ANALISIS KEKUATAN STRUKTUR KOLOM AKIBAT RENCANA ALIH FUNGSI GEDUNG REKTORAT MENJADI GEDUNG PERPUSTAKAAN UNIVERSITAS JAMBI

S K R I P S I

BOBY DWI PANGESTU

M1C117027

PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL

JURUSAN TEKNIK SIPIL, KIMIA DAN LINGKUNGAN

FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI

UNIVERSITAS JAMBI

2021

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 dengan peraturan yang berlaku.

Jambi, 01 Juli 2021
Yang menyatakan

BOBY DWI PANGESTU
M1C117027

RINGKASAN

Analisis struktur merupakan suatu ilmu pengetahuan yang berfungsi untuk menentukan efek dari beban pada struktur fisik beserta komponennya. Hasil dari analisis struktur digunakan untuk melihat kekuatan struktur yang akan maupun telah dibangun (Oktaviani, 2018). Gedung Rektorat Universitas Jambi akan dilakukan alih fungsi menjadi Gedung Perpustakaan. Alih fungsi gedung ini menimbulkan sebuah faktor terbesar dalam sebuah struktur yaitu mengalami perubahan beban yang bekerja. Hal ini menyebabkan perlu dilakukan analisis struktur karena dimensi struktur beserta komponen struktur tidak mengalami perubahan sedangkan beban yang bekerja bertambah cukup signifikan. Akibat alih fungsi gedung dan permasalahan yang muncul, penulis tertarik untuk melakukan penelitian tentang Analisis Kekuatan Struktur Kolom Akibat Rencana Alih Fungsi Gedung Rektorat Menjadi Gedung Perpustakaan Universitas Jambi dengan tujuan untuk mengetahui kekuatan struktur kolom dalam memikul beban setelah dilakukan alih fungsi. Metode penelitian yang digunakan yaitu metode evaluasi, dimana penulis melakukan pengamatan terhadap permasalahan yang terjadi kemudian memodelkan ulang struktur Gedung Rektorat dengan memasukkan dimensi sesuai gambar rencana dan ketentuan-ketentuan lainnya. Metode penelitian dilakukan dalam 5 tahap yaitu tahap pengumpulan data, tahap *input*, tahap analisis, tahap *output*, dan tahap pengambilan keputusan. Analisis kekuatan struktur kolom dilakukan dengan *Software ETABS Version Student* dan melakukan perhitungan manual. Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, maka diperoleh kekuatan struktur kolom utama mampu menahan beban-beban yang bekerja. Kondisi ini dibuktikan dengan hasil analisis yang telah memenuhi syarat kekuatan penampang kolom yaitu ØPn ≥ Pu dengan hasil 3786,105 kN ≥ 1744,47 kN dan ØMn ≥ Mu dengan hasil 212,546 kN.m ≥ 206,652 kN.m. Dari hasil analisis dapat disimpulkan bahwa struktur kolom utama mampu menahan beban-beban yang bekerja walaupun mengalami penambahan beban sebesar 150 kg/m^2.

KATA KUNCI : Analisis Struktur, Alih Fungsi Gedung, Kolom, Kekuatan Struktur

ANALISIS KEKUATAN STRUKTUR KOLOM AKIBAT RENCANA ALIH FUNGSI GEDUNG REKTORAT MENJADI GEDUNG PERPUSTAKAAN UNIVERSITAS JAMBI

S K R I P S I

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

BOBY DWI PANGESTU
M1C117027

PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
JURUSAN TEKNIK SIPIL, KIMIA DAN LINGKUNGAN

FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS JAMBI
2021

PENGESAHAN

Skripsi dengan Judul **ANALISIS KEKUATAN STRUKTUR KOLOM AKIBAT RENCANA ALIH FUNGSI GEDUNG REKTORAT MENJADI GEDUNG PERPUSTAKAAN UNIVERSITAS JAMBI** yang disusun oleh **BOBY DWI PANGESTU, NIM : M1C117027** telah dipertahankan di depan tim penguji pada tanggal 01 Juli 2021 dan dinyatakan Lulus.

Susunan Tim Penguji:

Ketua : M. Nuklirullah, S.T., M. Eng.
Sekretaris : Dr. Fetty Febriasti Bahar, S.T., M.T.
Anggota : 1. Dr. Drs. Harmes, M.T
2. Ade Nurdin, S.T., M.T.
3. Dila Oktarise Dwina, S.T., M.T.

Disetujui:

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

Diketahui:

Dekan	Ketua Jurusan
Prof. Drs. Damris M, M.Sc., Ph.D	Dr. Drs. Harmes, M.T.
NIP. 196605191991121001	NIP. 197208151996031001

RIWAYAT HIDUP

Boby Dwi Pangestu, Lahir di Desa Tanjung Bunga pada tanggal 02 Maret 2000, merupakan anak Kedua dari Dua bersaudara. Dilahirkan dari pasangan Bapak Bunawan dan Ibu Raya Fitri, S.E. Penulis memulai pendidikan di 066/XI Tanjung Bunga pada tahun 2005 hingga 2011, kemudian melanjutkan pendidikan di MTsN Model Kota Sungai Penuh pada tahun 2011 hingga 2014, dan kemudian melanjutkan pendidikan di SMAN 1 Kota Sungai Penuh pada tahun 2014 hingga 2017. Penulis terdaftar sebagai mahasiswa Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Jambi pada tahun 2017 melalui jalur SBMPTN.

