PERANCANGAN STRUKTUR BETON BERTULANG GEDUNG PERKULIAHAN ENAM LANTAI DENGAN SISTEM RANGKA PEMIKUL MOMEN KHUSUS (SRPMK)

SKRIPSI

Program Studi Sarjana Teknik Sipil

Jurusan Teknik Sipil

Oleh :

MUHAMMAD WILDAN

NIM D1011211068

FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS TANJUNGPURA

PONTIANAK

2025

KEMENTERIAN PENDIDIKAN TINGGI, SAINS DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS TANJUNGPURA
FAKULTAS TEKNIK
Jalan Prof. Dr. H. Hadari Nawawi Pontianak 78124
Telepon (0561) 740186 Email : ft@untan.ac.id Website: http:// teknik.untan.ac.id

HALAMAN PENGESAHAN

PERANCANGAN STRUKTUR BETON BERTULANG GEDUNG PERKULIAHAN ENAM LANTAI DENGAN SISTEM RANGKA PEMIKUL MOMEN KHUSUS (SRPMK)

Jurusan Teknik Sipil
Program Studi Sarjana Teknik Sipil

Oleh:
MUHAMMAD WILDAN
NIM. D1011211068

Telah dipertahankan didepan Penguji Skripsi pada tanggal 28 Juli 2025 dalam sidang akhir dan diterima sebagai salah satu persyaratan untuk memperoleh gelar sarjana.

Susunan Penguji Skripsi :

Dosen Pembimbing Utama	: Ir. Elvira, M.T., Ph.D., IPM (NIP. 196707141993031002)
Dosen Pembimbing Kedua	: Ir. Yoke Lestyowati, M.T, IPM (NIP. 196304231989032002)
Dosen Penguji Utama	: Ir.Gatot Setya Budi, S.T., M.T., IPM (NIP. 197211242000121002)
Dosen Penguji Kedua	: Ir. Faisal, M.T (NIP. 196207271992021001)

Pontianak, 28 Juli 2025

Dekan,	Pembimbing Utama,
Dr.-Ing. Ir. Slamet Widodo, M.T., IPM.	Ir. Elvira, M.T., Ph.D., IPM
NIP. 196712231992031002	NIP. 196707141993031002

HALAMAN PERNYATAAN

Yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : Muhammad Wildan

NIM : D1011211068

Menyatakan bahwa pada skripsi yang berjudul "Perancangan Struktur Beton Bertulang Gedung Perkuliahan Enam Lantai Dengan Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus (Srpmk)" sepenuhnya merupakan karya sendiri.Sepanjang pengetahuan saya, tidak terdapat karya serupa yang pernah ditulis atau diterbitkan oleh orang lain, kecuali yang secaratertulis diacu dalam naskah ini dan disebutkan dalam daftar pustaka. Dengan demikian pernyataan ini dibuat dengan sebenar-benarnya. Saya sanggup bertanggung jawab dan menerima konsekuensi akademis dan hukum di kemudian hari apabila pernyataan yang dibuat ini tidak benar.

Pontianak, 08 Juli 2025

Muhammad Wildan

NIM. D1011211068

KATA PENGANTAR

Puji dan Syukur penulis panjatkan kepada Tuhan Yang Maha Esa, karena dengan berkat dan Rahmat-Nya penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul "Perancangan struktur beton bertulang gedung perkuliahan enam lantai dengan sistem rangka pemikul momen khusus (SRPMK)" ini dengan baik. Penyusunan skripsi ini dimaksudkan untuk memenuhi persyaratan akhir pada Program Studi S-1 Teknik Universitas Tanjungpura Pontianak.

Dalam proses penyusunan tugas akhir ini, penulis telah mendapat banyak bantuan dan bimbingan dari berbagai pihak sehingga pada kesempatan ini penulis ingin menyampaikan ungkapan terima kasih kepada:

1. Tuhan Yang Maha Esa atas karunia dan rahmatnya sehingga penulis dapat menyelesaikan tugas akhir ini.
2. Bapak Dr.-Ing. Ir. Slamet Widodo, M.T., IPM., selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Tanjungpura.
3. Bapak Dr. Herwani, S.T., M.T., selaku Ketua Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Tanjungpura.
4. Ibu Dr. Ir. Elsa Tri Mukti, S.T., M.T., selaku Ketua Program Studi Teknik Sipil Universitas Tanjungpura,
5. Bapak M. Yusuf, ST, MT, IPM selaku dosen pembimbing akademik.
6. Bapak Ir. Elvira, M.T., Ph.D., IPM. selaku dosen pembimbing utama dan Ibu Ir. Yoke Lestyowati, M.T, IPM selaku dosen pembimbing kedua.
7. Bapak Ir.Gatot Setya Budi, S.T., M.T., IPM selaku dosen penguji utama dan Bapak Ir. Faisal, M.T., selaku dosen penguji kedua.
8. Seluruh Bapak/Ibu Dosen pengajar dan staf kampus Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Tanjungpura, yang telah memberikan segala ilmu, bimbingan, dan dukungan yang telah diberikan selama penulis menempuh pendidikan.
9. Kedua orang tua, saudara kandung, dan keluarga besar yang telah memberikan dukungan serta doa yang tiada hentinya sehingga menjadi penguat kepada diri saya untuk menyelesaikan Tugas Akhir ini, Semoga selalu dalam lindungan Allah.

10. Teman-teman seperjuangan saya dari semester awal hingga akhir yaitu sirkel ***Family Friendly*** yang terdiri dari 15 orang telah memberikan semangat, dukungan moril yang tak ternilai dan kebersamaan selama proses perkuliahan, semoga kalian semua sehat selalu dan terimakasih banyak telah mengajarkan banyak hal selama saya menjadi anak rantau di tanah Kalimantan ini, selalu diberikan kesehatan dan akal pikiran yang sehat, dijadikan anak muda yang suportif, ulet, tekun, dan tentunya tidak pernah berhenti untuk belajar, sekali lagi saya ucapkan banyak – banyak terimakasih untuk sirkel ini karena 15 orang ini merupakan orang – orang hebat dan sangat berjasa dalam berkembangnya saya di dunia perkuliahan.
11. Teman diskusi saya ketika mengerjakan tugas akhir ini yaitu Devin Salim, semoga sehat selalu dan diberi kemudahan ke depannya. Semoga kita bisa merintih karir jasa *build & design* dan menjadi pelopor utama dalam BIM di wilayah Pontianak, saling *supportif* dan kompak, orang ini selalu menjadi pusat diskusi saya untuk membahas permasalahan yang ada dan sejauh ini frekuensi pikiran selalu selaras.
12. Pacar saya, Tasya Nalurita Hutami, yang telah banyak membantu saya dalam berbagai hal, termasuk dalam menyusun skripsi ini. Terimakasih telah meluangkan waktu, pikiran, dan tenaga dengan penuh kesungguhan. Semoga ke depannya jalan Tasya dipermudah dalam menyelesaikan skripsinya dan dapat belajar banyak hal di luar mata kuliah. Tetap semangat dan jangan pernah berhenti belajar. Jangan mudah merasa bangga terhadap diri sendiri, karena hal itu bisa membuat seseorang kehilangan fokus pada tujuan yang ingin dicapai.

Dengan kerendahan hati penulis menyadari bahwa masih terdapat kekurangan dalam penyusunan Tugas Akhir ini. Oleh karena itu, penulis sangat mengharapkan segala kritik dan saran yang membangun guna penyempurnaan Tugas Akhir ini. Atas perhatiannya penulis ucapkan terima kasih.

Hormat,

Muhammad Wildan

ABSTRAK

Indonesia, yang berada di zona Cincin Api Pasifik, memiliki aktivitas seismik yang tinggi. Ini berarti kita harus ekstra hati-hati dalam merancang bangunan, terutama gedung perkuliahan yang menjadi pusat kegiatan bagi ribuan mahasiswa dan staf. Keamanan dan kenyamanan gedung-gedung ini adalah **prioritas utama**. Untuk mencapai hal ini, Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus (SRPMK) menjadi pilihan yang tepat. Berdasarkan **SNI 1726-2019**, SRPMK dirancang dengan **daktilitas tinggi**, yang memungkinkan pengurangan gaya gempa hingga faktor 8. Desain ini memastikan struktur bangunan **fleksibel** dan mampu beradaptasi dengan beban gempa yang dinamis, sehingga meminimalkan kerusakan dan memudahkan proses evakuasi yang aman saat terjadi kondisi darurat.

SRPMK menerapkan prinsip ***strong-column/weak-beam***, yang secara efektif menyebarkan deformasi di seluruh lantai, mengurangi risiko keruntuhan lokal, dan memungkinkan struktur menahan respons inelastis saat gempa. Meskipun Pontianak bukan daerah yang rentan gempa bumi, jenis **tanah lempung** yang umum di daerah ini tetap memerlukan perhatian khusus. Oleh karena itu, pembangunan gedung perkuliahan 6 lantai dengan SRPMK di Pontianak adalah langkah krusial untuk memastikan bangunan yang **aman dan fungsional** bagi seluruh penggunanya.

Kata kunci: *SRPMK, gedung perkuliahan, ketahanan gempa, daktilitas, SNI 1726-2019*

ABSTRACT

Indonesia, situated in the Pacific Ring of Fire, experiences high seismic activity. This necessitates meticulous attention to building design and planning, especially for critical structures like university buildings. These buildings serve as educational hubs and administrative centers for thousands of students and staff daily, making their ***safety and comfort paramount****. To address this, the Special Moment Resisting Frame System (SRPMK) is the preferred choice. In accordance with* ***SNI 1726-2019****, SRPMK is designed with* ***high ductility****, allowing for a seismic force reduction factor of 8. This design ensures the building structure is* ***flexible*** *and capable of adapting to dynamic seismic loads, thereby minimizing damage and facilitating safe evacuation during emergencies.*

SRPMK implements a ***strong-column/weak-beam*** *principle, effectively distributing deformation across all floors. This reduces the risk of localized collapse and enables the structure to withstand inelastic responses during an earthquake. Although Pontianak isn't a highly earthquake-prone area, the prevalence of* ***clay soil*** *in the region still demands careful consideration. Therefore, the construction of the 6-story university building using SRPMK in Pontianak is a crucial step to ensure a* ***safe and functional*** *environment for all its occupants.*

Keywords*: SRPMK, university building, earthquake resistance, ductility, SNI 1726-2019*

DAFTAR ISI

HALAMAN PERNYATAAN i

KATA PENGANTAR ii

ABSTRAK iv

ABSTRACT v

DAFTAR GAMBAR xiii

DAFTAR TABEL xxi

BAB I PENDAHULUAN 1

1.1 Latar Belakang 1

1.2 Perumusan Masalah 2

1.3 Maksud dan Tujuan 2

1.4 Pembatasan Masalah 3

1.5 Data Fisik dan Spesifikasi Material Gedung 3

1.6 Metode Analisis 10

1.7 Sistematika Penulisan 11

BAB II TINJAUAN PUSTAKA 12

2.1 Uraian Umum 12

2.2 Struktur Beton Bertulang 12

2.2.1 Elemen Struktur Sekunder 16

2.2.1.1 Elemen Pelat Beton Bertulang 16

2.2.1.2 Elemen Tangga 24

2.2.2 Elemen Struktur Primer 26

2.2.2.1 Elemen Balok Induk 26

2.2.2.2 Elemen Kolom 34

2.2.2.3 Elemen Fondasi 41

2.3 Pembebanan dan Kombinasi 46

2.3.1 Beban Mati 46
2.3.2 Beban Hidup 48
2.3.3 Beban Angin 48
2.3.4 Beban Gempa 49
2.3.4.1 Faktor keutamaan dan kategori resiko struktur bangunan 52
2.3.4.2 Klasifikasi Situs 55
2.3.4.3 Parameter percepatan gempa 56
2.3.4.4 Analisa Respon Spektrum 58
2.3.4.5 Periode Fundamental 62
2.3.4.6 Sistem Struktur Pemikul Gaya Seismik 63
2.3.4.7 Geser Dasar Seismik 64
2.3.4.8 Klasifikasi struktur beraturan dan tidak beraturan 65
2.3.4.9 Redundansi 72
2.3.4.10 Kriteria Pemodelan 73
2.3.4.11 Distribusi Gaya Seismik 75
2.3.4.12 Pembesaran Momen Torsi Tak Terduga 75
2.3.4.13 Simpangan Antar Tingkat 76
2.3.4.14 Pengaruh p-delta 79
2.3.4.15 Rasio Partisipasi Massa 80
2.4 Sistem Rangka Pemikul Momen 80
2.4.1 Sistem Rangka Pemikul Momen Biasa (SRPMB) 81
2.4.2 Sistem Rangka Pemikul Momen Menengah (SPRMM) 82
2.4.3 Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus (SRPMK) 83
2.4.3.1 Persyaratan Balok SRPMK 84
2.4.3.2 Tulangan Longitudinal Balok 86
2.4.3.3 Tulangan Transversal Balok 87

