EVALUASI KEKUATAN *EXISTING* STRUKTUR ATAS BANGUNAN AKIBAT RENCANA ALIH FUNGSI GEDUNG ADMINISTRASI MENJADI GEDUNG PERPUSTAKAAN SEKOLAH TINGGI ILMU HUKUM ADHYAKSA JAMBI

S K R I P S I

ARYA PRATAMA ISMAIL
M1C119013

PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
JURUSAN TEKNIK SIPIL, KIMIA DAN LINGKUNGAN

FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS JAMBI
2023

SURAT PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa skripsi ini benar-benar karya sendiri. Sepanjang pengetahuan saya tidak terdapat karya atau pendapat yang ditulis atau diterbitkan orang lain kecuali sebagai acuan atau kutipan dengan mengikuti tata penulisan karya ilmiah yang telah lazim.

Tanda tangan yang tertera dalam halaman pengesahan adalah asli. Jika tidak asli, saya siap menerima sanksi sesuai peraturan yang berlaku.

Jambi,
Yang menyatakan

ARYA PRATAMA ISMAIL
M1C119013

ABSTRAK

Gedung administrasi Sekolah Tinggi Ilmu Hukum Adhyaksa Jambi akan direncanakan mendapatkan renovasi berupa alihfungsi bangunan menjadi bangunan perpustakaan. Untuk itu, maka perlu adanya kajian teknis berupa analisis kondisi *existing* struktur atas gedung saat ini, untuk memastikan struktur *existing* memiliki kekuatan yang baik dan layak untuk dilakukan alihfungsi. Metode evaluasi yang digunakan dalam Tugas Akhir ini dilakukan dengan mengumpulkan data *existing* pekerjaan yang telah dilakukan, kemudian dilakukan analisis berdasarkan standar terbaru dengan bantuan *Software* ETABS. Hasil analisis yang didapatkan yaitu, elemen struktur pelat lantai pada setiap tingkat memenuhi nilai kekuatan momen dan gaya geser, terdapat elemen balok jenis B1 tidak memenuhi standar kekuatan momen dan gaya geser, serta untuk jenis elemen kolom yang tidak memenuhi syarat kekuatan yaitu terdapat di elemen kolom K2. Dari hasil analisis dan kesimpulan diperoleh bahwa struktur *existing* tidak dapat memenuhi syarat kekuatan yang artinya tidak dapat menahan beban layan yang bekerja setelah alihfungsi, serta memerlukan kajian lebih lanjut untuk kelanjutan alihfungsi bangunan.

KATA KUNCI: Analisis Kekuatan, Struktur *Existing*, Desain Seismik, *Software* ETABS

EVALUASI KEKUATAN *EXISTING* STRUKTUR ATAS BANGUNAN AKIBAT RENCANA ALIH FUNGSI GEDUNG ADMINISTRASI MENJADI GEDUNG PERPUSTAKAAN SEKOLAH TINGGI ILMU HUKUM ADHYAKSA JAMBI

S K R I P S I

Diajukan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh Gelar Sarjana pada
Program Studi Teknik Sipil

ARYA PRATAMA ISMAIL

M1C119013

PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL

JURUSAN TEKNIK SIPIL, KIMIA DAN LINGKUNGAN

FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI

UNIVERSITAS JAMBI

2023

HALAMAN PENGESAHAN

Skripsi dengan judul **EVALUASI KEKUATAN *EXISTING* STRUKTUR ATAS BANGUNAN AKIBAT RENCANA ALIH FUNGSI GEDUNG ADMINISTRASI MENJADI GEDUNG PERPUSTAKAAN SEKOLAH TINGGI ILMU HUKUM ADHYAKSA JAMBI** yang disusun oleh **ARYA PRATAMA ISMAIL, NIM : M1C119013** telah dipertahankan di depan tim penguji pada tanggal 13 Oktober 2023 dan dinyatakan lulus.

Susunan Tim Penguji:

Ketua : Ir. M. Nuklirullah, S.T., M.Eng.
Sekretaris : Dr. Ir. Fetty Febriasti Bahar, S.T.,M.T.
Anggota : Ir. Ade Nurdin, S.T., M.T.
Dr. Drs. Harmes, M.T.
Ir. Dyah Kumalasari, S.T., M.T.

Disetujui:

Pembimbing Utama	Pembimbing Pendamping
Ir. M. Nuklirullah, S.T., M.Eng.	Dr. Ir Fetty Febriasti Bahar, S.T., M.T.
NIP. 198906012019031012	NIK. 201706112010

Diketahui:

Dekan	Ketua Jurusan
Drs. Jefri Marzal, M.Sc., D.I.T.	Prof. Dr. Drs. Naswir, M.Si.
NIP. 196806021993031004	NIP. 196605031991021001

RIWAYAT HIDUP

Arya Pratama Ismail, lahir di Kota Jambi pada tanggal 25 Juli 2002, merupakan anak pertama dari dua bersaudara. Dilahirkan dari pasangan Bapak Ismail (Alm) dan Ibu Khanifatul Muyasaroh, S.Pd.. Penulis memulai pendidikan di SD N 83/IX Talang Belido pada tahun 2007 hingga 2013, kemudian melanjutkan pendidikan di SMPN 9 Muaro Jambi pada tahun 2013 hingga 2016, dan melanjutkan pendidikan di SMAN 6 Kota Jambi pada tahun 2016 hingga 2019. Penulis terdaftar sebagai mahasiswa Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Jambi pada tahun 2019 melalui jalur SBMPTN.

Selama masa perkuliahan, penulis pernah mengikuti organisasi aktif mahasiswa teknik sipil yang bernama HIMATESI UNJA. Penulis diberikan kepercayaan dalam mengemban amanah sebagai bagian dalam badan kepengurusan organisasi. Selain itu penulis juga ikut andil dalam beberapa proyek perencanaan seperti, Proyek Perencanaan Islamic Centre Kabupaten Batanghari, Perencanaan Struktur Gudang Rangka Baja, dan Perencanaan Desain Interior Polda Bengkulu.

Penulis mengakhiri masa studi di Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Jambi dengan melaksanakan Kerja Praktek bersama PT. Wijaya Karya (Persero) Tbk pada Proyek CWJ-01 Universitas Jambi. Setelah itu penulis menyusun Tugas Akhir dan Skripsi yang dibimbing oleh Bapak Ir. M. Nuklirullah, S.T., M.Eng. selaku Dosen Pembimbing Utama dan Ibu Dr. Ir. Fetty Febriasti Bahar, S.T.,M.T. selaku Dosen Pembimbing Pendamping yang berjudul "**EVALUASI KEKUATAN *EXISTING* STRUKTUR ATAS BANGUNAN AKIBAT RENCANA ALIH FUNGSI GEDUNG ADMINISTRASI MENJADI GEDUNG PERPUSTAKAAN SEKOLAH TINGGI ILMU HUKUM ADHYAKSA JAMBI**".

PRAKATA

Alhamdulillahirobbil'alamiin, segala puji dan syukur penulis panjatkan kepada Allah Swt. yang telah memberikan rahmat dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan Skripsi atau Tugas Akhir dengan baik. Skripsi ini telah penulis kerjakan dengan sebenar-benarnya, asli buatan penulis sendiri dan tidak terdapat karya yang diterbitkan orang lain kecuali sebagai acuan atau kutipan dengan mengikuti tata cara penulisan skripsi yang berlaku. Penulis menyelesaikan Skripsi yang berjudul **"EVALUASI KEKUATAN *EXISTING* STRUKTUR ATAS BANGUNAN AKIBAT RENCANA ALIH FUNGSI GEDUNG ADMINISTRASI MENJADI GEDUNG PERPUSTAKAAN SEKOLAH TINGGI ILMU HUKUM ADHYAKSA JAMBI"** dibantu dengan bimbingan Bapak Ir. M.Nuklirullah, S.T., M.Eng. dan Ibu Dr. Ir. Fetty Febriasti Bahar, S.T., M.T. sebagai dosen pembimbing skripsi.

Skripsi ini ditujukan untuk memenuhi salah satu persyaratan ujian guna memperoleh gelar Sarjana Teknik (S.T.) pada Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Jambi. Terselesainya skripsi ini tidak terlepas dari bantuan beberapa pihak. Oleh karena itu, penulis ingin mengucapkan banyak rasa terima kasih kepada:

1. Kedua orang tua tercinta yaitu Bapak Ismail (Alm) dan Ibu Khanifatul Muyasaroh, S.Pd., yang telah memberikan dukungan penuh untuk menyelesaikan segala sesuatu.
2. Adik yaitu Bima Dwi Anugerah Ismail yang memberi semangat dan dukungan selama masa perkuliahan.
3. Yth. Bapak Prof. Drs. H. Sutrisno, M.Sc., Ph.D., selaku Rektor Universitas Jambi.
4. Yth. Bapak Drs. Jefri Marzal, M.Sc., D.I.T., selaku Dekan Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Jambi.
5. Yth. Bapak Ir. M. Nuklirullah, S.T., M.Eng. selaku Dosen Program Studi Teknik Sipil, dan Dosen Pembimbing 1.
6. Yth. Ibu Dr. Ir. Fetty Febriasti Bahar, S.T., M.T., selaku Dosen Program Studi Teknik Sipil dan Dosen Pembimbing 2.
7. Yth. Bapak Ir. Ade Nurdin, S.T., M.T., selaku Dosen Program Studi Teknik Sipil dan Dosen Penguji 1.
8. Yth. Bapak Dr. Drs. Harmes, M.T., selaku Dosen Program Studi Teknik Sipil, Dosen Pendamping Akademik dan Dosen Penguji 2.
9. Yth. Ibu Ir. Dyah Kumalasari, S.T., M.T., selaku Ketua Program Studi Teknik Sipil dan Dosen Penguji 3.

10. Seluruh staf Dosen dan Karyawan Program Studi Teknik Sipil Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Jambi.
11. Para orang-orang hebat yaitu semua mahasiswa teknik sipil angkatan 2019 terkhusus Rifqy, M Farhan, Ulfa yang telah banyak membantu penulis dalam proses perkuliahan.
12. Tim tempur di organisasi yaitu Daffa dan Monica yang telah banyak membantu penulis dalam menyeimbangkan organisasi dan perkuliahan.
13. Para pekerja keras yaitu M. Bagus Ar-Rifqy dan Yoga Mayhendra A. Yani selaku tim "lampu ayam" yang telah ikut membantu mengerjakan berbagai proyek gambar diluar perkuliahan.
14. Orang-orang random yaitu Fiqri, Adjie, Iqbal, Hajrin, dan Andin (anak farmasi yang nyasar di teknik sipil) yang telah menemani perjalanan penulis dengan randomnya kalian selama masa perkuliahan.

Akhirnya penulis mengucapkan rasa terima kasih kepada semua pihak dan apabila ada yang tidak tersebutkan penulis mohon maaf. Penulis menyampaikan bahwa masih banyak kekurangan-kekurangan dalam skripsi ini, maka dari itu diperlukan saran yang mendukung agar kedepannya skripsi ini bisa bermanfaat untuk generasi yang akan datang.

Jambi, 2023

Arya Pratama Ismail

DAFTAR ISI

Halaman

HALAMAN PENGESAHAN i
RIWAYAT HIDUP ii
PRAKATA iii
DAFTAR ISI v
DAFTAR GAMBAR vii
DAFTAR TABEL ix
DAFTAR LAMPIRAN x
I. PENDAHULUAN
1.1. Latar Belakang 1
1.2. Rumusan Masalah 2
1.3. Tujuan Penelitian 2
1.4. Manfaat Penelitian 2
1.5. Batasan Masalah 2
II. TINJAUAN PUSTAKA
2.1. Analisis Struktur 4
2.2. Beton Bertulang 5
2.3. Pembebanan 7
2.4. Konsep Desain Seismik Struktur Gedung 16
2.5. Pelat Lantai 18
2.6. Balok 20
2.7. Kolom 22
2.8. *Software* ETABS 31
2.9. Studi Penelitian Terdahulu 32
III. METODOLOGI PENELITIAN
3.1. Lokasi dan Waktu Penelitian 36
3.2. Variabel Penelitian 37
3.3. Metode Penelitian 38
3.4. Rencana Bagan Alir Penelitian 43
IV. HASIL DAN PEMBAHASAN
4.1. Data Teknis Bangunan 44
4.1.1. Denah struktur bangunan 44
4.1.2. Data perhitungan 44
4.2. Pembebanan 48
4.2.1. Beban mati 48
4.2.2. Beban hidup 49

4.2.3. Beban gempa 49
4.3. Validasi Perhitungan *Software* ETABS 51
4.4. Permodelan Struktur Dengan Bantuan *Software* ETABS 53
4.4.1. Material 53
4.4.2. Dimensi 56
4.4.3. Model 3 dimensi 58
4.4.4. Beban 58
4.5. Analisis Model Struktur 65
4.5.1. Pengecekan ketidakberaturan 65
4.5.2. Redundansi 69
4.5.3. Jumlah ragam 70
4.5.4. Penentuan periode 71
4.5.5. Koefsien respons seismik 71
4.5.6. Geser dasar 72
4.5.7. Skala nilai desain respons terkombinasi 72
4.5.8. Simpangan antar tingkat 74
4.5.9. Pemeriksaan pengaruh P-Delta 75
4.6. Analisis Pelat Lantai 76
4.6.1. Perhitungan tulangan positif 76
4.6.2. Perhitungan tulangan negatif 78
4.6.3. Perhitungan geser (*shear strength*) 79
4.7. Analisis Balok 80
4.8. Analisis Kolom 83
4.9. Analisis Pelat Lantai, Balok dan Kolom Sebelum Alihfungsi Bangunan 87
4.9.1. Pelat lantai 88
4.9.2. Balok 92
4.9.3. Kolom 95
4.10. Rekapitulasi Hasil Analisis 100
V. KESIMPULAN DAN SARAN
5.1. Kesimpulan 105
5.2. Saran 105
DAFTAR PUSTAKA 106

DAFTAR GAMBAR

Gambar Halaman

2.1. Jenis-jenis Kolom 23
2.2. Struktur Kolom Bergoyang dan Tak Bergoyang 25
2.3. Diagram Interaksi *P – M* 26
2.4. Kategori Desain untuk Elemen Kombinasi Tekan dan Lentur 26
2.5. Kolom Menerima Beban dengan Eksentrisitas yang Terus Diperbesar 28
2.6. Nilai k Berdasarkan *Jackson & Moreland Aligment Chart* Untuk Rangka Bergoyang 29
3.1. Lokasi Bangunan Administrasi Sekolah Tinggi Ilmi Hukum Adhyaksa Jambi 36
3.2. Tampak Bangunan Gedung Administrasi Sekolah Tinggi Ilmu Hukum Adhyaksa Jambi 36
3.3. Tampak Rencana Bangunan Gedung Administrasi Sekolah Tinggi Ilmu Hukum Adhyaksa Jambi 36
4.1. Penampang Balok-Pelat 45
4.2. Sepktrum Respon Desain STIH Adhyaksa Jambi 50
4.3. Balok Menerus Dengan Beban 51
4.4. Hasil Momen Ujung dengan Metode Momen Distribusi 52
4.5. Hasil Momen Ujung dengan *Software* ETABS 53
4.6. *Material Property Data* Beton 54
4.7. Mutu Beton 54
4.8. *Material Property Data* Baja 55
4.9. Mutu Baja 55
4.10. Properti Pelat Lantai 120 mm 56
4.11. Properti Kolom K1 (250 × 400) 56
4.12. Properti Kolom K2 (250 × 270) 57
4.13. Properti Balok B1 (250 × 500) 57
4.14. Model Struktur 3D 58
4.15. *Input* Beban Mati dan Beban Hidup Lantai 2 58
4.16. *Input* Beban Mati dan Beban Hidup Dak 59
4.17. Permodelan Diafragma 59
4.18. *Mass Source Data* 60
4.19. Penamaan Beban Gempa Statis 60
4.20. *Input* Beban Gempa Statis Arah Sumbu-X 60
4.21. *Input* Beban Gempa Statis Arah Sumbu-Y 61
4.22. *Input* Grafik Respons Spektrum 61
4.23. *Input* Beban Gempa Statis Arah Sumbu-X 62

4.24. *Input* Beban Gempa Statis Arah Sumbu-Y 62
4.25. *Input* Kombinasi Beban 64
4.26. Kombinasi Beban 65
4.27. Proyeksi Sudut Dalam 66
4.28. Denah Bangunan Administrasi STIH Adhyaksa Jambi 66
4.29. Denah Label Balok Bangunan Administrasi STIH Adhyaksa Jambi 70
4.30. *Output Verify All Member Passed* Pada ETABS 70
4.31. *Output Base Reactions* 72
4.32. *Input* Skala Gempa Arah Sumbu-X dan Arah Sumbu-Y 73
4.33. *Output Base Reactions* Setelah Skala Baru 73
4.34. Grafik Simpangan Antar Tingkat Arah Sumbu-X dan Arah Sumbu-Y ... 74
4.35. Grafik P-Delta 75
4.36. Posisi Balok Lantai 2 yang Tidak Mampu Menahan Beban 101
4.37. Denah Posisi Kolom yang Tidak Mampu Menahan Beban 102
4.38. Kolom AS 5C Pada Portal C 102
4.39. Kolom AS 5E Pada Portal E 102
4.40. *Input* Beban Gempa Statis Arah Sumbu-X 103

DAFTAR TABEL

Tabel Halaman

2.1. Mutu Baja Tulangan 6
2.2. Berat Sendiri Bahan Bangunan 7
2.3. Berat Sendiri Komponen Gedung 8
2.4. Beban Hidup Terdistribusi Merata Minimum, L_o 9
2.5. Kategori Risiko Bangunan Gedung dan Nongedung untuk Beban Gempa 13
2.6. Faktor Keutamaan Gempa 14
2.7. Klasifikasi Situs 14
2.8. Kategori Desain Seismik Berdasarkan Parameter Respons Percepatan pada Periode Pendek 15
2.9. Kategori Desain Seismik Berdasarkan Parameter Respons Percepatan pada Periode 1 Detik 15
2.10. Rasio Tulangan Minimum (ρ_{min}) 18
2.11. Ketebalan Minimum Pelat Dua Arah Nonprategang Tanpa Balok Interior (mm) 19
2.12. Ketebalan Minimum Pelat Dua Arah dengan Balok Perangkai 19
2.13. Faktor Reduksi Kekuatan (ϕ) untuk Momen, Gaya Aksial, atau Kombinasi Momen dan Gaya Aksial 27
2.14. Kekuatan Aksial Maksimum 30
2.15. Penelitian Terdahulu 33
3.1. Rangkuman Variabel Penelitian 38
3.2. Teknik Pengumpulan Data 40
3.3. Hasil Analisis 43
4.1. Elevasi dan Fungsi Lantai 44
4.2. Dimensi Penampang Balok 46
4.3. Dimensi Penampang Kolom 47
4.4. Perhitungan Momen Ujung dengan Metode Momen Distribusi 52
4.5. Perhitungan Margin Kesalahan 53
4.6. *Output* Simpangan Arah Sumbu-X 65
4.7. *Output* Simpangan Arah Sumbu-Y 65
4.8. Nilai *output Story Stiffness* ETABS 67
4.9. Nilai *output Story Massa* ETABS 68
4.10. Perhitungan Ketidakberaturan Kuat Lateral Tingkat (5a) 69
4.11. Perhitungan Ketidakberaturan Kuat Lateral Tingkat Berlebihan (5b) 69
4.12. Pemeriksaan Simpangan Antar Tingkat 74
4.13. Pemeriksaan Pengaruh P-Delta 75

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran Halaman

LAMPIRAN 1 – Rencana Bagan Alir Penelitian 108
LAMPIRAN 2 – Denah Struktur Bangunan Administrasi Sekolah Tinggi Ilmu Hukum Adhyaksa Jambi 110
LAMPIRAN 3 – *Output Modal Participating Mass Ratio* 114
LAMPIRAN 4 – Rekapitulasi Hasil Analisis Perbandingan Kekuatan Nominal dan Kekuatan *Ultimate* Pada Elemen Struktur Balok dan Kolom 115
LAMPIRAN 5 – Dokumentasi Pengambilan Nilai Mutu Beton 122

I. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Beberapa tahun terakhir perkembangan dunia industri konstruksi sangat meningkat dengan pesat di indonesia. Terbukti dengan banyaknya pembangunan fisik (infrastruktur), seperti pembangunan gedung, jalan tol, jembatan dan berbagai macam infrastruktur lainnya. Seiring dengan berkembangnya ilmu pengetahuan terkait infrastruktur di indonesia, pada saat ini banyak terdapat struktur gedung yang cukup bervariasi. Mulai dari mengalihfungsikan bangunan, penambahan fungsi ruang pada bangunan sampai dengan mendirikan bangunan baru.

Dalam rangka usaha untuk memenuhi kebutuhan suatu infrastruktur bangunan gedung, selain mengalihfungsikan bangunan, melakukan penambahan fungsi ruang baru pada bangunan dapat menjadi pilihan. Peningkatan fungsi gedung sangat diperlukan karena dapat menunjang lebih banyak aktivitas ataupun kinerja dalam suatu bangunan gedung. Gedung merupakan salah satu komponen penting dalam upaya pengembangan suatu daerah, seperti perkantoran, sekolah, pasar dan lain sebagainya.

Pada perencanaan ataupun pengerjaan bangunan, ada beberapa hal yang harus diperhatikan salah satunya kekuatan gedung itu sendiri. Kekuatan gedung tergantung dari besarnya daya dukung penampang yang saling bekerjasama pada suatu rangka (portal) dalam menahan gaya-gaya yang bekerja. Bagian rangka (portal) terdiri dari kolom dan balok yang berfungsi sebagai penyalur beban ke pondasi.

Gedung administrasi Sekolah Tinggi Ilmu Hukum Adhyaksa Jambi terletak di Kota Jambi tepatnya di Jl. HOS. Cokroaminoto No. 29, simpang III sipin, Kec. Kota Baru, Kota Jambi, Jambi. Gedung administrasi Sekolah Tinggi Ilmu Hukum Adhyaksa Jambi merupakan gedung 2 lantai dengan luas bangunan 836,6 m^2, yang pada ada saat ini di lantai 1 berfungsi sebagai ruang kantor dan lantai 2 yang pada saat ini masih kosong. Dikarenakan akan adanya rencana renovasi pada gedung administrasi Sekolah Tinggi Ilmu Hukum Adhyaksa Jambi, maka akan ada rencana alih fungsi bangunan menjadi bangunan perpustakaan. Beban sebelumnya yang diterima oleh gedung ini yang berfungsi sebagai ruang kantor dapat dilihat berdasarkan SNI 1727:2020 yaitu sebesar 2,4 kN/m^2, setelah di alih fungsi menjadi perpustakaan dengan beban menjadi 2,87 kN/m^2 untuk ruang baca dan 7,18 kN/m^2 untuk ruang penyimpanan. Dengan adanya penambahan beban pada bangunan tersebut dan

dengan kondisi bangunan tersebut sudah sejak lama didirikan, maka ada beberapa hal yang harus ditinjau seperti studi kelayakan dan kemampuan pada bangunan administrasi Sekolah Tinggi Ilmu Hukum Adhyaksa Jambi untuk dapat menerima beban dengan adanya penambahan pembebanan pada bangunan tersebut.

Berdasarkan latar belakang dan permasalahan yang terjadi, penulis perlu mengevaluasi kekuatan *existing* struktur atas bangunan akibat rencana alih fungsi gedung administrasi menjadi gedung perpustakaan Sekolah Tinggi Ilmu Hukum Adhyaksa Jambi untuk dapat melihat apakah struktur atas bangunan masih mampu untuk menahan beban-beban yang bekerja.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang, maka rumusan masalah yang akan dibahas yaitu bagaimana kekuatan *existing* struktur atas bangunan akibat rencana alih fungsi gedung administrasi menjadi gedung perpustakaan Sekolah Tinggi Ilmu Hukum Adhyaksa Jambi masih mampu atau tidak menahan beban yang bekerja berdasarkan SNI 1726:2019, SNI 2847:2019 dan SNI 1727:2020.

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini yaitu untuk mengetahui kekuatan *existing* struktur atas bangunan akibat rencana alih fungsi gedung administrasi menjadi gedung perpustakaan Sekolah Tinggi Ilmu Hukum Adhyaksa Jambi masih mampu atau tidak menahan beban yang bekerja berdasarkan SNI 1726:2019, SNI 2847:2019 dan SNI 1727:2020.

1.4 Manfaat Penelitian

Berdasarkan dari tujuan yang ingin dicapai, maka ada beberapa manfaat yang dapat diperoleh dari penelitian ini yaitu sebagai berikut :

1. Penelitian ini diharapkan dapat menambah pengetahuan mahasiswa dibidang struktur gedung.
2. Penelitian ini dapat mengetahui permasalahan yang timbul akibat rencana alih fungsi gedung pada bangunan administrasi Sekolah Tinggi Ilmu Hukum Adhyaksa Jambi.
3. Sebagai referensi untuk penelitian yang akan dilakukan selanjutnya terkait analisis kekuatan struktur gedung bertingkat.

1.5 Batasan Masalah

Dalam penelitian ini, ada beberapa hal yang akan dibatasi. Adapun hal-hal yang dibatasi adalah sebagai berikut :

1. Penelitian ini hanya membahas kekuatan struktur atas pada gedung administrasi Sekolah Tinggi Ilmu Hukum Adhyaksa Jambi.
2. Struktur bangunan yang akan dilakukan analisis terdiri dari 2 lantai.
3. Pembebanan untuk analisis struktur atas ini menggunakan 2 beban, yaitu sebagai berikut:
    a. Beban Mati menggunakan PPIUG 1983 dan beban Hidup menggunakan beban desain minimum dan kriteria terkait untuk bangunan gedung dan struktur lain (SNI 1727:2020).
    b. Kombinasi Pembebanan menggunakan beban desain minimum dan kriteria terkait untuk bangunan gedung dan struktur lain (SNI 1727:2020).
4. Analisis struktur atas dengan beban-beban yang bekerja menggunakan 2 metode yaitu:
    a. Analisis struktur kolom dengan perhitungan *software* ETABS.
    b. Analisis struktur kolom dengan perhitungan manual.
5. Sistem perhitungan struktur yang digunakan dalam menahan beban gravitasi dan beban lateral yaitu dengan Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus (SRPMK) yang terdiri dari elemen kolom, balok dan pelat.

II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Analisis Struktur

Analisis struktur merupakan ilmu dalam menentukan efek dari beban yang terjadi pada struktur fisik suatu bangunan dan komponennya. Menurut Sutrisno (1985), struktur bangunan merupakan komponen-komponen yang tergabung menjadi satu kesatuan yang saling bekerja sama agar mendapatkan kontruksi bangunan yang stabil. Elemen-elemen struktur berfungsi sebagai pendukung keberadaan elemen nonstruktur sehingga dapat membentuk satu kesatuan. Pada setiap bagian struktur bangunan tersebut mempunyai fungsi dan perannya masing-masing.

Fungsi lain dari struktur bangunan yaitu sebagai penyalur beban bangunan dari bagian atas menuju ke bagian bawah bangunan, lalu menyebarkannya ke tanah. Analisis struktur adalah proses menghitung dan menentukan efek akibat dari beban yang bekerja pada suatu struktur (bangunan, dermaga, jembatan ataupun objek lainnya) yang menimbulkan reaksi berupa gaya-gaya dalam pada struktur tersebut. Pentingnya analisis struktur untuk memastikan alur, distribusi dan dampak beban terhadap struktur yang ditinjau. Dengan adanya analisis struktur maka dapat diketahui prilaku dan tingkat keamanan bangunan saat terkena beban yang diperkirakan akan bekerja.

Berdasarkan SNI 1726:2012 tentang Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Struktur Bangunan Gedung dan Nongedung, struktur bangunan gedung terdiri dari struktur atas (*upper strukture*) dan struktur bawah (*lower strukture*). Struktur bawah adalah seluruh bagian struktur gedung yang berada di bawah muka tanah, seperti pondasi yang berfungsi sebagai pemikul beban bangunan diatasnya dan meneruskan beban bangunan tersebut ke tanah. Struktur atas adalah seluruh bagian struktur gedung yang berada diatas muka tanah. Struktur atas pada bangunan terdiri dari beberapa komponen, yaitu sebagai berikut:

1. Atap

   Atap adalah bagian dari bangunan yang memiliki fungsi sebagai penutup untuk melindungi ruangan yang ada dibawahnya dari pengaruh luar. Jenis atap dapat berupa susunan rangka batang yang menopang penutup atap. Biasanya material penopang rangka atap yang sering di gunakan yaitu baja ringan, baja berat dan balok kayu yang disusun membentuk segitiga segingga menjadi kuda-kuda.

2. Pelat lantai

   Pelat lantai merupakan struktur yang tidak terletak diatas tanah secara langsung. Pelat lantai merupakan salah satu struktur bangunan yang bertumpu pada kolom dan di bantu oleh balok bangunan. Bahan pelat lantai dapat berupa beton dan kayu.

3. Balok

   Balok adalah elemen struktur yang berfungsi sebagai penyalur beban ke kolom. Balok merupakan struktur penguat horizontal yang berfungsi sebagai dudukan lantai serta pengikat kolom lantai atas.

4. Kolom

   Kolom merupakan elemen struktur yang berfungsi sebagai penerus beban bangunan ke pondasi sehingga bangunan tidak mengalami keruntuhan (*collapse)* (sudarmoko:1996). SK SNI-15-1991-03 mendefinisikan kolom sebagai komponen struktur bangunan yang tugas utamanya menahan beban tekan aksial dan seluruh beban yang diterima oleh kolom akan didistribusikan ke pondasi.

Analisis struktur merupakan suatu proses dimana menentukan *respons* struktur terhadap suatu pembebanan. *Respons* struktur dinyatakan dengan berbagai gaya yang ada didalam struktur dan deformasi yang dialami. Pada penelitian ini akan dilakukan analisis *existing* struktur atas bangunan dalam menahan beban yang bekerja.

2.2 Beton Bertulang

Beton bertulang (*reinforced concrete*) merupakan gabungan antara beton polos dan baja tulangan yang bekerja secara bersamaan untuk dapat memikul beban, sehingga dengan sifat beton yang lemah terhadap tarik akan dibantu dengan tulangan baja hingga beton memiliki tambahan kekuatan dalam menahan gaya tarik.

Kuat Tekan Beton

Terdapat dua metode yang sering dipakai dalam mengetahui keuatan kontruksi beton *existing* yaitu sebagai berikut:

1. Metode pemeriksaan dengan tidak merusak (*Non Destructive Test*/*NDT*), yaitu merupakan metode pengujian terhadap bahan konstruksi dengan tidak merusak elemen struktur dalam pengambilan sampel uji atau pengujian secara lansung di lapangan.
2. Metode pemeriksaan dengan merusak (*Destructive Test*/*DT*), yaitu merupakan metode pengujian terhadap bahan konstuksi dengan merusak elemen struktur dalam pengujian atau pengambilan sampel uji.

Berdasarkan SNI 2847:2019 Pasal 27.3.1.3. menjelaskan bahwa estimasi kekuatan kolom ekuivalen f_c' harus berdasarkan pada uji silinder dari struktur asli ataupun uji beton inti dari sampel yang kekuatannya diragukan. Untuk mengevaluasi kekuatan struktur beton kondisi *existing* dapat dilakukan uji kekuatan langsung dilapangan dengan menggunakan metode pengujian beton inti (*core drilled test*) dan/atau pengujian palu beton (*Schmidt hammer test*).

Modulus Elastisitas

Besaran modulus elastisitas diatur dalam Pasal 19.2.2 SNI 2847:2019, yang menjelaskan bahwa untuk beton normal digunakan pendekatan untuk menentukan modulus elastisitas yaitu dengan menggunakan persamaan berikut.

$$E_c = 4700\sqrt{f_c'} \quad \text{.....(2.1)}$$

Keterangan:
E_c = Modulus elastisitas beton, MPa
f_c' = Kuat tekan beton, MPa

Besaran modulus elastisitas yang diizinkan untuk baja tulangan diambil sebesar 200.000 MPa.

Kuat Tarik Baja Tulangan

Baja tulangan (*rebar*) merupakan material penguat yang berada didalam beton yang bertujuan untuk meningkatkan kekuatan dalam menahan gaya tarik pada beton. Berdasarkan SNI 2052:2017, bahwa terdapat dua jenis baja tulangan, yaitu baja tulangan polos (BjTP) dan baja tulangan sirip (BjTS). Dalam penggunaannya, baja tulangan sirip (BjTS) sering digunakan sebagai tulangan uatama pada struktur dikarenakan mutu materialnya yang relative lebih besar dari tulangan polos (BjTP). Standar mutu baja tulangan dirincikan sebagai berikut:

Tabel 2.1. Mutu Baja Tulangan

Kelas Baja Tulangan	Kuat Luluh/leleh (YS) MPa	Kuat Tarik (TS) MPa
BjTP 280	Min. 280 Maks. 405	Min. 350
BjTS 280	Min. 280 Maks. 405	Min. 350
BjTS 420	Min. 420 Maks. 545	Min. 525
BjTS 520	Min. 520 Maks. 645	Min. 650
BjTS 550	Min. 550 Maks. 675	Min. 687,5
BjTS 700	Min. 700 Maks. 825	Min. 805

(Sumber : SNI 2052:2017)

2.3 Pembebanan

Perencanaan suatu struktur bangunan harus memperhatikan peraturan-peraturan yang berlaku, terutama terkait rencana pembebanan. Pembebanan pada suatu struktur merupakan hal penting yang harus dilakukan. Kesalahan dalam perencanaan beban pada perhitungan dapat mengakibatkan kesalahan fatal pada hasil desain. Menurut Schuller (2001), dalam merancang struktur perlu mengidentifikasi beban yang akan berkeja pada sisem struktur tersebut. Beban yang bekerja pada suatu struktur ditimbulkan secara langsung oleh gaya alamiah dan buatan manusia. Berdasarkan buku pedoman Peratutan Pembebanan Indonesia Untuk Gedung 1989, beban yang mempengaruhi suatu struktur bangunan adalah beban mati, beban hidup dan beban gempa.

Berdasarkan SNI 1727:2020 tentang Beban Desain Minimum dan Kriteria Terkait Untuk Bangunan Gedung dan Struktur Lain, beban didefinisikan sebagai gaya atau aksi lainnya akibat berat seluruh bangunan, penghuni dan barang yang dimiliki, efek lingkungan, perbedaan pergerakan dan gaya kekangan akibat perubahan dimensi. Besar beban yang diisyaratkan pada SNI 1727:2020 adalah beban mati, hidup, tanah, angin, salju, hujan, banjir dan gempa. Beban yang akan digunakan dalam penelitian ini yaitu beban hidup dan beban mati yang akan dirincikan sebagai berikut:

1. Beban mati

   Menurut SNI 1727:2020, beban mati adalah berat seluruh bahan konstruksi bangunan gedung yang terpasang, termasuk dinding, lantai, atap, plafon, tangga, dinding partisi tetap, *finishing*, *cladding* gedung, komponen arsitektural dan struktural lainnya serta peralatan layan terpasang lain termasuk berat derek dan sistem pengangkut material. Berdasarkan PPIUG 1983, beban mati juga dapat diartikan sebagai berat sendiri dari semua bagian suatu gedung yang bersifat tetap. Adapun berat sendiri bahan bangunan dan berat sendiri komponen gedung dapat dirincikan sebagai berikut:

Tabel 2.2. Berat Sendiri Bahan Bangunan

No.	Bahan Bangunan	Berat (kg/m^3)
1.	Baja	7850
2.	Batu alam	2600
3.	Batu belah, batu bulat, batu gunung (berat tumpuk)	1500
4.	Batu karang (berat tumpuk)	700
5.	Batu pecah	1450
6.	Besi tuang	7250
7.	Beton	2200
8.	Beton bertulang	2400

Tabel 2.2. Berat Sendiri Bahan Bangunan (Lanjutan)

No.	Bahan Bangunan	Berat (kg/m³)
9.	Kayu kelas I	1000
10.	Kerikil, koral (kering udara sampai lembab, tanpa diayak)	1650
11.	Pasangan bata merah	1700
12.	Pasangan batu belah, batu bulat, batu gunung	2200
13.	Pasangan batu cetak	2200
14.	Pasangan batu karang	1450
15.	Pasir (kering udara sampai lembab)	1600
16.	Pasir (jenuh air)	1800
17.	Pasir kerikil, koral (kering udara sampai lembab)	1850
18.	Tanah, lempung dan lanau (kering udara sampai lembab)	1700
19.	Tanah, lempung dan lanau (basah)	2000
20.	Tanah hitam	11400

(Sumber : PPIUG, 1983)

Tabel 2.3. Berat Sendiri Komponen Gedung

No.	Material	Berat (kg/m²)
1.	Adukan, per cm tebal	
	a. Dari semen	21
	b. Dari kapur	17
2.	Aspal, per cm tebal	14
3.	Dinding pasangan batako	
	Berlubang:	
	a. Tebal dinding 20 cm (HB 20)	200
	b. Tebal dinding 10 cm (HB 10)	120
	Tanpa lubang:	
	a. Tebal dinding 15 cm	300
	b. Tebal dinding 10 cm	200
4.	Dinding pasangan bata merah:	
	a. Satu batu	450
	b. Setengah batu	250
5.	Langit-langit dan dinding, terdiri	
	a. Semen asbes (*eternity* dan bahan lain sejenis), dengan tebal maksimum 4 mm	11
	b. Kaca, dengan tebal 3-5 mm	12
6.	Lantai kayu sederhana dengan balok kayu, tanpa langit-langit dengan bentang maksimum 5 m dan untuk beban hidup maksimum 200 kg/m²	40
7.	Penggantung langit-langit (dari kayu), dengan bentang maksimum 5 m dan jarak s.k.s maksimum 0,80 m	7
8.	Penutup atap genteng dengan reng dan usuk/kaso, per m² bidang atap	50
9.	Penutup atap sirap dengan reng dan usuk/kaso, per m² bidang atap	40
10.	Penutup atap seng gelombang (BWG 24) tanpa gordeng	10
11.	Penutup lantai dari ubin semen *Portland*, teraso dan beton, tanpa adukan per cm tebal	24
12.	Semen asbes gelombang (tebal 5 mm)	11

(Sumber : PPIUG, 1983)

2. Beban hidup

Beban hidup dapat berupa beban bergerak yang berasal dari berat orang maupun benda yang bergerak di suatu struktur (Sutanti,2014). Berdasakan SNI 1727:2020 tentang Beban Desain Minimum dan Kriteria Terkait Untuk

Bangunan Gedung dan Struktur Lain, beban hidup didefinisikan menjadi 2 yaitu sebagai berikut:

a. Beban hidup

   Beban hidup adalah beban yang di akibatkan oleh pengguna atau penghuni suatu bangunan gedung atau struktur lain yang tidak termasuk beban konstruksi dan beban ilngkungan, seperti beban gempa, beban angina, beban hujan, beban banjir ataupun beban mati.

b. Beban hidup atap

   Beban hidup atap adalah beban yang diakibatkan oleh pekerja, peralatan dan material dan selama masa layan struktur akibat benda bergerak. Selain itu terdapat beban hidup terkait hunian pada atap seperti area berkumpul.

