	52,29	3,37	13,69	OK
Simpangan Antar Tingkat Gempa Tokachi-Oki 2003 1 Arah Y									
Lantai	**δex**	**Cd**	**Ie**	**ρ**	**h_{sx}**	**δe**	**Δx**	**Δ_{izin}**	**Status**
	mm				**mm**	**mm**	**mm**	**mm**	
Pondasi	0,00	5,5	1,5	1,3	2000	0,00	0,00	15,38	OK
1	0,35				4070	1,28	1,28	31,31	OK
2	5,45				4250	19,97	18,69	32,69	OK
3	13,31				4150	48,80	28,83	31,92	OK
4	19,33				4150	70,86	22,06	31,92	OK
Atap	22,12				1780	81,10	10,24	13,69	OK

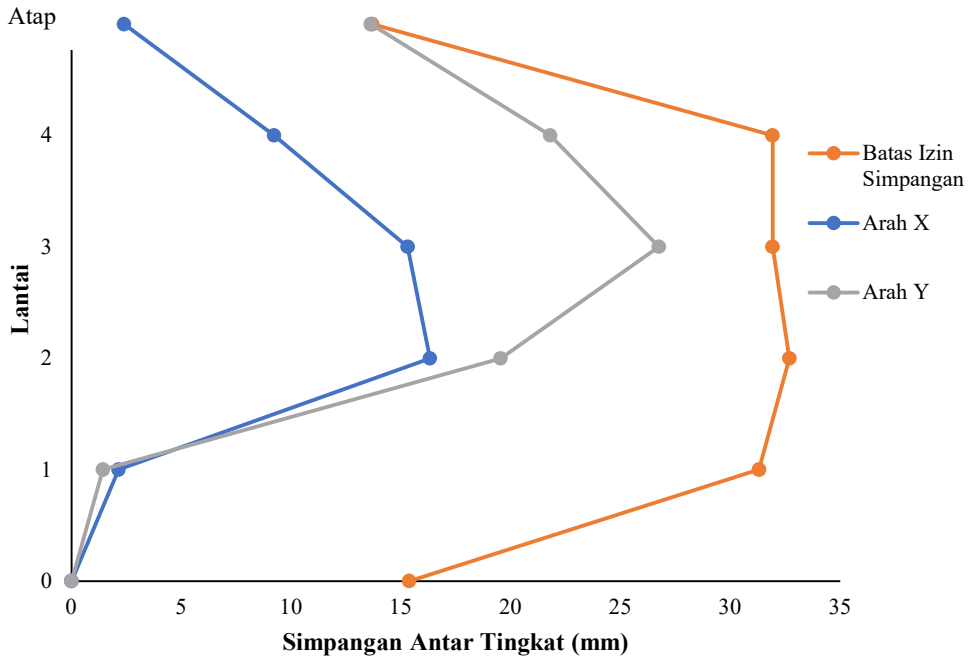


Gambar 5.50 Grafik Simpangan Antar Tingkat Gempa Tokachi-Oki 2003 1

11. Gempa Tokachi-oki 2003 2

Tabel 5.70 Simpangan Antar Tingkat Gempa Tokachi-Oki 2003 2

Simpangan Antar Tingkat Gempa Tokachi-Oki 2003 2 Arah X									
Lantai	**δex**	**Cd**	**Ie**	**ρ**	**h_{sx}**	**δe**	**Δx**	**Δ_{izin}**	**Status**
	mm				**mm**	**mm**	**mm**	**mm**	
Pondasi	0,00	5,5	1,5	1,3	2000	0,00	0,00	15,38	OK
1	0,59				4070	2,15	2,15	31,31	OK
2	5,04				4250	18,47	16,32	32,69	OK
3	9,21				4150	33,78	15,32	31,92	OK
4	11,73				4150	43,01	9,23	31,92	OK
Atap	12,38				1780	45,40	2,39	13,69	OK
Simpangan Antar Tingkat Gempa Tokachi-Oki 2003 2 Arah Y									
Lantai	**δex**	**Cd**	**Ie**	**ρ**	**h_{sx}**	**δe**	**Δx**	**Δ_{izin}**	**Status**
	mm				**mm**	**mm**	**mm**	**mm**	
Pondasi	0,00	5,5	1,5	1,3	2000	0,00	0,00	15,38	OK
1	0,39				4070	1,44	1,44	31,31	OK
2	5,72				4250	20,98	19,54	32,69	OK
3	13,01				4150	47,72	26,74	31,92	OK
4	18,96				4150	69,52	21,80	31,92	OK
Atap	22,68				1780	83,15	13,63	13,69	OK

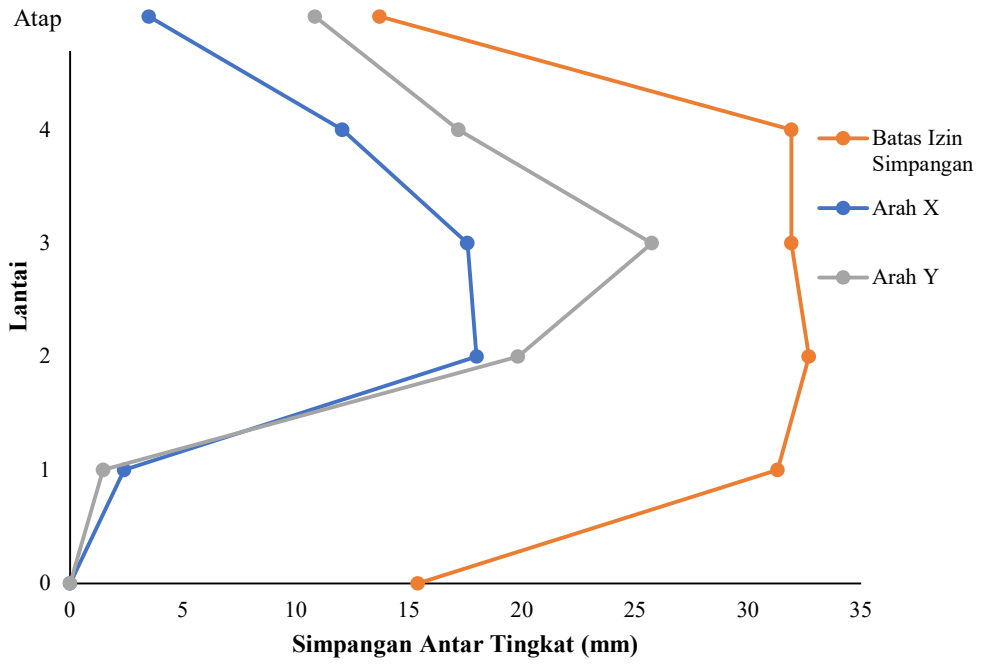


Gambar 5.51 Grafik Simpangan Antar Tingkat Gempa Tokachi-Oki 2003 2

12. Gempa Tokachi-oki 2003 3

Tabel 5.71 Simpangan Antar Tingkat Gempa Tokachi-Oki 2003 3

Simpangan Antar Tingkat Gempa Tokachi-Oki 2003 3 Arah X									
Lantai	**δex**	**Cd**	**Ie**	**ρ**	**h_{sx}**	**δe**	**Δx**	**Δ_{izin}**	**Status**
	mm				**mm**	**mm**	**mm**	**mm**	
Pondasi	0,00	5,5	1,5	1,3	2000	0,00	0,00	15,38	OK
1	0,65				4070	2,39	2,39	31,31	OK
2	5,56				4250	20,39	17,99	32,69	OK
3	10,36				4150	37,97	17,59	31,92	OK
4	13,64				4150	50,02	12,05	31,92	OK
Atap	14,60				1780	53,52	3,49	13,69	OK
Simpangan Antar Tingkat Gempa Tokachi-Oki 2003 3 Arah Y									
Lantai	**δex**	**Cd**	**Ie**	**ρ**	**h_{sx}**	**δe**	**Δx**	**Δ_{izin}**	**Status**
	mm				**mm**	**mm**	**mm**	**mm**	
Pondasi	0,00	5,5	1,5	1,3	2000	0,00	0,00	15,38	OK
1	0,40				4070	1,47	1,47	31,31	OK
2	5,81				4250	21,30	19,82	32,69	OK
3	12,83				4150	47,03	25,74	31,92	OK
4	17,52				4150	64,23	17,19	31,92	OK
Atap	20,47				1780	75,06	10,84	13,69	OK



Gambar 5.52 Grafik Simpangan Antar Tingkat Gempa Tokachi-Oki 2003 3

Hasil analisis terhadap simpangan yang telah dilakukan pada objek penelitian adalah simpangan antar tingkat yang terjadi pada setiap data rekaman gempa tidak ada simpangan antar tingkat yang melebihi batas simpangan izin. Simpangan antar tingkat terbesar terjadi pada lantai 3 rekaman gempa Tohoku 2003 1 untuk arah X dengan nilai sebesar 25,09 mm dan untuk arah Y pada rekaman gempa Tohoku 2003 3 dengan nilai sebesar 30,81 mm.

5.6.2 *Drift Ratio*

Drift ratio atau rasio simpangan antar tingkat menurut SNI 1726 didefinisikan sebagai simpangan antar tingkat yang ditinjau dibagi dengan tinggi tingkat yang ditinjau. Untuk contoh perhitungan bisa dilihat pada perhitungan rasio simpangan antar tingkat lantai 1 gempa Chi-chi 1999 sebagai berikut.

h_{sx} = 4070 mm

$\Delta 1$ = 2,99 mm

$\frac{\Delta_1}{h_{sx}} = \frac{2,99}{4070}$

= 0,0007

Dari hasil perhitungan tersebut didapat nilai rasio simpangan antar tingkat pada lantai 1 gempa Big Bear sebesar 0,00001. Rekapitulasi dari perhitungan analisis simpangan antar tingkat disajikan pada tabel-tabel berikut.

1. MCER Yogyakarta

Tabel 5.72 *Drift Ratio* MCER Yogyakarta

Lantai	h_{sx} (mm)	Δx (mm)	$\frac{\Delta_x}{h_{sx}}$	Δy (mm)	$\frac{\Delta_y}{h_{sx}}$
Pondasi	2000	0,00	0,00000	0,00	0,0000
1	4070	2,35	0,00084	1,20	0,0003
2	4250	17,81	0,00613	16,59	0,0039
3	4150	17,69	0,00623	23,46	0,0057
4	4150	12,03	0,00424	17,22	0,0041
Atap	1780	3,44	0,00282	11,84	0,0067

2. Gempa Chilie 2010 1

Tabel 5.73 *Drift Ratio* Gempa Chi-Chi 1999

Lantai	h_{sx} (mm)	Δx (mm)	$\frac{\Delta_x}{h_{sx}}$	Δy (mm)	$\frac{\Delta_y}{h_{sx}}$
1	4070	2,70	0,0007	1,60	0,0004
2	4250	20,81	0,0049	21,83	0,0051
3	4150	22,44	0,0054	29,79	0,0072
4	4150	16,14	0,0039	21,02	0,0051
Atap	1780	4,77	0,0027	9,54	0,0054

3. Gempa Chilie 2010 2

Tabel 5.74 *Drift Ratio* Gempa Chilie 2010 2

Lantai	h_{sx} (mm)	Δx (mm)	$\frac{\Delta_x}{h_{sx}}$	Δy (mm)	$\frac{\Delta_y}{h_{sx}}$
1	4070	3,09	0,0008	1,40	0,0003
2	4250	23,40	0,0055	19,75	0,0046
3	4150	22,98	0,0055	28,76	0,0069
4	4150	16,78	0,0040	21,61	0,0052
Atap	1780	4,92	0,0028	7,62	0,0043

4. Gempa Chilie 2010 3

Tabel 5.75 *Drift Ratio* Gempa Chilie 2010 3

Lantai	h_{sx} (mm)	Δx (mm)	$\frac{\Delta_x}{h_{sx}}$	Δy (mm)	$\frac{\Delta_y}{h_{sx}}$
1	4070	2,76	0,0007	1,49	0,0004
2	4250	20,41	0,0048	20,76	0,0049
3	4150	19,18	0,0046	30,01	0,0072
4	4150	13,31	0,0032	23,66	0,0057
Atap	1780	4,12	0,0023	8,53	0,0048

5. Gempa Illapel 2015 1

Tabel 5.76 *Drift Ratio* Gempa Illapel 2015 1

Lantai	h_{sx} (mm)	Δx (mm)	$\frac{\Delta_x}{h_{sx}}$	Δy (mm)	$\frac{\Delta_y}{h_{sx}}$
1	4070	2,58	0,0006	1,40	0,0003
2	4250	19,27	0,0045	18,63	0,0044
3	4150	19,54	0,0047	26,85	0,0065
4	4150	13,99	0,0034	20,31	0,0049
Atap	1780	4,08	0,0023	7,36	0,0041

6. Gempa Illapel 2015 2

Tabel 5.77 *Drift Ratio* Gempa Illapel 2015 2

Lantai	h_{sx} (mm)	Δx (mm)	$\frac{\Delta_x}{h_{sx}}$	Δy (mm)	$\frac{\Delta_y}{h_{sx}}$
1	4070	2,46	0,0006	1,32	0,0003
2	4250	18,57	0,0044	17,20	0,0040
3	4150	18,44	0,0044	23,59	0,0057
4	4150	11,65	0,0028	21,56	0,0052
Atap	1780	3,25	0,0018	6,80	0,0038

7. Gempa Tohoku 2011 1

Tabel 5.78 *Drift Ratio* Gempa Tohoku 2011 1

Lantai	h_{sx} (mm)	Δx (mm)	$\frac{\Delta_x}{h_{sx}}$	Δy (mm)	$\frac{\Delta_y}{h_{sx}}$
1	4070	3,30	0,0008	1,60	0,0004
2	4250	25,09	0,0059	21,81	0,0051
3	4150	25,39	0,0061	30,62	0,0074
4	4150	17,94	0,0043	21,19	0,0051
Atap	1780	5,19	0,0029	9,20	0,0052

8. Gempa Tohoku 2011 2

Tabel 5.79 *Drift Ratio* Gempa Tohoku 2011 2

Lantai	h_{sx} (mm)	Δx (mm)	$\frac{\Delta_x}{h_{sx}}$	Δy (mm)	$\frac{\Delta_y}{h_{sx}}$
1	4070	2,75	0,0007	1,48	0,0004
2	4250	20,94	0,0049	21,02	0,0049
3	4150	21,78	0,0052	29,96	0,0072
4	4150	15,50	0,0037	19,27	0,0046
Atap	1780	4,57	0,0026	10,81	0,0061

9. Gempa Tohoku 2011 3

Tabel 5.80 *Drift Ratio* Gempa Tohoku 2011 3

Lantai	h_{sx} (mm)	Δx (mm)	$\frac{\Delta_x}{h_{sx}}$	Δy (mm)	$\frac{\Delta_y}{h_{sx}}$
1	4070	3,10	0,0008	1,70	0,0004
2	4250	22,84	0,0054	22,59	0,0053
3	4150	19,85	0,0048	30,81	0,0074
4	4150	14,19	0,0034	23,16	0,0056
Atap	1780	4,71	0,0026	6,52	0,0037

10. Gempa Tokachi-oki 2003 1

Tabel 5.81 *Drift Ratio* Gempa Tokachi-Oki 2003 1

Lantai	h_{sx} (mm)	Δx (mm)	$\frac{\Delta_x}{h_{sx}}$	Δy (mm)	$\frac{\Delta_y}{h_{sx}}$
1	4070	2,41	0,0006	1,28	0,0003
2	4250	18,03	0,0042	18,69	0,0044
3	4150	16,91	0,0041	28,83	0,0069
4	4150	11,56	0,0028	22,06	0,0053
Atap	1780	3,37	0,0019	10,24	0,0058

11. Gempa Tokachi-oki 2003 2

Tabel 5.82 *Drift Ratio* Gempa Tokachi-Oki 2003 2

Lantai	h_{sx} (mm)	Δx (mm)	$\frac{\Delta_x}{h_{sx}}$	Δy (mm)	$\frac{\Delta_y}{h_{sx}}$
1	4070	2,15	0,0005	1,44	0,0004
2	4250	16,32	0,0038	19,54	0,0046
3	4150	15,32	0,0037	26,74	0,0064
4	4150	9,23	0,0022	21,80	0,0053
Atap	1780	2,39	0,0013	13,63	0,0077

12. Gempa Tokachi-oki 2003 3

Tabel 5.83 *Drift Ratio* Gempa Tokachi-Oki 2003 3

Lantai	h_{sx} (mm)	Δx (mm)	$\frac{\Delta_x}{h_{sx}}$	Δy (mm)	$\frac{\Delta_y}{h_{sx}}$
1	4070	2,39	0,0006	1,47	0,0004
2	4250	17,99	0,0042	19,82	0,0047
3	4150	17,59	0,0042	25,74	0,0062
4	4150	12,05	0,0029	17,19	0,0041
Atap	1780	3,49	0,0020	10,84	0,0061

Hasil analisis terhadap *drift ratio* didapat nilai arah X paling besar terjadi pada lantai 3 rekaman gempa Tohoku 2011 1 dengan nilai sebesar 0,00612 dan nilai arah Y paling besar terjadi pada atap rekaman gempa Tokachi-oki 2003 2 dengan nilai sebesar 0,00766.

5.7 Pengaruh Efek P-Delta

Koefisien Stabilitas, θ, berdasarkan SNI 1726:2019 memiliki batasan atau nilai maksimum yang tidak boleh dilewati dari nilai θ_{max} . efek P-delta digunakan sebagai parameter yang harus dipenuhi untuk menunjukkan kestabilan dari sebuah bangunan struktur. untuk contoh perhitungan efek P-delta menggunakan Persamaan 3.43 dan 3.44 bisa dilihat pada perhitungan efek P-delta lantai 1 gempa Chi-chi 1999 sebagai berikut.

Px = 23127,93 kN

Vx = 2342 kN

$\Delta 1$ = 2,99 mm

Ie = 1,5

Cd = 5,5

h_{sx} = 4070 mm

β = 1,0 (diambil secara konservatif menurut SNI 1726:2019 pasal 7.8.7)

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

$$= \frac{23127{,}93 \times 2{,}99 \times 1{,}5}{2342 \times 4070 \times 5{,}5}$$

$$= 0{,}002$$

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

$$= \frac{0{,}5}{1 \times 5{,}5}$$

$$= 0{,}0909$$

Berdasarkan hasil perhitungan didapatkan bahwa nilai $\theta < \theta_{max}$, maka pada lantai 1 bangunan dengan rekaman gempa Big Bear tergolong stabil. Untuk rekaman gempa lainnya bisa dilihat hasil rekapitulasinya pada tabel-tabel berikut.

1. MCER Yogyakarta

Tabel 5.84 Pengaruh P-Delta MCER Yogyakarta

Efek P-Delta MCER Yogyakarta Arah X									
Lantai	**Px**	**Vx**	**Δx**	**Ie**	**Cd**	**h_{sx}**	**θ**	**θ_{max}**	**Status**
	kN	**kN**	**mm**			**mm**			
1	23128	1740	2,35	1,5	5,5	4070	0,002	0,0909	OK
2	17345	1524	17,81			4250	0,013	0,0909	OK
3	11538	1130	17,69			4150	0,012	0,0909	OK
4	4901	543	12,03			4150	0,007	0,0909	OK
Atap	97	13	3,44			1780	0,004	0,0909	OK
Efek P-Delta MCER Yogyakarta Arah Y									
Lantai	**Px**	**Vx**	**Δx**	**Ie**	**Cd**	**h_{sx}**	**θ**	**θ_{max}**	**Status**
	kN	**kN**	**mm**			**mm**			
1	23128	824	1,20	1,5	5,5	4070	0,002	0,0909	OK
2	17345	735	16,59			4250	0,025	0,0909	OK
3	11538	567	23,46			4150	0,031	0,0909	OK
4	4901	309	17,22			4150	0,018	0,0909	OK
Atap	97	8	11,84			1780	0,022	0,0909	OK

2. Gempa Chilie 2010 1

Tabel 5.85 Pengaruh P-Delta Gempa Chilie 2010 1

Efek P-Delta Gempa Chilie 2010 1 Arah X									
Lantai	**Px**	**Vx**	**Δx**	**Ie**	**Cd**	**h_{sx}**	**θ**	**θ_{max}**	**Status**
	kN	**kN**	**mm**			**mm**			
1	23128	2006	2,70	1,5	5,5	4070	0,002	0,0909	OK
2	17345	1900	20,81			4250	0,012	0,0909	OK
3	11538	1479	22,44			4150	0,012	0,0909	OK
4	4901	721	16,14			4150	0,007	0,0909	OK
Atap	97	20	4,77			1780	0,003	0,0909	OK
Efek P-Delta Gempa Chilie 2010 1 Arah Y									
Lantai	**Px**	**Vx**	**Δx**	**Ie**	**Cd**	**h_{sx}**	**θ**	**θ_{max}**	**Status**
	kN	**kN**	**mm**			**mm**			
1	23128	1096	1,60	1,5	5,5	4070	0,002	0,0909	OK
2	17345	934	21,83			4250	0,026	0,0909	OK
3	11538	852	29,79			4150	0,027	0,0909	OK
4	4901	493	21,02			4150	0,014	0,0909	OK
Atap	97	12	9,54			1780	0,012	0,0909	OK

3. Gempa Chilie 2010 2

Tabel 5.86 Pengaruh P-Delta Gempa Chilie 2010 2

Efek P-Delta Gempa Chilie 2010 2 Arah X									
Lantai	**Px**	**Vx**	**Δx**	**Ie**	**Cd**	**h_{sx}**	**θ**	**θ_{max}**	**Status**
	kN	**kN**	**mm**			**mm**			
1	23128	2298	3,09	1,5	5,5	4070	0,002	0,0909	OK
2	17345	2041	23,40			4250	0,014	0,0909	OK
3	11538	1594	22,98			4150	0,012	0,0909	OK
4	4901	776	16,78			4150	0,007	0,0909	OK
Atap	97	19	4,92			1780	0,004	0,0909	OK
Efek P-Delta Gempa Chilie 2010 2 Arah Y									
Lantai	**Px**	**Vx**	**Δx**	**Ie**	**Cd**	**h_{sx}**	**θ**	**θ_{max}**	**Status**
	kN	**kN**	**mm**			**mm**			
1	23128	1285	1,40	1,5	5,5	4070	0,002	0,0909	OK
2	17345	1203	19,75			4250	0,018	0,0909	OK
3	11538	993	28,76			4150	0,022	0,0909	OK
4	4901	731	21,61			4150	0,010	0,0909	OK
Atap	97	18	7,62			1780	0,006	0,0909	OK

4. Gempa Chilie 2010 3

Tabel 5.87 Pengaruh P-Delta Gempa Chilie 2010 3

Efek P-Delta Gempa Chilie 2010 3 Arah X									
Lantai	**Px**	**Vx**	**Δx**	**Ie**	**Cd**	**h_{sx}**	**θ**	**θ_{max}**	**Status**
	kN	**kN**	**mm**			**mm**			
1	23128	2026	2,76	1,5	5,5	4070	0,002	0,0909	OK
2	17345	1975	20,41			4250	0,011	0,0909	OK
3	11538	1514	19,18			4150	0,010	0,0909	OK
4	4901	727	13,31			4150	0,006	0,0909	OK
Atap	97	16	4,12			1780	0,004	0,0909	OK
Efek P-Delta Gempa Chilie 2010 3 Arah Y									
Lantai	**Px**	**Vx**	**Δx**	**Ie**	**Cd**	**h_{sx}**	**θ**	**θ_{max}**	**Status**
	kN	**kN**	**mm**			**mm**			
1	23128	1060	1,49	1,5	5,5	4070	0,002	0,0909	OK
2	17345	935	20,76			4250	0,025	0,0909	OK
3	11538	747	30,01			4150	0,030	0,0909	OK
4	4901	371	23,66			4150	0,021	0,0909	OK
Atap	97	10	8,53			1780	0,013	0,0909	OK

5. Gempa Illape 2015 1

Tabel 5.88 Pengaruh P-Delta Gempa Illapel 2015 1

Efek P-Delta Gempa Illapel 2015 1 Arah X									
Lantai	**Px**	**Vx**	**Δx**	**Ie**	**Cd**	**h_{sx}**	**θ**	**θ_{max}**	**Status**
	kN	**kN**	**mm**			**mm**			
1	23128	1895	2,58	1,5	5,5	4070	0,002	0,0909	OK
2	17345	1678	19,27			4250	0,013	0,0909	OK
3	11538	1312	19,54			4150	0,011	0,0909	OK
4	4901	645	13,99			4150	0,007	0,0909	OK
Atap	97	20	4,08			1780	0,003	0,0909	OK
Efek P-Delta Gempa Illapel 2015 1 Arah Y									
Lantai	**Px**	**Vx**	**Δx**	**Ie**	**Cd**	**h_{sx}**	**θ**	**θ_{max}**	**Status**
	kN	**kN**	**mm**			**mm**			
1	23128	1015	1,40	1,5	5,5	4070	0,002	0,0909	OK
2	17345	959	18,63			4250	0,022	0,0909	OK
3	11538	727	26,85			4150	0,028	0,0909	OK
4	4901	380	20,31			4150	0,017	0,0909	OK
Atap	97	9	7,36			1780	0,012	0,0909	OK

6. Gempa Illapel 2015 2

Tabel 5.89 Pengaruh P-Delta Gempa Illapel 2015 2

Efek P-Delta Gempa Illapel 2015 2 Arah X									
Lantai	**Px**	**Vx**	**Δx**	**Ie**	**Cd**	**h_{sx}**	**θ**	**θ_{max}**	**Status**
	kN	**kN**	**mm**			**mm**			
1	23128	2083	2,46	1,5	5,5	4070	0,002	0,0909	OK
2	17345	1749	18,57			4250	0,012	0,0909	OK
3	11538	1275	18,44			4150	0,011	0,0909	OK
4	4901	607	11,65			4150	0,006	0,0909	OK
Atap	97	16	3,25			1780	0,003	0,0909	OK
Efek P-Delta Gempa Illapel 2015 2 Arah Y									
Lantai	**Px**	**Vx**	**Δx**	**Ie**	**Cd**	**h_{sx}**	**θ**	**θ_{max}**	**Status**
	kN	**kN**	**mm**			**mm**			
1	23128	998	1,32	1,5	5,5	4070	0,002	0,0909	OK
2	17345	978	17,20			4250	0,020	0,0909	OK
3	11538	730	23,59			4150	0,024	0,0909	OK
4	4901	362	21,56			4150	0,019	0,0909	OK
Atap	97	8	6,80			1780	0,012	0,0909	OK

7. Gempa Tohoku 2011 1

Tabel 5.90 Pengaruh P-Delta Gempa Tohoku 2011 1

Efek P-Delta Gempa Tohoku 2011 1 Arah X									
Lantai	**Px**	**Vx**	**Δx**	**Ie**	**Cd**	**h_{sx}**	***θ***	**θ_{max}**	**Status**
	kN	**kN**	**mm**			**mm**			
1	23128	2453	3,30	1,5	5,5	4070	0,002	0,0909	OK
2	17345	2190	25,09			4250	0,013	0,0909	OK
3	11538	1660	25,39			4150	0,012	0,0909	OK
4	4901	801	17,94			4150	0,007	0,0909	OK
Atap	97	18	5,19			1780	0,004	0,0909	OK
Efek P-Delta Gempa Tohoku 2011 1 Arah Y									
Lantai	**Px**	**Vx**	**Δx**	**Ie**	**Cd**	**h_{sx}**	***θ***	**θ_{max}**	**Status**
	kN	**kN**	**mm**			**mm**			
1	23128	1162	1,60	1,5	5,5	4070	0,002	0,0909	OK
2	17345	986	21,81			4250	0,025	0,0909	OK
3	11538	861	30,62			4150	0,027	0,0909	OK
4	4901	542	21,19			4150	0,013	0,0909	OK
Atap	97	13	9,20			1780	0,010	0,0909	OK

8. Gempa Tohoku 2011 2

Tabel 5.91 Pengaruh P-Delta Gempa Tohoku 2011 2

Efek P-Delta Gempa Tohoku 2011 2 Arah X									
Lantai	**Px**	**Vx**	**Δx**	**Ie**	**Cd**	**h_{sx}**	***θ***	**θ_{max}**	**Status**
	kN	**kN**	**mm**			**mm**			
1	23128	2251	2,75	1,5	5,5	4070	0,002	0,0909	OK
2	17345	2043	20,94			4250	0,011	0,0909	OK
3	11538	1625	21,78			4150	0,010	0,0909	OK
4	4901	800	15,50			4150	0,006	0,0909	OK
Atap	97	20	4,57			1780	0,003	0,0909	OK
Efek P-Delta Gempa Tohoku 2011 2 Arah Y									
Lantai	**Px**	**Vx**	**Δx**	**Ie**	**Cd**	**h_{sx}**	***θ***	**θ_{max}**	**Status**
	kN	**kN**	**mm**			**mm**			
1	23128	1395	1,48	1,5	5,5	4070	0,002	0,0909	OK
2	17345	1249	21,02			4250	0,019	0,0909	OK
3	11538	956	29,96			4150	0,024	0,0909	OK
4	4901	592	19,27			4150	0,010	0,0909	OK
Atap	97	15	10,81			1780	0,011	0,0909	OK

9. Gempa Tohoku 2011 3

Tabel 5.92 Pengaruh P-Delta Gempa Tohoku 2011 3

Efek P-Delta Gempa Tohoku 2011 3 Arah X									
Lantai	**Px**	**Vx**	**Δx**	**Ie**	**Cd**	**h_{sx}**	**θ**	**θ_{max}**	**Status**
	kN	**kN**	**mm**			**mm**			
1	23128	2273	3,10	1,5	5,5	4070	0,002	0,0909	OK
2	17345	1864	22,84			4250	0,014	0,0909	OK
3	11538	1728	19,85			4150	0,009	0,0909	OK
4	4901	955	14,19			4150	0,005	0,0909	OK
Atap	97	31	4,71			1780	0,002	0,0909	OK
Efek P-Delta Gempa Tohoku 2011 3 Arah Y									
Lantai	**Px**	**Vx**	**Δx**	**Ie**	**Cd**	**h_{sx}**	**θ**	**θ_{max}**	**Status**
	kN	**kN**	**mm**			**mm**			
1	23128	1087	1,70	1,5	5,5	4070	0,002	0,0909	OK
2	17345	1039	22,59			4250	0,024	0,0909	OK
3	11538	818	30,81			4150	0,029	0,0909	OK
4	4901	594	23,16			4150	0,013	0,0909	OK
Atap	97	15	6,52			1780	0,006	0,0909	OK

10. Gempa Tokachi-oki 2003 1

Tabel 5.93 Pengaruh P-Delta Gempa Tokachi-Oki 2003 1

Efek P-Delta Gempa Tokachi-Oki 2003 1 Arah X									
Lantai	**Px**	**Vx**	**Δx**	**Ie**	**Cd**	**h_{sx}**	**θ**	**θ_{max}**	**Status**
	kN	**kN**	**mm**			**mm**			
1	23128	1856	2,41	1,5	5,5	4070	0,002	0,0909	OK
2	17345	1660	18,03			4250	0,012	0,0909	OK
3	11538	1261	16,91			4150	0,010	0,0909	OK
4	4901	609	11,56			4150	0,006	0,0909	OK
Atap	97	14	3,37			1780	0,004	0,0909	OK
Efek P-Delta Gempa Tokachi-Oki 2003 1 Arah Y									
Lantai	**Px**	**Vx**	**Δx**	**Ie**	**Cd**	**h_{sx}**	**θ**	**θ_{max}**	**Status**
	kN	**kN**	**mm**			**mm**			
1	23128	967	1,28	1,5	5,5	4070	0,002	0,0909	OK
2	17345	844	18,69			4250	0,025	0,0909	OK
3	11538	592	28,83			4150	0,037	0,0909	OK
4	4901	356	22,06			4150	0,020	0,0909	OK
Atap	97	9	10,24			1780	0,017	0,0909	OK

11. Gempa Tokachi-oki 2003 2

Tabel 5.94 Pengaruh P-Delta Gempa Tokachi-Oki 2003 2

Efek P-Delta Gempa Tokachi-Oki 2003 2 Arah X									
Lantai	**Px**	**Vx**	**Δx**	**Ie**	**Cd**	**h_{sx}**	**θ**	**θ_{max}**	**Status**
	kN	**kN**	**mm**			**mm**			
1	23128	1650	2,15	1,5	5,5	4070	0,002	0,0909	OK
2	17345	1343	16,32			4250	0,014	0,0909	OK
3	11538	1113	15,32			4150	0,010	0,0909	OK
4	4901	556	9,23			4150	0,005	0,0909	OK
Atap	97	16	2,39			1780	0,002	0,0909	OK
Efek P-Delta Gempa Tokachi-Oki 2003 2 Arah Y									
Lantai	**Px**	**Vx**	**Δx**	**Ie**	**Cd**	**h_{sx}**	**θ**	**θ_{max}**	**Status**
	kN	**kN**	**mm**			**mm**			
1	23128	921	1,44	1,5	5,5	4070	0,002	0,0909	OK
2	17345	857	19,54			4250	0,025	0,0909	OK
3	11538	628	26,74			4150	0,032	0,0909	OK
4	4901	352	21,80			4150	0,020	0,0909	OK
Atap	97	8	13,63			1780	0,025	0,0909	OK

12. Gempa Tokachi-oki 2003 3

Tabel 5.95 Pengaruh P-Delta Gempa Tokachi-Oki 2003 3

Efek P-Delta Gempa Tokachi-Oki 2003 3 Arah X									
Lantai	**Px**	**Vx**	**Δx**	**Ie**	**Cd**	**h_{sx}**	**θ**	**θ_{max}**	**Status**
	kN	**kN**	**mm**			**mm**			
1	23128	1961	2,39	1,5	5,5	4070	0,002	0,0909	OK
2	17345	1719	17,99			4250	0,012	0,0909	OK
3	11538	1278	17,59			4150	0,010	0,0909	OK
4	4901	612	12,05			4150	0,006	0,0909	OK
Atap	97	17	3,49			1780	0,003	0,0909	OK
Efek P-Delta Gempa Tokachi-Oki 2003 3 Arah Y									
Lantai	**Px**	**Vx**	**Δx**	**Ie**	**Cd**	**h_{sx}**	**θ**	**θ_{max}**	**Status**
	kN	**kN**	**mm**			**mm**			
1	23128	944	1,47	1,5	5,5	4070	0,002	0,0909	OK
2	17345	807	19,82			4250	0,027	0,0909	OK
3	11538	595	25,74			4150	0,033	0,0909	OK
4	4901	291	17,19			4150	0,019	0,0909	OK
Atap	97	7	10,84			1780	0,022	0,0909	OK

Dari analisis terhadap efek p-delta yang telah disajikan pada tabel-tabel di atas, tidak nilai koefisien stabilitas yang melebihi nilai batas maksimalnya pada setiap data rekaman gempa. Sehingga struktur yang dijadikan sebagai objek penelitian ini dinyatakan stabil berdasarkan SNI 1726:2019.

BAB VI
KESIMPULAN DAN SARAN

6.1 Kesimpulan

Setelah proses analisis dilakukan pada objek penelitian, didapatkan hasil seperti yang telah dijelaskan pada bab sebelumnya. Dari hasil tersebut diambil kesimpulan sebagai berikut.

1. Nilai gaya geser dasar pada 11 data rekaman gempa yang digunakan sangat variatif. Hasil tersebut menunjukkan nilai gaya geser dasar arah X lebih dominan dari arah Y. Nilai terkecil gaya geser pada arah X terjadi pada rekaman gempa Tokachi-oki 2003 2 dengan nilai sebesar 1689,08 kN dan untuk terbesar arah X terjadi pada gempa Tohoku 2011 1 dengan nilai sebesar 2471,24 kN. Sedangkan untuk gempa arah Y nilai terkecil terjadi pada gempa Tokachi-oki 2003 2 dengan nilai sebesar 931,68 kN dan nilai terbesar terjadi pada gempa Tohoku 2011 2 dengan nilai sebesar 1173,07 kN. Jadi nilai gaya geser dasar yang terjadi akibat 11 beban rekaman gempa berkisar dari 931,68 kN sampai 2471,24 kN . Dari hasil tersebut juga bisa dilihat bahwa nilai gaya geser dasar beban rekaman gempa dominan lebih besar dari gempa MCER Yogyakarta yang nilainya sebesar 1756,93 kN untuk arah X dan 829,57 kN untuk arah Y.
2. Ketidakberaturan struktur yang telah ditinjau pada objek penelitian menunjukkan hanya terjadi satu tipe ketidakberaturan struktur, yaitu ketidakberaturan horizontal tipe 2 atau ketidakberaturan sudut dalam. Dimana nilai batas rasio antar dimensi denah dan dimensi proyeksi denah struktur dari lokasi sudut dalam pada kedua arahnya melebih batas 15%. Pada arah X sebesar 89% dan arah Y sebesar 43%.
3. Simpangan antar tingkat yang telah ditinjau pada objek penelitian tidak ada nilai simpangan antar tingkat yang melebihi batas izin simpangan pada 11 beban rekaman gempa. Simpangan antar tingkat terbesar terjadi pada lantai 3 rekaman gempa Tohoku 2003 1 untuk arah X dengan nilai sebesar 25,09 mm

dan untuk arah Y pada rekaman gempa Tohoku 2003 3 dengan nilai sebesar 30,81 mm. Nilai *drift ratio* arah X paling besar terjadi pada lantai 3 rekaman gempa Tohoku 2011 1 dengan nilai sebesar 0,00612 dan nilai arah Y paling besar terjadi pada atap rekaman gempa Tokachi-oki 2003 2 dengan nilai sebesar 0,00766, dari hasil tersebut objek penelitian dinyatakan aman karena tidak melebihi batas simpangan izin.

4. Efek P-delta yang telah ditinjau pada 11 beban rekaman gempa tidak ada yang melebihi batas koefisien stabilitas. Berdasarkan hasil tersebut, merujuk pada SNI 1726:2019 objek penelitian dinyatakan aman karena tidak ada hasil analisis efek P-delta yang melebihi koefisien stabilitas.

6.2 Saran

Adapun saran untuk pengembangan lanjutan tentang penelitian evaluasi kinerja struktur menggunakan pembebanan *time history* dari saya adalah sebagai berikut.