Penulis mengakhiri masa studi di Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Jambi dengan melaksanakan Kerja Praktek pada Proyek Pembangunan Gedung *Science Techno Park* Universitas Jambi. Setelah itu penulis menyusun Tugas Akhir dan Skripsi yang dibimbing oleh Bapak M. Nuklirullah, S.T., M.Eng. selaku Dosen Pembimbing Utama dan Ibu Dr. Fetty Febriasti Bahar, S.T., M.T. selaku Dosen Pembimbing Pendamping yang berjudul "**Analisa Kekuatan Struktur Kolom Akibat Rencana Alih Fungsi Gedung Rektorat Menjadi Gedung Perpustakaan Universitas 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 **"Analisis Kekuatan Struktur Kolom Akibat Rencana Alih Fungsi Gedung Rektorat Menjadi Gedung Perpustakaan Universitas Jambi"** dibantu dengan bimbingan Bapak M.Nuklirullah, S.T., M.Eng dan Ibu Dr. Fetty Febriasti Bahar,S.T., M.T sebagai dosen pembimbing skripsi. Judul ini penulis gunakan atas saran Bapak M. Nuklirullah, S.T., M.Eng dengan tinjauan akan terjadi alih fungsi bangunan pada Gedung Rektorat.

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. Yth. Bapak Prof. Drs. H. Sutrisno, M.Sc., Ph.D., selaku Rektor Universitas Jambi
2. Yth. Bapak Prof. Drs. Damris M, M.Sc., Ph.D., selaku Dekan Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Jambi
3. Yth. Bapak M. Nuklirullah, S.T., M.Eng selaku Ketua Program Studi Teknik Sipil dan Dosen Pembimbing 1
4. Yth. Ibu Dr. Fetty Febriasti Bahar, S.T., M.T., selaku Dosen Program Studi Teknik Sipil dan Dosen Pembimbing 2
5. Yth. Bapak Dr. Drs. Harmes, M.T., selaku Ketua Jurusan dan Dosen Penguji 1
6. Yth. Bapak Ade Nurdin, S.T., M.T., selaku Dosen Program Studi Teknik Sipil dan Dosen Penguji 2
7. Yth. Ibu Dila Oktarise Dwina, S.T., M.T., selaku Dosen Program Studi Teknik Sipil, Dosen Pembimbing Akademik dan Dosen Penguji 3
8. Seluruh staf Dosen dan Karyawan Program Studi Teknik Sipil Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Jambi.
9. Kedua orang tua tercinta yaitu Bapak Bunawan dan Ibu Raya Fitri, S.E., yang telah memberikan dukungan penuh untuk menyelesaikan segala

sesuatu yang berhubungan dengan Teknik Sipil Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Jambi.

10. Kakak tercinta yaitu Maya Nurika yang memberi dukungan selama kuliah di Jambi
11. Helda Riana dan Asnita Faradilla yang sudah banyak memberi dukungan seperti saudara kandung penulis sendiri selama di Jambi
12. Nurhaliza selaku rekan penulis sejak Kerja Praktek hingga Penelitian Tugas Akhir
13. Dhina Silva yang telah banyak membantu serta menyemangati penulis selama penelitian dan penyelesaian Tugas Akhir
14. Sri Gustini yang selalu memberi dukungan dan menyemangati penulis dalam melakukan penyelesaian Tugas Akhir
15. Astrid Puja Yanti, Glodea Aura Zalsa, Fuji Hadi, Sultoni dan Salman yang telah banyak membantu selama penelitian

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, 31 Mei 2021

Boby Dwi Pangestu

DAFTAR ISI

Halaman

HALAMAN PENGESAHAN i
RIWAYAT HIDUP ii
PRAKATA iii
DAFTAR ISI v
DAFTAR GAMBAR vii
DAFTAR TABEL ix
DAFTAR LAMPIRAN x
DAFTAR DOKUMENTASI xi
I. PENDAHULUAN
1.1. Latar Belakang 1
1.2. Rumusan Masalah 2
1.3. Tujuan Penelitian 3
1.4. Manfaat Penelitian 3
1.5. Batasan Masalah 3
II. TINJAUAN PUSTAKA
2.1. Analisis Struktur 5
2.2. Pembebanan 6
2.3. Kolom 10
2.4. Aplikasi *ETABS* 22
2.5. Studi Penelitian Terdahulu 26
III. METODOLOGI PENELITIAN
3.1. Lokasi dan Waktu Penelitian 28
3.2 Peralatan Penelitian 28
3.3. Metode Penelitian 28
3.4. Variabel Penelitian 30
3.5. Studi Literatur 31
3.6. Teknik Pengumpulan dan Pengolahan Data 31
3.7. Pengolahan Data 34
3.8. Rencana Bagan Alir Penelitian 36
IV. HASIL DAN PEMBAHASAN
4.1. Denah Kolom 37
4.2. Data Perhitungan 38
4.3 Perhitungan Beban Mati dan Beban Hidup 41
4.4. Tahapan Perhitungan Beban Ultimate (Pu) dan Momen Ultimate (Mu) 43

4.5. Perhitungan Kekuatan Penampang Kolom 48
4.6. Perhitungan Diagram Interaksi Kolom 51
V.KESIMPULAN DAN SARAN
5.1. Kesimpulan 58
5.2 Saran 59
DAFTAR PUSTAKA 60
LAMPIRAN 62
DOKUMENTASI 85