Adapun beban hidup pada lantai gedung dapat dirincikan pada tabel berikut:

Tabel 2.4. Beban Hidup Terdistribusi Merata Minimum, L_o

Hunian atau penggunaan	**Merata, L_o psf (Kn/M²)**	**Reduksi beban hidup diizinkan (No. Pasal)**	**Reduksi beban hidup berlantai banyak diizinkan? (No. Pasal)**
Apartemen (lihat rumah tinggal)			
Sistem lantai akses			
a. Ruang kantor	50 (2,4)	Ya (4.7.2)	Ya (4.7.2)
b. Ruang komputer	100 (4,79)	Ya (4.7.2)	Ya (4.7.2)
Gudang persenjataan dan ruang latihan	150 (7,18)	Tidak (4.7.5)	Tidak (4.7.5)
Ruang pertemuan		Tidak (4.7.5)	Tidak (4.7.5)
a. Kursi tetap (terikat di lantai)	60 (2,87)	Tidak (4.7.5)	Tidak (4.7.5)
b. Lobi	100 (4,79)	Tidak (4.7.5)	Tidak (4.7.5)
c. Kursi dapat dipindahkan	100 (4,79)	Tidak (4.7.5)	Tidak (4.7.5)
d. Panggung pertemuan	100 (4,79)	Tidak (4.7.5)	Tidak (4.7.5)
e. Lantai podium	150 (7,18)	Tidak (4.7.5)	Tidak (4.7.5)
	100 (4,79)	Tidak (4.7.5)	Tidak (4.7.5)
f. Tribun penonton stadion dan arena dengan kursi tetap (terikat di lantai)	60 (2,87)	Tidak (4.7.5)	Tidak (4.7.5)
g. Ruang pertemuan lainnya	100 (4,79)	Tidak (4.7.5)	Tidak (4.7.5)
Balkon dan dek	1,5 kali beban hidup untuk daerah yang dilayani. Tidak perlu melebihi 100 psf (4,79 kN/m²)	Ya (4.7.2)	Ya (4.7.2)
Jalur untuk akses pemeliharaan	40 (1,92)	Ya (4.7.2)	Ya (4.7.2)
Koridor			
a. Lantai pertama	100 (4,79)	Ya (4.7.2)	Ya (4.7.2)
b. Lantai lain	Sama seperti pelayanan hunian		

Tabel 2.4. Beban Hidup Terdistribusi Merata Minimum, L_o (Lanjutan)

Hunian atau penggunaan	**Merata, L_o psf (Kn/M²)**	**Reduksi beban hidup diizinkan (No. Pasal)**	**Reduksi beban hidup berlantai banyak diizinkan? (No. Pasal)**
Hunian (lihat rumah tinggal)			
Dudukan mesin elevator (pada area 2 in c 2 in. (50 mm c 50 mm)		-	-
Konstruksi pelat lantai finishing ringan (pada area 1 in c 1 in. (25 mm c 25 mm)		-	-
Jalur penyelamatan saat kebakaran	100 (4,79)	Ya (4.7.2)	Ya (4.7.2)
a. Hunian satu keluarga saja	40 (1,92)	Ya (4.7.2)	Ya (4.7.2)
Tangga permanen		-	-
Garasi/parkir (lihat pasal 4.10)			
a. Mobil penumpang saja	40 (1,92)	Tidak (4.7.4)	Ya (4.7.2)
b. Truk dan bus	Lihat pasal 4.10.2	-	-
Pegangan tangga dan pagar pengaman Batang pegangan	Lihat pasal 4.5.1	-	-
Helipad (lihat pasal 4.11)			
a. Helikopter dengan berat lepas landas sebesar 3.000 lb (13,35 kN) atau kurang	40 (1,92)	Tidak (4.11.1)	-
b. Helikopter dengan berat lepas landas lebih dari 3.000 lb (13,35 kN)	60 (2,87)	Tidak (4.11.1)	-
Rumah sakit			
a. Ruang operasi, lab	60 (2,87)	Ya (4.7.2)	Ya (4.7.2)
b. Ruang pasien	40 (1,92)	Ya (4.7.2)	Ya (4.7.2)
c. Koridor diatas lantai pertama	80 (3,83)	Ya (4.7.2)	Ya (4.7.2)
Hotel (lihat rumah tinggal)			
Perpustakaan			
a. Ruang baca	60 (2,87)	Ya (4.7.2)	Ya (4.7.2)
b. Ruang penyimpanan	150 (7,18)	Tidak (4.7.3)	Ya (4.7.3)
c. Koridor diatas lantai pertama	80 (3,83)	Ya (4.7.2)	Ya (4.7.2)
Pabrik			
a. Ringan	125 (6,00)	Tidak (4.7.3)	Ya (4.7.3)
b. Berat	250 (11,97)	Tidak (4.7.3)	Ya (4.7.3)
Gedung perkantoran			
a. Ruang arsip dan komputer harus dirancang untuk beban yang lebih berat berdasarkan pada perkiraan hunian			
b. Lobi dan kantor lantai pertama	100 (4,79)	Ya (4.7.2)	Ya (4.7.2)
c. Kantor	50 (2,40)	Ya (4.7.2)	Ya (4.7.2)
d. Koridor diatas lantai pertama	80 (3,83)	Ya (4.7.2)	Ya (4.7.2)
Lembaga hukum			
a. Blok sel	40 (1,92)	Ya (4.7.2)	Ya (4.7.2)
b. Koridor	100 (4,79)	Ya (4.7.2)	Ya (4.7.2)

Tabel 2.4. Beban Hidup Terdistribusi Merata Minimum, L_o (Lanjutan)

Hunian atau penggunaan	**Merata, L_o psf (Kn/M²)**	**Reduksi beban hidup diizinkan (No. Pasal)**	**Reduksi beban hidup berlantai banyak diizinkan? (No. Pasal)**
a. Tempat *bowling*, *billiard* dan penggunaan sejenis	75 (3,59)	Tidak (4.7.5)	Tidak (4.7.5)
b. ruang dansa dan *ballroom*	100 (4,79)	Tidak (4.7.5)	Tidak (4.7.5)
c. gimnasium	100 (4,79)	Tidak (4.7.5)	Tidak (4.7.5)
Rumah tinggal			
Hunian satu dan dua keluarga			
a. loteng yang tidak dapat dihuni tanpa gudang	10 (0,48)	Ya (4.7.2)	Ya (4.7.2)
b. loteng yang tidak dapat dihuni dengan gudang	20 (0,96)	Ya (4.7.2)	Ya (4.7.2)
c. loteng yang dapat dihuni dan ruang tidur	30 (1,44)	Ya (4.7.2)	Ya (4.7.2)
d. semua ruang kecil tangga	40 (1,92)	Ya (4.7.2)	Ya (4.7.2)
Semua hunian rumah tinggal lainnya			
a. ruang pribadi dan koridornya	40 (1,92)	Ya (4.7.2)	Ya (4.7.2)
b. ruang publik	100 (4,79)	Tidak (4.7.5)	Tidak (4.7.5)
c. koridor ruang publik	100 (4,79)	Ya (4.7.2)	Ya (4.7.2)
Atap			
a. atap datar, berbubung, dan lengkung	20 (0,96)	Ya (4.8.2)	-
b. atap yang digunakan penghuni	Sama dengan penggunaan yang dilayani (4,70)	Ya (4.8.3)	-
c. atap tempat berkumpul	100 (4,70)	Ya (4.8.3)	-
Atap vegetatif dan atap lansekap			-
a. atap bukan untuk hunian	20 (0,96)	Ya (4.8.2)	-
b. atap untuk tempat berkumpul	100 (4,79)	Ya (4.8.3)	-
c. atap untuk penggunaan lainnya	Sama dengan penggunaan yang di layani	Ya (4.8.3)	-
Awning dan kanopi			
a. atap konstruksi *fabric* yang didukung oleh struktur rangka kaku ringan	5 (0,24)	Tidak (4.8.2)	-
b. rangka penumpu layar penutup	5 (0,24)	Tidak (4.8.2)	-
	Berdasarkan atra tributari dari atap yang didukung oleh komponen struktur rangka		
Semua konstruksi lainnya	20 (0,96)	Ya (4.8.2)	
a. komponen struktur atap utama, yang terhubung langsung dengan pekerjaan lantai tempat bekerja			
b. titik panel tunggal dari kord		-	-

Tabel 2.4. Beban Hidup Terdistribusi Merata Minimum, L_o (Lanjutan)

Hunian atau penggunaan	Merata, L_o psf (Kn/M²)	Reduksi beban hidup diizinkan (No. Pasal)	Reduksi beban hidup berlantai banyak diizinkan? (No. Pasal)
titik panel tunggal dari kord bawah rangka batang atap atau suatu titik sempanjang komponen struktur utama pendukung atap diatas pabrik, gudang penyimpanan dan pekerjanya, dan garasi bengkel c. semua komponen struktur atap utama lainnya d. semua permukaan atap dengan beban pekerja pemeliharaan			
a. semua komponen struktur atap utama lainnya	40 (1,92)	Ya (4.7.2)	Ya (4.7.2)
b. semua permukaan atap dengan beban pekerja pemeliharaan	80 (3,83)	Ya (4.7.2)	Ya (4.7.2)
c. Koridor lantai pertama	100 (4,79)	Ya (4.7.2)	Ya (4.7.2)
Scuttles, rusuk untuk atap kaca dan langit-langit yang dapat diakses			
Jalan di pinggir untuk pejalan kaki, jalan lintas kendaraan, dan lahan/jalan untuk truk-truk	250 (11,97)	Tidak (4.7.3)	Ya (4.7.3)
Tangga dan jalan keluar	100 (4,79)	Ya (4.7.2)	Ya (4.7.2)
a. Rumah tinggal untuk satu dan dua keluarga	40 (1,92)	Ya (4.7.2)	Ya (4.7.2)
Gudang diatas langit-langit	20 (0,96)	Ya (4.7.2)	Ya (4.7.2)
Gudang penyimpanan dan pekerja (harus dirancang untuk beban lebih berat jika perlu)			
a. Ringan	125 (6,00)	Tidak (4.7.3)	Ya (4.7.3)
b. Berat	250 (11,97)	Tidak (4.7.3)	Ya (4.7.3)
Toko			
a. Eceran			
Lantai pertamanya	100 (4,79)	Ya (4.7.2)	Ya (4.7.2)
Lantai diatasnya	75 (3,59)	Ya (4.7.2)	Ya (4.7.2)
b. Grosir di semua lantai	125 (6,00)	Tidak (4.7.3)	Ya (4.7.3)
Penghalang kendaraan			
Susunan jalan dan panggung yang ditinggikan (selain jalan keluar)	60 (2,87)	Ya (4.7.2)	Ya (4.7.2)
Perkarangan dan teras, jalur pejalan kaki	100 (4,79)	Tidak (4.7.5)	Tidak (4.7.5)

(Sumber : SNI 1727:2020)

3. Beban horizontal

Beban horizontal atau disebut juga beban lateral merupakan beban pada struktur bangunan dengan arah tidak menentu yang berasal dari beban gempa, beban angin dan beban khusus. Adapun rincian dari beban tersebut dapat dilihat sebagai berikut.

a. Beban angin

Beban angin adalah keseluruhan beban yang bekerja pada struktur bangunan dikarenakan adanya perbedaan tekanan udara. Pedoman perencanaan beban angin mengikuti Pasal 26 SNI 1727:2020.

b. Beban gempa

Beban gempa merupakan keseluruhan beban statik ekuivalen yang bekerja pada struktur bangunan dikarenakan adanya pengaruh gerakan dari dalam tanah akibat gempa. Dalam perhitungan beban gempa, perlu menentukan kategori risiko bangunan, faktor keutamaan gempa, klasifikasi situs, kategori desain seismik dan sistem struktur yang digunakan. Penentuan kategori risiko bangunan berpedoman pada tabel 3 SNI 1726:2019, yang dapat dilihat pada **Tabel 2.5**. Untuk menentukan faktor keutamaan gempa, klasifikasi situs dan kategori desain seismik, juga berpedoman pada SNI 1726:2019 yang dapat dilihat pada **Tabel 2.6**, **Tabel 2.7**, **Tabel 2.8**, dan **Tabel 2.9** berikut.

Tabel 2.5. Kategori Risiko Bangunan Gedung dan Nongedung untuk Beban Gempa

Jenis Pemanfaatan	Kategori Risiko
Gedung dan nongedung 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 - Gudang penyimpanan - Rumah jaga dan struktur kecil lainnya	I
Semua gedung dan struktur lain, kecuali yang termasuk dalam kategori risiko I, III, IV, tapi termasuk, tapi 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 nongedung yang memiliki risiko tinggi terhadap jiwa manusia pada saat terjadi kegagalan, termasuk, tapi tidak dibatasi untuk: - Bioskop - Gedung pertemuan - Stadion - Fasilitas kesehatan yang tidak memiliki unit bedah dan unit gawat darurat - 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 kahidupan masyarakat sehari bila terjadi kegagalan, termasuk, tapi tidak dibatasi untuk:	III

Tabel 2.5. Kategori Risiko Bangunan Gedung dan Nongedung untuk Beban Gempa (Lanjutan)

Jenis Pemanfaatan	Kategori Risiko
- Pusat pembangkit listrik biasa - Fasilitas penanganan air - Fasilitas penanganan limbah - Pusat telekomunikasi Gedung dan nongedung yang tidak termasuk dalam kategori risiko IV, (termasuk, tetapi tidak dibatasi untuk fasilitas manufaktur, proses, penanganan, penggunaan atau tempat pembuangan bahan bakar berbahaya, bahan kimia berbahaya, limbah berbahaya, atau bahan yang mudah meledak) yang mengandung bahan beracun atau peledak dimana jumlah kandungan bahannya melebihi nilai batas yang disyaratkan oleh instansi yang berwenang dan cukup menimbulkan bahaya bagi masyarakat jika terjadi kebocoran.	III
Gedung dan nongedung yang dikategorikan sebagai fasilitas yang penting, termasuk, tetapi tidak dibatasi untuk: - Bangunan-bangunan monumental - Gedung sekolah dan fasilitas pendidikan - Rumah ibadah - Rumah sakit dan fasilitas Kesehatan lainnya yang memiliki fasilitas bedah dan unit gawat darurat - 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, tangka penyimpanan bahan bakar, Menara pendingin, struktur stasiun listrik, tangka 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 nongedung yang dibutuhkan untuk mempertahankan fungsi struktur bangunan lain yang masuk ke dalam kategori risiko IV.	IV

(Sumber : SNI 1726:2019)

Tabel 2.6. Faktor Keutamaan Gempa

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

(Sumber : SNI 1726:2019)

Tabel 2.7. Klasifikasi Situs

Kelas Situs	$\overline{V_u}$ (m/detik)	$\bar{N}$ atau $\overline{N_{ch}}$	$\overline{S_u}$
SA (batuan keras)	> 1500	N/A	N/A
SB (batuan)	750 – 1500	N/A	N/A
SC (tanah keras, sangat padat dan batuan lunak)	350 – 750	> 50	≥ 100
SD (tanah sedang)	175 – 350	15 – 50	50 – 100
SE (tanah lunak)	< 175	< 15	< 50
	Atau setiap profil tanah yang mengandung lebih dari 3 m tanah dengan sifat karakteristik yaitu sebagai berikut: 1. Indeks plastisitas *PI* > 20		

Tabel 2.7. Klasifikasi Situs (Lanjutan)

Kelas Situs	$\overline{V_u}$ (m/detik)	$\bar{N}$ atau $\overline{N_{ch}}$	$\overline{S_u}$
	2. Kadar air, $\omega \geq 40\%$ 3. Kuat geser tanah niralir $\overline{S_u}$ < 25 kPa		
SF (tanah khusus, yang membutuhkan investigasi geoteknik spesifik dan analisis respons spesifik-situs)	Setiap profil lapisan tanah yang memiliki salah satu atau lebih dari karakteristik sebagai berikut: - Rawan dan berpotensi gagal atau runtuh akibat beban gempa seperti mudah likuifaksi, lempung sangat sensitif, tanah tersementasi lemah - Lempung sangat organic dan/atau gambut (ketebalan H > 3 m) - Lempung berplastisitas sangat tinggi (ketebalan H > 7,5 m dengan indeks plastisitas PI > 75) - Lapisan lempung lunak/setengah teguh dengan ketebalan H > 35 m dengan $\overline{S_u}$ < 50 kPa		

(Sumber : SNI 1726:2019)

Tabel 2.8. 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 ≤ S_{DS} < 0,33	B	C
0,33 ≤ S_{DS} < 0,50	C	D
0,50 ≤ S_{DS}	D	D

(Sumber : SNI 1726:2019)

Tabel 2.9. 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 ≤ S_{D1} < 0,133	B	C
0,133 ≤ S_{D1} < 0,20	C	D
0,20 ≤ S_{D1}	D	D

(Sumber : SNI 1726:2019)

c. Beban khusus

Beban khusus merupakan keseluruhan beban yang bekerja pada struktur bangunan karena adanya perubahan suhu, penurunan pondasi, gaya tambahan dari beban hidup serta pengaruh khusus lainnya terhadap struktur.

SNI 1727:2020 menjelaskan bahwa, efek beban yang terjadi pada setiap komponen struktur harus dihitung menggunakan metode analisis struktur yang memperhitungkan keseimbangan geometrik untuk sifat bahan jangka pendek maupun jangka panjang. Pada komponen yang memiliki kecenderungan mengalami deformasi berulang diharuskan menghitung eksentrisitas yang terjadi.

Setelah beban diketahui maka selanjutnya untuk menentukan kombinasi pembebanan. Kombinasi pembebanan merupakan gabungan beberapa beban terfaktor yang berpeluang besar terjadi dalam satu waktu secara bersamaan. Berdasarkan SNI 1726:2019 Pasal 4.2.2.1 dan Pasal 4.2.2.3,

yang merincikan kombinasi pembebanan dasar serta kombinasi pembebanan dengan adanya pengaruh beban gempa yaitu sebagai berikut:

1. $1{,}4D$ ..... (2.2)
2. $1{,}2D + 1{,}6L + 0{,}5(L_r \text{ atau } S \text{ atau } R)$ ..... (2.3)
3. $1{,}2D + 1{,}6(L_r \text{ atau } S \text{ atau } R) + (L \text{ atau } 0{,}5W)$ ..... (2.4)
4. $1{,}2D + 1{,}0W + L + 0{,}5(L_r \text{ atau } S \text{ atau } R)$ ..... (2.5)
5. $0{,}9D + 1{,}0W$ ..... (2.6)
6. $1{,}4D + E_v + E_h + L$ ..... (2.7)
7. $0{,}9D - E_v + E_h$ ..... (2.8)

Nilai E_v dan E_h dijelaskan pada Pasal 7.4.2.1 dan 7.4.2.2, yaitu sebagai berikut:

$$E_h = \rho\,(Q_{E-x} + Q_{E-y}) \quad \text{..... (2.9)}$$

$$E_v = 0{,}2S_{DS}D \quad \text{..... (2.10)}$$

Keterangan:

D = Beban mati
L = Beban hidup
L_r = Beban hidup atap
S = Beban salju
R = Beban hujan
W = Beban angin
E_v = Beban mati
E_h = Beban mati
ρ = Beban mati
Q_{E-x} = Beban mati
Q_{E-y} = Beban mati

2.4 Konsep Desain Seismik Struktur Gedung

Umumnya struktur bangunan gedung berfugsi untuk menahan beban gravitasi (beban mati dan beban hidup). Dengan adanya beban lateral yaitu beban gempa, maka elemen struktur bangunan harus mampu menahan beban kombinasi antara beban gravitasi dan lateral.

Sistem Struktur

Sistem struktur yang biasa digunakan dalam menahan beban gempa dapat dijelaskan sebagai berikut:

1. Sistem struktur rangka (*frame system*)

   Sistem ini memiliki ciri khas yaitu memiliki elemen struktur berupa pelat lantai, kolom dan balok yang menjadi satu kesatuan membentuk sstem rangka yang kaku. Elemen kolom dan balok tidak hanya difungsikan sebagai penahan beban gravitasi melainkan juga dengan beban lateral (gempa). Sedangkan elemen pelat difungsikan sebagai diafragma dalam sistem rangka saat adanya beban gempa.

2. Sistem struktur dinding (*wall system*)

   Sistem struktur ini memiliki ciri khas yaitu menggunakan elemen dinding sebagai struktur utama yang menahan beban lateral. Dinding yang digunakan berupa dinding beton bertulang atau susunan batu (*masonry*) yang terhubung dengan elemen balok dan kolom. Dalam sistem ini, hanya elemen dinding yang memikul beban lateral (gempa), walaupun struktur masih memiliki elemen balok dan kolom. Sistem struktur dinding juga kurang direkomendasikan untuk struktur bangunan tinggi (*high rise building*) karena terlalu kaku yang dapat mengakibatkan percepatan gedung sangat besar ketika gempa terjadi sehingga dapat menimbulkan banyak kerusakan.

3. Sistem struktur ganda (*dual system*)

   Sistem struktur ganda memiliki ciri khas yaitu adanya dua jenis strukur yang dikombinasikan untuk menahan beban gravitasi dan beban lateral. Suatu sistem struktur bangunan yang berupa sistem ganda terdiri dari struktur rangka pemikul momen dan dinding geser. Rangka pemikul momen merupakan suatu sistem struktur yang elemen struktur dan sambungannya menahan beban lateral melalui mekanisme lentur. Rangka pemikul momen harus mempunyai kekuatan minimal 25% dan dinding geser harus mempunyai kekuatan maksimal 75% dalam memikul beban gempa.

Dalam penelitian evaluasi kekuatan *existing* struktur atas bangunan akibat alih fungsi gedung administrasi menjadi gedung perpustakaan Sekolah Tinggi Ilmu Hokum Adhyaksa Jambi, menggunakan sistem rangka (*frame system*) sebagai penahan beban gravitasi dan beban lateral, yaitu dengan menggunakan sistem rangka pemikul momen.

Sistem Rangka Pemikul Momen

Berdasarkan SNI 1726:2019, menjelaskan bahwa sistem rangka pemikul momen merupakan suatu sistem struktur rangka yang berupa elemen struktur yang memiliki fungsi utama untuk memikul beban lateral yang terjadi melalui mekanisme lentur. Sistem rangka pemikul momen terbagi menjadi tiga jenis, yaitu Sistem Rangka Pemikul Momen Biasa (SRPMB), Sistem Rangka Pemikul Momen Menengah (SRPMM), dan Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus (SRPMK). Dalam tugas akhir ini perencanaan dilakukan dengan menggunakan Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus (SRPMK). Dengan menggunakan sistem ini, maka parameter desain yang digunakan berdasarkan SNI 1726:2019 Pasal 7.2.2. yang dimuat dalam tabel 12 mengenai nilai faktor R, Ω_0, dan C_d untuk sistem pemikul gaya seismik, yaitu:

Koefisien modifikasi respons, R : 8,0

Faktor kuat lebih sistem, Ω_0 : 3,0

Faktor pembesaran defleksi, C_d : 5,5

2.5 Pelat Lantai

Struktur pelat lantai merupakan bagian struktur gedung yang secara langsung berhubungan dengan beban yang bekerja pada gedung. Pelat lantai merupakan elemen struktur yang difungsikan untuk mendistribusikan beban mati dan beban hidup ke struktur utama lainnya, seperti balok dan kolom. Secara umum, pelat lantai dibedakan menjadi dua tipe yaitu pelat satu arah (*one way*) dan pelat dua arah (*two way*). Perbedaan pelat satu arah dengan pelat dua arah adalah dengan melihat perbandingan antara bentang bersih terpanjang (l_p) dibagi dengan bentang bersih terpendek (b_p) dari pelat tersebut (l_p / b_p). Bila nilai $l_p / b_p > 2$, maka pelat tersebut dikategorikan sebagai pelat satu arah (*one way*). Bila nilai $l_p / b_p < 2$, maka pelat tersebut dikategorikan sebagai pelat dua arah (*two way*).

Berdasarkan SNI 2847:2019, untuk menganalisis kekuatan suatu pelat satu arah yaitu dengan tahapan sebagai berikut:

1. Menghitung rasio tulangan

$$d = h - t_s - \left(\frac{\emptyset_{tul}}{2}\right) \quad \text{..... (2.11)}$$

$$M_n = \frac{M_u}{\emptyset} \quad \text{..... (2.12)}$$

$$R_n = \frac{M_n}{b \times d^2} \quad \text{..... (2.13)}$$

$$m = \frac{f_y}{0{,}85 \times f_c'} \quad \text{..... (2.14)}$$

Sehingga diperoleh rasio tulangan ρ:

$$\rho = \frac{1}{m} \times \left(1 - \sqrt{\frac{2 \times m \times R_n}{f_y}}\right) \quad \text{..... (2.15)}$$

Tabel 2.10. Rasio Tulangan Minimum (ρ_{min})

Tipe Tulangan	f_y **(MPa)**	ρ_{min}
Batang ulir	< 420	0,002
Batang ulir atau kawat las	≥ 420	$\frac{0{,}0018 \times 420}{f_y}$ 0,0014

(Sumber : SNI 2847:2019)

Syarat:

$$\rho_{min} < \rho \quad \text{..... (2.16)}$$

2. Perhitungan tinggi bllok tegangan beton tekan

$$a = \frac{A_s \times f_y}{0{,}85 \times f_y' \times b} \quad \text{..... (2.17)}$$

3. Perhitungan momen nominal

$$M_n = A_s \times f_y \times \left(d - \left(\frac{a}{2}\right)\right) \quad \text{..... (2.18)}$$

4. Perhitungan momen desain pelat

$$M_r = \emptyset \times M_n^2 \quad \text{..... (2.19)}$$

Syarat:

$$M_r > M_u \quad \text{..... (2.20)}$$

Berdasarkan SNI 2847:2019, ketebalan minimum pelat dua arah diatur seperti pada **Tabel 2.11** dan **Tabel 2.12** berikut.

Tabel 2.11. Ketebalan Minimum Pelat Dua Arah Nonprategang Tanpa Balok Interior (mm)

f_y, MPa	Tanpa *Drop Panel*			Dengan *Drop Panel*		
	Panel Eksterior		Panel Interior	Panel Eksterior		Panel Interior
	Tanpa balok tepi	Dengan balok tepi		Tanpa balok tepi	Dengan balok tepi	
280	*ln/33*	*ln/36*	*ln/36*	*ln/36*	*ln/40*	*ln/40*
420	*ln/30*	*ln/33*	*ln/33*	*ln/33*	*ln/36*	*ln/36*
520	*ln/28*	*ln/31*	*ln/31*	*ln/31*	*ln/34*	*ln/34*

(Sumber : SNI 2847:2019)

Tabel 2.12. Ketebalan Minimum Pelat Dua Arah dengan Balok Perangkai

Stiffness	a_{fm}	h_{min}
Shallow Beam	$a_{fm} \leq 0{,}2$	Mengikuti ketentuan SNI 2847:2019; Pasal 8.3.1.1; Hal-133, yaitu pelat tanpa balok perangkai
Medium Stiff Beam	$0{,}2 \leq a_{fm} \leq 2{,}0$	Terbesar dari: $\frac{L_n\left(0{,}8 + \frac{f_y}{1400}\right)}{36 + 5\beta\left(a_{fm} - 0{,}2\right)}$; 125 mm
Very Stiff Beam	$a_{fm} \geq 0{,}2$	Terbesar dari: $\frac{L_n\left(0{,}8 + \frac{f_y}{1400}\right)}{36 + 9\beta}$; 90 mm

(Sumber : SNI 2847:2019)

Berdasarkan SNI 2847:2019, untuk menganalisis kekuatan pelat dua arah dengan tahapan perhitungan yang dirincikan sebagai berikut:

Tulangan Pelat Arah y

1. Menghitung rasio tulangan

$$dx = h - t_s - \emptyset_{tul} - \left(\frac{\emptyset_{tul}}{2}\right) \quad \text{..... (2.21)}$$

$$R_n = \frac{M_{ny}}{\emptyset \times b \times d_x^2} \quad \text{..... (2.22)}$$

$$m = \frac{f_y}{0{,}85 \times f_c'} \quad \text{..... (2.23)}$$

Sehingga diperoleh rasio tulangan ρ:

$$\rho = \frac{1}{m} \times \left(1 - \sqrt{\frac{2 \times m \times R_n}{f_y}}\right) \quad \text{..... (2.24)}$$

Syarat:

$$\rho_{min} < \rho \quad \text{..... (2.25)}$$

2. Menghitung tinggi blok tegangan beton tekan

   Luasan tulangan yang terpasang:

$$A_s = \frac{1000}{s} \times \frac{1}{4} \times \pi \times D^2 \quad \text{(2.26)}$$

   Tinggi blok tegangan beton:

$$a = \frac{A_S \times f_y}{0{,}85 \times f_c' \times b} \quad \text{(2.27)}$$

3. Menghitung momen nominal

$$M_n = A_s \times f_y \times \left(d - \left(\frac{a}{2}\right)\right) \quad \text{(2.28)}$$

4. Menghitung momen desain pelat

$$M_r = \emptyset \times M_n^2 \quad \text{(2.29)}$$

Syarat:

$$M_r > M_u \quad \text{(2.30)}$$

Tulangan Pelat Arah x

5. Menghitung rasio tulangan

$$dx = h - t_s - \emptyset_{tul} - \left(\frac{\emptyset_{tul}}{2}\right) \quad \text{(2.31)}$$

$$R_n = \frac{M_{ny}}{\emptyset \times b \times d_x^2} \quad \text{(2.32)}$$

$$m = \frac{f_y}{0{,}85 \times f_c'} \quad \text{(2.33)}$$

Sehingga diperoleh rasio tulangan ρ:

$$\rho = \frac{1}{m} \times \left(1 - \sqrt{\frac{2 \times m \times R_n}{f_y}}\right) \quad \text{(2.34)}$$

Syarat:

$$\rho_{min} < \rho \quad \text{(2.35)}$$

6. Menghitung tinggi blok tegangan beton tekan

   Luasan tulangan yang terpasang:

$$A_s = \frac{1000}{s} \times \frac{1}{4} \times \pi \times D^2 \quad \text{(2.36)}$$

   Tinggi blok tegangan beton:

$$a = \frac{A_S \times f_y}{0{,}85 \times f_c' \times b} \quad \text{(2.37)}$$

7. Menghitung momen nominal

$$M_n = A_s \times f_y \times \left(d - \left(\frac{a}{2}\right)\right) \quad \text{(2.38)}$$

8. Menghitung momen desain pelat

$$M_r = \emptyset \times M_n^2 \quad \text{(2.39)}$$

Syarat:

$$M_r > M_u \quad \text{(2.40)}$$

2.6 Balok

Balok memiliki fungsi utama sebagai elemen yang meneruskan beban

gravitasi dari pelat lantai kedalam elemen kolom, berupa gaya dan momen. Selain meneruskan beban dari pelat lantai, balok juga berfungsi sebagai salah satu elemen yang menahan beban gempa, dengan menyerap energi gempa melalui sendi plastis pada ujungnya sehingga struktur tetap stabil (Lesmana, 2020a).

Untuk melakukan analisis pada balok dibagi menjadi dua bagian, yaitu analisis kapasitas lentur balok dan analisis kapasitas geser balok.

Analisis Kapasitas Lentur Balok

1. Perhitungan luas tulangan aktual

$$A_{tulangan} = \frac{1}{4}\pi D^2 \quad \text{..... (2.41)}$$

Apabila tulangan yang dipasang lebih dari satu lapis, maka perlu dihitung tinggi efektif balok yang baru (*d*)

$$y = \frac{(n_1 \times A_{tulangan} \times l_1) + (n_2 \times A_{tulangan} \times l_2)}{n_{total} \times A_{tulangan}} \quad \text{..... (2.42)}$$

Sehingga tinggi efektif balok yang baru (*d*), yaitu:

$$d = h - y \quad \text{..... (2.43)}$$

2. Perhitungan nilai tinggi garis netral (c)

   Tulangan aktual

$$A_s = n \times A_{tulangan} \quad \text{..... (2.44)}$$

$$A_s{}' = n \times A_{tulangan} \quad \text{..... (2.45)}$$

   Keseimbangan gaya:

$$T = C_c + C_s \quad \text{..... (2.46)}$$

   Dimana:

$$T = A_s + f_y \quad \text{..... (2.47)}$$

$$C_c = 0{,}85 \times f_c{}' \times b \times (\beta_1 . c) \quad \text{..... (2.48)}$$

$$C_s = A_s' \times f_s' = A_s' \times \left(\frac{(c - d')}{c} \times 600\right) \quad \text{..... (2.49)}$$

3. Perhitungan nilai tegangan pada tulangan tekan

$$f_s' = \left(\frac{(c - d')}{c} \times 600\right) \quad \text{..... (2.50)}$$

4. Perhitungan nilai tinggi blok tegangan *Whitney* (*a*)

$$a = \frac{[(A_s \times f_y)(A_s{}' \times f_y{}')]}{0{,}85 \times f_s{}' \times b} \quad \text{..... (2.51)}$$

5. Penentuan kategori penampang dan faktor reduksi

   Parameter-1: menggunakan parameter ε_t

$$\varepsilon_t = \frac{(d_t - c)}{c} \times 0{,}003 \quad \text{..... (2.52)}$$

   Dengan ketentuan:

   $\varepsilon_t \geq 0{,}005$ maka balok tergolong *tension controlled* (kontrol tarik).

$0{,}002 < \varepsilon_t < 0{,}005$ maka balok tergolong *compression controlled* (kontrol tekan)

Parameter-2: menggunakan parameter $\frac{c}{d_t}$

$$\frac{c}{d_t} \quad (2.53)$$

Dengan $c = \frac{a}{\beta_1}$

Dengan ketentuan:

$\frac{c}{d_t} \leq 0{,}375$ maka balok tergolong *tension controlled* (kontrol tarik).

$0{,}006 < \frac{c}{d_t} < 0{,}375$ maka balok tergolong *transition.*

$\frac{c}{d_t} < 0{,}006$ maka balok tergolong *compression controlled* (kontrol tekan).

Apabila hasil tergolong *compression controlled*, maka perlu dilakukan perencanaan ulang karena sifat keruntuhan getas. Apabila tergolong *transition controlled* maka faktor reduksi dihitung dengan persamaan (2.54) dan (2.55). apabila tergolong *tension controlled* maka nilai faktor reduksi

$$\Phi = 0{,}75 + 0{,}15\frac{(\varepsilon_t - \varepsilon_{ty})}{(0{,}005 - \varepsilon_{ty})} \quad (2.54)$$

$$\Phi = 0{,}65 + 0{,}25\frac{(\varepsilon_t - \varepsilon_{ty})}{(0{,}005 - \varepsilon_{ty})} \quad (2.55)$$

6. Perhitungan kuat nominal dan cek kapasitas balok

$$M_n = M_{n1} + M_{n2} \quad (2.56)$$

Syarat:

$$\Phi M_n > M_u \quad (2.57)$$

Analisis Kapasitas Geser Balok

1. Perhitungan luas tulangan aktual A_v

$$A = \frac{1}{4}\pi D^2 \quad (2.58)$$

$$A_v = n \times A \quad (2.59)$$

2. Perhitungan kuat geser dari tulangan geser Vs

$$V_s = \frac{A_v \times f_{yt} \times d}{s} \quad (2.60)$$

3. Perhitungan kuat geser dari tulangan geser Vc

$$V_c = 0{,}17 \times \lambda \times \sqrt{f_c'} \times b_w \times d \quad (2.61)$$

4. Perhitungan kuat nominal Vn

$$V_n = V_s + V_c \quad (2.62)$$

5. Cek kapasitas geser

$$\Phi V_n > V_u \quad (2.63)$$

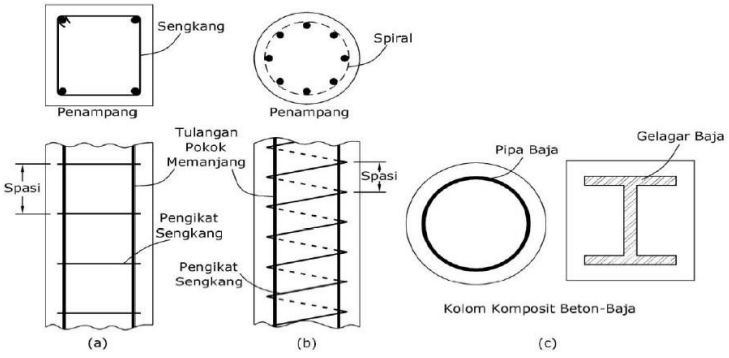
2.7 Kolom

Berdasarkan SNI 2847:2019 tentang Persyaratan Beton Struktural Untuk Bangunan Gedung dan Penjelasan, kolom merupakan komponen

struktur vertikal yang digunakan untuk memikul beban tekan aksial dan juga dapat memikul momen, geser atau torsi. Kolom yang digunakan sebagai penahan beban lateral menahan kombinasi beban aksial, momen dan geser. Menurut Asroni (2010), kekuatan kolom ditinjau dari kemapuannya dalam menahan beban kombinasi secara bersamaan, seperti aksial (Pu) dan momen (Mu). Menurut jenisnya, kolom memiliki variasi bentuk penampang maupun susuan tulangannya, serta posisi beban aksial pada penampang tersebut.

Kegagalan struktur kolom akan berakibat pada runtuhnya struktur lain yang berhubungan langsung dengan kolom tersebut, atau dapat terjadi keruntuhan seluruh struktur bangunan. Dalam buku Struktur Beton Bertulang oleh Dipohusodo (1993) di jelaskan bahwa kegagalan struktur atau keruntuhan umumnya tidak diawali dengan menunjukkan tanda yang jelas atau bersifat mendadak. Secara garis besar ada tiga jenis kolom beton bertulang yang dijelaskan dalam buku ini, kolom tersebut dapat dirincikan sebagai berikut:

1. Kolom menggunakan pengikat sengkang lateral
   kolom jenis ini memiliki tulangan pokok memanjang, dengan jarak spasi tertentu diikat dengan pengikat sengkang kearah lateral sehingga penulangan keseluruhan membentuk kerangka, dapat dilihat pada **Gambar 2.1.a**.
2. Kolom menggunakan pengikat spiral
   Kolom jenis ini memiliki bentuk yang sama dengan yang pertama hanya saja sebagai pengikat tulangan pokoknya yaitu tulangan spiral yang dililitkan keliling membentuk heliks menerus sepanjang kolom, dapat dilihat pada **Gambar 2.1.b**.
3. Struktur kolom komposit
   Kolom jenis ini merupakan suatu komponen struktur tekan yang diperkuat pada arah memanjang dengan menggunakan suatu baja profil atau pipa dengan atau tanpa diberi batang tulangan pokok memanjang, dapat dilihat Pada **Gambar 2.1.c**.



Gambar 2.1 Jenis-jenis Kolom
(Sumber: Dipohusodo, 1993)

Pada bangunan gedung administrasi Sekolah Tinggi ilmu Hukum Adhyaksa Jambi yang akan alih fungsi bangunan menggunakan jenis kolom pengikat sengkang lateral dan bentuk kolom *exsisting* dilapangan berbentuk persegi.

Analisis Kolom

Kolom adalah batang tekan vertikal dari struktur rangka yang menopang beban dari balok. Kolom akan meneruskan beban yang terjadi dari elevasi atas ke elevasi bawah hingga akhirnya sampai ke tanah melalui pondasi (Nawi, 2003). Jika gaya yang bekerja pada kolom semakin ditambah secara secara perlahan maka semakin lama akan menimbulkan lenturan pada kolom dan akhirnya mengalami keruntuhan. Beban atau gaya yang terjadi dapat di tahan oleh kolom sangat ditentukan oleh dimensi dari potongan melintang dan material kolom yang digunakan (McCormac & Brown, 2013). Secara sederhana kolom dapat diartikan sebagai struktur penahan gyaa aksial tekan dan momen lentur.

Pada buku Struktur Beton Bertulang oleh Dipohusodo (1993) di jelaskan mengenai analisis dan perencanaan masih terbatas kolom pendek, yang mana tidak termasuk dalam mempertimbangkan kemungkinan terjadinya tekuk (*buckling*) pada kolom. Dalam peraturan tidak memberikan penjelasan mengenai batas panjang maksimum kolom pendek, tetapi menetapkan digunakannya suatu proses evluasi kelangsingan kolom pada batas nilai rasio kelangsingan tertentu. Pada dasarnya SK SNI T-15-1991-03 menggolongkan komponen struktur tekan menjadi dua, yaitu struktur kolom pendek dan kolom langsing.

Berdasarkan SK SNI T-15-1991-03 pada pasal 3.3.11 ayat 4 menjelaskan bahwa untuk struktur tekan efek kelangsingan dapat diabaikan pada rangka apabila rasio kelangsingan memenuhi syarat sebagai berikut:

$$\frac{k\,l_u}{r} < 34 - 12\left(\frac{M_{1b}}{M_{2b}}\right) \quad \text{.....(2.64)}$$

$$Cc = \sqrt{\frac{2\pi^2 E}{Fy}} \quad \text{.....(2.65)}$$

Keterangan:
k = Rasio kelangsingan
l_u = Panjang batang
r = jari-jari inersia penampang kolom ($\sqrt{\frac{I}{A}}$)
I = Momen inersia
A = Luas penampang kolom
Cc = Batas tekuk elastis
E = Modulus elastis
Fy = Mutu tulangan baja

Terdapat dua kategori kolom, yaitu kolom panjang dan pendek. Kolom panjang merupakan kolom yang memiliki dimensi arah memanjang jauh lebih besar dibandingkan dimensi arah lateral dan kegagalannya ditentukan pada tekuk. Sedangkan kolom pendek merupakan suatu struktur yang perbandingannya antara dimensi penampang melintang dan panjang relatif lebih kecil.

1. Kolom panjang

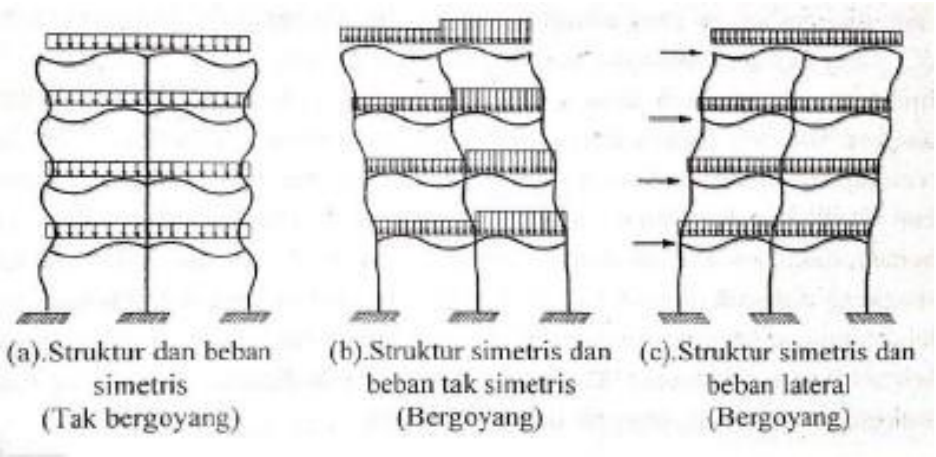
$$\frac{k\,l_u}{r} > Cc \quad \text{.....(2.68)}$$

2. Kolom pendek

$$\frac{k\,l_u}{r} < Cc \quad \text{.....(2.69)}$$

Umumnya kolom pada bangunan gedung didesain sebagai kolom langsing-bergoyang. Biasanya perencanaan ini mempertimbangkan dimensi yang lebih langsing dan beban yang dipikul struktur. SNI 2847:2019 pada pasal 10.6.1.1 menjelaskan tentang batas rasio tulangan kolom, yaitu batas minimum 1% dan batas maksimum 8%.

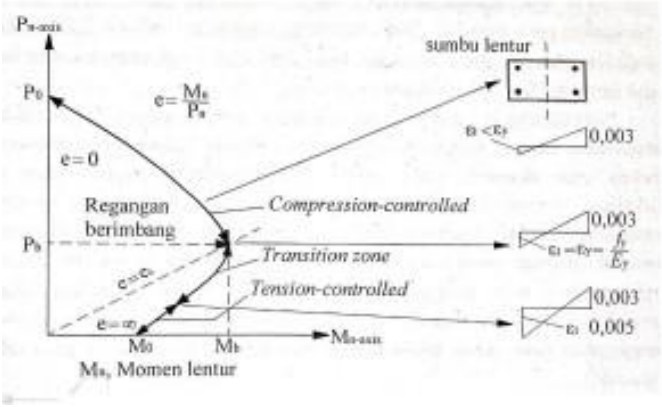
Berdasar dari sistem struktur dan pembebanan, ada dua jenis kolom yang dibedakan yaitu, kolom bergoyang dan kolom tak bergoyang. Kolom disebut tak bergoyang apabila kolom tersebut hanya menerima beban gravitasi dengan beban simetris sedangkan kolom disebut bergoyang apabila kolom menerima beban gravitas dan beban arah lateral atau beban yang tidak simetris sehingga terjadinya perpindahan arah lateral pada kolom tersebut. Dapat dilihat pada **Gambar 2.2**.