1. Menggunakan komputer dengan spesifikasi performa *high end* agar bisa melakukan penelitian dengan lancar dan mendapatkan hasil yang lebih cepat.
2. Pada objek penelitian dapat digunakan objek penelitian yang lebih variatif seperti struktur gedung baja atau gedung beton bertulang dengan dinding lateral.
3. Pengambilan data rekaman gempa bisa diambil dari database lainnya, selain dari website PEER dan NHR3.
4. Menggunakan *software* analisis lainnya, baik untuk analisis struktur maupuan analisis beban gempa *time history.*

DAFTAR PUSTAKA

Abidin, Z., Sangaji, S., dan Supriyadi, A. 2018. Analisi Dinamik Riwayat Waktu Nonlinier *Skew Bridge.* E-Jurnal Matriks Teknik Sipil. Hal 378-385. Solo.

Arrasyid, M.I., Istiqomah, Batubara, B.N., Kudwadi, B. 2023. Evaluasi Kinerja Struktur Bangunan Gedung Tahan Gempa Dengan Metode Analisis Respons Spektrum Dan *Time History* (Studi Kasus: Gedung Direktorat Narkoba Dan Direktorat Intelkam Polda Jabar Kota Bandung). Jurnal Sipil KOKOH. Vol.21. Issue 2 hal 67-80. Bandung.

Arrofi, A. 2022. Evaluasi Struktur Atas Gedung Rumah Sakit UII Berdasarkan SNI 1726:2019. *Tugas Akhir.* (Tidak Diterbitkan). Universitas Islam Indonesia. Yogyakarta.

Budiman, N. dan Acep, P. 2016. Uji Respons Struktur Bangunan Bertingkat Terhadap Gempa Bumi Menggunakan Metode Elemen Hingga. Prosiding SNIPS 2016. 21-22 Juli: 150-158. Bandung.

Diredja, N. V., Pranata, Y. A., dan Simatupang, R. 2009. Analisis Dinamik Riwayat Waktu Gedung Beton Bertulang Akibat Gempa Utama dan Gempa Susulan. *Dinamika Teknik Sipil.* Vol. 12 No.1:70-77. Bandung.

Elnashai, A. S., Kim, S. J., Yun, G. Y., Sidarta, D. 2006. *The Yogyakarta Earthquake of May 272006. Mid-America Earthquake Center.* No. 07-02. United States America.

Erick, K. dan Susilo, A.J. 2022. Studi Parametrik dengan Respons Spektrum Terhadap Deformasi Dinding Diafragma pada Basement dengan Metode Elemen Hingga. *Mitra Teknik Sipil.* Vol. 5, No. 2:359-371. Jakarta

Faizah, R. 2015. Studi Perbandingan Pembebanan Gempa Statik Ekuivalen dan Dinamik Time History pada Gedung Bertingkat di Yogyakarta. *Semesta Teknika*. Vol. 18 No. 2: 190-199. Yogyakarta.

Google *Earth* inc. 2024. Google Earth. (https://earth.google.com/web Diakses 17 Januari 2024).

Hyundai Elevator Co., LTD. 2024. *Passenger Elevator Catalog.* (https://www.hyundaielevator.com Diakses 21 Mei 2024).

Muntafi, Y., Nojima, N., dan Ikramullah., I. 2023. *Study of Ground Motion Models Selection to the Concrete Frame Buillding Damage Probability using the 2006 Yogyakarta Earthquake Scenario.* IOP Conf. Series: Earth and Environmental Sciencen. 1173 012016.

Mazzoni, S. dan Way, J. 2024. *NGA-Subduction Ground Motion Database Web Portal Report. Natural Hazards Risk and Resiliency Research Center (NHR3)*. (https://www.risksciences.ucla.edu/nhr3. Diakses 30 Mei 2024).

Mazzoni, S. dan Way, J. 2013. *PEER Ground Motion Database, Time Series Search Report. Natural Hazards Risk and Resiliency Research Center (NHR3)*. (https://ngawest2.berkeley.edu/site#disclaimer. Diakses 30 Mei 2024).

Novyremia D., Baru, F.H.R.H., Meilawaty, O., 2023. Evaluasi Kinerja Struktur Gedung Terhadap Gempa Dengan Analisis *Time History* (Studi Kasus: Sekolah Nasional Global Nusantara Sampit Kab. Kotawaringin Timur). JSE. Vol.08, No.04 hal 6983-6990. Aceh.

Nur, H. dan Eko, W.S., 1997. Gempa Bumi dan Mekanismenya. *Alami.* Vol. 2 No. 3:50-52.

Patil A.S. dan Khumbar P.D. 2013. *Time History Analysis of Multistoried RRC Buildings for Different Seismic Intensities. International Journal of Structural and Civil Engineering Research.* Vol. 2, No. 3.

Pawirodikromo W., 2012. Seismologi Teknik dan Rekayasa Kegempaan. Pustaka Pelajar.

Pusat Studi Gempa Nasional. 2017. Peta Sumber dan Bahaya Gempa Indonesia Tahun 2017.

Pusat Studi Gempa Nasional. 2022. Peta Deagregasi Bahaya Gempa Indonesia untuk Perencanaan dan Evaluasi Infrstruktur Tahan Gempa.

PFK UII. 2023. Gambar Struktural Proyek Pembangunan Gedung OSCE Fakultas Kedokteran Universitas Islam Indonesia.

PPPURG. 1987. Pedoman Perencanaan Pembebanan Untuk Rumah dan Gedung. Departemen Pekerjaan Umum.

Pratama, F., Budi, A. S., dan Wibowo. 2014. Evaluasi Kinerja Struktur Gedung 10 Lantai dengan Analisis *Time History* pada Tinjauan Drift dan Displacement Menggunakan Software Etabs. *Matriks Teknik Sipil.* 377-384. Surakarta.

Rendra, R., Alex, K. dan Zulfikar, D., 2015. Kinerja Struktur Akibat Beban Gempa dengan Metode Respons Spektrum dan *Time History.* Annual Civil Engineering Seminar 2015. 153-160. Pekanbaru.

Rifai, M., Alami, F., Isneini, M., dan Helmi, M. 2022. Evaluasi Kinerja Struktur Gedung Bertingkat dengan Analisis *Time History. JRSDD*. Vol.10 No.1:99-114. Lampung.

Syahputra. R., Irwan, Sumantri, A. 2021. Evaluasi Kinerja Struktur Pada Gedung Jamaliah Yayasan Syafiatulamaliyah Medan Berdasarkan SNI 1726:2019. Buletin Utama Teknik. Vol.17 No.1:98-105. Medan.

Standar Nasional Indonesia. 2019. *Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Struktur Bangunan Gedung dan Nongedung*. SNI 1726:2019. Badan Standarisasi Nasional. Jakarta.

Standar Nasional Indonesia. 2019. *Persyaratan Beton Struktural Untuk Bangunan Gedung dan Penjelasan*. SNI 2847;2019. Badan Standarisasi Nasional. Jakarta.

Standar Nasional Indonesia. 2020. *Beban Desain Minimum dan Kriteria Terkait Untuk Bangunan Gedung dan Struktur Lain*. SNI 1727:2020. Badan Standarisasi Nasional. Jakarta.

Standar Nasional Indonesia. 2020. *Tata Cara dan Modifikasi Gerak Tanah Permukaan untuk Perencanaan Gedung Tahan Gempa*. SNI 8899:2020. Badan Standarisasi Nasional. Jakarta.

LAMPIRAN

Lampiran 1 *Time Schedule* Penelitian

No	KEGIATAN	Jam Kerja (Jam)	Bulan ke-1				Bulan ke-2				Bulan ke-3				Bulan ke-4				Bulan ke-5				Bulan ke-6			
			1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	**Persiapan**																									
	Studi Literatur	14	3,5	3,5	3,5	3,5																				
	Dst	0																								
2	**Pengumpulan Data**																									
	Mutu Material	1,0					1,0																			
	Detail Elemen Struktuer	19,5					2,5	3,5	3,5	5,0	5,0															
	Pemodelan Struktur	6,0										5,0	1,0													
	Pembebanan Struktur dan Kontrol Massa	8,0									1,0	1,0	6,0													
	Dst	5,0										1,0	1,0	3,0												
3	**Analisis dan Hasil Pembahasn**	0,0																								
	Analasisi Gaya Geser Dalam	1,0												1,0												
	Analisis Ketidakberatutan	14,0												3,0	7,0	4,0										
	Analisis Simpangan	11,0														3,0	7,0	1,0								
	Pengeruh P-delta	13,0																6,0	7,0							
	Dst	3,0																		3,0						
4	**Penyusunan Laporan**	0,0																								
	Penyusunan Laporan	20,0																		4,0	4,0	4,0	2,0	2,0	2,0	2,0
	Dst	4,0																					1,0	1,0	1,0	1,0
	Total	**119,5**																								
Rencana Mingguan (Jam)			3,5	3,5	3,5	3,5	3,5	3,5	3,5	5,0	6,0	7,0	8,0	7,0	7,0	7,0	7,0	7,0	7,0	7,0	4,0	4,0	3,0	3,0	3,0	3,0
Jam Kerja Kumulatif			3,5	7,0	10,5	14,0	17,5	21,0	24,5	29,5	35,5	42,5	50,5	57,5	64,5	71,5	78,5	85,5	92,5	99,5	103,5	107,5	110,5	113,5	116,5	119,5

Lampiran 2 Surat Keterangan Hasil Cek Plagiasi

Direktorat Perpustakaan Universitas Islam Indonesia
Gedung Moh. Hatta
Jl. Kaliurang Km 14,5 Yogyakarta 55584
T. (0274) 898444 ext.2301
F. (0274) 898444 psw.2091
E. perpustakaan@uii.ac.id
W. library.uii.ac.id

SURAT KETERANGAN HASIL CEK PLAGIASI
Nomor: 2443489556/Perpus./10/Dir.Perpus/IX/2024

Bismillaahirrahmaanirrahiim

Assalamualaikum Wr. Wb.

Dengan ini, menerangkan Bahwa:

Nama	: MUHAMMAD FADEL YAHYA AYASH
Nomor Mahasiswa	: 20511302
Pembimbing	: Ir. Yunalia Muntafi, S.T., M.T., Ph.D.Eng
Fakultas / Prodi	: Teknik Sipil dan Perencanaan/ Teknik Sipil
Judul Karya Ilmiah	: KAJIAN APLIKASI METODE ANALISIS RIWAYAT WAKTU (TIME HISTORY) TERHADAP KINERJA SEBUAH STRUKTUR BANGUNAN GEDUNG KULIAH DI YOGYAKARTA

Karya ilmiah yang bersangkutan di atas telah melalui proses cek plagiasi menggunakan **Turnitin** dengan hasil kemiripan (*similarity*) sebesar **5 (Lima) %.**

Demikian Surat Keterangan ini dibuat untuk dapat dipergunakan sebagaimana mestinya.

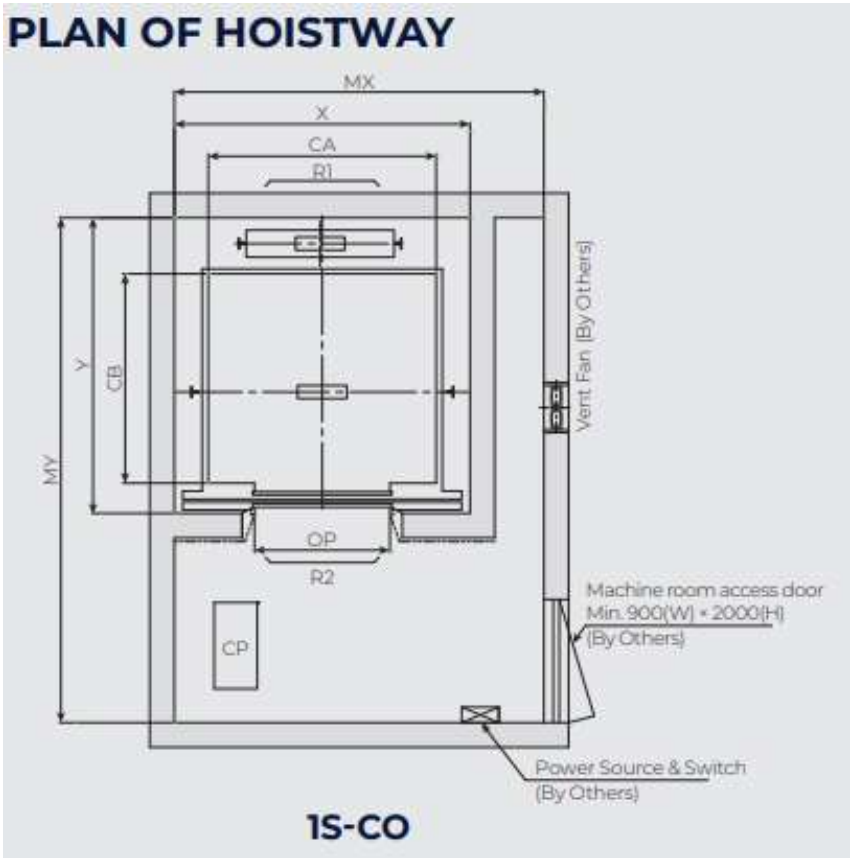
Wassalamualaikum Wr. Wb.

Yogyakarta, 9/3/2024
Direktur

UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
DIREKTORAT PERPUSTAKAAN
YOGYAKARTA

Muhammad Jamil, SIP.

Lampiran 3 Data Dimensi Dan Reaksi *Lift*



STANDARD DIMENSIONS & REACTIONS

Capacity		Speed (m/sec)	Opening Type	Door Width (mm)	C.WT Drop	Car Insize (mm)	Hoistway Insize (mm)	Machine Room Size (mm)	M/C Room Reaction (kg)		Pit Reaction (kg)	
Persons	kg			OP		CA × CB	X × Y	MX × MY	R1	R2	PR1	PR2
7	550	1.0 1.5 1.75	1S-CO	800	Rear	1250 × 1150	1800 × 1800	2150 × 3800	4050	2250	6000	4900
8	600 (630)			800	Rear	1300 × 1200	1800 × 1830	2150 × 3830	4100	2450	6300	5100
9	700			800	Rear	1400 × 1250	1800 × 1850	2150 × 3850	4200	2700	6800	5400
10	750 (800)			800	Rear	1400 × 1300	1800 × 1900	2150 × 3900	4550	2800	7100	5600
12	900			900	Rear	1600 × 1350	2050 × 2000	2400 × 4000	5100	3750	8100	6300
13	1000			900	Rear	1600 × 1400	2050 × 2050	2400 × 4050	5450	4300	8600	6600
15	1150			1000	Rear	1800 × 1400	2300 × 2050	2650 × 4050	6600	5100	11000	8700
18	1350			1000	Rear	1800 × 1600	2300 × 2300	2650 × 4300	7800	6000	12200	9500
21	1600			1100	Rear	2000 × 1700	2500 × 2400	2850 × 4400	8500	6800	13600	10400
24	1800			1100	Rear	2000 × 1800	2550 × 2500	2900 × 4500	8800	7200	14200	10900
26	2000			1200	Rear	2100 × 1900	2650 × 2600	3000 × 4600	9500	7700	15100	12000
12	900	2.0 2.5	1S-CO	900	Rear	1600 × 1350	2100 × 2050	2450 × 4050	12030	6630	12400	10600
13	1000			900	Rear	1600 × 1400	2100 × 2100	2450 × 4100	12810	6950	13300	11300
15	1150			1000	Rear	1800 × 1400	2300 × 2100	2650 × 4100	13080	7100	14500	12200
18	1350			1000	Rear	1800 × 1600	2300 × 2300	2650 × 4300	14360	7650	16500	13800
21	1600			1100	Rear	2000 × 1700	2500 × 2400	2850 × 4400	15100	8100	18100	14900
24	1800			1100	Rear	2000 × 1800	2550 × 2550	2900 × 4550	15500	8500	18450	15300
26	2000			1200	Rear	2100 × 1900	2650 × 2650	3000 × 4650	16000	9100	19000	16000

Lampiran 4 Pengcekan Batas Minimal 110% MCER Untuk Setiap Pasang Rekaman Gempa

Tabel L4.1 Pengecekan Batas Minimal 110% MCER Untuk Pasangan Rekaman Gempa Chilie 2010 1, Chilie 2010 2, Chilie 2010 3, Illapel 2015 1, Illapel 2015 2, dan Tohoku 2011 1

Period (detik)	110% MCEr	Chilie 2010 1 SM (ROTD100)	Cek	Chilie 2010 2 SM (ROTD100)	Cek	Chilie 2010 3 SM (ROTD100)	Cek	Illapel 2015 1 SM (ROTD100)	Cek	Illapel 2015 2 SM (ROTD100)	Cek	Tohoku 2011 1 SM (ROTD100)	Cek
0,010	0,657	0,800	OK	0,867	OK	0,818	OK	0,854	OK	0,699	OK	0,797	OK
0,020	0,734	0,804	OK	0,865	OK	0,824	OK	0,846	OK	0,715	OK	0,806	OK
0,022	0,749	0,805	OK	0,864	OK	0,827	OK	0,847	OK	0,719	OK	0,814	OK
0,025	0,772	0,812	OK	0,866	OK	0,828	OK	0,850	OK	0,773	OK	0,830	OK
0,029	0,803	0,828	OK	0,894	OK	0,834	OK	0,856	OK	0,756	OK	0,856	OK
0,030	0,811	0,835	OK	0,901	OK	0,837	OK	0,858	OK	0,750	OK	0,862	OK
0,032	0,826	0,824	OK	0,918	OK	0,827	OK	0,862	OK	0,783	OK	0,879	OK
0,035	0,849	0,812	OK	0,953	OK	0,848	OK	0,867	OK	0,804	OK	0,930	OK
0,036	0,857	0,820	OK	0,974	OK	0,867	OK	0,869	OK	0,832	OK	0,961	OK
0,040	0,887	0,860	OK	1,048	OK	0,850	OK	0,884	OK	0,893	OK	1,066	OK
0,042	0,903	0,905	OK	1,097	OK	0,853	OK	0,905	OK	0,939	OK	1,112	OK
0,044	0,918	1,007	OK	1,150	OK	0,900	OK	0,929	OK	0,956	OK	1,206	OK
0,045	0,926	1,093	OK	1,164	OK	0,923	OK	0,944	OK	0,996	OK	1,323	OK
0,046	0,933	1,173	OK	1,176	OK	0,944	OK	0,960	OK	1,053	OK	1,428	OK
0,048	0,949	1,284	OK	1,220	OK	0,987	OK	0,995	OK	1,145	OK	1,529	OK
0,050	0,964	1,343	OK	1,265	OK	0,976	OK	1,018	OK	1,280	OK	1,453	OK
0,055	1,002	1,275	OK	1,267	OK	1,208	OK	1,240	OK	1,237	OK	1,356	OK
0,060	1,041	1,323	OK	1,347	OK	1,332	OK	1,233	OK	1,222	OK	1,418	OK

Lanjutan Tabel L4.1 Pengecekan Batas Minimal 110% MCER Untuk Pasangan Rekaman Gempa Chilie 2010 1, Chilie 2010 2, Chilie 2010 3, Illapel 2015 1, Illapel 2015 2, dan Tohoku 2011 1

0,065	1,079	1,391	OK	1,381	OK	1,239	OK	1,320	OK	1,311	OK	1,461	OK
0,067	1,094	1,403	OK	1,414	OK	1,314	OK	1,294	OK	1,291	OK	1,485	OK
0,070	1,117	1,427	OK	1,445	OK	1,363	OK	1,282	OK	1,318	OK	1,502	OK
0,075	1,156	1,468	OK	1,473	OK	1,480	OK	1,360	OK	1,382	OK	1,564	OK
0,080	1,194	1,507	OK	1,502	OK	1,556	OK	1,406	OK	1,448	OK	1,621	OK
0,085	1,232	1,590	OK	1,511	OK	1,598	OK	1,498	OK	1,455	OK	1,703	OK
0,090	1,271	1,640	OK	1,561	OK	1,709	OK	1,555	OK	1,537	OK	1,721	OK
0,095	1,309	1,662	OK	1,661	OK	1,659	OK	1,541	OK	1,572	OK	1,792	OK
0,100	1,347	1,718	OK	1,615	OK	1,791	OK	1,538	OK	1,610	OK	1,883	OK
0,110	1,424	1,847	OK	1,833	OK	1,762	OK	1,675	OK	1,751	OK	1,974	OK
0,120	1,452	1,895	OK	1,843	OK	1,734	OK	1,707	OK	1,718	OK	1,983	OK
0,130	1,452	1,866	OK	1,868	OK	1,863	OK	1,709	OK	1,746	OK	1,957	OK
0,133	1,452	1,954	OK	1,932	OK	1,849	OK	1,732	OK	1,792	OK	1,990	OK
0,140	1,452	1,891	OK	1,871	OK	1,775	OK	1,724	OK	1,768	OK	2,004	OK
0,150	1,452	1,862	OK	1,800	OK	1,926	OK	1,522	OK	1,626	OK	2,000	OK
0,160	1,452	1,860	OK	1,865	OK	1,848	OK	1,739	OK	1,721	OK	1,999	OK
0,170	1,452	1,907	OK	1,830	OK	1,840	OK	1,644	OK	1,727	OK	1,983	OK
0,180	1,452	1,838	OK	1,795	OK	1,849	OK	1,719	OK	1,734	OK	1,987	OK
0,190	1,452	1,840	OK	1,832	OK	1,858	OK	1,779	OK	1,734	OK	1,979	OK
0,200	1,452	1,820	OK	1,853	OK	1,856	OK	1,695	OK	1,732	OK	1,996	OK
0,220	1,452	1,838	OK	1,869	OK	1,879	OK	1,660	OK	1,772	OK	1,995	OK
0,240	1,452	1,833	OK	1,811	OK	1,888	OK	1,717	OK	1,803	OK	1,969	OK
0,250	1,452	1,821	OK	1,856	OK	1,903	OK	1,670	OK	1,841	OK	1,936	OK

Lanjutan Tabel L4.1 Pengecekan Batas Minimal 110% MCER Untuk Pasangan Rekaman Gempa Chilie 2010 1, Chilie 2010 2, Chilie 2010 3, Illapel 2015 1, Illapel 2015 2, dan Tohoku 2011 1

0,260	1,452	1,840	OK	1,862	OK	1,857	OK	1,716	OK	1,724	OK	2,038	OK
0,280	1,452	1,832	OK	1,861	OK	1,781	OK	1,695	OK	1,742	OK	1,970	OK
0,290	1,452	1,860	OK	1,870	OK	1,862	OK	1,759	OK	1,719	OK	1,990	OK
0,300	1,452	1,838	OK	1,908	OK	1,887	OK	1,713	OK	1,755	OK	1,965	OK
0,320	1,452	1,852	OK	1,842	OK	1,860	OK	1,723	OK	1,727	OK	2,003	OK
0,340	1,452	1,845	OK	1,873	OK	1,908	OK	1,683	OK	1,754	OK	1,984	OK
0,350	1,452	1,862	OK	1,994	OK	1,935	OK	1,740	OK	1,842	OK	1,984	OK
0,360	1,452	1,851	OK	2,000	OK	1,854	OK	1,744	OK	1,899	OK	1,971	OK
0,380	1,452	1,843	OK	1,856	OK	1,859	OK	1,723	OK	1,726	OK	1,998	OK
0,400	1,452	1,870	OK	1,915	OK	1,804	OK	1,771	OK	1,767	OK	1,989	OK
0,420	1,452	1,846	OK	1,939	OK	1,793	OK	1,690	OK	1,734	OK	1,992	OK
0,440	1,452	1,856	OK	1,873	OK	1,948	OK	1,719	OK	1,713	OK	1,994	OK
0,450	1,452	1,858	OK	1,857	OK	1,883	OK	1,726	OK	1,727	OK	1,990	OK
0,460	1,452	1,852	OK	1,867	OK	1,867	OK	1,737	OK	1,727	OK	1,992	OK
0,480	1,452	1,855	OK	1,883	OK	1,775	OK	1,724	OK	1,715	OK	1,973	OK
0,500	1,452	1,853	OK	1,832	OK	1,983	OK	1,730	OK	1,694	OK	1,952	OK
0,550	1,452	1,942	OK	1,856	OK	1,870	OK	1,723	OK	1,778	OK	1,938	OK
0,600	1,375	1,756	OK	1,759	OK	1,774	OK	1,575	OK	1,665	OK	1,892	OK
0,650	1,269	1,629	OK	1,631	OK	1,450	OK	1,527	OK	1,479	OK	1,748	OK
0,667	1,237	1,589	OK	1,582	OK	1,558	OK	1,415	OK	1,426	OK	1,771	OK
0,700	1,179	1,517	OK	1,514	OK	1,634	OK	1,406	OK	1,406	OK	1,677	OK
0,750	1,100	1,412	OK	1,419	OK	1,441	OK	1,257	OK	1,377	OK	1,516	OK
0,800	1,031	1,314	OK	1,324	OK	1,258	OK	1,228	OK	1,247	OK	1,420	OK

Lanjutan Tabel L4.1 Pengecekan Batas Minimal 110% MCER Untuk Pasangan Rekaman Gempa Chilie 2010 1, Chilie 2010 2, Chilie 2010 3, Illapel 2015 1, Illapel 2015 2, dan Tohoku 2011 1

0,850	0,971	1,348	OK	1,330	OK	1,167	OK	1,205	OK	1,172	OK	1,365	OK
0,900	0,917	1,177	OK	1,177	OK	1,177	OK	1,094	OK	1,121	OK	1,264	OK
0,950	0,868	1,124	OK	1,202	OK	1,105	OK	1,033	OK	1,100	OK	1,195	OK
1,000	0,825	1,067	OK	1,154	OK	0,861	OK	1,040	OK	1,078	OK	1,133	OK
1,100	0,750	0,963	OK	0,987	OK	0,865	OK	0,891	OK	0,969	OK	1,022	OK
1,200	0,688	0,884	OK	0,905	OK	0,909	OK	0,820	OK	0,820	OK	0,937	OK
1,300	0,635	0,816	OK	0,868	OK	0,730	OK	0,757	OK	0,762	OK	0,873	OK
1,400	0,589	0,757	OK	0,866	OK	0,683	OK	0,724	OK	0,796	OK	0,811	OK
1,500	0,550	0,691	OK	0,713	OK	0,677	OK	0,677	OK	0,680	OK	0,753	OK
1,600	0,516	0,607	OK	0,662	OK	0,713	OK	0,644	OK	0,616	OK	0,710	OK
1,700	0,485	0,629	OK	0,644	OK	0,623	OK	0,610	OK	0,578	OK	0,687	OK
1,800	0,458	0,525	OK	0,636	OK	0,637	OK	0,568	OK	0,555	OK	0,630	OK
1,900	0,434	0,516	OK	0,585	OK	0,613	OK	0,553	OK	0,524	OK	0,605	OK
2,000	0,413	0,533	OK	0,531	OK	0,530	OK	0,492	OK	0,492	OK	0,566	OK
2,200	0,375	0,491	OK	0,512	OK	0,474	OK	0,452	OK	0,451	OK	0,516	OK
2,400	0,344	0,438	OK	0,442	OK	0,508	OK	0,425	OK	0,419	OK	0,475	OK
2,500	0,330	0,424	OK	0,427	OK	0,452	OK	0,405	OK	0,399	OK	0,432	OK
2,600	0,317	0,413	OK	0,408	OK	0,395	OK	0,378	OK	0,379	OK	0,410	OK

Tabel L4.2 Pengecekan Batas Minimal 110% MCER Untuk Pasangan Rekaman Gempa Tohoku 2011 2, Tohoku 2011 3, Tokachi-Oki 2003 1, Tokachi-Oki 2003 2, Toakchi_Oki 2003 3 dan Mean *All*

Period (detik)	110% MCEr	Tohoku 2011 2 SM (ROTD100)	Cek	Tohoku 2011 3 SM (ROTD100)	Cek	Tokachi-Oki 2003 1 SM (ROTD100)	Cek	Tokachi-Oki 2003 2 SM (ROTD100)	Cek	Tokachi-Oki 2003 3 SM (ROTD100)	Cek	Mean *All* (ROTD100)	Cek
0,010	0,657	0,669	OK	0,917	OK	0,841	OK	0,741	OK	0,683	OK	0,7896	OK
0,020	0,734	0,668	OK	0,921	OK	0,871	OK	0,739	OK	0,693	OK	0,7956	OK
0,022	0,749	0,669	OK	0,924	OK	0,879	OK	0,740	OK	0,697	OK	0,7986	OK
0,025	0,772	0,670	OK	0,928	OK	0,897	OK	0,740	OK	0,699	OK	0,8086	OK
0,029	0,803	0,691	OK	0,961	OK	0,934	OK	0,742	OK	0,704	OK	0,8231	OK
0,030	0,811	0,697	OK	0,949	OK	0,946	OK	0,742	OK	0,708	OK	0,8261	OK
0,032	0,826	0,712	OK	0,954	OK	0,976	OK	0,743	OK	0,719	OK	0,8361	OK
0,035	0,849	0,740	OK	1,034	OK	1,053	OK	0,746	OK	0,732	OK	0,8653	OK
0,036	0,857	0,753	OK	1,035	OK	1,089	OK	0,758	OK	0,739	OK	0,8815	OK
0,040	0,887	0,815	OK	1,098	OK	1,346	OK	0,827	OK	0,802	OK	0,9535	OK
0,042	0,903	0,950	OK	1,192	OK	1,507	OK	0,875	OK	0,823	OK	1,0142	OK
0,044	0,918	1,117	OK	1,361	OK	1,637	OK	0,933	OK	0,836	OK	1,0939	OK
0,045	0,926	1,179	OK	1,469	OK	1,674	OK	0,960	OK	0,846	OK	1,1428	OK
0,046	0,933	1,222	OK	1,536	OK	1,679	OK	0,989	OK	0,859	OK	1,1834	OK
0,048	0,949	1,213	OK	1,517	OK	1,661	OK	1,049	OK	0,853	OK	1,2229	OK
0,050	0,964	1,153	OK	1,390	OK	1,600	OK	1,102	OK	0,854	OK	1,2213	OK
0,055	1,002	1,342	OK	1,413	OK	1,179	OK	1,194	OK	1,215	OK	1,2659	OK
0,060	1,041	1,424	OK	1,427	OK	1,257	OK	1,228	OK	1,262	OK	1,3156	OK
0,065	1,079	1,459	OK	1,468	OK	1,315	OK	1,296	OK	1,271	OK	1,3558	OK
0,067	1,094	1,478	OK	1,511	OK	1,301	OK	1,337	OK	1,307	OK	1,3758	OK

Lanjutan Tabel L4.2 Pengecekan Batas Minimal 110% MCER Untuk Pasangan Rekaman Gempa SouthSanriku 2003, Taiwan 2002, Tohoku 2011, Tokachi-oki 2003, Tottori 2000 dan Mean *All*

0,070	1,117	1,512	OK	1,541	OK	1,347	OK	1,381	OK	1,317	OK	1,4032	OK
0,075	1,156	1,579	OK	1,609	OK	1,383	OK	1,362	OK	1,371	OK	1,4573	OK
0,080	1,194	1,640	OK	1,626	OK	1,405	OK	1,389	OK	1,422	OK	1,5020	OK
0,085	1,232	1,650	OK	1,708	OK	1,427	OK	1,449	OK	1,410	OK	1,5454	OK
0,090	1,271	1,749	OK	1,787	OK	1,531	OK	1,592	OK	1,501	OK	1,6256	OK
0,095	1,309	1,782	OK	1,822	OK	1,547	OK	1,540	OK	1,508	OK	1,6441	OK
0,100	1,347	1,834	OK	1,830	OK	1,586	OK	1,596	OK	1,693	OK	1,6994	OK
0,110	1,424	1,920	OK	1,946	OK	1,648	OK	1,611	OK	1,680	OK	1,7862	OK
0,120	1,452	1,965	OK	1,963	OK	1,717	OK	1,744	OK	1,738	OK	1,8188	OK
0,130	1,452	1,984	OK	1,979	OK	1,704	OK	1,703	OK	1,763	OK	1,8310	OK
0,133	1,452	1,985	OK	2,000	OK	1,696	OK	1,617	OK	1,695	OK	1,8402	OK
0,140	1,452	1,963	OK	1,989	OK	1,678	OK	1,703	OK	1,745	OK	1,8282	OK
0,150	1,452	2,047	OK	2,009	OK	1,693	OK	1,799	OK	1,714	OK	1,8181	OK
0,160	1,452	1,958	OK	2,039	OK	1,711	OK	1,772	OK	1,722	OK	1,8396	OK
0,170	1,452	2,045	OK	2,016	OK	1,719	OK	1,728	OK	1,715	OK	1,8322	OK
0,180	1,452	2,003	OK	2,110	OK	1,647	OK	1,764	OK	1,817	OK	1,8422	OK
0,190	1,452	1,967	OK	2,296	OK	1,726	OK	1,698	OK	1,722	OK	1,8575	OK
0,200	1,452	1,976	OK	2,411	OK	1,711	OK	1,749	OK	1,839	OK	1,8760	OK
0,220	1,452	1,958	OK	2,374	OK	1,687	OK	1,708	OK	1,706	OK	1,8588	OK
0,240	1,452	1,951	OK	1,940	OK	1,719	OK	1,702	OK	1,712	OK	1,8222	OK
0,250	1,452	1,969	OK	1,963	OK	1,708	OK	1,729	OK	1,729	OK	1,8296	OK
0,260	1,452	1,974	OK	1,995	OK	1,726	OK	1,715	OK	1,759	OK	1,8369	OK
0,280	1,452	2,004	OK	2,023	OK	1,715	OK	1,734	OK	1,722	OK	1,8254	OK

Lanjutan Tabel L4.2 Pengecekan Batas Minimal 110% MCER Untuk Pasangan Rekaman Gempa SouthSanriku 2003, Taiwan 2002, Tohoku 2011, Tokachi-oki 2003, Tottori 2000 dan Mean *All*

0,290	1,452	1,955	OK	1,942	OK	1,710	OK	1,828	OK	1,712	OK	1,8369	OK
0,300	1,452	1,998	OK	2,005	OK	1,694	OK	1,673	OK	1,728	OK	1,8330	OK
0,320	1,452	1,983	OK	1,993	OK	1,718	OK	1,736	OK	1,759	OK	1,8359	OK
0,340	1,452	1,985	OK	1,991	OK	1,719	OK	1,656	OK	1,689	OK	1,8260	OK
0,350	1,452	1,986	OK	2,026	OK	1,720	OK	1,647	OK	1,690	OK	1,8568	OK
0,360	1,452	2,063	OK	1,989	OK	1,733	OK	1,627	OK	1,726	OK	1,8598	OK
0,380	1,452	1,976	OK	1,994	OK	1,724	OK	1,727	OK	1,710	OK	1,8306	OK
0,400	1,452	1,990	OK	1,979	OK	1,707	OK	1,632	OK	1,605	OK	1,8208	OK
0,420	1,452	2,008	OK	2,016	OK	1,756	OK	1,717	OK	1,731	OK	1,8383	OK
0,440	1,452	1,983	OK	1,976	OK	1,750	OK	1,744	OK	1,715	OK	1,8429	OK
0,450	1,452	1,991	OK	2,000	OK	1,720	OK	1,719	OK	1,705	OK	1,8341	OK
0,460	1,452	1,994	OK	1,989	OK	1,743	OK	1,718	OK	1,725	OK	1,8376	OK
0,480	1,452	1,972	OK	2,018	OK	1,712	OK	1,771	OK	1,694	OK	1,8265	OK
0,500	1,452	1,981	OK	1,929	OK	1,744	OK	1,849	OK	1,643	OK	1,8353	OK
0,550	1,452	1,988	OK	2,014	OK	1,724	OK	1,725	OK	1,726	OK	1,8440	OK
0,600	1,375	1,892	OK	1,892	OK	1,642	OK	1,665	OK	1,567	OK	1,7345	OK
0,650	1,269	1,746	OK	1,750	OK	1,485	OK	1,547	OK	1,454	OK	1,5861	OK
0,667	1,237	1,700	OK	1,735	OK	1,502	OK	1,472	OK	1,479	OK	1,5662	OK
0,700	1,179	1,622	OK	1,606	OK	1,406	OK	1,406	OK	1,398	OK	1,5083	OK
0,750	1,100	1,514	OK	1,513	OK	1,376	OK	1,301	OK	1,353	OK	1,4073	OK
0,800	1,031	1,420	OK	1,434	OK	1,190	OK	1,316	OK	1,328	OK	1,3163	OK
0,850	0,971	1,333	OK	1,335	OK	1,132	OK	1,199	OK	1,111	OK	1,2453	OK
0,900	0,917	1,262	OK	1,272	OK	1,093	OK	1,093	OK	1,120	OK	1,1683	OK

Lanjutan Tabel L4.2 Pengecekan Batas Minimal 110% MCER Untuk Pasangan Rekaman Gempa SouthSanriku 2003, Taiwan 2002, Tohoku 2011, Tokachi-oki 2003, Tottori 2000 dan Mean *All*

0,950	0,868	1,195	OK	1,195	OK	1,093	OK	0,994	OK	1,040	OK	1,1143	OK
1,000	0,825	1,135	OK	1,177	OK	1,073	OK	0,984	OK	0,985	OK	1,0541	OK
1,100	0,750	1,033	OK	1,003	OK	0,981	OK	0,905	OK	0,952	OK	0,9514	OK
1,200	0,688	0,946	OK	0,888	OK	0,876	OK	0,820	OK	0,820	OK	0,8700	OK
1,300	0,635	0,873	OK	0,873	OK	0,820	OK	0,690	OK	0,820	OK	0,8029	OK
1,400	0,589	0,811	OK	0,784	OK	0,770	OK	0,676	OK	0,761	OK	0,7610	OK
1,500	0,550	0,843	OK	0,743	OK	0,701	OK	0,664	OK	0,656	OK	0,7062	OK
1,600	0,516	0,734	OK	0,692	OK	0,669	OK	0,621	OK	0,658	OK	0,6613	OK
1,700	0,485	0,668	OK	0,668	OK	0,618	OK	0,578	OK	0,570	OK	0,6234	OK
1,800	0,458	0,628	OK	0,651	OK	0,602	OK	0,535	OK	0,547	OK	0,5874	OK
1,900	0,434	0,563	OK	0,610	OK	0,549	OK	0,451	OK	0,487	OK	0,5470	OK
2,000	0,413	0,568	OK	0,587	OK	0,510	OK	0,491	OK	0,457	OK	0,5217	OK
2,200	0,375	0,472	OK	0,516	OK	0,492	OK	0,429	OK	0,447	OK	0,4737	OK
2,400	0,344	0,472	OK	0,490	OK	0,449	OK	0,430	OK	0,429	OK	0,4474	OK
2,500	0,330	0,450	OK	0,467	OK	0,393	OK	0,387	OK	0,426	OK	0,4241	OK
2,600	0,317	0,456	OK	0,424	OK	0,397	OK	0,378	OK	0,417	OK	0,4035	OK