DAFTAR GAMBAR

Gambar Halaman

2.1. Kolom Menggunakan Pengikat Sengkang Lateral 10
2.2. Kolom Menggunakan Pengikat Spiral 11
2.3. Kolom Komposit 11
2.4. Beban Aksial Besar dan Momen Diabaikan 12
2.5. Beban Aksial Besar dan Momen Kecil 13
2.6. Eksentrisitas Lebih Besar Dari Kasus (b) dan Momen Kecil 13
2.7. Eksentrisitas Bertambah dan Kondisi Beban Berimbang 13
2.8. Beban Aksial Relatif Kecil dan Momen Besar 13
2.9. Momen Lentur Besar 14
2.10. Panjang Efektif Kolom Dalam Kondisi Rangka Tidak Bergoyang 14
2.11. Panjang Efektif (kL) Untuk Struktur Rangka Tidak Bergoyang (*Braced Frame*) 15
2.12. Panjang Efektif Kolom Dalam Kondisi Rangka Bergoyang 15
2.13. Panjang Efektif (kL) Untuk Struktur Rangka Bergoyang (*Unbraced Frame*) 16
2.14. Diagram Interaksi P_n-M_n Dari Suatu Penampang Kolom 19
2.15. Baja Tulangan Beton Polos (BJTP) 24
2.16. Baja Tulangan Beton Sirip/Ulir Bambu (BJTS/BJTD) 24
2.17. Baja Tulangan Beton Sirip/Ulir Curam (BJTS/BJTD) 25
2.18. Baja Tulangan Beton Sirip/Ulir Ikan (BJTS/BJTD) 25
3.1. Kondisi Gedung Rektorat Universitas Jambi 33
3.2. Bentuk Kolom Yang Akan Dianalisis 33
4.1. Gambar Denah Titik Perletakan Kolom Lantai 1 37
4.2. Gambar Denah Titik Perletakan Kolom Lantai 2 38
4.3. Gambar Denah Titik Perletakan Kolom Lantai 3 38
4.4. Analisis Kolom Bulat Terjadi *Error* Pada *Software ETABS Student Version* 39
4.5. Memilih Satuan Yang Digunakan 43
4.6. Memodelkan Struktur Gedung 3D 43
4.7. Meng-*input* Dimensi Balok 44
4.8. Meng-*input* Dimensi Kolom 44
4.9. Meng-*input* Tebal Pelat Lantai 44
4.10. Meng-*input* Mutu Baja dan Mutu Beton 44
4.11. Struktur 3D 45
4.12. Meng-*input* Beban Mati Pada Lantai 2 dan Lantai 3 45
4.13. Meng-*input* Beban Hidup Pada Lantai 2 dan Lantai 3 45

4.14. Meng-*input* Beban Mati Pada Atap 46
4.15. Meng-*input* Beban Hidup Pada Atap 46
4.16. Meng-*input* Kombinasi Pembebanan 46
4.17. Klik Menu *Analyze* 46
4.18. Klik *Run Analyze* 47
4.19. *Software ETABS* Sedang Menganalisis Struktur 47
4.20. Klik Menu *Design* 47
4.21. Klik *Start Design/ Check of Structure* 47
4.22. *Software ETABS* Sedang Mengecek Struktur 48
4.23. *Software ETABS* Telah Selesai Mengecek Struktur 48
4.24. Hasil Akhir Analisis Kekuatan Struktur Kolom Utama 51
4.25. Diagram Interaksi Kolom 56

DAFTAR TABEL

Tabel Halaman

2.1. Beban Hidup Pada Lantai Gedung 7
2.2. Koefisien Reduksi Beban Hidup 8
2.3. Berat Sendiri Bahan Bangunan 8
2.4. Komponen Gedung 9
2.5. Faktor Panjang Efektif (k) untuk kolom 16
2.6. Studi Penelitian Terdahulu 26
3.1. Teknik Pengumpulan Data 33
4.1. Dimensi Kolom 39
4.2. Penampang Balok Gedung Rektorat 40
4.3. Mutu Beton Yang Telah Dikonversi Dari Hasil *Hammer Test* 40
4.4. Beban Hidup Yang Bekerja Pada Gedung Perpustakaan Universitas Jambi 43
4.5. Rekapan Hasil Perhitungan Diagram Interaksi Kolom 56

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran Halaman

1. Bagan Alir Penelitian 63
2. Hasil *Hammer Test* 64
3. Nilai Beban Ultimate (Pu) dan Momen Ultimate (Mu) 78

DAFTAR DOKUMENTASI

Dokumentasi Halaman

1. Pengecekan Mutu Beton Kolom Lantai 1 86
2. Pengecekan Mutu Beton Kolom Lantai 2 88
3. Pengecekan Mutu Beton Kolom Lantai 3 90
4. Pengecekan Mutu Beton Balok.....92
5. Pengecekan Mutu Beton Pelat Lantai 94
6. Pengukuran Luas Bangunan 95
7. Pengukuran Dimensi Kolom 96
8. Pengukuran Dimensi Balok 97

I. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Perkembangan zaman yang telah memasuki era globalisasi, dimana dunia pendidikan ikut berkembang termasuk dunia pendidikan di Indonesia. Banyaknya pembangunan gedung bertingkat menjadi sebuah solusi terhadap kebutuhan lahan yang semakin menipis. Peningkatan sarana dan prasarana gedung perpustakaan sangat diperlukan karena gedung ini menunjang terciptanya pelajar/mahasiswa yang cerdas.

Gedung merupakan komponen penting dalam mengembangkan suatu daerah. Pada saat melakukan pembangunan gedung, hal utama yang harus diperhatikan adalah kondisi lingkungan sekitar. Kekuatan gedung tergantung dari seberapa besar kekuatan rangka (portal) dalam menahan gaya-gaya yang berkerja. Bagian portal adalah kolom dan balok yang berfungsi sebagai komponen utama dari gedung untuk menahan serta menyalurkan beban ke pondasi.

Gedung Rektorat terletak di Kampus Pinang Masak Universitas Jambi tepatnya di Jl. Raya Jambi – Ma. Bulian KM. 15, Mendalo Darat, Kec. Jambi Luar Kota, Kabupaten Muaro Jambi. Gedung Rektorat Universitas Jambi merupakan gedung 3 lantai yang pada saat ini berfungsi sebagai gedung perkantoran.