Gambar 2.2 Struktur Kolom Bergoyang dan Tak Bergoyang
(Sumber: Lesmana, 2021)

Seperti yang dijelaskan diatas, kolom sebagai elemen struktur yang memikul beban aksial tekan dan momen lentur akan menimbulkan interaksi antara kedua beban tersebut dan menghasilkan banyak kombinasi

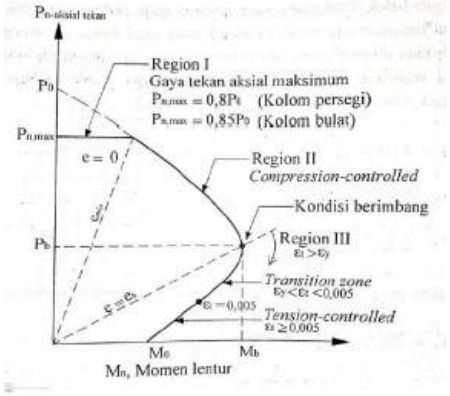
pembebanan, sehingga interaksi aksial tekan (P) dan momen lentur (M) dapat digambarkan pada sebuah diagram interaksi $P - M$.



Gambar 2.3 Diagram Interaksi $P - M$
(Sumber: Lesmana, 2021)

Berdasarkan **Gambar 2.3**, diagram interaksi terbagi menjadi dua kondisi, yaitu kondisi tekan (*compression*) dan tarik (*tension*). Pada saat kondisi tekan, hampir seluruh penampang kolom mencapai kondisi regangan maksimum tekan $\varepsilon_c = 0{,}003$, sebelum tulangan baja mengalami leleh $\varepsilon_y = f_s/E_s$. Pada saat kondisi tarik, hampir seluruh penampang kolom mencapai kondisi regangan leleh (ε_y) dan juga mencapai regangan tekannya ($\varepsilon_c = 0{,}003$). Adapun diantara dua kondisis tersebut terdapat suatu kondisi berimbang antara P dan M yang biasa disebut dengan kondisi regangan berimbang (*balanced strain condition*). Dan dapat dilihat bahwa perbandingan P dan M dapat dinyatakan sebagai eksentrisitas (e).

Saat kolom menerima beban tekan eksentris, maka kolom menerima pengaruh tekan dan juga pengaruh terhadap momen. Metode pendekatan untuk merencanakan elemen struktur kolom yang memikul beban aksial tekan dan momen lentur berpedoman pada metode desain kekuatan, dikategorikan menjadi tiga, yaitu seperti yang dapat dilihat pada **Gambar 2.4** berikut.



Gambar 2.4 Kategori Desain untuk Elemen Kombinasi Tekan dan Lentur
(Sumber: Lesmana, 2021)

Berdasarkan **Gambar 2.4** dapat dilihat bahwa kategori desain kolom dibedakan menjadi tiga region dan juga terbagi menjadi tiga kondisi. Perbedaan kategori desain ini berpengaruh terhadap faktor reduksi kekuatan (ϕ) yang digunakan. Faktor reduksi kekuatan yang digunakan untuk momen, gaya aksial atau kombinasi momen dan gaya aksial pada elemen struktur kolom harus sesuai dengan SNI 2847:2019 Pasal 21.2 seperti yang dapat dilihat pada **Tabel 2.13** berikut.

Tabel 2.13. Faktor Reduksi Kekuatan (ϕ) untuk Momen, Gaya Aksial, atau Kombinasi Momen dan Gaya Aksial

Regangan tarik netto	**Klasifikasi**	ϕ	
		Jenis tulangan transversal	
		Spiral	**Lainnya**
$\varepsilon_t \leq \varepsilon_{ty}$	Tekanan terkontrol	0,75	0,65
$\varepsilon_{ty} < \varepsilon_t < 0{,}005$	transisi	$0{,}75 + 0{,}15\frac{(\varepsilon_t - \varepsilon_{ty})}{(0{,}005 - \varepsilon_{ty})}$	$0{,}65 + 0{,}25\frac{(\varepsilon_t - \varepsilon_{ty})}{(0{,}005 - \varepsilon_{ty})}$
$\varepsilon_t \geq 0{,}005$	Tegangan terkontrol	0,90	0,90

(Sumber : SNI 2847:2019)

Kolom yang mengalami lentur akibat momen biasanya cenderung menimbulkan tekanan pada satu sisi kolom dan tarikan pada sisi lainnya karena gaya yang diakibatkan oleh beban aksial maupun momen relatif besar. Beban yang di topang oleh kolom akan berhubungan diagram interaksi $P - M$ (Prakosa, 2010). Beban tersebut akan dirincikan sebagai berikut:

1. Beban aksial yang besar dan mengabaikan momen yang terjadi
   Pada kondisi ini, keruntuhan akan terjadi (keruntuhan beton) dan semua tulangan dalam kolom mencapai tegangan leleh dan tekan, dapat dilihat pada **Gambar 2.5.a**.
2. Beban aksial yang terjadi besar dan momen yang terjadi relatif kecil
   Seluruh penampang kolom tertekan akibat beban aksial dan momen lentur kecil dimana akan terjadi eksentrisitas kecil yang dapat menyebabkan kolom mengalami tekan disalah satu sisinya dan tegangan maksimum pada kolom sebesar 0,85 *fc.* Dapat dilihat pada **Gambar 2.5.b**.
3. Beban aksial dengan jarak eksentrisitas lebih besar dari kasus (2) dan momen yang terjadi kecil
   Pada kondisi ini, salah satu penampang kolom mengalami gaya tarik dan sisi lainnya mengalami gaya tekan sehingga salah satu sisi lainnya akan mengalami keruntuhan akibat gaya aksial tekan. Dapat dilihat pada **Gambar 2.5.c**.
4. Eksentrisitas lebih besar dari kasus (3) menyebabkan kondisi beban berimbang

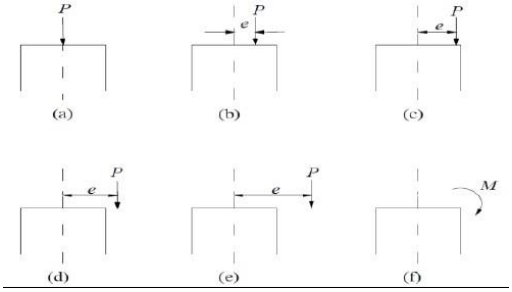
Pada kondisi ini, struktur kolom akan berada dalam kondisi tulangan pada sisi tarik mencapai titik leleh dan beton mencapai titik tekan maksimum. Dapat dilihat pada **Gambar 2.5.d**.

5. Beban aksial relatif kecil dan momen yang terjadi besar

   Pada kondisi ini, keruntuhan struktur kolom yang diakibatkan eksentrisitas semakin bertambah sehingga tulangan tulangan mencapai leleh sebelum hancurnya beton. Dapat dilihat pada **Gambar 2.5.e**.

6. Momen lentur yang terjadi besar

   Pada kondisi ini, keruntuhan pada struktur kolom sama dengan keruntuhan yang terjadi pada sebuah balok. Dapat dilihat pada **Gambar 2.5.f**.



Gambar 2.5 Kolom Menerima Beban dengan Eksentrisitas yang Terus Diperbesar
(Sumber: Prakosa, 2010)

Metode Analisis Kolom

1. Penentuan skema pembebanan pada kolom
2. Penentuan parameter pendukung
   a. Parameter material

$$E_c = 4700\sqrt{fc'} \quad \text{.....(2.70)}$$

$$E_c = 200000\ MPa \quad \text{.....(2.71)}$$

   b. Parameter penampang kolom

$$I = \frac{1}{12}bh^3 \quad \text{.....(2.72)}$$

$$r = \sqrt{\frac{I}{Ag}} \quad \text{.....(2.73)}$$

   c. Parameter penampang balok

$$I = \frac{1}{12}bh^3 \quad \text{.....(2.74)}$$

   d. Nilai d' penampang kolom

$$d' = t_s + \emptyset_s + \frac{1}{12}D \quad \text{.....(2.75)}$$

   e. Nilai γ penampang kolom

$$\gamma = \frac{(h-(2d'))}{h} \quad \text{.....(2.76)}$$

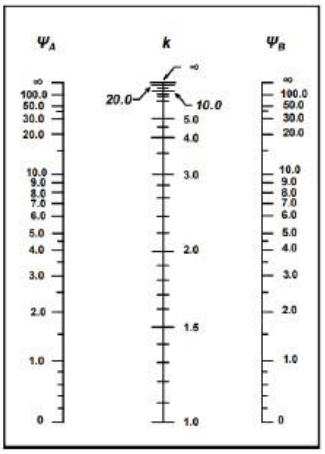
3. Perhitungan nilai kekakuan struktur kolom (k)

a. Parameter pada bagian atas kolom

$$\Psi_A = \frac{\Sigma\left(\frac{EI}{l}\right)_{Kolom}}{\Sigma\left(\frac{EI}{l}\right)_{Balok}} \quad \text{.....(2.77)}$$

b. Parameter pada bagian bawah kolom

$$\Psi_B = \frac{\Sigma\left(\frac{EI}{l}\right)_{Kolom}}{\Sigma\left(\frac{EI}{l}\right)_{Balok}} \quad \text{.....(2.78)}$$



Gambar 2.6 Nilai k berdasarkan *Jackson & Moreland Aligment Chart* untuk rangka bergoyang
(Sumber: Lesmana, 2021)

4. Analisis kelangsingan kolom

   Berdasarkan SNI 2847:2019 Pasal 6.2.5 menjelaskan bahwa pengaruh kelangsingan boleh diabaikan jika poin a dan b terpenuhi:

   a. Untuk kolom yang tidak ditahan terhadap goyang samping:

   $$\frac{kl_u}{r} \leq 22 \quad \text{.....(2.79)}$$

   b. Untuk kolom yang ditahan terhadap goyangan samping:

   $$\frac{kl_u}{r} \leq 34 + 12\left(\frac{M_1}{M_2}\right) \quad \text{.....(2.80)}$$

   Dan

   $$\frac{kl_u}{r} \leq 40 \quad \text{.....(2.81)}$$

5. Analisis pembesaran momen (δ_s)

   a. Nilai $(EI)_{eff}$ untuk kolom komposit harus dihitung berdasarkan SNI 2847:2019 Pasal 6.6.4.4.4, dengan nilai β_{dns} bisa diambil sebesar 0,6.

   $$(EI)_{eff} = \frac{0{,}4E_cI_g}{1+\beta_{dns}} \quad \text{.....(2.82)}$$

   $$(EI)_{eff} = \frac{(0{,}2E_cI_g + E_sI_{se})}{1+\beta_{dns}} \quad \text{.....(2.83)}$$

   $$(EI)_{eff} = \frac{E_cI}{1+\beta_{dns}} \quad \text{.....(2.84)}$$

   b. Nilai tekuk kritis dari penampang kolom (P_c)

   $$(P_c) = \frac{\pi^2(EI)_{eff}}{(kl_u)^2} \quad \text{.....(2.85)}$$

c. Faktor pembesaran (δ)

$$\delta = \frac{1}{1\frac{P_u}{0{,}75P_c}} \quad \text{.....(2.86)}$$

6. Analisis pembesaran momen (M_c)

$$M_c = \delta M_2 \quad \text{.....(2.87)}$$

SNI 2847:2019 Pasal 6.6.4.5.4, menjelaskan bahwa nilai $M_2 \geq M_{2,min}$ dengan

$$M_{2,min} = P_u(15 + 0{,}03h) \quad \text{.....(2.88)}$$

7. Analisis tulangan berdasarkan diagram interaksi $P - M$

Setelah didapatkan nilai tekan aksial ultimate (P_u) dan momen ultimate (M_u) dari analisis pada *software* ETABS. Selanjutnya dihitung nilai besaran eksentrisitas (e) pada kolom dengan menggunakan persamaan 2.89 berikut.

$$e = \frac{M_u}{P_u} \quad \text{.....(2.89)}$$

kemudian dihitung nilai rasio tulangan (ρ) dengan persamaan berikut.

Sumbu-x:

$$R_n = \frac{R_n e}{f_c{}' A_g h} \quad \text{.....(2.90)}$$

Sumbu-y:

$$K_n = \frac{P_n}{f_c{}' A_g} \quad \text{.....(2.91)}$$

Kemudian dari nilai Rn dan Kn dapatkan rasio tulangan (ρ) dari diagram interaksi berdasarkan ACI 318-14 sesuai dengan nilai mutu beton, mutu tulangan dan γ penampang kolom. Setelah didapatkan nilai rasio tulangan kolom, dihitung spasi bersih antar tulangan harus memenuhi syarat SNI 2847:2019; Pasal 25.2.3 dengan spasi bersih harus tidak kurang dari nilai terbesar dari:

$$s \geq 40\ mm \quad \text{.....(2.92)}$$

$$s \geq 1{,}5d_b \quad \text{.....(2.93)}$$

$$s \geq \left(\frac{3}{3}\right) d_{agregat} \quad \text{.....(2.94)}$$

8. Cek kapasitas aksial kolom

a. Pemeriksaan eksentrisitas kolom

$$e = \frac{M_u}{P_u} \quad \text{.....(2.95)}$$

b. Perhitungan kapasitas aksial kolom

Kekuatan tekan aksial nominal P_n tidak boleh melebihi $P_{n,max}$ sesuai **Tabel 2.14.** berikut.

Tabel 2.14. Kekuatan Aksial Maksimum

Komponen	Tulangan tranversal	$P_{n,max}$
Nonprategang	Sengkang persegi	$0{,}80P_o$
	Sengkang spiral	$0{,}85P_o$
Prategang	Sengkang persegi	$0{,}80P_o$
	Sengkang spiral	$0{,}85P_o$

Tabel 2.14. Kekuatan Aksial Maksimum (Lanjutan)

Komponen	**Tulangan tranversal**	$P_{n,max}$
Kolom komposit dan kolom beton	Semua	$0{,}85P_o$

(Sumber : SNI 2847:2019)

Nilai P_o untuk komponen nonprategang dihitung dengan persamaan berikut:

$$P_o = 0{,}85f_c'\left(A_g - A_{st}\right) + f_y A_{st} \quad \text{.....(2.96)}$$

Dimana A_{st} merupakan luas total tulangan longitudinal prategang.

9. Kapasitas geser kolom
   a. Menghitung nilai kuat tekan beton (V_c)

$$V_c = 0{,}17\left(1 + \frac{N_u}{14A_g}\right)\lambda\sqrt{f_c'}\, b_w d \quad \text{.....(2.97)}$$

   b. Pemeriksaan kemampuan penampang

$$V_u = \phi\left(V_c + 0{,}66\sqrt{f_c'}\, b_w d\right) \quad \text{.....(2.98)}$$

   c. Menghitung V_s rencana

$$\phi V_s = V_u - \phi V_c \quad \text{.....(2.99)}$$

2.8 *Software* ETABS

Software ETABS merupakan salah satu *software* yang digunakan untuk menghitung struktur bangunan. ETABS (*Extended Three Analysis Building Systems*) merupakan *software* analisis struktur yang sering digunakan dalam analisis suatu bangunan gedung bertingkat. *Software* ini dikembangkan oleh perusahaan *Computers and Structures, Incorporate* (CSI) yang berlokasi di Amerika Serikat. *Software* ETABS sangat membantu para perencana dalam menganalisis lima perencanaan struktur bangunan, yaitu:

1. Analisis *frame* baja
2. Analisis *frame* beton
3. Analisis balok komposit
4. Analisis baja rangka batang
5. Analisis dinding geser

Software ini sangat cocok digunakan karena hasil analisis struktur yang telah di modelkan memiliki ketepatan dalam keluaran hasilnya dan waktu yang diperlukan dalam analisis relatif lebih singkat. Selain itu kelebihan *software* ini yaitu:

1. Fitur yang dimiliki sangat beragam dan lebih mudah dioperasikan karena semua fitur pada *software* ini hanya difokuskan pada desain struktur gedung saja.
2. Data karakteristik gedung yang akan dilakukan desain analisis struktur dapat di buat dengan lebih cepat dan relatif lebih praktis mulai dari

penentuan satuan yang akan digunakan, jumlah lantai dan mengatur ketinggian antar lantai sama.

Langkah-langkah dalam mengoperasikan *software* ETABS dalam menganalisis suatu struktur bangunan adalah sebagai berikut:

1. Tahap pengumpulan data

   Tahap ini merupakan tahap yang harus dilakukan sebelum mendesain dalam *software* tersebut. Data yang harus dikumpulkan adalah:

   a. Denah dan dimensi bangunan
   b. Dimensi elemen struktur (kolom, balok, dan pelat lantai)
   c. Mutu material (beton dan baja tulangan)
   d. Besaran pembebanan yang digunakan
   e. Nilai respon spektrum gempa (jika perlukan)

2. Tahap *input*

   Jika semua data telah terkumpul, maka selanjutnya di *input* kedalam *software* ETABS. Hasil dari input ini akan berbentuk suatu model bangunan yang direncanakan serta pembebanan pada gedung tersebut. Langkahnya:

   a. Mendefinisikan grid dan material
   b. Mendefinisikan dimensi dan penulangan pelat lantai, balok dan kolom
   c. Mendefinisikan pembebanan pada gedung
   d. Mendefinisikan desain respon spektrum (jika diperlukan)

3. Tahap analisis

   Tahapan ini merupakan proses dimana perhitungan data-data yang telah di masukkan kedalam *software* ETABS untuk nantinya melihat kesesuaian antara beban rencana dan model.

4. Tahap *output*

   Tahap ini merupakan tahap keluaran hasil dari analisis yang dilakukan yang dapat berupa nilai-nilai gaya dalam yang terjadi pada setiap struktur yang ada pada model.

2.9 Studi Penelitian Terdahulu

Dalam penelitian evaluasi kekuatan *existing* struktur atas bangunan akibat rencana alih fungsi bangunan gedung administrasi menjadi gedung perpustakaan Sekolah Tinggi ilmu Hukum Adhyaksa Jambi ini penulis banyak meninjau penelitian-penelitian sebelumnya yang membahas tentang perhitungan struktur gedung. Yang mana ini akan dijadikan sumber referensi dalam melihat perhitungan strukturnya, pembebanan yang dipakai, tahapan rumus dan penggunaan *software* ETABS serta berbagai teori-teori perkuatan

yang dapat digunakan dalam penelitian ini. Beberapa penelitian yang ditinjau dapat ditinjau pada **Tabel 2.15** berikut.

Tabel 2.15. Penelitian Terdahulu

No.	Deskripsi Penelitian	Hasil Penelitian
1.	Analisis Kekuatan Struktur Kolom Akibat Rencana Alih Fungsi Gedung Rektorat Menjadi Gedung Perpustakaan Universitas Jambi Penulis : Boby Dwi Pangestu (2021) Skripsi	Penelitian ini bertujuan untuk menganalisa kekuatan struktur kolom utama akibat alih fungsi Gedung Rektorat. Hasil dari penelitian ini menggunakan *software* ETABS bahwa kolom utama masih mampu menopang beban-beban yang bekerja secara maksimal. Dan dikategorikan layak digunakan pada gedung rektorat setelah dilakukannya alih fungsi bangunan menjadi gedung perpustakaan, namun perlu ditinjau dari hasil analisis struktur elemen lainnya seperti pelat lantai, balok dan pondasi dengan tujuan untuk melihat apakah struktur tersebut mampu untuk menahan beban tersebut.
2.	Analisis Kekuatan *Existing* Struktur Atas Bangunan Sayap Kanan Rumah Sakit Pendidikan Universitas Jambi	Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui kekuatan struktur pelat lantai, balok, dan kolom beton bertulang pada Bangunan Sayap Kanan Rumah Sakit Pendidikan Universitas
	Penulis : Ekom Ofronazel (2022) Skripsi	Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui kekuatan struktur pelat lantai, balok, dan kolom beton bertulang pada Bangunan Sayap Kanan Rumah Sakit Pendidikan Universitas Jambi berdasarkan SNI 1726:2019, SNI 2847:2019, dan SNI 1727:2020. Hasil dari penelitian ini pada elemen pelat lantai , balok maupun kolom tidak semuanya dapat menahan atau memenuhi syarat kekuatan momen dan gaya geser. Hanya terdapat beberapa elemen yang masih digolongkan mampu atau kuat dalam menahan beban yang bekerja.
3.	Analisis Kekuatan Struktur Bangunan 4 Lantai (Studi Kasus: Gedung Tengah Rumah Sakit Pendidikan Universitas Jambi)	Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui analisis kekuatan elemen struktur atas gedung tengah Rumah Sakit Pendidikan Universitas Jambi yang berpedoman pada SNI
	Penulis : Siti Inayah Natasya (2022)	1726:2019, SNI 2847:2019 dan SNI 1727:2020. Hasil dari penelitian ini pada

Tabel 2.6. Penelitian Terdahulu (Lanjutan)

No.	Deskripsi Penelitian	Hasil Penelitian
3.	Skripsi	elemen pelat lantai , balok maupun kolom tidak semuanya dapat menahan atau memenuhi syarat kekuatan momen dan gaya geser. Hanya terdapat beberapa elemen yang masih tergolong mampu menahan beban yang direncanakan.
4.	Evaluasi Dan Analisis Perkuatan Bangunan Yang Bertambah Jumlah Tingkatnya Penulis : Cintya Violita Saruni, Servie O. Dapas dan H. Manalip (2017) Jurnal Sipil Statik Vol.5 No.9 November 2017 (591-602) ISSN : 2337-6732	Pada penelitian ini ditujukan untuk mendapatkan hasil evaluasi struktur akibat rencana penambahan tingkat bangunan dan sebagai rekomendasi perencanaan perkuatan pada elemen-elemen struktur *eksisting* yang dibutuhkan perkuatan. Hasil dari penelitian ini dengan di bantu *software* ETABS yaitu balok dan pelat masih cukup kuat dalam menopang beban yang direncanakan dan memenuhi untuk perencanaan penambahan 1 tingkat. Selain itu pada struktur kolom terdapat beberapa yang memiliki rasio tegangan > 1 dan juga sebaliknya. Jika rasio tegangan < 1 maka diperlukan perkuatan kolom pada struktur awal.
5.	Analisis Struktur Balok dan Pelat Lantai Akibat Alih Fungsi Bangunan (Studi Kasus : Gedung Rektorat Universitas Jambi) Penulis : Nurhaliza, M. Nuklirullah, Fetty Febriasti Bahar (2021) Jurnal Teknik Sipil Volume 10 No 2	Pada penelitian ini bertujuan untuk mengetahui kekuatan struktur balok dan pelat lantai akibat alih fungsi bangunan. Hasil dari penelitian ini yaitu, hasil analisis ETABS dan perhitungan manual memperoleh nilai momen nominal (Mn), momen *ultimate* (Mu) dan besarnya lendutan yang terjadi pada pelat lantaii yang digunakan untuk cek kekuatan penampang balok dan pelat lantai. Dan hanya terdapat bebrapa elemen yang tidak dapat menahan beban dan tidak memenuhi syarat pada saat cek lendutan.
6.	Evaluasi Kapasitas Kolom Beton Bertulang yang Diperkuat Dengan Metode *Concrete Jacketing* Penulis: Jenefer Teofany Kaontole, M.D.J Sumajouw, R.S Windah (2015)	Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh metode *Concrete Jacketing* terhadap kapsitas kolom beton bertulang. Hasil dari penelitian ini perbaikan dengan menggunakan metode *Concrete Jacketing* mempunyai pengaruh signifikan. Dengan adanya perhitungan kapasitas kolom (Pn_{maks}) secara

Tabel 2.6. Penelitian Terdahulu (Lanjutan)

No.	Deskripsi Penelitian	Hasil Penelitian
	Jurnal Sipil Statik	analitis menunjukkan hasil yang lebih signifikan, dimana Pn_{maks} yang didapat menggunakan rumus lebih besar nilainya dibandingkan hasil pengujian kolom di laboratorium.
	Vol.3 No.3 Maret 2015 (167-174) ISSN : 2337-6732	

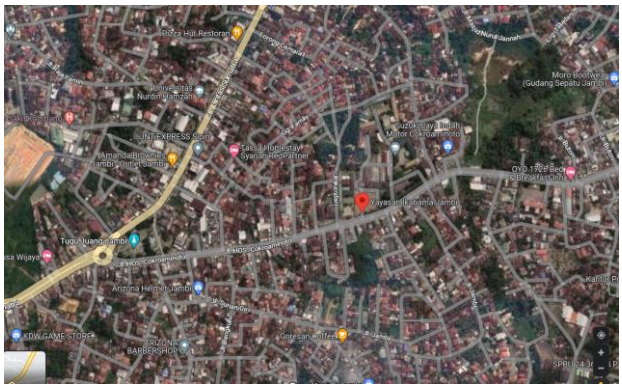
Setelah meninjau hasil penelitian terdahulu, maka penulis menyimpulkan bahwa *software* ETABS sangat dibutuhkan karena dapat membantu pada saat meninjau kembali kekuatan struktur jika mengalami perubahan baik itu dari fungsi, beban maupun dimensi gedung. Dengan hasil dari *output software* ini berupa pengecekan model, pengecekan ketidakbeaturan struktur, pengecekan simpangan antar tingkat, pengecekan P-Delta dan gaya-gaya dalam yang akan dilanjutkan ke tahapan analisis selanjutnya. Maka dari itu penulis menggunakan *software* ETABS dalam meninjau kembali struktur atas pada bangunan gedung administrasi Sekolah Tinggi ilmu Hukum Adhyaksa Jambi yang direncanakan akan adanya alih fungsi gedung. Berdasarkan studi literatur yang saya lakukan ada beberapa data yang harus di dapatkan sebelum mengevalusi struktur atas bangunan, yaitu mulai dari luas total bangunan, fungsi, dimensi *existing* kolom, balok dan tebal pelat lantai, mutu beton dan pembebanan yang akan dilakukan pada bangunan tersebut.

III. METODOLOGI PENELITIAN

Penelitian tentang evaluasi kekuatan *existing* struktur atas bangunan akibat rencana alih fungsi gedung administrasi menjadi gedung perpustakaan Sekolah Tinggi Ilmu Hukum Adhyaksa Jambi tidak terlepas dari perkembangan teknologi saat ini, karena dalam menganalisis struktur kolom penulis menggunakan *software* ETABS untuk mempermudah dalam pengolahan data.

3.1. Tempat dan Waktu Penelitian

Penelitian dalam tugas akhir ini yaitu bangunan gedung administrasi Sekolah Tinggi Ilmu Hukum Adhyaksa Jambi, yang berlokasi di Kota Jambi tepatnya di Jl. HOS. Cokroaminoto No. 29, simpang III sipin, Kec. Kota Baru, Kota Jambi, Jambi. Penelitian dilakukan sejak bulan April 2023 hingga Mei 2023. Pada penelitian ini akan dilakukan peninjauan dimensi komponen struktur di lapangan dan pelaksanaan *hammer test* yang bertujuan untuk mendapatkan mutu beton yang akan dilaksanakan pada April 2023.



Gambar 3.1 Lokasi Bangunan Administrasi Sekolah Tinggi Ilmu Hukum Adhyaksa Jambi
(Sumber: Google Maps, 2023)

Gambar 3.2 Tampak Bangunan Gedung Administrasi Sekolah Tinggi Ilmu Hukum Adhyaksa Jambi
(Sumber: Data Penelitian, 2023)

Gambar 3.3 Tampak Rencana Bangunan Gedung Perpustakaan Sekolah Tinggi Ilmu Hukum Adhyaksa Jambi
(Sumber: Studio 9, 2023)

3.2. Variabel Penelitian

Variabel yang digunakan pada penelitian evaluasi kekuatan *existing* struktur atas bangunan akibat rencana alih fungsi gedung administrasi menjadi gedung perpustakaan Sekolah Tinggi Ilmu Hukum Adhyaksa Jambi dapat dirincikan sebagai berikut:

1. Luas bangunan

   Luas bangunan merupakan luas keseluruhan dari bangunan gedung administrasi Sekolah Tinggi Ilmu Hukum Adhyaksa Jambi yang akan dilakukan pengukuran dimensi dilapangan secara langsung.

2. Fungsi bangunan

   Fungsi bangunan gedung administrasi Sekolah Tinggi Ilmu Hukum Adhyaksa Jambi pada lantai 1 diperuntukkan untuk ruang kantor, sedangkan untuk lantai 2 pada saat ini masih kosong. Penulis mendapatkan informasi bahwa akan ada renovasi dan rencana alih fungsi bangunan menjadi perpustakaan pada bangunan tersebut.

3. Kolom

   Kolom merupakan komponen struktur yang berfungsi sebagai penopang beban yang bekerja diatasnya dan meneruskan beban tersebut ke pondasi. Bentuk, jumlah maupun dimensi akan disesuaikan dengan kondisi lapangan.

4. Balok

   Balok merupakan suatu struktur yang menahan beban secara horizontal kemudian akan diteruskan ke kolom. Jenis, jumlah maupun dimensi akan disesuaikan dengan kondisi lapangan.

5. Tebal pelat lantai

   Pelat lantai merupakan struktur yang berada diatas tanah dengan struktur yang berbentuk tipis dengan menggunakan tulangan baja yang digunakan untuk dapat menahan beban tegak lurus struktur. Tebal pelat akan disesuaikan dengan kondisi lapangan.

6. Mutu beton

   Mutu beton merupakan kualitas beton yang digunakan pada suatu struktur. Ketika kolom sudah terpasang dilapangan dalam kurun waktu yang lama maka untuk mengetahui nilai dari mutu atau kualitas beton adalah dengan cara uji lab maupun menggunakan alat *hammer test.* Penelitian ini penulis menggunakan *hammer test* untuk mengetahui mutu beton dilapangan.

7. Pembebanan

Pembebanan yang akan dipakai untuk beban mati menggunakan PPIUG 1983, sedangkan beban hidup menggunakan SNI 1727:2020.

Adapun rangkuman variabel diatas dapat dilihat pada **Tabel 3.1** sebagai berikut:

Tabel 3.1. Rangkuman Variabel Penelitian

No.	**Variabel Penelitian**	**Bangunan Lama**	**Rencana Bangunan Baru**
1.	Luas bangunan	836,6 m^2	836,6 m^2
2.	Fungsi bangunan	Kantor	Perpustakaan
3.	Kolom	K1 25 cm x 40 cm, K2 25 cm x 27 cm	K1 25 cm x 40 cm, K2 25 cm x 27 cm
4.	Balok	25 cm x 50 cm	25 cm x 50 cm
5.	Tebal pelat lantai	12 cm	12 cm
6.	Mutu beton	25 MPa	25 MPa
7.	pembebanan	2,4 kN/m^2	2,87 kN/m^2 (r. baca) dan 7,18 kN/m^2 (penyimpanan)

(Sumber : Data Penelitian, 2023)

Pada penelitian evaluasi kekuatan *existing* struktur atas bangunan akibat rencana alih fungsi gedung administrasi menjadi gedung perpustakaan Sekolah Tinggi Ilmu Hukum Adhyaksa Jambi akan hanya difokuskan untuk melihat kekuatan struktur atas bangunan.

3.3. Metode Penelitian

Penulis menggunakan metode evaluasi dalam menyelesaikan rumusan masalah dalam tugas akhir ini. Metode evaluasi yang dilakukan yaitu dengan mengumpulkan data *existing* pekerjaan yang telah dilakukan kemudian akan dilanjutkan menganalisis berdasarkan standar yang ada terkait beton bertulang dan pembebanan. Hasil dari analisis ini akan digunakan untuk meninjau apakah kemampuan struktur *existing* dapat menahan beban yang bekerja, serta diharapkan menghasilkan suatu solusi perkuatan ataupun lainnya jika terdapat bagian dari struktur kolom yang memiliki kemampuan layan kecil dibandingkan beban rencana yang bekerja.

Metode penelitian yang akan dilakukan pada tugas akhir ini terdiri dari beberapa tahapan yang akan dirincikan sebagai berikut:

1. Tahap studi kasus

   Tahap ini merupakan tahapan dimana untuk menentukan objek yang akan dijadikan suatu penelitian. Objek yang ditinjau adalah bangunan yang sudah ada (*exisiting*) bangunan gedung administrasi Sekolah Tinggi Ilmu Hukum Adhyaksa Jambi, yang terdiri dari 2 lantai dengan kondisi elemen struktur sudah dibangun sejak lama.

2. Tahap identifikasi masalah

   Tahap ini merupakan tahap dalam mengetahui dan menentukan suatu pokok permasalahan dalam studi kasus yang di evaluasi. Permasalahan yang dibahas pada penelitian ini yaitu, elemen struktur kolom yang di

bangun dalam kurun waktu yang sudah lama apakah kuat menahan beban yang bekerja akibat penambahan lantai.

3. Studi literatur

   Tahap ini merupakan suatu tahapan untuk mengkaji karya ilmiah yang dapat digunakan untuk dasar konsep perhitungan dan analisis. Studi literatur yang digunakan yaitu dengan membaca dan memahami jurnal maupun buku dan bahan bacaan terkait analisis struktur kolom serta memahami standar perencanaan.

4. Tahap pengumpulan data

   Tahap ini merupakan proses untuk mengumpulkan semua informasi tentang studi kasus yang ditinjau. Teknik pengumpulan data yang akan penulis lakukan yaitu sebagai berikut:

   a. Metode pengamatan

      Pada metode ini, penulis survei langsung untuk melihat dan mendata ukuran dimensi bangunan, kolom balok, pelat. Selain itu juga melaksanakan *hammer test* di bangunan gedung administrasi Sekolah Tinggi Ilmu Hukum Adhyaksa Jambi untuk memperoleh mutu beton yang terpasang dilapangan.

   b. Metode wawancara

      Pada metode ini, penulis telah melakukan wawancara dengan *leader* tim studio 9 selaku konsultan perencana sehingga mendapatkan informasi terkait akan adanya penambahan lantai pada bangunan gedung administrasi Sekolah Tinggi Ilmu Hukum Adhyaksa Jambi.

   c. Metode literatur

      Pada metode ini, penulis melakukan pengumpulan data yang dapat mendukung proses analisis struktur sesuai peraturan yang ada. Data yang diperoleh yaitu beban hidup, beban mati dan kombinasi pembebanan, yang mana akan disesuaikan dengan fungsi gedung yang diteliti.

   Data yang akan digunakan dalam penelitian evaluasi kekuatan struktur kolom akibat rencana penambahan fungsi ruang pada bangunan gedung administrasi Sekolah Tinggi Ilmu Hukum Adhyaksa Jambi dapat dirincikan sebagai berikut:

   a. Data primer

      Data primer yaitu data yang langsung dilakukan dengan metode pengamatan dilapangan. Data yang akan diamati dilapangan yaitu sebagai berikut:

      1) Mutu beton

2) Dimensi struktur

b. Data skunder

Data skunder merupakan data yang didapatkan dari wawancara ataupun studi literatur, yang mana data tersebut dikumpulkan dan akan diolah kembali dalam penelitian ini. Data skunder yang digunakan yaitu:

1) Beban mati yang mengacu pada Peraturan Pembebanan Indonesia Untuk Gedung Tahun 1983.
2) Beban hidup yang mengacu pada SNI 1727:2020 tentang beban desain minimum dan kriteria terkait untuk bangunan gedung dan struktur lain.
3) Kombinasi pembebanan mengacu pada SNI 1727:2020 tentang beban desain minimum dan kriteria terkait untuk bangunan gedung dan struktur lain.
4) Mutu tulangan baja mengacu pada gambar dan SNI 2052:2017 tentang baja tulangan beton.

Teknik pengumpulan data yang telah penulis rincikan dapat dirangkum sebagai berikut:

Tabel 3.2. Teknik Pengumpulan Data

No.	Jenis data	Teknik pengumpulan data	
		Data primer	**Data skunder**
1.	Dimensi bangunan	Survei lapangan	-
2.	Fungsi bangunan	-	Hasil wawancara
3.	Kolom: - Jumlah - Dimensi - Bentuk	Survei lapangan	-
4.	Balok: - Jumlah - Dimensi	Survei lapangan	-
5.	Tebal pelat lantai	Survei lapangan	-
6.	Mutu baja	-	Gambar dan SNI 2052:2017
7.	Mutu beton	*Hammer test*	-
8.	Pembebanan - Beban mati - Beban hidup	- - -	 Peraturan Pembebanan Indonesia Untuk Gedung Tahun 1983 SNI 1727:2020
9.	Kombinasi pemebanan	-	SNI 1727:2020

(Sumber : Data Penelitian, 2022)

5. Pengolahan data

Pada tahap ini penulis menggunakan *software* ETABS untuk menganalisis struktur kolom pada bangunan gedung administrasi Sekolah Tinggi Ilmu Hukum Adhyaksa Jambi yang akan direncanakan akan adanya alih fungsi bangunan. Adapun tahapannya yaitu sebagai berikut:

a. Tahapan pertama, penulis melakukan studi literatur terhadap penelitian sebelumnya yang sama dengan membaca jurnal-jurnal amupun skripsi terdahulu, buku terkait struktur gedung, SNI 1727:2020 dan Peraturan Pembebanan Indonesia Untuk Gedung tahun 1983.
b. Penulis melakukan pengumpulan data struktur gedung yang tertera pada **Tabel 3.2** tentang teknik pengumpulan data.
c. Penulis merekap semua data beban yang bekerja.

Setelah melakukan studi literatur sampai dengan merekap semua data beban yang dibutuhkan, dilanjutkan dengan tahap permodelan menggunakan *software* ETABS serta tahap perhitungan kekuatan nominal struktur, yaitu dapat dirincikan sebagai berikut.

a. Permodelan dengan menggunakan *software* ETABS

   Dalam menggunakan *software* ETABS ada tiga rangkaian tahapan yang harus dilakukan yaitu sebagai berikut:

   1) Tahap *input* data

      Adapun prosedur yang harus dilakukan pada tahapan ini akan dirincikan sebagai berikut:

      a) Memilih satuan yang akan digunakan dalam memodelkan bangunan.
      b) Memodelkan *grid* bangunan dengan denah yang sudah dibuat berdasarkan kondisi lapangan.
      c) Melakukan *input* data material dan dilanjutkan memodelkan dimensi kolom, balok dan pelat lantai sehingga membentuk *frame* yang lengkap dengan mutu beton maupun mutu baja.
      d) Setelah dimensi kolom, balok dan pelat lantai di-*input*, maka gambar sesuai denah kondisi lapangan.
      e) Meng-*input* beban mati dan beban hidup, beban hidup tersebut sesuai SNI 1727:2020 yaitu dengan fungsi ruang sebagai ruang baca dan ruang penyimpanan pada perpustakaan.
      f) Selanjutnya *input* kombinasi pembebanan yang sesuai dengan SNI 1727:2020.

   2) Tahap analisis

      Setelah *input* data yang diperlukan selesai dan menghasilkan suatu model, maka selanjutnya dapat dilakukan analisis struktur dengan cara:

      a) Klik menu *analyze* pada *software* ETABS.

b) Kemudian pilih *Run analyze* dan tunggu beberapa saat untuk *software* ETABS menganalisis strukturnya.

c) Selanjutnya klik *Design* pada *software* ETABS, lalu pilih *concrete frame design,* setelah itu pilihlah *start design/check of structure* dan tunggu beberapa saat karena *software* ETABS sedang dalam proses cek kembali beban-beban yang bekerja pada struktur.

d) Selanjutnya didapatlah nilai Beban *Ultimate* (P_u) dan Momen *Ultimate* (M_u) dari kombinasi beban yang bekerja pada struktur tersebut.

3) Tahap *output*

Tahap ini merupakan keluaran hasil dari analisis struktur kolom yang telah dilakukan dapat dilihat:

a) Jika penampang kolom mampu menahan beban yang bekerja, *output* dari *software* ETABS akan berwarna hijau yang artinya kolom tersebut tidak *over stress* (OS).

b) Jika penampang kolom tidak mampu menahan beban yang bekerja, *output* dari *software* ETABS akan berwarna merah. Warna merah memiliki dua kondisi, warna merah tetapi masih muncul nilai gaya yang bekerja maka struktur tersebut masih mampu menahan walaupun dalam kondisi kritis. Sedangkan warna merah dan muncul tulisan OS (*over stress*), artinya struktur tersebut sudah tidak mampu menahan beban yang bekerja.

b. Perhitungan kekuatan nominal struktur

Dalam tahap ini dilakukan perhitungan kekuatan atau kemampuan dari elemen struktur itu sendiri dalam memikul beban yang bekerja. Elemen struktur yang dihitung berupa elemen struktur *existing* yang sudah terpasang dan untuk elemen yang belum dikerjakan, dilakukan perhitungan sesuai gambar rencana. Perhitungan kekuatan nominal struktur didapatkan nilai beban aksial nominal (P_n), momen nomimal (M_n), geser nominal (V_n). Hasil nilai nominal tersebut direduksi menjadi ϕP_n, ϕM_n, dan ϕ .

Setelah selesai dalam melakukan pengolahan data tersebut, penulis akan menarik kesimpulan apakah struktur atas pada gedung administrasi Sekolah Tinggi Ilmu Hukum Adhyaksa Jambi masih mampu atau tidak dalam menopang beban yang bekerja akibat alih fungsi bangunan menjadi bangunan perpustakaan dengan melihat hasil dari analisis menggunakan *software* ETABS

dan perhitungan kekuatan nominal struktur yang telah dilakukan, yang mana hasil tersebut akan dimasukkan kedalam tabel seperti berikut:

Tabel 3.3. Hasil Analisis

No.	**Variabel Penelitian**	**Bangunan Lama**	**Rencana Bangunan Baru**	**Hasil Analisis**
1.	Luas bangunan	836,6 m^2	836,6 m^2	-
2.	Fungsi bangunan	Kantor	Perpustakaan	
3.	Kolom	K1 25 cm x 40 cm, K2 25 cm x 27 cm	K1 25 cm x 40 cm, K2 25 cm x 27 cm	
4.	Balok	25 cm x 50 cm	25 cm x 50 cm	
5.	Tebal pelat lantai	12 cm	12 cm	
6.	Mutu beton	25 MPa	25 MPa	
7.	pembebanan	2,4 kN/m^2	2,87 kN/m^2 (r. baca) dan 7,18 kN/m^2 (penyimpanan)	

(Sumber : Data Penelitian, 2023)

3.4. Rencana Bagan Alir Penelitian

Proses yang akan dilakukan untuk menyelesaikan tugas akhir dengan judul Evaluasi Kekuatan *Existing* Struktur Atas Bangunan Akibat Rencana Alih Fungsi Gedung Administrasi Menjadi Gedung Perpustakaan Sekolah Tinggi Ilmu Hukum Adhyaksa Jambi dapat dilihat pada **Lampiran 1**.