Lampiran 5 Pengaplikasian Rekaman Gempa pada Struktur Untuk Arah X dan Y

Tabel L5.1 Hasil Pengecekan Rata-Rata Rekaman Gempa Arah X dan Y Terhadap Keseluruhan Rata-Rata Rekaman Gempa

Periode	Mean	Mean X	Max *Error*	Mean Y	Max *Error*
			5,9 %		**8,4 %**
0,01	0,6848	0,6893	0,7%	0,6821	0,4%
0,02	0,6882	0,6886	0,1%	0,6897	0,2%
0,022	0,6927	0,6935	0,1%	0,6942	0,2%
0,025	0,7026	0,7053	0,4%	0,7033	0,1%
0,029	0,7113	0,7155	0,6%	0,7125	0,2%
0,03	0,7132	0,7198	0,9%	0,7126	0,1%
0,032	0,7201	0,7269	0,9%	0,7205	0,1%
0,035	0,7469	0,7515	0,6%	0,7504	0,5%
0,036	0,7582	0,7641	0,8%	0,7607	0,3%
0,04	0,7969	0,7990	0,3%	0,8051	1,0%
0,042	0,8305	0,8310	0,1%	0,8491	2,2%
0,044	0,8709	0,8841	1,5%	0,8877	1,9%
0,045	0,9028	0,9191	1,8%	0,9193	1,8%
0,046	0,9333	0,9550	2,3%	0,9460	1,3%
0,048	0,9759	1,0078	3,2%	0,9723	0,4%
0,05	0,9835	1,0142	3,0%	0,9730	1,1%
0,055	1,0374	1,0698	3,0%	1,0337	0,4%
0,06	1,0672	1,1175	4,5%	1,0551	1,1%
0,065	1,1215	1,1810	5,0%	1,0950	2,4%
0,067	1,1395	1,1815	3,6%	1,1272	1,1%
0,07	1,1753	1,2195	3,6%	1,1568	1,6%
0,075	1,2275	1,2727	3,6%	1,2004	2,3%
0,08	1,2715	1,2878	1,3%	1,2506	1,7%
0,085	1,3127	1,2672	3,6%	1,3158	0,2%
0,09	1,3664	1,3140	4,0%	1,3559	0,8%
0,095	1,4072	1,3772	2,2%	1,3884	1,4%
0,1	1,4371	1,4180	1,3%	1,4421	0,3%
0,11	1,4950	1,4531	2,9%	1,5775	5,2%
0,12	1,5159	1,4836	2,2%	1,5849	4,4%
0,13	1,5509	1,5532	0,1%	1,5673	1,0%
0,133	1,5767	1,5732	0,2%	1,5952	1,2%
0,14	1,5696	1,5797	0,6%	1,5580	0,7%
0,15	1,5770	1,5336	2,8%	1,6025	1,6%
0,16	1,6076	1,5985	0,6%	1,5927	0,9%

Lanjutan Tabel L5.1 Hasil Pengecekan Rata-Rata Rekaman Gempa Arah X dan Y Terhadap Keseluruhan Rata-Rata Rekaman Gempa

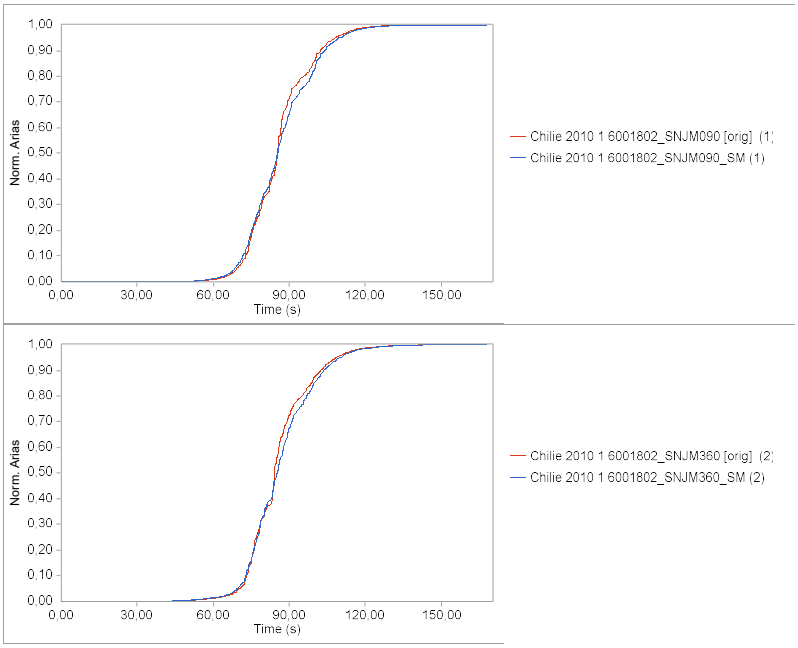
0,17	1,6125	1,5730	2,5%	1,6477	2,1%
0,18	1,6212	1,5896	2,0%	1,6491	1,7%
0,19	1,6153	1,5848	1,9%	1,6272	0,7%
0,2	1,6371	1,5783	3,7%	1,6657	1,7%
0,22	1,6931	1,7075	0,8%	1,6644	1,7%
0,24	1,6600	1,7076	2,8%	1,6115	3,0%
0,25	1,6484	1,6662	1,1%	1,6387	0,6%
0,26	1,6553	1,6766	1,3%	1,6555	0,0%
0,28	1,5571	1,6058	3,0%	1,4932	4,3%
0,29	1,5693	1,6100	2,5%	1,5291	2,6%
0,3	1,5801	1,6195	2,4%	1,5421	2,5%
0,32	1,5651	1,5738	0,6%	1,5440	1,4%
0,34	1,6275	1,6805	3,1%	1,5846	2,7%
0,35	1,6465	1,7016	3,2%	1,6100	2,3%
0,36	1,6319	1,7001	4,0%	1,5896	2,7%
0,38	1,5996	1,6630	3,8%	1,5388	3,9%
0,4	1,5876	1,6099	1,4%	1,5615	1,7%
0,42	1,5876	1,5788	0,6%	1,6014	0,9%
0,44	1,5889	1,5884	0,0%	1,5748	0,9%
0,45	1,6092	1,5992	0,6%	1,6102	0,1%
0,46	1,6232	1,5977	1,6%	1,6383	0,9%
0,48	1,5916	1,5339	3,8%	1,6505	3,6%
0,5	1,5666	1,5380	1,9%	1,6192	3,2%
0,55	1,5724	1,5538	1,2%	1,6167	2,7%
0,6	1,4419	1,5091	4,5%	1,3875	3,9%
0,65	1,3361	1,3915	4,0%	1,2673	5,4%
0,667	1,3112	1,3687	4,2%	1,2435	5,4%
0,7	1,2589	1,2787	1,5%	1,2261	2,7%
0,75	1,1807	1,2232	3,5%	1,1291	4,6%
0,8	1,0806	1,1394	5,2%	1,0114	6,8%
0,85	1,0272	1,0787	4,8%	0,9652	6,4%
0,9	0,9284	0,9682	4,1%	0,8876	4,6%
0,95	0,8977	0,9445	5,0%	0,8466	6,0%
1	0,8494	0,8808	3,6%	0,8194	3,7%
1,1	0,7767	0,7873	1,3%	0,7682	1,1%
1,2	0,7174	0,7099	1,1%	0,7346	2,3%
1,3	0,6512	0,6689	2,6%	0,6519	0,1%
1,4	0,6194	0,6100	1,5%	0,6417	3,5%
1,5	0,5842	0,5867	0,4%	0,5940	1,6%
1,6	0,5355	0,5293	1,2%	0,5394	0,7%

Lanjutan Tabel L5.1 Hasil Pengecekan Rata-Rata Rekaman Gempa Arah X dan Y Terhadap Keseluruhan Rata-Rata Rekaman Gempa

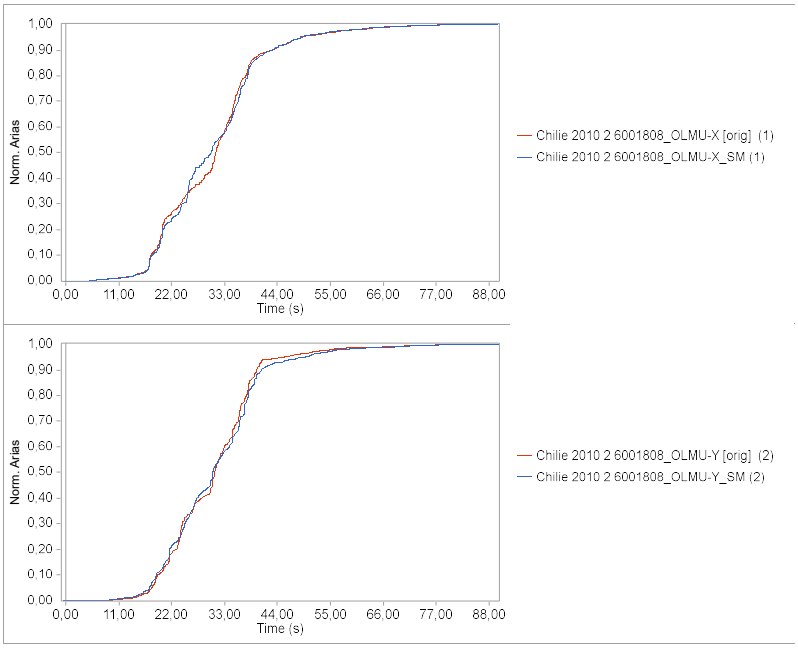
1,7	0,4854	0,4892	0,8%	0,4706	3,1%
1,8	0,4581	0,4864	5,8%	0,4295	6,6%
1,9	0,4383	0,4529	3,2%	0,4255	3,0%
2	0,4142	0,4190	1,2%	0,4089	1,3%
2,2	0,3702	0,3912	5,4%	0,3415	8,4%
2,4	0,3434	0,3647	5,9%	0,3205	7,2%
2,5	0,3217	0,3359	4,2%	0,3091	4,1%
2,6	0,3163	0,3284	3,7%	0,3084	2,5%

Lampiran 6 Pengecekan Kemiripan Intensitas Arias Pada Setiap Rekaman Gempa

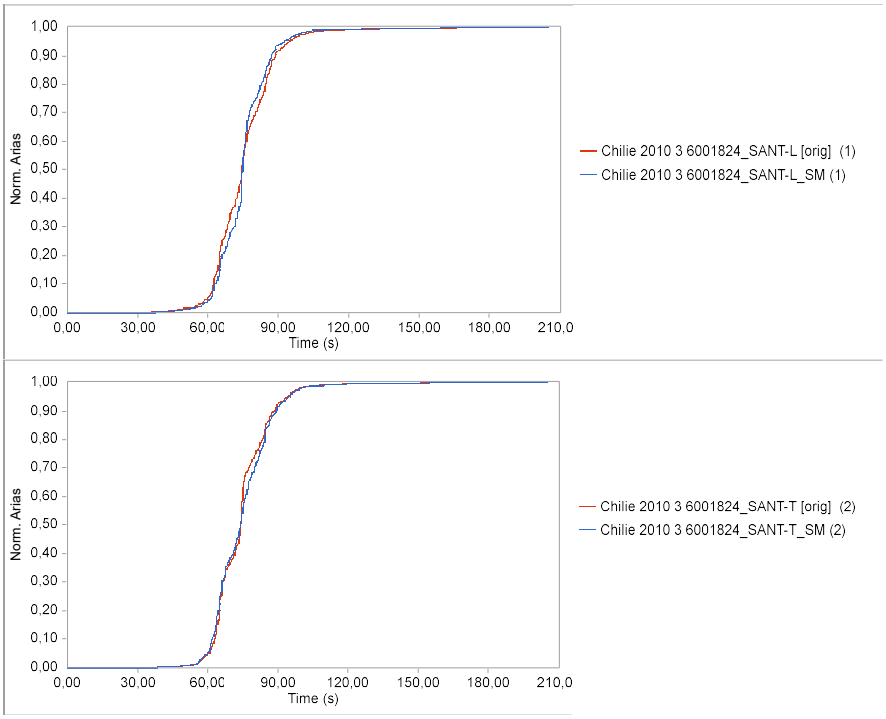
Keterangan warna untuk rekaman gempa *unmatched* adalah warna merah dan warna biru untuk rekaman gempa *matched*.



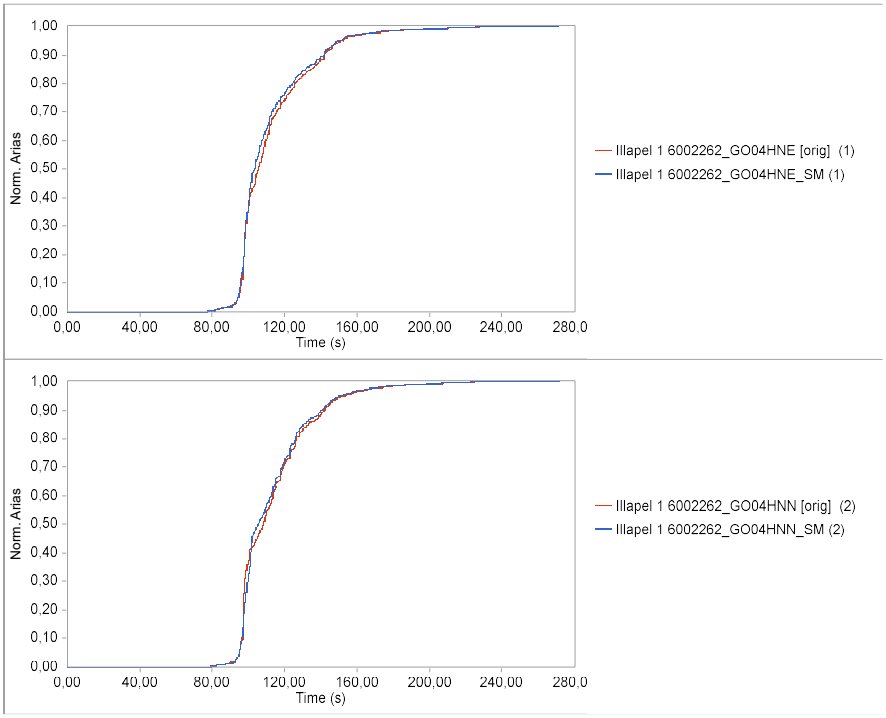
Gambar L-6.1 Intensitas Arias Rekaman Gempa Chilie 2010 1



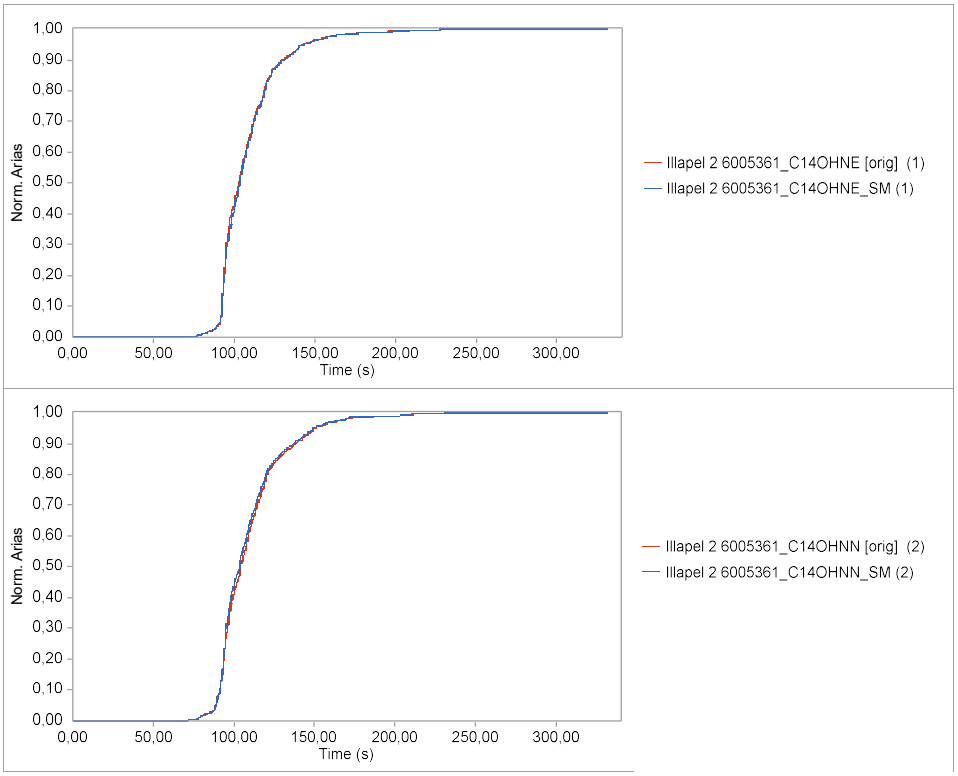
Gambar L-6.2 Intensitas Arias Rekaman Gempa Chilie 2010 2



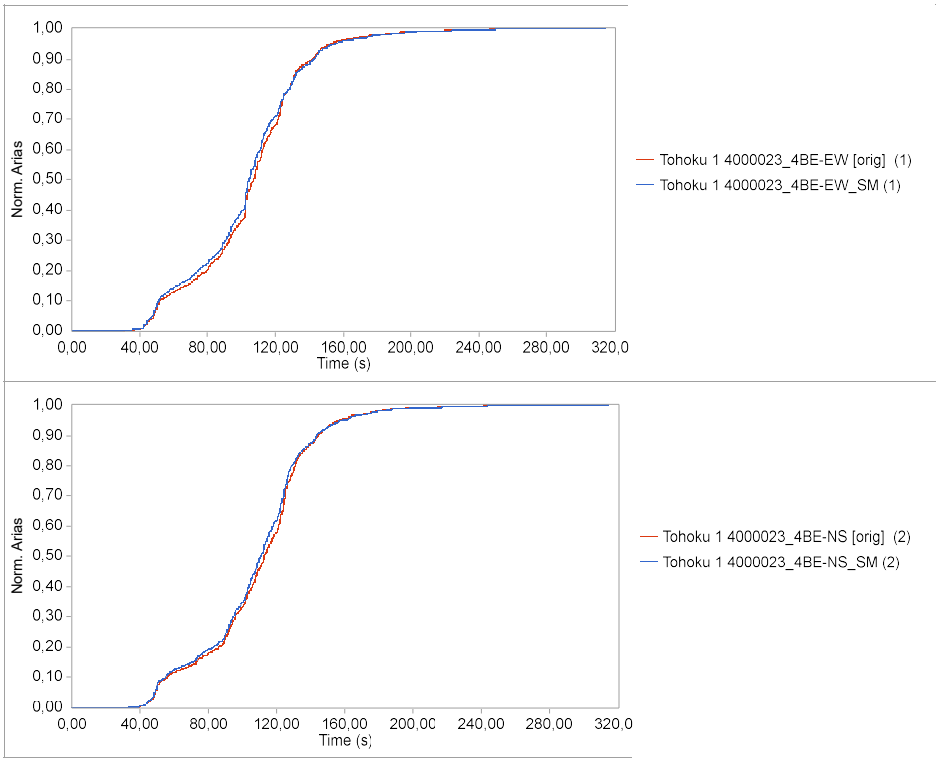
Gambar L-6.3 Intensitas Arias Rekaman Gempa Chilie 2010 3



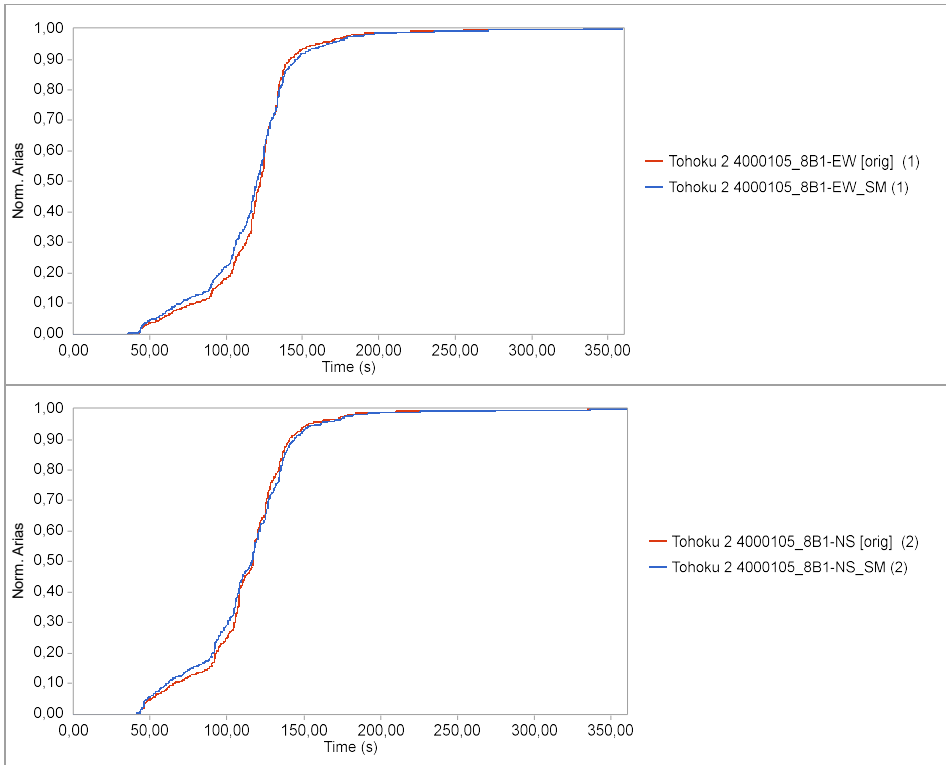
Gambar L-6.4 Intensitas Arias Rekaman Gempa Illapel 2015 1



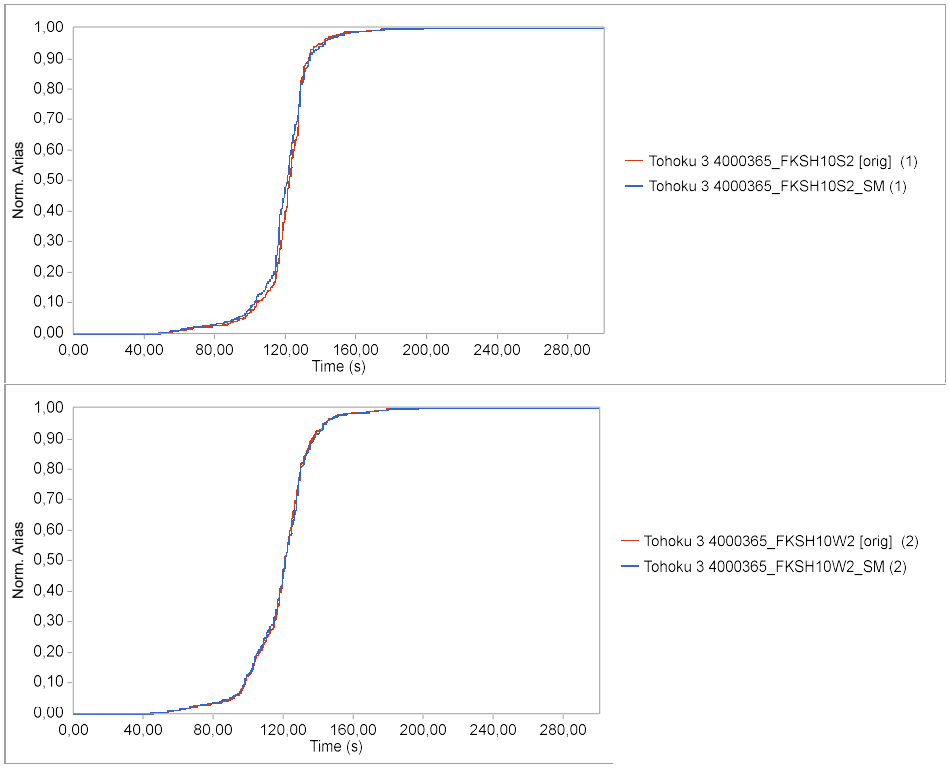
Gambar L-6.5 Intensitas Arias Rekaman Gempa Illapel 2015 2



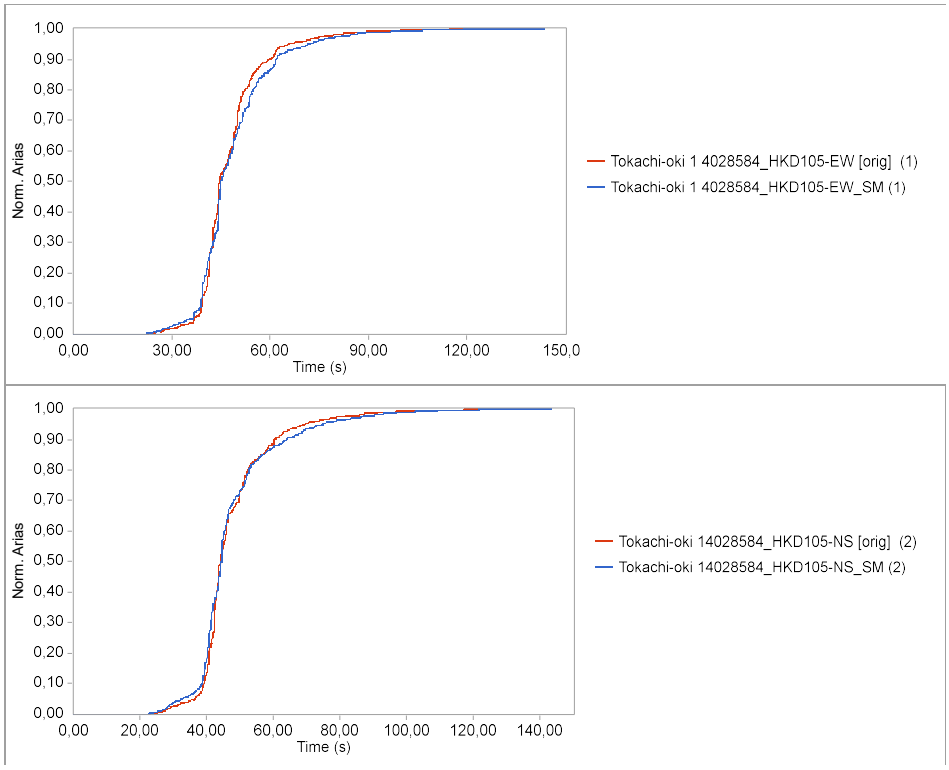
Gambar L-6.6 Intensitas Arias Rekaman Gempa Tohoku 2011 1



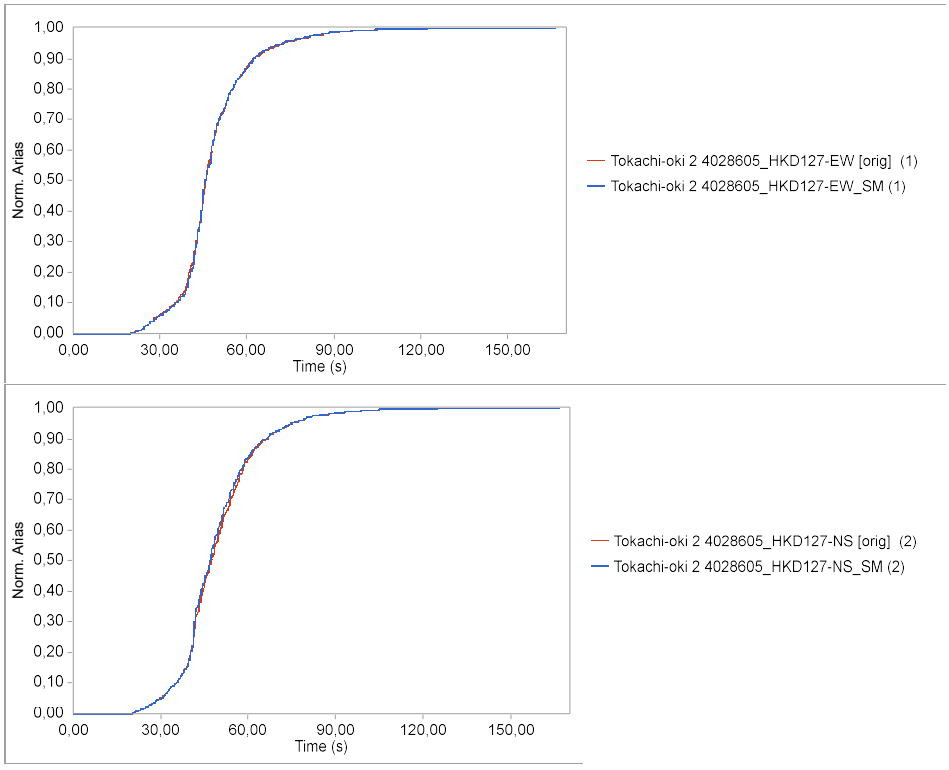
Gambar L-6.7 Intensitas Arias Rekaman Gempa Tohoku 2011 2



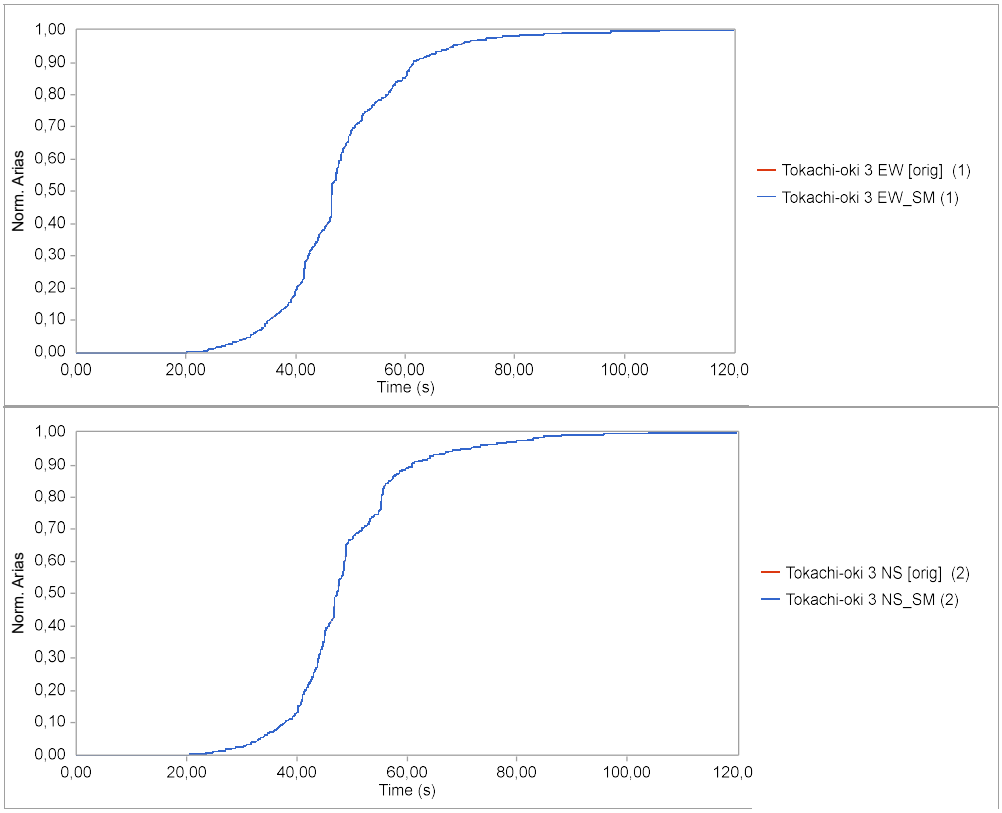
Gambar L-6.8 Intensitas Arias Rekaman Gempa Tohoku 2011 3



Gambar L-6.9 Intensitas Arias Rekaman Gempa Tokachi-Oki 2003 1



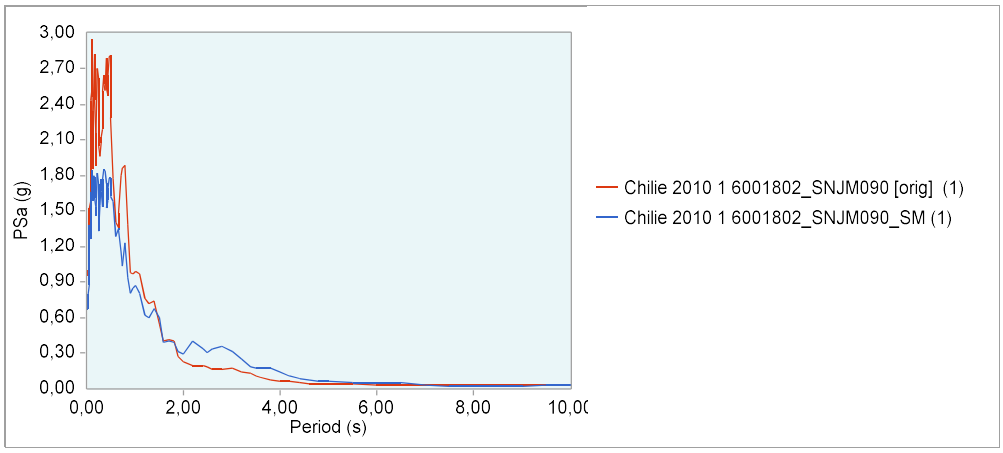
Gambar L-6.10 Intensitas Arias Rekaman Gempa Tokachi-Oki 2003 2



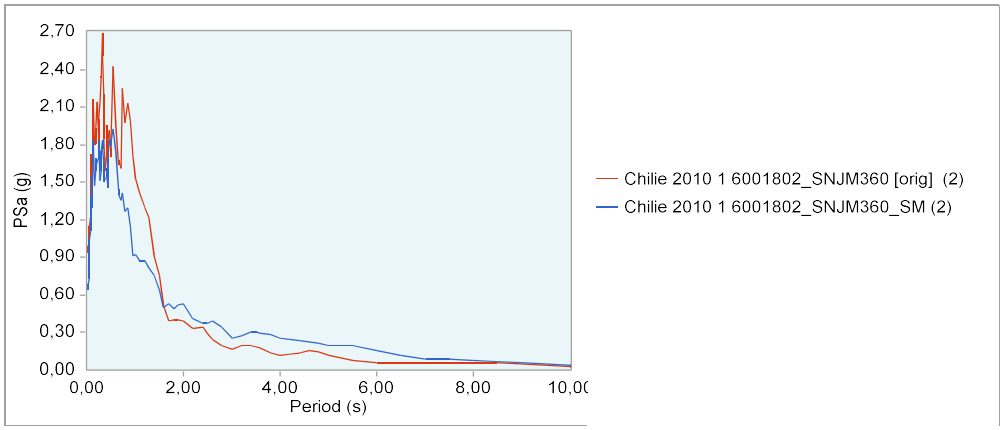
Gambar L-6.11 Intensitas Arias Rekaman Gempa Tokachi-Oki 2003 3

Lampiran 7 Respon Spektrum Rekaman Gempa Asli dan Hasil *Matching*

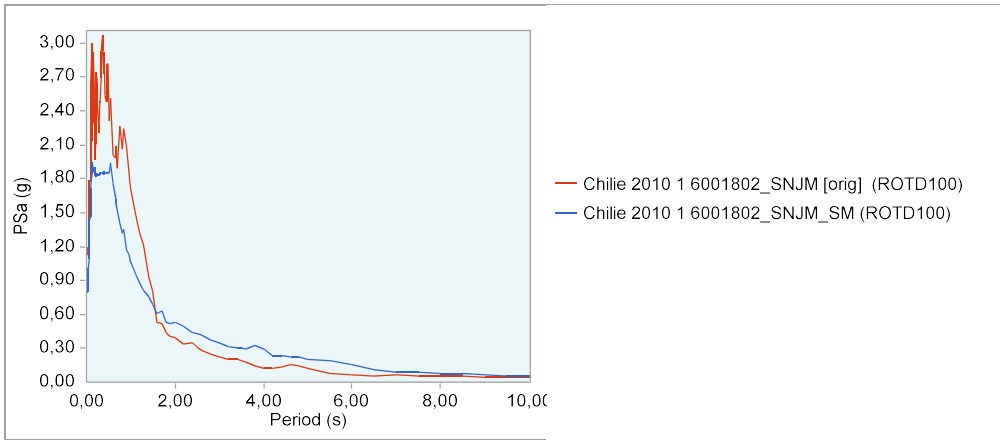
Keterangan warna untuk rekaman gempa Asli adalah warna merah dan warna biru untuk rekaman gempa hasil *matching*.