Mengingat peran Gedung Rektorat sebagai Gedung Perkantoran, maka akan dilakukan alih fungsi menjadi Gedung Perpustakaan Universitas Jambi untuk memfasilitasi mahasiswa dalam menggali ilmu dengan lingkungan yang nyaman. Dengan adanya alih fungsi Gedung Rektorat, ada beberapa hal yang harus ditinjau seperti kelayakan konstruksi gedung serta kemampuan Gedung Rektorat untuk menerima beban dengan fungsi baru yaitu sebagai Gedung Perpustakaan Universitas Jambi.

Alih fungsi Gedung Rektorat menjadi alternatif pihak Universitas Jambi untuk mengefisiensi lahan dan meminimalisir biaya yang akan dikeluarkan untuk membangun suatu gedung baru. Akibat dari perubahan fungsi gedung, maka beban-beban yang bekerja diatasnya mengalami perubahan dimana beban yang bekerja sesuai fungsi gedung dimuat dalam Peraturan Pembebanan Indonesia Untuk Gedung Tahun 1983 dengan beban hidup pada saat gedung berfungsi sebagai gedung perkantoran yaitu sebesar 250 kg/m^2 dan beban hidup setelah dialih fungsi menjadi gedung perpustakaan yaitu 400 kg/m^2. Dengan adanya perubahan beban yang bekerja pada Gedung Rektorat yang akan dialih fungsi menjadi Gedung Perpustakaan Universitas Jambi perlu

dilakukan evaluasi ulang terutama pada struktur kolom utama dengan tujuan meninjau kembali kekuatan struktur kolom utama akibat perubahan beban yang bekerja. Dalam menganalisis serta mengevaluasi Gedung Rektorat yang memiliki luas bangunan yaitu 5022 m^2, diperlukan data-data seperti penampang kolom, penampang balok, tebal pelat lantai, tebal selimut beton, mutu baja, mutu beton dan beban yang bekerja sesuai fungsi gedung.

Pada Gedung Rektorat, ada dua jenis kolom yang digunakan yaitu kolom utama dan kolom praktis. Kolom utama memiliki Ø60 cm yang berfungsi untuk memikul serta menahan beban utama yang bekerja diatasnya baik itu beban mati dari komponen struktur gedung maupun beban hidup dari penggunaan gedung tersebut. Sementara itu, kolom praktis hanya berfungsi sebagai pengikat dinding agar dinding yang terpasang pada gedung menjadi lebih stabil. Dalam melakukan evaluasi struktur gedung terutama meninjau kembali kekuatan struktur kolom, kolom yang digunakan hanya struktur kolom utama karena struktur kolom utama memikul beban yang bekerja dari balok, pelat lantai dan berat dari keseluruhan bangunan yang akan disalurkan ke pondasi sehingga kolom akan mengalami gaya tekan dan terjadi momen akibat beban eksentris yang bekerja. Jika kolom tidak mampu menahan beban yang bekerja maka akan terjadi kegagalan struktur akibat kelebihan beban (*over strength*).

Beban utama yang diperhitungkan dalam menganalisis struktur kolom pada gedung ini yaitu beban hidup dan beban mati. Beban lainnya seperti beban gempa, beban hujan dan beban angin dapat diabaikan karena letak Gedung Rektorat Universitas Jambi masih dalam zona aman dimana gedung ini tidak terletak di daerah potensi gempa dan cuaca yang tidak terlalu ekstrim.

Penelitian mengenai struktur kolom telah dilakukan oleh Irawan dkk (2016), Makal dkk (2020), Prabowo dkk (2020) dan Megasari (2020). Penelitian yang telah dilakukan membuahkan hasil yaitu perlu dilakukan analisis struktur kolom untuk melihat kemampuan struktur kolom dalam memikul beban yang bekerja.

Berdasarkan latar belakang dan permasalahan yang terjadi, penulis perlu menganalisis kekuatan struktur kolom akibat rencana alih fungsi Gedung Rektorat (Perkantoran) menjadi Gedung Perpustakaan Universitas Jambi untuk melihat apakah kolom utama masih mampu menahan beban-beban yang bekerja dengan adanya penambahan beban yaitu sebesar 150 kg/m^2.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah dikemukakan, maka rumusan masalah yang akan dibahas yaitu menganalisa dan mengevaluasi struktur

kolom akibat alih fungsi Gedung Rektorat menjadi Gedung Perpustakaan Universitas Jambi masih mampu menahan beban-beban yang bekerja.

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian mengenai analisis kekuatan struktur kolom akibat rencana alih fungsi Gedung Rektorat menjadi Gedung Perpustakaan Universitas Jambi dapat dirincikan sebagai berikut :

a. Menganalisa kekuatan struktur kolom utama akibat alih fungsi Gedung Rektorat.
b. Mengevaluasi kekuatan struktur kolom utama terhadap beban-beban yang bekerja setelah dilakukannya alih fungsi gedung.

1.4 Manfaat Penelitian

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

a. Penelitian ini diharapkan dapat menambah pengetahuan mahasiswa dibidang struktur gedung.
b. Penelitian ini dapat mengetahui permasalahan yang timbul akibat alih fungsi gedung terutama pada Gedung Rektorat yang akan dialih fungsi menjadi Gedung Perpustakaan Universitas Jambi.
c. Hasil dari penelitian dapat digunakan oleh pihak Universitas Jambi untuk melihat kapasitas penampang struktur kolom utama pada Gedung Rektorat yang akan dialih fungsi menjadi Gedung Perpustakaan Universitas Jambi.
d. 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 untuk mencapai tujuan dan manfaat yang diinginkan. Adapun hal-hal yang dibatasi adalah sebagai berikut :

a. Penelitian ini hanya membahas analisa kapasitas penampang struktur kolom pada Gedung Rektorat yang dialih fungsi menjadi Gedung Perpustakaan Universitas Jambi.
b. Struktur gedung yang akan dilakukan analisis terdiri dari 3 lantai.
c. Pembebanan untuk analisis struktur kolom ini menggunakan 2 beban, yaitu sebagai berikut :
    1. Beban Hidup dan Beban Mati menggunakan Peraturan Pembebanan Indonesia Untuk Gedung Tahun 1983 (PPIUG 1983).