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Data Teknis Bangunan

Bangunan Administrasi Sekolah Tinggi Ilmu Hukum Adhyaksa Jambi yang akan dialihfungsikan menjadi gedung perpustakaan memiliki data teknis sebagai berikut:

Nama gedung : Gedung Administrasi Sekolah Tinggi Ilmu Hukum Adhyaksa Jambi
Lokasi gedung : Jl. HOS. Cokroaminoto No. 29, simpang III sipin, Kec. Kota Baru, Kota Jambi, Jambi
Koordinat : -1.617835, 103.596520
Fungsi gedung : Kantor akan di alihfungsikan menjadi perpustakaan
Jumlah lantai : 2
Jenis struktur : Rangka beton bertulang
Sistem struktur : Struktur Rangka Pemikul Momen Khusus (SRPMK)

Data jumlah dan fungsi lantai dapat dilihat pada **Tabel 4.1** sebagai berikut.

Tabel 4.1. Elevasi dan Fungsi Lantai

Lantai	Tinggi lantai (m)	Elevasi	Fungsi lantai
Lantai 2	4,00	+ 4,00	Kantor akan dialihfungsi menjadi perpustakaan
Lantai 1	4,00	± 0,00	Kantor akan dialihfungsi menjadi perpustakaan

(Sumber : Data Penelitian, 2023)

4.1.1. Denah struktur bangunan

Elemen struktur yang akan ditinjau hanya elemen struktur atas yang meliputi struktur pelat lantai, balok dan kolom. Adapun denah struktur bangunan dapat dilihat pada **Lampiran 2**.

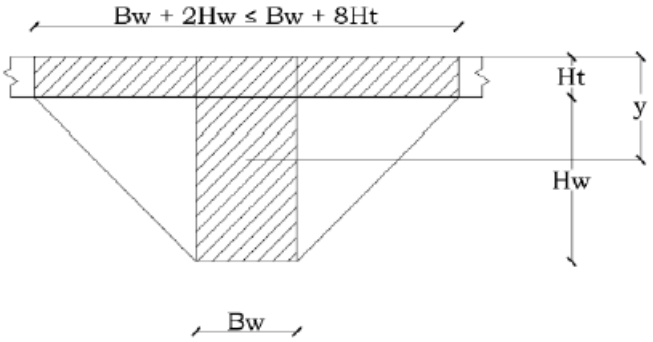
4.1.2. Data perhitungan

Data-data yang kaan digunakan dalam menganalisis kekuatan struktur pelat lantai, balok dan kolom akan dirincikan sebagai berikut:

1. Tebal pelat latai

   Pada bangunan Administrasi Sekolah Tinggi Ilmu Hukum Adhyaksa Jambi menggunakan material *wiremesh* M10 sebagai tulangan pelat lantai dengan ketebalan *existing* 120 mm.

   Dalam hal ini perlu dilakukan pengecekan ketebalan pelat minimum sesuai SNI 2847:2019 pada Pasal 8.3, dengan tahapan pemeriksaan sebagai berikut:



Gambar 4.1 Penampang Balok-Pelat

(Sumber : SNI 2847:2019)

Balok 250 x 500

Bw = 250 mm, Hw = 380 mm, Ht = 120 mm

Be = Bw + 2Hw

= 250 mm + 2(380 mm)

= 1010 mm

Be = Bw + 8Ht

= 250 mm + 8(120 mm)

= 1210 mm

Menentukan titik berat penampang (y) dari balok

Luas bangian sayap = Be x Ht

= 1010 mm x 120 mm

= 121200 mm^2

Luas bagian badan = Bw x Hw

= 250 mm x 380 mm

= 95000 mm^2

Luas total = 121200 mm^2 + 95000 mm^2

= 216200 mm^2

$y = \frac{(121200 \times 60)+(95000 \times 360)}{216200} = 191{,}8$ mm

momen inersia balok T:

$$I_b = \left[\left(\frac{1}{12} \times 1010 \times 120^3\right) + (121200 \times (191{,}8 - 60)^2)\right] + \left[\left(\frac{1}{12} \times 250 \times 380^3\right) + (95000 \times (360 - 191{,}8)^2)\right]$$

= 6.808.870.000 mm^4

Momen inersia pelat arah pendek

$Is = 1/12 \times Ly \times Ht^3$

$= 1/12 \times (3300 - 250) \times 120^3$

= 439.200.000 mm^4

$a_{fs} = \frac{Eb \times Ib}{Es \times Is} = \frac{Eb \times 6808870000}{Es \times 439200000} = 15{,}5$

Momen inersia pelat arah panjang

Is $= 1/12 \times Ly \times Ht^3$

$= 1/12 \times (3590 - 250) \times 120^3$

$= 480.960.000\ mm^4$

$a_{fl} = \frac{Eb \times Ib}{Es \times Is} = \frac{Eb \times 6808870000}{Es \times 480960000} = 14{,}2$

Maka

$a_{fm} = \frac{a_{fs} + a_{fl}}{2} = \frac{15{,}5 + 14{,}2}{2} = 14{,}85$

Berdasarkan **Tabel 2.12** karena a_{fm} = > 2, maka tebal pelat minimum h:

h $= \frac{l_n\left(0{,}8 + \frac{fy}{1400}\right)}{36 + 9\beta}$ dan tidak boleh kurang dari 90 mm

Ix sisi pendek = 3,30 m

Iy sisi panjang = 3,59 m

Inx $= I_x - \frac{0{,}25}{2} - \frac{0{,}25}{2}$

$= 3{,}05$ m

Iny $= I_y - \frac{0{,}25}{2} - \frac{0{,}25}{2}$

$= 3{,}34$ m

$\beta = \frac{I_{nx}}{I_{ny}}$

$= 0{,}9$

h $= \frac{3{,}59\left(0{,}8 + \frac{405}{1400}\right)}{36 + (9 \times 0{,}9)}$

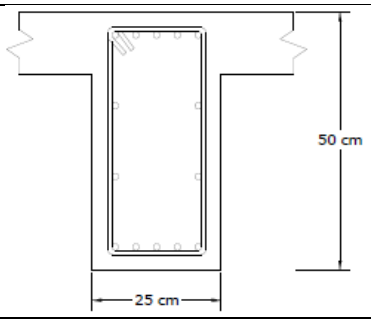
$= 0{,}09$ m ≈ 90 mm

Jadi pelat dengan ketebalan 120 mm memenuhi syarat minimum tebal berdasarkan SNI 2847:2019.

2. Penampang balok

Dimensi penampang balok yang digunakan pada bangunan administrasi Sekolah Tinggi Ilmu Hukum Adhyaksa Jambi dapat dilihat pada tabel berikut:

Tabel 4.2. Dimensi Penampang Balok

Nama balok	Posisi tulangan	Dimensi tulangan		Gambar penampang
B1 (250 × 500)	Atas	5 D 13	Tumpuan	
	Tengah	4 D 13		
	Bawah	5 D 13		
	Sengkang	Ø 10- 150		
	Atas	5 D 13	Lapangan	
	Tengah	4 D 13		
	Bawah	5 D 13		
	Sengkang	Ø 10- 200		

(Sumber : Data Penelitian, 2023)

Dimensi penampang balok perlu dilakukan pengecekan batasan dimensi balok sesuai denga SNI 2847:2019 Pasal 18.6.2 yaitu sebagai berikut:

a. Bentang bersih minimal l_n > 4 kali tinggi efektif balok

   Balok 250×500

   l_n = 3590 – 270 = 3220 > 4 × 450 = 1800 mm (OK)

b. Lebar penampang (b_w) minimal nilai terkecil dari 0,3h atau 250 mm

   Balok 250×500

   0,3h = 0,3 × 500 = 150 mm atau 250 mm

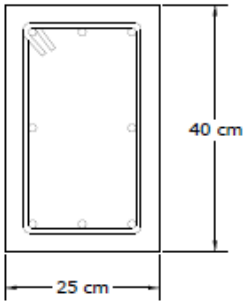
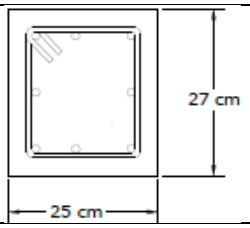
   b_w = 250 mm > 150 mm (OK)

c. Proyeksi lebar balok yang melebihi lebar kolom penumpu tidak boleh melebihi nilai terkecil c2 dan 0,75c1 pada masing-masing sisi kolom. Lebar balok < lebar kolom (OK).

3. Penampang kolom

Dimensi penampang kolom yang digunakan pada bangunan administrasi Sekolah Tinggi Ilmu Hukum Adhyaksa Jambi dapat dilihat pada tabel berikut:

Tabel 4.3. Dimensi Penampang Kolom

Nama kolom	Tulangan	Dimensi tulangan	Gambar penampang
K1 (250 × 400)	Longitudinal	8 D 13	
	Sengkang tumpuan	Ø 10- 150	
	Sengkang lapangan	Ø 10- 200	
K2 (250 × 270)	Longitudinal	8 D 13	
	Sengkang tumpuan	Ø 10- 150	
	Sengkang lapangan	Ø 10- 200	

(Sumber : Data Penelitian, 2023)

Dimensi penampang kolom perlu dilakukan pengecekan batasan dimensi balok sesuai dengan SNI 2847:2019 Pasal 18.7.2 yaitu sebagai berikut:

a. Ukuran penampang terkecil, diukur pada garis lurus yang melalui pusat geometri > 300 mm

   Kolom K1 (250 mm) > 300 mm (NOT OK)

   Kolom K2 (250 mm) > 300 mm (NOT OK)

b. Rasio ukuran kolom harus > 0,4

   K1 250/500 = 0,5 > 0,4 (OK)

K2 250/270 = 0,925 > 0,4 (OK)

4. Mutu beton

   Pada penelitian ini, mutu beton yang akan digunakan yaitu 25 MPa yang mana nilai tersebut didapatkan dari hasil pengetesan langsung di lapangan menggunakan *hammer test*.

5. Mutu baja tulangan

   Mutu baja tulangan yang akan digunakan yaitu BjTS 280. Sesuai **Tabel 2.1** dengan kuat luluh/leleh (Ys) min. 280 MPa dan maks. 405 MPa sedangkan kuat tarik min 350 MPa.

6. Tebal selimut beton

   Tebal selimut beton yang digunakan sesuai dengan ketetapan SNI 2847:2019 Pasal 20.6.1.3 yang menjelaskan tentang persyaratan selimut beton, yaitu dengan menggunakan tebal selimut beton pada komponen struktur ditinjau sebesar 20 mm untuk pelat lantai dan 40 mm untuk balok dan kolom.

7. Modulus elastisitas

   Modulus elastisitas beton yang akan digunakan yaiu sesuai dengan $4700\sqrt{25}$ MPa atau sebesar 23500 MPa, sedangkan untuk modulus elastisitas baja yang akan digunakan sesuai dengan SNI 2847:2019 yaitu sebesar 200000 MPa.

4.2 Pembebanan

Perhitungan pembebanan pada struktur bangunan dapat dihitung dengan perhitungan sebagai berikut:

4.2.1. Beban mati

Pada perhitungan beban mati terbagi menajadi dua jenis, yaitu beban mati yang merupakan berat sendiri struktur bangunan tersebut dan beban mati tambahan yang berupa non-struktur. Beban mati yang akan dihitung yaitu sebagai berikut:

1. Berat sendiri bahan struktur bangunan (*Dead Load*/DL)

   Berat sendiri bahan bangunan dapat dihitung secara otomatis dengan bantuan *software* ETABS sesuai dengan dimensi material, dengan karakteristik material yang digunakan yaitu sebagai berikut:

   Berat jenis material beton = 24,00 kN/m^3

   Berat jenis material baja = 78,50 kN/m^3

2. Beban mati tambahan (*Super Impose Dead Load*/SIDL)

   Beban mati tambahan akan memiliki perbedaan pada setiap lantainya karena adanya perbedaan non-konstruksi yang memberikan beban berbeda

pada setiap lantai. Dengan perhitungan yang digunakan sebagai berikut:

a. Beban luasan pada pelat dak atap

Plafon + penggantung	= 0,18 kN/m^2
Jadi, beban mati ($SIDL_1$)	= 0,18 kN/m^2

b. Beban luasan pada pelat lantai diatas lantai dasar

Keramik (tebal 1 cm)	= 1(0,24 kN/m^2)
Spesi (tebal 2 cm)	= 2(0,21 kN/m^2)
Plafon + penggantung	= 0,18 kN/m^2
Jadi, beban mati ($SIDL_2$)	= 0,84 kN/m^2

c. Beban partisi pada balok

1) Partisi dak atap = berat pasangan bata merah
   Setengah batu x tinggi
   = 2,50 kN/m^2 x 1 m
   = 2,50 kN/m

2) Partisi lantai 2 = berat pasangan bata merah
   Setengah batu x tinggi lt 2
   = 2,50 kN/m^2 x 4 m
   = 10 kN/m

3) Partisi lantai 1 = berat pasangan bata merah
   Setengah batu x tinggi lt 1
   = 2,50 kN/m^2 x 4 m
   = 10 kN/m

4.2.2. Beban hidup

Berdasarkan beban minimum yang terdapat pada **Tabel 2.4**, beban hidup yang ditinjau sesuai dengan fungsi ruangan yaitu sebagai berikut:

1. Atap datar/ Berkumpul : 0,96 kN/m^2 / 4,79 kN/m^2
2. Kantor : 2,40 kN/m^2
3. Koridor diatas lantai pertama : 3,83 kN/m^2
4. Ruang baca (perpustakaan) : 2,87 kN/m^2
5. Ruang penyimpanan (perpustakaan) : 7,18 kN/m^2

4.2.3. Beban gempa

Dalam penentuan beban gempa yang berpedoman pada SNI 1726:2019, dengan tahapan perhitungan besaran gempa menggunkaan parameter sebagai berikut:

1. Kategori risiko

   Kategori risiko yang digunakan sesuai dengan **Tabel 2.5** dengan fungsi gedung sebagai gedung perpustakaan atau fasilitas pendidikan yaitu masuk

kedalam kategori risiko IV.

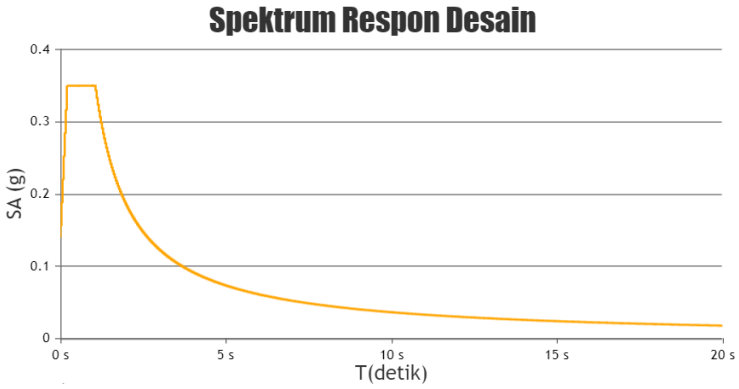
2. Faktor keutamaan

   Dalam penentuan faktor keutamaan gempa berpedoman pada SNI 1726:2019 yang dapat dilihat pada **Tabel 2.6** yaitu sebesar 1,50.

3. Klasifikasi situs

   Klasifikasi situs yang digunakan yaitu klasifikasi situs SD (tanah sedang), maka setelah itu dapat menentukan parameter respons spectral secara online melalui *website* Desain Spektra Indonesia 2021. *Input* data yang digunakan yaitu dengan titik koordinat lokasi bangunan Sekolah Tinggi Ilmu Hukum Adhyaksa Jambi, dan kemudian akan didapatkan hasil keluaran berupa nilai parameter respons spekta yang disajikan sebagai berikut:

   PGA = 0,1663 g
   Ss = 0,3383 g
   S1 = 0,2686 g
   TL = 20 detik
   T0 = 0,21 detik
   Ts = 1,06 detik
   Sds = 0,35 g
   Sd1 = 0,37 g



Gambar 4.2 Spektrum Respon Desain STIH Adhyaksa Jambi

(Sumber : Data Penelitian, 2023)

4. Kategori desain seismik

   Setelah nilai parameter respons spektral percepatan desain pada periode pendek (Sds) dan nilai parameter respons spektral percepatan desai pada periode 1 detik (Sd1) didapatkan, maka ditentukan kategori risiko bangunan berdasarkan **Tabel 2.8** dan **Tabel 2.9** yaitu didapatkan kategori risiko D.

5. Sistem struktur

   Dengan menggunakan Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus (SRPMK),

maka parameter desain yang digunakan berdasarkan yang dimuat dalam tabel 12 SNI 1726:2019 Pasal 7.2.2. mengenai nilai faktor R, Ω_0, dan C_d untuk sistem pemikul gaya seismik, yaitu:

Koefisien modifikasi respons, R : 8,0

Faktor kuat lebih sistem, Ω_0 : 3,0

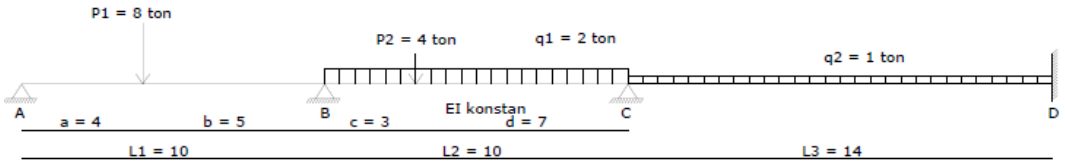
Faktor pembesaran defleksi, C_d : 5,5

6. Prosedur analisis

Berdasarkan Pasal 7.7 SNI 1726:2019 pada tabel 16 menjelaskan prosedur analisis yang diizinkan disesuaikan dengan karakteristik struktur, sehingga untuk bangunan Sekolah Tinggi Ilmu Hukum Adhyaksa Jambi yang memiliki tinggi bangunan diatas permukaan tanah yaitu 8 m < 48,8 m, maka jenis prosedur analisis bisa dilakukan dengan analisis spektrum respons ragam.

4.3 Validasi perhitungan *software* ETABS

Dalam penelitian ini menggunakan *software* ETABS dalam membantu perhitungan dengan tingkat keakuratan data dapat diperiksa dengan membandingkan hasil antara perhitungan manual dan hasil perhitungan *software* ETABS. Dalam pemeriksaan ini, digunakan perhitungan gaya dalam struktur balok menerus sederhana yang diberikan beban terpusat dan beban merata, dengan contoh perhitungan sebagai berikut.



Gambar 4.3 Balok Menerus Dengan Beban

(Sumber : Data Penelitian, 2023)

Perhitungan gaya dalam pada struktur balok menerus pada **Gambar 4.3**, dengan cara manual dapat dilakukan dengan berbagai metode analisis struktur, salah satunya menggunakan metode momen distribusi (MD), yaitu sebagai berikut:

Menentukan kekakuan relatif

$K_{AB} = K_{BA} = \frac{1}{10} = 0{,}10$

$K_{BC} = K_{CB} = \frac{1}{10} = 0{,}10$

$K_{CD} = K_{DC} = \frac{1}{14} = 0{,}07$

Menghitung *ficed and moment*

$M_{F-AB} = 0$ (karena tumpuan yang digunakan merupakan tumpuan sendi)

$$M_{F-BA} = -\frac{P1\times a}{2\times l1^2}(l^2 - a^2) = -\frac{8\times 4}{2\times 10^2}(10^2 - 4^2) = -13{,}44$$

$$M_{F-BC} = \frac{ql2^2}{12} + \frac{P2.c.d^2}{l2^2} = \frac{2\times 10^2}{12} + \frac{4\times 3\times 7^2}{10^2} = 22{,}55$$

$$M_{F-CB} = -\frac{ql2^2}{12} - \frac{P2.d.c^2}{l2^2} = -\frac{2\times 10^2}{12} - \frac{4\times 7\times 3^2}{10^2} = -19{,}19$$

$$M_{F-CD} = \frac{ql3^2}{12} = \frac{1\times 14^2}{12} = 16{,}3$$

$$M_{F-DC} = -\frac{ql3^2}{12} = -\frac{1\times 14^2}{12} = -16{,}3$$

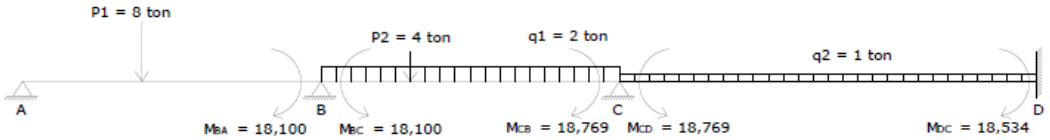
Setelah didapatkan nilai kekakuan relatif dan nilai *ficed and moment*, maka dilanjutkan dengan perhitungan dengan tabel momen distribusi, yaitu sebagai berikut:

Tabel 4.4. Perhitungan Momen Ujung dengan Metode Momen Distribusi

Joint		**A**	**B**		**C**		**D**
Batang		**AB**	**BA**	**BC**	**CB**	**CD**	**DC**
	K	0,100	0,100	0,100	0,100	0,070	0,070
No	DF	1,000	0,500	0,500	0,588	0,412	0,000
1	FEM	0,000	-13,440	22,550	-19,190	16,300	16,300
	Bal.	0,000	-4,555	-4,555	1,700	1,190	0,000
2	CO	-2,278	0,000	0,850	-2,278	0,000	0,595
	Bal.	2,278	-0,425	-0,425	1,340	0,938	0,000
3	CO	-0,213	1,139	0,670	-0,213	0,000	0,469
	Bal.	0,213	-0,904	-0,904	0,125	0,088	0,000
4	CO	-0,452	0,106	0,063	-0,452	0,000	0,044
	Bal.	0,452	-0,084	-0,084	0,266	0,186	0,000
5	CO	-0,042	0,226	0,133	-0,042	0,000	0,093
	Bal.	0,042	-0,180	-0,180	0,025	0,017	0,000
6	CO	-0,090	0,021	0,012	-0,090	0,000	0,009
	Bal.	0,090	-0,017	-0,017	0,053	0,037	0,000
7	CO	-0,008	0,045	0,026	-0,008	0,000	0,018
	Bal.	0,008	-0,036	-0,036	0,005	0,003	0,000
8	CO	-0,018	0,004	0,002	-0,018	0,000	0,002
	Bal.	0,018	-0,003	-0,003	0,010	0,007	0,000
9	CO	-0,002	0,009	0,005	-0,002	0,000	0,004
	Bal.	0,002	-0,007	-0,007	0,001	0,001	0,000
10	CO	-0,004	0,001	0,000	-0,004	0,000	0,000
	Bal.	0,004	-0,001	-0,001	0,002	0,001	0,000
11	CO	0,000	0,002	0,001	0,000	0,000	0,001
	Bal.	0,000	-0,001	-0,001	0,000	0,000	0,000
TOTAL		0,000	-18,100	18,100	-18,769	18,769	17,534

(Sumber : Data Penelitian, 2023)

Dari **Tabel 4.4** dapat digambarkan momen ujung batang yang terjadi pada setiap bentang, yaitu dapat dilihat pada **Gambar 4.4**.

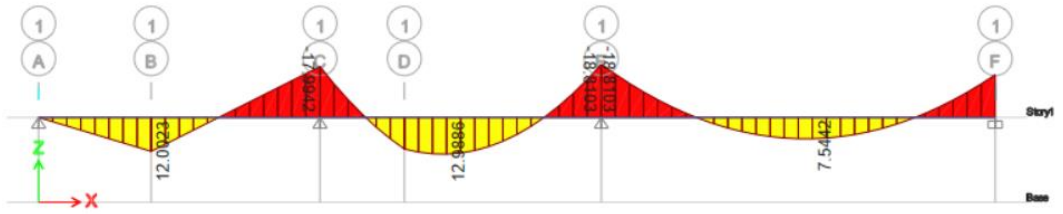


Gambar 4.4 Hasil Momen Ujung dengan Metode Momen Distribusi

(Sumber : Data Penelitian, 2023)

Setelah dilakukan perhitungan secara manual dan didapatkan hasil berupa nilai momen ujung batang dari metode momen distribusi, maka

dilakukan analisis dengan menggunakan *software* ETABS serta hasil yang didapatkan dapat dilihat pada **Gambar 4.5**.



Gambar 4.5 Hasil Momen Ujung dengan *Software* ETABS

(Sumber : Data Penelitian, 2023)

Setelah hasil perhitungan manual dan perhitungan menggunakan bantuan *software* ETABS telah mendapatkan hasil berupa nilai momen ujung, maka hasil tersebut akan dibandingkan dan dihitung selisih yang terjadi untuk melihat tingkat margin kesalahan dalam analisis menggunakan *software* ETABS. Perhitungan margin kesalahan dapat dilihat pada **Tabel 4.5**.

Tabel 4.5. Perhitungan Margin Kesalahan

Titik	**A**	**B**		**C**		**D**
Batang	**AB**	**BA**	**BC**	**CB**	**CD**	**DC**
Metode MD	0,000	-18,100	18,100	-18,769	18,769	17,534
ETABS	0,000	-17,994	17,994	-18,810	18,810	17,575
Selisih	0,000	0,106	0,106	0,041	0,041	0,041
Error	0,00%	0,58%	0,58%	0,23%	0,23%	0,23%

(Sumber : Data Penelitian, 2023)

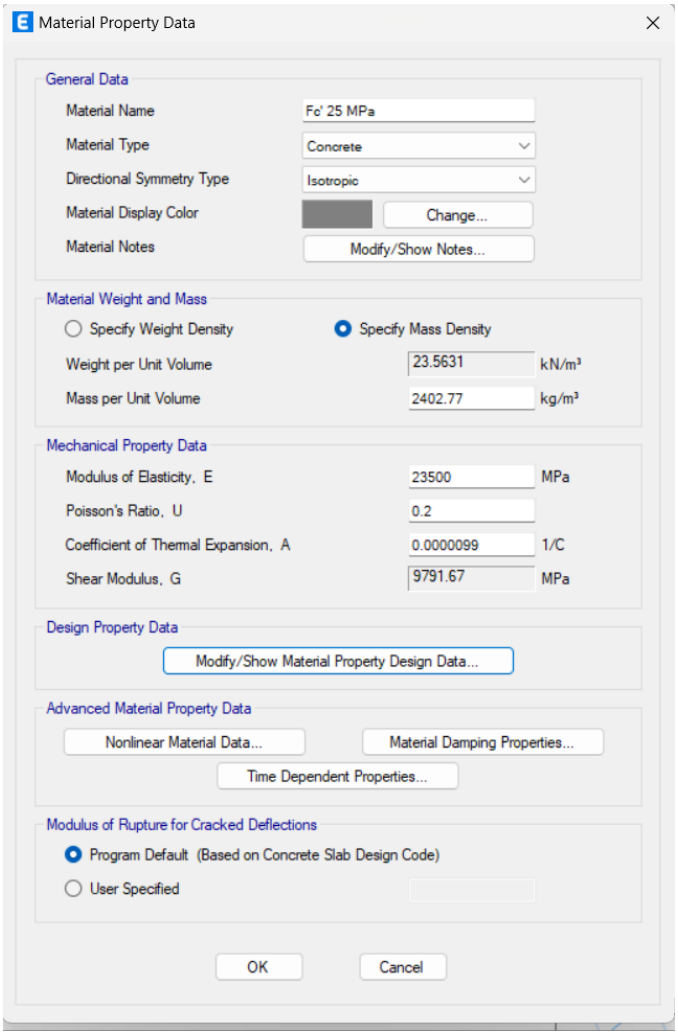
Berdasarkan hasil dari **Tabel 4.5** maka didapatkan bahwa tingkat margin kesalahan yang terjadi pada perhitungan menggunakan *software* ETABS yaitu lebih kecil dari 1%, hal ini mengartikan bahwa hasil perhitungan *software* ETABS dapat dipercaya.

4.4 Permodelan Struktur Dengan Bantuan *Software* ETABS

Struktur bangunan administrasi Sekolah Tinggi Ilmu Hukum Adhyaksa Jambi yang dialihfungsikan menjadi bangunan perpustakaan akan dimodelkan kedalam model 3 dimensi, memodelkan setiap elemen struktur seperti pelat lantai, balok dan kolom menjadi satu kesatuan menggunakan bantuan *software* ETABS.

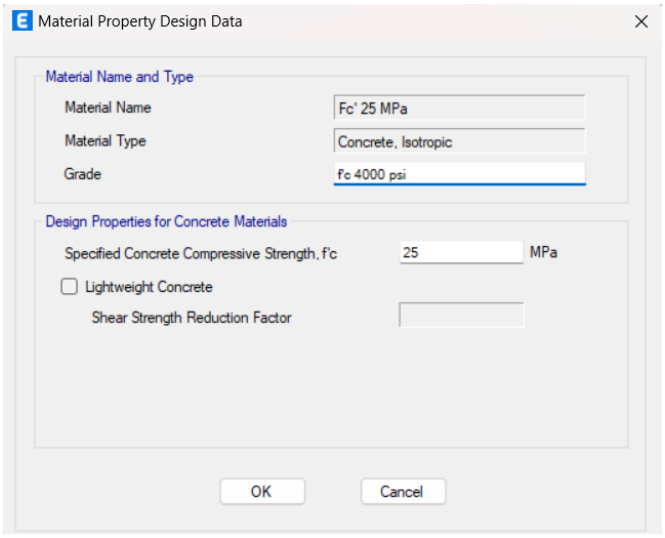
4.4.1. Material

Dalam langkah ini yaitu memasukkan *material property data* yang mencakup nilai dari mutu beton maupun baja yang akan dianalisis, yang dapat dilihat pada **Gambar 4.6** sampai dengan **Gambar 4.9**.



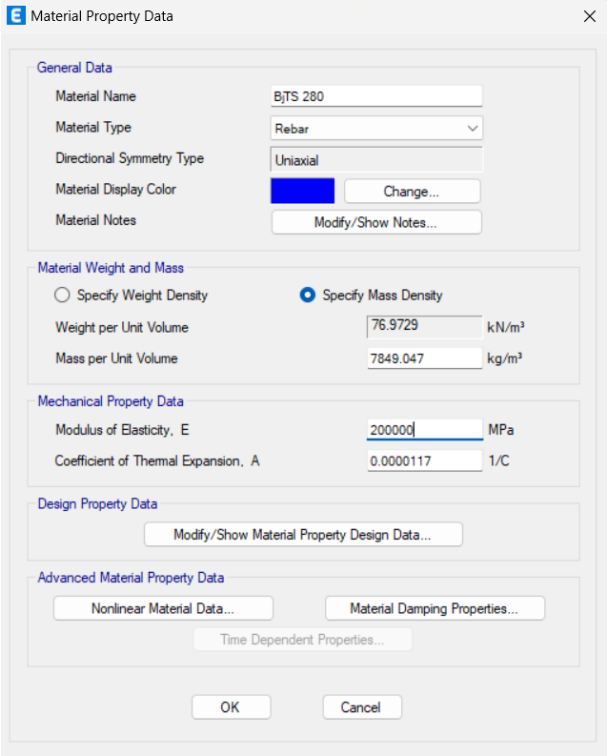
Gambar 4.6 *Material Property Data* Beton

(Sumber : Data Penelitian, 2023)



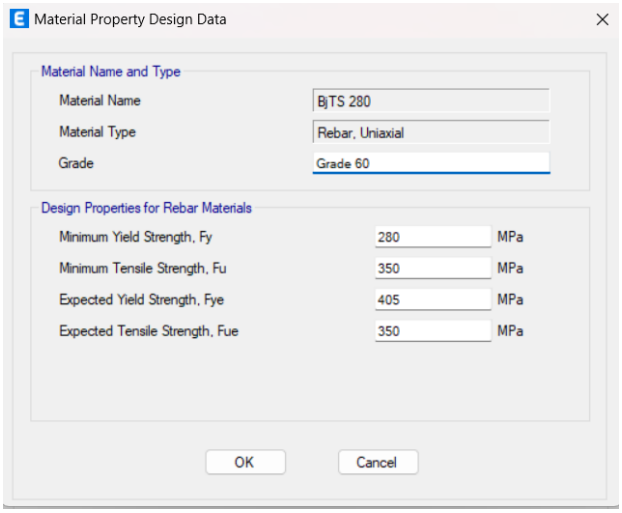
Gambar 4.7 Mutu Beton

(Sumber : Data Penelitian, 2023)



Gambar 4.8 *Material Property Data* Baja

(Sumber : Data Penelitian, 2023)

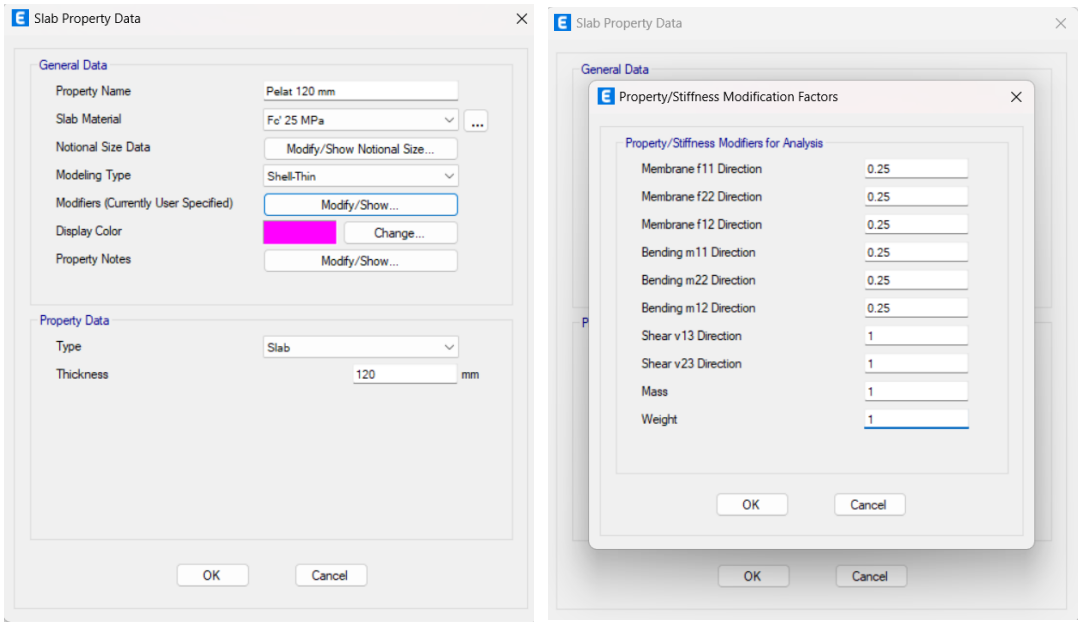


Gambar 4.9 Mutu Baja

(Sumber : Data Penelitian, 2023)

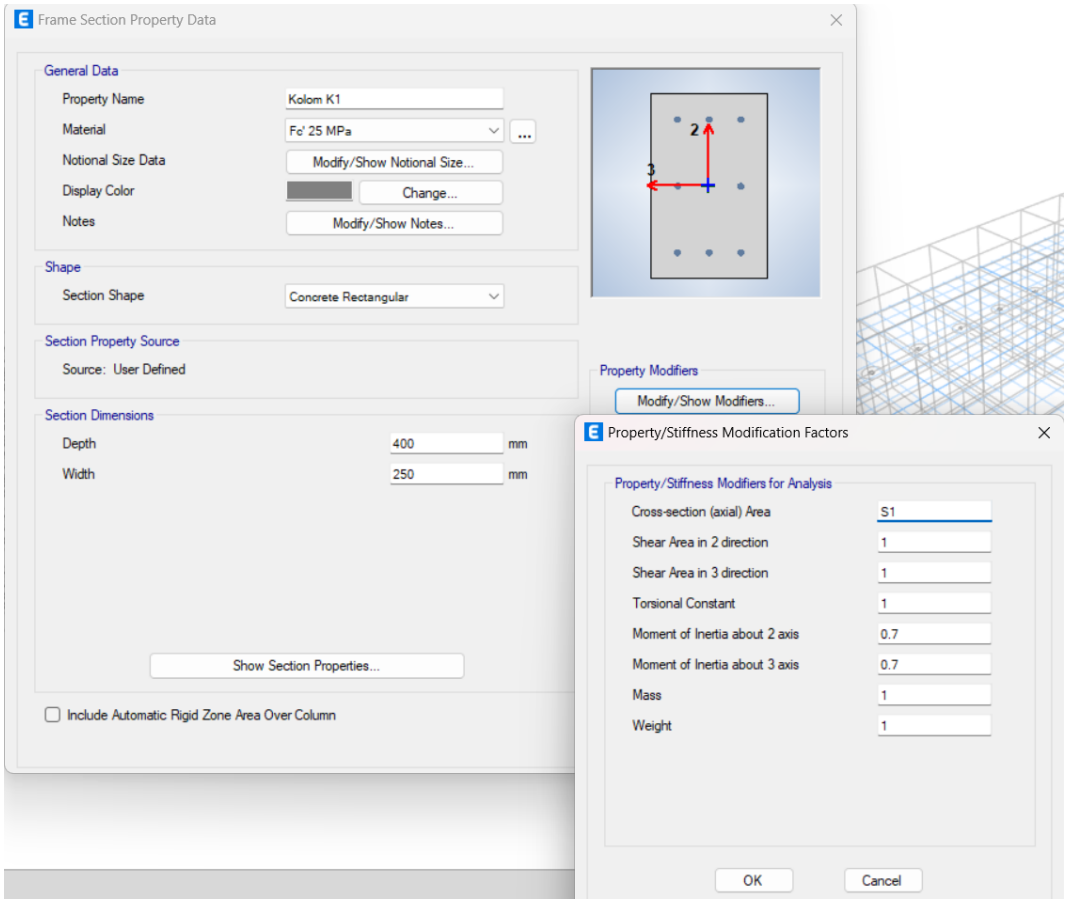
4.4.2. Dimensi

Setelah *input material property data*, selanjutnya *input* dimensi elemen struktur atas mulai dari pelat lantai, kolom dan balok sesuai dengan ukuran *existing*, dapat dilihat pada **Gambar 4.10** sampai dengan **Gambar 4.13**.



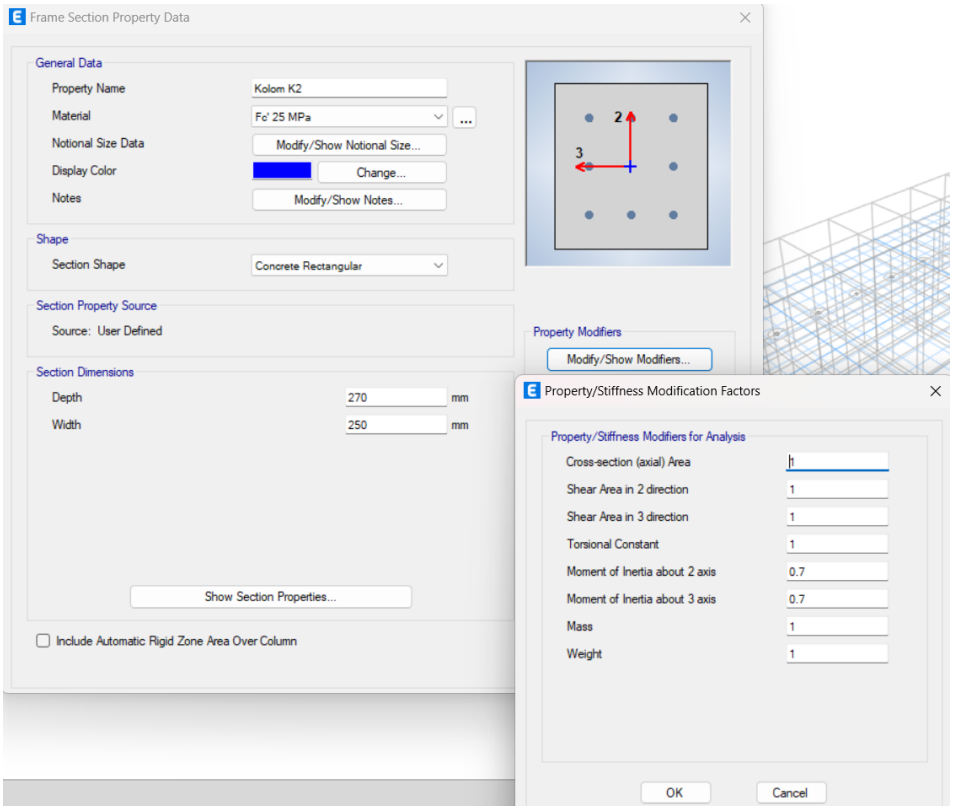
Gambar 4.10 Properti Pelat Lantai 120 mm

(Sumber : Data Penelitian, 2023)



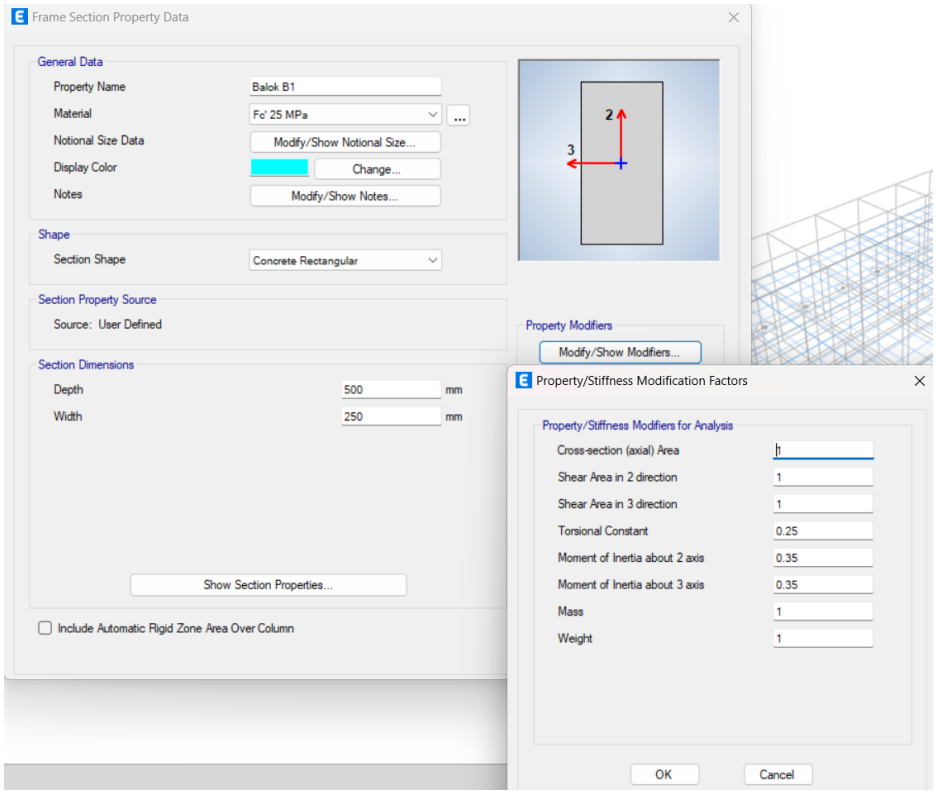
Gambar 4.11 Properti Kolom K1 (250 × 400)

(Sumber : Data Penelitian, 2023)



Gambar 4.12 Properti Kolom K2 (250 × 270)

(Sumber : Data Penelitian, 2023)

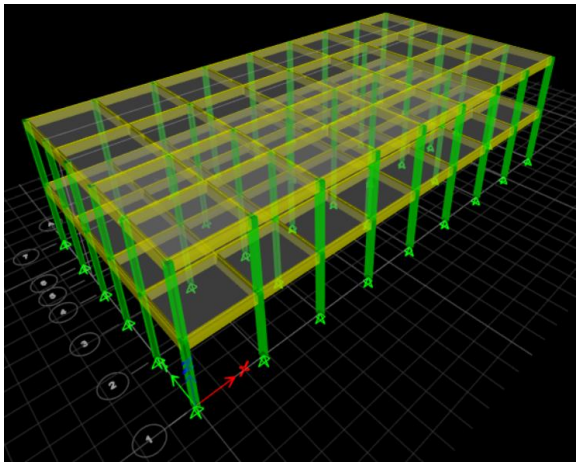


Gambar 4.13 Properti Balok B1 (250 × 500)

(Sumber : Data Penelitian, 2023)

4.4.3. Model 3 dimensi

Setelah semua *property data* telah di *input* dalam *software* ETABS maka selanjutnya tinggal memodelkan setiap elemen struktur menjadi satu kesatuan dan dibentuk sesuai dengan **Gambar 4.14**.