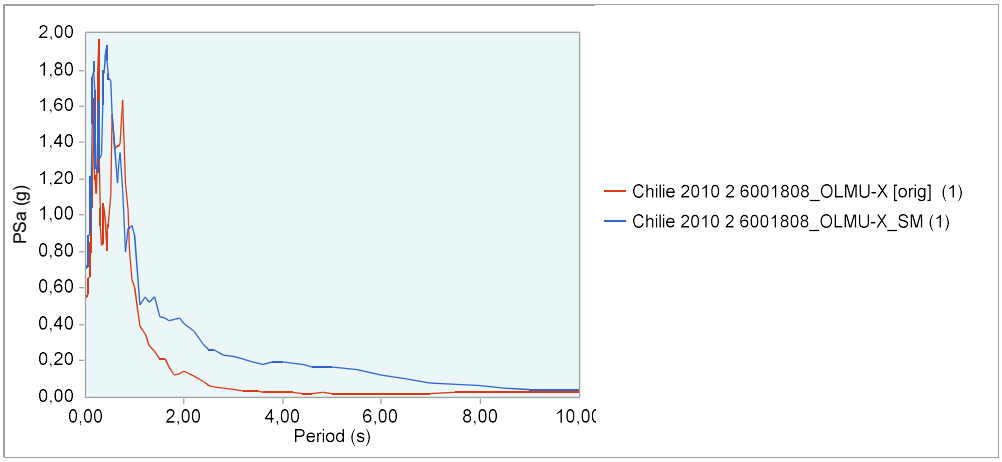
Gambar L-7.1 Respon Spektrum Chilie 2010 1 90



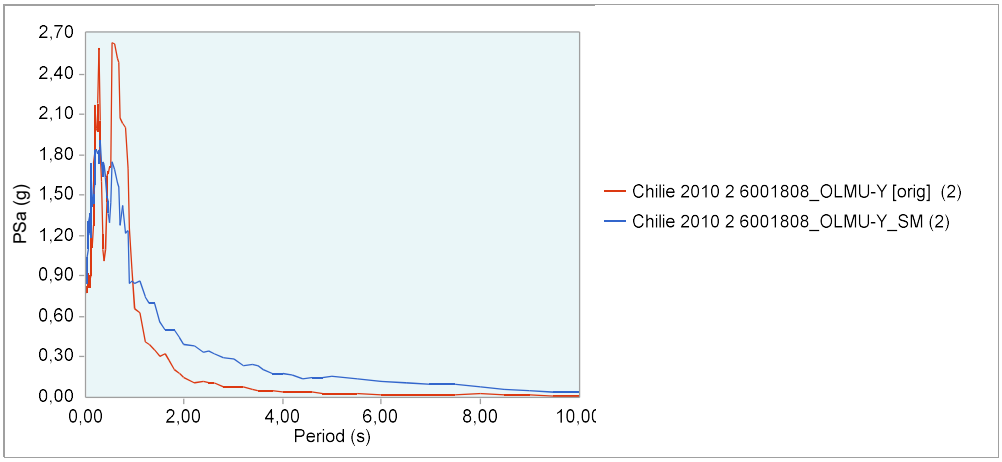
Gambar L-7.2 Respon Spektrum Chilie 2010 1 360



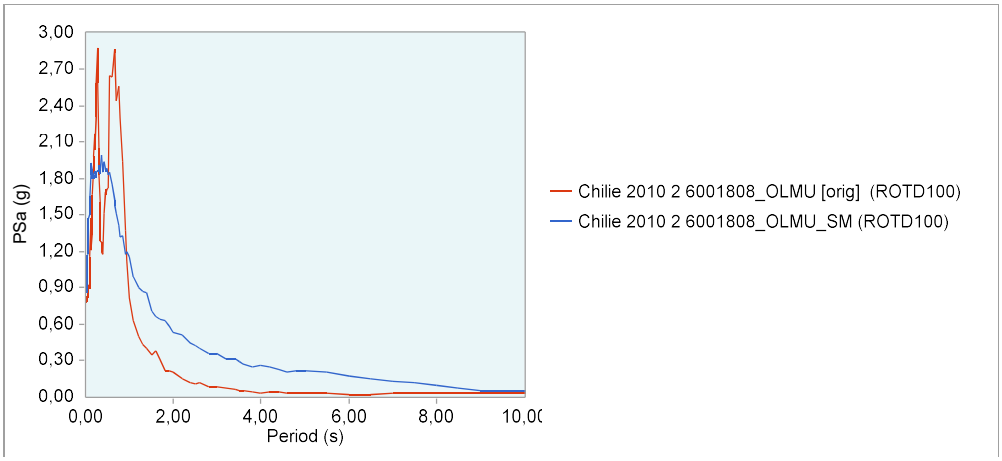
Gambar L-7.3 Respon Spektrum Chilie 2010 1 ROTD100



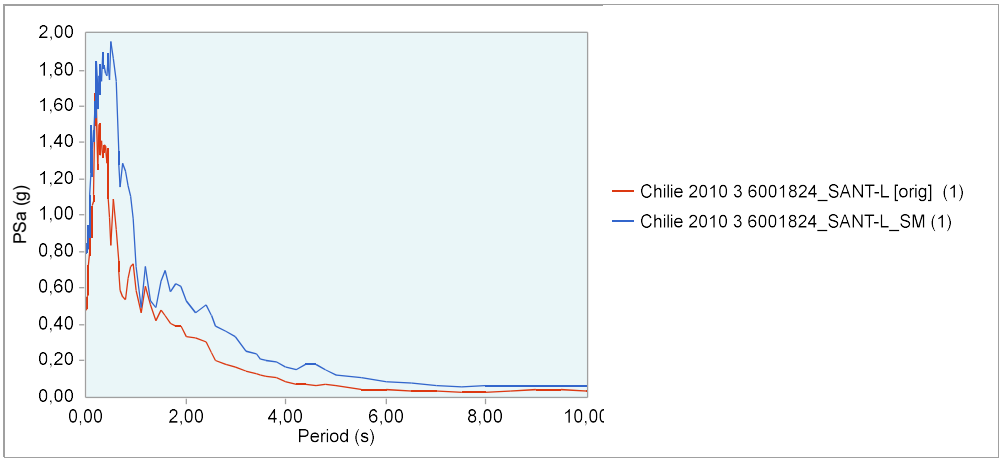
Gambar L-7.4 Respon Spektrum Chilie 2010 2 X



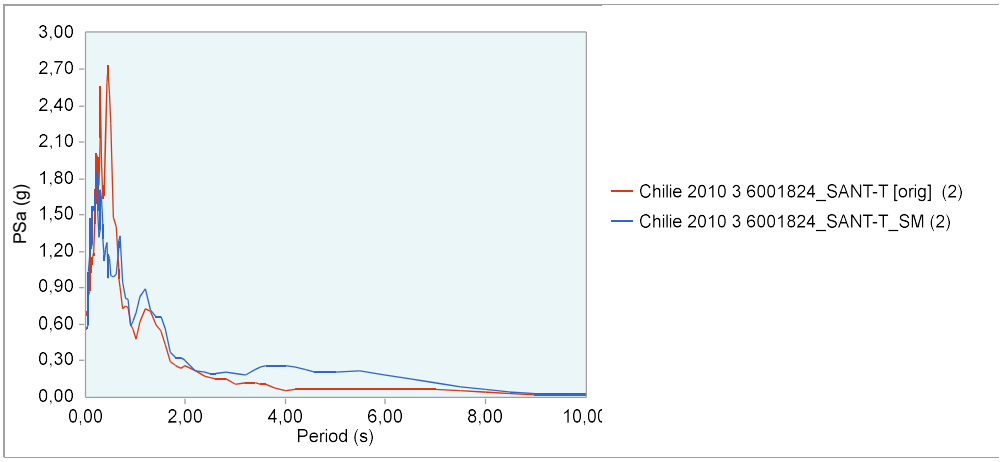
Gambar L-7.5 Respon Spektrum Chilie 2010 2 Y



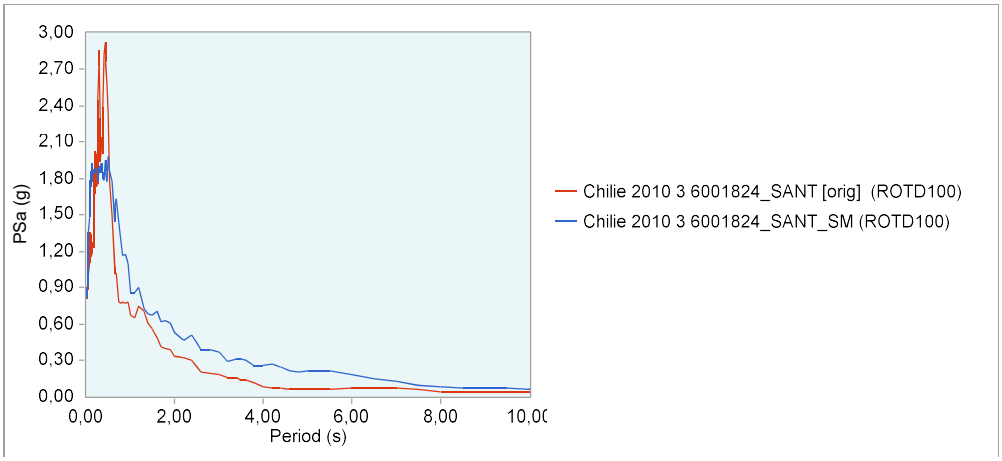
Gambar L-7.6 Respon Spektrum Chilie 2010 2 ROTD100



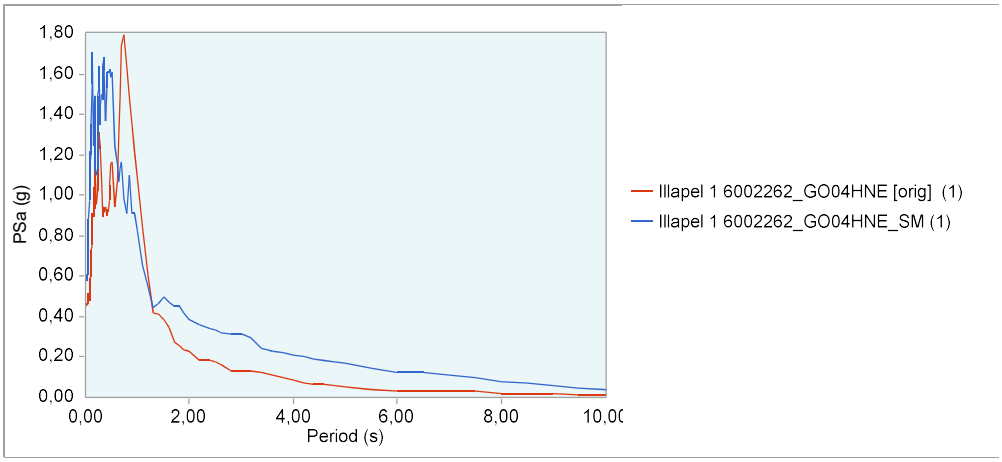
Gambar L-7.7 Respon Spektrum Chilie 2010 3 L



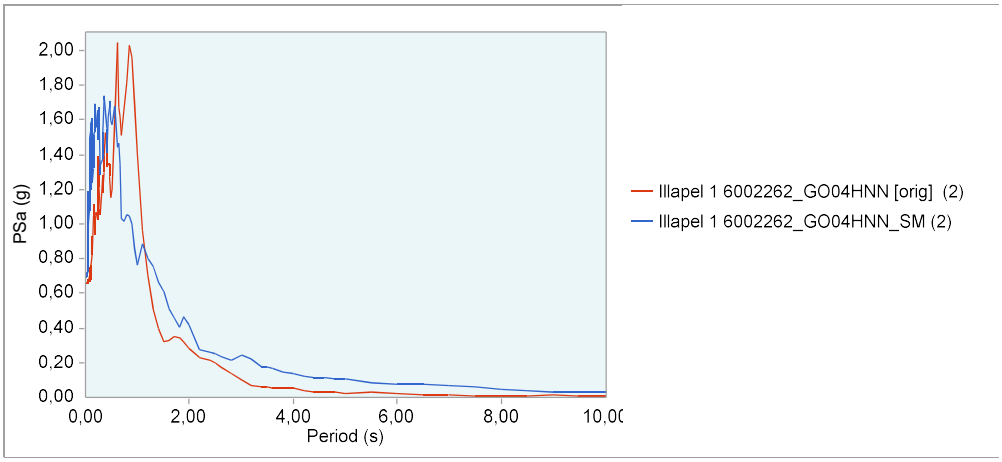
Gambar L-7.8 Respon Spektrum Chilie 2010 3 T



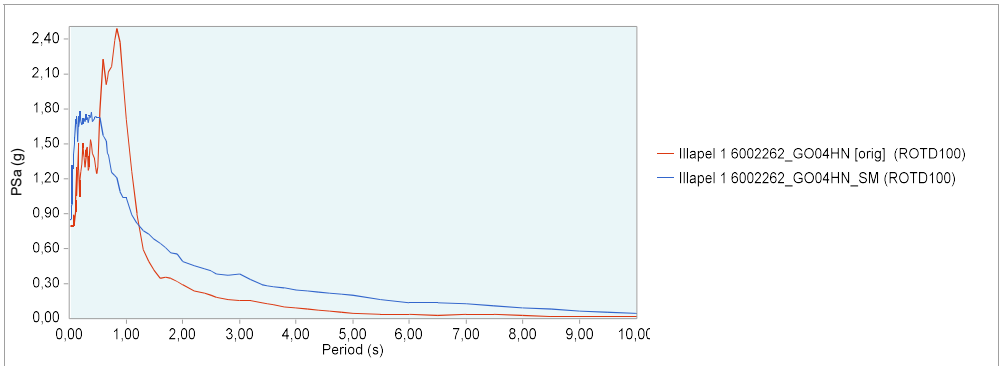
Gambar L-7.9 Respon Spektrum Chilie 2010 3 ROTD100



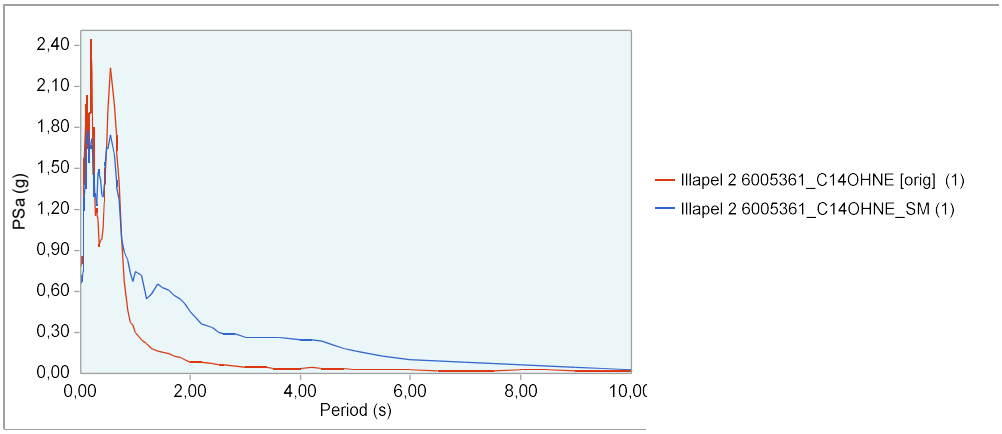
Gambar L-7.10 Respon Spektrum Illapel 2015 1 EW



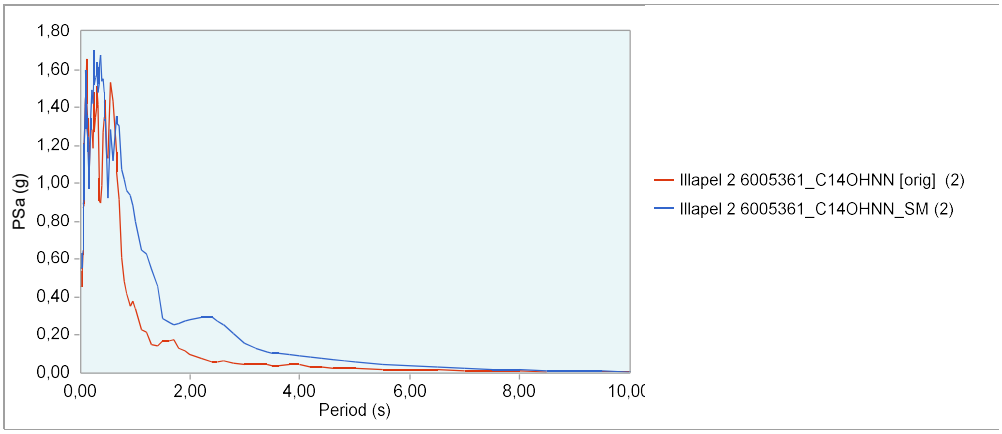
Gambar L-7.11 Respon Spektrum Illapel 2015 1 NS



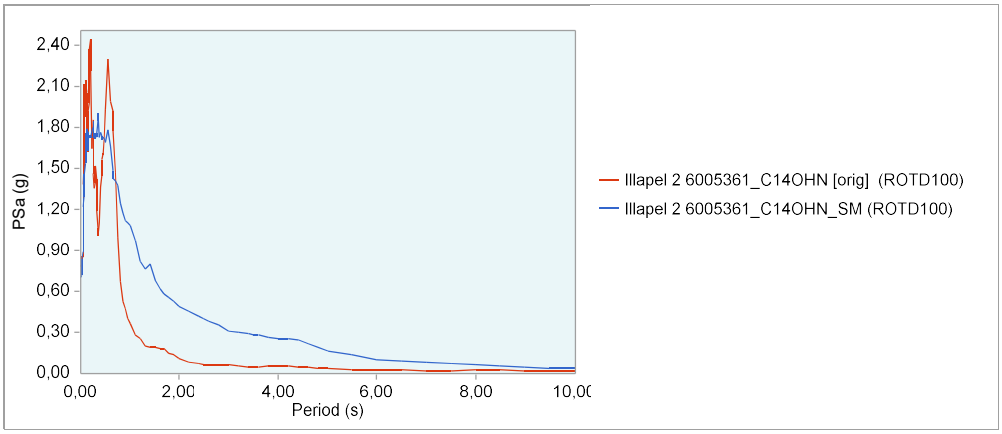
Gambar L-7.12 Respon Spektrum Illapel 2015 1 ROTD100



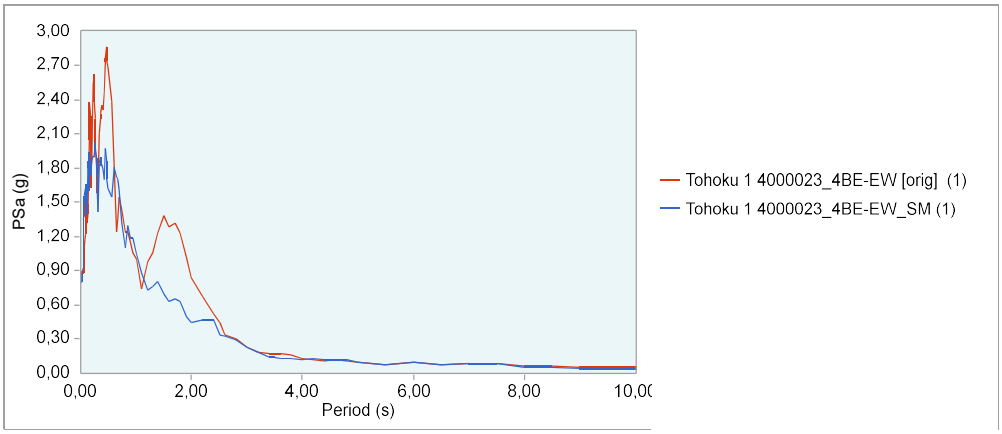
Gambar L-7.13 Respon Spektrum Illapel 2015 2 EW



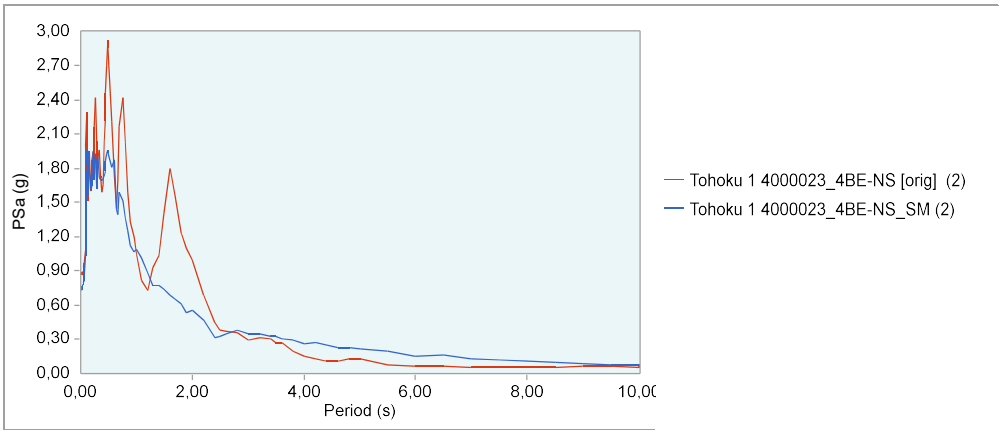
Gambar L-7.14 Respon Spektrum Illapel 2015 2 NS



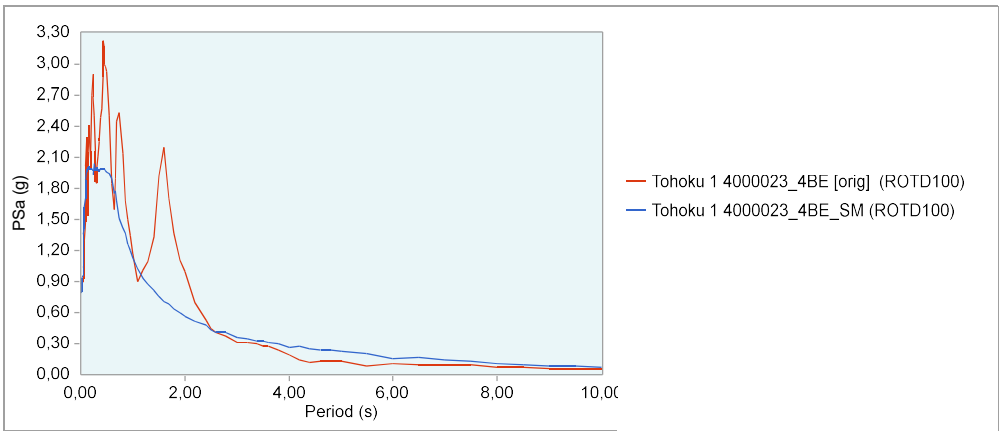
Gambar L-7.15 Respon Spektrum Illapel 2015 2 ROTD100



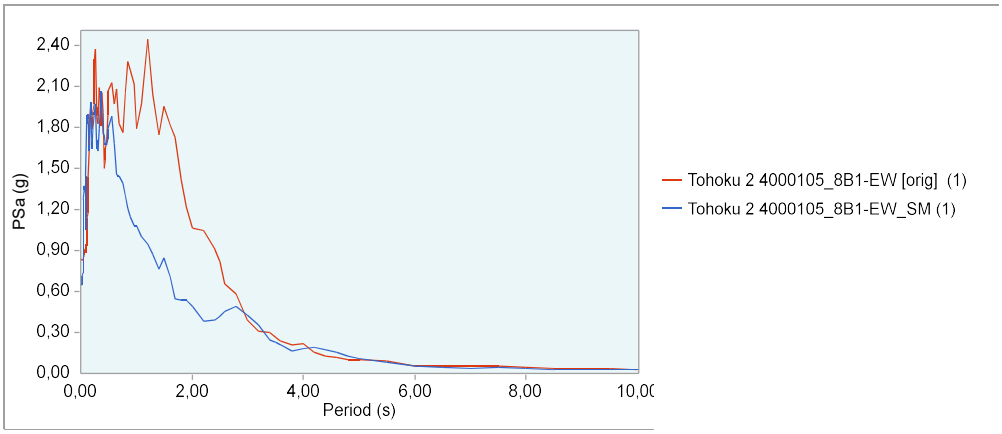
Gambar L-7.16 Respon Spektrum Tohoku 2011 1 EW



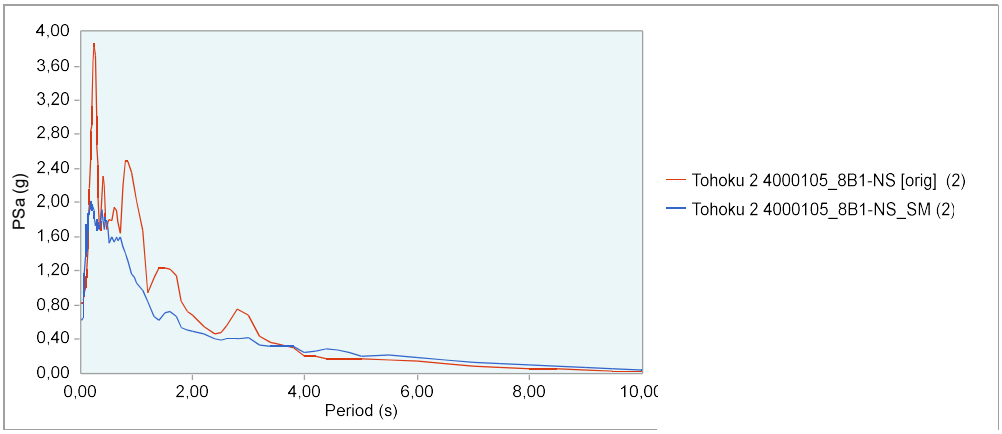
Gambar L-7.17 Respon Spektrum Tohoku 2011 1 NS



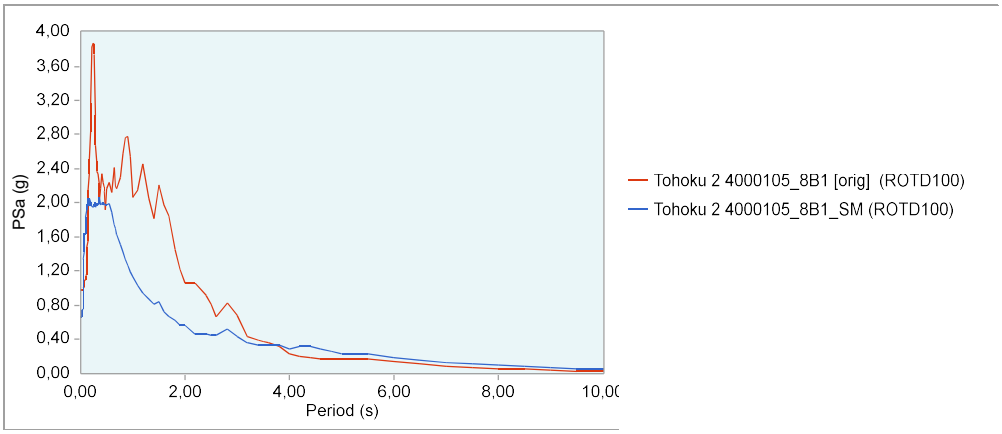
Gambar L-7.18 Respon Spektrum Tohoku 2011 1 ROTD100



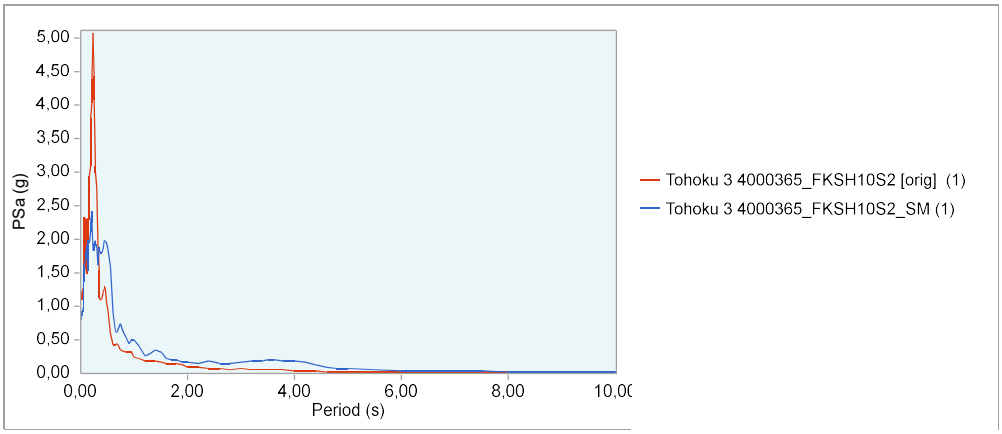
Gambar L-7.19 Respon Spektrum Tohoku 2011 2 EW



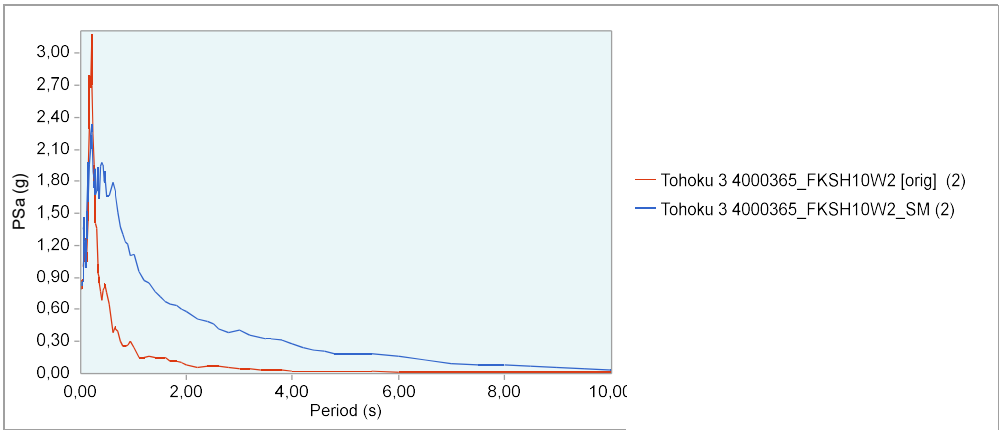
Gambar L-7.20 Respon Spektrum Tohoku 2011 2 NS



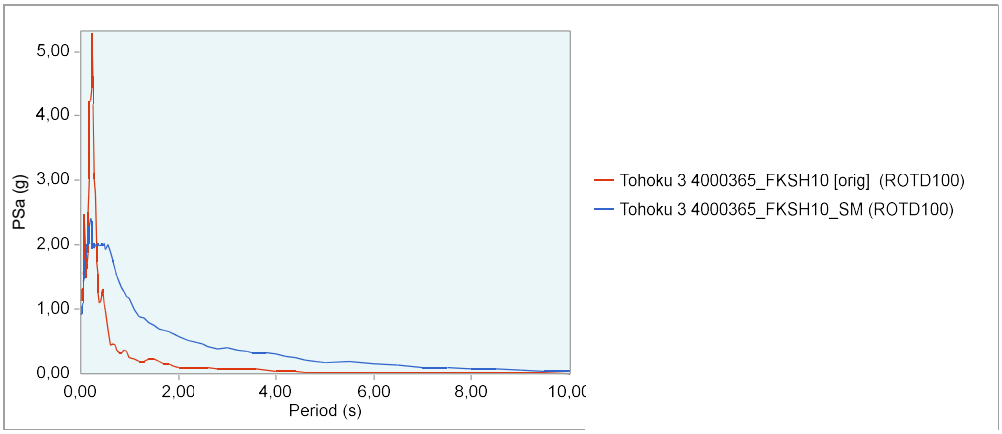
Gambar L-7.21 Respon Spektrum Tohoku 2011 2 ROTD100



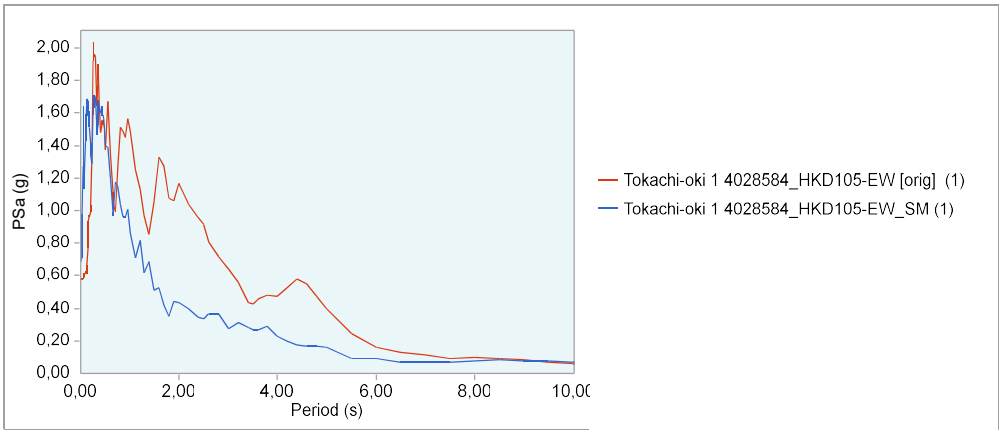
Gambar L-7.22 Respon Spektrum Tohoku 2011 3 EW



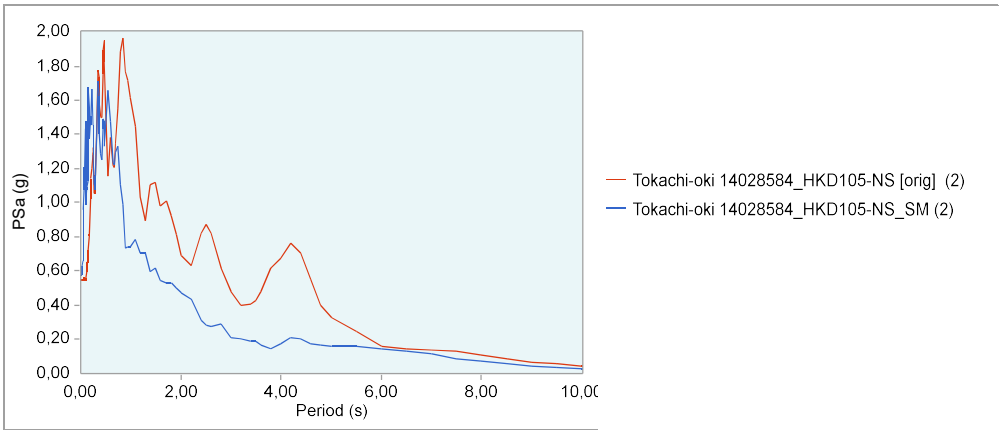
Gambar L-7.23 Respon Spektrum Tohoku 2011 3 NS



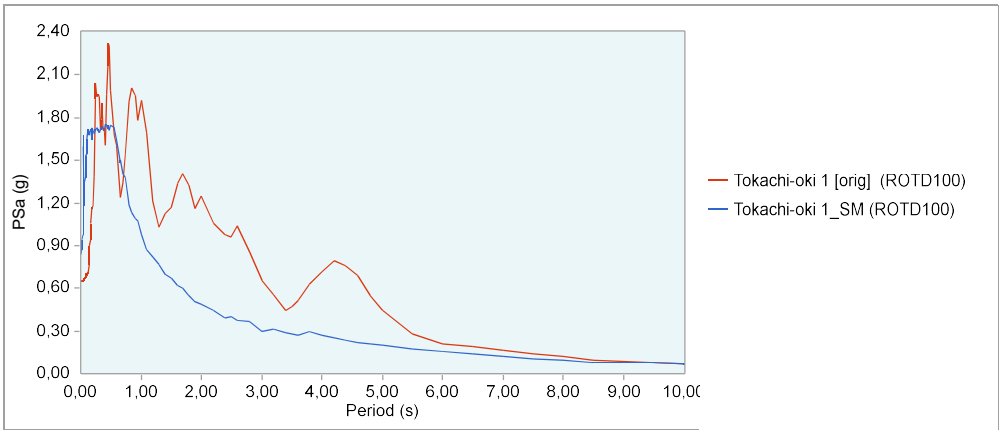
Gambar L-7.24 Respon Spektrum Tohoku 2011 3 ROTD100



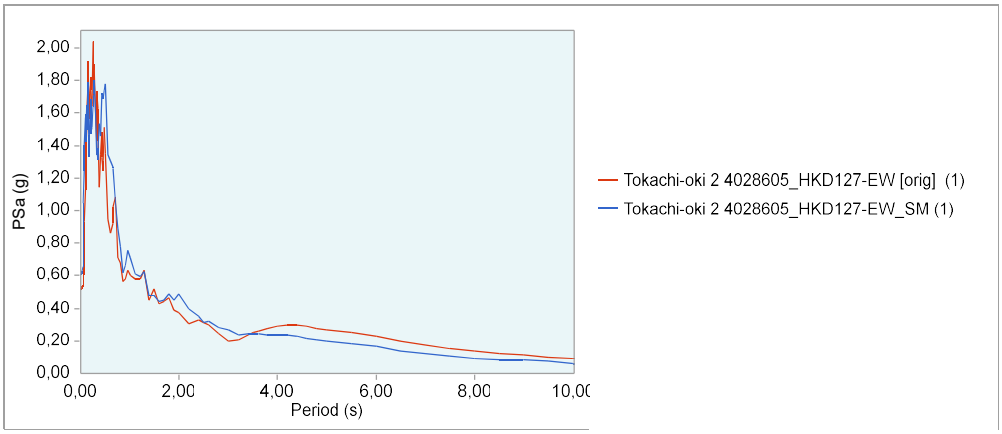
Gambar L-7.25 Respon Spektrum Tokchi-Oki 2003 1 EW



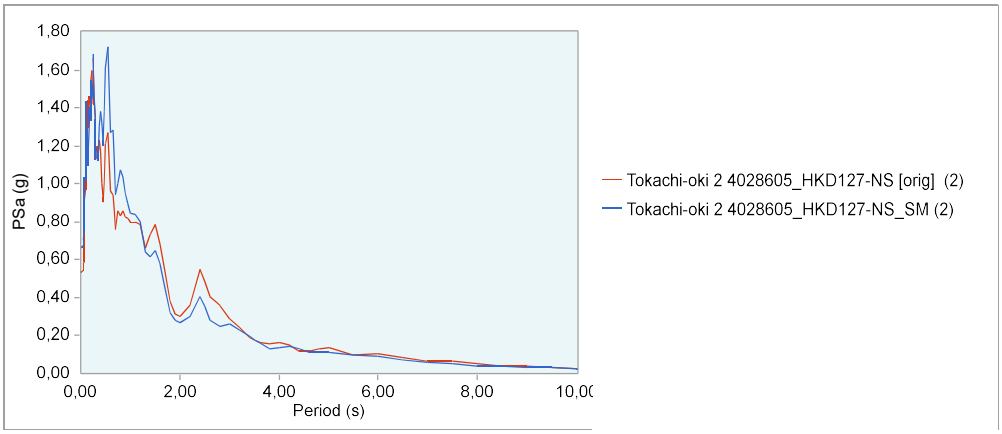
Gambar L-7.26 Respon Spektrum Tokchi-Oki 2003 1 NS



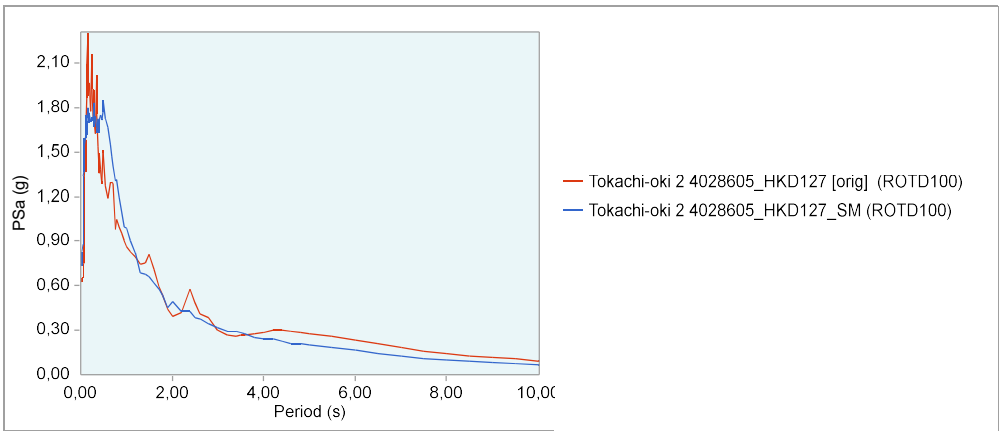
Gambar L-7.27 Respon Spektrum Tokchi-Oki 2003 1 ROTD100