2. Kombinasi Pembebanan menggunakan SNI 03-1727-1989 mengenai Pedoman Perencanaan Pembebanan Untuk Rumah dan Gedung.

d. Analisis struktur kolom dengan beban-beban yang bekerja menggunakan 2 metode yaitu :
   1. Analisis struktur kolom dengan perhitungan *ETABS Student Version.*
   2. Analisis struktur kolom dengan perhitungan manual.

II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Analisis Struktur

Menurut Oktaviani (2018), analisis struktur merupakan suatu ilmu pengetahuan yang berfungsi untuk menentukan efek dari beban pada struktur fisik beserta komponennya. Hasil dari analisis struktur digunakan untuk melihat kekuatan struktur yang akan maupun telah dibangun.

Berdasarkan SNI 1726:2012 tentang Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non Gedung, struktur bangunan gedung terdiri dari struktur atas dan struktur bawah. Struktur bawah adalah bagian dari struktur bangunan gedung yang terletak dibawah muka tanah, yang dapat terdiri dari struktur besmen, dan/atau struktur pondasinya. Struktur atas adalah bagian dari struktur bangunan gedung yang berada diatas muka tanah. Ramadanti (2020) menjelaskan bahwa ada beberapa komponen struktur atas pada bangunan dapat dirincikan sebagai berikut :

a. Kolom

   Sudarmoko (1996), kolom merupakan suatu elemen struktur yang berfungsi sebagai penerus beban ke seluruh bangunan pondasi sehingga bangunan tidak mengalami keruntuhan (*collapse*).

b. Balok

   Ramadanti (2020), balok merupakan bagian struktur yang berfungsi sebagai rangka penguat horizontal. Balok juga berfungsi sebagai pengikat antar kolom dan sebagai dudukan lantai.

c. Pelat Lantai

   Ramadanti (2020), pelat lantai merupakan suatu struktur bangunan yang tidak terletak diatas tanah secara langsung melainkan lantai yang didukung oleh balok yang bertumpu pada kolom bangunan.

d. Atap

   Ramadanti (2020), atap merupakan struktur bangunan yang berfungsi untuk melindungi dari sinar matahari, hujan serta polusi dari luar bangunan gedung. Biasanya material yang digunakan untuk penopang rangka atap yaitu baja atau balok kayu, kemudian disusun membentuk segitiga sehingga menjadi kuda-kuda atap yang kuat.

Analisis struktur dapat diartikan sebagai suatu ilmu pengetahuan yang digunakan untuk melihat apakah struktur atas dan struktur bawah dari bangunan tersebut mampu menahan beban yang bekerja. Pada penelitian ini, akan dilakukan analisis struktur atas bangunan gedung terutama meninjau kekuatan struktur kolom utama untuk menahan beban yang bekerja.

2.2 Pembebanan

Menurut Sutanto (2014), proses analisis pada prinsipnya yaitu melihat serta meninjau respons struktur terhadap beban yang bekerja dengan tujuan untuk menentukan gaya-gaya yang bekerja pada suatu elemen struktur akibat pembebanan yang terjadi. Beban yang sering diperhitungkan dalam analisis struktur dapat dirincikan sebagai berikut :

Beban horizontal

Beban horizontal atau disebut juga dengan beban lateral merupakan suatu beban yang bersifat horizontal dan bekerja pada bangunan dengan arah yang tidak menentu seperti beban angin dan beban gempa. Berdasarkan Peraturan Pembebanan Indonesia Untuk Gedung Tahun 1983 pada Pasal 1 Ayat 3 dan 4, beban horizontal dirincikan sebagai berikut :

a. Beban angin

   Beban angin merupakan semua beban yang bekerja pada gedung atau bagian gedung yang disebabkan oleh selisih dalam tekanan udara. Beban angin ditentukan dengan menganggap adanya tekanan positif dan tekanan negatif (isapan) yang bekerja tegak lurus pada bidang yang ditinjau.

b. Beban gempa

   Beban gempa merupakan semua beban statik ekuivalen yang bekerja pada gedung atau bagian gedung yang menirukan pengaruh dari gerakan tanah akibat gempa tersebut. Modulus elastisitas struktur yang mengalami perubahan bentuk yang bersifat singkat oleh gerakan tanah akibat gempa maka pengaruh gempa untuk struktur gedung di Indonesia harus mengikuti Perencanaan Tahan Gempa Indonesia Untuk Gedung Tahun 1983.