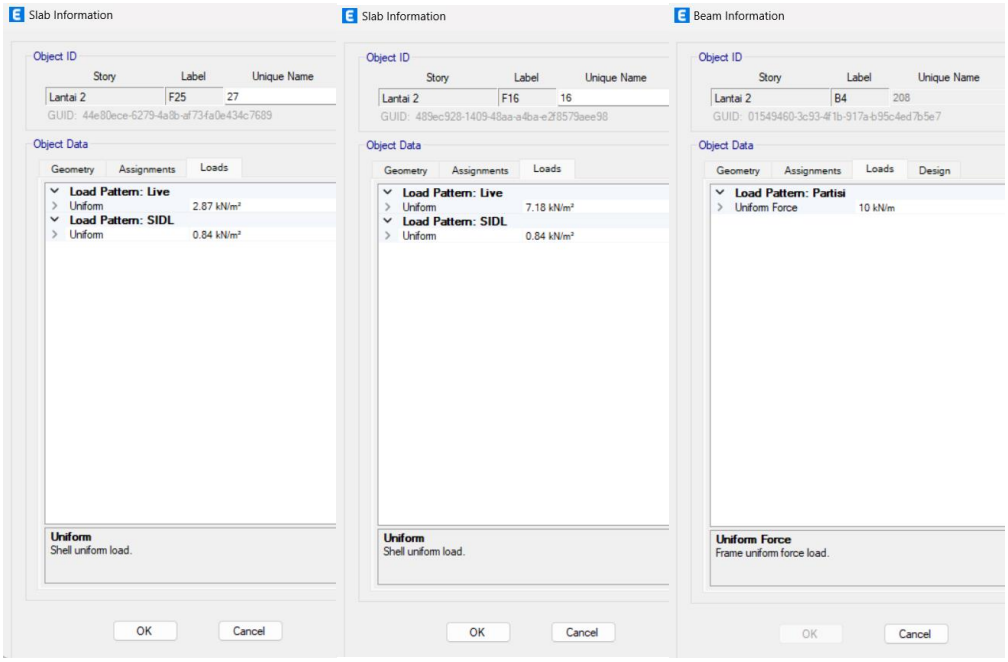
Gambar 4.14 Model Struktur 3D

(Sumber : Data Penelitian, 2023)

4.4.4. Beban

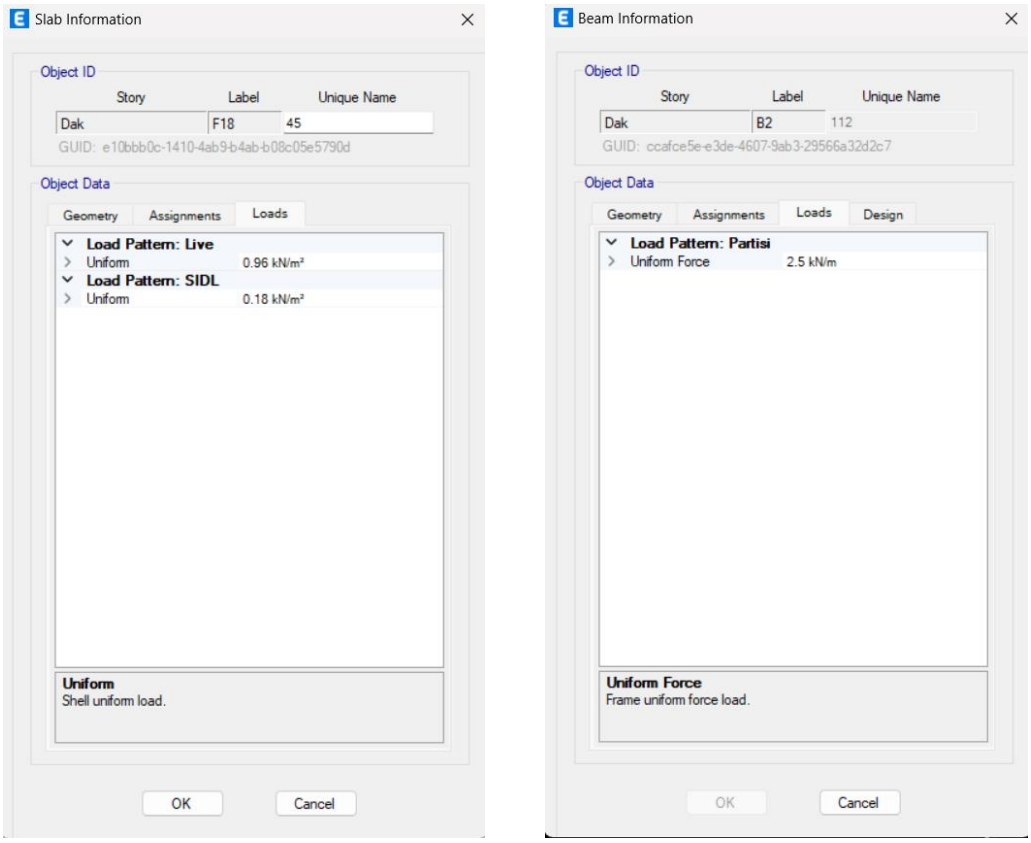
1. Beban mati dan beban hidup

   Beban mati yang akan dimasukan kedalam model yaitu beban mati tambahan dan beban partisi sesuai dengan perhitungan yang telah dilakukan pada 4.2.1 untuk nilai beban mati dan 4.2.2 untuk nilai beban hidup.



Gambar 4.15 *Input* Beban Mati dan Beban Hidup Lantai 2

(Sumber : Data Penelitian, 2023)



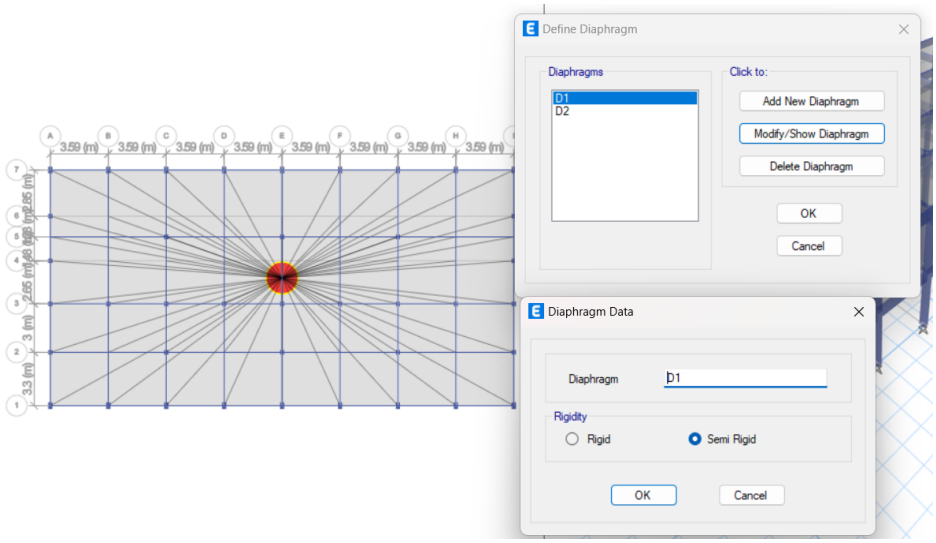
Gambar 4.16 *Input* Beban Mati dan Beban Hidup Dak

(Sumber : Data Penelitian, 2023)

2. Beban gempa

   a. Diafragma

   Diafragma yang kaan digunakan yaitu semi rigid pada setiap lantai bangunan, dapat dilihat pada **Gambar 4.14**.

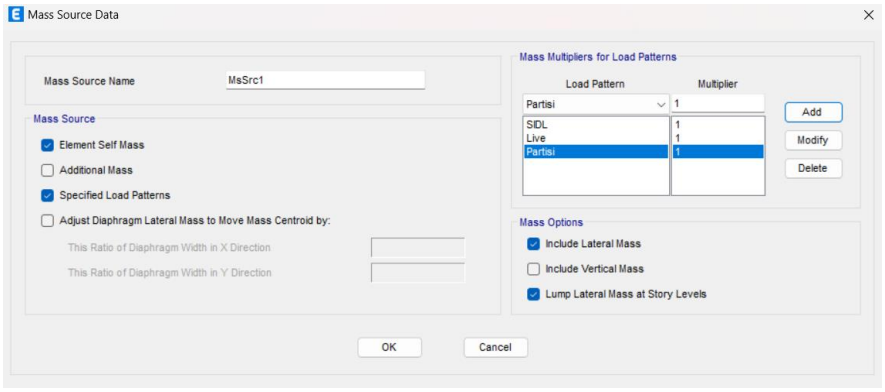


Gambar 4.17 Permodelan Diafragma

(Sumber : Data Penelitian, 2023)

b. Berat seismik

Berdasarkan SNI 1726:2019 Pasal 7.7.2, data yang diperlukan dalam permodelan struktur dapat dilihat pada **Gambar 4.16**.

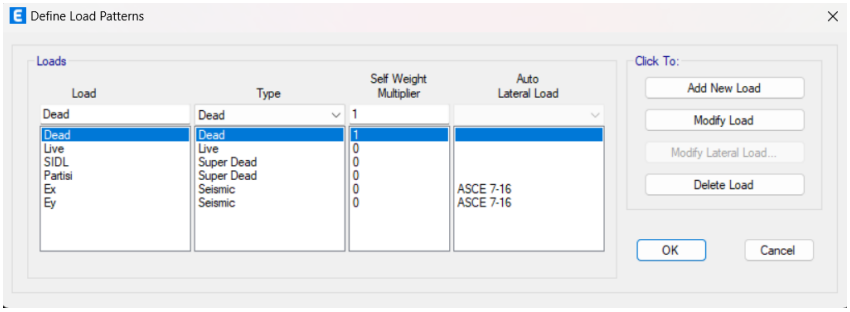


Gambar 4.18 *Mass Source Data*

(Sumber : Data Penelitian, 2023)

c. Beban gempa statis

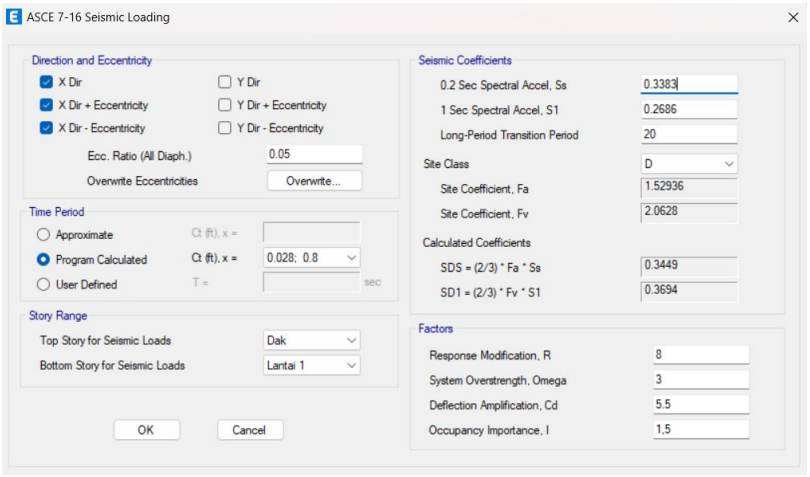
Data yang diperlukan dalam permodelan yaitu beban gempa statis, dapat dilihat pada **Gambar 4.19** yaitu beban gempa Ex dan Ey.



Gambar 4.19 Penamaan Beban Gempa Statis

(Sumber : Data Penelitian, 2023)

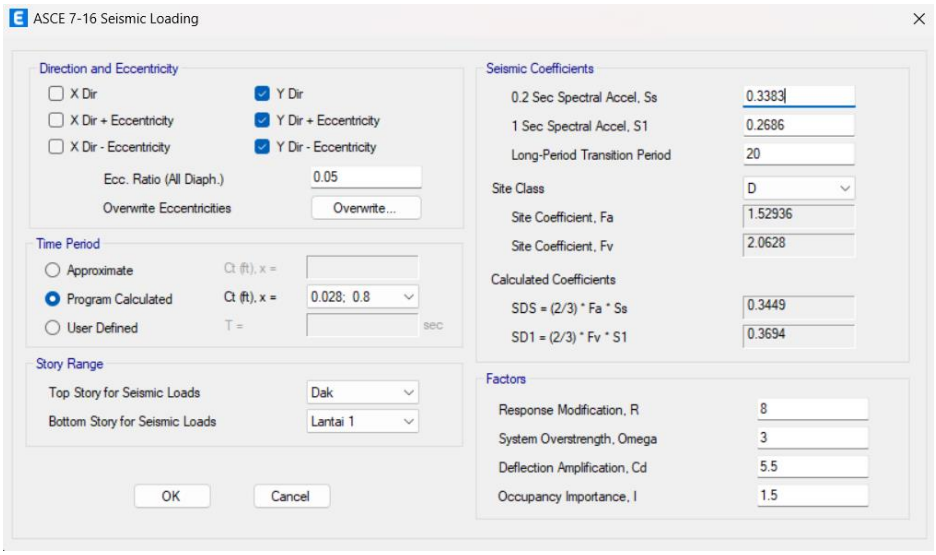
Arah sumbu-X



Gambar 4.20 *Input* Beban Gempa Statis Arah Sumbu-X

(Sumber : Data Penelitian, 2023)

Arah sumbu-Y

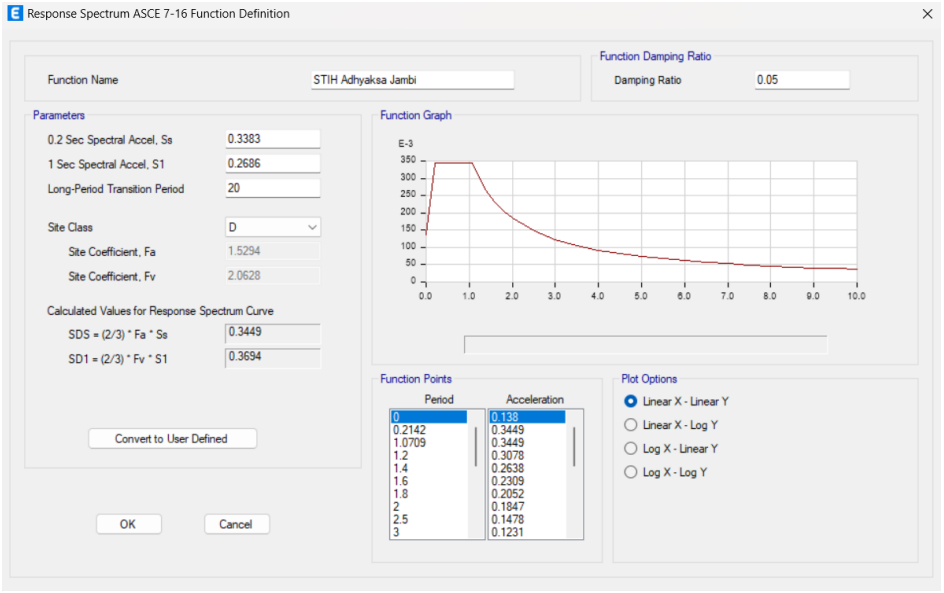


Gambar 4.21 *Input* Beban Gempa Statis Arah Sumbu-Y

(Sumber : Data Penelitian, 2023)

d. Desain respons spektrum

Berdasarkan SNI 1726:2019 Pasal 6.4 bahwa grafik respons spektrum dapat dibuat menggunakan data-data koefisien situs dan parameter respons spektral yang dijelaskan pada subbab 4.2.3, sehingga grafik yang didapatkan dapat dilihat pada **Gambar 4.20**.



Gambar 4.22 *Input* Grafik Respons Spektrum

(Sumber : Data Penelitian, 2023)

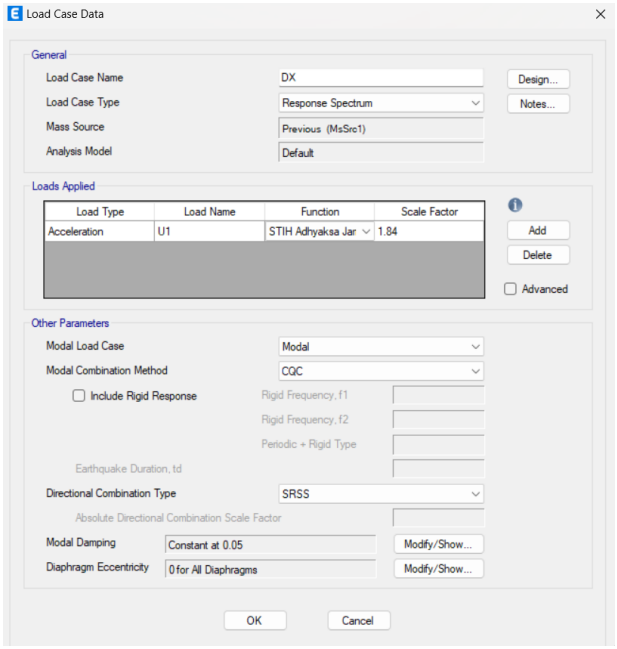
e. Beban gempa dinamis

Berdasarkan SNI 1726:2019 pada Pasal 7.9.1.2 menjelaskan terkait parameter respons ragam, bahwa faktor skala yang akan digunkaan yaitu nilai gravitasi dibagi dengan faktor R/Ie.

Faktor skala = $\frac{g}{R/Ie} = \frac{9{,}8\ m/s^2}{8/1{,}5} = 1{,}84$

Dengan perhitungan diatas maka nilai yang akan digunakan kedalam kolom *scale factor* pada proses *input* beban gempa dinamis yaitu 1,84, dapat dilihat pada **Gambar 4.21** dan **Gambar 4.22**.

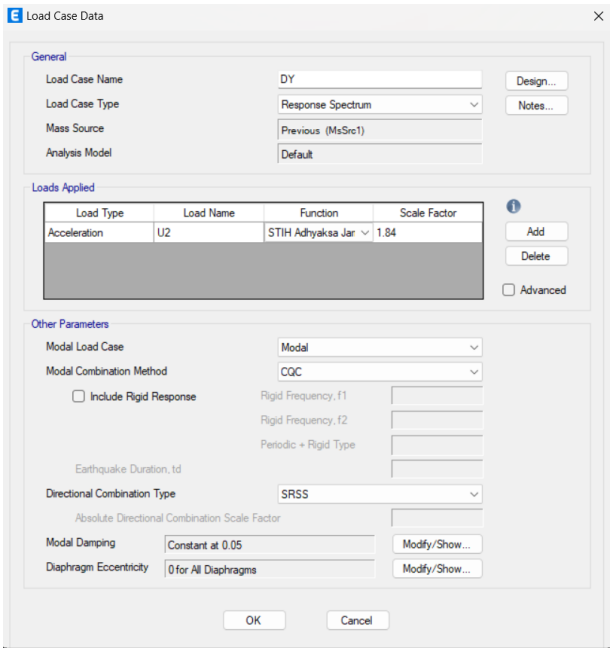
Arah sumbu-X



Gambar 4.23 *Input* Beban Gempa Statis Arah Sumbu-X

(Sumber : Data Penelitian, 2023)

Arah sumbu-Y



Gambar 4.24 *Input* Beban Gempa Statis Arah Sumbu-Y

(Sumber : Data Penelitian, 2023)

3. Kombinasi pembebanan

Pembebanan merupakan faktor penting dalam merancang stuktur bangunan. Untuk itu, dalam merancang struktur perlu mengidentifikasikan beban-beban yang bekerja pada sistem struktur. Berdasarkan SNI 1726-2019, kombinasi beban adalah seperti berikut:

a. 1,2 DL + E + LL, pada persamaan ini definisi E adalah $E = E_h + E_v$
b. 0,9 DL + E, pada persamaan ini definisi E adalah $E = E_h - E_v$
c. Yang dimana nilai E_h dan E_v adalah:
   1) $E_h = \rho \times Q_E$
   2) ρ = faktor redudansi. Untuk KDS D = 1,3
   3) $E_v = 0{,}2 \times S_{DS} \times D$
   4) D = pengaruh beban mati
d. Kesimpulan kombinasi beban
   1) Beban tetap
      a) U = 1,4 DL
      b) U = 1,2 DL + 1,6 LL
   2) Beban sementara akibat beban untuk struktur atas dengan R = 8
      a) U = (1.2 + 0.2*SDS) DL + LLr $\pm$ ρ *E, dimana (faktor redudansi) diambil sebesar 1.3.
         (1) $U = (1{,}2 + 0{,}2 \times S_{DS})DL + LLr + \rho\,(1\,Ex + 0{,}3\,Ey)$
         (2) $U = (1{,}2 + 0{,}2 \times S_{DS})DL + LLr + \rho\,(1\,Ex - 0{,}3\,Ey)$
         (3) $U = (1{,}2 + 0{,}2 \times S_{DS})DL + LLr + \rho\,(-1\,Ex + 0{,}3\,Ey)$
         (4) $U = (1{,}2 + 0{,}2 \times S_{DS})DL + LLr + \rho\,(-1\,Ex - 0{,}3\,Ey)$
         (5) $U = (1{,}2 + 0{,}2 \times S_{DS})DL + LLr + \rho\,(0{,}3\,Ex + 1\,Ey)$
         (6) $U = (1{,}2 + 0{,}2 \times S_{DS})DL + LLr + \rho\,(0{,}3\,Ex - 1\,Ey)$
         (7) $U = (1{,}2 + 0{,}2 \times S_{DS})DL + LLr + \rho\,(-0{,}3\,Ex + 1\,Ey)$
         (8) $U = (1{,}2 + 0{,}2 \times S_{DS})DL + LLr + \rho\,(-0{,}3\,Ex - 1\,Ey)$
      b) $U = (0{,}9 - 0{,}2 \times S_{DS})\,DL \pm \rho \times E$
         (1) $U = (0{,}9 - 0{,}2 \times S_{DS})DL + \rho\,(1\,E_x + 0{,}3\,E_y)$
         (2) $U = (0{,}9 - 0{,}2 \times S_{DS})DL + \rho\,(1\,E_x - 0{,}3\,E_y)$
         (3) $U = (0{,}9 - 0{,}2 \times S_{DS})DL + \rho\,(-1\,E_x + 0{,}3\,E_y)$
         (4) $U = (0{,}9 - 0{,}2 \times S_{DS})DL + \rho\,(-1\,E_x - 0{,}3\,E_y)$
         (5) $U = (0{,}9 - 0{,}2 \times S_{DS})DL + \rho\,(0{,}3\,E_x + 1\,E_y)$
         (6) $U = (0{,}9 - 0{,}2 \times S_{DS})DL + \rho\,(0{,}3\,E_x - 1\,E_y)$
         (7) $U = (0{,}9 - 0{,}2 \times S_{DS})DL + \rho\,(-0{,}3\,E_x + 1\,E_y)$
         (8) $U = (0{,}9 - 0{,}2 \times S_{DS})DL + \rho\,(-0{,}3\,E_x - 1\,E_y)$

3) Beban sementara akibat gempa kuat perlu maksimum untuk struktur bawah dengan faktor kuat lebih struktur (Ω_0), dimana faktor kuat diambil $\Omega_0 = 3$.

a) $U = (1{,}2 + 0{,}2 \times S_{DS})DL + LLr + \Omega_0 \times E \pm Fi$

(1) $U = (1{,}2 + 0{,}2 \times S_{DS})DL + LLr + \Omega_0\ (1\ Ex + 0{,}3\ Ey)$

(2) $U = (1{,}2 + 0{,}2 \times S_{DS})DL + LLr + \Omega_0\ (1\ Ex - 0{,}3\ Ey)$

(3) $U = (1{,}2 + 0{,}2 \times S_{DS})DL + LLr + \Omega_0\ (-1\ Ex + 0{,}3\ Ey)$

(4) $U = (1{,}2 + 0{,}2 \times S_{DS})DL + LLr + \Omega_0\ (-1\ Ex - 0{,}3\ Ey)$

(5) $U = (1{,}2 + 0{,}2 \times S_{DS})DL + LLr + \Omega_0\ (0{,}3\ Ex + 0{,}1\ Ey)$

(6) $U = (1{,}2 + 0{,}2 \times S_{DS})DL + LLr + \Omega_0\ (0{,}3\ Ex - 0{,}1\ Ey)$

(7) $U = (1{,}2 + 0{,}2 \times S_{DS})DL + LLr + \Omega_0\ (-0{,}3\ Ex + 0{,}1\ Ey)$

(8) $U = (1{,}2 + 0{,}2 \times S_{DS})DL + LLr + \Omega_0\ (-0{,}3\ Ex - 0{,}1\ Ey)$

b) $U = (0{,}9 - 0{,}2 \times S_{DS})\ DL + \Omega_0 \times E \pm Fi$

(1) $U = (0{,}9 - 0{,}2 \times S_{DS})\ DL + \Omega_0\ (1\ Ex + 0{,}3\ Ey)$

(2) $U = (0{,}9 - 0{,}2 \times S_{DS})\ DL + \Omega_0\ (1\ Ex - 0{,}3\ Ey)$

(3) $U = (0{,}9 - 0{,}2 \times S_{DS})\ DL + \Omega_0\ (-1\ Ex + 0{,}3\ Ey)$

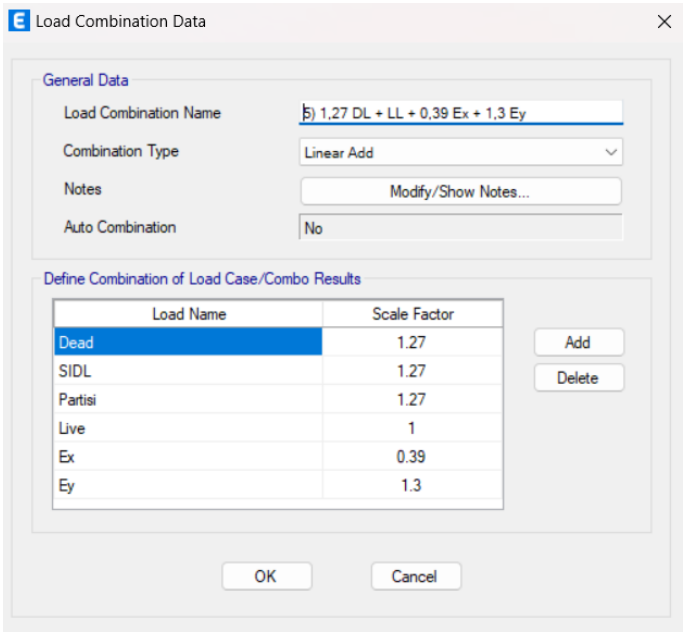
(4) $U = (0{,}9 - 0{,}2 \times S_{DS})\ DL + \Omega_0\ (-1\ Ex - 0{,}3\ Ey)$

(5) $U = (0{,}9 - 0{,}2 \times S_{DS})\ DL + \Omega_0\ (0{,}3\ Ex + 1\ Ey)$

(6) $U = (0{,}9 - 0{,}2 \times S_{DS})\ DL + \Omega_0\ (0{,}3\ Ex - 1\ Ey)$

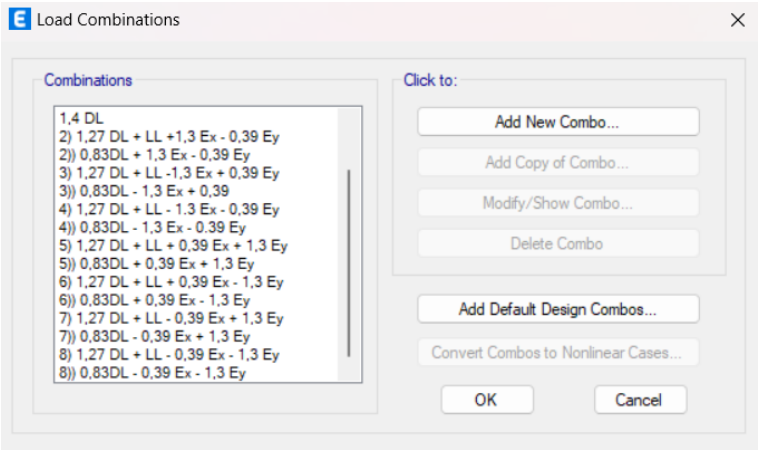
(7) $U = (0{,}9 - 0{,}2 \times S_{DS})\ DL + \Omega_0\ (-0{,}3\ Ex + 1\ Ey)$

(8) $U = (0{,}9 - 0{,}2 \times S_{DS})\ DL + \Omega_0\ (-0{,}3\ Ex - 1\ Ey)$



Gambar 4.25 *Input* Kombinasi Beban

(Sumber : Data Penelitian, 2023)



Gambar 4.26 Kombinasi Beban

(Sumber : Data Penelitian, 2023)

4.5 Analisis Model Struktur

Dalam hal ini model struktur akan dilakukan pemeriksaan untuk memastikan apakah struktur bangunan ini memenuhi standar atau tidak. Pemeriksaan yang perlu dilakukan yaitu sebagai berikut.

4.5.1. Pengecekan ketidakberaturan

1. Ketidakberaturan horizontal
   a. Cek ketidakberaturan horizontal torsi 1a dan torsi 1b

   Berdasarkan peninjauan dari arah sumbu-X, hasil nilai simpangan dari *software* ETABS yaitu sebagai berikut.

   Tabel 4.6. *Output* Simpangan Arah Sumbu-X

Story	*Output Case*	*Case Type*	*Direction*	*Max Drift mm*	*Avg Drift mm*	*Ratio*
Dak	*Static* DX	*LinStatic*	X	0.005	0.005	1,018
Lantai 2	*Static* DX	*LinStatic*	X	0.028	0.028	1,003

(Sumber : Data Penelitian, 2023)

Sedangkan dalam peninjauan dari arah sumbu-Y, hasil nilai simpangan dari *software* ETABS yaitu sebagai berikut.

Tabel 4.7. *Output* Simpangan Arah Sumbu-Y

Story	*Output Case*	*Case Type*	*Direction*	*Max Drift mm*	*Avg Drift mm*	*Ratio*
Dak	*Static* DY	*LinStatic*	Y	0.006	0.006	1,020
Lantai 2	*Static* DY	*LinStatic*	Y	0.022	0.022	1,046

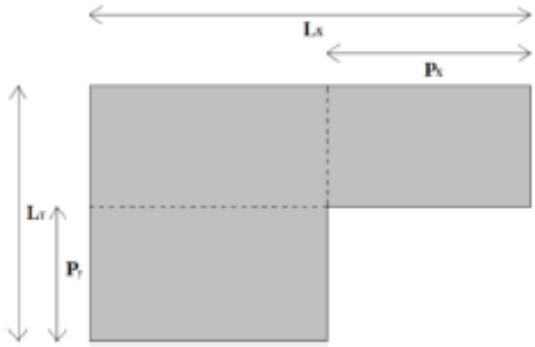
(Sumber : Data Penelitian, 2023)

Berdasarkan SNI 1726:2019 tentang ketidakberaturan horizontal pada struktur, bahwa ketidakberaturan terbagi menjadi ketidakberaturan torsi 1a dan torsi 1b. ketidakberaturan torsi 1a terjadi apabila simpangan antar tingkat maksimum (D_{max}) lebih besar dari 1,2 dari simpangan antar tingkat rata-rata (D_{awg}), sedangkan ketidakberaturan torsi 1b terjadi apabila simpangan antar tingkat maksimum (D_{max}) lebih

besar dari 1,4 dari simpangan antar tingkat rata-rata (D_{awg}). Berdasarkan **Tabel 4.6 dan Tabel 4.7** dapat dilihat bahwa rasio simpangan dari sumbu-X maupun sumbu-Y menghasilkan nilai kurang dari 1,2 yang dapat diartikan tidak adanya ketidakberaturan horizontal.

b. Cek ketidakberaturan sudut dalam

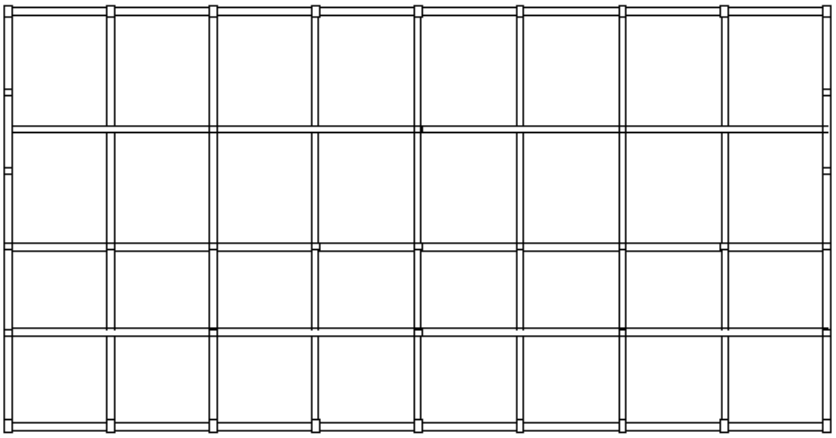
Berdasarkan SNI 1726:2019 ketidakberaturan sudut dalam ada jika dimensi proyeksi denah struktur dari lokasi sudut dalam lebih besar dari 15% dimensi denah struktur dalam arah yang ditinjau.



Gambar 4.27 Proyeksi Sudut Dalam

(Sumber : SNI 1726:2019)

Ketidakberaturan sudut dalam terjadi jika Px > 0,15Lx atau Px > 0,15Ly. Dilihat secara visual pada bangunan administrasi Sekolah Tinggi Ilmu Hukum Adhyaksa Jambi bahwa bangunan tersebut berbentuk simetris, maka secara langsung tidak dapat memproyeksikan denah struktur dari lokasi sudut dalam dikarenakan tidak memiliki sudut dalam. Dalam hal ini bangunan tersebut tidak terjadi ketidakberaturan sudut dalam.



Gambar 4.28 Denah Bangunan Administrasi STIH Adhyaksa Jambi

(Sumber : Data Penelitian, 2023)

c. Cek ketidakberaturan diskuntinuitas diafragma

Ketidakberaturan diskuntinuitas diafragma terjadi jika luas bukaan lebih besar dari 50% dari luas total denah. Dapat dilihat pada **Gambar 4.26** jika bangunan administrasi Sekolah Tinggi Ilmu Hukum Adhyaksa Jambi tidak memiliki bukaan, dalam hal ini bangunan tersebut tidak terjadi ketidakberaturan diskuntinuitas diafragma.

d. Cek ketidakberaturan akibat pergeseran tegak lurus terhadap bidang

Ketidakberaturan akibat pergeseran tegak lurus terhadap bidang terjadi jika pada bangunan terdapat elemen struktur vertikal atau penahan gaya lateral yaitu kolom ataupun dinding geser yang tidak menerus hingga pondasi. Dapat dilihat pada **Gambar 4.11** bahwa tidak terdapat elemen struktur vertikal yang tidak menerus hingga pondasi. Jadi dapat disimpulkan pada bangunan administrasi Sekolah Tinggi Ilmu Hukum Adhyaksa Jambi tidak terjadi ketidakberaturan akibat pergeseran tegak lurus terhadap bidang.

e. Cek ketidakberaturan sistem non-paralel

Ketidakberaturan sistem non-paralel terjadi jika terdapat elemen struktur vertikal atau penahan gaya lateral yaitu kolom ataupun dinding geser tidak segaris dengan arah sumbu-X dan sumbu-Y. Dapat dilihat pada **Gambar 4.11** bahwa tidak terdapat elemen struktur vertikal yang tidak segaris. Jadi dapat disimpulkan pada bangunan administrasi Sekolah Tinggi Ilmu Hukum Adhyaksa Jambi tidak terjadi ketidakberaturan sistem non-paralel.

2. Ketidakberaturan vertikal

a. Cek ketidakberaturan kekakuan tingkat lunak (1a)

Dalam meninjau ketidakberaturan tingkat lunak, digunakan hasil keluaran ETABS berupa nilai *stiff*. Nilai *stiffness* pada setiap lantai yang didapatkan kemudian akan dibandingkan dengan nilai *stiffness* diatasnya dan nilai rata-rata dari tiga tingkat diatas lantai dasar. Hasil keluaran ETABS dapat dilihat dalam tabel berikut.

Tabel 4.8. Nilai *output Story Stiffness* ETABS

Story	***Output Case***	***Case Type***	***Stiffness***
Dak	Ex	*LinStatic*	29609,517
Lantai 2	Ex	*LinStatic*	11125,169
Dak	Ey	*LinStatic*	30848,725
Lantai 2	Ey	*LinStatic*	17157,286

(Sumber : Data Penelitian, 2023)

Berdasarkan tabel diatas dapat dilihat bahwa nilai *stiffness* pada setiap lantai lebih besar dari 70% nilai *stiffness* lantai diatasnya dan nilai

stiffness lantai 2 lebih besar dari 80% nilai *stiffness* rata-rata tiga tingkat diatasnya, oleh karena itu dapat disimpulkan bahwa bangunan administrasi Sekolah Tinggi Ilmu Hukum Adhyaksa Jambi tidak terjadi ketidakberatuan kekakuan tingkat lunak (1a).

b. Cek ketidakberaturan kekakuan tingkat lunak berlebihan (1b)

Dalam pengecekan ini sama halnya dengan pengecekan ketidakberaturan tingkat lunak (1a), hal yang membedakan yaitu dari batas atau standar presentase terhadap nilai *stiffness*. Berdasarkan **Tabel 4.8** dapat dilihat bahwa nilai *stiffness* pada setiap lantai 2 kurang dari 60% nilai *stiffness* lantai diatasnya, oleh karena itu dapat disimpulkan bahwa bangunan administrasi Sekolah Tinggi Ilmu Hukum Adhyaksa Jambi mengalami ketidakberatuan kekakuan tingkat lunak berlebihan(1b).

c. Cek ketidakberaturan berat (massa)

Jika terdapat massa efektif di sembarang tingkat melebihi 150% massa efektif tingkat didekatnya maka terjadi ketidak beraturan berat. Dibantu dengan *software* ETABS untuk hasil pada bangunan administrasi Sekolah Tinggi Ilmu Hukum Adhyaksa Jambi dapat dilihat pada tabel berikut.

Tabel 4.9. Nilai *output Story Massa* ETABS

Story	**Berat (kg)**	**Cek > 1,5**
Dak	284084,14	Tidak terjadi
Lantai 1	508958,75	Terjadi
Lantai 2	15461,82	Tidak terjadi

(Sumber : Data Penelitian, 2023)

d. Cek ketidakberaturan geometri vertikal

Ketidakberaturan geometri vertikal terjadi apabila terdapat dimensi horizontal pemikul gaya seismik atau dalam hal ini yaitu kolom ataupun *shearwall*, disembarang tingkat yang melebihi 130% dimensi horizontal elemen pemikul gaya seismik pada tingkat didekatnya. Dapat dilihat pada **Gambar 4.11** bahwa dimensi kolom dari lantai 1 sampai dak seragam, maka tidak terjadi ketidakberaturan geometri vertikal.

e. Cek ketidakberaturan diskontinuitas bidang pada elemen vertikal pemikul lateral

Ketidakberaturan diskontinuitas bidang pada elemen vertikal pemikul lateral terjadi jika pergeseran arah bidang elemen pemikul gaya lateral lebih besar dari elemen pemikul di tingkat diatas atau dibawahnya. Dapat dilihat pada **Gambar 4.11** bahwa posisi kolom menerus dari lantai atas hingga lantai dasar, maka tidak terjadi diskontinuitas bidang pada elemen vertikal pemikul lateral.

f. Cek ketidakberaturan kuat lateral tingkat (5a)

Ketidakberaturan kuat lateral tingkat (5a) terjadi apabila kekuatan lateral suatu tingkat kurang dari 80% kekuatan lateral tigkat diatasnya.