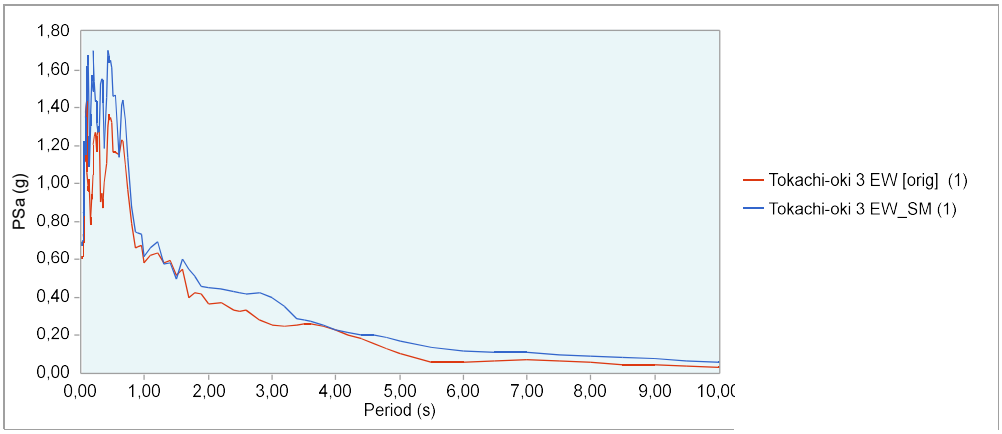
Gambar L-7.28 Respon Spektrum Tokachi-Oki 2003 2 EW



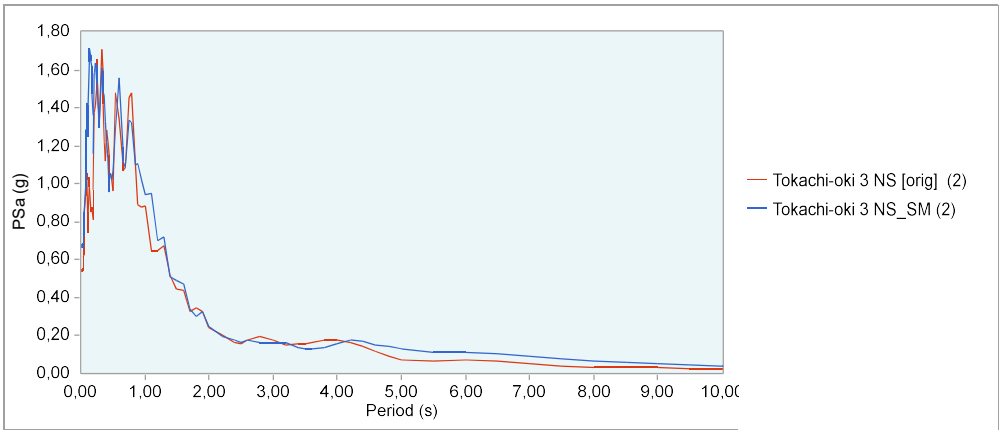
Gambar L-7.29 Respon Spektrum Tokachi-Oki 2003 2 NS



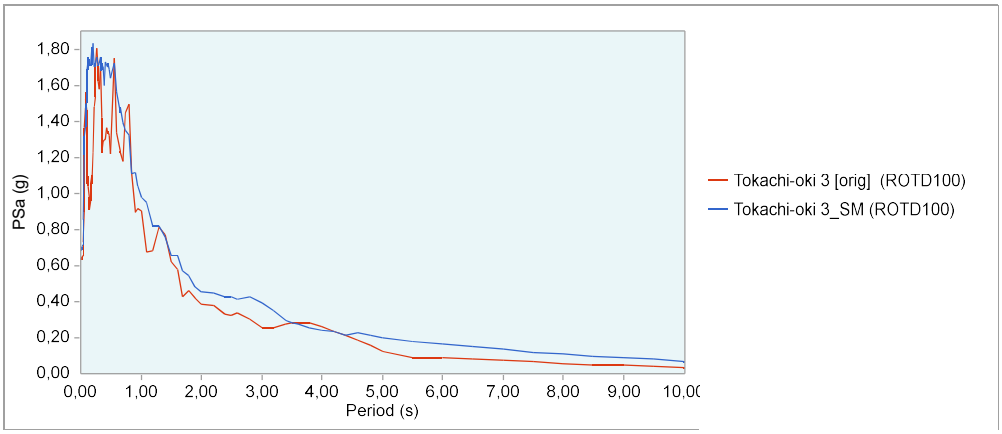
Gambar L-7.30 Respon Spektrum Tokachi-Oki 2003 2 ROTD100



Gambar L-7.31 Respon Spektrum Tokachi-Oki 2003 3 EW



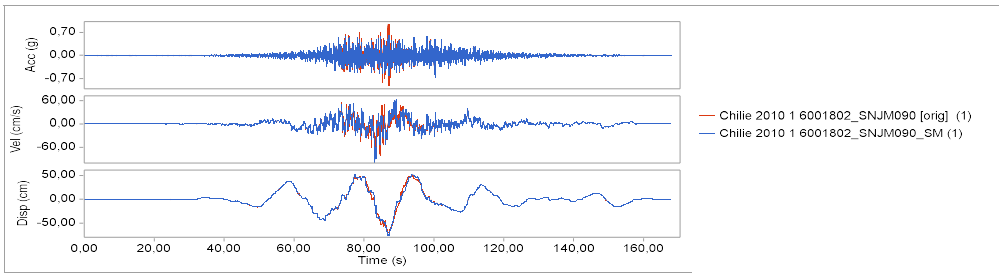
Gambar L-7.32 Respon Spektrum Tokachi-Oki 2003 3 NS



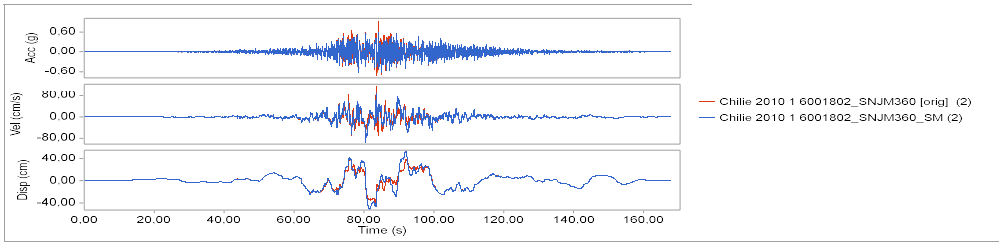
Gambar L-7.33 Respon Spektrum Tokachi-Oki 2003 3 ROTD100

Lampiran 8 Rekaman Gempa Asli dan Hasil *Macthing*

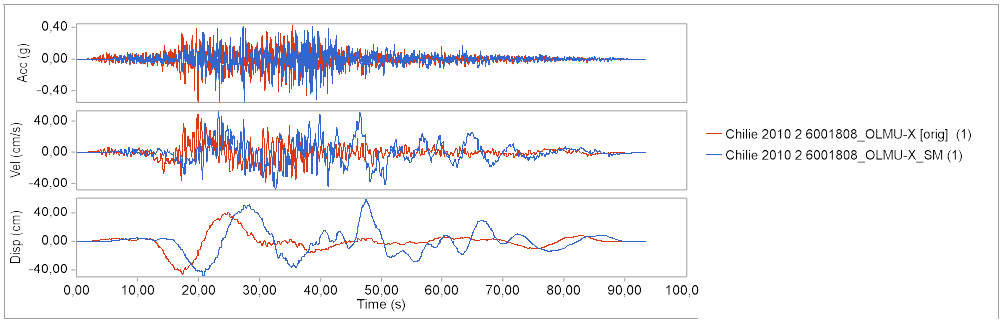
Keterangan warna untuk rekaman gempa Asli adalah warna merah dan warna biru untuk rekaman gempa hasil *matching*.



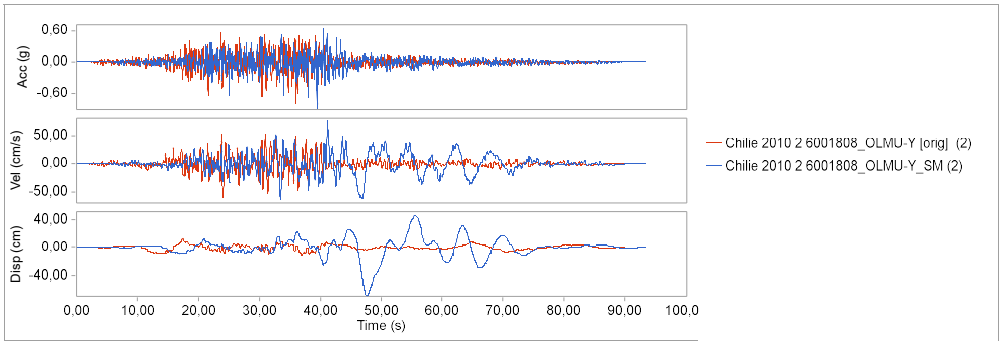
Gambar L-8.1 Rekaman Gempa Chilie 2010 1 90



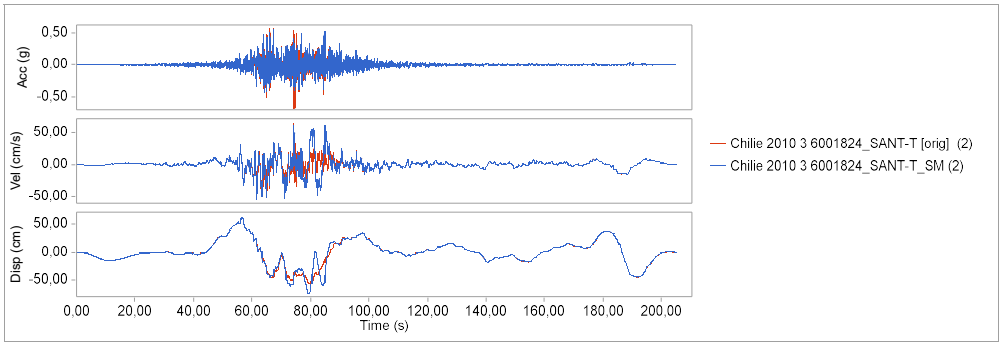
Gambar L-8.2 Rekaman Gempa Chilie 2010 1 360



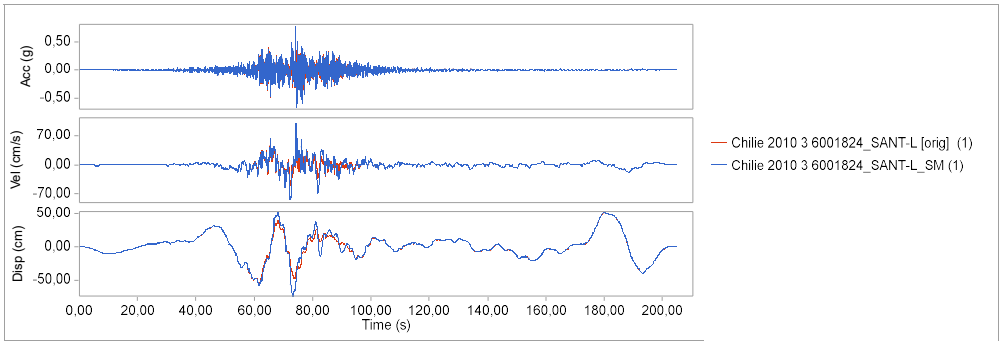
Gambar L-8.3 Rekaman Gempa Chilie 2010 2 X



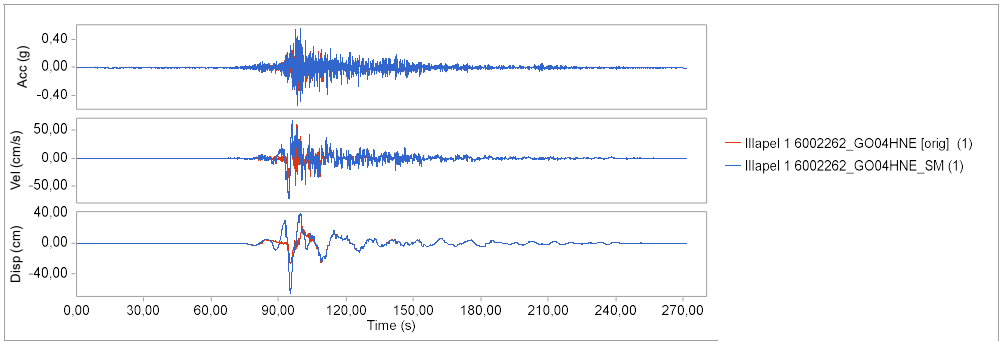
Gambar L-8.4 Rekaman Gempa Chilie 2010 2 Y



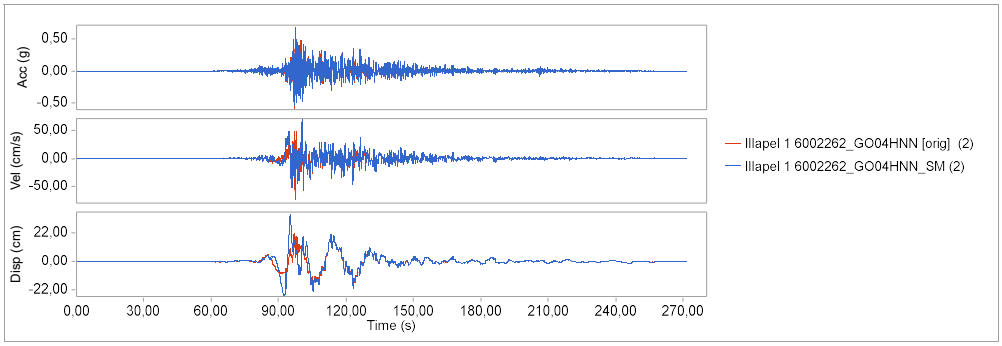
Gambar L-8.5 Rekaman Gempa Chilie 2010 3 T



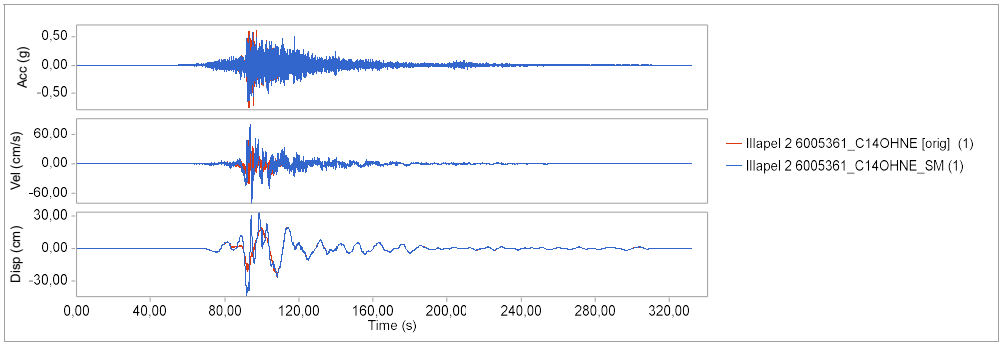
Gambar L-8.6 Rekaman Gempa Chilie 2010 3 L



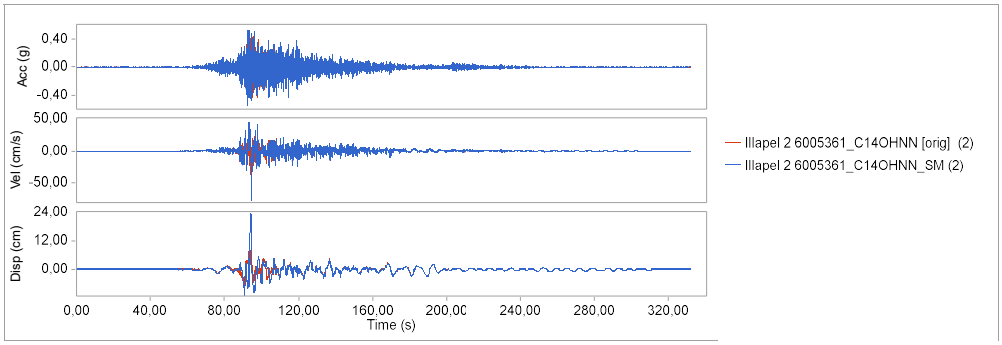
Gambar L-8.7 Rekaman Gempa Illapel 2015 1 EW



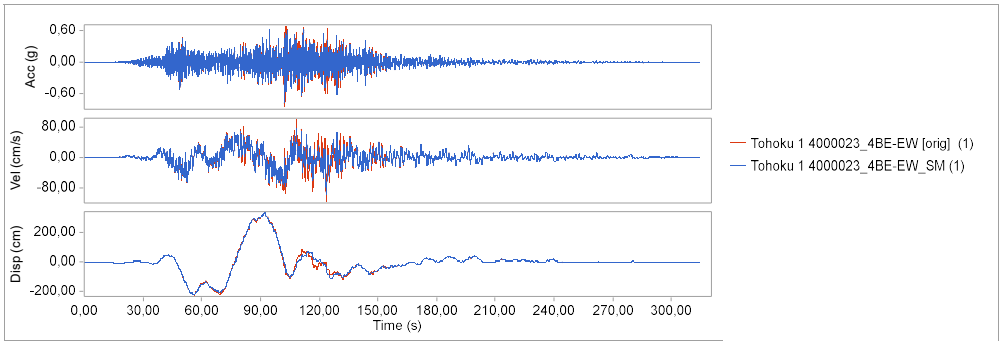
Gambar L-8.8 Rekaman Gempa Illapel 2015 1 NS



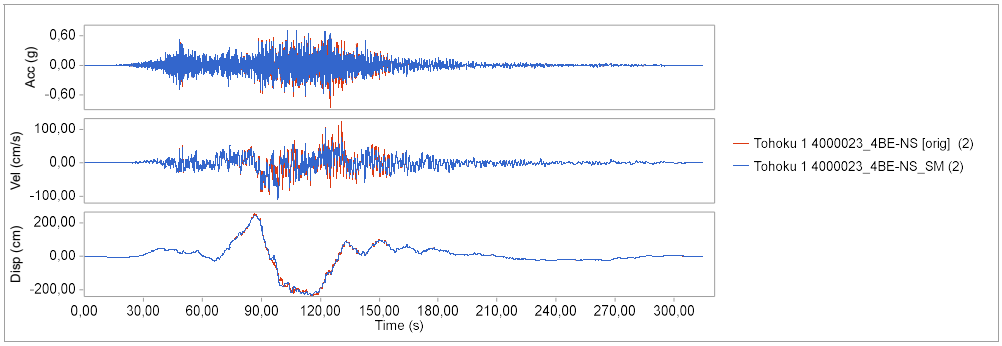
Gambar L-8.9 Rekaman Gempa Illapel 2015 2 EW



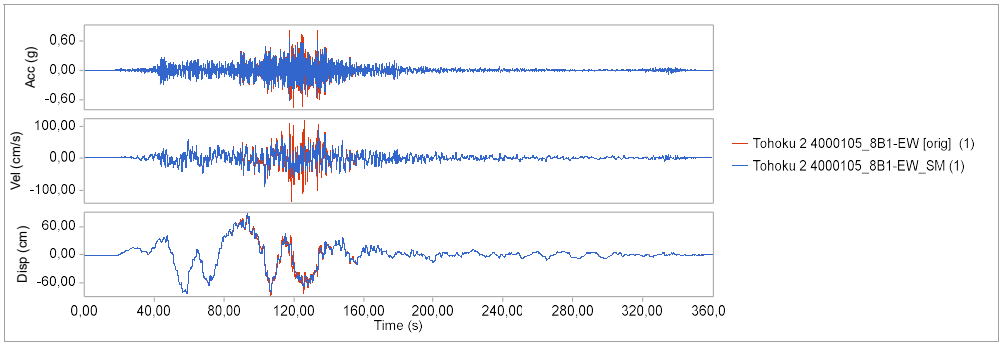
Gambar L-8.10 Rekaman Gempa Illapel 2015 2 NS



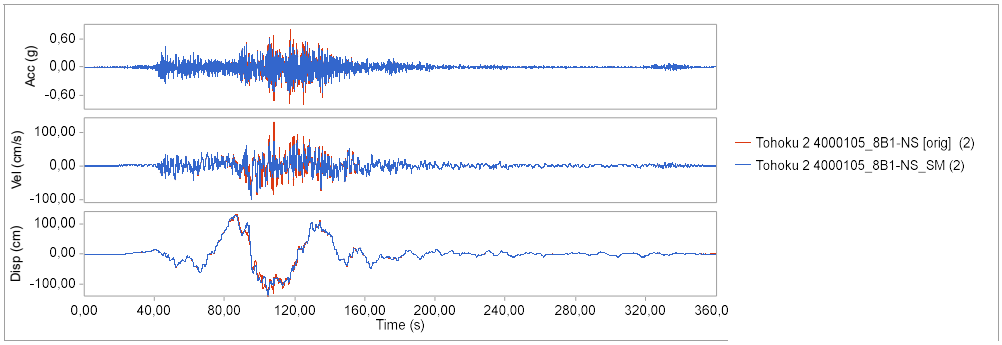
Gambar L-8.11 Rekaman Gempa Tohoku 2011 1 EW



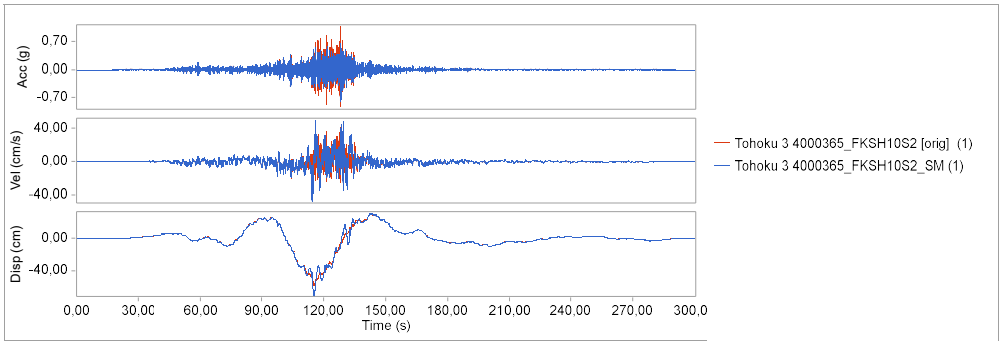
Gambar L-8.12 Rekaman Gempa Tohoku 2011 1 NS



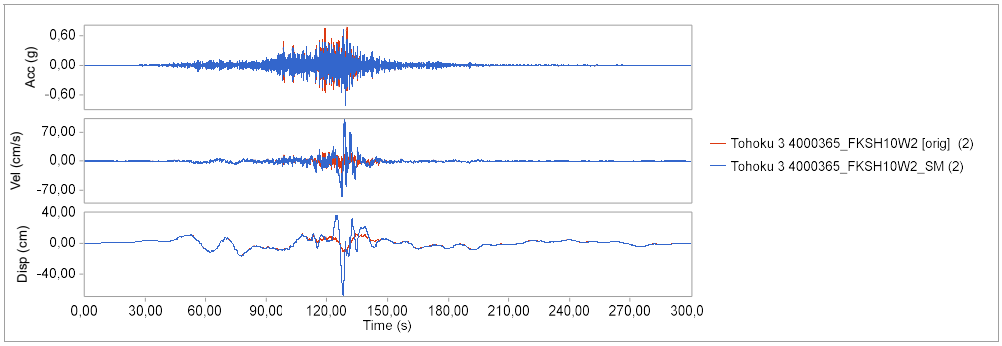
Gambar L-8.13 Rekaman Gempa Tohoku 2011 2 EW



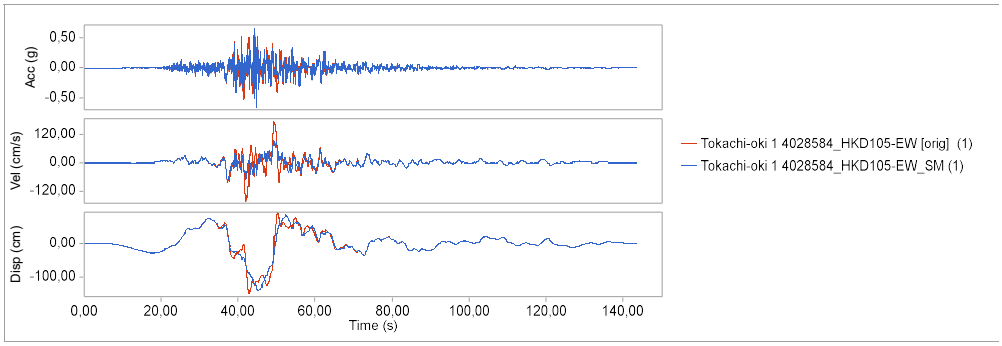
Gambar L-8.14 Rekaman Gempa Tohoku 2011 2 NS



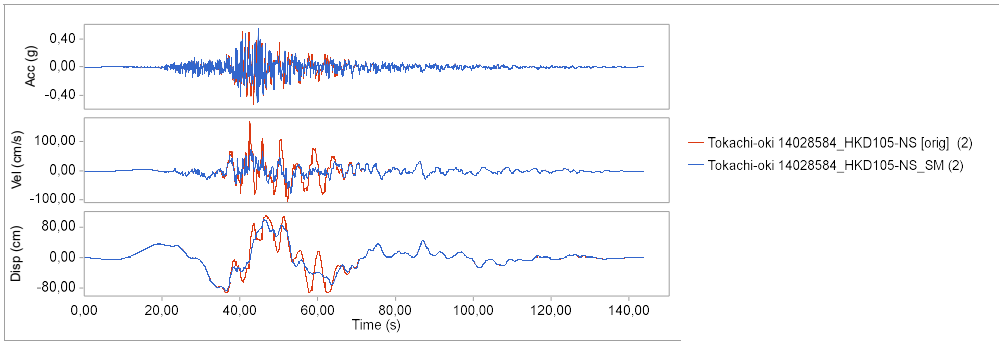
Gambar L-8.15 Rekaman Gempa Tohoku 2011 3 EW



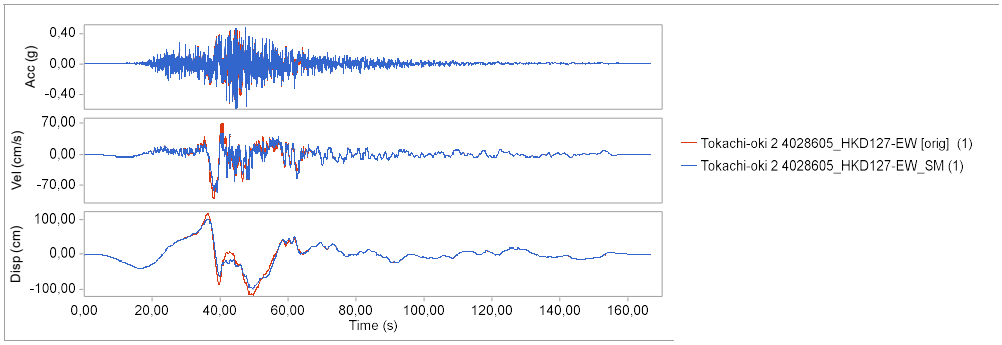
Gambar L-8.16 Rekaman Gempa Tohoku 2011 3 NS



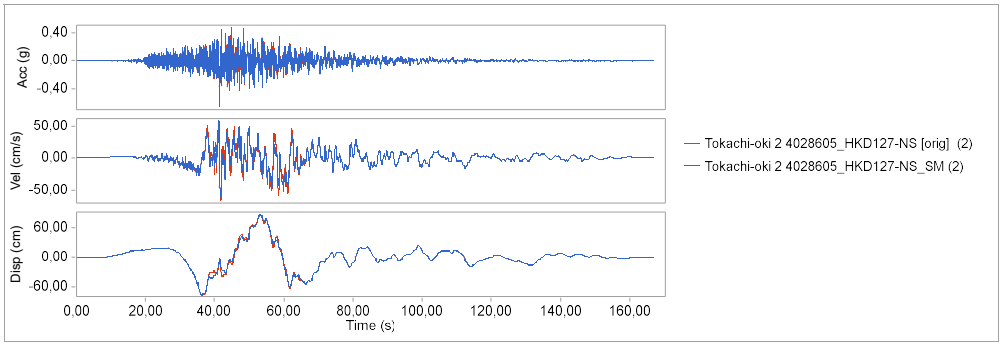
Gambar L-8.17 Rekaman Gempa Tokachi-Oki 2003 1 EW



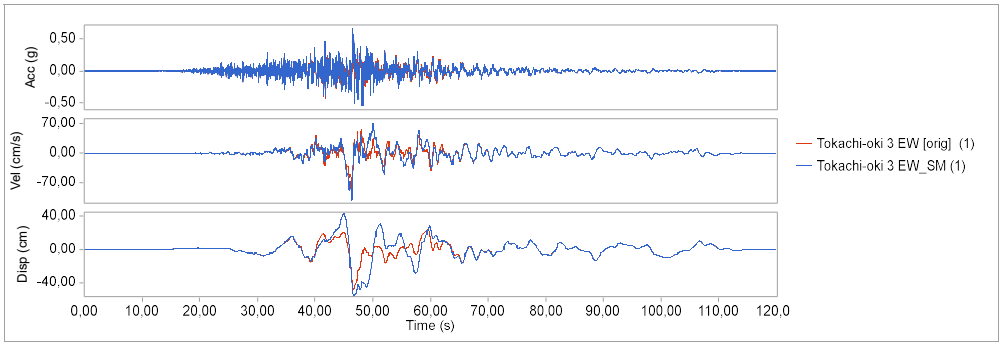
Gambar L-8.18 Rekaman Gempa Tokachi-Oki 2003 1 NS



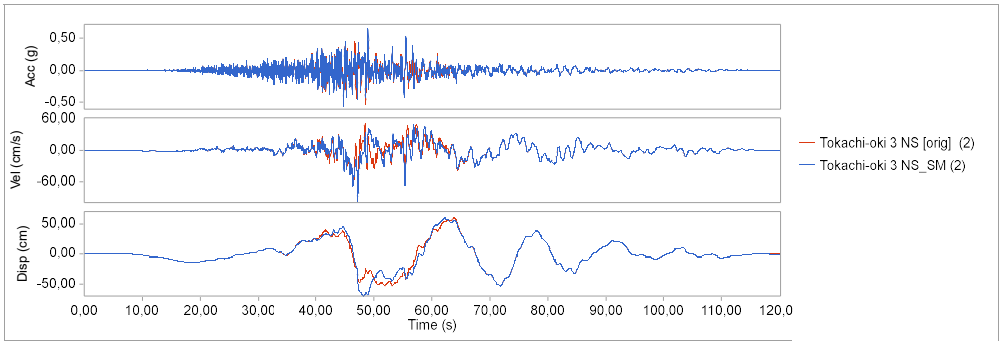
Gambar L-8.19 Rekaman Gempa Tokachi-Oki 2003 2 EW



Gambar L-8.20 Rekaman Gempa Tokachi-Oki 2003 2 NS

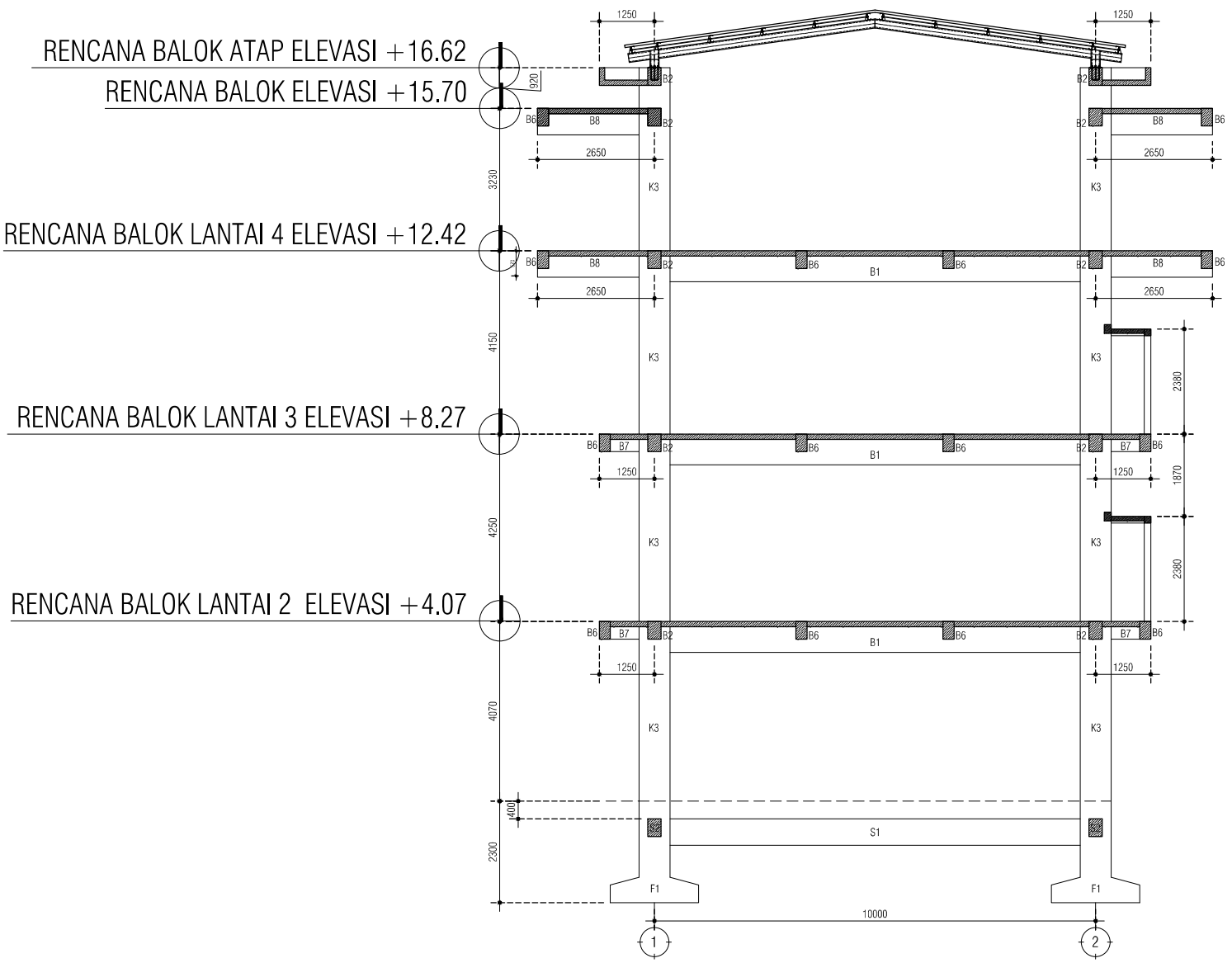


Gambar L-8.21 Rekaman Gempa Tokachi-Oki 2003 3 EW

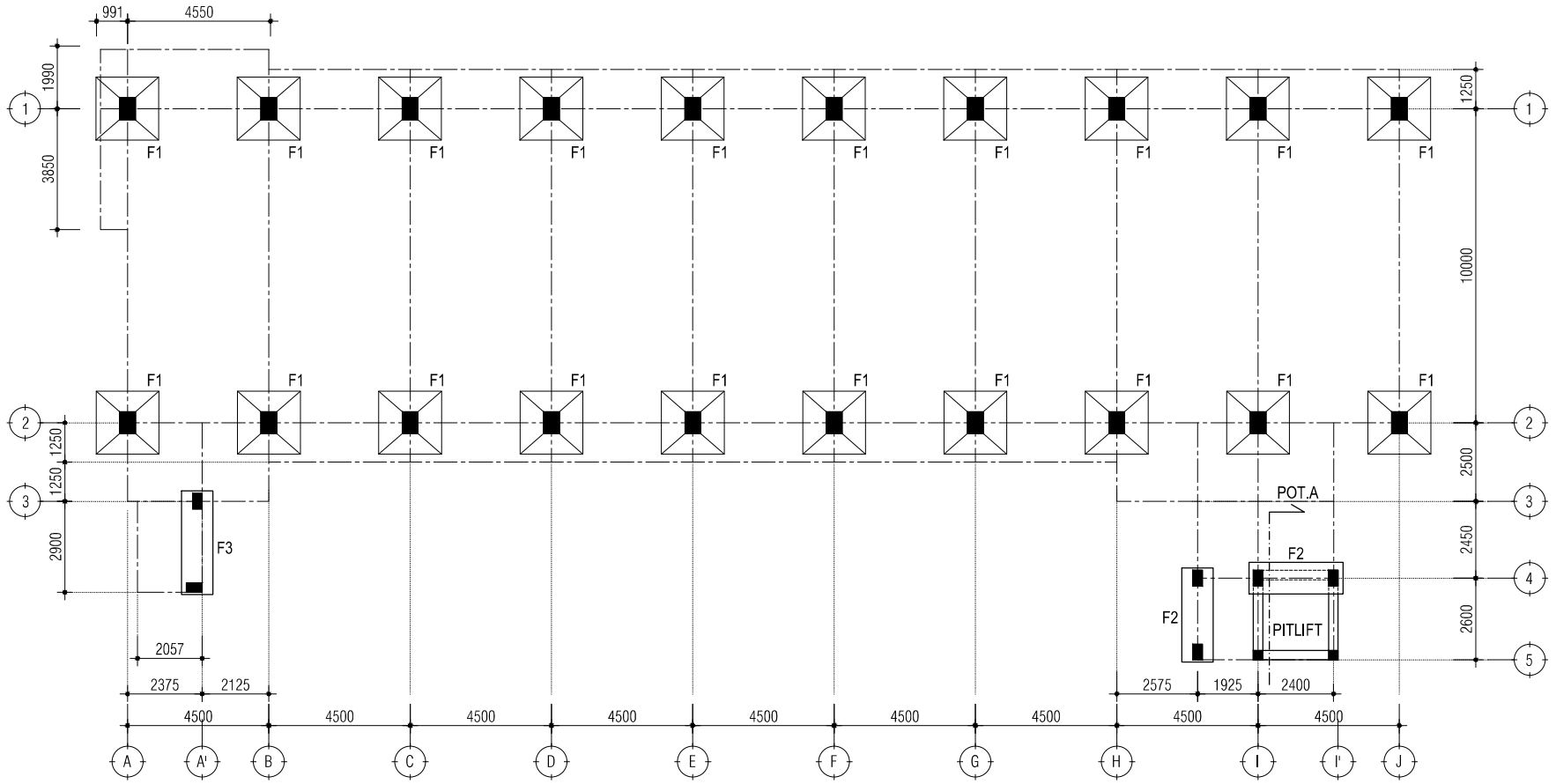


Gambar L-8.22 Rekaman Gempa Tokachi-Oki 2003 3 NS

Lampiran 9 Data *Design Engineering Detail* Objek Penelitian



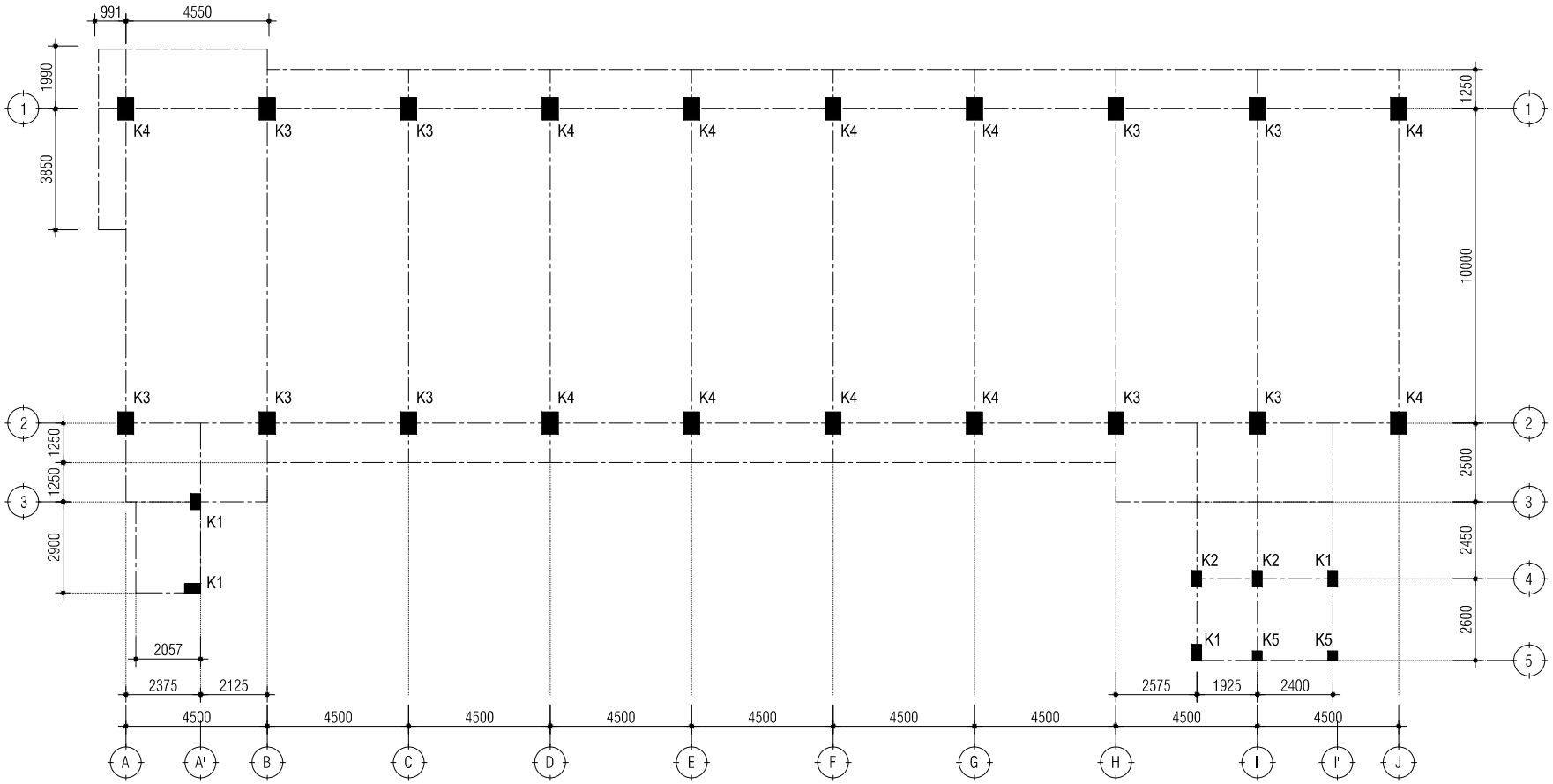
PEKERJAAN	PEMILIK PROYEK	PENGURUS YAYASAN BADAN WAKAF UII	TIM PERENCANA		JUDUL GAMBAR	KODE	NO LEMBAR
GEDUNG OSCE FAKULTAS KEDOKTERAN UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA	PENGURUS YAYASAN BADAN WAKAF UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA		TENAGA AHLI	PARAF	**POTONGAN PORTAL AS-C**	**S**	**09-01**
LOKASI: Kampus UII Terpadu, Jalan Kaliurang, Km 14,7 Sleman, Yogyakarta			Ir. HANDOYOTOMO, MSA Koordinator Perencana/Arsitek Utama			SKALA: **1:100**	A3
			Eko Sulistyatmojo, ST. Ahli Struktur				
			PRAPTO SUHARYANA, ST.M.Sc. Ahli ME				