Beban vertikal

Beban vertikal atau disebut juga dengan beban gravitasi merupakan suatu beban yang berasal dari beban hidup dan beban mati. Beban hidup dan beban mati yang bekerja, disesuaikan dengan fungsi bangunan. Adapun beban hidup dan beban mati dapat dirincikan sebagai berikut :

a. Beban hidup

   Sutanto (2014) mengatakan bahwa beban hidup dapat berupa beban bergerak yang asalnya dari berat orang ataupun berat benda bergerak disuatu struktur. Berdasarkan Peraturan Pembebanan Indonesia Untuk Gedung Tahun 1983 (PPIUG 1983), beban hidup merupakan semua beban yang terjadi akibat penghunian atau penggunaan suatu gedung dan kedalamnya termasuk beban pada lantai yang berasal dari barang-barang

yang dapat dipindahkan, mesin-mesin serta peralatan yang tidak dapat dipisahkan dari gedung. Adapun beban hidup pada lantai gedung dapat dilihat pada tabel berikut :

Tabel 2.1. Beban Hidup Pada Lantai Gedung

No	Keterangan Beban Yang Bekerja	Beban Hidup (Kg/m^2)
a.	Lantai dan tangga rumah tinggal, kecuali yang disebut dalam b	200 Kg/m^2
b.	Lantai dan tangga rumah tinggal sederhana dan gudang-gudang tidak penting yang bukan untuk toko, pabrik ataupun bengkel	125 Kg/m^2
c.	Lantai sekolah, ruang kuliah, kantor, toko, toserba, restoran, hotel, asrama dan rumah sakit	250 Kg/m^2
d.	Lantai ruang olahraga	400 Kg/m^2
e.	Lantai ruang dansa	500 Kg/m^2
f.	Lantai dan balkon dalam dari ruang-ruang untuk pertemuan yang lain dari pada yang disebut dalam a s/d e, seperti masjid, gereja, ruang pegelaran, ruang rapat, bioskop dan panggung penonton dengan tempat duduk tetap	400 Kg/m^2
g.	Panggung penonton dengan tempat duduk tidak tetap atau untuk penonton yang berdiri	500 Kg/m^2
h.	Tangga, bordes tangga, dan gang dari yang disebut dalam c	300 Kg/m^2
i.	Tangga, bordes tangga, dan gang dari yang disebut dalam d, e, f dan g	500 Kg/m^2
j.	Lantai ruang pelengkap dari yang disebut dalam c, d, e, f dan g	250 Kg/m^2
k.	Lantai untuk : pabrik, bengkel, perpustakaan, ruang arsip, toko buku, toko besi, ruang alat-alat dan ruang mesin, harus direncanakan terhadap beban hidup yang ditentukan tersendiri, dengan minimum	400 Kg/m^2
l.	Lantai gedung parkir bertingkat : - Untuk lantai bawah - Untuk lantai tingkat lainnya	 800 Kg/m^2 400 Kg/m^2
m.	Balkon-balkon yang menjorok bebas keluar harus direncanakan terhadap beban hidup dari lantai ruang yang berbatasan, dengan minimum	300 Kg/m^2

(Sumber : PPIUG, 1983)

Dalam merencanakan unsur-unsur vertikal seperti kolom dan dinding serta pondasi yang memikul beberapa lantai tingkat, beban hidup yang bekerja pada masing-masing lantai tingkat mempunyai peranan dalam menentukan kekuatan. Ketentuan ini berlaku pada lantai tingkat yang dipikul kemudian dikalikan dengan koefisien reduksi. Nilai koefisien reduksi bergantung pada jumlah lantai yang dipikul (PPIUG, 1983).

Adapun nilai koefisien reduksi untuk beban hidup dapat dirincikan dalam tabel berikut :

Tabel 2.2. Koefisien Reduksi Beban Hidup

Penggunaan gedung	Koefisien reduksi beban hidup	
	Untuk perencanaan balok induk dan portal	Untuk peninjauan gempa
Perumahan/Penghunian: Rumah tinggal, asrama, hotel, rumah sakit	0,75	0,30
Pendidikan : Sekolah, ruang kuliah	0,90	0,50
Pertemuan Umum: Mesjid, gereja, bioskop, restoran, ruang dansa, ruang pagelaran	0,90	0,50
Kantor : Kantor, Bank	0,60	0,30
Perdagangan : Gudang, Perpustakan Ruang Arsip	0,80	0,80
Industri : Pabrik, Bengkel	1,00	0,90
Tempat Kendaraan : Garasi, Gedung Parkir	0,90	0,50
Gang Dan Tangga - Perumahan/Penghunian - Pendidikan, Kantor - Pertemuan Umum, Perdaganggan Penyimpanan, Indusri, Tempat Kendaraan	 0,75 0,75 0,90	 0,30 0,50 0,50

(Sumber : PPIUG, 1983)

b. Beban mati

Menurut Sutanto (2014), beban mati merupakan berat sendiri suatu struktur yang ditambah dengan komponen lain yang berhubungan dengan struktur. Beban mati juga dapat diartikan sebagai berat dari semua bagian suatu gedung yang bersifat tetap termasuk segala unsur tambahan, *finishing* dari suatu gedung, mesin-mesin yang ada pada struktur gedung serta peralatan tetap yang merupakan bagian yang tidak dapat dipisahkan dari gedung itu (PPIUG, 1983). Adapun berat sendiri bahan bangunan dan berat sendiri komponen gedung dapat dirincikan dalal **Tabel 2.3** dan **Tabel 2.4.** berikut :

Tabel 2.3. 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
9.	Kayu kelas I	1000
10.	Kerikil, koral (kering udara sampai lembap, tanpa diayak)	1650
11.	Pasangan bata merah	1700
12.	Pasangan batu belah, batu bulat, batu gunung	2200
13.	Pasangan batu cetak	2200

Tabel 2.3. Berat Sendiri Bahan Bangunan (Lanjutan)

No.	Bahan Bangunan	Berat (kg/m^3)
14.	Pasangan batu karang	1450
15.	Pasir (kering udara sampai lembap)	1600
16.	Pasir (jenuh air)	1800
17.	Pasir kerikil, koral (kering udara sampai lembap)	1850
18.	Tanah, lempung dan lanau (kering udara sampai lembap)	1700
19.	Tanahm, lempung dan lanau (basah)	2000
20.	Tanah hitam	11400

(Sumber : PPIUG, 1983)