Tabel 4.10. Perhitungan Ketidakberaturan Kuat Lateral Tingkat (5a)

Story	*Load Case*	*Location*	Vx	Vy	Cek
					Ki < 80% x ki+1
Dak	Ex	*Bottom*	266,838		Ok
Lantai 2	Ex	*Bottom*	502,967		Ok
Dak	Ey	*Bottom*		266,838	Ok
Lantai 2	Ey	*Bottom*		502,967	Ok

(Sumber : Data Penelitian, 2023)

Berdasarkan **Tabel 4.10** disimpulkan bahwa bangunan administrasi Sekolah Tinggi Ilmu Hukum Adhyaksa Jambi tidak mengalami ketidakberaturan kuat lateral tingkat arah sumbu-X dan sumbu-Y.

g. Cek ketidakberaturan kuat lateral tingkat berlebihan (5b)

Ketidakberaturan kuat lateral tingkat (5a) terjadi apabila kekuatan lateral suatu tingkat kurang dari 65% kekuatan lateral tigkat diatasnya.

Tabel 4.11. Perhitungan Ketidakberaturan Kuat Lateral Tingkat Berlebihan (5b)

Story	*Load Case*	*Location*	Vx	Vy	Cek
					Ki < 65% x ki+1
Dak	Ex	*Bottom*	266,838		Ok
Lantai 2	Ex	*Bottom*	502,967		Ok
Dak	Ey	*Bottom*		266,838	Ok
Lantai 2	Ey	*Bottom*		502,967	Ok

(Sumber : Data Penelitian, 2023)

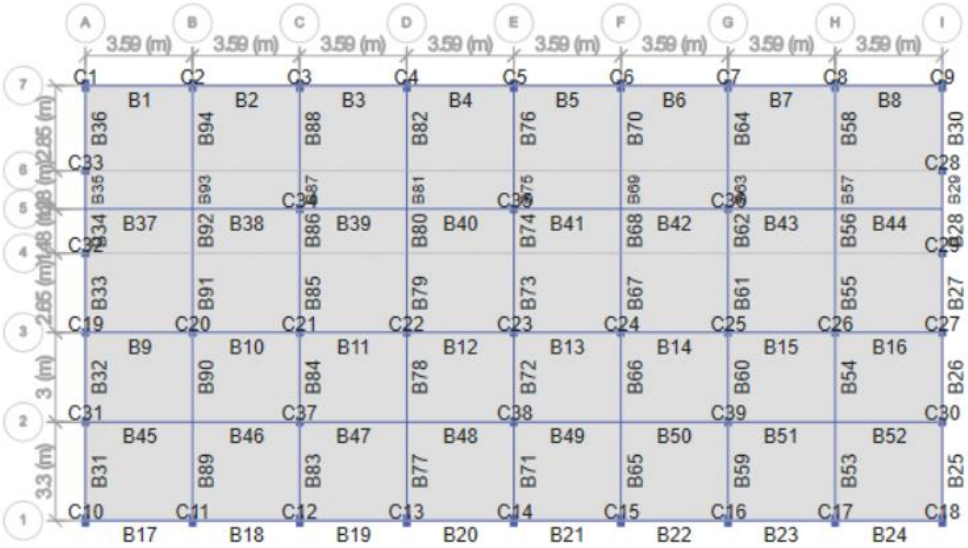
Berdasarkan **Tabel 4.11** disimpulkan bahwa bangunan administrasi Sekolah Tinggi Ilmu Hukum Adhyaksa Jambi tidak mengalami ketidakberaturan kuat lateral tingkat berlebihan arah sumbu-X dan sumbu-Y.

4.5.2. Redundansi

Persyaratan untuk faktor nilai redudansi untuk kategori desain seismik D sampai F berdasarkan SNI 1726:2019, harus meninjau dua persyaratan, yaitu sebagai berikut:

1. Setiap tingkat menahan lebih dari 35% geser dasar, yaitu dari lantai dasar atau basement hingga lantai dak.

   Dengan bantuan *software* ETABS dapat dilakukan pengecekan terhadap syarat redundansi yaitu dengan *realeases/partial fixity* balok arah sumbu-X dan sumbu-Y serta mengubah skala gempa menjadi 67% pada bagian *load cases* kemudian cek *verify all member passed* pada *output* ETABS. Dalam keluaran ETABS balok yang memiliki momen paling besar yaitu balok B8 arah sumbu-X dan B36 untuk arah sumbu-Y. Denah label balok dapat dilihat pada **Gambar 4.27**.



Gambar 4.29 Denah Label Balok Bangunan Administrasi STIH Adhyaksa Jambi

(Sumber : Data Penelitian, 2023)

Setelah *releases* dan mengubah *scale factor*, dilanjutkan dengan cek *verify all member passed* dengan hasil keluaran ETABS dapat dilihat pada **Gambar 4.28**.

Gambar 4.30 *Output Verify All Member Passed* Pada ETABS

(Sumber : Data Penelitian, 2023)

Dengan melihat hasil tersebut maka dapat diartikan bahwa syarat tidak terpenuhi.

2. Struktur bangunan administrasi Sekolah Tinggi Ilmu Hukum Adhyaksa Jambi memiliki ketidakberatural vertikal, sehingga syarat tidak terpenuhi.

Berdasarkan syarat pada SNI 1726:2019 yang tidak terpenuhi untuk mengambil nilai faktor redundansi (ρ) sebesar 1,0, maka nilai faktor redundansi (ρ) yang digunakan yaitu sebesar 1,3.

4.5.3. Jumlah ragam

SNI 1726:2019 menjelaskan bahwa analisis model haarus dilakukan dengan banyaknya ragam yang cukup untuk mendapatkan partisipasi massa ragam terkombinasi 100% dengan syarat minimum 90% massa ragam. Analisis

dengan menggunakan software ETABS menghasilkan keluaran yang dapat dilihat pada **Lampiran 3**, didapatkan hasil jumlah massa ragam yang digunakan yaitu 12.

4.5.4. Penentuan periode

Berdasarkan SNI 1726:2019 tentang periode fundamental pendekatan, digunakan persamaan Ta, dengan perhitungan sebagai berikut:

Percepatan desain periode 1 detik, S_{D1} = 0,3638 g

Koefisien untuk batas periode, C_u = 1,4

C_t = 0,0466

x = 0,9

Tinggi bangunan, h = 8 m

Periode fundamental pendekatan, $T_a = C_t \times h^x$

= 0,3028 detik

Periode maksimum, $T_{max} = C_u \times T_a$

= 0,424 detik

Cek *output* ETABS terkait hasil periode arah sumbu-X dan arah sumbu-Y, yaitu:

Periode hasil arah sumbu-X $T_{c,X}$ = 1,720 detik

Periode hasil arah sumbu-Y $T_{c,Y}$ = 1,408 detik

Dapat dilihat bahwa hasil keluaran ETABS yaitu diatas nilai perhitungan periode maksimum, oleh karena itu nilai T yang akan digunakan yaitu nilai T_{max} 0,424.

4.5.5. Koefisien respons seismik

SNI 1726:2019,

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

$= \frac{0,3078}{\left(\frac{8}{1,5}\right)}$

= 0,0577

C_s tidak boleh melebihi nilai:

Batas atas,

$C_{s,max} = \frac{S_{D1}}{T\left(\frac{R}{I_e}\right)}$

$= \frac{0,3638}{0,424\left(\frac{8}{1,5}\right)}$

= 0,1609

Batas bawah,

$C_{s,min\ 1} = 0,044 \times S_{DS} \times I_e \geq 0,01$

= 0,0203

Batas bawah (dipakai jika $S_1 \geq 0,6$ g)

$C_{s,min\ 2} = \frac{0,5 \times S_1}{\left(\frac{R}{I_e}\right)}$

$= \frac{0,3638}{\left(\frac{8}{1,5}\right)}$

$= 0,0252$

Jadi koefisien seismik yang dipakai pada arah sumbu-X maupun arah sumbu-Y yaitu 0,0577.

4.5.6. Geser dasar

Dalam penentuan besaran gaya geser seismik yang di jelaskan pada SNI 1726:2019, nilai C_s pada arah sumbu-X dan arah sumbu-Y sama, maka nilai gaya geser dasar bernilai sama pada kedua arah. Dapat dirincikan sebagai berikut.

$V_{x-y} = C_s \times W$

$= 0,0577 \times 7777$

$= 448,81$ kN

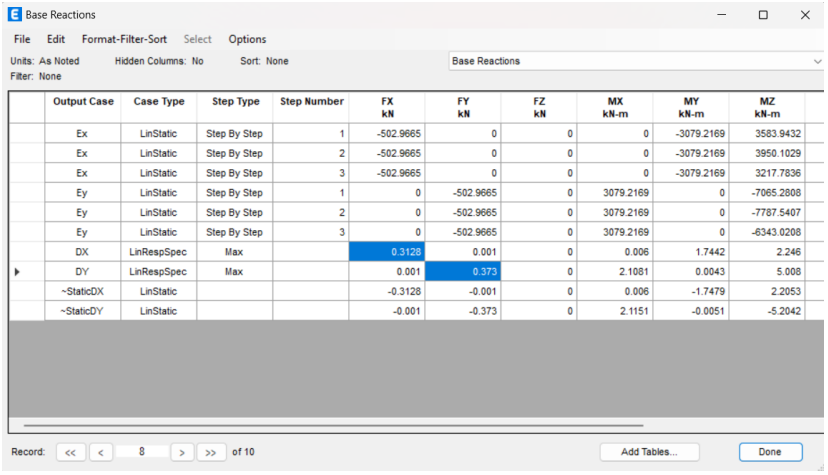
4.5.7. Skala nilai desain respons terkombinasi

Dalam skala nilai desain respons terkombinasi yaitu menentukan faktor skala nilai desain, dapat dirincikan sebagai berikut.

Faktor skala awal, SF $= \frac{g}{R/_{Ie}}$

$= 1,84\ m/s^2$

Gaya geser dasar analisis struktur sumbu-X dan sumbu-Y diambil dari hasil keluaran pada *software* ETABS yaitu dapat dilihat pada **Gambar 4.29**.



Output Case	Case Type	Step Type	Step Number	FX kN	FY kN	FZ kN	MX kN-m	MY kN-m	MZ kN-m
Ex	LinStatic	Step By Step	1	-502.9665	0	0	0	-3079.2169	3583.9432
Ex	LinStatic	Step By Step	2	-502.9665	0	0	0	-3079.2169	3950.1029
Ex	LinStatic	Step By Step	3	-502.9665	0	0	0	-3079.2169	3217.7836
Ey	LinStatic	Step By Step	1	0	-502.9665	0	3079.2169	0	-7065.2808
Ey	LinStatic	Step By Step	2	0	-502.9665	0	3079.2169	0	-7787.5407
Ey	LinStatic	Step By Step	3	0	-502.9665	0	3079.2169	0	-6343.0208
DX	LinRespSpec	Max		0.3128	0.001	0	0.006	1.7442	2.246
DY	LinRespSpec	Max		0.001	0.373	0	2.1081	0.0043	5.008
~StaticDX	LinStatic			-0.3128	-0.001	0	0.006	-1.7479	2.2053
~StaticDY	LinStatic			-0.001	-0.373	0	2.1151	-0.0051	-5.2042

Gambar 4.31 *Output Base Reactions*

(Sumber : Data Penelitian, 2023)

Gaya geser dasar analisis struktur, $V_{i,X} = 0,313$

$V_{i,Y} = 0,373$

Penskalaan gaya gempa, $f_X = \frac{Vx}{Vix}$

$= \frac{448,81}{0,313} = 1434,807$

$f_Y = \frac{Vy}{Viy}$

$= \frac{448,81}{0,373} = 1203,237$

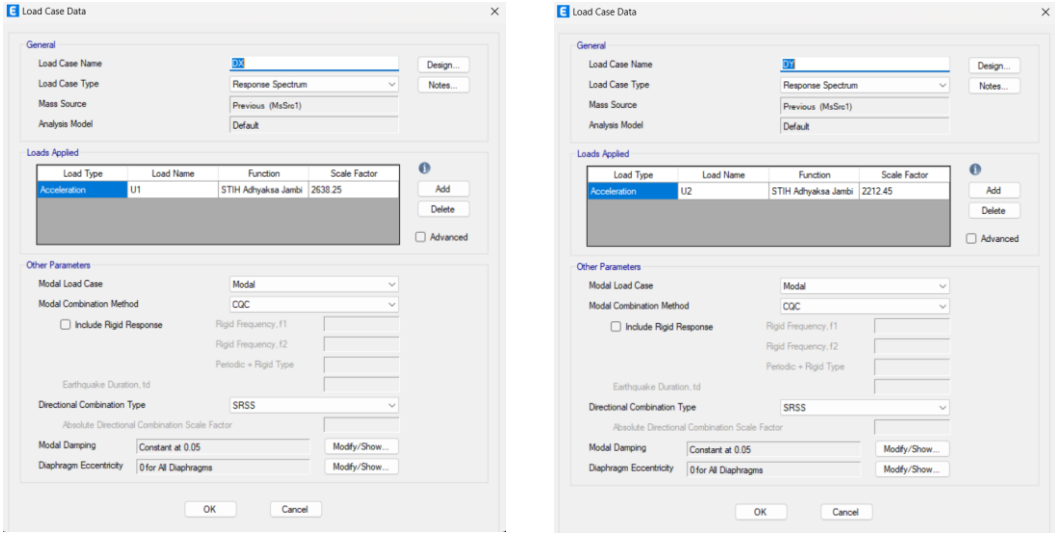
Faktor skala baru, SF_X = SF x f_X

= 2638,25

SF_Y = SF x f_Y

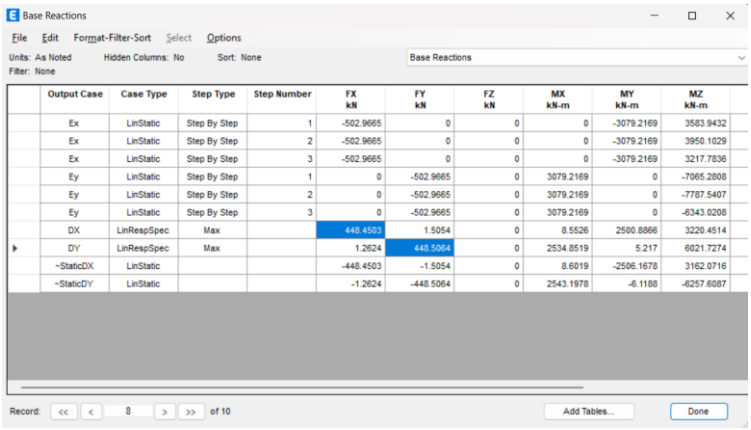
= 2212,45

Setelah didapatkan faktor skala baru maka harus di *input* pada ETABS dan cek nilai keluaran ETABS harus sesuai dengan hitungan gaya geser dasar dapat dilihat pada **Gambar 4.32** dan **Gambar 4.33**.



Gambar 4.32 *Input* Skala Gempa Arah Sumbu-X dan Arah Sumbu-Y

(Sumber : Data Penelitian, 2023)



Gambar 4.33 *Output Base Reactions* Setelah Skala Baru

(Sumber : Data Penelitian, 2023)

Nilai keluaran ETABS didapatkan nilai 448,450 yang mana nilai ini

sudah sesuai dengan perhitungan manual gaya geser dasar pada sub subbab 4.5.6.

4.5.8. Simpangan antar tingkat

Penetuan simpangan antar tingkat yang dijelaskan dalam SNI 1726:2019, yang perlu dihitung sebagai perbedaan defleksi pada pusat massa diatas maupun dibawah tingkat yang ditinjau. Nilai simpangan antar tingkat (Δx) harus lebih kecil dari nilai simpangan yang diizinkan (Δa). Nilai simpangan tingkat didapatkan dari hasil keluaran ETABS, nilai yang didapat serta perhitungan pemeriksaan simpangan antar tingkat dapat dilihat pada **Tabel 4.12**.

Simpangan antar tingkat izin, Δa = 0,01 h

Faktor redundansi, ρ = 1,3

Story drift inelastic izin, $\Delta_{max} = {}^{\Delta}/_{\rho}$

= 0,0077 h

Faktor pembesaran defleksi, C_d = 5,5

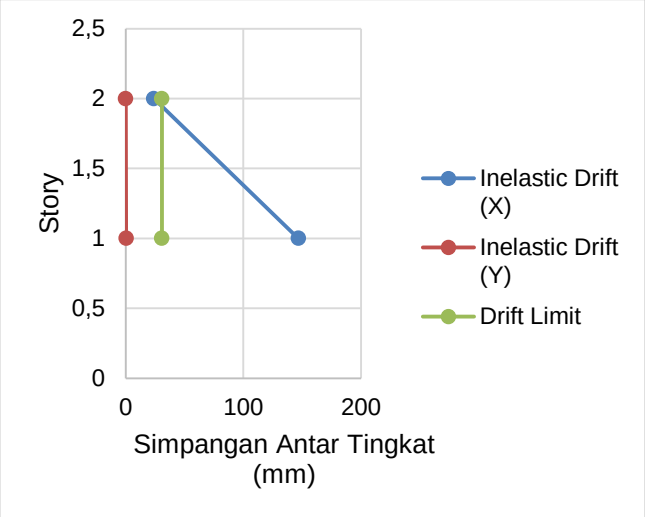
Faktor keutamaan gempa, Ie = 1,5

Story drift inelastic, $\Delta = \delta \times {}^{Cd}/_{Ie}$

Tabel 4.12. Pemeriksaan Simpangan Antar Tingkat

Story	*Displacement*		*Elastic Drift*		*h*	*Inelastic Drift*		*Drift Limit*	Cek
	δeX	*δeY*	*δeX*	*δeY*		*ΔX*	*ΔY*		
	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	
Dak	46,549	0,109	6,529	0,015	4000	23,940	0,055	30,769	Ok
Lt 2	40,020	0,094	40,020	0,094	4000	146,740	0,345	30,769	Not Ok

(Sumber : Data Penelitian, 2023)



Gambar 4.34 Grafik Simpangan Antar Tingkat Arah Sumbu-X dan Arah Sumbu-Y

(Sumber : Data Penelitian, 2023)

Berdasarkan **Tabel 4.12** dan **Gambar 4.32**, dapat dilihat bahwa nilai simpangan antar tingkat pada lantai 2 arah sumbu-X tidak memenuhi atau

melewati batas limit dan sebaliknya pada arah sumbu-Y memenuhi syarat yaitu lebih kecil dari nilai simpangan izin.

4.5.9. Pemeriksaan pengaruh P-Delta

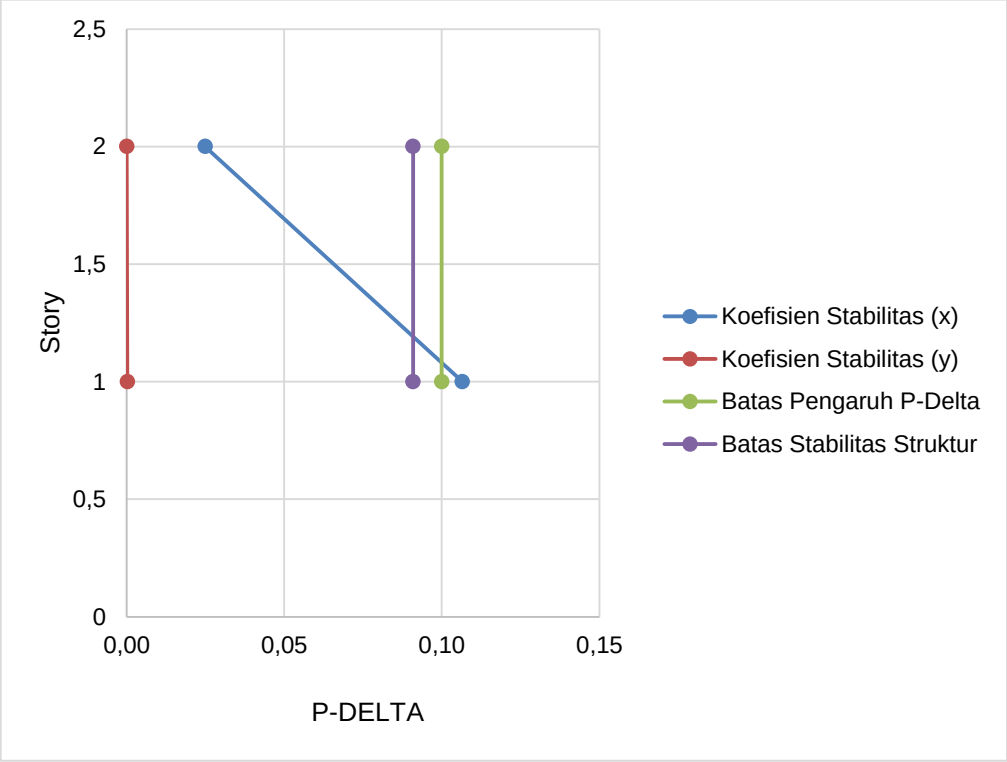
Berdasarkan SNI 1726:2019 tentang P-Delta menjelaskan bahwa pengaruh P-Delta perlu ditinjau, namun tidak diperhitungkan apabila nilai koefisien stabilitas (θ) kurang dari 0,1. Perhitungan pengaruh P-Delta dapat dilihat pada **Tabel 4.13**.

Tabel 4.13. Pemeriksaan Pengaruh P-Delta

Story	Inelastic Drift		Story Forces			h	Koefisien Stabilitas		Batas Pengaruh P-Delta	Batas Stabilitas Struktur, θ_{max}	Cek
	Δ_X	Δ_Y	P	V_x	V_y						
	mm	mm	kN	kN	kN	mm	θX	θY			
Dak	23,940	0,055	2722,12	178,09	187,29	4000	0,0249	0,0001	0,1	0,0909	Ok
Lt 2	146,740	0,345	4776,28	448,45	448,51	4000	0,1066	0,0003	0,1	0,0909	Not OK

(Sumber : Data Penelitian, 2023)

Dari **Tabel 4.13** di dapat dilihat hasil yang didapatkan bahwa koefisien stabilitas (θ) pada lantai dak kurang dari 0,1, maka P-Delta tidka perlu diperhitungkan. Sedangkan pada lantai 2 didapatkan hasil yang tidak memenuhi syarat. Berdasarkan hasil perhitungan, dapat disajikan dapat bentuk grafik perbandingan nilai koefisien stabilitas (θ) dengan nilai delta maksimum (θ_{max}), dapat dilihat pada **Gambar 4.33** berikut.



Gambar 4.35 Grafik P-Delta

(Sumber : Data Penelitian, 2023)

4.6 Analisis Pelat Lantai

Data perhitungan yang digunakan dalam analisis pelat lantai yaitu sebagai berikut.

Ketebalan pelat lantai : 120 mm

Modulus elastisitas beton : $4700\sqrt{fc'} = 4700\sqrt{25} = 23500$ MPa

Modulus elastisitas baja : 200.000 MPa

Mutu baja : BjTS 280 (fy = 280 MPa)

Diameter tulangan : 10 mm

Jarak antar tulangan : 150 mm

Struktur pelat lantai yang telah dimodelkan dengan bantuan *software* ETABS menghasilkan nilai kekuatan perlu (*ultimate*), dengan hasil yang didapat yaitu:

Mu Max = 9,084 kNm

Mu Min = -14,093 kNm

Vu Max = 18,571 kN/m

4.6.1. Perhitungan tulangan positif

Data awal:

fy = 280 MPa

fc' = 25 MPa

β = 0,75

εc = 0,003

Tebal pelat (h) = 120 mm

Selimut beton = 20 mm

b = 1000 mm

d = $h - Pb - (1/2 \times \text{Øp})$

= $120 - 20 - (1/2 \times 10)$

= 95 mm

Perhitungan lentur (*flexural strength*)

Mu+ = 9,084 kNm

Mn = $\frac{Mu+}{0,8}$

= $\frac{9,084}{0,8}$

= 11,355 kNm

= 11355 kNmm

Rn = $\frac{Mn}{b \times d^2}$

= $\frac{11355}{1000 \times 95^2}$

= 0,0013

m $= \frac{fy}{0{,}85 \times fc'}$

$= \frac{280}{0{,}85 \times 25}$

$= 13{,}176$

ρ $= \frac{1}{m}\left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times m \times Rn}{fy}}\right)$

$= \frac{1}{13{,}176}\left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 13{,}176 \times 0{,}0013}{280}}\right)$

$= 4{,}64 \text{ x } 10^{-6}$

ρ_{min} $= \frac{1{,}4}{fy} = \frac{1{,}4}{280} = 0{,}005$

ρb $= \frac{0{,}85 \times fc}{fy} \times \beta \times \left(\frac{600}{600 + fy}\right)$

$= \frac{0{,}85 \times 25}{280} \times 0{,}75 \times \left(\frac{600}{600 + 280}\right)$

$= 0{,}04$

ρ_{maks} $= 0{,}75 \times \rho b$

$= 0{,}75 \times 0{,}04$

$= 0{,}03$

Karena "$\rho < \rho_{min} < \rho_{maks}$" maka digunakan nilai ρ_{min} sebesar 0,005.

As_{perlu} $= \rho \times b \times d$

$= 0{,}005 \times 1000 \times 95$

$= 475 \text{ mm}^2$

Digunakan

Øtul $= 10$ mm

Alp $= \frac{1}{4} \times \pi \times d^2$

$= \frac{1}{4} \times \pi \times 10^2$

$= 78{,}54 \text{ mm}^2$

Jarak (s) $= \frac{Alp \times b}{As\ perlu}$

$= \frac{78{,}54 \times 1000}{475}$

$= 165{,}347$ mm

As_w $= \frac{Alp \times b}{s}$

$= \frac{78{,}54 \times 1000}{165{,}347}$

$= 475{,}001 \text{ mm}^2$

Cek syarat: $As_w > As_{perlu}$

$475{,}001 \text{ mm}^2 > 475 \text{ mm}^2$

Maka luas tulangan yang diperlukan memenuhi syarat dengan spasi maksimum 165,347 mm, sehingga tulangan ini dapat digunakan dan kuat menahan beban yang bekerja setelah alihfungsi bangunan.

4.6.2. Perhitungan tulangan negatif

Data awal:

fy = 280 MPa

fc' = 25 MPa

β = 0,75

εc = 0,003

Tebal pelat (h) = 120 mm

Selimut beton = 20 mm

b = 1000 mm

d = $h - Pb - (1/2 \times \emptyset p)$

= $120 - 20 - (1/2 \times 10)$

= 95 mm

Perhitungan lentur (*flexural strength*)

Mu- = 14,093 kNm

Mn = $\frac{Mu-}{0,8}$

= $\frac{14,093}{0,8}$

= 17,616 kNm

= 17616 kNmm

Rn = $\frac{Mn}{b \times d^2}$

= $\frac{17616}{1000 \times 95^2}$

= 0,0020

m = $\frac{fy}{0,85 \times fc'}$

= $\frac{280}{0,85 \times 25}$

= 13,176

ρ = $\frac{1}{m}\left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times m \times Rn}{fy}}\right)$

= $\frac{1}{13,176}\left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 13,176 \times 0,0020}{280}}\right)$

= 7,14 x 10^{-6}

ρ_{min} = $\frac{1,4}{fy} = \frac{1,4}{280}$ = 0,005

ρb = $\frac{0,85 \times fc}{fy} \times \beta \times \left(\frac{600}{600 + fy}\right)$

= $\frac{0,85 \times 25}{280} \times 0,75 \times \left(\frac{600}{600 + 280}\right)$

= 0,04

ρ_{maks} = $0,75 \times \rho b$

= $0,75 \times 0,04$

= 0,03

Karena "$\rho < \rho_{min} < \rho_{maks}$" maka digunakan nilai ρ_{min} sebesar 0,005.

As_{perlu} = $\rho \times b \times d$

= 0,005 × 1000 × 95

= 475 mm^2

Digunakan

Øtul = 10 mm

Alp = $\frac{1}{4} \times \pi \times d^2$

= $\frac{1}{4} \times \pi \times 10^2$

= 78,54 mm^2

Jarak (s) = $\frac{Alp \times b}{As\ perlu}$

= $\frac{78,54 \times 1000}{475}$

= 165,347 mm

As_w = $\frac{Alp \times b}{s}$

= $\frac{78,54 \times 1000}{165,347}$

= 475,001 mm^2

Cek syarat: $As_w > As_{perlu}$

475,001 mm^2 > 475 mm^2

Maka luas tulangan yang diperlukan memenuhi syarat dengan spasi maksimum 165,347 mm, sehingga tulangan ini dapat digunakan dan kuat menahan beban yang bekerja setelah alihfungsi bangunan.

4.6.3. Perhitungan geser (*shear strength*)

Perhitungan geser (*shear strength*)

Vu = 18,571 kN

Vn = $\frac{1}{6} \times \sqrt{fc} \times b \times d$

= $\frac{1}{6} \times \sqrt{25} \times 1000 \times 95$

= 79166,6 N

= 79,167 kN

ΦVn = $\Phi \times Vn$

= 0,75 × 79,167 kN

= 59,375 kN

Cek syarat: Vu < ΦVn

18,571 kN < 59,375 kN

Jadi, tulangan (*wiremesh*) yang digunakan memenuhi syarat sehingga tulangan ini mampu menahan gaya geser yang bekerja pada lantai.

4.7 Analisis Balok

Balok *existing* yang terdapat pada bangunan administrasi Sekolah Tinggi Ilmu Hukum Adhyaksa Jambi hanya terdiri dari satu jenis balok seperti yang telah dijelaskan pada subbab 4.1 tentang data teknis bangunan. Perhitungan kekuatan struktur balok dapat dirincikan sebagai berikut:

Balok B1-2 (250 × 500) (lantai 2)

Dimensi balok	= 250 mm × 500 mm
Tinggi balok (h)	= 500 mm
Lebar balok (b)	= 250 mm
Selimut beton (Sb)	= 40 mm
Tebal pelat (hf)	= 120 mm
Tulangan utama (D)	= 5 D 13
Tulangan sengkang (Φs)	= Ø10 – 150 (tumpuan)
	= Ø10 – 200 (lapangan)
Mutu beton (fc')	= 25 MPa
Mutu baja tulangan utama (fy)	= 280 MPa
Mutu baja tulangan sengkang (fyt)	= 280 MPa
Momen *ultimate* terbesar (Mu)	= 327,995 kNm
Kuat geser *ultimate* terbesar (Vu)	= 240,544 kN

Analisis Momen Lentur Balok

1. Luasan tulangan aktual

   A_D $= \frac{1}{4}\pi D^2$

   $= \frac{1}{4}\pi(13)^2$

   = 132,732 mm^2

   A_s $= n \times A_D$

   = 5 × 132,732 mm^2

   = 663,66 mm^2

2. Tinggi efektif balok

   Ds1 = Sb + Φs + $\frac{1}{2}D$

   = 40 mm + 10 mm + $\frac{1}{2}$13 mm

   = 56,5 mm

   Karena tulangan tarik terdiri dari satu lapis tulangan, maka nilai tinggi efektif balok (d) sama dengan nilai jarak tulangan tarik terluar dari penampang balok (dt).

   d = dt = h – Ds

   = 500 mm – 56,5 mm

   = 443,5 mm

3. Tebal balok tekan (a)

a $= \frac{(As.fy)}{0{,}85.fc'.b}$

$= \frac{(663{,}66\ mm2 \times 280\ MPa)}{0{,}85 \times 25\ MPa \times 250\ mm}$

= 34,98 mm

4. Nilai tinggi garis netral (c)

c $= \frac{a}{\beta_1}$

Nilai β_1: (karena nilai f'c < 28 MPa)

β_1 = 0,85

Kemudian,

c $= \frac{a}{\beta_1}$

$= \frac{34{,}98}{0{,}85}$

= 41,15 mm

5. Kategori penampang dan faktor reduksi

Menggunakan parameter $\frac{c}{dt}$

$\frac{c}{dt}$ < 0,375

$\frac{41{,}15}{443{,}5}$ < 0,375

0,093 ≤ 0,375 (tergolong control tarik/ *tension controlled*)

Jika mendapatkan hasil control tarik/ *tension controlled* maka faktor reduksi yang dipakai yaitu senilai 0,9.

6. Kuat nominal balok tulangan rangkap

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

$= 663{,}66\ mm^2 \times 280\ MPa \times \left(443{,}5\ mm - \frac{34{,}98\ mm}{2}\right)$

= 79163223,1 Nmm

= 79,163 kNm

7. Momen nominal reduksi

ΦMn = 0,9 × 79,163 kNm

= 71,247 kNm

8. Cek syarat momen

$\Phi Mn \geq Mu$

71,247 kNm ≥ 327,995 kNm

Jadi, hasil dari perhitungan didapatkan bahwa nilai kekuatan momen rencana pada balok B1-2 tidak memenuhi syarat kekuatan momen, sehingga dapat disimpulkan bahwa balok ini tidak mampu menahan beban layan yang bekerja pada bangunan akibat alihfungsi bangunan, sehingga diperlukan peninjauan lanjutan pada setiap elemen balok B1-2.

Analisis Kuat Geser Nominal

1. Luas tulangan aktual

$S_{\Phi s}$ $= \frac{1}{4}\pi\Phi s^2$

$= \frac{1}{4}\pi(10\ mm^2)$

= 78,54 mm²

A_v $= n \times A_{DS}$

$= 2 \times 78{,}54\ mm^2$ (jumlah kaki = 2)

= 157,08 mm²

2. Kuat geser dari tulangan geser V_s

Tulangan geser tumpuan

$V_{s,1}$ $= \left[\frac{Av \times f_{yt} \times d}{s}\right]$

$= \left[\frac{157{,}08\ mm^2 \times 280\ MPa \times 443{,}5\ mm}{150\ mm}\right]$

= 130041,30 N

= 130,041 kN

Tulangan geser lapangan

$V_{s,2}$ $= \left[\frac{Av \times f_{yt} \times d}{s}\right]$

$= \left[\frac{157{,}08\ mm^2 \times 280\ MPa \times 443{,}5\ mm}{200\ mm}\right]$

= 97530,97 N

= 97,531 kN

3. Kuat geser dari tulangan geser V_c

V_c $= \left[0{,}17 \times \lambda \times \sqrt{f_c'} \times b \times d\right]$

$= \left[0{,}17 \times 1{,}00 \times \sqrt{25\ MPa} \times 250\ mm \times 443{,}5\ mm\right]$

= 94243,75 N ≈ 94,244 kN

4. Kuat geser nominal

$V_{n,1}$ $= V_{s,1} + V_c$

= 130,041 kN + 94,244 kN

= 224,285 kN

$V_{n,2}$ $= V_{s,2} + V_c$

= 97,531 kN + 94,244 kN

= 191,775 kN

5. Kuat geser nominal reduksi

$\Phi V_{n,1}$ = 0,75 × 224,285 kN

= 168,214 kN

$\Phi V_{n,2}$ = 0,75 × 191,775 kN

= 143,831 kN

6. Cek syarat kuat geser nominal

   $\Phi V_n \geq V_u$

   Tumpuan

   168,214 kN ≥ 240,544 kN

   Lapangan

   143,831 kN ≥ 240,544 kN

Jadi, hasil yang didapatkan dari perhitungan kekuatan geser balok B1 pada bagian tumpuan maupun lapangan tidak memenuhi syarat $\Phi V_n \geq V_u$, sehingga dapat disimpulkan balok B1-2 tidak dapat menahan gaya geser yang terjadi setelah alihfungsi bangunan.

4.8 Analisis Kolom

Pada bangunan administrasi Sekolah Tinggi Ilmu Hukum Adhyaksa Jambi, kolom *existing* terbagi menjadi 2 jenis dimensi kolom yang berbeda seperti yang telah dijelaskan pada subbab 4.1 tentang data teknis bangunan. Analisis elemen struktur kolom dapat dirincikan sebagai berikut:

1. Kolom K1-1 (250 × 400) (lantai 1)

Dimensi kolom	= 250 mm × 400 mm
Tinggi kolom (h)	= 400 mm
Lebar kolom (b)	= 250 mm
Selimut beton (Sb)	= 40 mm
Tulangan longitudinal	= 8 D 13
Tulangan sengkang	= 2 ∅10 – 150 (tumpuan)
	= 2 ∅10 – 200 (lapangan)
Mutu beton (f'c)	= 25 MPa
Mutu baja (fy)	= 280 MPa
Faktor reduksi aksial kolom (Φ)	= 0,65
Faktor reduksi geser kolom (Φ)	= 0,75
Gaya aksial *ultimate* terbesar (Pu)	= 463,868 kN
Kuat geser *ultimate* terbesar (Vu)	= 98,283 kN

Analisis Kekuatan Aksial Penampang Kolom

a. Luasan tulangan aktual

A_g $= b \times h$

$= 250\ mm \times 400\ mm$

$= 100000$ mm^2

A_{st} $= \frac{1}{4} \times \pi \times D^2 \times n$

$= \frac{1}{4} \times \pi \times 13^2 \times 8$

$= 1061{,}86$ mm^2

b. Kapasitas aksial kolom

P_o = 0,85× $f_c' \times (A_g - A_{st}) + A_{st} \times f_y$

=0,85× 25 × (100000 mm^2 − 1061,86 mm^2) + (1061,86 mm^2 × 280 MPa)

= 2399756,275 N

= 2399,756 kN

$P_{n,max}$ = 0,80 × P_o

= 0,80 × 2399,756 kN

= 1919,805 kN

c. Cek syarat kekuatan aksial penampang

$\Phi P_n \geq P_u$

0,65 × 1919,805 kN ≥ 463,868 kN

1247,873 kN ≥ 463,868 kN

Jadi, dari hasil perhitungan kapasitas aksial penampang kolom K1-1 didapatkan bahwa kekuatan aksial kolom tersebut memenuhi syarat $\Phi P_n \geq P_u$ sehingga dapat disimpulkan kolom K1-1 masih mampu menahan beban aksial yang bekerja setelah alihfungsi bangunan.

Analisis Gapasitas Geser Kolom

a. Nilai kuat beton (Vc)

V_c = $0{,}17\left(1 + \frac{Pu}{14 \times Ag}\right) \times \lambda \times \sqrt{f_c'} \times b_w d$

= $0{,}17\left(1 + \frac{463{,}868 \text{ kN}}{14 \times 100000\ mm^2}\right) \times 1{,}00 \times \sqrt{25\ MPa} \times 250\ mm \times (0{,}8 \times 400\ mm)$

= 68022,53 N

= 68,022 kN

b. Pemeriksaan kemampuan penampang

$V_u \leq \Phi\left(V_c + 0{,}66 \times \sqrt{f_c'} \times b_w d\right)$

$98{,}283 \text{ kN} \leq 0{,}75\left(68{,}022 \text{ kN} + 0{,}66 \times \sqrt{25\ MPa} \times 250\ mm \times (0{,}8 \times 400\ mm)\right)$

98,283 kN ≤ 198,051 kN

c. Luasan tulangan aktual

A_v = $\frac{1}{4} \times \pi \times D^2 \times n$

= $\frac{1}{4} \times \pi \times 10^2 \times 2$

= 157,080 mm^2

d. Perhitungan Vs

V_s = $\frac{A_v \times f_{yt} \times d}{s}$

Vs tumpuan

V_s = $\frac{157{,}080\ mm^2 \times 280\ MPa \times (0{,}8 \times 400\ mm)}{150}$

= 93829,12 N

= 93,829 kN

Vs lapangan

V_s = $\frac{157{,}080\ mm^2 \times 280\ MPa \times (0{,}8 \times 400\ mm)}{200}$

= 70371,84 N

= 70,372 kN

e. Perhitungan Vn

V_n = $V_c + V_s$

Vn tumpuan

V_n = 68,022 kN + 93,829 kN

= 161,851 kN

Vn lapangan

V_n = 68,022 kN + 70,372 kN

= 138,394 kN

f. Cek syarat kekuatan geser

$\Phi V_n \geq V_u$

Tumpuan

0,75 × 161,851 kN ≥ 91,806 kN

121,388 kN ≥ 91,806 kN

Lapangan

0,75 × 138,394 kN ≥ 91,806 kN

103,796 kN ≥ 91,806 kN

Jadi, nilai kekuatan geser pada kolom K1-1 pada lapangan maupun tumpuan memenuhi syarat $\Phi V_n \geq V_u$, sehingga dapat disimpulkan bahwa kolom K1-1 masih dapat menahan gaya geser yang terjadi setelah alihfungsi bangunan.

2. Kolom K2-1 (250 × 270) (lantai 1)

Dimensi kolom	= 250 mm × 270 mm
Tinggi kolom (h)	= 270 mm
Lebar kolom (b)	= 250 mm
Selimut beton (Sb)	= 40 mm
Tulangan longitudinal	= 8 D 13
Tulangan sengkang	= Ø10 – 150 (tumpuan)
	= Ø10 – 200 (lapangan)
Mutu beton (f'c)	= 25 MPa
Mutu baja (fy)	= 280 MPa
Faktor reduksi aksial kolom (Φ)	= 0,65
Faktor reduksi geser kolom (Φ)	= 0,75
Gaya aksial *ultimate* terbesar (Pu)	= 998,972 kN

Kuat geser *ultimate* terbesar (Vu) = 52,107 kN

Analisis Kekuatan Aksial Penampang Kolom

a. Luasan tulangan aktual

A_g $= b \times h$

$= 250\ mm \times 270\ mm$

$= 67500\ \text{mm}^2$

A_{st} $= \frac{1}{4} \times \pi \times D^2 \times n$

$= \frac{1}{4} \times \pi \times 13^2 \times 8$

$= 1061{,}86\ \text{mm}^2$

b. Kapasitas aksial kolom

P_o $= 0{,}85 \times f_c' \times (A_g - A_{st}) + A_{st} \times f_y$

$= 0{,}85 \times 25 \times (67500\ \text{mm}^2 - 1061{,}86\ \text{mm}^2) + (1061{,}86\ \text{mm}^2 \times 280\ MPa)$

$= 1709131{,}275$ N

$= 1709{,}131$ kN

$P_{n,max}$ $= 0{,}80 \times P_o$

$= 0{,}80 \times 1709{,}131$ kN

$= 1367{,}305$ kN

c. Cek syarat kekuatan aksial penampang

$\Phi P_n \geq P_u$

$0{,}65 \times 1367{,}305\ \text{kN} \geq 998{,}972$ KN

$888{,}748\ \text{kN} \geq 998{,}972\ \text{kN}$

Jadi, dari hasil perhitungan kapasitas aksial penampang kolom K2-1 didapatkan bahwa kekuatan aksial kolom tersebut tidak memenuhi syarat $\Phi P_n \geq P_u$ sehingga dapat disimpulkan kolom K2-1 tidak mampu menahan beban aksial yang bekerja setelah alihfungsi bangunan.