RENCANA PONDASI

SKALA 1:150

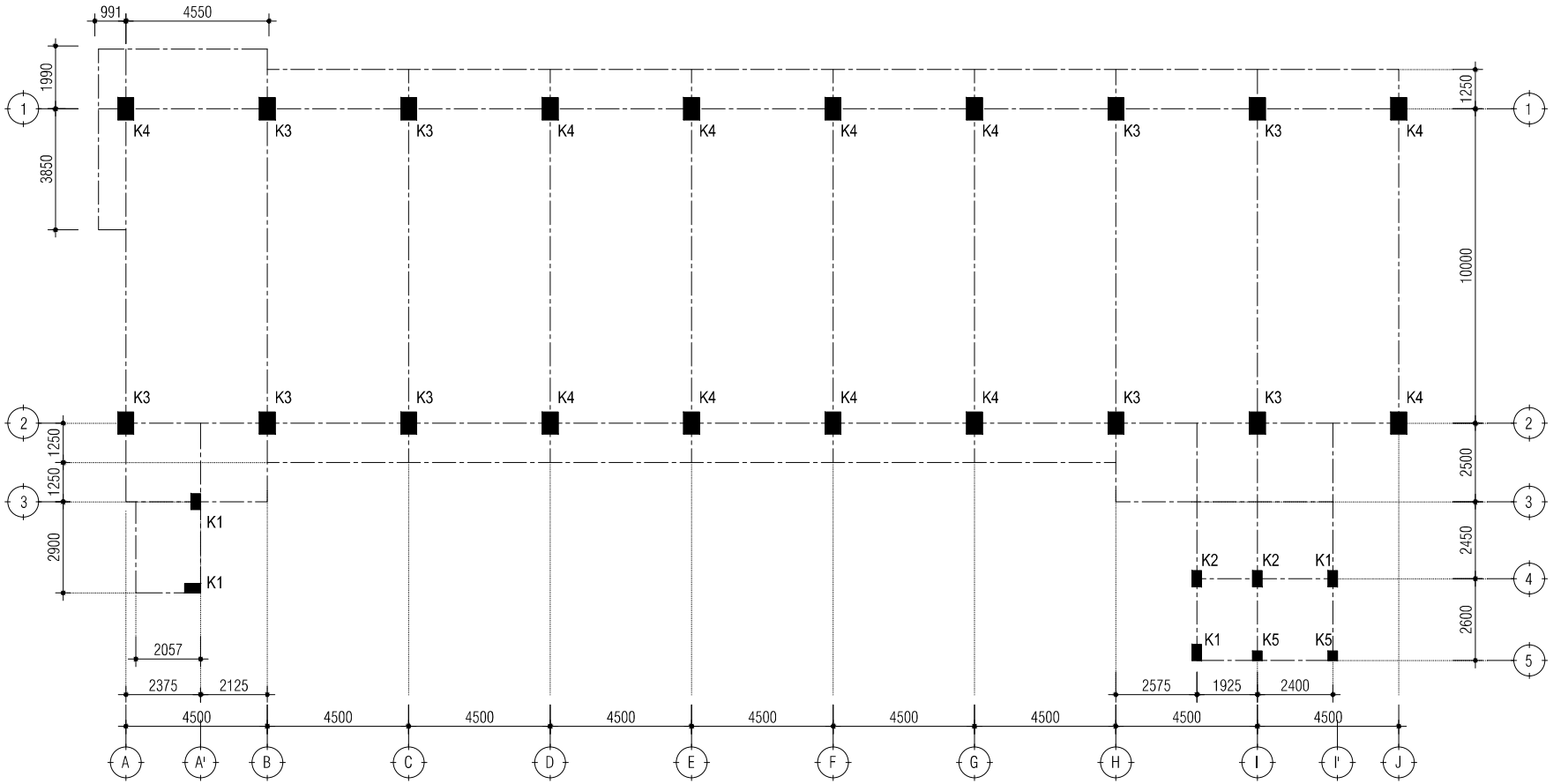
PEKERJAAN	PEMILIK PROYEK	PENGURUS YAYASAN BADAN WAKAF UII	TIM PERENCANA		JUDUL GAMBAR	KODE	NO LEMBAR
GEDUNG OSCE **FAKULTAS KEDOKTERAN** UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA	PENGURUS YAYASAN BADAN WAKAF UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA		TENAGA AHLI	PARAF	**RENCANA PONDASI LANTAI 1**	**S**	**02-01**
LOKASI Kampus UII Terpadu, Jalan Kaliurang, Km 14,7 Sleman, Yogyakarta			Ir. HANDOYOTOMO, MSA Koordinator Perencana/Arsitek Utama			SKALA **1:150**	A3
			Eko Setyatmojo, ST. Ahli Struktur				
			PRAPTO SUHARYANA, ST.M.Sc. Ahli MEE				



RENCANA KOLOM LANTAI 1

SKALA 1:150

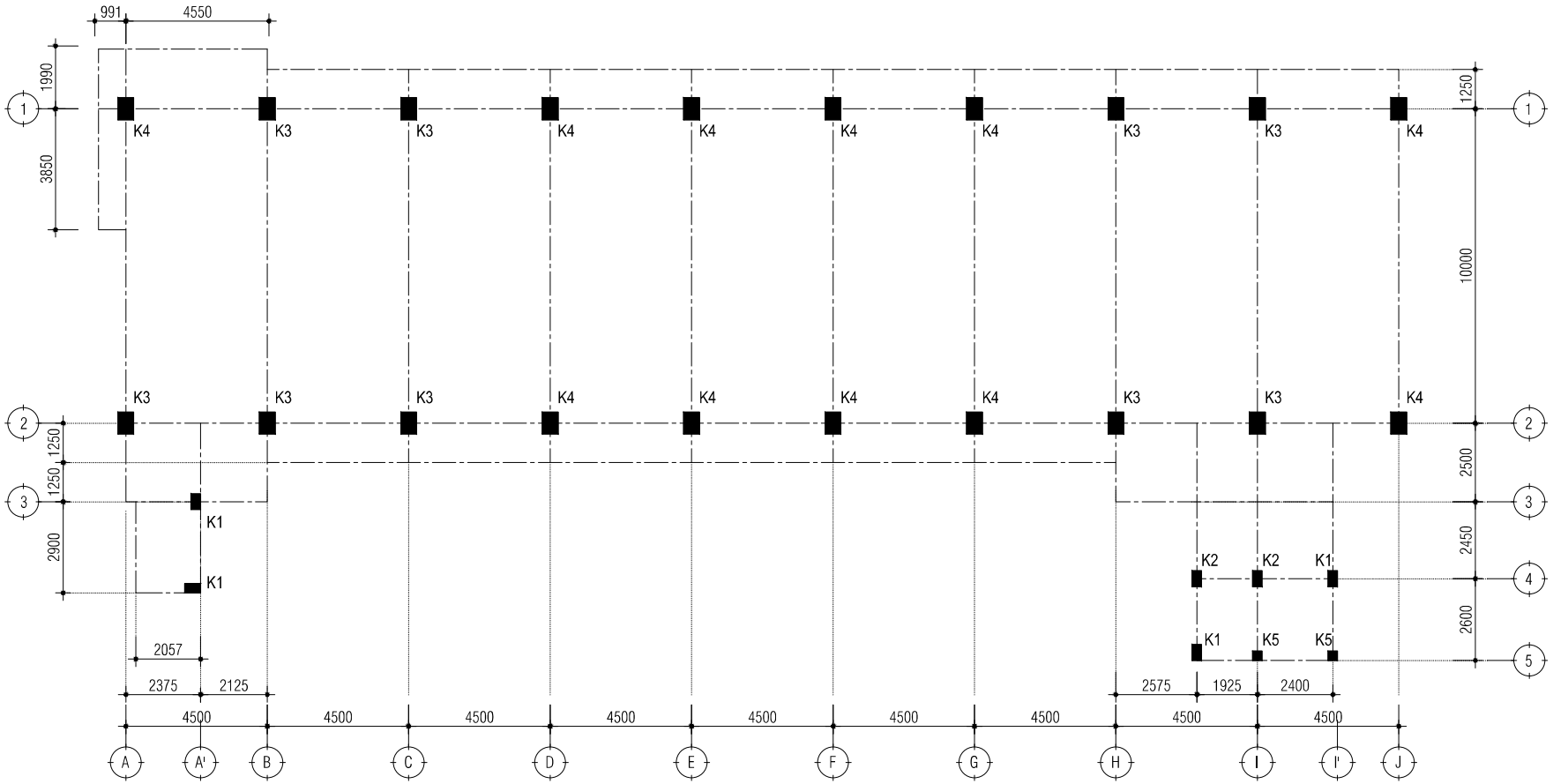
PEKERJAAN	PEMILIK PROYEK	PENGURUS YAYASAN BADAN WAKAF UII	TIM PERENCANA	JUDUL GAMBAR	KODE	NO LEMBAR
GEDUNG OSCE **FAKULTAS KEDOKTERAN** UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA	PENGURUS YAYASAN BADAN WAKAF UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA		TENAGA AHLI / PARAF Ir. HANDOYOTOMO, MSA Koordinator Perencana/Arsitek Utama Eko Sulistyatmo, ST. Ahli Struktur PRAPTO SUHARYANA, ST.M.Si. Ahli MEE	**RENCANA KOLOM LANTAI 1**	**S**	**03-01**
LOKASI Kampus UII Terpadu, Jalan Kaliurang, Km 14,7 Sleman, Yogyakarta					SKALA **1:150**	A3



RENCANA KOLOM LANTAI 2

SKALA 1:150

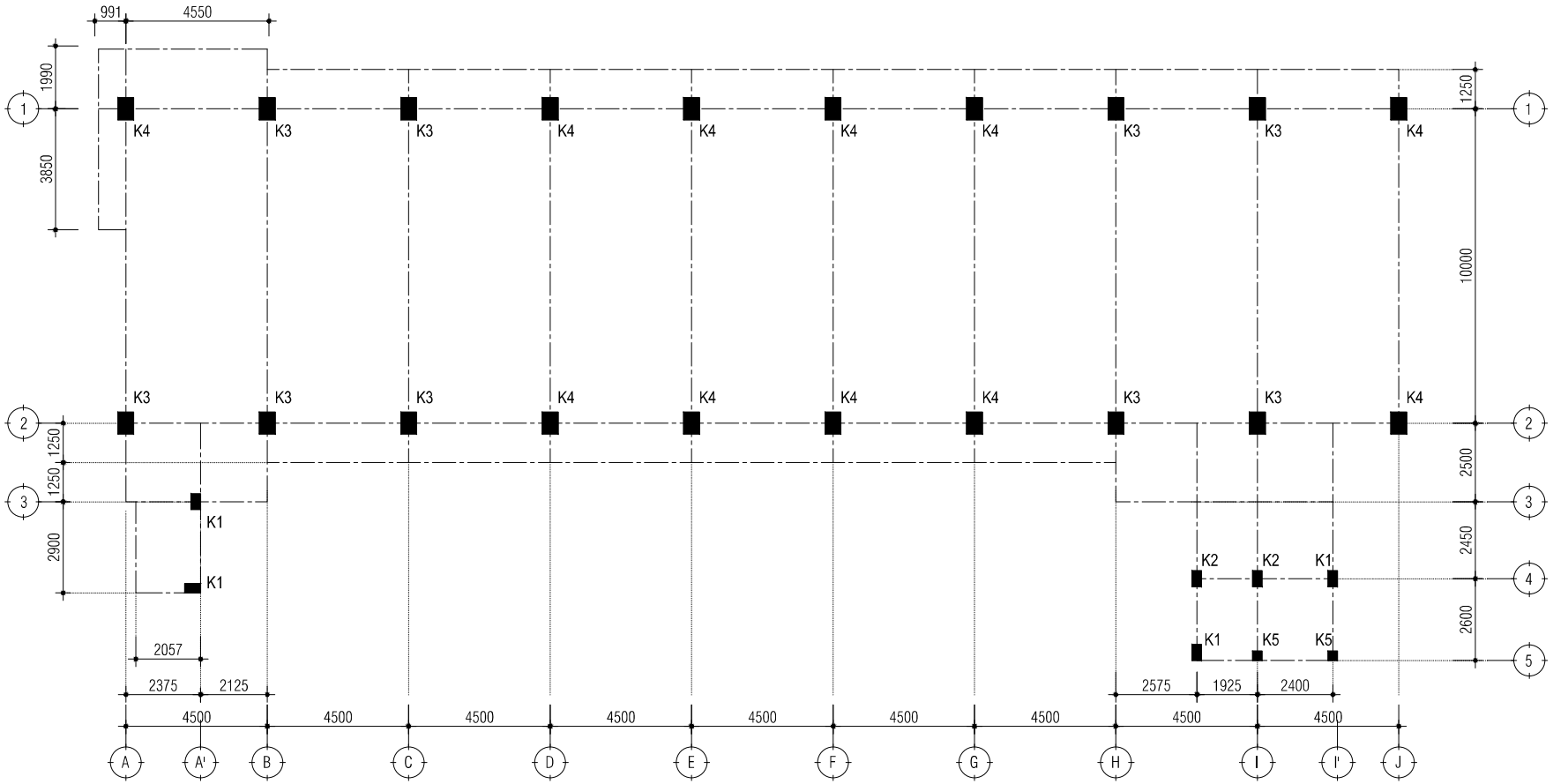
PEKERJAAN	PEMILIK PROYEK	PENGURUS YAYASAN BADAN WAKAF UII	TIM PERENCANA		JUDUL GAMBAR	KODE	NO LEMBAR
GEDUNG OSCE **FAKULTAS KEDOKTERAN** UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA	PENGURUS YAYASAN BADAN WAKAF UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA		TENAGA AHLI	PARAF	**RENCANA KOLOM LANTAI 2**	**S**	03-02
LOKASI Kampus UII Terpadu, Jalan Kaliurang, Km 14,7 Sleman, Yogyakarta			Ir. HANDOYOTOMO, MSA Koordinator Perencana/Arsitek Utama			SKALA **1:150**	A3
			Eko Sulistyatmo, ST. Ahli Struktur				
			PRAPTO SUHARYANA, ST.M.Si. Ahli ME				



RENCANA KOLOM LANTAI 3

SKALA 1:150

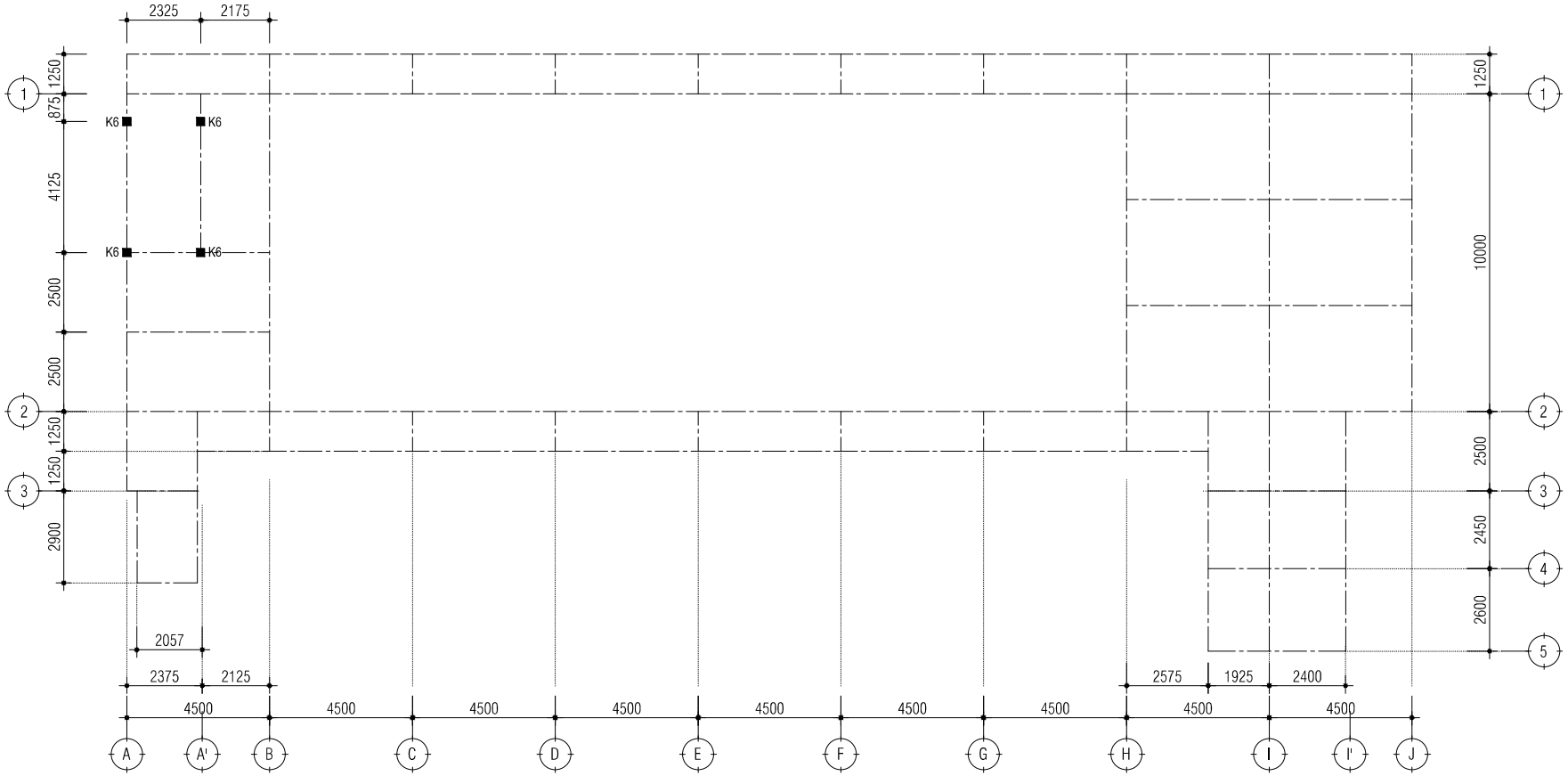
PEKERJAAN	PEMILIK PROYEK	PENGURUS YAYASAN BADAN WAKAF UII	TIM PERENCANA		JUDUL GAMBAR	KODE	NO LEMBAR
GEDUNG OSCE **FAKULTAS KEDOKTERAN** UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA	PENGURUS YAYASAN BADAN WAKAF UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA		TENAGA AHLI	PARAF	**RENCANA KOLOM LANTAI 3**	**S**	**03-03**
LOKASI Kampus UII Terpadu, Jalan Kaliurang, Km 14,7 Sleman, Yogyakarta			Ir. HANDOYOTOMO, MSA Koordinator Perencana/Arsitek Utama			SKALA **1:150**	A3
			Eko Sulistyatmo, ST. Ahli Struktur				
			PRAPTO SUHARYANA, ST.M.Si. Ahli MEE				



RENCANA KOLOM LANTAI 4

SKALA 1:150

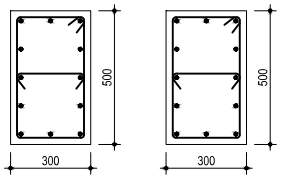
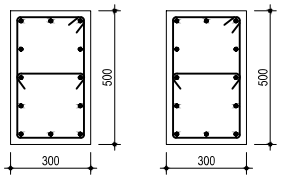
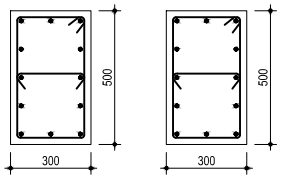
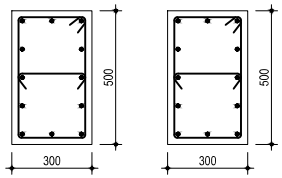
PEKERJAAN	PEMILIK PROYEK	PENGURUS YAYASAN BADAN WAKAF UII	TIM PERENCANA	JUDUL GAMBAR	KODE	NO LEMBAR
GEDUNG OSCE **FAKULTAS KEDOKTERAN** UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA	PENGURUS YAYASAN BADAN WAKAF UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA		TENAGA AHLI / PARAF Ir. HANDOYOTOMO, MSA Koordinator Perencana/Arsitek Utama Eko Sulistyatmo, ST. Ahli Struktur PRAPTO SUHARYANA, ST.M.Si. Ahli ME	**RENCANA KOLOM LANTAI 4**	S	03-04
LOKASI Kampus UII Terpadu, Jalan Kaliurang, Km 14,7 Sleman, Yogyakarta					SKALA 1:150	A3

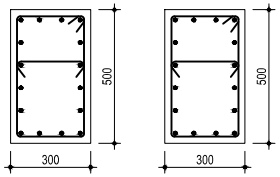
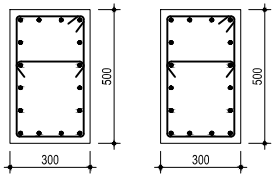
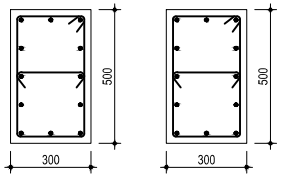
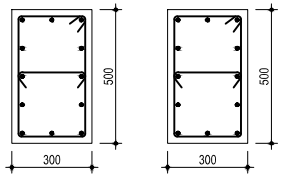


RENCANA KOLOM LANTAI ATAP

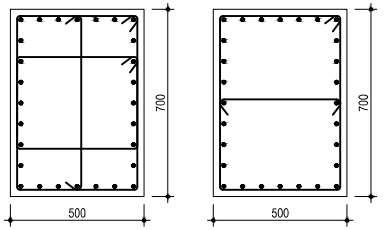
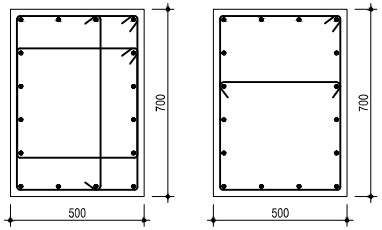
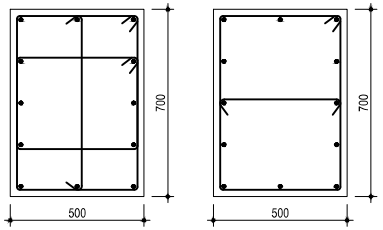
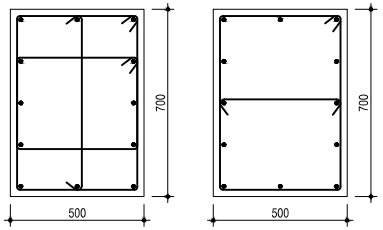
SKALA 1:150

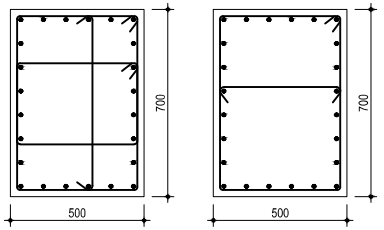
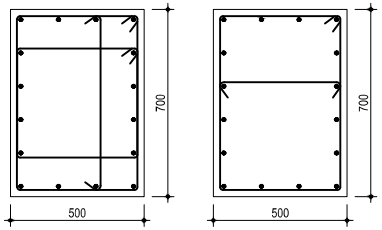
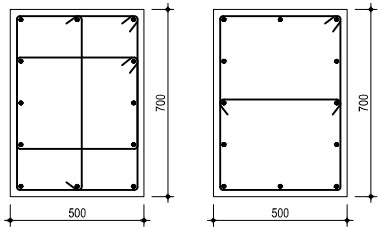
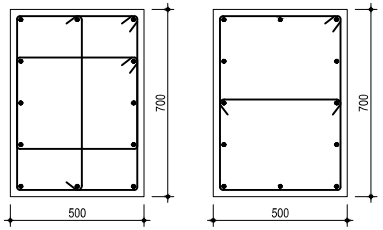
PEKERJAAN	PEMILIK PROYEK	PENGURUS YAYASAN BADAN WAKAF UII	TIM PERENCANA	JUDUL GAMBAR	KODE	NO LEMBAR
GEDUNG OSCE FAKULTAS KEDOKTERAN UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA	PENGURUS YAYASAN BADAN WAKAF UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA		TENAGA AHLI / PARAF Ir. HANDOYOTOMO, MSA — Koordinator Perencana/Arsitek Utama Eko Sulistyatmo, ST. — Ahli Struktur PRAPTO SUHARYANA, ST.M.Si. — Ahli MEE	**RENCANA KOLOM LANTAI ATAP**	**S**	**03-05**
LOKASI: Kampus UII Terpadu, Jalan Kaliurang, Km 14,7 Sleman, Yogyakarta					SKALA: **1:150**	A3

LANTAI / KOLOM	LANTAI 1		LANTAI 2		LANTAI 3		LANTAI 4	
	TUMPUAN	LAPANGAN	TUMPUAN	LAPANGAN	TUMPUAN	LAPANGAN	TUMPUAN	LAPANGAN
KOLOM K1								
TUL. UTAMA	12 D19	12 D19	12 D19	12 D19	12 D19	12 D19	12 D19	12 D19
SENGKANG	D10-100	D10-150	D10-100	D10-150	D10-100	D10-150	D10-100	D10-150
DIMENSI	300 X 500		300 X 500		300 X 500		300 X 500	

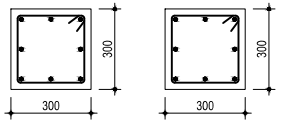
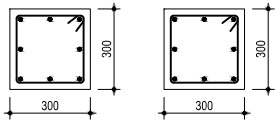
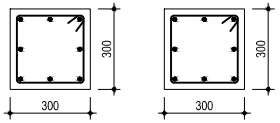
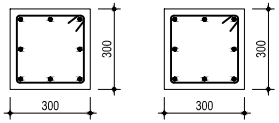
LANTAI / KOLOM	LANTAI 1		LANTAI 2		LANTAI 3		LANTAI 4	
	TUMPUAN	LAPANGAN	TUMPUAN	LAPANGAN	TUMPUAN	LAPANGAN	TUMPUAN	LAPANGAN
KOLOM K2								
TUL. UTAMA	16 D22	16 D22	16 D22	16 D22	12 D19	12 D19	12 D19	12 D19
SENGKANG	D10-100	D10-150	D10-100	D10-150	D10-100	D10-150	D10-100	D10-150
DIMENSI	300 X 500		300 X 500		300 X 500		300 X 500	

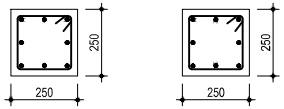
PEKERJAAN	PEMILIK PROYEK	PENGURUS YAYASAN BADAN WAKAF UII	TIM PERENCANA	JUDUL GAMBAR	KODE	NO LEMBAR
GEDUNG OSCE FAKULTAS KEDOKTERAN UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA	PENGURUS YAYASAN BADAN WAKAF UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA		TENAGA AHLI / PARAF Ir. HANDOYOTOMO, MSA — Koordinator Perencana/Arsitek Utama Eko Sulistyatmojo, ST. — Ahli Struktur PRAPTO SUHARYANA, ST.M.Sc. — Ahli MEE	**DETAIL KOLOM**	S	03-06
LOKASI: Kampus UII Terpadu, Jalan Kaliurang, Km 14,7 Sleman, Yogyakarta					SKALA: 1:20	A3

LANTAI / KOLOM	LANTAI 1		LANTAI 2		LANTAI 3		LANTAI 4	
	TUMPUAN	LAPANGAN	TUMPUAN	LAPANGAN	TUMPUAN	LAPANGAN	TUMPUAN	LAPANGAN
KOLOM K3								
TUL. UTAMA	28 D22	28 D22	16 D22	16 D22	12 D22	12 D22	12 D22	12 D22
SENGKANG	D10-100	D10-150	D10-100	D10-150	D10-100	D10-150	D10-100	D10-150
DIMENSI	500 X 700		500 X 700		500 X 700		500 X 700	

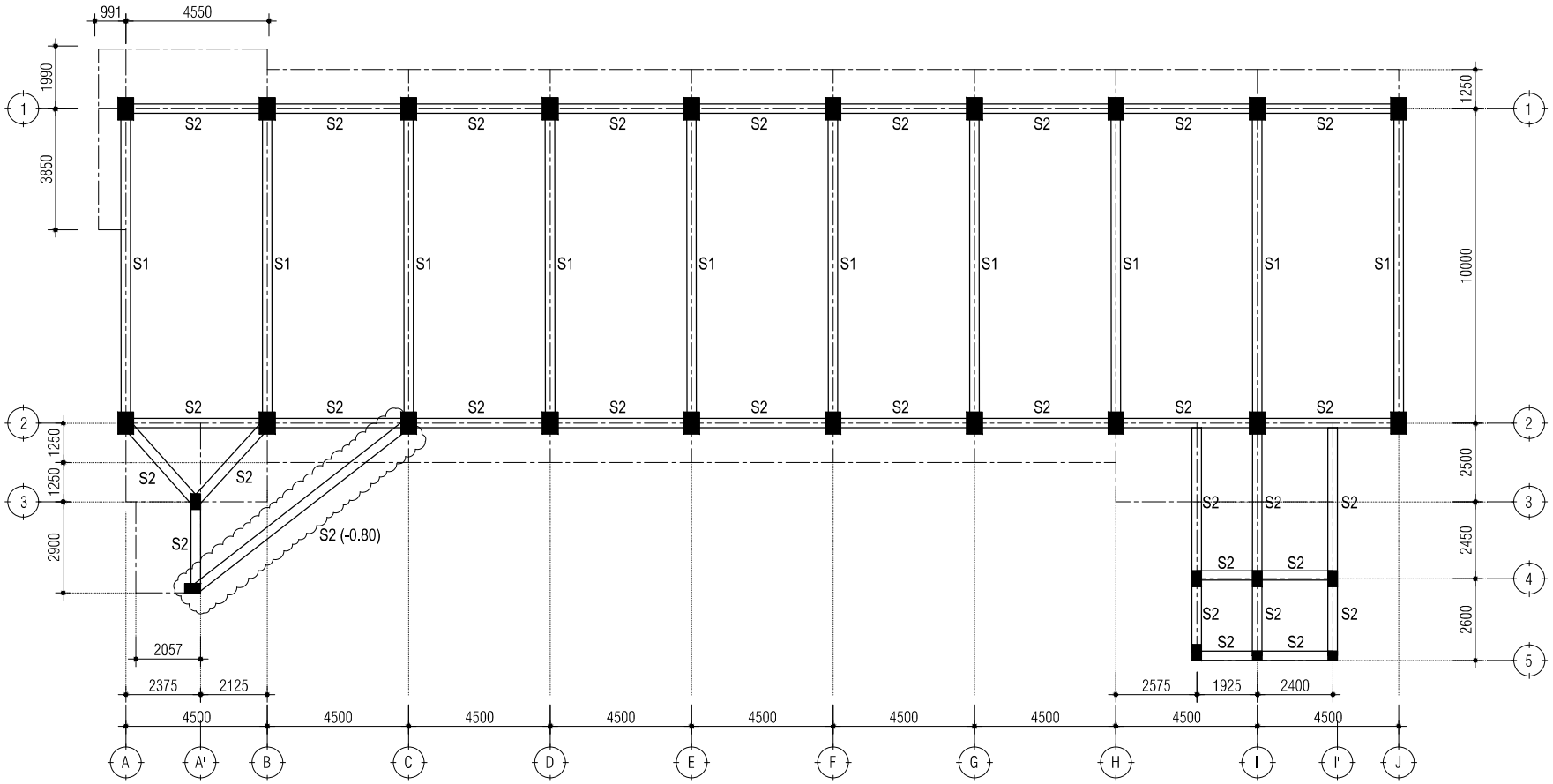
LANTAI / KOLOM	LANTAI 1		LANTAI 2		LANTAI 3		LANTAI 4	
	TUMPUAN	LAPANGAN	TUMPUAN	LAPANGAN	TUMPUAN	LAPANGAN	TUMPUAN	LAPANGAN
KOLOM K4								
TUL. UTAMA	24 D22	24 D22	16 D22	16 D22	12 D22	12 D22	12 D22	12 D22
SENGKANG	D10-100	D10-150	D10-100	D10-150	D10-100	D10-150	D10-100	D10-150
DIMENSI	500 X 700		500 X 700		500 X 700		500 X 700	

PEKERJAAN	PEMILIK PROYEK	PENGURUS YAYASAN BADAN WAKAF UII	TIM PERENCANA	JUDUL GAMBAR	KODE	NO LEMBAR
GEDUNG OSCE **FAKULTAS KEDOKTERAN** UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA	PENGURUS YAYASAN BADAN WAKAF UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA		TENAGA AHLI / PARAF Ir. HANDOYOTOMO, MSA Koordinator Perencana/Arsitek Utama Eko Sulistyatmo, ST. Ahli Struktur PRAPTO SUHARYANA, ST.M.Si. Ahli MEE	**DETAIL KOLOM**	S	03-07
LOKASI Kampus UII Terpadu, Jalan Kaliurang, Km 14,7 Sleman, Yogyakarta					SKALA 1:20	A3

LANTAI / KOLOM	LANTAI 1		LANTAI 2		LANTAI 3		LANTAI 4	
	TUMPUAN	LAPANGAN	TUMPUAN	LAPANGAN	TUMPUAN	LAPANGAN	TUMPUAN	LAPANGAN
KOLOM K5								
TUL. UTAMA	8 D16	8 D16	8 D16	8 D16	8 D16	8 D16	8 D16	8 D16
SENGKANG	D10-100	D10-150	D10-100	D10-150	D10-100	D10-150	D10-100	D10-150
DIMENSI	300 X 300		300 X 300		300 X 300		300 X 300	

LANTAI / KOLOM	ATAP TANGGA	
	TUMPUAN	LAPANGAN
KOLOM K6		
TUL. UTAMA	8 D13	8 D13
SENGKANG	D10-100	D10-150
DIMENSI	250 X 250	