Tabel 2.4. Komponen Gedung

No.	Material	Berat (kg/m^2)
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 abses (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/m^2	40
7.	Penggantung langit-langit (dari kayu), dengan bentang maksimum 5 m dan jarak s.k.s minimum 0,80 m	7
8.	Penutup atap genteng dengan reng dan usuk/kaso, per m^2 bidang atap	50
9.	Penutup atap sirap dengan reng dan usuk/kaso, per m^2 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)

Kombinasi pembebanan

Berdasarkan Peraturan Pembebanan Indonesia Untuk Gedung Tahun 1983 (PPIUG 1983) dan SNI 03-1727-1989 tentang Pedoman Perencanaan Pembebanan Untuk Rumah dan Gedung, ada beberapa ketentuan mengenai kombinasi pembebanan yang harus ditinjau yaitu sebagai berikut :

a. Pembebanan tetap : M + H ..... (2.1)

b. Pembebanan sementara : M + H + A ..... (2.2)

M + H + G ..... (2.3)

c. Pembebanan khusus : M + H + K ..... (2.4)

M + H + A + K ..... (2.5)

M + H + G + K ..... (2.6)

Keterangan :
M = Beban mati
H = Beban hidup
A = Beban angin
G = Beban gempa
K = Beban khusus

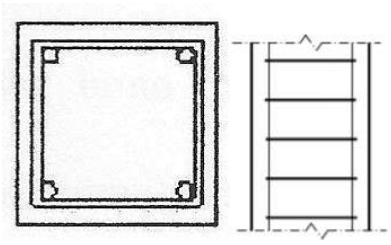
Dari kombinasi beban yang telah dijelaskan, analisis struktur Gedung Rektorat yang akan dialih fungsi menjadi Gedung Perpustakaan Universitas Jambi menggunakan pembebanan tetap dimana hanya menganalisis beban vertikal yaitu beban hidup dan beban mati. Kombinasi untuk pembebanan sementara dan pembebanan khusus dapat diabaikan saja karena letak Gedung Rektorat Universitas Jambi termasuk ke dalam zona aman gempa dan cuaca yang tidak terlalu ekstrim.

2.3 Kolom

Berdasarkan SK SNI T-15-1991-03, kolom merupakan suatu komponen struktur bangunan yang tugas utamanya menahan beban yang bekerja yaitu beban aksial tekan vertikal. Menurut Nawi (1998), kolom tidak hanya menerima beban aksial vertikal tetapi kolom juga menerima momen lentur sehingga pada saat analisis kolom diperhitungkan nilai eksentrisitas untuk menahan beban aksial yang bekerja diatasnya. Ada tiga jenis kolom beton bertulang yang dijelaskan dalam buku Struktur Beton Bertulang oleh Dipohusodo (1993) dapat dirincikan sebagai berikut :

a. Kolom menggunakan pengikat sengkang lateral

Jenis kolom ini merupakan suatu kolom beton yang memiliki tulangan dengan batang tulangan pokok memanjang, yang pada jarak spasi tertentu diikat dengan pengikat sengkang ke arah lateral sehingga tulangannya membentuk kerangka, dapat dilihat pada **Gambar 2.1.** berikut :

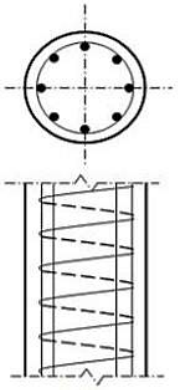


Gambar 2.1. Kolom Menggunakan Pengikat Sengkang Lateral
(Sumber : Kristianto, 2017)

b. Kolom menggunakan pengikat spiral

Jenis kolom ini memiliki bentuk yang sama dengan kolom menggunakan pengikat sengkang lateral, hanya saja untuk pengikat tulangan pokok

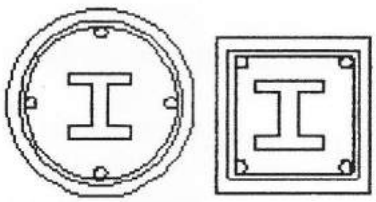
memanjang adalah tulangan spiral yang dililitkan membentuk heliks menerus di sepanjang kolom, dapat dilihat pada **Gambar 2.2.** berikut :



Gambar 2.2. Kolom Menggunakan Pengikat Spiral
(Sumber : Kristianto, 2017)

c. Kolom komposit

Jenis kolom ini merupakan suatu komponen struktur tekan yang diperkuat pada arah memanjang dengan sebuah gelagar baja profil atau pipa dengan atau tanpa diberi batang tulangan pokok memanjang, dapat dilihat pada **Gambar 2.3.** berikut :



Gambar 2.3. Kolom Komposit
(Sumber : Dipohusodo, 1993)

Jenis kolom pada Gedung Rektorat yang akan dialih fungsi menjadi Gedung Perpustakaan Universitas Jambi yaitu kolom dengan menggunakan pengikat spiral dan bentuk kolom yang terpasang dilapangan berbentuk bulat.

Teori Analisis Kolom

Menurut Apriyanto (2007), batang-batang lurus yang mengalami tekanan akibat gaya-gaya aksial yang bekerja disebut dengan kolom. Jika gaya yang bekerja pada kolom ditambah besarnya secara perlahan maka akan menimbulkan lenturan lateral pada kolom dan kemudian mengalami keruntuhan.