2.4.3.4 Kekuatan Geser Balok 89
2.4.3.5 Persyaratan Kolom SRPMK 91
2.4.3.6 Perencanaann Lentur 92
2.4.3.7 Tulangan Longitudinal Kolom 93
2.4.3.8 Tulangan Transversal Kolom 94
2.4.3.9 Kekuatan Geser Kolom 96
2.4.3.10 *Joint* SRPMK 97
2.4.3.11 Tulangan Transversal 97
2.4.3.12 Kekuatan Geser 97
2.4.3.13 Penyaluran Tulangan Tarik 99
BAB III METODOLOGI 104
3.1 Tinjauan Umum 104
3.2 Desain Pendahuluan (*Preliminary Design*) 104
3.3 Pemodelan Struktur dan Analisis Struktur 104
3.4 Evaluasi Desain Struktur 104
3.5 Desain Penulangan Elemen Struktur 105
3.6 Desain Fondasi 105
3.7 Diagram Alir 106
BAB IV *PRELIMINARY DESIGN* 108
4.1 Perancangan Awal Dimensi Balok 108
4.2 Perancangan Awal Dimensi Pelat 131
4.3 Perancangan Awal Dimensi Kolom 140
4.4 Perancangan Awal Dimensi Tangga 148
4.5 Perencanaan kebutuhan tandon air 151
4.6 Perancangan *Lift* 153
4.7 Perancangan Awal Perhitungan Gempa 154

BAB V ANALISIS DAN PEMODELAN STRUKTUR 163
5.1 Uraian Umum 163
5.2 Spesifikasi Material 164
5.3 Pemodelan Struktur 167
5.3.1 Pemodelan Balok 167
5.3.2 Pemodelan Kolom 170
5.3.3 Pemodelan Pelat 171
5.3.4 Pemodelan Tangga 174
5.3.5 Pemodelan *Lift* 175
5.4. Komponen Pembebanan 177
5.4.1 Beban Mati 178
5.4.2 Beban Hidup 185
5.4.3 Beban Angin 187
5.4.4 Beban Gempa 196
5.5 Kombinasi Pembebanan 198
5.6 Asumsi pada pemodelan struktur 201
BAB VI PENGECEKAN PRILAKU STRUKTUR 204
6.1 Pemeriksaan *Ratio* Partisipasi Modal Massa 204
6.2 Faktor Skala Gaya Gempa 205
6.2.1 Periode Fundamental Struktur (T) 205
6.2.2 Koefisien Respons Seismik (Cs) 206
6.2.3 Berat Seisimik Efektif Struktur (W) 207
6.2.4 Penentuan Faktor Skala Gaya Gempa (V/Vt) 209
6.3 Analisis Pengaruh Torsi 212
6.3.1 Analisis Torsi Bawaan 213
6.3.2 Analisis Torsi Tak Terduga 216

6.4 Pemeriksaan Ketidakberaturan Horizontal pada Struktur 220
6.4.1 Ketidakberaturan Horizontal Tipe 1a (Ketidakberaturan Torsi) 220
6.4.2 Ketidakberaturan Horizontal Tipe 1b (Ketidakberaturan Torsi Berlebih) 222
6.4.3 Ketidakberaturan Horizontal Tipe 2 (Ketidakberaturan Sudut Dalam).... 223
6.4.4 Ketidakberaturan Horizontal Tipe 3 (Ketidakberaturan Diskontinuitas Diafragma) 224
6.4.5 Ketidakberaturan Horizontal Tipe 4 (Ketidakberaturan Akibat Pergeseran Tegak Lurus Terhadap Bidang) 226
6.4.6 Ketidakberaturan Horizontal Tipe 5 (Ketidakberaturan Sistem Non Paralel) 226
6.5. Pemeriksaan Ketidakberaturan Vertikal 227
6.5.1 Ketidakberaturan Vertikal Tipe 1a (Ketidakberaturan Kekakuan Tingkat Lunak) 227
6.5.2 Ketidakberaturan Vertikal Tipe 1b (Ketidakberaturan Kekakuan Tingkat Lunak Berlebihan)..... 229
6.5.3 Ketidakberaturan Vertikal Tipe 2 (Ketidakberaturan Berat/Massa)... 231
6.5.4 Ketidakberaturan Vertikal Tipe 3 (Ketidakberaturan Geometri Vertikal) 232
6.5.5 Ketidakberaturan Vertikal Tipe 4 (Ketidakberaturan Akibat Diskontinuitas Bidang Pada Elemen Vertikal Pemikul Gaya Lateral) 233
6.5.6 Ketidakberaturan Vertikal Tipe 5a (Ketidakberaturan Tingkat Lemah Berlebihan Akibat Diskontinuitas Pada Kekuatan Lateral Tingkat)..... 234
6.5.7 Ketidakberaturan Vertikal Tipe 5b (Ketidakberaturan Tingkat Lemah Berlebihan Akibat Diskontinuitas Pada Kekuatan Lateral Tingkat)..... 235
6.6 Konsekuensi Ketidakberaturan Horizontal & Vertikal 236
6.7 Pemeriksaan Simpanan Antar Tingkat..... 244

6.8 Pemeriksaan Pengaruh P-Delta 247

BAB VII PERANCANGAN TULANGAN 250

7.1 Tulangan Pelat (*Slabs*) 250

7.2 Rekapan Momen Pelat Lantai 251

7.3 Perhitungan Tulangan Pelat Lantai 253

7.4 Desain Tulangan Balok 262

7.4.1 Desain Tulangan Lentur Balok 263

7.4.2 Desain Tulangan Geser Balok 285

7.4.3 Perencanaan Tulangan Torsi 297

7.5 Panjang Penyaluran Balok 313

7.5.1 *Pull-Out Failure* (Kegagalan Tarik Keluar) 313

7.5.2 *Splitting Failure* (Kegagalan Retak Pecah) 313

7.5.3 Panjang Penyaluran Balok Kondisi Tarik 314

7.5.4 Panjang Penyaluran Kondisi Tekan 315

7.5.5 Panjang Penyaluran Kait Standar (Ldh) 90° 315

7.5.6 Sambungan Lewatan 317

7.5.7 Pemotongan Tulangan *(cutt of point)* 318

7.6 Perancangan Tulangan Kolom 322

7.6.1 Perencanaan tulangan longitudinal 323

7.6.2 Analisa strong column weak beam 331

7.6.2.1 Analisa Kapasitas momen balok yang merangka pada K1A 332

7.6.2.2 Kontrol Persyaratan Stong Column Weak Beam 337

7.6.3 Analisa Geser Kolom SRPMK 346

7.6.3.1 Gaya geser desain (Ve) Kolom SRPMK 346

7.6.3.2 Penentuan Panajang Sendi Plastis l_o Pada Ujung Kolom 352

7.6.3.3 Perhitungan Spasi tulangan Geser Kolom SRPMK 353

7.6.3.4 Perhitungan tulangan geser kolom SRPMK 354
7.6.3.5 Sambungan Lewatan pada Kolom SRPMK 357
7.6.3.6 Panjang penyaluran kolom pada Pondasi untuk SRPMK 359
7.6.4 Desain Hubungan Balok – Kolom (HBK) SRPMK 361
7.6.4.1 Syarat dimensi balok – kolom (HBK) SRPMK 361
7.6.4.2 Analisa Kapasitas Balok pada HBK 361
7.6.4.3 Perhitungan Gaya Tarik Tulangan Balok HBK 362
7.6.4.4 Perhitungan Geser Nominal (V_u) HBK 364
BAB VIII PERANCANGAN FONDASI 380
8.1 Tinjauan Umum 380
8.2 Perhitungan Daya Dukung Fondasi 388
8.3 Pemeriksaan Geser pada *Pile Cap* 406
8.4 Perancangan Penulangan *Pile Cap* 414
BAB IX PENUTUP 424
9.1 Kesimpulan 424
9.2 Saran 425
DAFTAR PUSTAKA 427

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Lendutan yang Terjadi pada Pelat 1 Arah (*One Way*) 16
Gambar 2. 2 Pola Momen yang Terjadi pada Pelat Satu Arah dalam Memikul Beban Gravitasi 17
Gambar 2. 3 Deformasi yang Terjadi pada Pelat Dua Arah 20
Gambar 2. 4 Kontruksi *Flat Slab* dan *Flate Plate* 20
Gambar 2. 5 *Bar* dan S*hearhead* pada *Flat Plate* 21
Gambar 2. 6 Tulangan Penyusun Balok 27
Gambar 2. 7 Kondisi Tegangan – Regangan Balok Saat Kuat Lentur Tercapai ... 29
Gambar 2. 8 Jenis Kolom Berdasarkan Tipe Penulangan 35
Gambar 2. 9 Struktur Kolom Bergoyang dan Tak Bergoyang 37
Gambar 2. 10 Diagram Interaksi P – M Elemen Kolom 39
Gambar 2. 11 Faktor Panjang Efektif, K 40
Gambar 2. 12 Ilustrasi 8D dan 4D 42
Gambar 2. 13 lustrasi Qp dan Qs 43
Gambar 2. 14 a) Analisis Dinamik, b) Gaya horizontal ekivalen statik 50
Gambar 2. 15 Spektrum Respons Desain 58
Gambar 2. 16 Parameter Gerak Tanah Ss, Gempa Maksium yang Dipertimbangkan Risiko-Tertarget (MCER) Wilayah Indonesia untuk Spektrum Respons 0,2-Detik (Redaman Kritis 5 %) 59
Gambar 2. 17 Parameter Gerak Tanah, S1, Gempa Maksimum yang Dipertimbangkan Risiko-Tertarget (MCER) Wilayah Indonesia untuk Spektrum Respons 0,2- Detik (Redaman Kritis 5 %) 60
Gambar 2. 18 Peta Transisi Periode Panjang, TL, Wilayah Indonesia 61
Gambar 2. 19 Ketidakberaturan Horizontal 68
Gambar 2. 20 Ketidakberaturan Vertical 71
Gambar 2. 21 Faktor Perbesaran Torsi, Ax 76
Gambar 2. 22 Penentuan Simpangan antar Tingkat 77
Gambar 2. 23 Kurva perliaku struktur elastik dan yang diharapkan serta beban . 82
Gambar 2. 24 Kurva perliaku struktur elastik dan yang diharapkan serta beban desain gempa pada SRPMM 82

Gambar 2. 25 Kurva perliaku struktur elastik dan yang diharapkan serta beban desain gempa pada SRPMK 83
Gambar 2. 26 Bentang Bersih ln 85
Gambar 2. 27 Lebar Efektif Maksimum Balok dan Persyaratan Tulangan Transversal 85
Gambar 2. 28 Persyaratan Tulangan Longitudinal 86
Gambar 2. 29 Persyaratan Sambungan Lewatan 87
Gambar 2. 30 Persyaratan Tulangan Transversal 88
Gambar 2. 31 Contoh Sengkang Tertutup (*Hoop*) yang Dipasang Bertumpuk 88
Gambar 2. 32 Bentang Bersih Kolom dan Balok 90
Gambar 2. 33 Diagram Gaya Geser Desain (Ve) Balok 91
Gambar 2. 34 Persyaratan Dimensi Kolom 91
Gambar 2. 35 Konsep *Strong Column-Weak Beam* 92
Gambar 2. 36 Sambungan Lewatan pada Kolom 93
Gambar 2. 37 Persyaratan Kekangan untuk Sengkang Persegi 94
Gambar 2. 38 Contoh Penulangan Transversal pada Kolom 95
Gambar 2. 39 Diagram Gaya Geser Desain (Ve) Kolom 96
Gambar 2. 40 Geser Horizontal pada Hubungan Balok-Kolom 98
Gambar 2. 41 Luas Efektif Hubungan Balok-Kolom 99
Gambar 2. 42 Standar Kait 90° 100
Gambar 3. 1 Diagram Alir Perancangan dan Perhitungan Gedung Perkuliahan 106
Gambar 3. 2 Diagram alir software ETABS 107
Gambar 4.1 Ilustrasi Persyaratan Dimensi Balok SRPMK 109
Gambar 4.2 Persyaratan C Dimensi Balok SRPMK 111
Gambar 4.3 Tinjauan Area Kontrol Dimensi Awal Balok B1 111
Gambar 4.4 Ilustrasi Pembebanan pada Balok B1 112
Gambar 4.5 *Free body* diagram pada Balok B1 113
Gambar 4.6 Momen Primer Metode Soemono 114
Gambar 4.7 Pembagian Beban Terpusat dan Jarak Beban untuk Mencari 114
Gambar 4.8 Reaksi Tumpuan Akibat Beban Sendiri 115
Gambar 4.9 Pembagian Beban Terpusat dan Jarak Beban Untuk Mencari Momen Maksimum 116