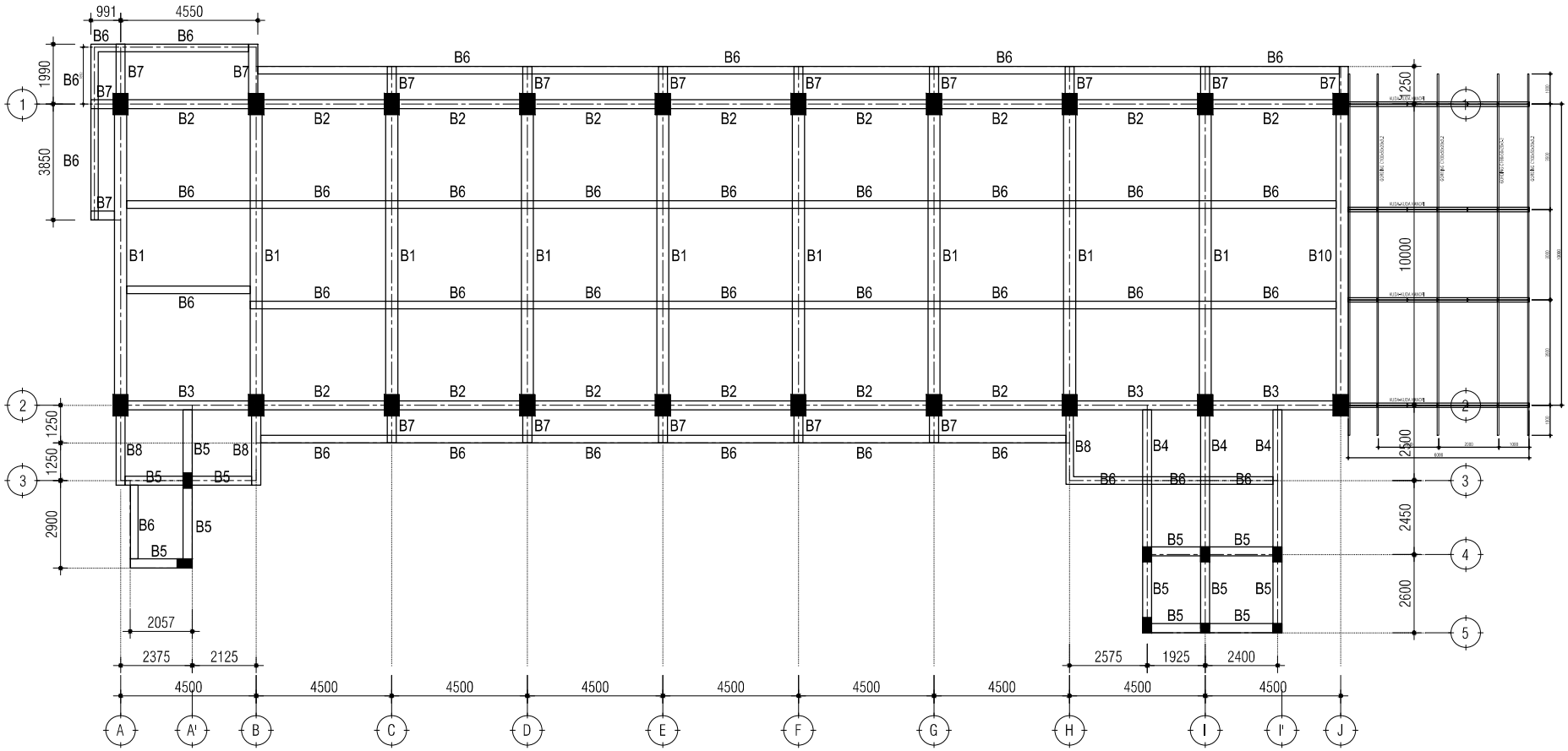
PEKERJAAN	PEMILIK PROYEK	PENGURUS YAYASAN BADAN WAKAF UII	TIM PERENCANA	JUDUL GAMBAR	KODE	NO LEMBAR
GEDUNG OSCE **FAKULTAS KEDOKTERAN** UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA	PENGURUS YAYASAN BADAN WAKAF UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA		TENAGA AHLI / PARAF Ir. HANDOYOTOMO, MSA Koordinator Perencana/Arsitek Utama Eko Sulistyatmojo, ST. Ahli Struktur PRAPTO SUHARYANA, ST.M.Sc. Ahli MEE	**DETAIL KOLOM**	S	03-08
LOKASI Kampus UII Terpadu, Jalan Kaliurang, Km 14,7 Sleman, Yogyakarta					SKALA 1:20	A3

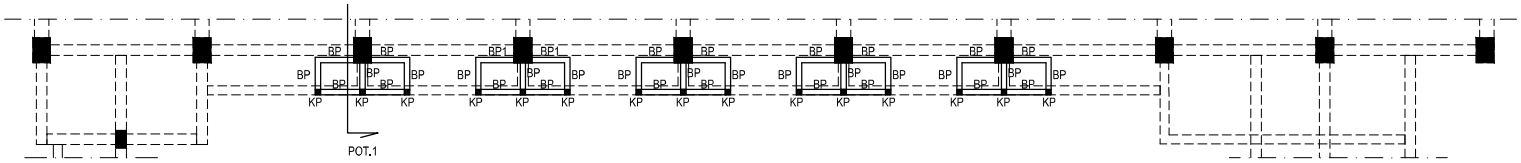


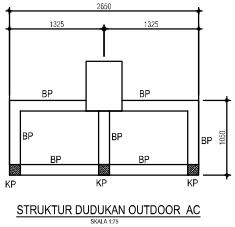
RENCANA SLOOF ELEVASI -0.40

SKALA 1:150

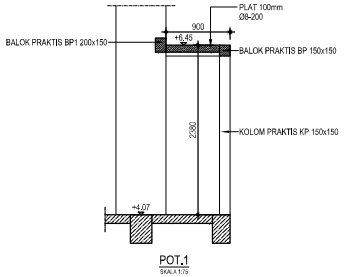
PEKERJAAN	PEMILIK PROYEK	PENGURUS YAYASAN BADAN WAKAF UII	TIM PERENCANA	JUDUL GAMBAR	KODE	NO LEMBAR
GEDUNG OSCE FAKULTAS KEDOKTERAN UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA	PENGURUS YAYASAN BADAN WAKAF UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA		TENAGA AHLI / PARAF Ir. HANDOYOTOMO, MSA — Koordinator Perencana/Arsitek Utama Eko Sulistyatmojo, ST. — Ahli Struktur PRAPTO SUHARYANA, ST.M.Si. — Ahli MEE	**RENCANA SLOOF ELEVASI -0.40**	**S**	**04-01**
LOKASI: Kampus UII Terpadu, Jalan Kaliurang, Km 14,7 Sleman, Yogyakarta					SKALA: **1:150**	A3







STRUKTUR DUDUKAN OUTDOOR AC
SKALA 1:75

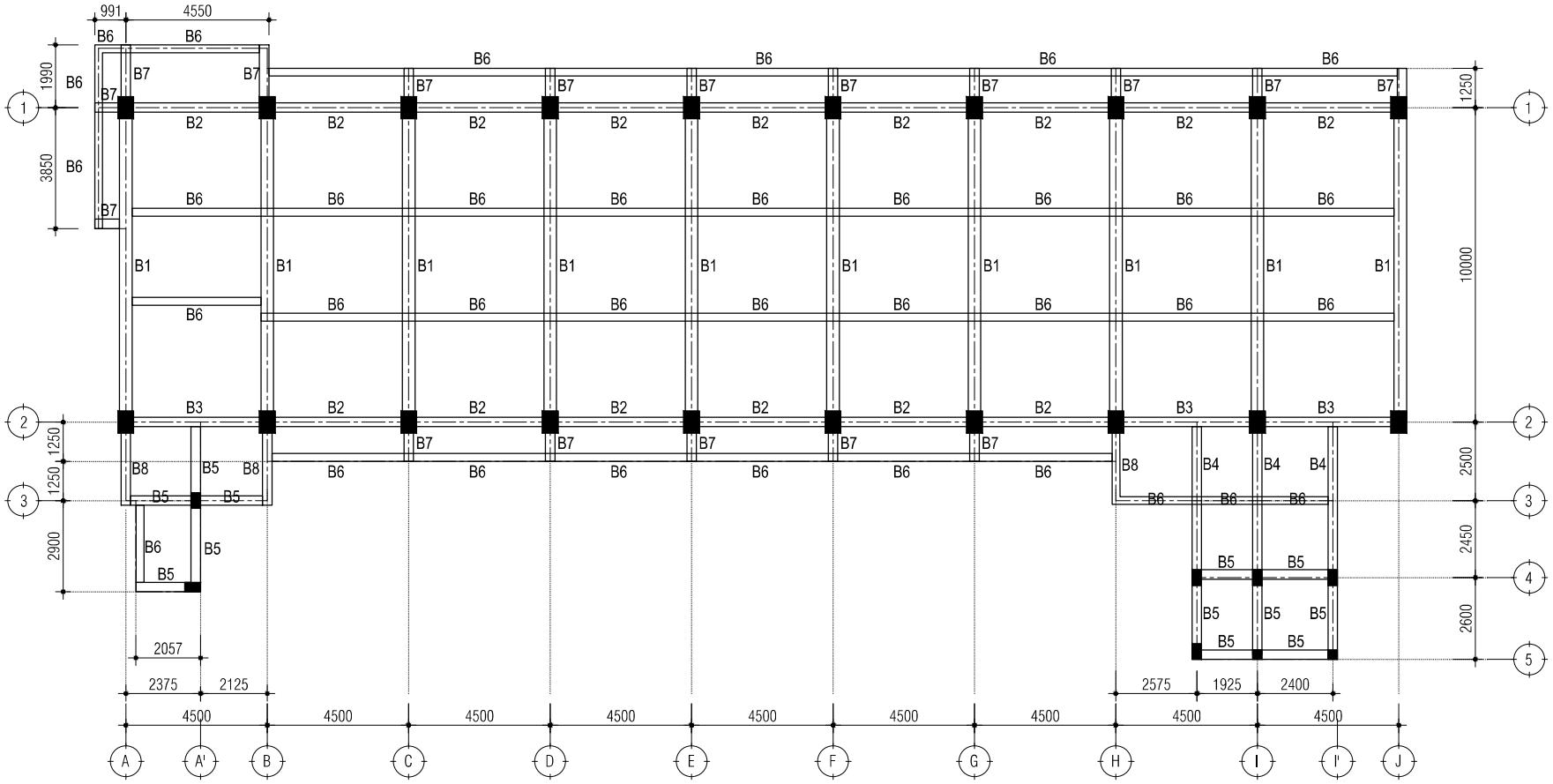


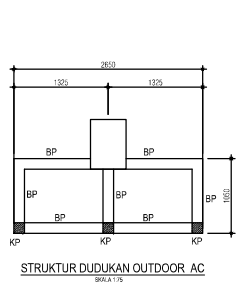
POT.1
SKALA 1:75

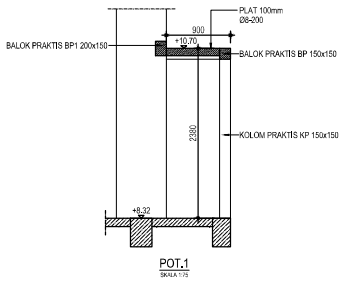
RENCANA BALOK LANTAI 2 ELEVASI +4.07

SKALA 1:150

PEKERJAAN: GEDUNG OSCE FAKULTAS KEDOKTERAN UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA LOKASI: Kampus UII Terpadu, Jalan Kaliurang, Km 14,7 Sleman, Yogyakarta	PEMILIK PROYEK: PENGURUS YAYASAN BADAN WAKAF UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA	PENGURUS YAYASAN BADAN WAKAF UII	TIM PERENCANA TENAGA AHLI / PARAF Ir. HANDOYOTOMO, MSA Koordinator Perencana/Arsitek Utama Eko Safaiyatmoro, ST. Ahli Struktur PRAPTO SUHARYANA, ST,M.Sc. Ahli MEE	JUDUL GAMBAR: RENCANA BALOK LANTAI 2 ELEVASI +4.07	KODE: S SKALA: 1:150	NO LEMBAR: 04-02 A3



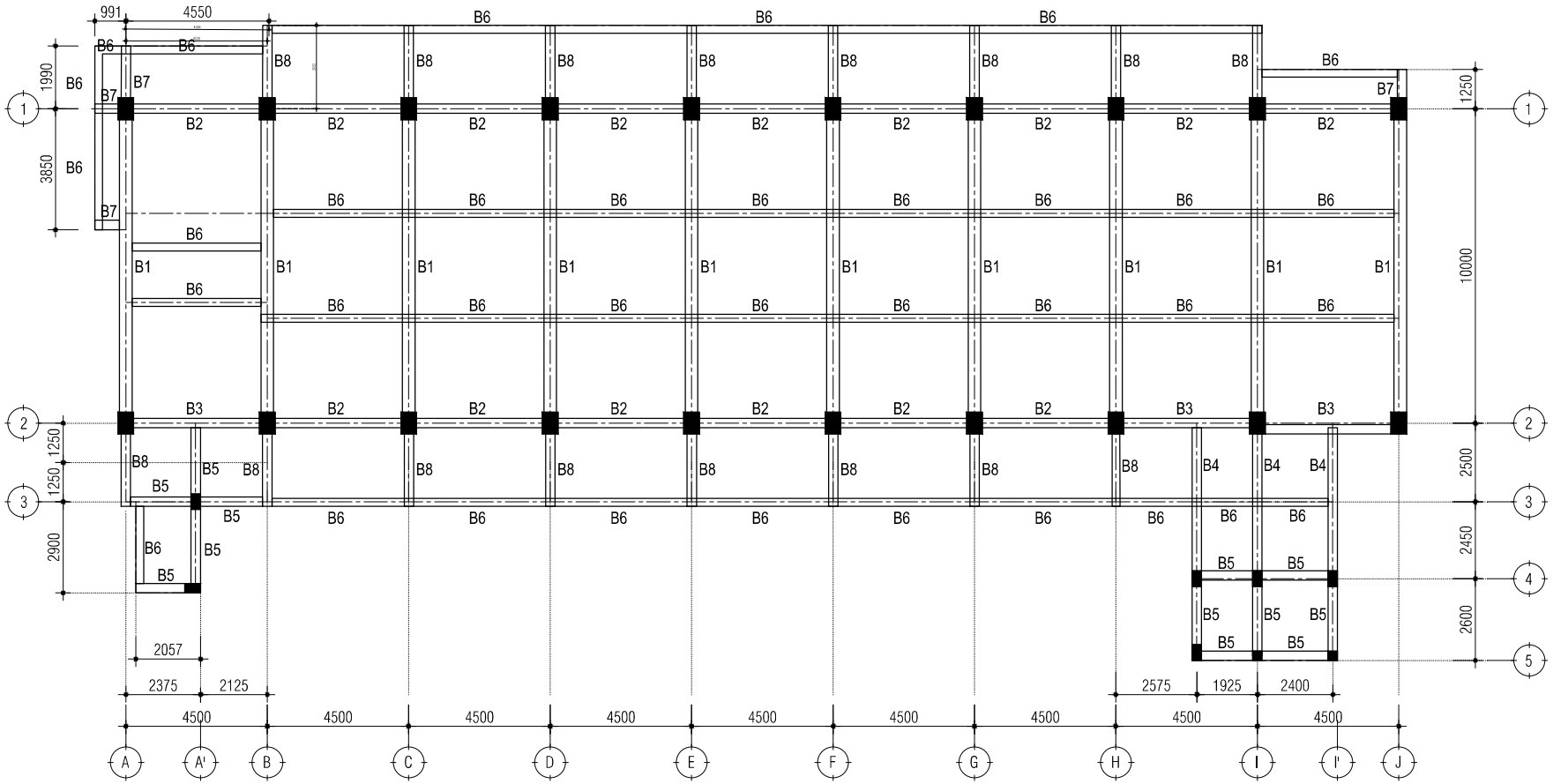




RENCANA BALOK LANTAI 3 ELEVASI +8.32

SKALA 1:150

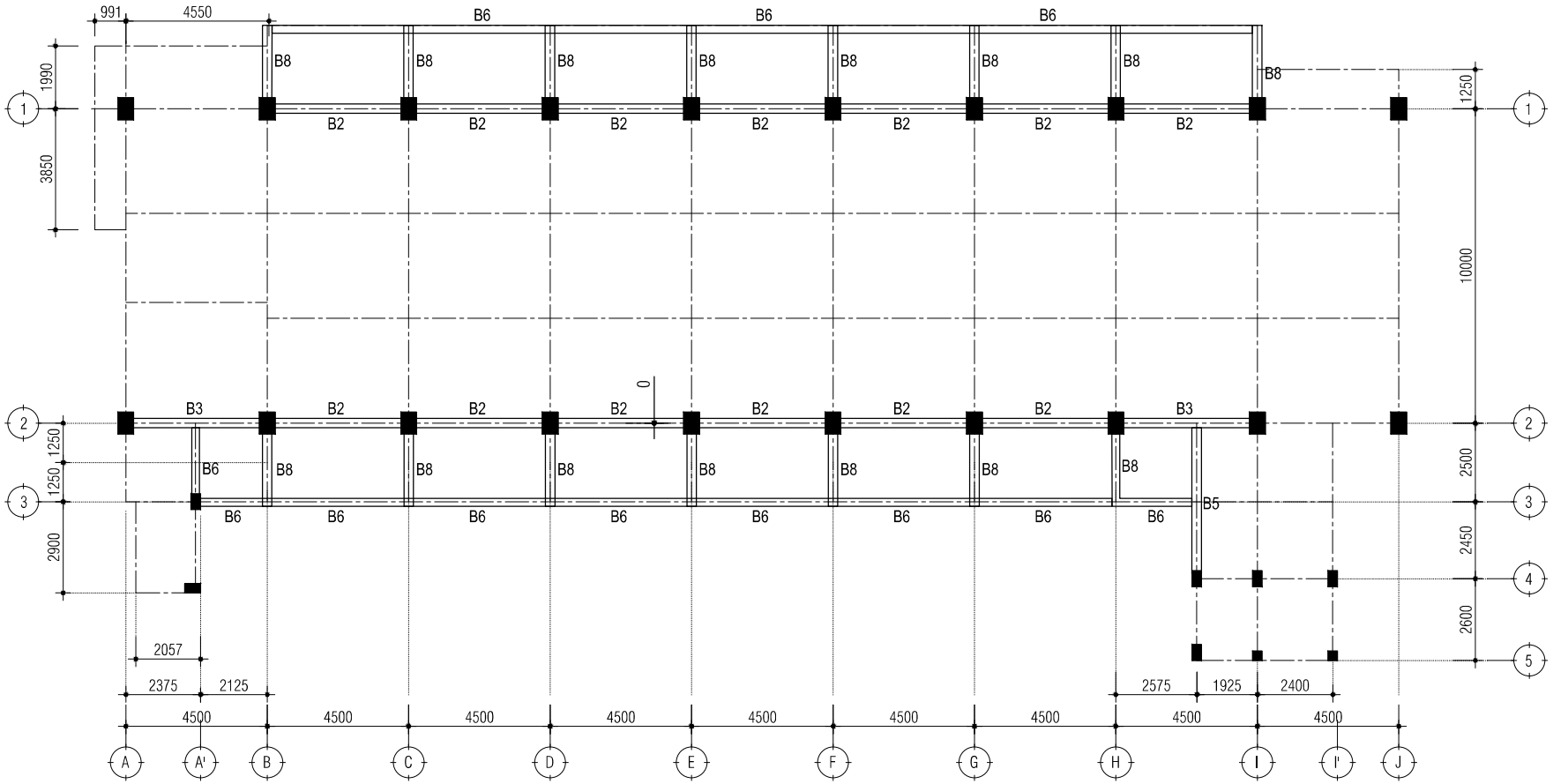
PEKERJAAN	PEMILIK PROYEK	PENGURUS YAYASAN BADAN WAKAF UII	TIM PERENCANA	JUDUL GAMBAR	KODE	NO LEMBAR
GEDUNG OSCE FAKULTAS KEDOKTERAN UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA	PENGURUS YAYASAN BADAN WAKAF UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA		TENAGA AHLI / PARAF Ir. HANDOYOTOMO, MSA Koordinator Perencana/Arsitek Utama Eko Sulistyatmo, ST. Ahli Struktur PRAPTO SUHARYANA, ST.M.Si. Ahli MEE	**RENCANA BALOK LANTAI 3 ELEVASI +8.32**	**S**	**04-03**
LOKASI Kampus UII Terpadu, Jalan Kaliurang, Km 14,7 Sleman, Yogyakarta					SKALA **1:150**	A3



RENCANA BALOK LANTAI 4 ELEVASI +12.47

SKALA 1:150

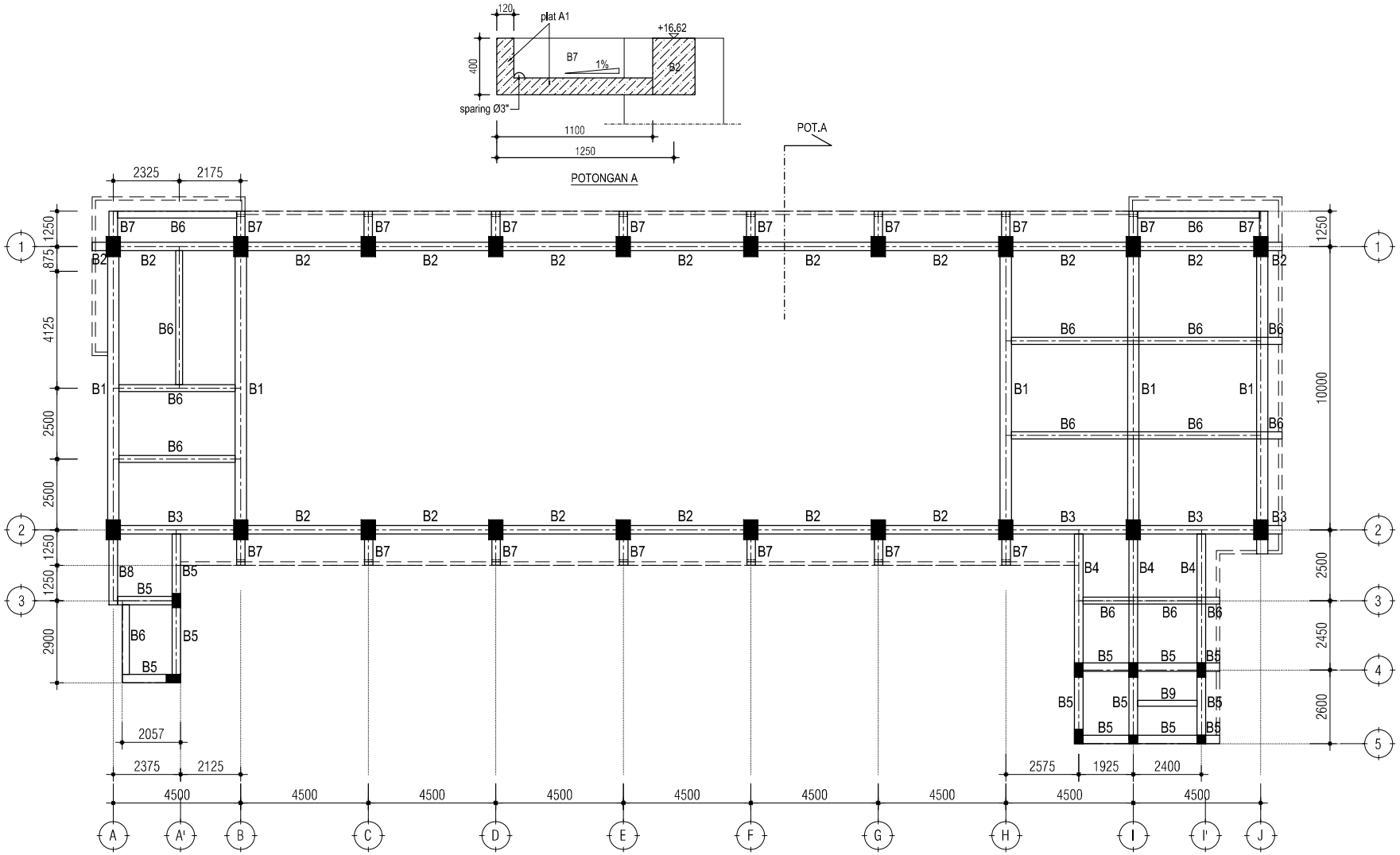
PEKERJAAN	PEMILIK PROYEK	PENGURUS YAYASAN BADAN WAKAF UII	TIM PERENCANA	JUDUL GAMBAR	KODE	NO LEMBAR
GEDUNG OSCE FAKULTAS KEDOKTERAN UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA	PENGURUS YAYASAN BADAN WAKAF UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA		TENAGA AHLI / PARAF Ir. HANDOYOTOMO, MSA — Koordinator Perencana/Arsitek Utama Eko Sulistyatmo, ST. — Ahli Struktur PRAPTO SUHARYANA, ST.M.Si. — Ahli MEE	**RENCANA BALOK LANTAI 4 ELEVASI +12.47**	**S**	**04-04**
LOKASI: Kampus UII Terpadu, Jalan Kaliurang, Km 14,7 Sleman, Yogyakarta					SKALA: **1:150**	A3



RENCANA BALOK ELEVASI +15.70

SKALA 1:150

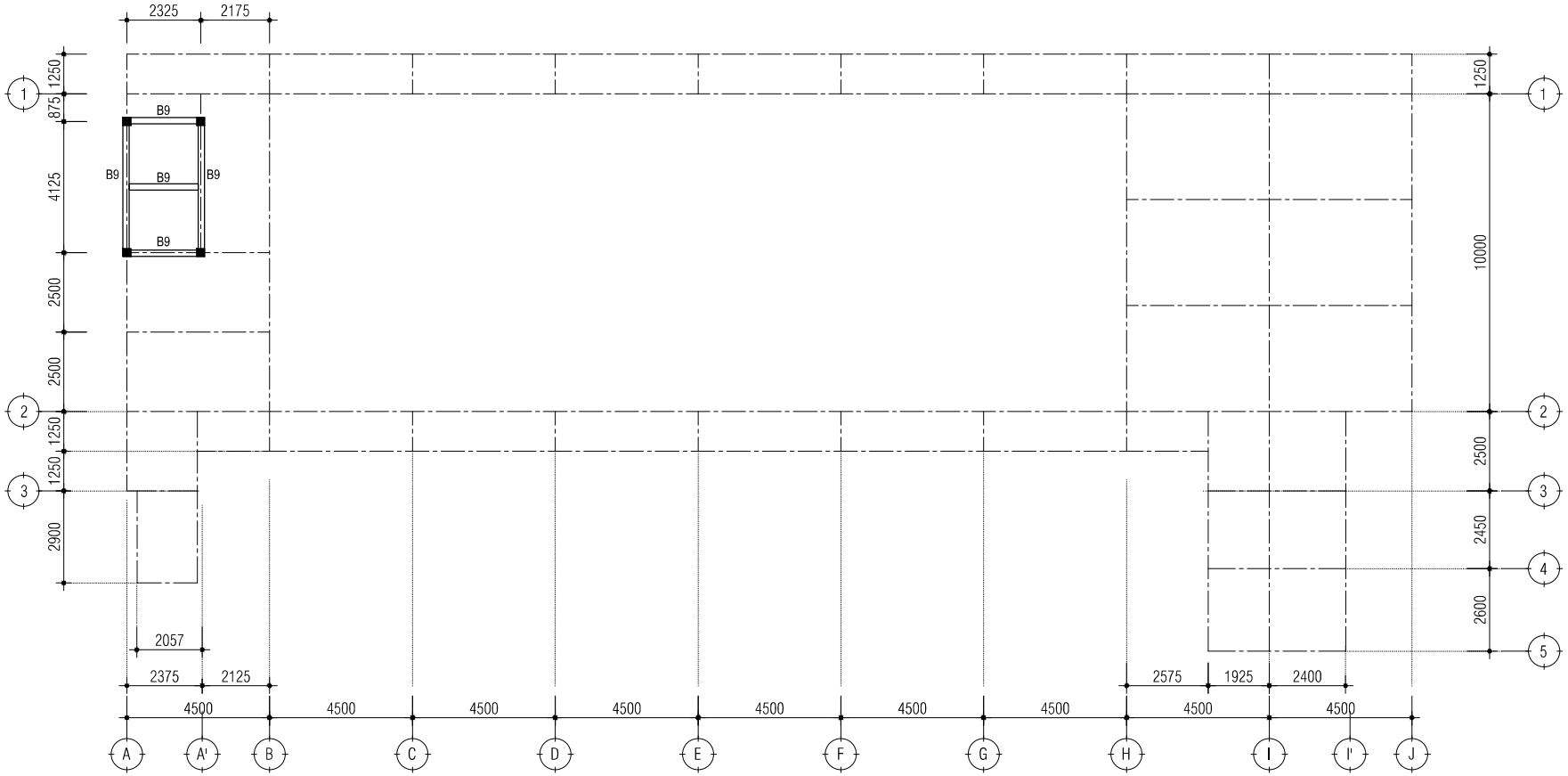
PEKERJAAN	PEMILIK PROYEK	PENGURUS YAYASAN BADAN WAKAF UII	TIM PERENCANA	JUDUL GAMBAR	KODE	NO LEMBAR
GEDUNG OSCE FAKULTAS KEDOKTERAN UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA	PENGURUS YAYASAN BADAN WAKAF UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA		TENAGA AHLI / PARAF Ir. HANDOYOTOMO, MSA — Koordinator Perencana/Arsitek Utama Eko Sulistyatmo, ST. — Ahli Struktur PRAPTO SUHARYANA, ST.M.Si. — Ahli MEE	**RENCANA BALOK ELEVASI +15.70**	S	04-05
LOKASI: Kampus UII Terpadu, Jalan Kaliurang, Km 14,7 Sleman, Yogyakarta					SKALA: 1:150	A3



RENCANA BALOK ATAP ELEVASI +16.62

SKALA 1:150

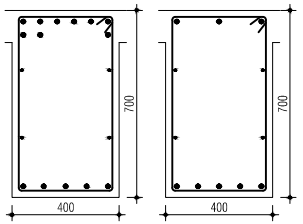
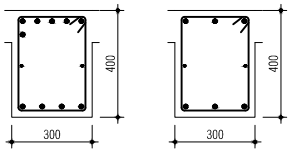
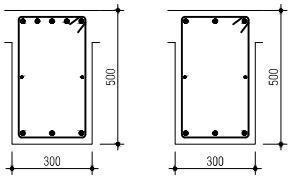
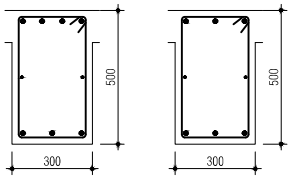
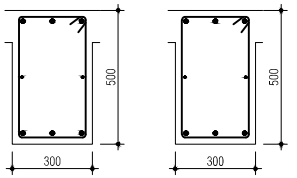
PEKERJAAN: **GEDUNG OSCE FAKULTAS KEDOKTERAN** UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA LOKASI: Kampus UII Terpadu, Jalan Kaliurang, Km 14,7 Sleman, Yogyakarta	PEMILIK PROYEK: PENGURUS YAYASAN BADAN WAKAF UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA	PENGURUS YAYASAN BADAN WAKAF UII	TIM PERENCANA TENAGA AHLI / PARAF Ir. HANDOYOTOMO, MSA Koordinator Perencana/Arsitek Utama Eko Sulistyatmo, ST. Ahli Struktur PRAPTO SUHARYANA, ST,M.Si. Ahli MEE	JUDUL GAMBAR: **RENCANA BALOK ATAP ELEVASI +16.62**	KODE: **S**	NO LEMBAR: **04-06**
					SKALA: **1:150**	**A3**

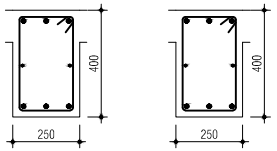
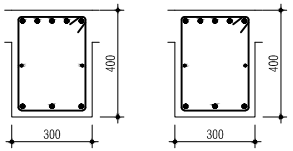
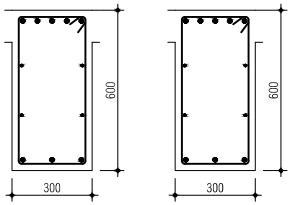
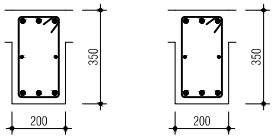
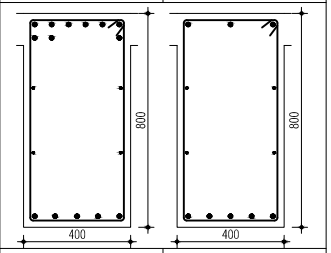


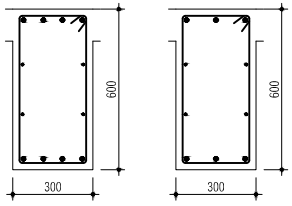
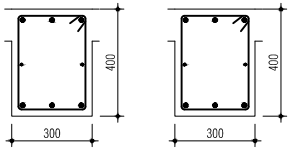
RENCANA BALOK ATAP TANGGA ELEVASI +18.40

SKALA 1:150

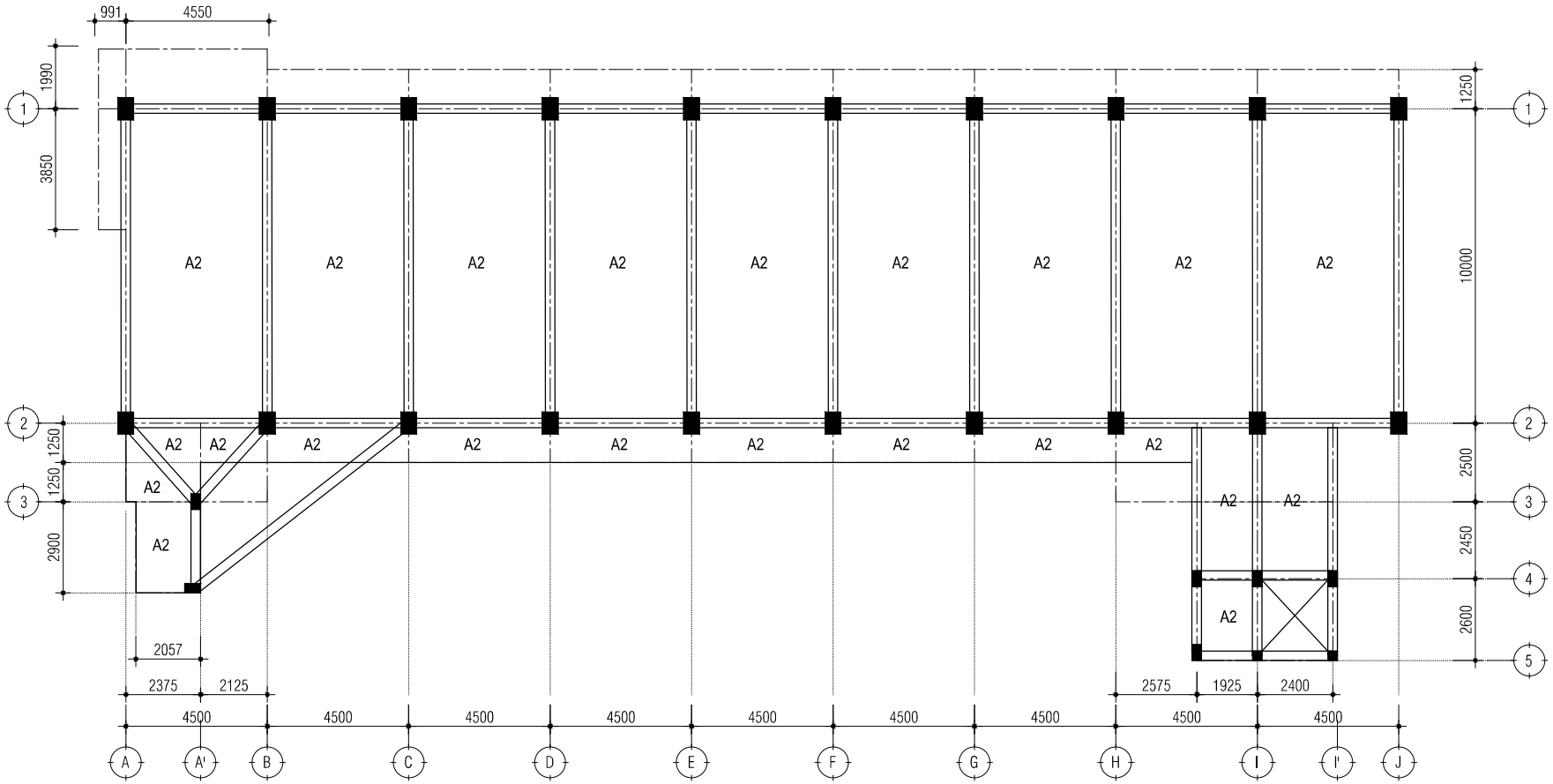
PEKERJAAN	PEMILIK PROYEK	PENGURUS YAYASAN BADAN WAKAF UII	TIM PERENCANA	JUDUL GAMBAR	KODE	NO LEMBAR
GEDUNG OSCE FAKULTAS KEDOKTERAN UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA	PENGURUS YAYASAN BADAN WAKAF UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA		TENAGA AHLI / PARAF Ir. HANDOYOTOMO, MSA — Koordinator Perencana/Arsitek Utama Eko Sulistyatmo, ST. — Ahli Struktur PRAPTO SUHARYANA, ST.M.Si. — Ahli MEE	**RENCANA BALOK ATAP TANGGA ELEVASI +18.40**	**S**	**04-07**
LOKASI: Kampus UII Terpadu, Jalan Kaliurang, Km 14,7 Sleman, Yogyakarta					SKALA: **1:150**	A3

TYPE	BALOK B1 (400 x 700)		BALOK B2 (300 x 400)		BALOK B3 (300 x 500)		BALOK B4 (300 x 500)		BALOK B5 (300 x 500)	
POSISI	TUMPUAN	LAPANGAN	TUMPUAN	LAPANGAN	TUMPUAN	LAPANGAN	TUMPUAN	LAPANGAN	TUMPUAN	LAPANGAN
POTONGAN										
TUL. ATAS	9 D22	3 D22	6 D16	3 D16	5 D22	3 D22	4 D22	3 D22	3 D22	3 D22
TUL. BAWAH	5 D22	5 D22	4 D16	3 D16	3 D22	3 D22	3 D22	3 D22	3 D22	3 D22
SENGKANG	D10-100	D10-125	D10-100	D10-150	D10-75	D10-100	D10-100	D10-150	D10-100	D10-100
TUL. PINGGANG	4D10		2D10		2D10		2D10		2D10	

TYPE	BALOK B6 (250 x 400)		BALOK B7 (300 x 400)		BALOK B8 (300 x 600)		BALOK B9 (200 x 350)		BALOK B10 (400 x 800)	
POSISI	TUMPUAN	LAPANGAN	TUMPUAN	LAPANGAN	TUMPUAN	LAPANGAN	TUMPUAN	LAPANGAN	TUMPUAN	LAPANGAN
POTONGAN										
TUL. ATAS	3 D13	3 D13	5 D13	5 D13	5 D22	5 D22	3 D13	3 D13	9 D22	3 D22
TUL. BAWAH	3 D13	3 D13	3 D13	3 D13	3 D22	3 D22	3 D13	3 D13	5 D22	5 D22
SENGKANG	D10-100	D10-200	D10-100	D10-100	D10-100	D10-100	D10-100	D10-200	D10-100	D10-125
TUL. PINGGANG	2D10		2D10		4D10		2D10		4D10	