Analisis Gapasitas Geser Kolom

a. Nilai kuat beton (Vc)

V_c $= 0{,}17\left(1 + \frac{Pu}{14 \times Ag}\right) \times \lambda \times \sqrt{f_c'} \times b_w d$

$= 0{,}17\left(1 + \frac{998{,}972\ \text{kN}}{14 \times 67500\ \text{mm}^2}\right) \times 1{,}00 \times \sqrt{25\ MPa} \times 250\ MPa \times (0{,}8 \times 270\ \text{mm}^2)$

$= 45948{,}52$ N

$= 45{,}949$ kN

b. Pemeriksaan kemampuan penampang

$V_u \leq \Phi\left(V_c + 0{,}66 \times \sqrt{f_c'} \times b_w d\right)$

$52{,}107\ \text{kN} \leq 0{,}75\left(45{,}949\ \text{kN} + 0{,}66 \times \sqrt{25\ MPa} \times 250\ MPa \times (0{,}8 \times 270\ \text{mm}^2)\right)$

$52{,}107\ \text{kN} \leq 133{,}684\ \text{kN}$

c. Luasan tulangan aktual

A_v $= \frac{1}{4} \times \pi \times D^2 \times n$

$= \frac{1}{4} \times \pi \times 10^2 \times 2$

$= 157{,}080 \text{ mm}^2$

d. Perhitungan Vs

V_s $= \frac{A_v \times f_{yt} \times d}{s}$

Vs tumpuan

V_s $= \frac{157{,}080 \text{ mm}^2 \times 280 \ MPa \times (0{,}8 \times 270 \text{ mm}^2)}{150}$

$= 63334{,}66 \text{ N}$

$= 63{,}335 \text{ kN}$

Vs lapangan

V_s $= \frac{157{,}080 \text{ mm}^2 \times 280 \ MPa \times (0{,}8 \times 270 \text{mm}^2)}{200}$

$= 47500{,}99 \text{ N}$

$= 47{,}501 \text{ kN}$

e. Perhitungan Vn

V_n $= V_c + V_s$

Vn tumpuan

V_n $= 45{,}949 \text{ kN} + 63{,}335 \text{ kN}$

$= 109{,}284 \text{ kN}$

Vn lapangan

V_n $= 45{,}949 \text{ kN} + 47{,}501 \text{ kN}$

$= 93{,}450 \text{ kN}$

f. Cek syarat kekuatan geser

$\Phi V_n \geq V_u$

Tumpuan

$0{,}75 \times 109{,}284 \text{ kN} \geq 48{,}425 \text{ kN}$

$81{,}96 \text{ kN} \geq 48{,}425 \text{ kN}$

Lapangan

$0{,}75 \times 93{,}450 \text{ kN} \geq 52{,}107 \text{ kN}$

$70{,}088 \text{ kN} \geq 52{,}107 \text{ kN}$

Jadi, nilai kekuatan geser pada kolom K2-1 pada lapangan maupun tumpuan memenuhi syarat $\Phi V_n \geq V_u$, sehingga dapat disimpulkan bahwa kolom K2-1 masih dapat menahan gaya geser yang terjadi setelah alihfungsi bangunan.

4.9 Analisis Pelat Lantai, Balok dan Kolom Sebelum Alihfungsi Bangunan

Analisis pelat lantai, balok dan kolom sebelum alihfungsi bangunan

diperlukan untuk membandingkan perhitungan dengan kondisi bangunan masih menjadi gedung administrasi dengan setelah alihfungsi bangunan menjadi bangunan perpustakaan. Perhitungan dapat dirincikan sebagai berikut:

4.9.1. Pelat Lantai

Data perhitungan yang digunakan dalam analisis pelat lantai yaitu sebagai berikut.

Ketebalan pelat lantai : 120 mm

Modulus elastisitas beton : $4700\sqrt{fc'} = 4700\sqrt{25} = 23500$ MPa

Modulus elastisitas baja : 200.000 MPa

Mutu baja : BjTS 280 (fy = 280 MPa)

Diameter tulangan : 10 mm

Jarak antar tulangan : 150 mm

Struktur pelat lantai yang telah dimodelkan dengan bantuan *software* ETABS menghasilkan nilai kekuatan perlu (*ultimate*), dengan hasil yang didapat yaitu:

Mu Max = 8,513 kNm

Mu Min = -12,667 kNm

Vu Max = 16,818 kN/m

Perhitungan tulangan positif

Data awal:

fy = 280 MPa

fc' = 25 MPa

β = 0,75

εc = 0,003

Tebal pelat (h) = 120 mm

Selimut beton = 20 mm

b = 1000 mm

d = $h - Pb - (1/2 \times \emptyset p)$

= $120 - 20 - (1/2 \times 10)$

= 95 mm

Perhitungan lentur (*flexural strength*)

Mu+ = 8,513 kNm

Mn = $\frac{Mu+}{0,8}$

= $\frac{8,513}{0,8}$

= 10,641 kNm

= 10641 kNmm

Rn $= \frac{Mn}{b \times d^2}$

$= \frac{10641}{1000 \times 95^2}$

$= 0{,}0011$

m $= \frac{fy}{0{,}85 \times fc'}$

$= \frac{280}{0{,}85 \times 25}$

$= 13{,}176$

ρ $= \frac{1}{m}\left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times m \times Rn}{fy}}\right)$

$= \frac{1}{13{,}176}\left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 13{,}176 \times 0{,}0011}{280}}\right)$

$= 3{,}93 \times 10^{-6}$

ρ_{min} $= \frac{1{,}4}{fy} = \frac{1{,}4}{280} = 0{,}005$

ρb $= \frac{0{,}85 \times fc}{fy} \times \beta \times \left(\frac{600}{600 + fy}\right)$

$= \frac{0{,}85 \times 25}{280} \times 0{,}75 \times \left(\frac{600}{600 + 280}\right)$

$= 0{,}04$

ρ_{maks} $= 0{,}75 \times \rho b$

$= 0{,}75 \times 0{,}04$

$= 0{,}03$

Karena "$\rho < \rho_{min} < \rho_{maks}$" maka digunakan nilai ρ_{min} sebesar 0,005.

As_{perlu} $= \rho \times b \times d$

$= 0{,}005 \times 1000 \times 95$

$= 475\ mm^2$

Digunakan

Øtul $= 10$ mm

Alp $= \frac{1}{4} \times \pi \times d^2$

$= \frac{1}{4} \times \pi \times 10^2$

$= 78{,}54\ mm^2$

Jarak (s) $= \frac{Alp \times b}{As\ perlu}$

$= \frac{78{,}54 \times 1000}{475}$

$= 165{,}347$ mm

As_w $= \frac{Alp \times b}{s}$

$= \frac{78{,}54 \times 1000}{165{,}347}$

$= 475{,}001\ mm^2$

Cek syarat: $As_w > As_{perlu}$

475,001 mm^2 > 475 mm^2

Maka luas tulangan yang diperlukan memenuhi syarat dengan spasi maksimum 165,347 mm, sehingga tulangan ini dapat digunakan dan kuat menahan beban yang bekerja.

Perhitungan tulangan negatif

Data awal:

fy = 280 MPa

fc' = 25 MPa

β = 0,75

εc = 0,003

Tebal pelat (h) = 120 mm

Selimut beton = 20 mm

b = 1000 mm

d = $h - Pb - (1/2 \times \emptyset p)$

= $120 - 20 - (1/2 \times 10)$

= 95 mm

Perhitungan lentur (*flexural strength*)

Mu- = 12,667 kNm

Mn = $\frac{Mu-}{0,8}$

= $\frac{12,667}{0,8}$

= 15,834 kNm

= 15834 kNmm

Rn = $\frac{Mn}{b \times d^2}$

= $\frac{15834}{1000 \times 95^2}$

= 0,0017

m = $\frac{fy}{0,85 \times fc'}$

= $\frac{280}{0,85 \times 25}$

= 13,176

ρ = $\frac{1}{m}\left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times m \times Rn}{fy}}\right)$

= $\frac{1}{13,176}\left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 13,176 \times 0,0017}{280}}\right)$

= 6,07 x 10^{-6}

ρ_{min} = $\frac{1,4}{fy} = \frac{1,4}{280}$ = 0,005

ρb = $\frac{0,85 \times fc}{fy} \times \beta \times \left(\frac{600}{600 + fy}\right)$

$= \frac{0,85 \times 25}{280} \times 0,75 \times \left(\frac{600}{600+280}\right)$

$= 0,04$

ρ_{maks} $= 0,75 \times \rho b$

$= 0,75 \times 0,04$

$= 0,03$

Karena "$\rho < \rho_{min} < \rho_{maks}$" maka digunakan nilai ρ_{min} sebesar 0,005.

As_{perlu} $= \rho \times b \times d$

$= 0,005 \times 1000 \times 95$

$= 475\ mm^2$

Digunakan

Øtul = 10 mm

Alp $= \frac{1}{4} \times \pi \times d^2$

$= \frac{1}{4} \times \pi \times 10^2$

$= 78,54\ mm^2$

Jarak (s) $= \frac{Alp \times b}{As\ perlu}$

$= \frac{78,54 \times 1000}{475}$

$= 165,347$ mm

As_w $= \frac{Alp \times b}{s}$

$= \frac{78,54 \times 1000}{165,347}$

$= 475,001\ mm^2$

Cek syarat: $As_w > As_{perlu}$

$475,001\ mm^2 > 475\ mm^2$

Maka luas tulangan yang diperlukan memenuhi syarat dengan spasi maksimum 165,347 mm, sehingga tulangan ini dapat digunakan dan kuat menahan beban yang bekerja.

Perhitungan geser (*shear strength*)

Perhitungan geser (*shear strength*)

Vu = 16,818 Kn

Vn $= \frac{1}{6} \times \sqrt{fc} \times b \times d$

$= \frac{1}{6} \times \sqrt{25} \times 1000 \times 95$

$= 79166,6$ N

$= 79,167$ kN

ΦVn $= \Phi \times Vn$

$= 0,75 \times 79,167$ kN

$= 59,375$ kN

Cek syarat: Vu < ΦVn

16,818 kN < 59,375 kN

Jadi, tulangan (*wiremesh*) yang digunakan memenuhi syarat sehingga tulangan ini mampu menahan gaya geser yang bekerja pada lantai.

4.9.2. Balok

Balok *existing* yang terdapat pada bangunan administrasi Sekolah Tinggi Ilmu Hukum Adhyaksa Jambi hanya terdiri dari satu jenis balok seperti yang telah dijelaskan pada subbab 4.1 tentang data teknis bangunan. Perhitungan kekuatan struktur balok dapat dirincikan sebagai berikut:

Balok B1-2 (250 × 500) (lantai 2)

Dimensi balok	= 250 mm × 500 mm
Tinggi balok (h)	= 500 mm
Lebar balok (b)	= 250 mm
Selimut beton (Sb)	= 40 mm
Tebal pelat (hf)	= 120 mm
Tulangan utama (D)	= 5 D 13
Tulangan sengkang (Φs)	= Ø10 – 150 (tumpuan)
	= Ø10 – 200 (lapangan)
Mutu beton (fc')	= 25 MPa
Mutu baja tulangan utama (fy)	= 280 MPa
Mutu baja tulangan sengkang (fyt)	= 280 MPa
Momen *ultimate* terbesar (Mu)	= 307,316 kNm
Kuat geser *ultimate* terbesar (Vu)	= 226,893 kN

Analisis Momen Lentur Balok

1. Luasan tulangan aktual

A_D $= \frac{1}{4}\pi D^2$

$= \frac{1}{4}\pi(13)^2$

$= 132{,}732\ mm^2$

A_s $= n \times A_D$

$= 5 \times 132{,}732\ mm^2$

$= 663{,}66\ mm^2$

2. Tinggi efektif balok

Ds1 $= Sb + \Phi s + \frac{1}{2}D$

$= 40\ mm + 10\ mm + \frac{1}{2}13\ mm$

$= 56{,}5\ mm$

Karena tulangan tarik terdiri dari satu lapis tulangan, maka nilai tinggi efektif balok (d) sama dengan nilai jarak tulangan tarik terluar dari penampang balok (dt).

d = dt = h – Ds

= 500 mm – 56,5 mm

= 443,5 mm

3. Tebal balok tekan (a)

a $= \frac{(As.fy)}{0{,}85.fc'.b}$

$= \frac{(663{,}66\ mm2 \times 280\ MPa)}{0{,}85 \times 25\ MPa \times 250\ mm}$

= 34,98 mm

4. Nilai tinggi garis netral (c)

c $= \frac{a}{\beta_1}$

Nilai β_1: (karena nilai f'c < 28 MPa)

β_1 = 0,85

Kemudian,

c $= \frac{a}{\beta_1}$

$= \frac{34{,}98}{0{,}85}$

= 41,15 mm

5. Kategori penampang dan faktor reduksi

Menggunakan parameter $\frac{c}{dt}$

$\frac{c}{dt}$ < 0,375

$\frac{41{,}15}{443{,}5}$ < 0,375

0,093 ≤ 0,375 (tergolong control tarik/ *tension controlled*)

Jika mendapatkan hasil control tarik/ *tension controlled* maka faktor reduksi yang dipakai yaitu senilai 0,9.

6. Kuat nominal balok tulangan rangkap

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

$= 663{,}66\ mm^2 \times 280\ MPa \times \left(443{,}5\ mm - \frac{34{,}98\ mm}{2}\right)$

= 79163223,1 Nmm

= 79,163 kNm

7. Momen nominal reduksi

ΦMn = 0,9 × 79,163 kNm

= 71,247 kNm

8. Cek syarat momen

$\Phi Mn \geq Mu$

71,247 kNm ≥ 307,316 kNm

Jadi, hasil dari perhitungan didapatkan bahwa nilai kekuatan momen rencana pada balok B1-2 tidak memenuhi syarat kekuatan momen, sehingga dapat disimpulkan bahwa balok ini tidak mampu menahan beban layan yang bekerja pada bangunan, sehingga diperlukan peninjauan lanjutan pada setiap elemen balok B1-2 agar dapat diketahui bagian/posisi mana balok B1-2 yang tidak dapat menahan beban layan pada saat ini.

Analisis Kuat Geser Nominal

1. Luas tulangan aktual

$S_{\Phi s}$ $= \frac{1}{4}\pi\Phi s^2$

$= \frac{1}{4}\pi(10\ mm^2)$

$= 78{,}54\ mm^2$

A_v $= n \times A_{DS}$

$= 2 \times 78{,}54\ mm^2$ (jumlah kaki = 2)

$= 157{,}08\ mm^2$

2. Kuat geser dari tulangan geser V_s

Tulangan geser tumpuan

$V_{s,1}$ $= \left[\frac{Av \times f_{yt} \times d}{s}\right]$

$= \left[\frac{157{,}08\ mm^2 \times 280\ MPa \times 443{,}5\ mm}{150\ mm}\right]$

$= 130041{,}30\ N$

$= 130{,}041\ kN$

Tulangan geser lapangan

$V_{s,2}$ $= \left[\frac{Av \times f_{yt} \times d}{s}\right]$

$= \left[\frac{157{,}08\ mm^2 \times 280\ MPa \times 443{,}5\ mm}{200\ mm}\right]$

$= 97530{,}97\ N$

$= 97{,}531\ kN$

3. Kuat geser dari tulangan geser V_c

V_c $= \left[0{,}17 \times \lambda \times \sqrt{f_c'} \times b \times d\right]$

$= \left[0{,}17 \times 1{,}00 \times \sqrt{25\ MPa} \times 250\ mm \times 443{,}5\ mm\right]$

$= 94243{,}75\ N \approx 94{,}244\ kN$

4. Kuat geser nominal

$V_{n,1}$ $= V_{s,1} + V_c$

$= 130{,}041\ kN + 94{,}244\ kN$

$= 224{,}285\ kN$

$V_{n,2}$ $= V_{s,2} + V_c$

= 97,531 kN + 94,244 kN

= 191,775 kN

5. Kuat geser nominal reduksi

$\Phi V_{n,1}$ = 0,75 × 224,285 kN

= 168,214 kN

$\Phi V_{n,2}$ = 0,75 × 191,775 kN

= 143,831 kN

6. Cek syarat kuat geser nominal

$\Phi V_n \geq V_u$

Tumpuan

168,214 kN ≥ 226,893 kN

Lapangan

143,831 kN ≥ 226,893 kN

Jadi, hasil yang didapatkan dari perhitungan kekuatan geser balok B1-2 pada bagian tumpuan maupun lapangan tidak memenuhi syarat $\Phi V_n \geq V_u$, sehingga dapat disimpulkan balok B1-2 tidak dapat menahan gaya geser yang terjadi pada bangunan, sehingga diperlukan peninjauan lanjutan pada setiap elemen balok B1-2 agar dapat diketahui bagian/posisi mana balok B1-2 yang tidak dapat menahan gaya geser pada saat ini.

4.9.3. Kolom

Pada bangunan administrasi Sekolah Tinggi Ilmu Hukum Adhyaksa Jambi, kolom *existing* terbagi menjadi 2 jenis dimensi kolom yang berbeda seperti yang telah dijelaskan pada subbab 4.1 tentang data teknis bangunan. Analisis elemen struktur kolom dapat dirincikan sebagai berikut:

1. Kolom K1-1 (250 × 400) (lantai 1)

Dimensi kolom	= 250 mm × 400 mm
Tinggi kolom (h)	= 400 mm
Lebar kolom (b)	= 250 mm
Selimut beton (Sb)	= 40 mm
Tulangan longitudinal	= 8 D 13
Tulangan sengkang	= 2 Ø10 – 150 (tumpuan)
	= 2 Ø10 – 200 (lapangan)
Mutu beton (f'c)	= 25 MPa
Mutu baja (fy)	= 280 MPa
Faktor reduksi aksial kolom (Φ)	= 0,65
Faktor reduksi geser kolom (Φ)	= 0,75
Gaya aksial *ultimate* terbesar (Pu)	= 425,883 kN
Kuat geser *ultimate* terbesar (Vu)	= 86,021 kN

Analisis Kekuatan Aksial Penampang Kolom

a. Luasan tulangan aktual

A_g = $b \times h$

= $250\ mm \times 400\ mm$

= 100000 mm^2

A_{st} = $\frac{1}{4} \times \pi \times D^2 \times n$

= $\frac{1}{4} \times \pi \times 13^2 \times 8$

= 1061,86 mm^2

b. Kapasitas aksial kolom

P_o = $0{,}85 \times f_c' \times (A_g - A_{st}) + A_{st} \times f_y$

=$0{,}85 \times 25 \times (100000\ mm^2 - 1061{,}86\ mm^2) + (1061{,}86\ mm^2 \times 280\ MPa)$

= 2399756,275 N

= 2399,756 kN

$P_{n,max}$ = $0{,}80 \times P_o$

= 0,80 × 2399,756 kN

= 1919,805 kN

c. Cek syarat kekuatan aksial penampang

$\Phi P_n \geq P_u$

0,65 × 1919,805 kN ≥ 425,883 kN

1247,873 kN ≥ 425,883 kN

Jadi, dari hasil perhitungan kapasitas aksial penampang kolom K1-1 didapatkan bahwa kekuatan aksial kolom tersebut memenuhi syarat $\Phi P_n \geq P_u$ sehingga dapat disimpulkan kolom K1-1 masih mampu menahan beban aksial yang bekerja.

Analisis Gapasitas Geser Kolom

a. Nilai kuat beton (Vc)

V_c = $0{,}17\left(1 + \frac{Pu}{14 \times Ag}\right) \times \lambda \times \sqrt{f_c'} \times b_w d$

= $0{,}17\left(1 + \frac{425{,}883\ \text{kN}}{14 \times 100000\ mm^2}\right) \times 1{,}00 \times \sqrt{25\ MPa} \times 250\ mm \times (0{,}8 \times 400\ mm)$

= 68020,69 N

= 68,020 kN

b. Pemeriksaan kemampuan penampang

$V_u \leq \Phi\left(V_c + 0{,}66 \times \sqrt{f_c'} \times b_w d\right)$

$86{,}021\ \text{kN} \leq 0{,}75\left(68{,}022\ \text{kN} + 0{,}66 \times \sqrt{25\ MPa} \times 250\ mm \times (0{,}8 \times 400\ mm)\right)$

86,021 kN ≤ 198,051 kN

c. Luasan tulangan aktual

A_v = $\frac{1}{4} \times \pi \times D^2 \times n$

$= \frac{1}{4} \times \pi \times 10^2 \times 2$

$= 157{,}080\ mm^2$

d. Perhitungan Vs

$V_s = \frac{A_v \times f_{yt} \times d}{s}$

Vs tumpuan

$V_s = \frac{157{,}080\ mm^2 \times 280\ MPa \times (0{,}8 \times 400\ mm)}{150}$

$= 93829{,}12\ N$

$= 93{,}829\ kN$

Vs lapangan

$V_s = \frac{157{,}080\ mm^2 \times 280\ MPa \times (0{,}8 \times 400\ mm)}{200}$

$= 70371{,}84\ N$

$= 70{,}372\ kN$

e. Perhitungan Vn

$V_n = V_c + V_s$

Vn tumpuan

$V_n = 68{,}020\ kN + 93{,}829\ kN$

$= 161{,}849\ kN$

Vn lapangan

$V_n = 68{,}020\ kN + 70{,}372\ kN$

$= 138{,}392\ kN$

f. Cek syarat kekuatan geser

$\Phi V_n \geq V_u$

Tumpuan

$0{,}75 \times 161{,}849\ kN \geq 86{,}021\ kN$

$121{,}387\ kN \geq 86{,}021\ kN$

Lapangan

$0{,}75 \times 138{,}392\ kN \geq 86{,}021\ kN$

$103{,}794\ kN \geq 86{,}021\ kN$

Jadi, nilai kekuatan geser pada kolom K1-1 pada lapangan maupun tumpuan memenuhi syarat $\Phi V_n \geq V_u$, sehingga dapat disimpulkan bahwa kolom K1-1 masih dapat menahan gaya geser yang terjadi.

2. Kolom K2-1 (250 × 270) (lantai 1)

Dimensi kolom	= 250 mm × 270 mm
Tinggi kolom (h)	= 270 mm
Lebar kolom (b)	= 250 mm
Selimut beton (Sb)	= 40 mm
Tulangan longitudinal	= 8 D 13

Tulangan sengkang = Ø10 – 150 (tumpuan)

= Ø10 – 200 (lapangan)

Mutu beton (f'c) = 25 MPa

Mutu baja (fy) = 280 MPa

Faktor reduksi aksial kolom (Φ) = 0,65

Faktor reduksi geser kolom (Φ) = 0,75

Gaya aksial *ultimate* terbesar (Pu) = 850,889 kN

Kuat geser *ultimate* terbesar (Vu) = 46,141 kN

Analisis Kekuatan Aksial Penampang Kolom

a. Luasan tulangan aktual

A_g $= b \times h$

$= 250\ mm \times 270\ mm$

$= 67500\ \text{mm}^2$

A_{st} $= \frac{1}{4} \times \pi \times D^2 \times n$

$= \frac{1}{4} \times \pi \times 13^2 \times 8$

$= 1061{,}86\ \text{mm}^2$

b. Kapasitas aksial kolom

P_o $= 0{,}85 \times f_c' \times (A_g - A_{st}) + A_{st} \times f_y$

$= 0{,}85 \times 25 \times (67500\ \text{mm}^2 - 1061{,}86\ \text{mm}^2) + (1061{,}86\ \text{mm}^2 \times 280\ MPa)$

$= 1709131{,}275$ N

$= 1709{,}131$ kN

$P_{n,max}$ $= 0{,}80 \times P_o$

$= 0{,}80 \times 1709{,}131$ kN

$= 1367{,}305$ kN

c. Cek syarat kekuatan aksial penampang

$\Phi P_n \geq P_u$

$0{,}65 \times 1367{,}305\ \text{kN} \geq 850{,}889$ Kn

$888{,}748\ \text{kN} \geq 850{,}889\ \text{kN}$

Jadi, dari hasil perhitungan kapasitas aksial penampang kolom K2-1 didapatkan bahwa kekuatan aksial kolom tersebut memenuhi syarat $\Phi P_n \geq P_u$ sehingga dapat disimpulkan kolom K2-1 masih mampu menahan beban aksial yang bekerja.

Analisis Gapasitas Geser Kolom

a. Nilai kuat beton (Vc)

V_c $= 0{,}17\left(1 + \frac{Pu}{14 \times Ag}\right) \times \lambda \times \sqrt{f_c'} \times b_w d$

$= 0{,}17\left(1 + \frac{850{,}889\ \text{kN}}{14 \times 67500\ \text{mm}^2}\right) \times 1{,}00 \times \sqrt{25\ MPa} \times 250\ MPa \times (0{,}8 \times 270\ \text{mm}^2)$

= 45941,33 N

= 45,941 kN

b. Pemeriksaan kemampuan penampang

$V_u \leq \Phi\left(V_c + 0{,}66 \times \sqrt{f_c'} \times b_w d\right)$

$46{,}141\ \text{kN} \leq 0{,}75\left(45{,}941\ \text{kN} + 0{,}66 \times \sqrt{25\ MPa} \times 250\ MPa \times (0{,}8 \times 270\ \text{mm}^2)\right)$

$46{,}141\ \text{kN} \leq 133{,}684\ \text{kN}$

c. Luasan tulangan aktual

$A_v = \frac{1}{4} \times \pi \times D^2 \times n$

$= \frac{1}{4} \times \pi \times 10^2 \times 2$

$= 157{,}080\ \text{mm}^2$

d. Perhitungan Vs

$V_s = \frac{A_v \times f_{yt} \times d}{s}$

Vs tumpuan

$V_s = \frac{157{,}080\ \text{mm}^2 \times 280\ MPa \times (0{,}8 \times 270\ \text{mm}^2)}{150}$

= 63334,66 N

= 63,335 kN

Vs lapangan

$V_s = \frac{157{,}080\ \text{mm}^2 \times 280\ MPa \times (0{,}8 \times 270\text{mm}^2)}{200}$

= 47500,99 N

= 47,501 kN

e. Perhitungan Vn

$V_n = V_c + V_s$

Vn tumpuan

$V_n = 45{,}941\ \text{kN} + 63{,}335\ \text{kN}$

$= 109{,}276\ \text{kN}$

Vn lapangan

$V_n = 45{,}941\ \text{kN} + 47{,}501\ \text{kN}$

$= 93{,}442\ \text{kN}$

f. Cek syarat kekuatan geser

$\Phi V_n \geq V_u$

Tumpuan

$0{,}75 \times 109{,}276\ \text{kN} \geq 46{,}141\ \text{kN}$

$81{,}960\ \text{kN} \geq 46{,}141\ \text{kN}$

Lapangan

$0{,}75 \times 93{,}442\ \text{kN} \geq 46{,}141\ \text{kN}$

$70{,}082\ \text{kN} \geq 46{,}141\ \text{kN}$

Jadi, nilai kekuatan geser pada kolom K2-1 pada lapangan maupun tumpuan memenuhi syarat $\Phi V_n \geq V_u$, sehingga dapat disimpulkan bahwa kolom K2-1 masih dapat menahan gaya geser yang terjadi.

4.10 Rekapitulasi Hasil Analisis

Analisis model struktur dengan bantuan *software* ETABS menghasilkan beberapa hal, yaitu:

1. Pada pengecekan ketidakberaturan didapatkan bahwa bangunan ini mengalami ketidakberaturan vertikal.
2. Dikarenakan syarat tidak terpenuhi untuk mengambil nilai faktor redundansi (ρ) sebesar 1,0, maka nilai faktor redundansi (ρ) yang digunakan yaitu sebesar 1,3.
3. Jumlah massa ragam yang digunakan yaitu 12.
4. Pada penentuan periode nilai T yang akan digunakan yaitu nilai T_{max} 0,424.
5. Pada tahap perhitungan koefisien seismik, nilai yang dipakai pada arah sumbu-X maupun arah sumbu-Y yaitu 0,0577.
6. Nilai geser dasar yang didapat 448,81 kN.
7. Pada skala nilai desain respons terkombinasi didapatkan nilai skala baru SF_X 2638,25 dan SF_Y 2212,45.
8. Pada pengecekan simpangan antar tingkat terdapat simpangan pada arah sumbu-X melewati batas limit.
9. Pada pemeriksaan pengaruh P-Delta pada lantai 2 didapatkan hasil yang tidak memenuhi syarat.

Hasil perhitungan yang telah dilakukan dan menghasilkan kekuatan nominal elemen struktur, maka nilai kekuatan nominal akan dibandingkan dengan kekuatan *ultimate* pada setiap elemen struktur pelat lantai, balok dan kolom. Perbandingan hasil pada perhitungan kekuatan nominal pelat lantai yang dihitung berdasarkan beban setelah alihfungsi dengan beban sebelum alihfungsi pada kondisi saat ini, menunjukkan hasil bahwa struktur pelat lantai masih mampu dalam menahan beban *ultimate* maksimum yang bekerja, sehingga pada struktur pelat lantai dapat disimpulkan aman.

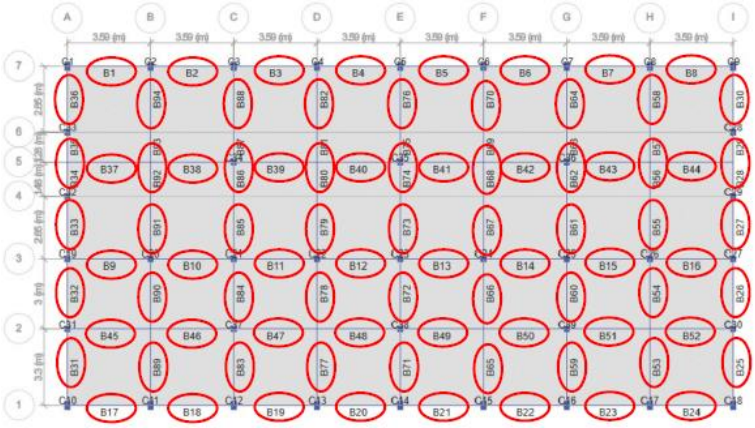
Pada perhitungan elemen struktur balok menunjukkan hasil bahwa terdapat kekuatan nominal terfaktor (kekuatan rencana) yang lebih kecil dari beban *ultimate* yang bekerja pada struktur, dapat diartikan bahwa struktur tidak mampu menahan beban yang bekerja. Perbandingan hasil pada perhitungan kekuatan nominal terfaktor balok yang dihitung berdasarkan beban setelah alihfungsi dengan beban sebelum alihfungsi pada kondisi saat ini, menunjukkan hasil bahwa struktur balok tidak mampu menahan beban

yang bekerja, sehingga perlu peninjauan lanjutan terhadap struktur balok tersebut.

Kolom terbagi menjadi dua jenis dimensi kolom, yaitu kolom K1 dan K2. Pada perhitungan elemen struktur kolom menunjukkan hasil bahwa terdapat kekuatan nominal terfaktor (kekuatan rencana) yang lebih kecil dari beban *ultimate* yang bekerja pada struktur, yang berarti bahwa terdapat struktur tidak mampu menahan beban yang bekerja. Pada perhitungan kolom K1, Perbandingan hasil pada perhitungan kekuatan nominal terfaktor balok yang dihitung berdasarkan beban setelah alihfungsi dengan beban sebelum alihfungsi pada kondisi saat ini, menunjukkan hasil bahwa struktur kolom K1 masih mampu menahan beban yang bekerja.

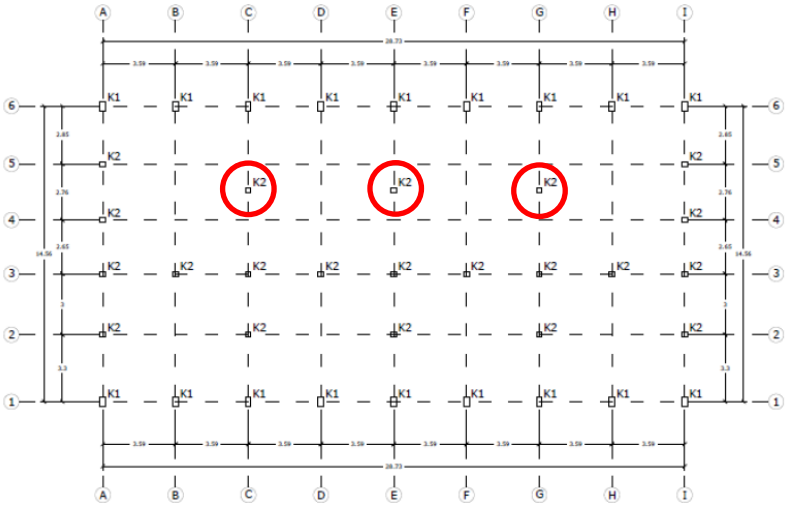
Sedangkan pada kolom K2 Perbandingan hasil pada perhitungan kekuatan nominal terfaktor balok yang dihitung berdasarkan beban setelah alihfungsi dengan beban sebelum alihfungsi pada kondisi saat ini, menunjukkan hasil bahwa struktur kolom K2 masih mampu menahan beban yang bekerja pada saat belum dialihfungsikan, sedangkan setelah alihfungsi kolom K2 tidak lagi mampu menahan beban yang bekerja.

Dari hasil analisis perbandigan antara kekuatan nominal terfaktor (kekuatan rencana) pada **Lampiran 4**, dapat dilihat bahwa pada elemen struktur balok yang berfokus pada balok *existing* lantai 2 yang dibebani dengan beban setelah alihfungsi bangunan semua elemen balok tidak dapat menahan beban yang bekerja, namun beberapa balok masih dapat menahan gaya geser yang bekerja. Pada elemen struktur kolom yang dibebani dengan beban setelah alihfungsi bangunan terdapat kolom yang masih mampu menahan beban yang bekerja maupun gaya geser yang bekerja pada bangunan tersebut. Posisi elemen balok dan kolom yang tidak mampu menahan beban yang bekerja dapat dilihat pada gambar berikut.



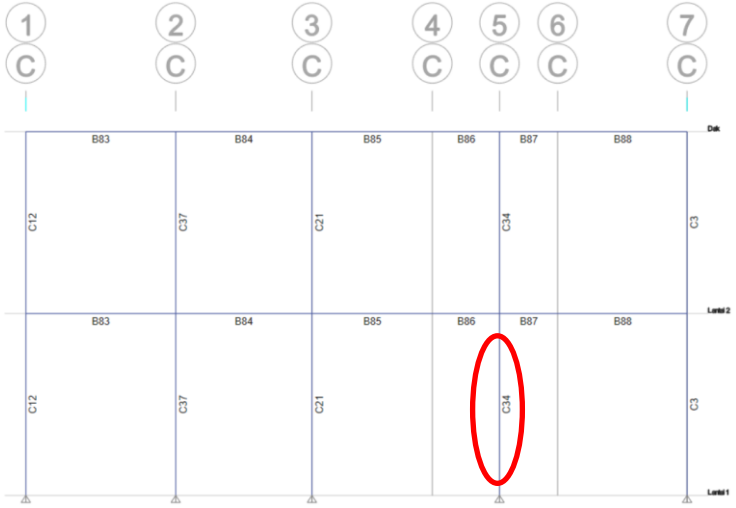
Gambar 4.36 Posisi Balok Lantai 2 yang Tidak Mampu Menahan Beban

(Sumber : Data Penelitian, 2023)



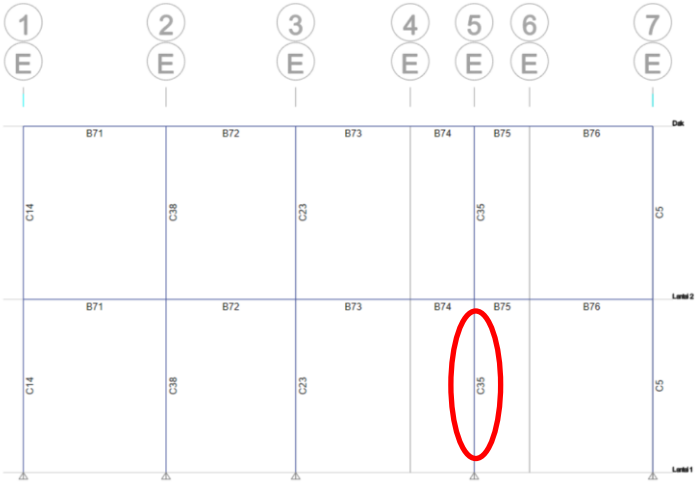
Gambar 4.37 Denah Posisi Kolom yang Tidak Mampu Menahan Beban

(Sumber : Data Penelitian, 2023)



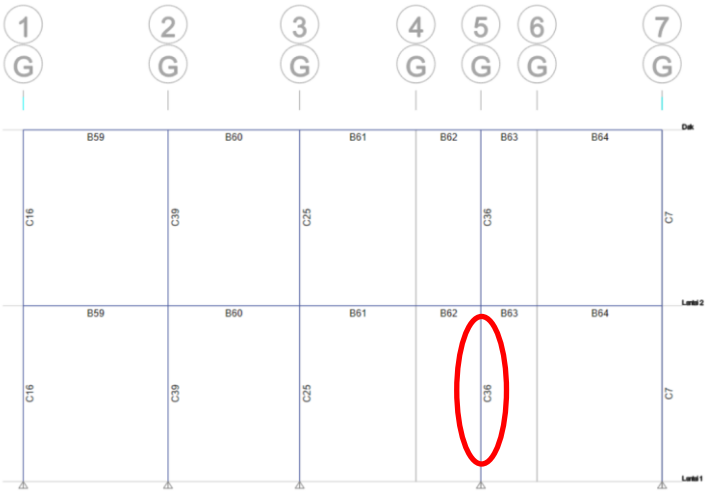
Gambar 4.38 Posisi kolom AS 5C Pada Portal C

(Sumber : Data Penelitian, 2023)



Gambar 4.39 Posisi Kolom AS 5E Pada Portal E

(Sumber : Data Penelitian, 2023)



Gambar 4.40 Posisi Kolom AS 5G Pada Portal G

(Sumber : Data Penelitian, 2023)

Adanya elemen struktur balok dan kolom yang tidak dapat menahan beban yang bekerja, disebabkan karena perubahan pembebanan yang signifikan pada bangunan tersebut serta dengan kondisi bangunan yang sudah tua. Karena pada dasarnya kekuatan elemen struktur dipengaruhi oleh dimensi struktur itu sendiri, mutu bahan material serta beban rencana yang digunakan. Selain itu pada struktur elemen balok tidak dapat menahan beban yang bekerja pada kondisi *existing* maupun setelah alihfungsi dikarenakan dimensinya yang kecil. Sedangkan pada elemen struktur kolom tidak dapat menahan beban yang bekerja dilapangan disebabkan karena dimensi yang terlalu kecil serta bentangan jarak antar kolom yang terlampau jauh untuk dimensi kolom tersebut.

Dari hasil yang didapatkan, bahwa terdapat posisi balok maupun kolom yang tidak memenuhi syarat kekuatan, dengan ini perlunya tindak lanjut terhadap elemen struktur yang lemah, agar pada saat alihfungsi bangunan tidak terjadi keruntuhan elemen struktur pada bangunan. Dalam hal ini penulis memberikan saran berupa perkuatan struktur pada elemen-elemen struktur yang lemah.

Perkuatan struktur merupakan suatu usaha untuk meningkatakan kekuatan dari struktur, terkhusus untuk struktur beton yang mengalami penurunan kekuatan lentur dan/atau kekuatan geser yang disebabkan oleh penambahan beban, pengaruh gempa, atau faktor umur suatu bangunan. Dalam hal ini pentingnya untuk investigasi, evaluasi dan implementasi, agar memperoleh hasil yang terbaik dalam perkuatan struktur.

Pada umumnya terdapat beberapa metode yang biasa digunakan dalam perkuatan struktur, yaitu menambah dimensi beton struktur (*concrete*

jacketing), menambah pelat baja (*steel jacketing*), melakukan *external prestressing* dan metode baru yang telah digunakan sejak tahun 1990-an yaitu CFRP (*Carbon Fiber Reinforced Polymer*). Berdasarkan metode perkuatan struktur salah satunya yaitu dengan menambah dimensi struktur, untuk struktur kolom K2 dengan dasar perhitungan yang telah dilakukan, penulis menyarankan dimensi ditambah menjadi 30 cm x 30 cm atau lebih, sedangkan pada struktur balok dimensi yang aman yaitu 30 cm x 70 cm. Namun, dengan ukuran balok yang berubah maka akan banyak sekali perubahan dimensi kolom pada bangunan tersebut, karena banyak balok dengan kondisi tidak aman.

Oleh karena itu disini penulis lebih menyarankan untuk mengkaji pada metode CFRP (*Carbon Fiber Reinforced Polymer*), karena perkuatan ini sangat mudah untuk diaplikasikan dilapangan dengan hanya melapisi bagian luar struktur, walaupun dengan kelemahan terbesar yaitu di biaya yang cukup mahal. Fungsi sistem perkuatan komposit CFRP adalah untuk meningkatkan kekuatan atau memberikan peningkatan kapasitas lentur, geser, aksial, maupun daktilitas. Selain itu CFRP memiliki keunggulan lain yaitu, bobot unit yang ringan, mudah diaplikasikan dan mudah untuk ditangani, biaya instalasi dan pemeliharaan yang rendah.

V. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil perhitungan yang telah dilakukan dalam Tugas Akhir Evaluasi Kekuatan *Existing* Struktur Atas Bangunan Akibat Rencana Alih Fungsi Gedung Administrasi Menjadi Gedung Perpustakaan Sekolah Tinggi Ilmu Hukum Adhyaksa Jambi, maka dapat diambil kesimpulan yaitu bangunan tersebut tidak dapat menahan beban yang bekerja setelah alihfungsi bangunan. Hal ini dikarenakan dalam perhitungan masih ada elemen struktur atas yang tidak dapat menahan beban yang bekerja. Bangunan ini dapat dilakukan renovasi atau alihfungsi jika adanya perkuatan kembali pada elemen struktur yang tidak kuat dalam menahan beban.