Gambar 4.10 Beban Yang Bekerja Pada Balok B3 119
Gambar 4.11 Beban Ekivalen Dari Segitiga Dan Trapesium..... 120
Gambar 4.12 Acuan Mencari Nilai P dan Momen *Max*..... 121
Gambar 4.13 Beban Ekivalent Segitiga dan Trapesium..... 122
Gambar 4.14 Reasksi Tumpuan Beban Eqivalent..... 122
Gambar 4.15 Reaksi Momen Lapangan..... 123
Gambar 4.16 Reaksi Tumpuan Akibat Beban Sendiri 124
Gambar 4.17 Pembagian Beban Terpusat dan Jarak Beban Untuk Mencari Momen Maksimum..... 124
Gambar 4.18 Pembebanan yang Terjadi Akibat Balok Anak..... 125
Gambar 4.19 Reaksi yang Terjadi pada Balok Induk Akibat Beban Balok Anak126
Gambar 4.20 Pembagian Beban Terpusat dan Jarak Beban untuk Mencari Momen Maksimum..... 126
Gambar 4. 21 Denah Balok..... 130
Gambar 4.22 Denah Pelat 132
Gambar 4. 23 Denah Pelat yang Ditinjau..... 133
Gambar 4. 24 Denah Pelat P5 yang Ditinjau 133
Gambar 4. 25 Denah Kolom yang Ditinjau 141
Gambar 4. 27 Kegunaan Ruang Lantai 1 142
Gambar 4. 28 Kegunaan Ruang Lantai 2 142
Gambar 4. 29 Kegunaan Ruang Lantai 3 – Lantai 6..... 142
Gambar 4. 30 Tangga Tampak Atas 148
Gambar 4. 31 Tangga Tampak Samping 149
Gambar 4. 32 Spesifikasi Tandon Berdasarkan Market..... 153
Gambar 5. 1 Pemodelan Gedung Perkuliahan 163
Gambar 5. 2 *Define Material Property Data* (Beton fc’ = 30 MPa)..... 164
Gambar 5. 3 *Define Material Property Data* (BJTS 420A)..... 165
Gambar 5. 4 *Define Material Property Design Data* (BJTS 420B)..... 165
Gambar 5. 5 Define Material Property Data (BJTP 280)..... 166
Gambar 5. 6 *Define Material Property Design Data* (BJTS 420B)..... 166
Gambar 5. 7 *Frame Section Property Data* (Balok B1 50/25) 168
Gambar 5. 8 Momen Inersia yang Diizinkan pada Balok..... 168

Gambar 5. 9 *Frame Section Property Reinforcement Data* 168
Gambar 5. 10 Pemodelan Balok Lantai 1 169
Gambar 5.11 *Frame Section Prope*rty Data (Kolom K1 650/650) 170
Gambar 5.12 Momen Inersia pada Kolom 170
Gambar 5.13 *Frame Section Property Reinforcement Data* 171
Gambar 5.15 Dimensi Pelat 171
Gambar 5.16 Inersia Pelat 172
Gambar 5. 17 Pemodelan Pelat Lantai pada Struktur Bangunan Gedung Kuliah 173
Gambar 5.18 Pemodelan Tangga 174
Gambar 5. 19 *Define frame section tangga* 174
Gambar 5.20 Tipe *Lift* Hyundai 175
Gambar 5. 21 Pembebanan Terpusat Balok Sisi Depan *Lift* 176
Gambar 5. 22 Pembebanan Terpusat Balok Sisi Belakang *Lift* 176
Gambar 5. 23 *Define Load Patterns* 177
Gambar 5. 24 *Define Load Case* 177
Gambar 5. 25 *Load Case* Beban Mati (*Dead*) 178
Gambar 5. 26 *Load Case* Beban Mati Tambahan (SIDL) 178
Gambar 5. 27 SIDL pada Pelat Lantai 1 179
Gambar 5. 28 Beban Mati Tambahan Pelat Lantai 2 - 6 180
Gambar 5. 29 Beban Mati Pada Lantai Dak 181
Gambar 5. 31 Beban Mati Tambahan pada Balok 183
Gambar 5. 32 Pemodelan Tangga pada *Software* Etabs 184
Gambar 5.33 Beban Hidup Lantai 1 186
Gambar 5. 34 Kasus III Beban Angin 187
Gambar 5.35 HB 212 - 2002 Kecepatan Angin Dasar 187
Gambar 5. 36 Faktor Arah Angin 188
Gambar 5. 37 Kategori Eksprosur Berdasarkan SNI11727 – 2020 188
Gambar 5.38 GC_{pi} dalam Struktur Gedung 189
Gambar 5.39 Koefisien Eksposur Tekanan Velositas, K_z 189
Gambar 5.40 Koefisien Tekanan Eksternal, Cp 191
Gambar 5.41 Beban Angin Arah X 195

Gambar 5.42 Beban Angin Arah Y 195
Gambar 5.43 Skala Awal Eqx Dan Eqy 198
Gambar 5.44 *Input* Kombinasi Pembebanan Menggunakan *Interactive Database* pada *Software* Etabs 200
Gambar 5. 45 *Define Load Combinasi* pada Etabs 200
Gambar 5. 46 Perletakan Jepit 201
Gambar 5.47 Partisipasi Massa > 90 % pada modal ke 25 201
Gambar 5. 48 *Mass Source* pada *Software* Etabs 202
Gambar 5. 49 Nilai *Rigid Factor* 202
Gambar 5. 51 *Rigid* 203
Gambar 5. 52 *Define Auto Mesh* pada Etabs 203
Gambar 6.1 Hasil Analisa Etabs untuk Gempa Statik 210
Gambar 6.2 Skala Arah X 211
Gambar 6.3 Skala Arah Y 211
Gambar 6.4 Hasil dari Pen Skalaan Gaya Gempa 212
Gambar 6.5 Pengaruh Eksentrisitas terhadap Torsi 213
Gambar 6.6 *Free Body* Pemodelan Eksentrisitas 216
Gambar 6.7 Menambah Eksentrisitas Sebesar 5% Sesuai dengan SNI Pasal 7.8.4.2 216
Gambar 6.8 *Mass Source* yang Dibutuhkan 217
Gambar 6.9 *Load Case* untuk Titik +X(M) 217
Gambar 6.10 *Modal Cases* untuk Titik +X 218
Gambar 6.11 *Load Case* untuk Beban *Response Spectrum* Arah x 218
Gambar 6.12 Ketidakberaturan Torsi (Tipe 1a) 220
Gambar 6. 13 Ketidakberaturan Torsi (Tipe 1b) 222
Gambar 6. 14 Ketidakberaturan Sudut Dalam (Tipe 2) 223
Gambar 6.15 Ketidakberaturan Diskontinuitas Diafragma (Tipe 3) 224
Gambar 6.16 Ketidakberaturan Akibat Pergeseran Tegak Lurus Terhadap Bidang 226
Gambar 6.17 Ketidakberaturan Sistem Non-Paralel 226
Gambar 6.18 Ketidakberaturan Kekakuan Tingkat Lunak 227
Gambar 6.19 Ketidakberaturan Kekakuan Tingkat Lunak Berlebihan 229

Gambar 6.20 Ketidakberaturan Berat / Massa 231
Gambar 6.21 Ketidakberaturan Geometri Vertikal 232
Gambar 6.22 Ketidakberaturan Akibat Diskontinuitas Bidang Pada Elemen Vertikal Pemikul Gaya Lateral..... 233
Gambar 6.23 Ketidakberaturan Tingkat Lemah Berlebihan Akibat Diskontinuitas pada Kekuatan Lateral Tingkat 234
Gambar 6.24 Ketidakberaturan Tingkat Lemah Berlebihan Akibat Diskontinuitas pada Kekuatan Lateral Tingkat 235
Gambar 6.25 Pemodelan Full 3D (*Active Degrees of Freedom*) 240
Gambar 6.26 Eksentrisitas Akibat Pembesaran Nilai Momen Torsi Tak Terduga (Arah Y $_{(-x)}$) 242
Gambar 6.27 Nilai Eksentrisitas Akibat Pembesaran Nilai Momen Torsi Tak Terduga (Arah Y $_{(+x)}$)..... 242
Gambar 7. 1 Sketsa Perencanaan Tulangan Pelat 253
Gambar 7. 2 Pembagian Daerah Tumpuan dan Lapangan Balok SRPMK..... 263
Gambar 7. 3 Acuan Dimensi Balok..... 265
Gambar 7. 4 Tulangan Tumpuan Momen Negatif (Tumpuan Bagian Atas) 270
Gambar 7. 5 Tulangan Tumpuan Momen Positif (Tumpuan Bagian Bawah).... 272
Gambar 7. 6 Tulangan Lapangan Momen Negatif (Lapangan Bagian Atas)..... 274
Gambar 7. 7 Tulangan Lapangan Momen Positif (Lapangan Bagian Bawah) .. 276
Gambar 7. 8 Tulangan yang Digunakan pada B1 5,5m 277
Gambar 7. 9 Gempa Kiri Mengakibatkan Struktur ke Arah Kanan..... 288
Gambar 7. 10 Gempa Kanan Mengakibatkan Struktur ke Arah Kiri..... 288
Gambar 7. 11 Tulangan Geser Sepanjang 2h dari Muka Tumpuan 291
Gambar 7. 12 Detail Penulangan Balok (B15,5 M) Muka Tumpuan..... 291
Gambar 7. 13 Tulangan Geser Sepanjang 2h Dari Muka Tumpuan 293
Gambar 7. 14 Detail Penulangan Balok (B15,5 m) Lapangan..... 293
Gambar 7. 15 Ruang Lingkup Perhitungan A_{oh} 299
Gambar 7. 16 Detail Penulangan B1 5,5 m..... 308
Gambar 7.17 Acuan kait standar 90° 316
Gambar 7.18 Sketsa Penampang pada Lokasi *Cut of point* 319
Gambar 7.19 *Point Of Inflectio*n pada Balok B1 Terjadi pada Jarak 1,3m..... 320

Gambar 7.20 Balok B1 Panjang Penyaluran 321
Gambar 7.21 3D Balok B1 Tampak Atas 321
Gambar 7.22 3D B1 Tampak Samping 321
Gambar 7.23 3D Balok B1 321
Gambar 7. 24 *Setting General Information* pada *Sp Column* 324
Gambar 7. 25 Menentukan *Material Properties* 325
Gambar 7. 26 Menentukan *Material Properties* 326
Gambar 7.27 *Setting* Beban pada Kolom 326
Gambar 7. 28 Diagram P-M *Angle Positive Output Etabs* No 6 327
Gambar 7. 29 Diagram P-M *Angle Positive Output Etabs* No 4 327
Gambar 7. 30 Diagram P-M *Angle Positive Output Etabs* No 3 328
Gambar 7.31 Diagram P-M *Angle Positive Output Etab*1No , 2 & 5 328
Gambar 7. 32 3D Tampak Atas 329
Gambar 7.33 3D Tampak Samping 329
Gambar 7.34 Potongan 3D Tampak Samping 329
Gambar 7.35 *Output* dari Analisa Sp Column 330
Gambar 7. 36 Acuan dalam Mengambil Momen Nominal Kolom 331
Gambar 7. 37 Denah Kolom K1 A yang Dilingkari Hitam 332
Gambar 7.38 Gempa Arah Kiri Struktur Bergoyang ke Kanan 332
Gambar 7.39 Gempa Arah Kanan Struktur Bergoyang ke Kiri 333
Gambar 7.40 Gempa Arah Kiri Struktur Bergoyang ke Kanan 335
Gambar 7.41 Gempa Arah Kanan Struktur Bergoyang ke Kiri 335
Gambar 7.42 Analisa *Strong Column Weak Beam* Arah – X 338
Gambar 7.43 Analisa *Strong Column Weak Beam* Arah – Y 339
Gambar 7. 44 Mpr yang Digunakan Kolom 346
Gambar 7.45 Momen Kapasitas Kolom K1 dengan 1,25fy 347
Gambar 7.46 Ilustrasi Sambungan Lewatan Kolom 358
Gambar 7.47 Ilustrasi Panjang Penyaluran 360
Gambar 7.48 Detail Kait Khusu 90^{o} 360
Gambar 7.49 Analisa Gaya pada HBK Arah X Akibat Gempa Kiri 363
Gambar 7.50 Analisa Gaya pada HBK Arah Y Akibat Gempa Kiri 363
Gambar 7.51 Tinjauan Mendapatkan Nilai Aj 364