TYPE	SLOOF S1 (300 x 600)		SLOOF S2 (300 x 400)	
POSISI	TUMPUAN	LAPANGAN	TUMPUAN	LAPANGAN
POTONGAN				
TUL. ATAS	4 D19	3 D19	3 D16	3 D16
TUL. BAWAH	4 D19	3 D19	3 D16	3 D16
SENGKANG	D10-100	D10-150	D10-100	D10-150
TUL. PINGGANG	4D10		2D10	

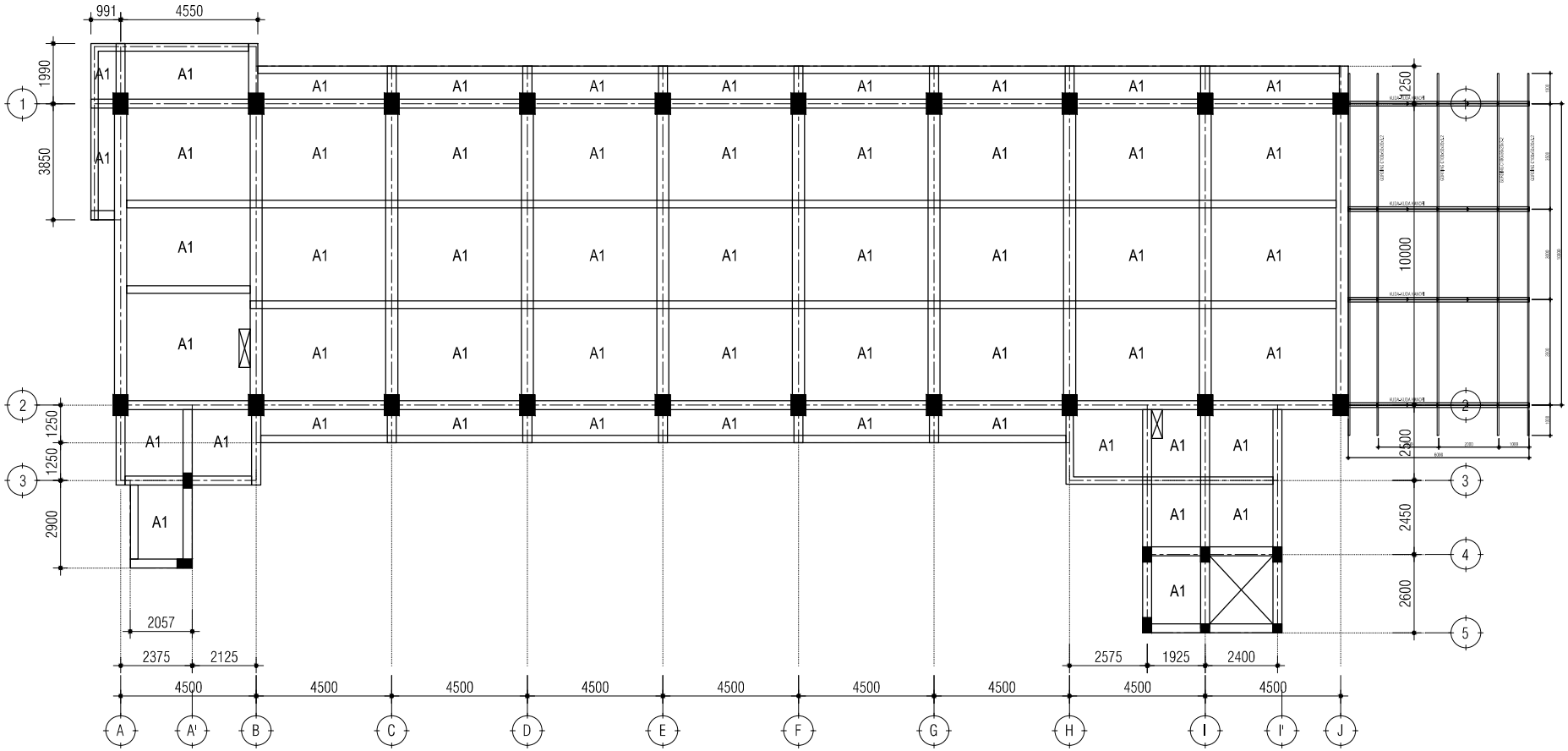
PEKERJAAN	PEMILIK PROYEK	PENGURUS YAYASAN BADAN WAKAF UII	TIM PERENCANA		JUDUL GAMBAR	KODE	NO LEMBAR
GEDUNG OSCE **FAKULTAS KEDOKTERAN** UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA	PENGURUS YAYASAN BADAN WAKAF UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA		TENAGA AHLI	PARAF	**DETAIL BALOK**	**S**	**04-08**
LOKASI Kampus UII Terpadu, Jalan Kaliurang, Km 14,7 Sleman, Yogyakarta			Ir. HANDOYOTOMO, MSA Koordinator Perencana/Arsitek Utama			SKALA **1:20**	A3
			Eko Setyatmojo, ST. Ahli Struktur				
			PRAPTO SUHARYANA, ST.M.Si. Ahli MEE				



RENCANA PLAT ELEVASI -0.08

SKALA 1:150

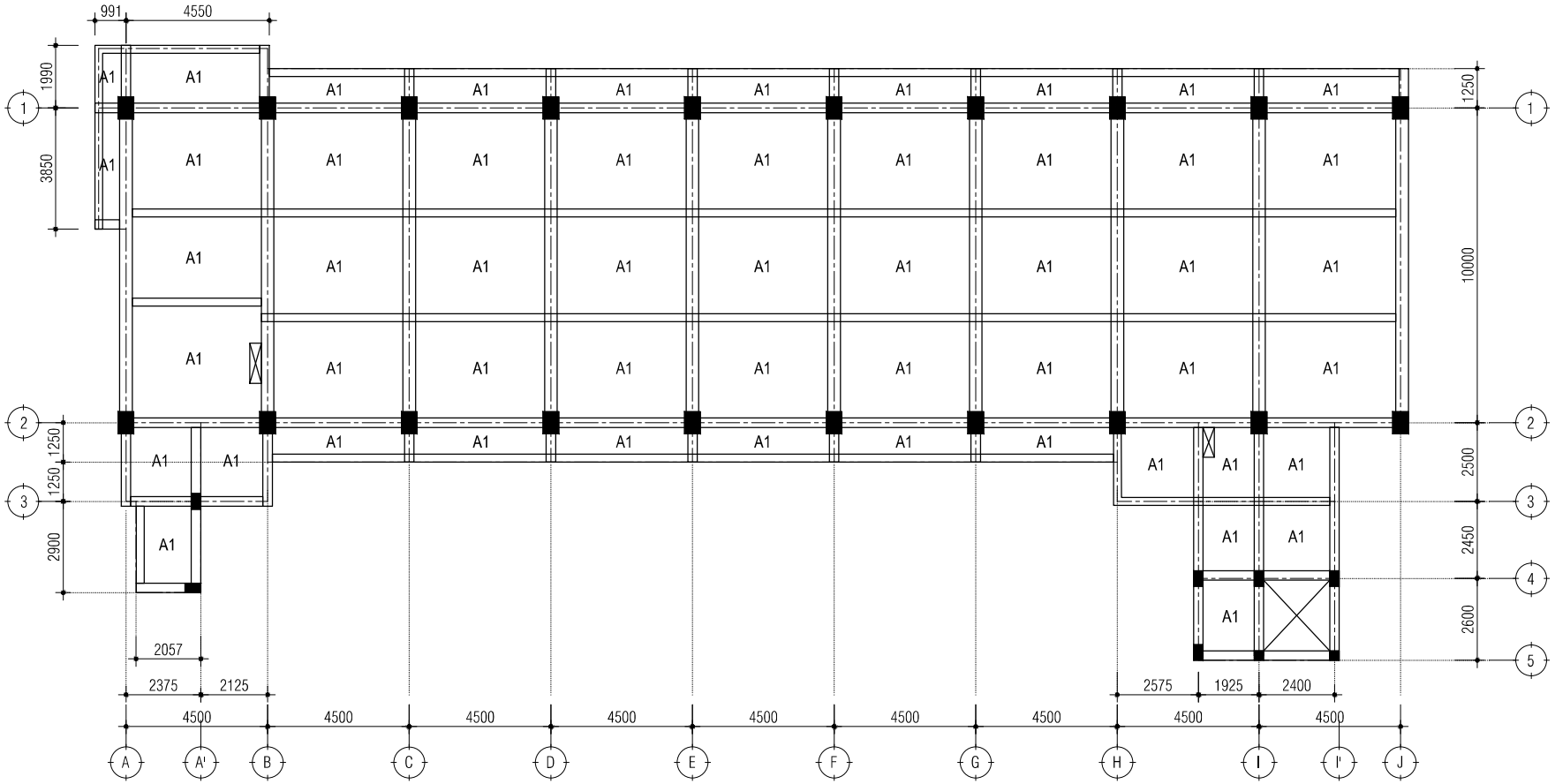
PEKERJAAN	PEMILIK PROYEK	PENGURUS YAYASAN BADAN WAKAF UII	TIM PERENCANA		JUDUL GAMBAR	KODE	NO LEMBAR
GEDUNG OSCE **FAKULTAS KEDOKTERAN** UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA	PENGURUS YAYASAN BADAN WAKAF UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA		TENAGA AHLI	PARAF	**RENCANA PLAT ELEVASI -0.08**	**S**	**05-01**
LOKASI Kampus UII Terpadu, Jalan Kaliurang, Km 14,7 Sleman, Yogyakarta			Ir. HANDOYOTOMO, MSA Koordinator Perencana/Arsitek Utama			SKALA **1:150**	A3
			Eko Sulistyatmo, ST. Ahli Struktur				
			PRAPTO SUHARYANA, ST.M.Si. Ahli ME				



RENCANA PLAT LANTAI 2 ELEVASI +4.07

SKALA 1:150

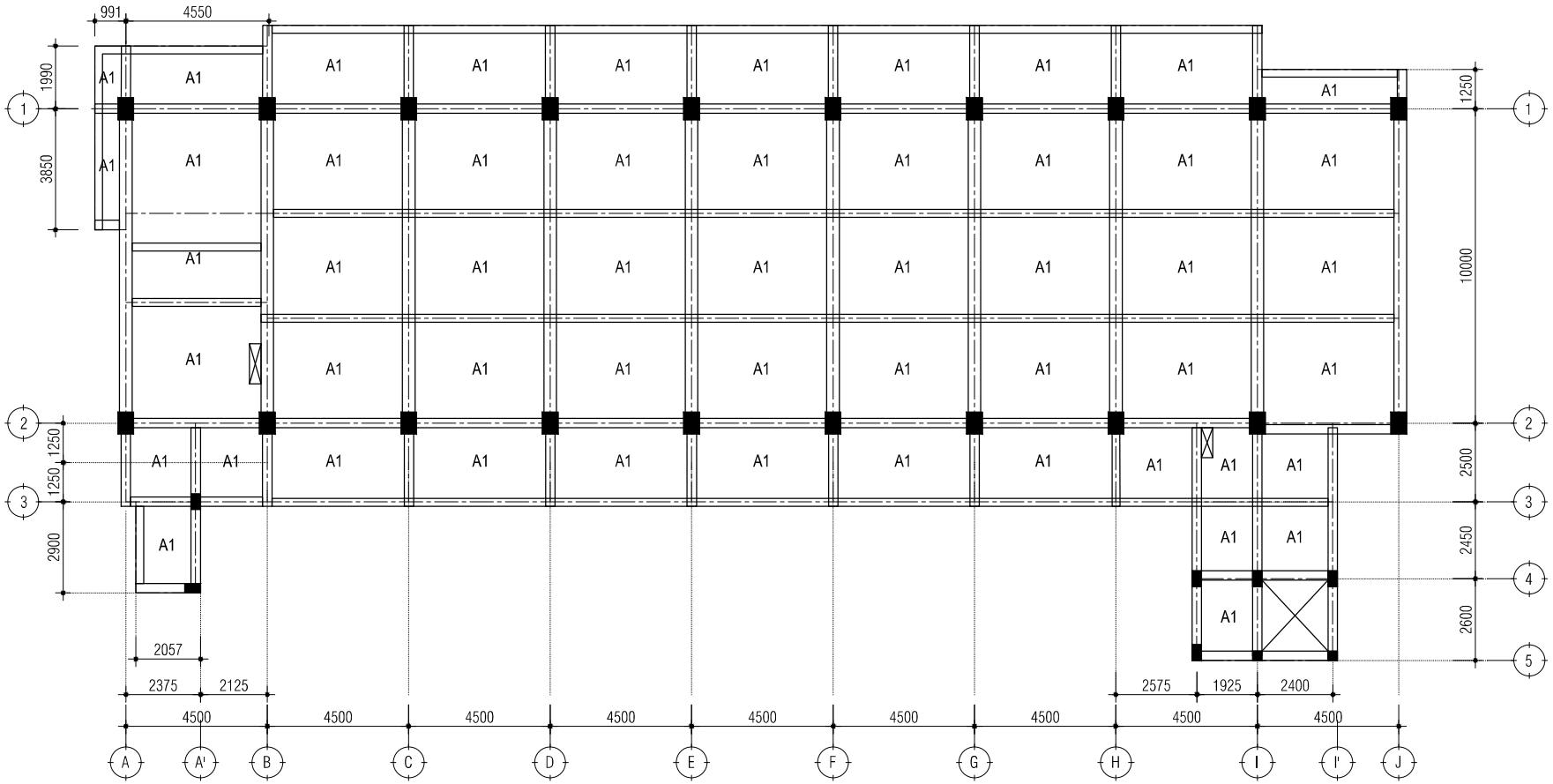
PEKERJAAN	PEMILIK PROYEK	PENGURUS YAYASAN BADAN WAKAF UII	TIM PERENCANA		JUDUL GAMBAR	KODE	NO LEMBAR
GEDUNG OSCE **FAKULTAS KEDOKTERAN** UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA	PENGURUS YAYASAN BADAN WAKAF UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA		TENAGA AHLI	PARAF	**RENCANA PLAT LANTAI 2 ELEVASI +4.07**	**S**	**05-02**
LOKASI Kampus UII Terpadu, Jalan Kaliurang, Km 14,7 Sleman, Yogyakarta			Ir. HANDOYOTOMO, MSA Koordinator Perencana/Arsitek Utama			SKALA **1:150**	A3
			Eko Sulistyatmo, ST. Ahli Struktur				
			PRAPTO SUHARYANA, ST.M.Si. Ahli ME				



RENCANA PLAT LANTAI 3 ELEVASI +8.32

SKALA 1:150

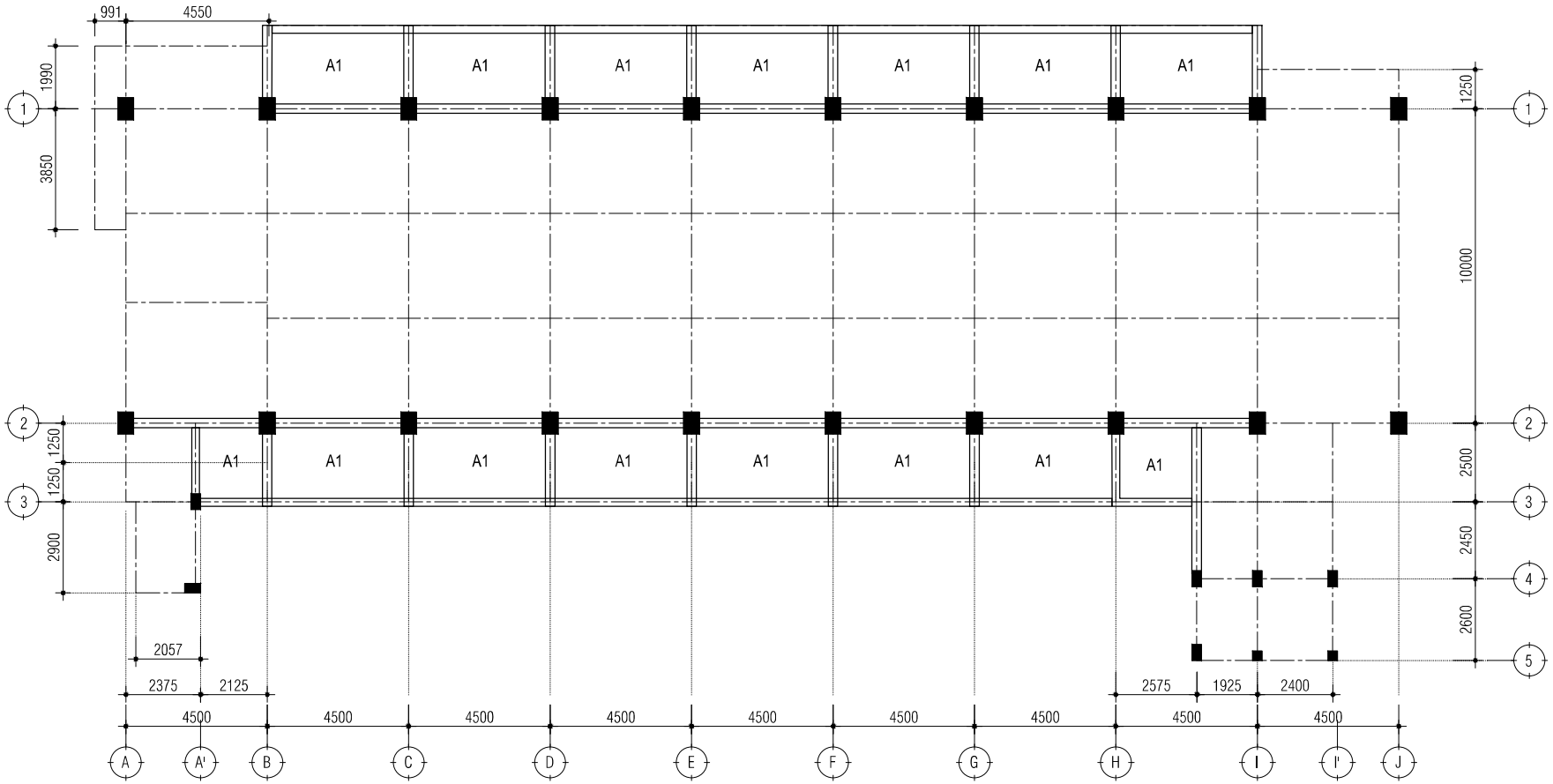
PEKERJAAN	PEMILIK PROYEK	PENGURUS YAYASAN BADAN WAKAF UII	TIM PERENCANA	JUDUL GAMBAR	KODE	NO LEMBAR
GEDUNG OSCE **FAKULTAS KEDOKTERAN** UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA	PENGURUS YAYASAN BADAN WAKAF UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA		TENAGA AHLI / PARAF Ir. HANDOYOTOMO, MSA Koordinator Perencana/Arsitek Utama Eko Sulistyatmo, ST. Ahli Struktur PRAPTO SUHARYANA, ST.M.Sc. Ahli ME	**RENCANA PLAT LANTAI 3 ELEVASI +8.32**	S	05-03
LOKASI Kampus UII Terpadu, Jalan Kaliurang, Km 14,7 Sleman, Yogyakarta					SKALA 1:150	A3



RENCANA PLAT LANTAI 4 ELEVASI +12.47

SKALA 1:150

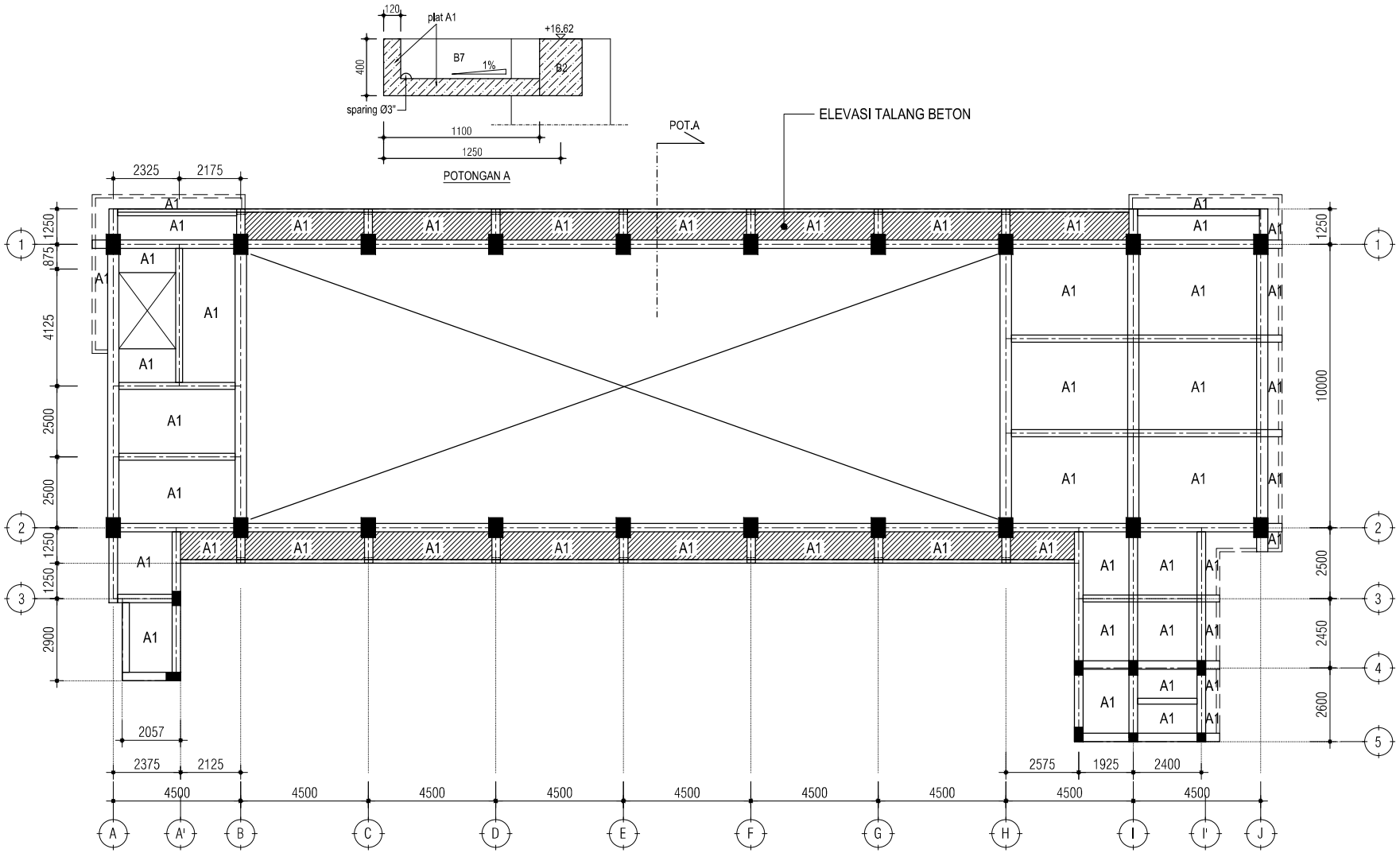
PEKERJAAN	PEMILIK PROYEK	PENGURUS YAYASAN BADAN WAKAF UII	TIM PERENCANA	JUDUL GAMBAR	KODE	NO LEMBAR
GEDUNG OSCE **FAKULTAS KEDOKTERAN** UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA	PENGURUS YAYASAN BADAN WAKAF UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA		TENAGA AHLI / PARAF Ir. HANDOYOTOMO, MSA Koordinator Perencana/Arsitek Utama Eko Sulistyatmo, ST. Ahli Struktur PRAPTO SUHARYANA, ST.M.Si. Ahli ME	**RENCANA PLAT LANTAI 4 ELEVASI +12.47**	**S**	**05-04**
LOKASI Kampus UII Terpadu, Jalan Kaliurang, Km 14,7 Sleman, Yogyakarta					SKALA **1:150**	A3



RENCANA PLAT ELEVASI +15.70

SKALA 1:150

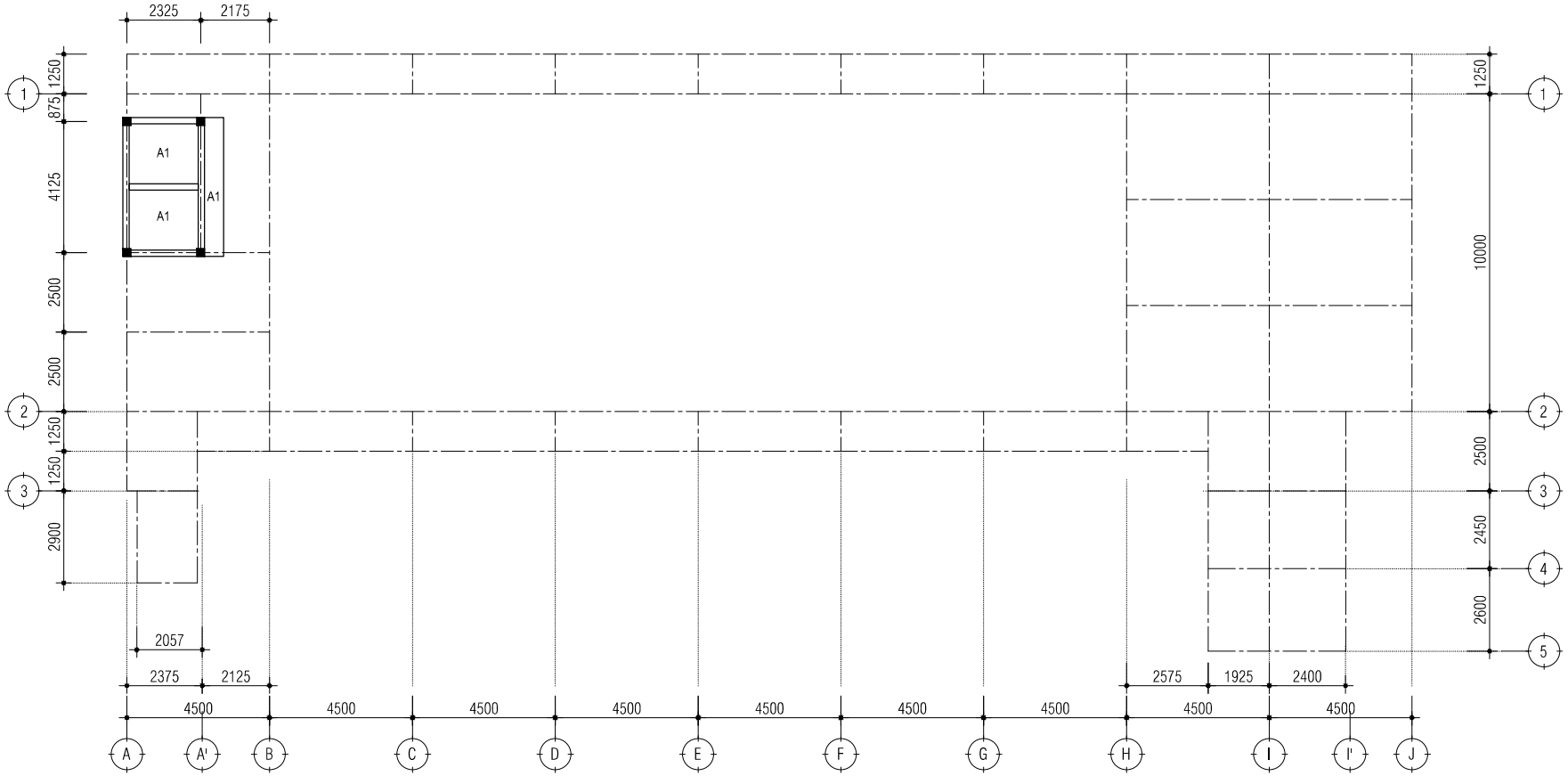
PEKERJAAN	PEMILIK PROYEK	PENGURUS YAYASAN BADAN WAKAF UII	TIM PERENCANA	JUDUL GAMBAR	KODE	NO LEMBAR
GEDUNG OSCE FAKULTAS KEDOKTERAN UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA			TENAGA AHLI / PARAF Ir. HANDOYOTOMO, MSA — Koordinator Perencana/Arsitek Utama Eko Sulistyatmo, ST. — Ahli Struktur PRAPTO SUHARYANA, ST,M.Si. — Ahli MEE	**RENCANA PLAT ELEVASI +15.70**	**S**	**05-05**
LOKASI Kampus UII Terpadu, Jalan Kaliurang, Km 14,7 Sleman, Yogyakarta	PENGURUS YAYASAN BADAN WAKAF UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA				SKALA **1:150**	A3



RENCANA PLAT ATAP ELEVASI +16.62

SKALA 1:150

PEKERJAAN	PEMILIK PROYEK	PENGURUS YAYASAN BADAN WAKAF UII	TIM PERENCANA	JUDUL GAMBAR	KODE	NO LEMBAR
GEDUNG OSCE FAKULTAS KEDOKTERAN UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA			TENAGA AHLI / PARAF Ir. HANDOYOTOMO, MSA — Koordinator Perencana/Arsitek Utama Eko Sulistyatmojo, ST. — Ahli Struktur PRAPTO SUHARYANA, ST.M.Si. — Ahli MEE	**RENCANA PLAT ATAP ELEVASI +16.62**	**S**	**05-06**
LOKASI: Kampus UII Terpadu, Jalan Kaliurang, Km 14,7 Sleman, Yogyakarta	PENGURUS YAYASAN BADAN WAKAF UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA				SKALA: **1:150**	A3

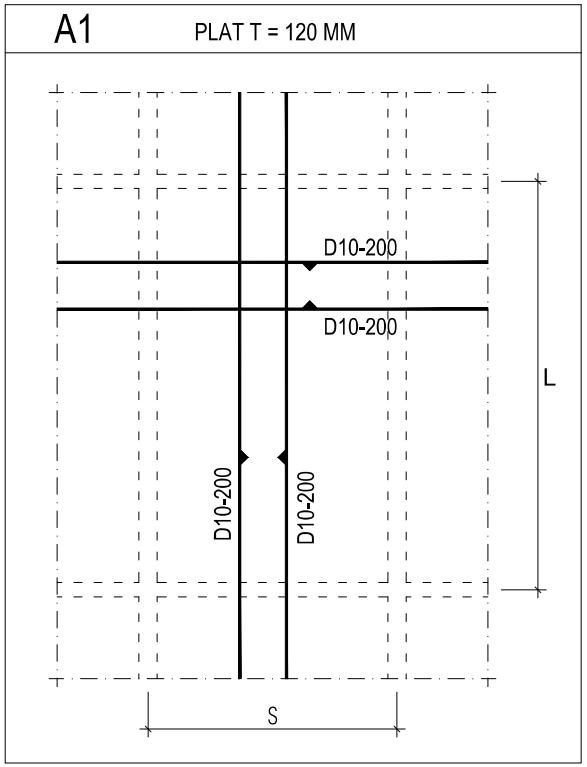


RENCANA PLAT ATAP ELEVASI +18.40

SKALA 1:150

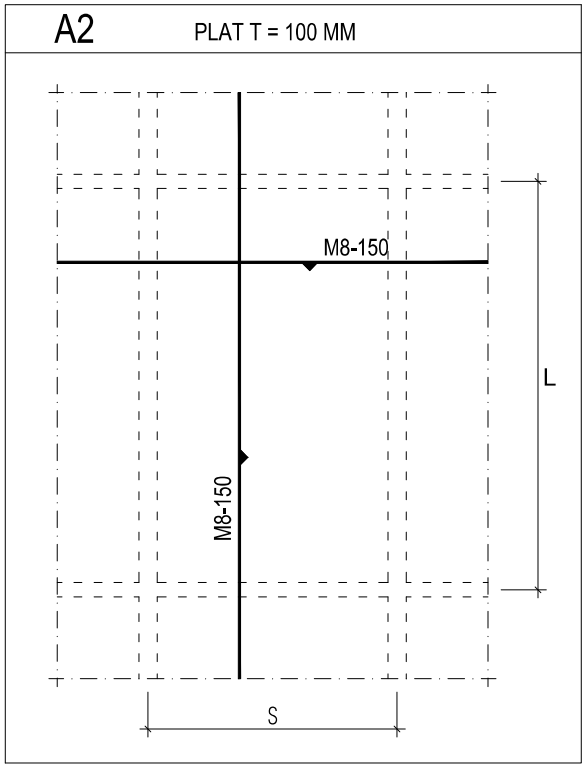
PEKERJAAN	PEMILIK PROYEK	PENGURUS YAYASAN BADAN WAKAF UII	TIM PERENCANA		JUDUL GAMBAR	KODE	NO LEMBAR
GEDUNG OSCE **FAKULTAS KEDOKTERAN** UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA	PENGURUS YAYASAN BADAN WAKAF UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA		TENAGA AHLI	PARAF	**RENCANA PLAT ATAP ELEVASI +18.40**	**S**	**05-07**
LOKASI Kampus UII Terpadu, Jalan Kaliurang, Km 14,7 Sleman, Yogyakarta			Ir. HANDOYOTOMO, MSA Koordinator Perencana/Arsitek Utama			SKALA **1:150**	A3
			Eko Sulistyatmo, ST. Ahli Struktur				
			PRAPTO SUHARYANA, ST.M.Si. Ahli MEE				

A1 PLAT T = 120 MM



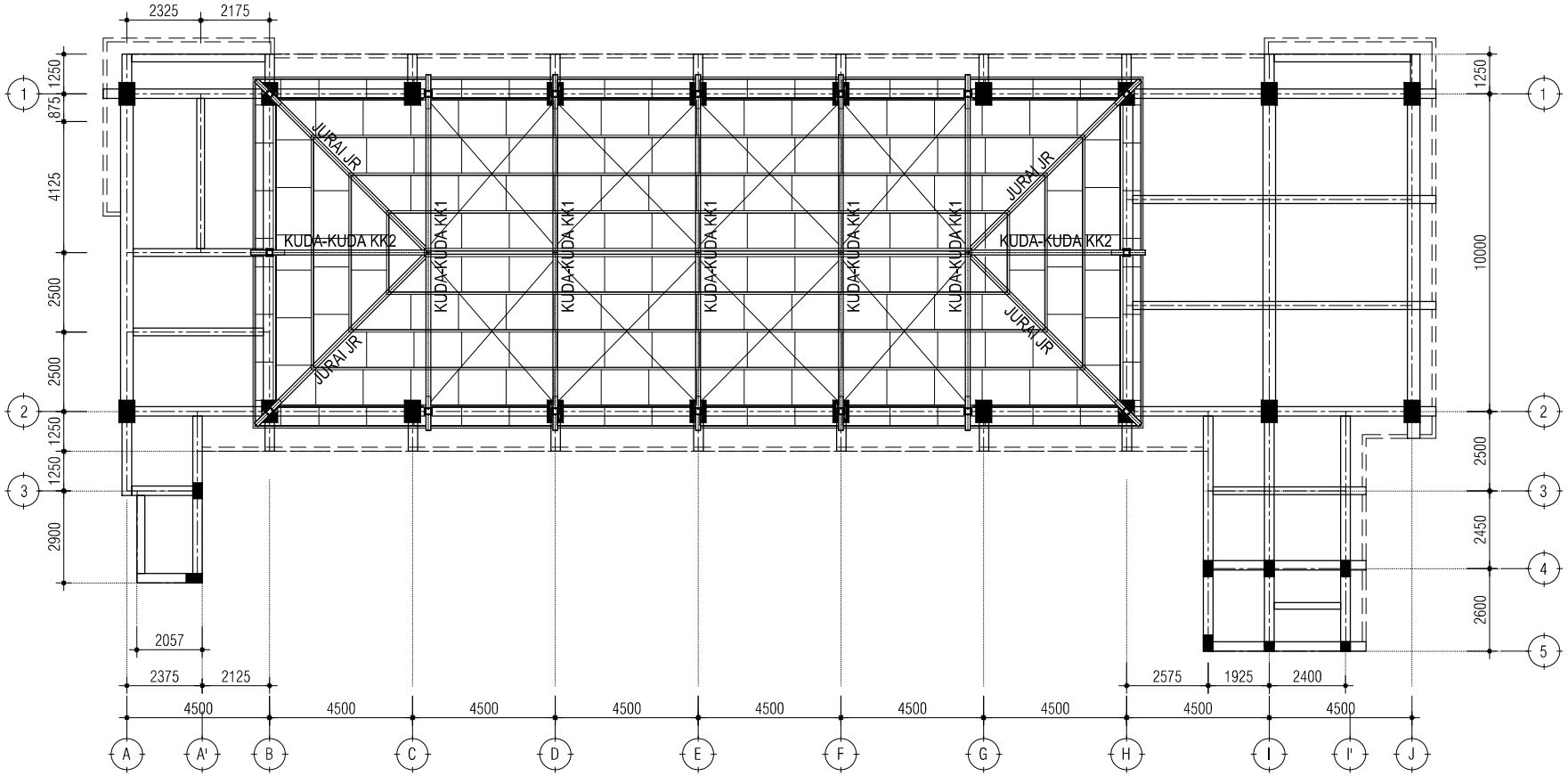
S = BENTANG PENDEK
L = BENTANG PANJANG

A2 PLAT T = 100 MM



S = BENTANG PENDEK
L = BENTANG PANJANG

PEKERJAAN	PEMILIK PROYEK	PENGURUS YAYASAN BADAN WAKAF UII	TIM PERENCANA		JUDUL GAMBAR	KODE	NO LEMBAR
GEDUNG OSCE FAKULTAS KEDOKTERAN UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA	PENGURUS YAYASAN BADAN WAKAF UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA		TENAGA AHLI	PARAF	**DETAIL PLAT**	**S**	**05-08**
LOKASI: Kampus UII Terpadu, Jalan Kaliurang, Km 14,7 Sleman, Yogyakarta			Ir. HANDOYOTOMO, MSA Koordinator Perencana/Arsitek Utama			SKALA: **NTS**	A3
			Eko Setyatmano, ST. Ahli Struktur				
			PRAPTO SUHARYANA, ST,M.Si. Ahli MEE				



RENCANA RANGKA ATAP

SKALA 1:150

PEKERJAAN	PEMILIK PROYEK	PENGURUS YAYASAN BADAN WAKAF UII	TIM PERENCANA	JUDUL GAMBAR	KODE	NO LEMBAR
GEDUNG OSCE **FAKULTAS KEDOKTERAN** UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA	PENGURUS YAYASAN BADAN WAKAF UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA		TENAGA AHLI / PARAF Ir. HANDOYOTOMO, MSA Koordinator Perencana/Arsitek Utama Eko Sulistyatmo, ST. Ahli Struktur PRAPTO SUHARYANA, ST.M.Si. Ahli ME	**RENCANA RANGKA ATAP**	S	06-01
LOKASI Kampus UII Terpadu, Jalan Kaliurang, Km 14,7 Sleman, Yogyakarta					SKALA 1:150	A3