5.2 Saran

Berdasarkan kesimpulan Tugas Akhir Evaluasi Kekuatan *Existing* Struktur Atas Bangunan Akibat Rencana Alih Fungsi Gedung Administrasi Menjadi Gedung Perpustakaan Sekolah Tinggi Ilmu Hukum Adhyaksa Jambi, dapat diberikan beberapa saran, yaitu sebagai berikut:

1. Elemen struktur yang terdapat pada bangunan ini diaharapkan masih dapat dilakukan kajian lebih lanjut tentang perkuatan elemen struktur bangunan.
2. Diharapkan bagi penelitian selanjutnya dapat melakukan pengujian dengan pembebanan langsung.

DAFTAR PUSTAKA

Badan Standarisasi Nasional. 2012. SNI 1726-2012. *Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Struktur Bangunan Gedung dan Nongedung*. Jakarta: Badan Standarisasi Nasional.

Badan Standarisasi Nasional. 2017. SNI 2052-2017. *Baja Tulangan Beton*. Jakarta: Badan Standarisasi Nasional.

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

Badan Standarisasi Nasional. 2019. SNI 2847:2019. *Persyaratan Beton Struktural untuk Bangunan Gedung dan Penjelasan*. Jakarta: Badan Strandarisasi Nasional.

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

Cintya Violita Saruni, Servie O. Dapas dan H. Manalip. (2017). Evaluasi Dan Analisis Perkuatan Bangunan Yang Bertambah Jumlah Tingkatnya. *Jurnal Sipil Statik*, Vol.5 No.9 November 2017 (591-602) ISSN : 2337-6732.

Jenefer Teofany Kaontole, M.D.J Sumajouw, R.S Windah. (2015). Evaluasi Kapasitas Kolom Beton Bertulang yang Diperkuat Dengan Metode *Concrete Jacketing. Jurnal Sipil Statik*, Vol.3 No.3 Maret 2015 (167-174) ISSN : 2337-6732.

Kahiking, L.R., Pangouw, D.J., & Pandaleke, E. R. (2013). Evaluasi struktur kolom kuat balok lemah pada bangunan beton bertulang dengan metode desain kapasitas (Studi Kasus : Bangunan Sekolah SMA Donbosco Manado). *Jurnal Sipil Statik*, Vol.1 No.9, Agustus 2013 (630-639) ISSN: 2337-6732.

Lesmana, Y. (2020a). *Handbook Desain Struktur Beton Bertulang Berdasarkan SNI 2847-2019* (Y. Lesmana (Ed.); Edisi Pertama). Penerbit Nas Media Pustaka.

Natasya,S. Inayah. (2022). Skripsi Analisis Kekuatan Struktur Bangunan 4 Lantai (Studi Kasus: Gedung Tengah Rumah Sakit Pendidikan Universitas Jambi).

Nurhaliza, N., Nuklirullah, M., & Bahar, F. F. (2021). Analisis Struktur Balok dan Pelat Lantai Akibat Alih Fungsi Bangunan (Studi Kasus : Gedung

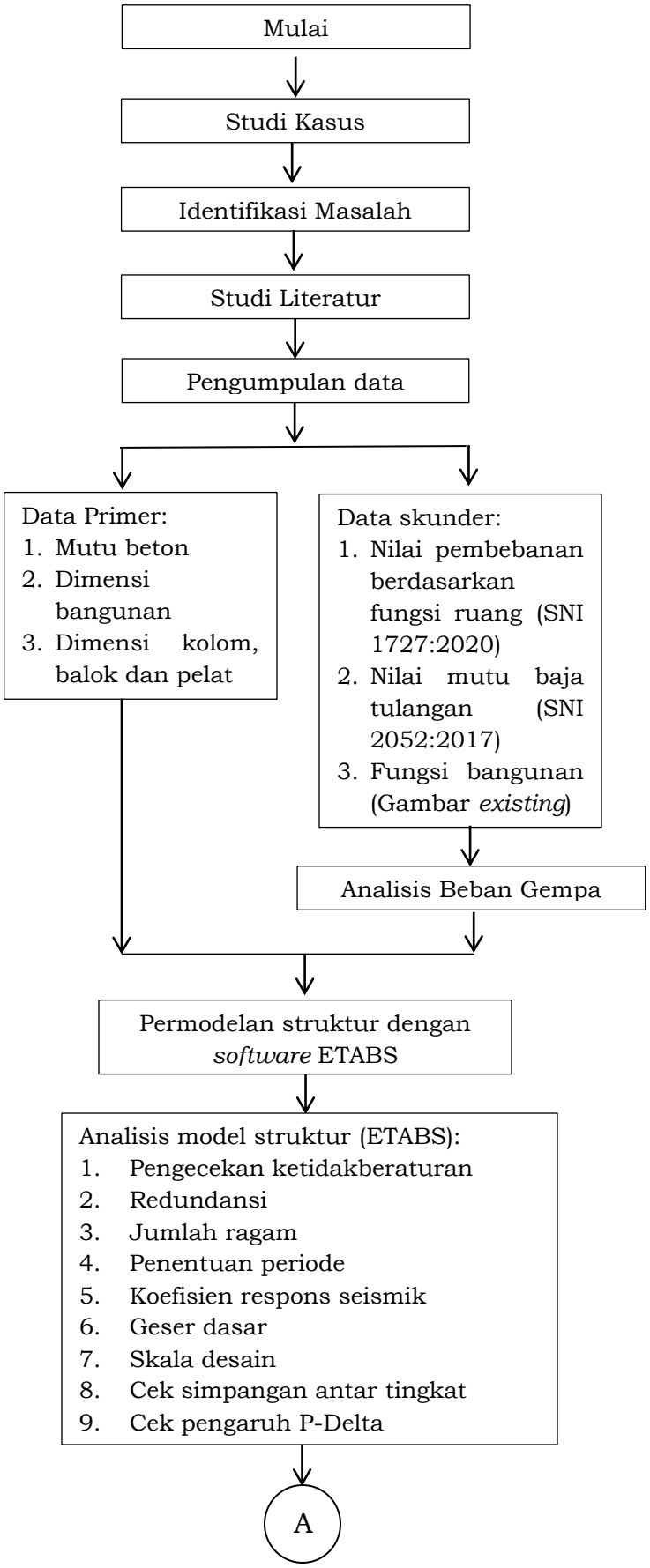
Rektorat Universitas Jambi). *Fondasi : Jurnal Teknik Sipil*, *10*(2), 101–110.

Ofronazel, Ekom. (2022). Skripsi Analisis Kekuatan *Existing* Struktur Atas Bangunan Sayap Kanan Rumah Sakit Pendidikan Universitas Jambi.

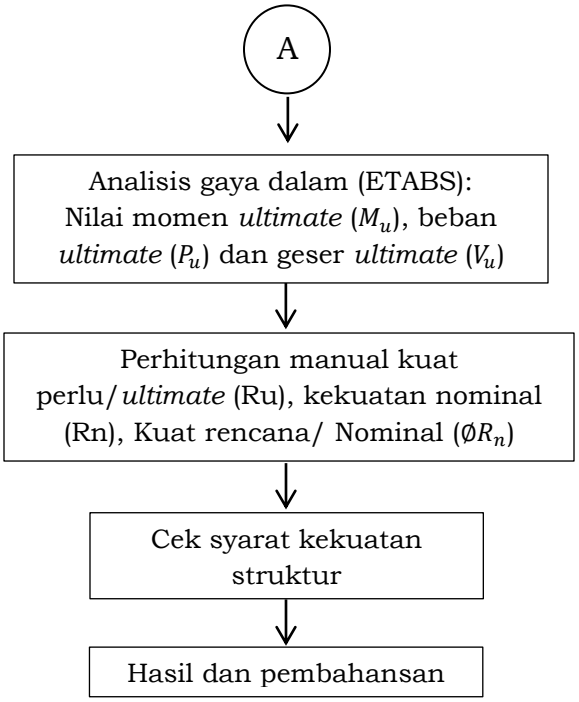
Pangestu, B. D. (2021). Skripsi Analisis Kekuatan Struktur Kolom Akibat Rencana Alih Fungsi Gedung Rektorat Menjadi Gedung Perpustakaan Universitas Jambi.

Peraturan Pembebanan Indonesia. 1983. *Peraturan Pembebanan Indonesia Untuk Gedung*. Edisi Kedua. Bandung : Direktorat Penyelidikan Masalah Bangunan.

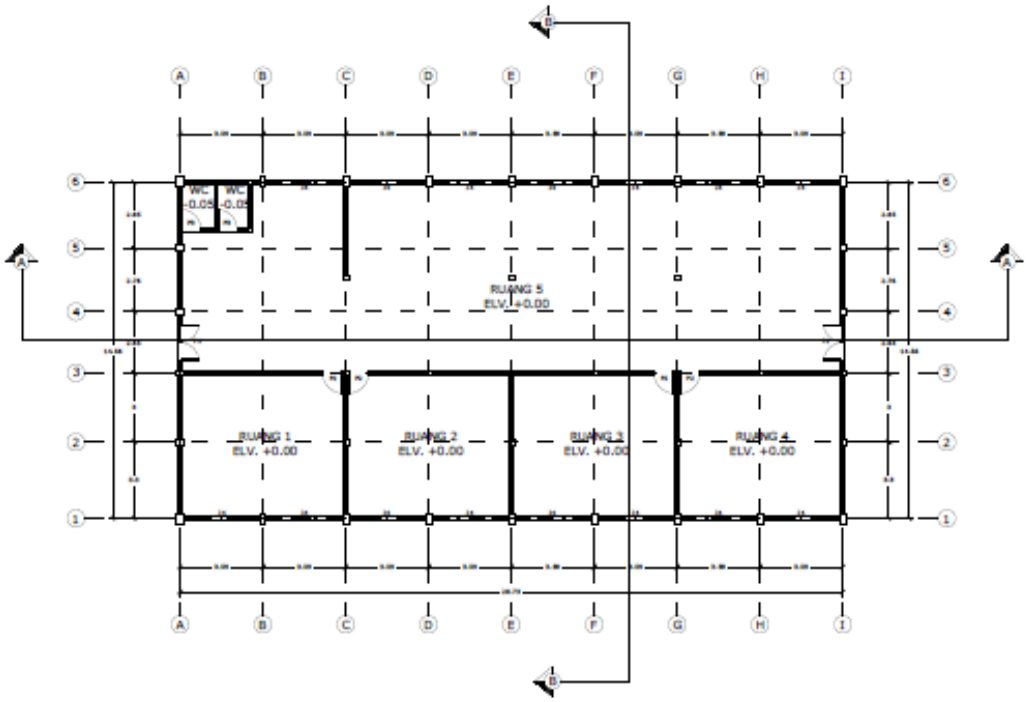
LAMPIRAN 1 – Rencana Bagan Alir Penelitian



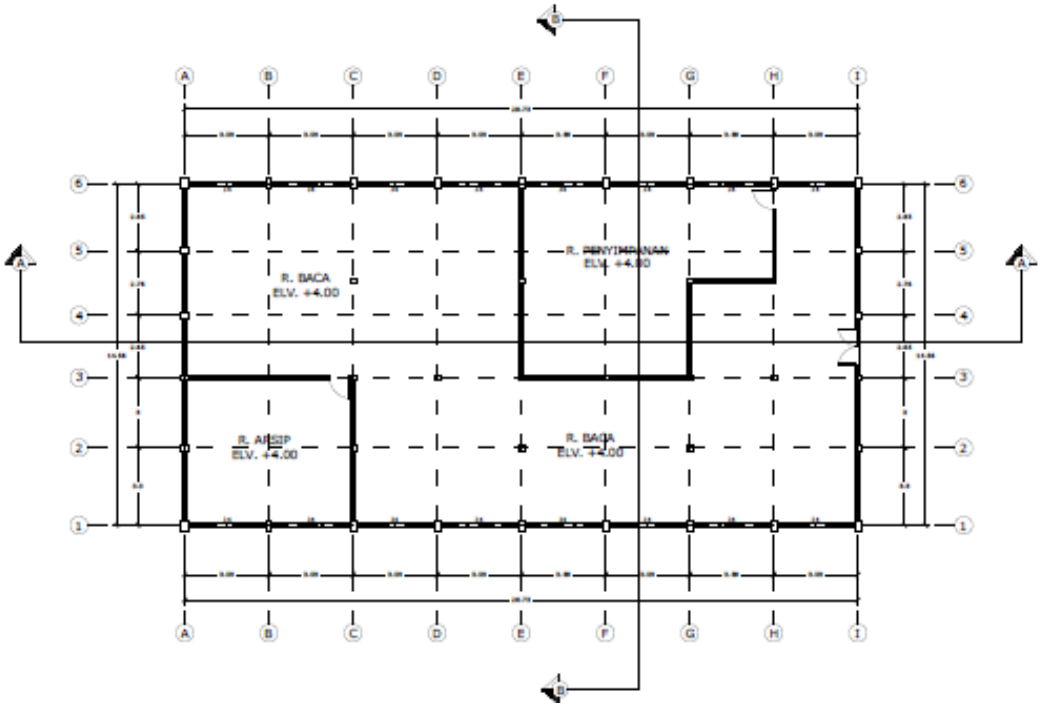
LAMPIRAN 1 – Rencana Bagan Alir Penelitian



LAMPIRAN 2 – Denah Struktur Bangunan Administrasi Sekolah Tinggi Ilmu Hukum Adhyaksa Jambi

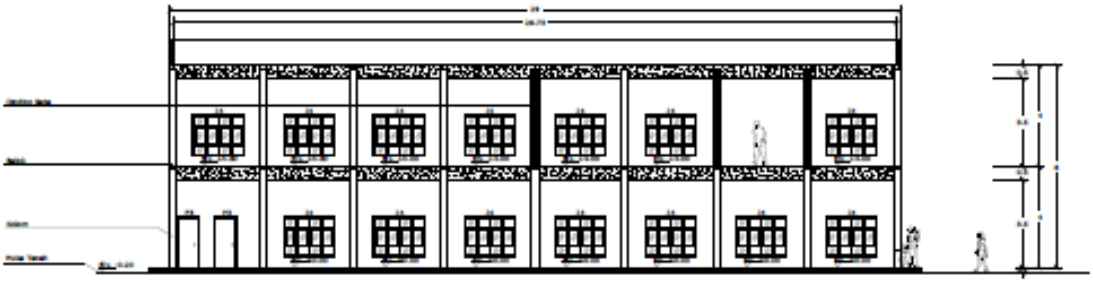


Denah Lantai 1



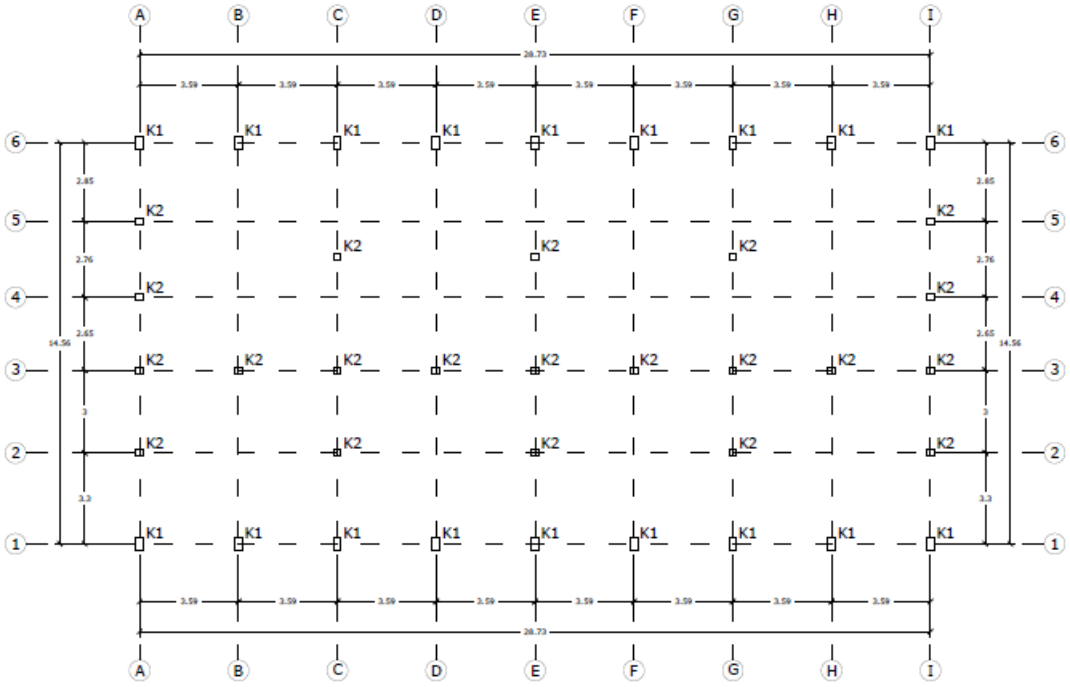
Denah Lantai 2

LAMPIRAN 2 – Denah Struktur Bangunan Administrasi Sekolah Tinggi Ilmu Hukum Adhyaksa Jambi



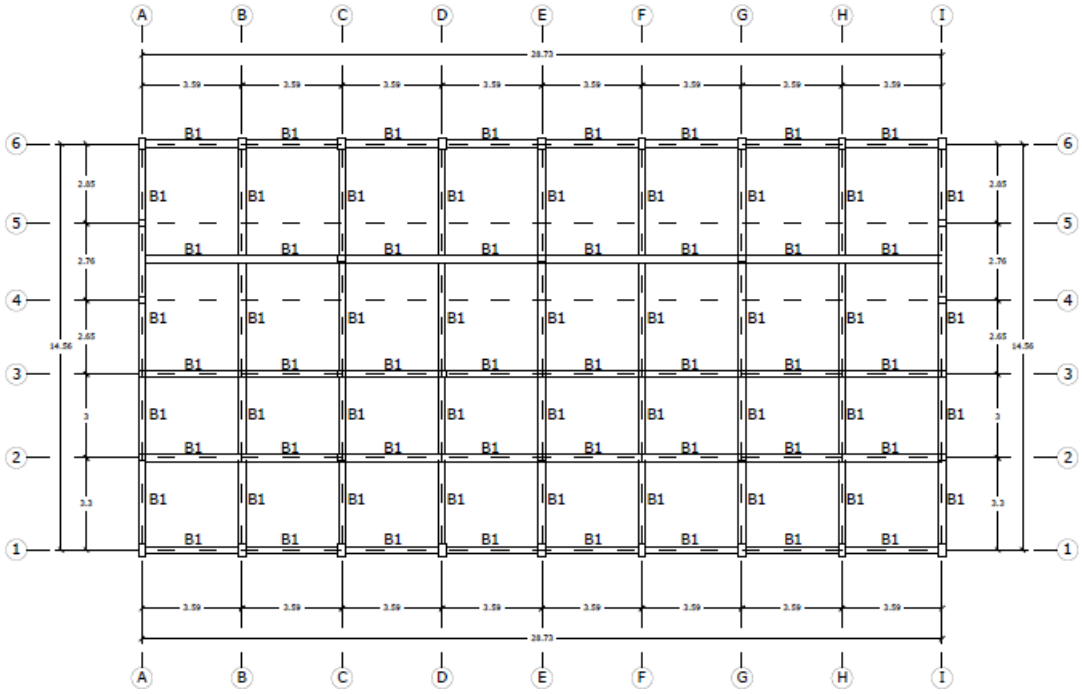
Potongan A – A

Potongan B - B

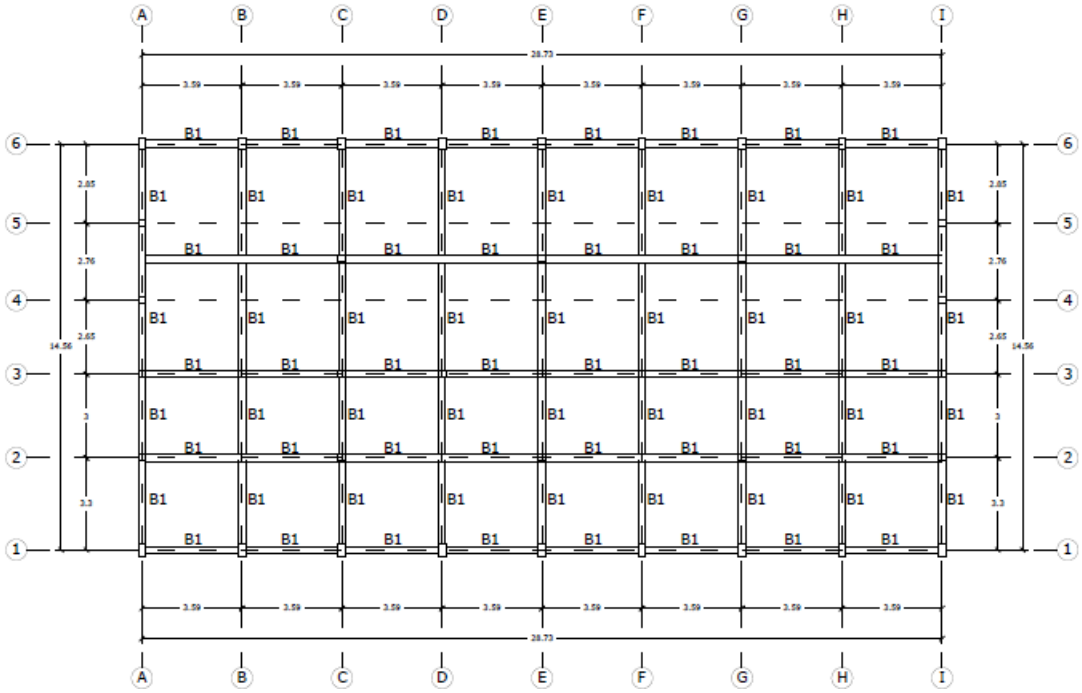


Denah Struktur Kolom

LAMPIRAN 2 – Denah Struktur Bangunan Administrasi Sekolah Tinggi Ilmu Hukum Adhyaksa Jambi

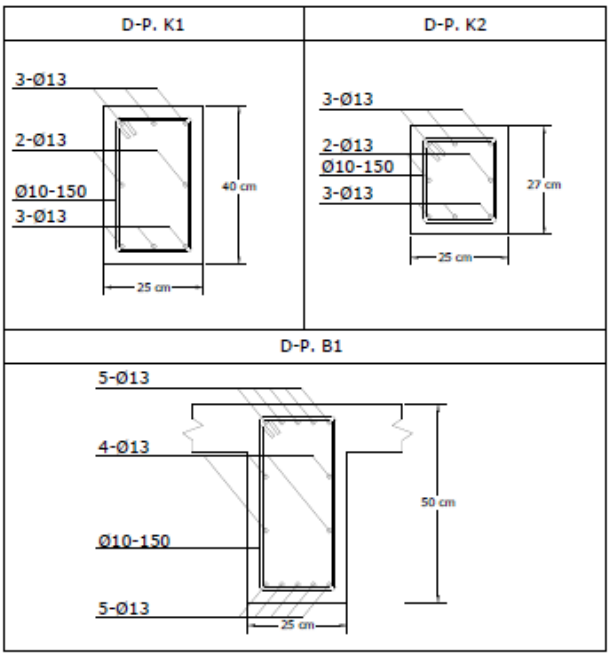


Denah Struktur Balok Lt 2



Denah Struktur Balok Lt Dak

LAMPIRAN 2 – Denah Struktur Bangunan Administrasi Sekolah Tinggi Ilmu Hukum Adhyaksa Jambi



Detail Tulangan

LAMPIRAN 3 – *Output Modal Participating Mass Ratio*

Case	Mode	Period sec	UX	UY	UZ	Sum UX	Sum UY	Sum UZ	RX	RY	RZ	Sum RX	Sum RY	Sum RZ
Modal	1	1.72	0.9944	1.158E-06	0	0.9944	1.158E-06	0	0	0.0163	0.0001	0	0.0163	0.0001
Modal	2	1.408	1.211E-05	0.9451	0	0.9944	0.9451	0	0.0248	5.028E-06	0.0424	0.0248	0.0163	0.0425
Modal	3	1.299	0.0001	0.0417	0	0.9946	0.9868	0	0.0048	0.0001	0.9481	0.0296	0.0164	0.9906
Modal	4	0.402	0.0054	0	0	1	0.9868	0	6.724E-06	0.9834	2.138E-05	0.0296	0.9998	0.9906
Modal	5	0.327	0	0.0127	0	1	0.9995	0	0.9416	2.023E-05	0.0002	0.9713	0.9998	0.9908
Modal	6	0.302	0	0.0005	0	1	1	0	0.0287	0.0002	0.0092	0.9999	1	1
Modal	7	0.082	0	0	0	1	1	0	2.206E-05	0	0	1	1	1
Modal	8	0.064	0	0	0	1	1	0	1.243E-06	0	0	1	1	1
Modal	9	0.06	0	0	0	1	1	0	2.778E-05	0	0	1	1	1
Modal	10	0.051	0	0	0	1	1	0	0	7.969E-07	0	1	1	1
Modal	11	0.047	0	0	0	1	1	0	0	0	0	1	1	1
Modal	12	0.043	0	0	0	1	1	0	0	0	0	1	1	1

LAMPIRAN 4 – Rekapitulasi Hasil Analisis Perbandingan Kekuatan Nominal dan Kekuatan *Ultimate* Pada Elemen Struktur Balok dan Kolom

1. Balok B1

   ΦMn = 71,247 kNm

   ΦV_n = 168,214 kN

   Syarat:

   $\Phi Mn \geq Mu$ dan $\Phi V_n \geq V_u$

Tabel 1. Rekapitulasi Hasil Analisis Balok B1-2

No.	*Beam*	*Unique name*	Mu max	*Check*	Vu max	*Check*
			kNm		kN	
1	B1	205	247,900	NOT OK	174,140	NOT OK
2	B2	206	166,760	NOT OK	122,910	OK
3	B3	207	173,900	NOT OK	127,805	OK
4	B4	208	175,050	NOT OK	127,266	OK
5	B5	209	174,408	NOT OK	132,052	OK
6	B6	210	179,610	NOT OK	136,234	OK
7	B7	211	169,515	NOT OK	125,664	OK
8	B8	212	249,453	NOT OK	174,797	NOT OK
9	B9	213	175,084	NOT OK	124,372	OK
10	B10	214	119,912	NOT OK	114,096	OK
11	B11	215	126,630	NOT OK	88,310	OK
12	B12	216	124,870	NOT OK	86,390	OK
13	B13	217	128,033	NOT OK	119,112	OK
14	B14	218	129,731	NOT OK	120,046	OK
15	B15	219	119,762	NOT OK	83,083	OK
16	B16	220	173,334	NOT OK	127,750	OK
17	B17	221	235,020	NOT OK	172,371	NOT OK
18	B18	222	161,400	NOT OK	127,487	OK
19	B19	223	169,841	NOT OK	125,577	OK
20	B20	224	165,155	NOT OK	124,775	OK
21	B21	225	165,788	NOT OK	125,313	OK
22	B22	226	167,310	NOT OK	126,147	OK
23	B23	227	160,776	NOT OK	120,503	OK
24	B24	228	234,153	NOT OK	164,168	OK
25	B25	229	322,321	NOT OK	192,370	NOT OK
26	B26	230	101,280	NOT OK	89,967	OK
27	B27	231	129,040	NOT OK	127,985	OK
28	B28	232	120,480	NOT OK	123,760	OK
29	B29	233	79,085	NOT OK	108,345	OK
30	B30	234	327,995	NOT OK	240,544	NOT OK
31	B31	235	295,033	NOT OK	187,270	NOT OK
32	B32	236	95,271	NOT OK	89,650	OK
33	B33	237	123,006	NOT OK	123,486	OK
34	B34	238	107,690	NOT OK	111,044	OK
35	B35	239	75,271	NOT OK	102,838	OK
36	B36	240	304,360	NOT OK	218,070	NOT OK
37	B37	241	80,868	NOT OK	52,311	OK
38	B38	242	192,041	NOT OK	107,684	OK
39	B39	243	186,235	NOT OK	106,323	OK
40	B40	244	203,123	NOT OK	111,652	OK
41	B41	245	208,984	NOT OK	133,853	OK
42	B42	246	243,015	NOT OK	145,282	OK
43	B43	247	245,793	NOT OK	158,396	OK

LAMPIRAN 4 – Rekapitulasi Hasil Analisis Perbandingan Kekuatan Nominal dan Kekuatan *Ultimate* Pada Elemen Struktur Balok dan Kolom

44	B44	248	90,126	NOT OK	64,897	OK
45	B45	255	179,138	NOT OK	107,876	OK
46	B46	256	172,047	NOT OK	103,274	OK
47	B47	257	163,698	NOT OK	89,509	OK
48	B48	258	146,891	NOT OK	83,334	OK
49	B49	259	147,345	NOT OK	82,271	OK
50	B50	260	144,566	NOT OK	81,304	OK
51	B51	261	151,609	NOT OK	82,159	OK
52	B52	262	165,459	NOT OK	88,047	OK
53	B53	263	272,296	NOT OK	134,623	OK
54	B54	264	194,916	NOT OK	108,464	OK
55	B55	265	172,815	NOT OK	96,590	OK
56	B57	267	117,246	NOT OK	70,942	OK
57	B58	268	303,677	NOT OK	174,258	NOT OK
58	B59	269	284,471	NOT OK	165,555	OK
59	B60	270	124,756	NOT OK	82,642	OK
60	B61	271	113,204	NOT OK	99,230	OK
61	B62	272	109,722	NOT OK	117,087	OK
62	B63	273	192,209	NOT OK	199,109	NOT OK
63	B64	274	273,849	NOT OK	173,998	NOT OK
64	B65	275	248,700	NOT OK	125,294	OK
65	B66	276	174,843	NOT OK	93,772	OK
66	B67	277	158,140	NOT OK	107,720	OK
67	B68	277	72,882	NOT OK	25,613	OK
68	B69	279	91,483	NOT OK	64,274	OK
69	B70	280	265,574	NOT OK	143,324	OK
70	B71	281	254,429	NOT OK	150,443	OK
71	B72	282	115,538	NOT OK	77,678	OK
72	B73	283	104,307	NOT OK	95,342	OK
73	B74	284	100,829	NOT OK	110,979	OK
74	B75	285	173,683	NOT OK	176,297	NOT OK
75	B76	286	242,216	NOT OK	152,823	OK
76	B77	287	243,433	NOT OK	122,766	OK
77	B78	288	154,253	NOT OK	85,197	OK
78	B79	289	128,036	NOT OK	72,269	OK
79	B81	291	72,045	NOT OK	59,810	OK
80	B82	292	232,619	NOT OK	113,581	OK
81	B83	293	275,166	NOT OK	178,845	NOT OK
82	B84	294	115,389	NOT OK	95,118	OK
83	B85	295	101,683	NOT OK	70,275	OK
84	B86	296	80,532	NOT OK	77,446	OK
85	B87	297	158,275	NOT OK	147,323	OK
86	B88	298	250,178	NOT OK	132,944	OK
87	B89	299	282,598	NOT OK	157,917	OK
88	B90	300	198,596	NOT OK	126,682	OK
89	B91	301	169,211	NOT OK	92,926	OK
90	B93	303	88,744	NOT OK	51,283	OK
91	B94	304	257,545	NOT OK	126,373	OK

LAMPIRAN 4 – Rekapitulasi Hasil Analisis Perbandingan Kekuatan Nominal dan Kekuatan *Ultimate* Pada Elemen Struktur Balok dan Kolom

Tabel 2. Rekapitulasi Hasil Analisis Balok B1-Dak

No.	*Beam*	*Unique name*	Mu max	*Check*	Vu max	*Check*
			kNm		kN	
1	B1	111	55,858	OK	51,588	OK
2	B2	112	50,335	OK	42,000	OK
3	B3	113	49,115	OK	41,780	OK
4	B4	114	49,939	OK	41,893	OK
5	B5	115	51,154	OK	42,527	OK
6	B6	116	54,795	OK	47,744	OK
7	B7	117	53,801	OK	46,830	OK
8	B8	118	57,355	OK	44,070	OK
9	B9	119	40,990	OK	44,684	OK
10	B10	120	41,434	OK	36,082	OK
11	B11	121	39,610	OK	35,400	OK
12	B12	122	39,611	OK	35,340	OK
13	B13	123	40,514	OK	35,362	OK
14	B14	124	35,621	OK	39,628	OK
15	B15	125	45,201	OK	41,988	OK
16	B16	126	42,056	OK	46,361	OK
17	B17	127	54,416	OK	43,029	OK
18	B18	128	45,879	OK	39,763	OK
19	B19	129	47,000	OK	39,467	OK
20	B20	130	46,046	OK	39,900	OK
21	B21	131	47,742	OK	39,797	OK
22	B22	132	45,636	OK	39,660	OK
23	B23	133	47,579	OK	39,181	OK
24	B24	134	51,335	OK	48,827	OK
25	B24	134	51,335	OK	48,827	OK
26	B26	136	43,694	OK	38,744	OK
27	B27	137	42,973	OK	44,661	OK
28	B28	138	53,643	OK	62,159	OK
29	B29	139	42,256	OK	58,207	OK
30	B30	140	58,474	OK	77,438	OK
31	B31	141	33,685	OK	56,151	OK
32	B32	142	40,519	OK	36,995	OK
33	B33	143	41,864	OK	44,088	OK
34	B34	144	48,297	OK	56,833	OK
35	B35	145	40,395	OK	55,180	OK
36	B36	146	51,513	OK	69,112	OK
37	B37	147	46,200	OK	30,156	OK
38	B38	148	65,375	OK	55,515	OK
39	B39	149	67,737	OK	57,141	OK
40	B40	150	67,372	OK	56,557	OK
41	B41	151	67,522	OK	61,561	OK
42	B42	152	69,981	OK	73,302	OK
43	B43	153	67,246	OK	73,318	OK
44	B44	154	49,547	OK	30,312	OK
45	B45	155	27,760	OK	27,950	OK
46	B46	156	36,610	OK	34,751	OK
47	B47	157	34,737	OK	34,489	OK
48	B48	158	35,550	OK	35,180	OK
49	B49	159	35,220	OK	34,850	OK
50	B50	160	35,113	OK	34,483	OK
51	B51	161	35,682	OK	34,006	OK

LAMPIRAN 4 – Rekapitulasi Hasil Analisis Perbandingan Kekuatan Nominal dan Kekuatan *Ultimate* Pada Elemen Struktur Balok dan Kolom

52	B52	162	28,028	OK	26,744	OK
53	B53	163	40,039	OK	41,487	OK
54	B54	164	58,921	OK	48,199	OK
55	B55	165	66,636	OK	60,009	OK
56	B57	167	42,463	OK	11,580	OK
57	B58	168	54,171	OK	59,512	OK
58	B59	169	36,719	OK	36,502	OK
59	B60	170	27,388	OK	27,355	OK
60	B61	171	26,130	OK	44,102	OK
61	B62	172	28,361	OK	49,686	OK
62	B63	173	34,237	OK	60,492	OK
63	B64	174	48,461	OK	48,158	OK
64	B65	175	39,401	OK	38,163	OK
65	B66	176	49,710	OK	41,345	OK
66	B67	177	54,982	OK	53,472	OK
67	B68	178	29,383	OK	9,041	OK
68	B69	179	33,148	OK	16,067	OK
69	B70	180	47,721	OK	53,455	OK
70	B71	181	34,000	OK	36,834	OK
71	B72	182	22,732	OK	24,080	OK
72	B73	183	20,338	OK	29,129	OK
73	B74	184	19,267	OK	31,840	OK
74	B75	185	25,777	OK	44,824	OK
75	B76	186	43,613	OK	36,540	OK
76	B77	187	36,006	OK	38,338	OK
77	B78	188	44,460	OK	40,438	OK
78	B79	189	48,308	OK	41,465	OK
79	B81	191	25,388	OK	15,317	OK
80	B82	192	40,486	OK	40,319	OK
81	B83	193	34,529	OK	58,928	OK
82	B84	194	48,346	OK	40,205	OK
83	B85	195	43,962	OK	39,170	OK
84	B86	196	43,106	OK	43,290	OK
85	B87	197	58,771	OK	61,276	OK
86	B88	198	67,341	OK	53,103	OK
87	B89	199	63,954	OK	56,748	OK
88	B90	201	66,860	OK	57,103	OK
89	B91	202	66,768	OK	53,801	OK
90	B93	203	43,284	OK	18,626	OK
91	B94	204	69,678	OK	58,962	OK

LAMPIRAN 4 – Rekapitulasi Hasil Analisis Perbandingan Kekuatan Nominal dan Kekuatan *Ultimate* Pada Elemen Struktur Balok dan Kolom

2. Kolom K1

ΦPn = 1247,873 kN

ΦV_n = 121,388 kN

Syarat:

$\Phi Pn \geq Mu$ dan $\Phi V_n \geq V_u$

Tabel 3. Rekapitulasi Hasil Analisis Kolom K1-1

No.	*Column*	*Unique name*	Pu max kN	*Check*	Vu max kN	*Check*
1	C1	1	385,844	OK	86,830	OK
2	C2	2	369,551	OK	78,775	OK
3	C3	3	338,914	OK	76,713	OK
4	C4	4	318,573	OK	72,209	OK
5	C5	5	368,302	OK	72,798	OK
6	C6	6	387,651	OK	77,161	OK
7	C7	7	425,516	OK	81,911	OK
8	C8	8	463,868	OK	87,129	OK
9	C9	9	382,716	OK	98,283	OK
10	C10	10	367,320	OK	85,344	OK
11	C11	11	422,212	OK	83,272	OK
12	C12	12	405,920	OK	80,888	OK
13	C13	13	334,911	OK	73,780	OK
14	C14	14	365,696	OK	73,854	OK
15	C15	15	337,960	OK	75,278	OK
16	C16	16	386,690	OK	82,851	OK
17	C17	17	379,937	OK	83,437	OK
18	C18	18	373,910	OK	91,309	OK

Tabel 4. Rekapitulasi Hasil Analisis Kolom K1-2

No.	*Column*	*Unique name*	Pu max kN	*Check*	Vu max kN	*Check*
1	C1	61	97,296	OK	31,221	OK
2	C2	61	120,870	OK	31,541	OK
3	C3	63	104,932	OK	26,300	OK
4	C4	64	107,759	OK	26,572	OK
5	C5	65	104,364	OK	29,146	OK
6	C6	66	127,159	OK	39,138	OK
7	C7	67	136,628	OK	35,561	OK
8	C8	68	141,604	OK	43,600	OK
9	C9	69	96,785	OK	33,795	OK
10	C10	70	96,106	OK	29,780	OK
11	C11	71	120,00	OK	34,721	OK
12	C12	72	112,785	OK	33,927	OK
13	C13	73	110,510	OK	28,851	OK
14	C14	74	110,023	OK	31,641	OK
15	C15	75	110,223	OK	29,223	OK
16	C16	76	114,511	OK	34,288	OK
17	C17	77	121,000	OK	31,522	OK
18	C18	78	99,821	OK	33,841	OK

LAMPIRAN 4 – Rekapitulasi Hasil Analisis Perbandingan Kekuatan Nominal dan Kekuatan *Ultimate* Pada Elemen Struktur Balok dan Kolom

3. Kolom K2

ΦPn = 888,748 kN

ΦV_n = 70,088 kN

Syarat:

$\Phi Pn \geq Mu$ dan $\Phi V_n \geq V_u$

Tabel 5. Rekapitulasi Hasil Analisis Kolom K2-1

No.	*Column*	*Unique name*	Pu max kN	*Check*	Vu max kN	*Check*
1	C19	19	392,823	OK	40,892	OK
2	C20	20	639,138	OK	45,144	OK
3	C21	21	423,337	OK	43,588	OK
4	C22	22	445,146	OK	43,991	OK
5	C23	23	434,526	OK	43,742	OK
6	C24	24	611,855	OK	44,028	OK
7	C25	25	475,324	OK	43,616	OK
8	C26	26	576,993	OK	45,087	OK
9	C27	27	367,052	OK	40,672	OK
10	C28	28	489,513	OK	42,822	OK
11	C29	29	311,080	OK	41,326	OK
12	C30	30	449,849	OK	52,107	OK
13	C31	31	479,773	OK	42,272	OK
14	C32	32	303,751	OK	38,098	OK
15	C33	33	455,437	OK	40,169	OK
16	C34	34	902,193	NOT OK	47,525	OK
17	C35	35	958,109	NOT OK	46,970	OK
18	C36	36	998,972	NOT OK	47,977	OK
19	C37	37	-608,992	OK	43,063	OK
20	C38	38	508,344	OK	42,140	OK
21	C39	39	519,043	OK	42,292	OK

Tabel 5. Rekapitulasi Hasil Analisis Kolom K2-2

No.	*Column*	*Unique name*	Pu max kN	*Check*	Vu max kN	*Check*
1	C19	19	123,774	OK	36,952	OK
2	C20	20	211,219	OK	34,398	OK
3	C21	21	163,112	OK	34,788	OK
4	C22	22	194,926	OK	33,081	OK
5	C23	23	160,701	OK	35,354	OK
6	C24	24	219,054	OK	38,171	OK
7	C25	25	206,863	OK	40,369	OK
8	C26	26	242,342	OK	42,639	OK
9	C27	27	122,543	OK	42,031	OK
10	C28	28	152,742	OK	47,602	OK
11	C29	29	120,283	OK	44,249	OK
12	C30	30	143,734	OK	46,588	OK
13	C31	31	144,242	OK	42,423	OK
14	C32	32	118,635	OK	39,088	OK
15	C33	33	144,920	OK	42,344	OK
16	C34	34	256,093	OK	40,756	OK

LAMPIRAN 4 – Rekapitulasi Hasil Analisis Perbandingan Kekuatan Nominal dan Kekuatan *Ultimate* Pada Elemen Struktur Balok dan Kolom

17	C35	35	254,955	OK	38,747	OK
18	C36	36	371,463	OK	43,926	OK
19	C37	37	185,551	OK	41,328	OK
20	C38	38	188,970	OK	39,460	OK
21	C39	39	185,794	OK	44,133	OK

LAMPIRAN 5 – Dokumentasi Pengambilan Nilai Mutu Beton

LAMPIRAN 5 – Dokumentasi Pengambilan Nilai Mutu Beton