Gambar 7. 52 Ilustrasi HBK pada *Joint* 367
Gambar 8.1 Denah Titik Fondasi Tertinjau 380
Gambar 8.2 Perencanaan *Pile Cap* dan Tiang Pancang 381
Gambar 8.3 Ilustrasi 8D dan 4D 389
Gambar 8.4 Ilustrasi Qp dan Qs 391
Gambar 8.5 Rancangan Konfigurasi Tiang Pancang 394
Gambar 8.6 Potongan *Pile Cap* untuk Tinggi Efektif Arah X Dany 406
Gambar 8.7 Tinjauan Fondasi terhadap Geser Satu Arah 407
Gambar 8.8 Aksial Kondisi Dua Arah 408
Gambar 8.9 Tinjauan Fondasi terhadap Geser di Sekitar Tiang 409
Gambar 8.10 Analisa Momen Ultimate pada *Pile Cap* 414
Gambar 8.11 Analisa Perhitungan Momen My Arah (X+) 416
Gambar 8.12 Analisa Perhitungan Momen My Arah (X-) 417
Gambar 8.13 Analisa Perhitungan Momen Mx Arah (Y+) 418
Gambar 8.14 Analisa Perhitungan Momen Mx Arah (Y-) 419

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Batasan Nilai fc' 13
Tabel 2. 2 Ketebalan Selimut Beton (Non-Prategang; Cor Ditempat)..... 14
Tabel 2. 3 Tulangan Ulir Nonprategang 15
Tabel 2. 4 Tulangan Polos Nonprategang 15
Tabel 2. 5 Ketebalan Minimum Pelat Solid Satu Arah (Non – Prategang)..... 18
Tabel 2. 6 Nilai Luasan Minimum, As_{min} untuk Pelat Satu Arah Non-Prategang. 18
Tabel 2. 7 Rasio (P_{min}) Tulangan Susut dan Suhu Minimum 19
Tabel 2. 8 Ketebalan Minimum Pelat Dua Arah Nonprategang Tanpa Balok Interior 22
Tabel 2. 9 Ketebalan Minimum Pelat Dua Arah Nonprategang dengan Balok di Antara Tumpuan pada Semua Sisinya..... 22
Tabel 2. 10 Injakan dan Tanjakan Tangga 25
Tabel 2. 11 Tinggi Minimum Balok 27
Tabel 2. 12 Faktor Reduksi Kekuatan 28
Tabel 2. 13 Faktor Reduksi Kekuatan *(Lanjutan)* 28
Tabel 2. 14 Nilai $\beta 1$ untuk Distribusi Tegangan Beton Persegi Ekivalen..... 30
Tabel 2. 15 Kekuatan Aksial Maksimum 38
Tabel 2. 16 Koefisien Tanah K (Decourt & Quaresma,1978; Decourt dkk,1996) 42
Tabel 2. 17 Koefisien Dasar Tiang α (Decourt & Quaresma,1978; Decourt dkk,1996) 43
Tabel 2. 18 Koefisien Selimut Tiang β (Decourt & Quaresma,1978; Decourt,1996) 44
Tabel 2. 19 Berat Jenis Bahan Bangunan..... 47
Tabel 2. 20 Berat Sendiri Material Komponen Bangunan 47
Tabel 2. 21 Beban Hidup Terdistribusi Merata Minimum 48
Tabel 2. 22 Kategori Resiko..... 52
Tabel 2. 23 Jenis Pemanfaatan dan Ketegori Resiko 52
Tabel 2. 24 Jenis Pemanfaatan dan Ketegori Resiko *(Lanjutan)* 53
Tabel 2. 25 Jenis Pemanfaatan dan Ketegori Resiko *(Lanjutan)* 54
Tabel 2. 26 Klasifikasi Situs..... 55
Tabel 2. 27 Koefisien Situs Fa 57

Tabel 2. 28 Koefisien Situs Fv 57
Tabel 2. 29 Koefisien untuk Batas Atas pada Periode yang Dihitung 62
Tabel 2. 30 Nilai Parameter Periode Pendekatan Ct dan X..... 62
Tabel 2. 31 Nilai Parameter Periode Pendekatan Ct dan X (*lanjutan)*..... 63
Tabel 2. 32 Faktor R, Cd, dan Ω0 untuk Sistem Pemikul Gaya Seismik..... 64
Tabel 2. 33 Ketidakberaturan Horizontal pada Struktur 66
Tabel 2. 34 Ketidakberaturan Horizontal pada Struktur *(Lanjutan)* 67
Tabel 2. 35 Ketidakberaturan Vertikal pada Struktur..... 69
Tabel 2. 36 Ketidakberaturan Vertikal pada Struktur *(Lanjutan)*..... 70
Tabel 2. 37 Prosedur Analisis yang Diizinkan 74
Tabel 2. 38 Simpangan antar Lantai Izin, Δ^{aa},b..... 78
Tabel 2. 39 Kategori Desain Seismik Berdasarkan Parameter Respons Percepatan pada Periode Pendek 81
Tabel 2. 40 Kategori Desain Seismik Berdasarkan Parameter Respons Percepatan pada Periode 1 Detik 81
Tabel 2. 41 Persyaratan Struktur Tahan Gempa 84
Tabel 2. 42 Diameter Sisi dalam Bengkokan Minimum dan Geometri Kait Standar untuk Sengkang, Ikat Silang, dan Sengkang Pengekang 89
Tabel 2. 43 Luas Tulangan Transversal..... 95
Tabel 2. 44 Perbedaan Aturan Balok SRPMK, SRPMM, SRPMB..... 101
Tabel 2. 45 Perbedaan Aturan Balok SRPMK, SRPMM, SRPMB (lanjutan) 102
Tabel 2. 46 Perbedaan Aturan Kolom SRPMK, SRPMM, SRPMB (lanjutan)... 102
Tabel 4. 1 *Preliminary* Balok 108
Tabel 4.2 Persyaratan a Dimensi Balok SRPMK.....110
Tabel 4.3 Persyaratan b Dimensi Balok SRPMK.....110
Tabel 4.4 Komponen Pembebanan yang Terjadi pada Balok B1 112
Tabel 4.5 *Resume* Perhitungan Balok Induk B1.....116
Tabel 4.6 *Resume* Perhitungan Balok Induk B3..... 127
Tabel 4. 7 Hasil Perhitungan Tebal Pelat 139
Tabel 4. 8 Beban Mati yang Digunakan untuk Kolom..... 143
Tabel 4. 9 Beban Hidup yang Digunakan untuk Kolom 144
Tabel 4. 10 Hasil Perhitungan Beban Ultimit Kolom 146

Tabel 4. 11 Kebutuhan Air Berdasarkan Pemanfaatan Gedung 151
Tabel 4. 12 Kategori Risiko Bangunan 155
Tabel 4. 13 Faktor Keutamaan Gempa Gedung 155
Tabel 4. 14 Hasil Perhitungan Nilai N – SPT 156
Tabel 4. 15 Penentuan Klasifikasi Situs 157
Tabel 4. 16 Kurva Respon Spektrum Desain 160
Tabel 5. 1 Dimensi Balok Gedung Perkuliahan 164
Tabel 5. 2 Beban Hidup pada Gedung Perkuliahan 182
Tabel 5. 3 Konstanta Eksprosur Dataran 187
Tabel 5. 4 Nilai Koefisitas Kz 187
Tabel 5. 5 Tekanan Velositas (Qz) 188
Tabel 5. 6 Nilai Tekanan Angin Arah X 190
Tabel 5. 7 Nilai Tekanan Angin Arah Y 190
Tabel 5. 8 Beban Angin Arah X 191
Tabel 5. 9 Beban Angin Arah Y 191
Tabel 5. 10 Kategori Desain Berdasarkan Parameter Respons Percepatan pada Periode Pendek 194
Tabel 5. 11 Kategori Desain Seisnik Berdasarkan Parameter Respons Percepatan pada Periode 1 Detik 194
Tabel 5. 12 Sistem Gaya Pemikul Seismik 194
Tabel 5. 13 Rekapitulasi Faktor Pengali Kombinasi 196
Tabel 6.1 Rasio Partisipasi Modal Masssa 204
Tabel 6.2 Berat Struktur Efektif dengan Beban Dl + SIDL 207
Tabel 6.3 Berat Struktur Hanya Beban Hidup 208
Tabel 6.4 Kontrol Berat Efektif dengan Beban Hidup Struktur 208
Tabel 6.5 Berat Efektif Struktur Yang Digunakan 209
Tabel 6.6 Nilai Vt 209
Tabel 6.7 Nilai Koordinat *Center of Mass* (CM) dan *Center of Rigidity* (CR) ... 214
Tabel 6.8 Hasil Torsi Bawaan Spec X 215
Tabel 6.9 Hasil Torsi Bawaan Spec Y 215
Tabel 6.10 Hasil Torsi RS-X(+Y) 219
Tabel 6.11 Hasil Torsi RS-X (-Y) 219

Tabel 6.12 Hasil Torsi RS-Y (+X)..... 219
Tabel 6.13 Hasil torsi RS-Y (-X)..... 219
Tabel 6.14 Analisa Ketidakberaturan Analisa Beban Horizontal 1a Beban Gempa Arah X dan Y 220
Tabel 6.15 Akibat Beban yang Ditambah Eksentrisitas 5 %..... 221
Tabel 6.16 Analisa Ketidakberaturan Horizontal Tipe 2..... 223
Tabel 6.17 Analisa Ketidakberaturan Horizontal Tipe 3..... 224
Tabel 6. 18 Analisa Ketidakberaturan Horizontal Tipe 3 *(Lanjutan)*..... 225
Tabel 6.19 Analisa Ketidakberaturan Vertikal Tipe 1a (Beban Statik X)..... 228
Tabel 6.20 Analisa Ketidakberaturan Vertikal Tipe 1a (Beban Statik Y)..... 228
Tabel 6. 21 Analisa Ketidakberaturan Vertikal Tipe 1a (Beban Statik Y) (*lanjutan)* 229
Tabel 6.22 Analisa Ketidakberaturan Vertikal Tipe 1b (Beban Statik X) 230
Tabel 6. 23 Analisa Ketidakberaturan Vertikal Tipe 1b (Beban Statik X) (lanjutan) 230
Tabel 6.24 Analisa Ketidakberaturan Vertikal Tipe 1b (Beban Statik Y)..... 230
Tabel 6.25 Analisa Ketidakberaturan Vertikal Tipe 2 231
Tabel 6.26 Analisa Ketidakberaturan Vertikal Tipe 3 233
Tabel 6.27 Analisa Ketidakberaturan Vertikal Tipe 5a (Gempa Arah X)..... 234
Tabel 6.28 Analisa Ketidakberaturan Vertikal Tipe 5a (Gempa Arah Y)..... 235
Tabel 6.29 Analisa Ketidakberaturan Vertikal Tipe 5b (Gempa Arah X)..... 235
Tabel 6.30 Analisa Ketidakberaturan Vertikal Tipe 5b (Gempa Arah Y)..... 236
Tabel 6.31 Rekapitulasi Hasil Analisa Ketidakberaturan Horizontal..... 237
Tabel 6.32 Rekapitulasi Hasil Analisa Ketidakberaturan Vertikal 238
Tabel 6.33 Nilai Eksentrisitas Akibat Pembesaran Nilai Momen Torsi Tak Terduga (Arah Y $_{(-x)}$) 241
Tabel 6.34 Nilai Eksentrisitas Akibat Pembesaran Nilai Momen Torsi Tak Terduga (Arah Y $_{(+x)}$)..... 241
Tabel 6.35 Prosedur Analisa yang Diizinkan 243
Tabel 6.36 Hasil Pemeriksaan Simpangan antar Tingkat..... 245
Tabel 6.37 Hasil Pemeriksaan Pengaruh P-Delta Arah X dan Arah Y..... 248

Tabel 7. 1 *Output* Etabs untuk Momen Pelat Lantai 251
Tabel 7. 2 *Output* Etabs untuk Momen Pelat Lantai *(Lanjutan)* 252
Tabel 7. 3 Rekap Tulangan Pelat Lantai..... 258
Tabel 7. 4 Rekapan Momen Tumpuan dan Lapangan..... 264
Tabel 7. 5 Rekap Tulangan Lentur Balok Induk 278
Tabel 7. 6 Rekap Tulangan Lentur Balok Induk *(Lanjutan)* 279
Tabel 7. 7 Rekap Tulangan Lentur Balok Induk *(Lanjutan)* 280
Tabel 7. 8 Rekap Tulangan Lentur Balok Induk *(Lanjutan)* 281
Tabel 7. 9 Rekap Tulangan Lentur Balok Induk *(Lanjutan)* 282
Tabel 7. 10 Rekap Tulangan Lentur Balok Induk *(Lanjutan)* 283
Tabel 7. 11 Pengecekan Kapasitas Momen Muka *Joint*..... 284
Tabel 7. 12 Pengecekan Kapasitas Momen Keseluruhan..... 284
Tabel 7.13 Rekapan Gaya Geser Balok..... 285
Tabel 7.14 Rekap Tulangan Geser Balok Induk..... 294
Tabel 7. 15 Rekap Tulangan Geser Balok Induk *(Lanjutan)* 295
Tabel 7. 16 Rekap Tulangan Geser Balok Induk *(Lanjutan)* 296
Tabel 7. 17 Rekap Penulangan Torsi..... 309
Tabel 7. 18 Rekap Penulangan Torsi *(Lanjutan)*..... 310
Tabel 7. 19 Rekap Penulangan Torsi *(Lanjutan)*.....311
Tabel 7. 20 Rekap Penulangan Balok 312
Tabel 7. 21 Rekap Gaya untuk *SP column*..... 322
Tabel 7. 22 Momen Kapasitas Kolom K1 650 X 650 330
Tabel 7.23 Rekap Tulangan Longitudinal Kolom..... 331
Tabel 7. 24 Momen Kapasitas Colum Berdasarkan Gaya Aksial 337
Tabel 7. 25 Pengecekan SCWB 340
Tabel 7. 26 Pengecekan SCWB *(Lanjutan)* 341
Tabel 7. 27 Pengecekan SCWB *(Lanjutan)* 342
Tabel 7. 28 Pengecekan SCWB *(Lanjutan)* 343
Tabel 7. 29 Pengecekan SCWB *(Lanjutan)* 344
Tabel 7. 30 Pengecekan SCWB *(Lanjutan)* 345
Tabel 7.31 Momen Kapasitas Kolom dengan 1,25 Fy dan Φ = 1 347

Tabel 7. 32 Gaya Geser Kolom, Panjang Penyaluran, Sambungan Lewatan & HBK 368
Tabel 7. 33 Gaya Geser Kolom, Panjang Penyaluran, Sambungan Lewatan & HBK *(Lanjutan)*..... 369
Tabel 7. 34 Gaya Geser Kolom, Panjang Penyaluran, Sambungan Lewatan & HBK *(Lanjutan)*..... 370
Tabel 7. 35 Gaya Geser Kolom, Panjang Penyaluran, Sambungan Lewatan & HBK *(Lanjutan)*..... 371
Tabel 7. 36 Gaya Geser Kolom, Panjang Penyaluran, Sambungan Lewatan & HBK *(Lanjutan)*..... 372
Tabel 7. 37 Gaya Geser Kolom, Panjang Penyaluran, Sambungan Lewatan & HBK *(Lanjutan)*..... 373
Tabel 7. 38 Gaya Geser Kolom, Panjang Penyaluran, Sambungan Lewatan & HBK *(Lanjutan)*..... 374
Tabel 7. 39 Gaya Geser Kolom, Panjang Penyaluran, Sambungan Lewatan & HBK *(Lanjutan)*..... 375
Tabel 7. 40 Gaya Geser Kolom, Panjang Penyaluran, Sambungan Lewatan & HBK *(Lanjutan)*..... 376
Tabel 7. 41 Gaya Geser Kolom, Panjang Penyaluran, Sambungan Lewatan & HBK *(Lanjutan)*..... 377
Tabel 7. 42 Gaya Geser Kolom, Panjang Penyaluran, Sambungan Lewatan & HBK *(Lanjutan)*..... 378
Tabel 7. 43 Gaya Geser Kolom, Panjang Penyaluran, Sambungan Lewatan & HBK *(Lanjutan)*..... 379
Tabel 8.1 *Output* Gaya dari Beban Layan untuk Fondasi 382
Tabel 8. 2 *Output* Gaya dari Beban Layan untuk Fondasi 383
Tabel 8. 3 *Output* Gaya dari Beban Layan untuk Fondasi 384
Tabel 8.4 *Output* Gaya dari Beban Ultimit untuk *Pile Cap* 385
Tabel 8. 5 *Output* Gaya dari Beban Ultimit untuk *Pile Cap* 386
Tabel 8. 6 *Output* Gaya dari Beban Ultimit untuk *Pile Cap* 387
Tabel 8.7 Nilai N-SPT..... 388
Tabel 8.8 Koefisien Tanah K (Decourt & Quaresma,1978; Decourt dkk,1996). 390

Tabel 8.9 Koefisien dasar tiang α (Decourt & Quaresma,1978; Decourt dkk,1996) 390
Tabel 8.10 Koefisien Selimut Tiang β (Decourt & Quaresma,1978; Decourt,1996) 391
Tabel 8.11 Nilai Ns Sepanjang Tiang..... 392
Tabel 8.12 Pemeriksaan Daya Dukung Kelompok Tiang 396
Tabel 8.13 Pemeriksaan Daya Dukung Kelompok Tiang *(Lanjutan)* 397
Tabel 8.14 Pemeriksaan Daya Dukung Kelompok Tiang *(Lanjutan)* 398
Tabel 8.15 Pemeriksaan Daya Dukung Kelompok Tiang *(Lanjutan)* 399
Tabel 8.16 Pemeriksaan Daya Dukung Kelompok Tiang *(Lanjutan)* 400
Tabel 8.17 Ukuran Dimensi *Pile Cap* 401
Tabel 8.18 Pemeriksaan Daya Dukung Individu Tiang 402
Tabel 8.19 Pemeriksaan Daya Dukung Individu Tiang *(Lanjutan)* 403
Tabel 8.20 Pemeriksaan Daya Dukung Individu Tiang *(Lanjutan)* 404
Tabel 8.21 Pemeriksaan Daya Dukung Individu Tiang *(Lanjutan)* 405
Tabel 8.22 Pemeriksaan Geser dua Arah..... 410
Tabel 8.23 Pemeriksaan Geser Dua Arah *(Lanjutan)*.....411
Tabel 8.24 Pemeriksaan Geser Dua Arah *(Lanjutan)*..... 412
Tabel 8.25 Pemeriksaan Geser Dua Arah *(Lanjutan)*..... 413
Tabel 8.26 Perhitungan Gaya Tekan Tiang Pancang (Beban *Ultimate*)..... 415

BAB I
PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Indonesia merupakan salah satu negara dengan Tingkat aktivitas *seismic* yang tinggi karena berada di zona cincin api Pasifik. Kondisi ini menuntut adanya perhatian khusus terhadap perencanaan dan desain struktur bangunan, terutama untuk gedung – gedung penting seperti gedung perkuliahan. Gedung perkuliahan tidak berfungsi sebagai tempat belajar mengajar, tetapi juga sebagai sarana yang mendukung kegiatan akademik dan administrasi bagi ribuan mahasiswa dan staf setiap harinya. Oleh karena itu, keamanan dan kenyamanan gedung perkuliahan menjadi prioritas utama.

Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus (SRPMK) adalah desain struktur beton bertulang yang memiliki tingkat daktilitas yang tinggi. Dalam SRPMK, berdasarkan SNI 1726 – 2019, faktor reduksi gaya gempa diambil sebesar 8. Hal ini disebabkan struktur SRPMK didesain memiliki sifat fleksibilitas dengan daktilitas yang tinggi sehingga bisa direncanakan dengan gaya gempa rencana minimum (Honarto, 2019).

Penggunaan SRPMK dalam perancangan gedung perkuliahan tidak hanya bertujuan untuk memenuhi standar keselamatan, seperti yang diatur dalam SNI 1726:2019 tentang Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Struktur Bangunan Gedung, tetapi juga memastikan bahwa gedung memiliki fleksibilitas yang cukup untuk beradaptasi dengan beban dinamis akibat gempa. Dengan penerapan SRPMK, diharapkan risiko kerusakan struktural dapat diminimalisir dan proses evakuasi dalam situasi darurat dapat dilakukan dengan aman.

Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus (SRPMK) menggunakan prinsip *strong-column/weak-beam* yang bekerja menyebar di sebagian besar lantai dan tidak terjadi kegagalan geser pada balok, kolom dan *joint*. Ketika terjadi gempa distribusi simpangan antar lantai terjadi di sebagian besar lantai sehingga keruntuhan lokal di satu lantai dapat diminimalkan. Dengan prinsip tersebur SRPMK mampu menahan siklus respon *inelastis* pada saat menerima beban gempa rencana.

Namun, penerapan SRPMK dalam gedung perkuliahan juga memerlukan analisis yang cermat terhadap berbagai faktor, seperti ketinggian bangunan, distribusi beban dan jenis tanah. Kota Pontianak bukan merupakan daerah rawan gempa namun permasalahan yang sering dihadapi adalah jenis tanah lempung. Oleh karena itu demi mengantisipasi terjadinya gempa maka gedung perkuliahan 6 lantai dibangun dengan sistem SRPMK untuk mendukung tercapainya bangunan yang aman dan fungsional.

1.2 Perumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang di atas, maka rumusan masalah yang dapat diambil adalah sebagai berikut :

1. Bagaimana tahapan dalam merancang struktur bangunan beton bertingkat yang dalam perancangannya mempertimbangkan parameter gempa sesuai peraturan yang berlaku?
2. Bagaimana merancang struktur bangunan beton bertingkat yang aman dan ekonomis sesuai peraturan yang berlaku?
3. Bagaimana melakukan pemodelan bangunan gedung beton bertulang yang sesuai dengan kaidah – kaidah analisa struktur pada program analisa struktur?
4. Bagaimana mengolah hasil *software* analisis struktur ke dalam perancangan komponen struktur utama, sekunder dan bawah?

1.3 Maksud dan Tujuan

Adapun tujuan dari penulisan tugas akhir ini yang ingin dicapai oleh penulis adalah sebagai berikut :

1. Menguasai tahapan dalam merancang struktur bangunan beton bertingkat yang dalam perancangannya mempertimbangkan parameter gempa sesuai peraturan yang berlaku.
2. Merancang struktur bangunan beton bertingkat yang aman dan ekonomis sesuai peraturan yang berlaku.
3. Dapat memanfaatkan teknologi *software* analisis struktur dalam perancangan struktur bangunan beton bertingkat.
4. Dapat mengolah hasil *software* analisis struktur ke dalam perancangan komponen struktur utama, sekunder dan bawah.

1.4 Pembatasan Masalah

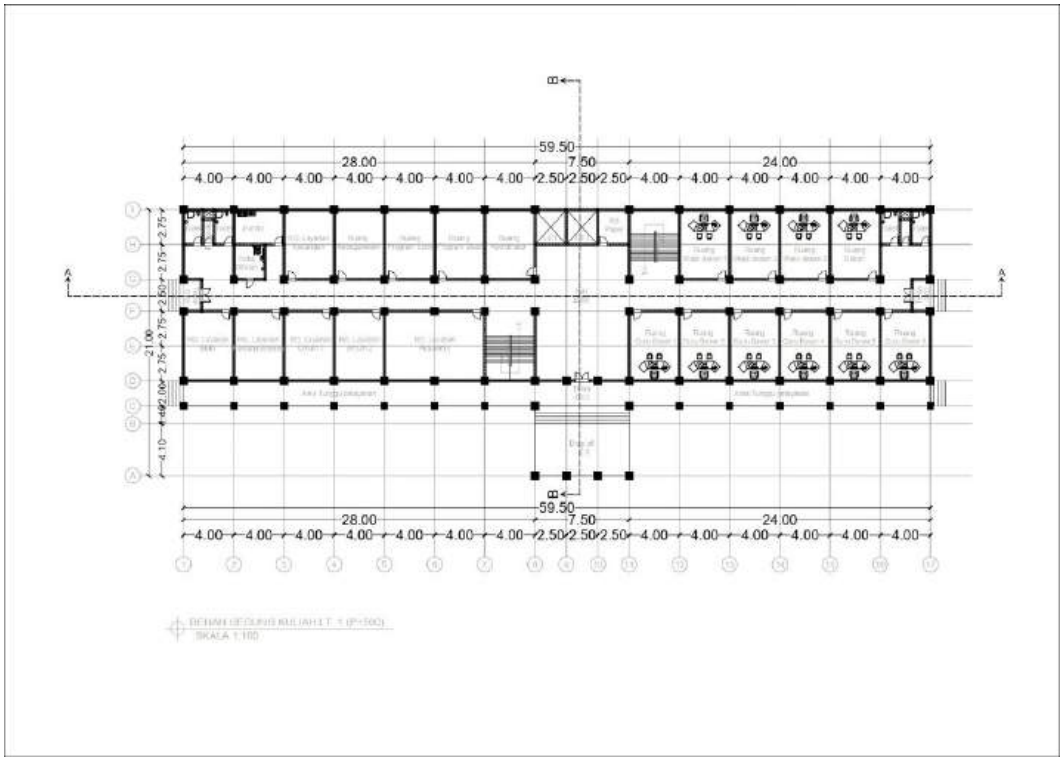
Dikarenakan dalam perencanaan struktur Gedung bertingkat sangatlah rumit dan kompleks, serta kemampuan penulis yang terbatas, maka ada beberapa batasan yang diambil dalam perencanaan struktur ini antara lain :

1. Struktur yang digunakan adalah beton bertulang dengan sistem rangka pemikul momen.
2. Perencanaan struktur dan beban yang digunakan berdasarkan pada Standar Nasional Indonesia (SNI) :
   a. Persyaratan Beton Struktural untuk Bangunan Gedung, SNI 2847-2019.
   b. Beban Minimum untuk Perencanaan Bangunan Gedung Struktur atau Non-Struktur, SNI 1727-2020
   c. Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non-Gedung, SNI 1726-2019
3. Perhitungan struktur bangunan meliputi struktur utama (balok, kolom, pelat), struktur sekunder (tangga), dan struktur bawah (tiang pancang dan poer).
4. Perencanaan bangunan ini dianalisis dengan menggunakan bantuan perangkat lunak (*software)* Analis Struktur.

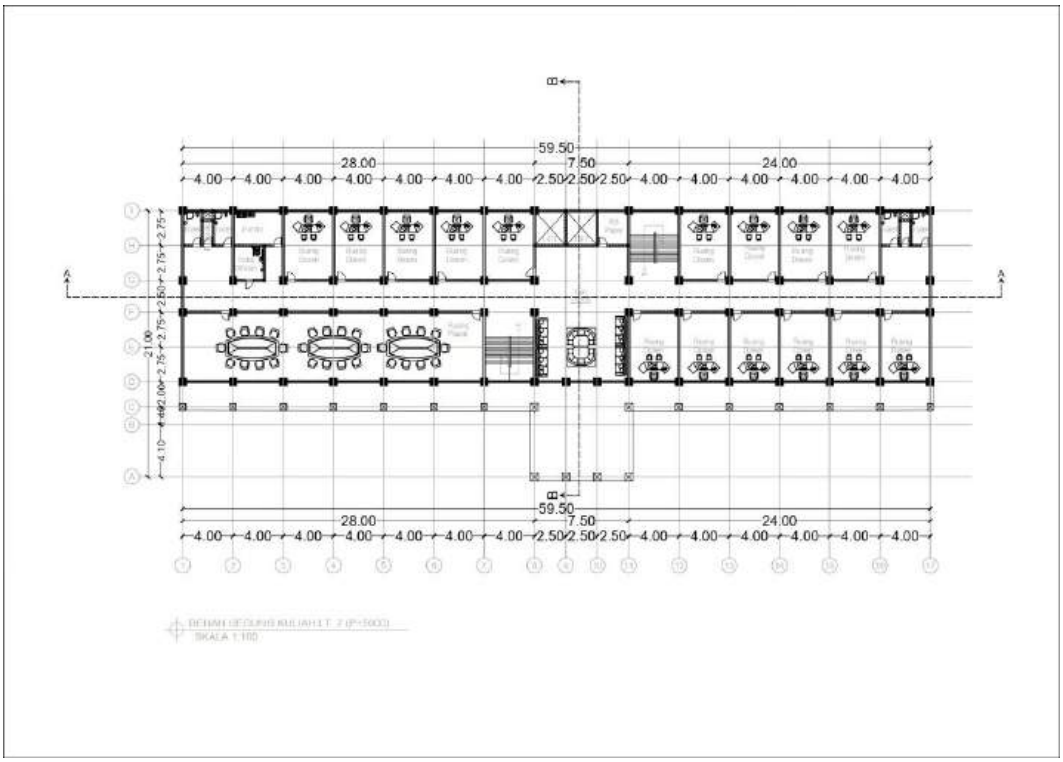
1.5 Data Fisik dan Spesifikasi Material Gedung

Adapun data-data fisik dari gedung ini adalah :

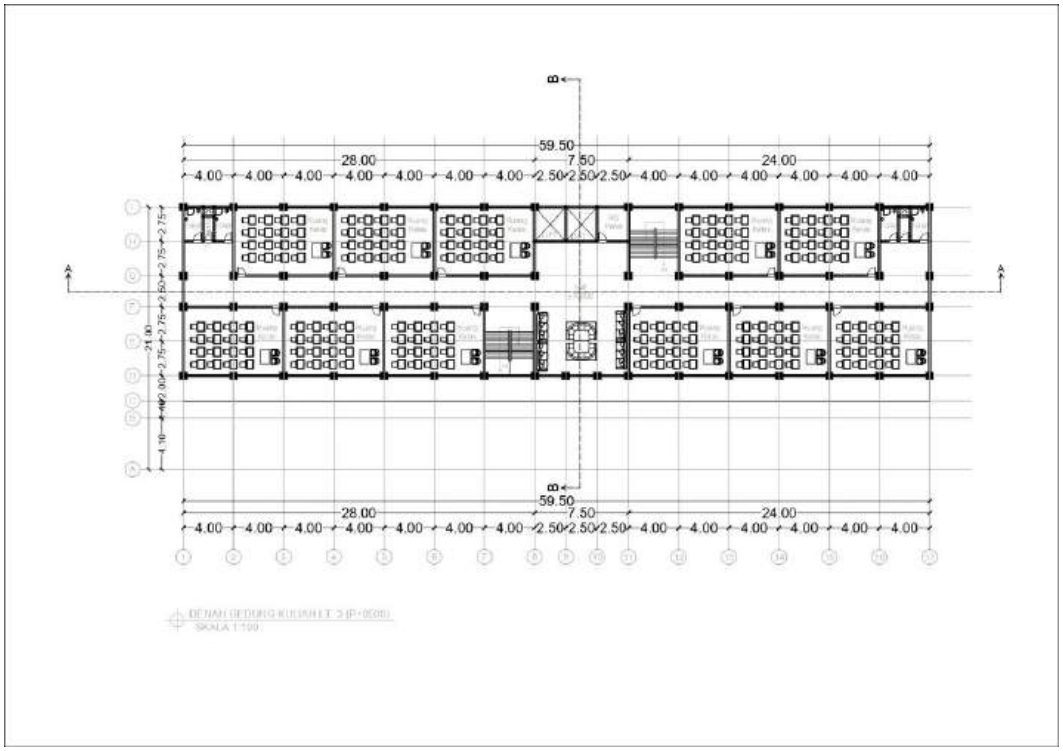
1. Struktur : Beton Bertulang
2. Jumlah Lantai : 6 Tingkat + 1 lantai DAK
3. Panjang Bangunan : 59,5 m
4. Lebar Bangunan : 21 m
5. Tinggi Lantai : 1 m (lantai 1)
   4,50 m (Lantai 2 – lantai dak)
   3,50 meter (Penutup *lift*)
6. Lokasi Perencanaan : Pontianak
7. Tinggi Total Bangunan : 31,5 meter
8. Spesifikasi Material
   - Mutu beton *(f_c')* : 28 MPa
   - Mutu Baja ulir *(f_y)* : 420 Mpa
   - Mutu Baja Polos (*fy)* : 280 Mpa



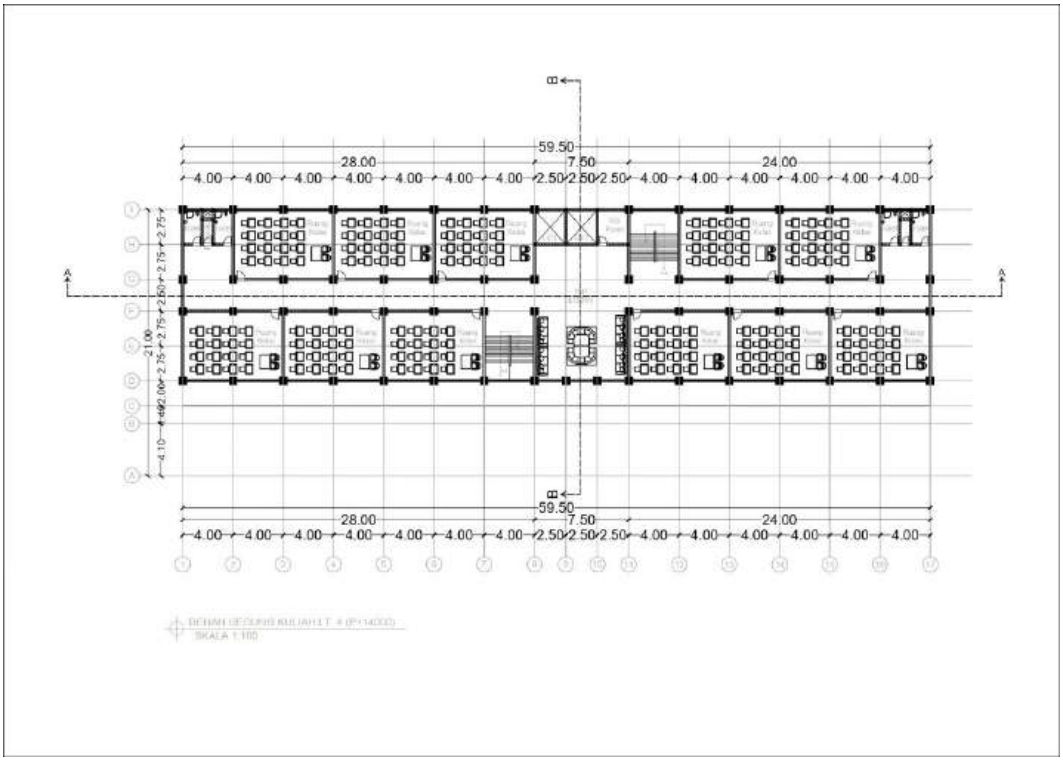
Gambar 1. 1 Denah Lantai 1



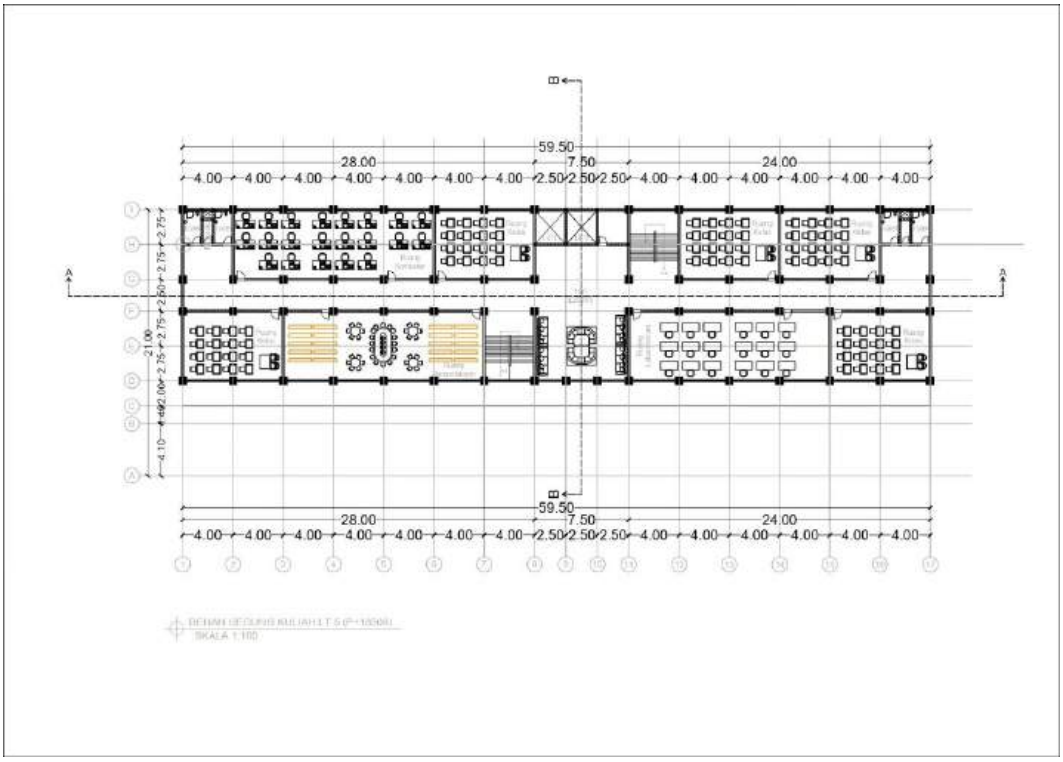
Gambar 1. 2 Denah Lantai 2



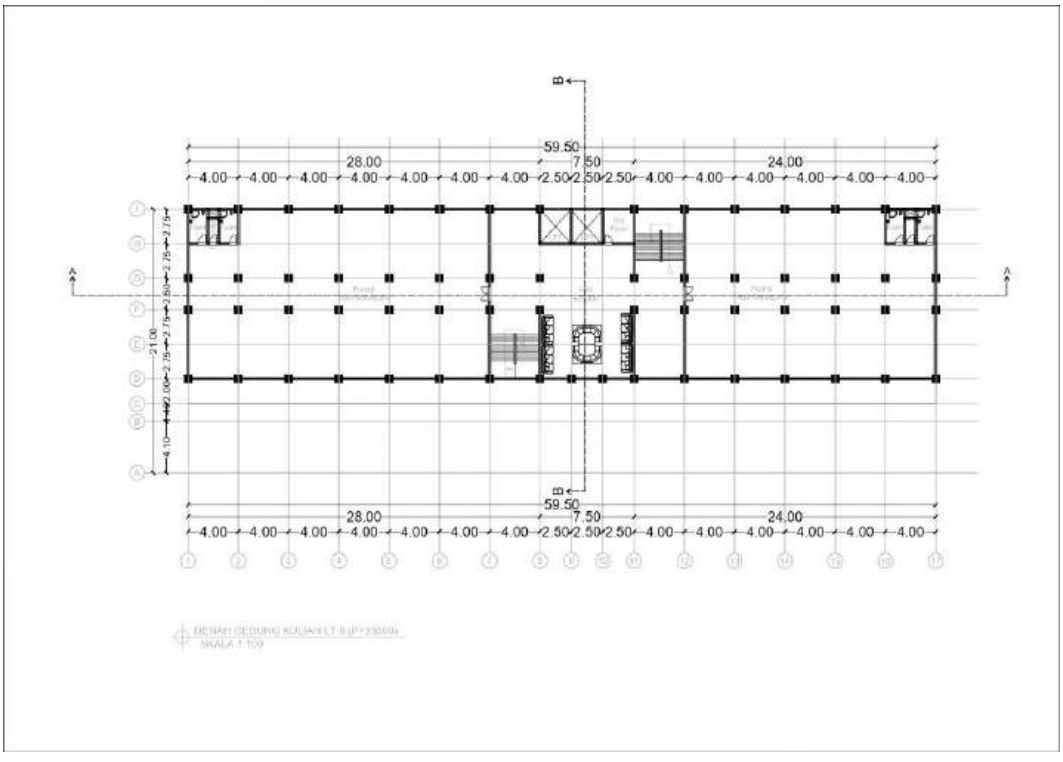
Gambar 1. 3 Denah Lantai 3



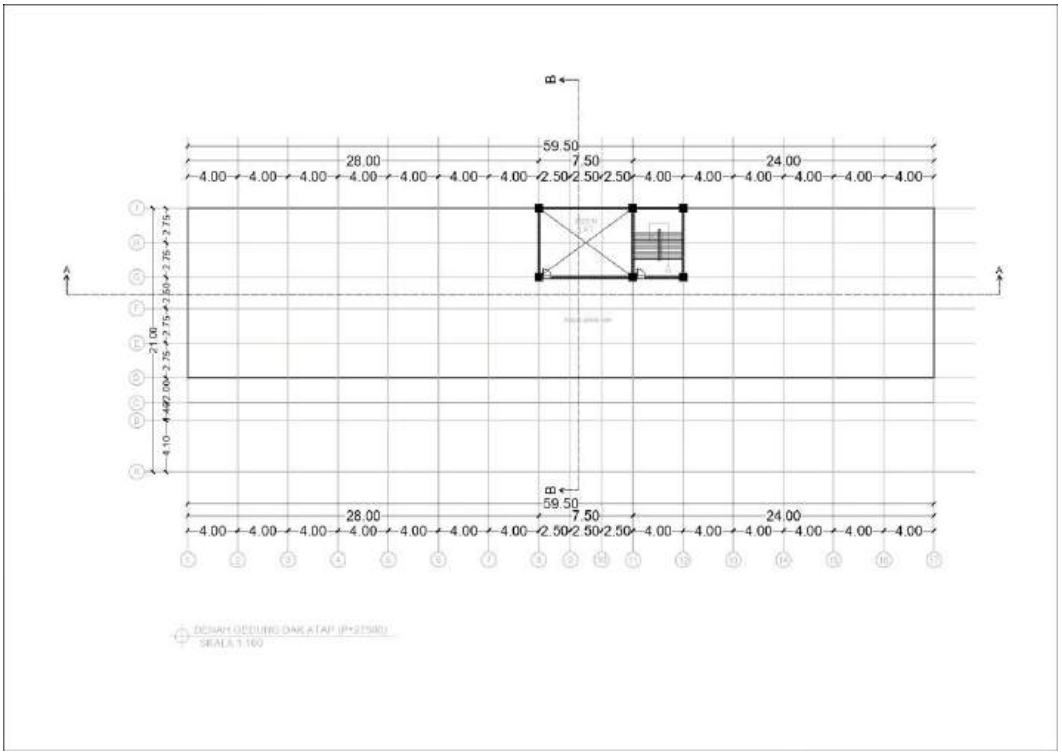
Gambar 1. 4 Denah Lantai 4



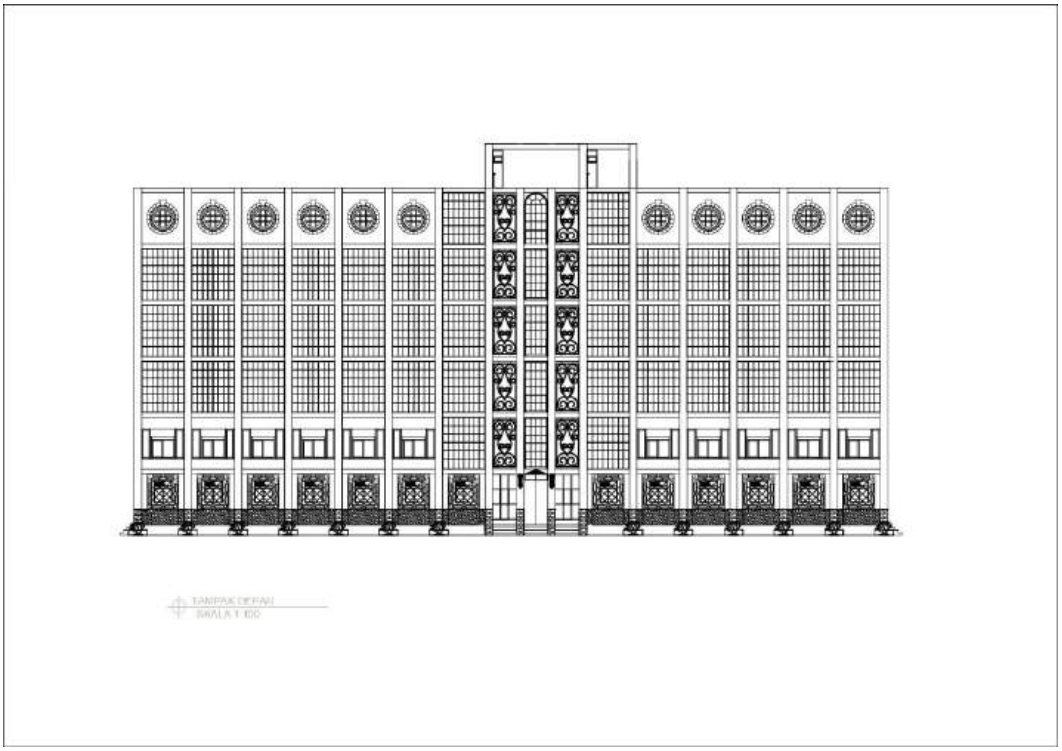
Gambar 1. 5 Denah Lantai 5



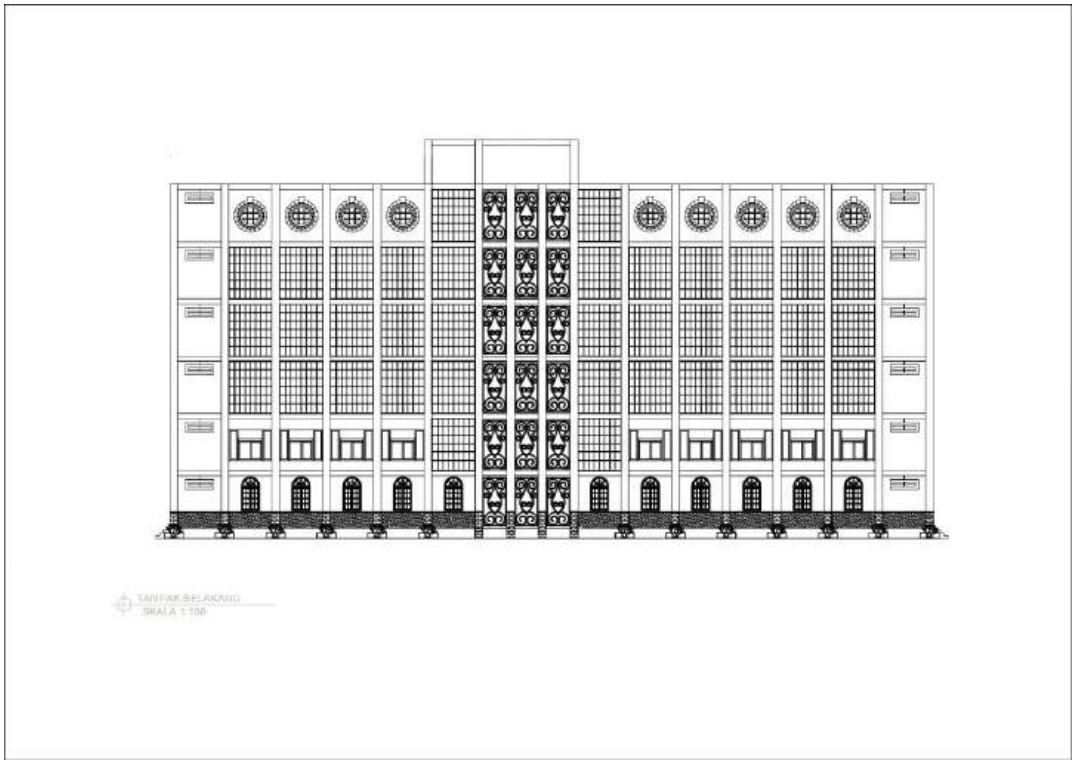
Gambar 1. 6 Denah Lantai 6



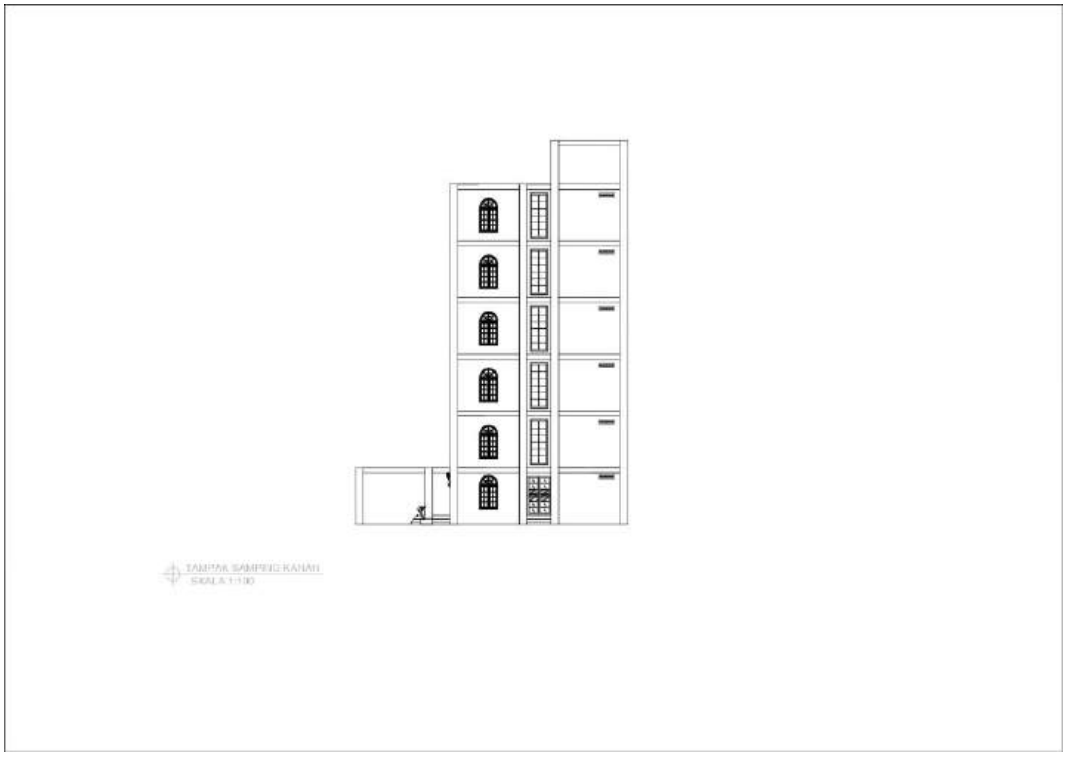
Gambar 1. 7 Denah Dak Atap



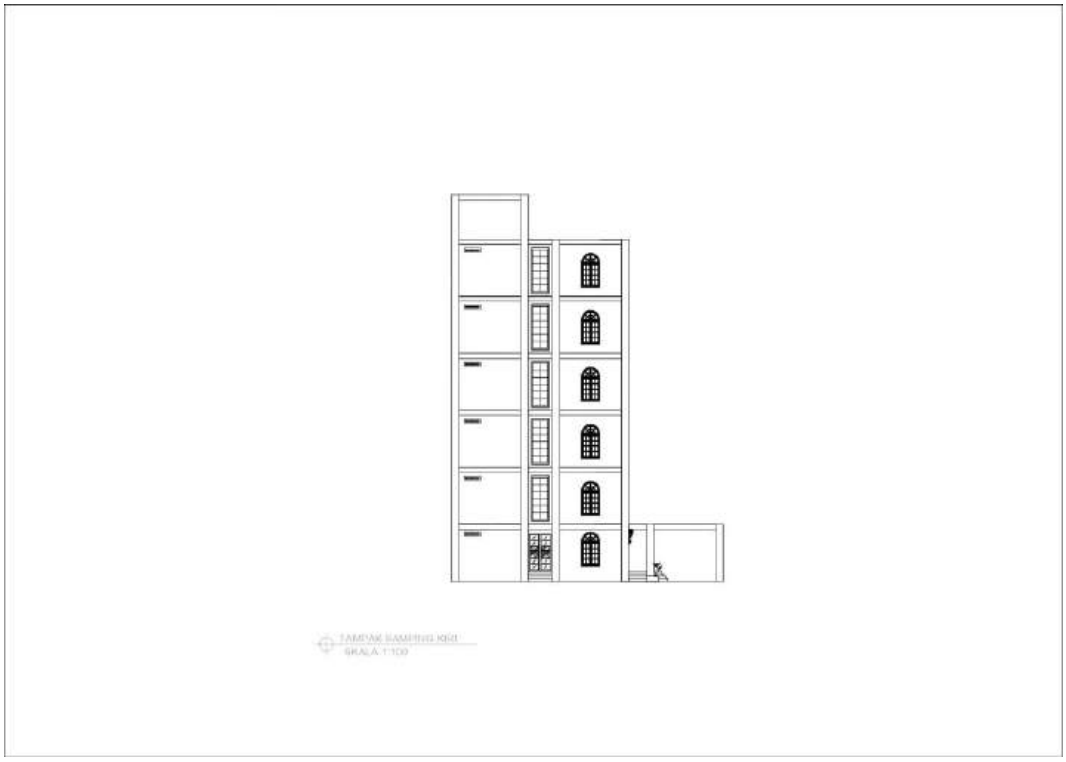
Gambar 1. 8 Tampak Depan



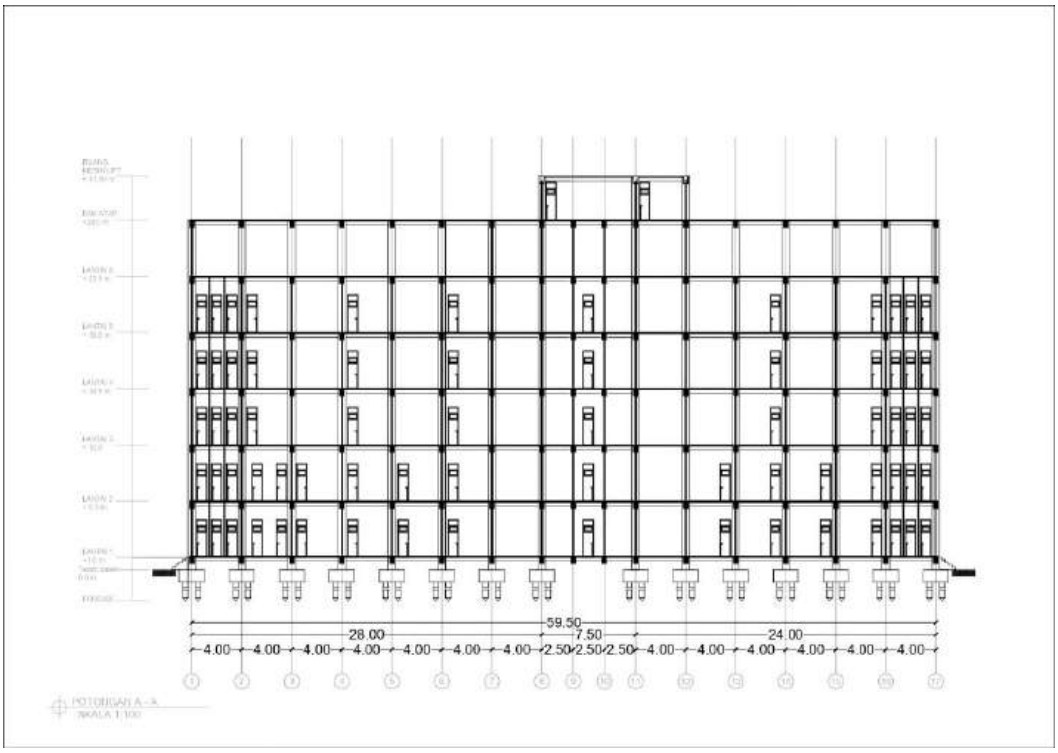
Gambar 1. 9 Tampak Belakang



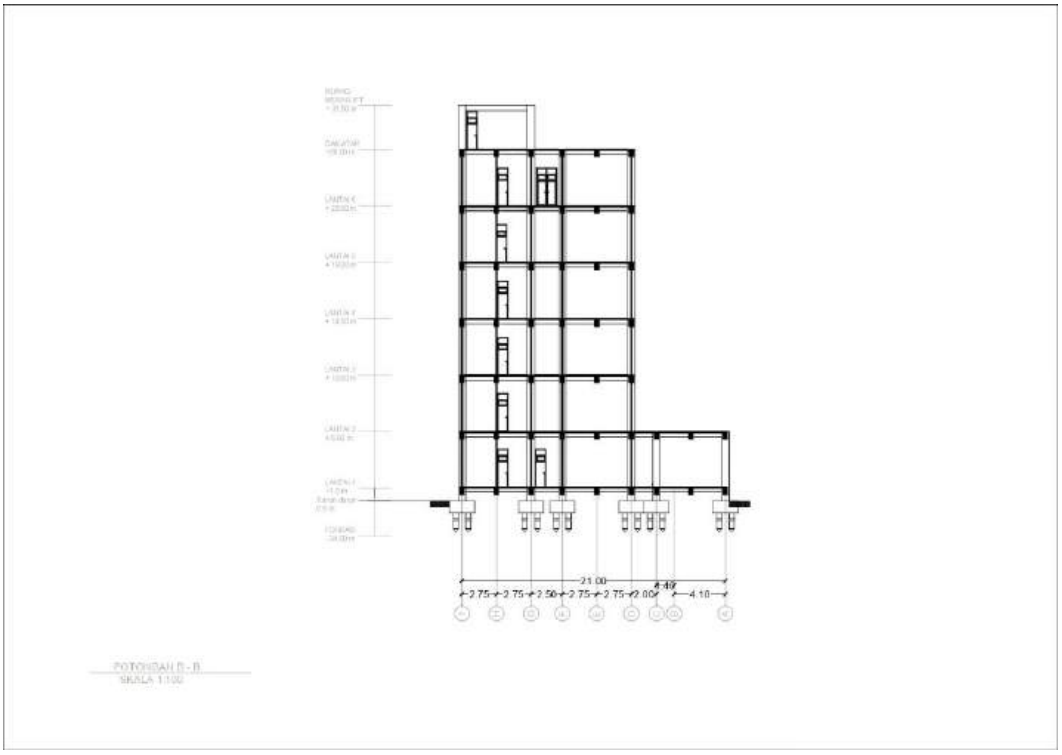
Gambar 1. 10 Tampak Samping Kanan



Gambar 1. 11 Tampak Samping Kiri



Gambar 1. 12 Potongan A – A



Gambar 1. 13 Potongan B – B

1.6 Metode Analisis

Secara garis besar, metode yang digunakan dalam penulisan tugas akhir ini terbagi menjadi dua, yaitu :

1. Studi Pustaka, merupakan metode yang digunakan untuk mendapatkan pengetahuan-pengetahuan dasar mengenai topik yang diangkat. Dalam pelaksanaannya, penulis mendapatkan literatur yang dijadikan sebagai referensi dari buku panduan, makalah, jurnal, bacaan lain serta ilmu yang diperoleh di bangku perkuliahan.
2. Analisa gaya gempa berdasarkan SNI 1726 tahun 2019 menggunakan bantuan program analisa struktur ETABS.
3. Pengecekan respon struktur serta ketidakberaturan horizontal dan vertikal akibat gaya gempa berdasarkan SNI 1726 tahun 2019.
4. Perhitungan gaya-gaya dalam berdasarkan SNI 1726 tahun 2019 menggunakan bantuan program analisa struktur ETABS.

1.7 Sistematika Penulisan

Sistematika penulisan tugas akhir ini dilakukan dengan membagi topik pembahasan ke dalam beberapa bab sebagai berikut :

BAB I PENDAHULUAN
BAB II TINJAUAN PUSTAKA
BAB III METODOLOGI PERHITUNGAN
BAB IV *PRELIMINARY DESIGN*
BAB V ANALISIS PEMODELAN STRUKTUR
BAB VI PENGECEKAN PERILAKU STRUKTUR
BAB VII PERANCANGAN TULANGAN
BAB VIII PERANCANGAN FONDASI
BAB IX PENUTUP
DAFTAR PUSTAKA
LAMPIRAN