Berdasarkan SK SNI T-15-1991-03 pada pasal 3.3.11 Ayat 4(1) tentang pengaruh kelangsingan pada komponen struktur tekan boleh diabaikan pada rangka tak bergoyang apabila memenuhi syarat sebagai berikut :

$$\frac{kl_u}{r} \leq 34 - \left(\frac{12\,M_1}{M_2}\right) \quad \text{..... (2.7)}$$

$$Cc = \sqrt{\frac{2\pi^2 E}{Fy}} \quad \text{..... (2.8)}$$

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 elastisitas
Fy = Mutu tulangan baja

Ada dua kategori kolom yaitu kolom panjang dan kolom pendek. Kolom panjang yakni kolom yang kegagalannya ditentukan oleh peristiwa tekuk dan dimensi arah memanjang jauh lebih besar dibandingkan dengan dimensi arah lateral. Sementara itu, kolom pendek merupakan suatu elemen struktur yang mempunyai nilai perbandingan antara panjang dan dimensi penampang melintang relatif kecil (Christin, 2013).

Kolom Panjang :

$$\frac{kl_u}{r} > Cc \quad \text{..... (2.9)}$$

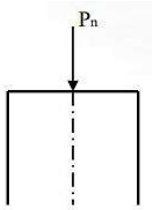
Kolom Pendek :

$$\frac{kl_u}{r} < Cc \quad \text{..... (2.10)}$$

Menurut Sianipar (2009), kolom yang mengalami lentur akibat momen cenderung menimbulkan tekanan pada satu sisi kolom dan tarikan pada sisi lainnya karena gaya yang ditimbulkan oleh beban aksial dan momen relatif besar. Beban yang dipikul oleh momen akan berhubungan dengan diagram interaksi Pn-Mn. Adapun beban yang dimaksud dapat dirincikan sebagai berikut :

a. Beban aksial besar dan momen yang terjadi diabaikan

Dalam kasus ini, kolom mengalami keruntuhan (hancurnya beton) hingga semua tulangan yang ada dalam struktur kolom mencapai tegangan leleh dalam tekan.

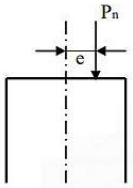


Gambar 2.4. Beban Aksial Besar dan Momen Diabaikan
(*Sumber : Sianipar, 2009*)

b. Beban aksial besar dan momen yang terjadi kecil

Dalam kasus ini, seluruh penampang kolom tertekan akibat beban aksial dan momen lentur kecil dimana terjadi eksentrisitas kecil yang

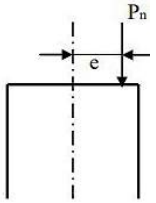
menyebabkan kolom tertekan lebih besar disalah satu sisinya. Tegangan tekan maksimum yang terjadi pada kolom sebesar 0,85*fc.*



Gambar 2.5. Beban Aksial Besar dan Momen Kecil
(*Sumber : Sianipar, 2009*)

c. Beban aksial dengan jarak eksentrisitas lebih besar dari kasus (b) dan momen yang terjadi kecil

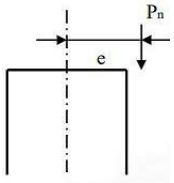
Dalam kasus ini, salah satu penampang kolom mengalami gaya tarik dan sisi lainnya mengalami gaya tekan sehingga salah satu sisi struktur kolom akan mengalami keruntuhan akibat gaya tekan.



Gambar 2.6. Beban Aksial Dengan Jarak Eksentrisitas Lebih Besar Dari Kasus (b) dan Momen Kecil
(*Sumber : Sianipar, 2009*)

d. Eksentrisitas lebih besar dari kasus (c) yang menyebabkan kondisi beban berimbang

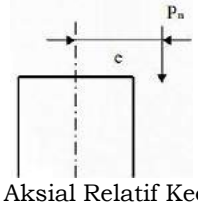
Dalam kasus ini, struktur kolom akan berada dalam kondisi tulangan pada sisi tarik mencapai titik leleh dan beton mencapai titik tekan maksimum.



Gambar 2.7. Eksentrisitas Bertambah dan Kondisi Beban Berimbang
(*Sumber : Sianipar, 2009*)

e. Beban aksial relatif kecil dan momen yang terjadi besar

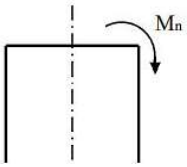
Keruntuhan struktur kolom yang diakibatkan eksentrisitas semakin bertambah sehingga tulangan mencapai leleh sebelum hancurnya beton.



Gambar 2.8. Beban Aksial Relatif Kecil dan Momen Besar
(*Sumber : Sianipar, 2009*)

f. Momen lentur yang terjadi besar

Dalam kasus ini, keruntuhan pada struktur kolom sama dengan keruntuhan yang terjadi pada sebuah balok.



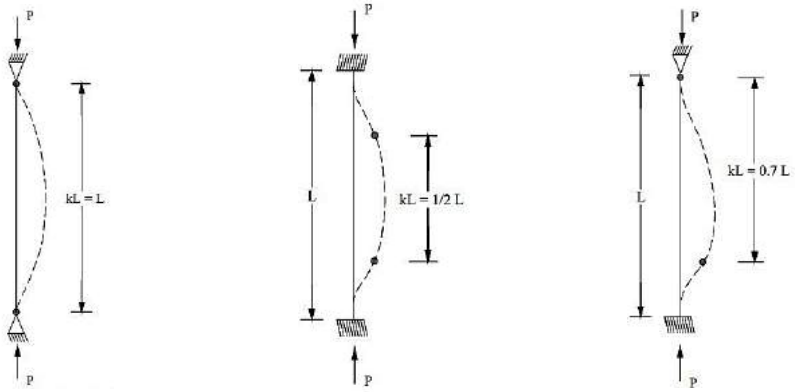
Gambar 2.9. Momen Lentur Besar
(*Sumber : Sianipar, 2009*)

Salmon et all (1992) mengatakan bahwa sebuah kolom yang sempurna yaitu kolom yang bebas dari tegangan sampingan dan dibebani pada pusatnya serta mempunyai bentuk yang lurus. Akibat dibebani pada pusatnya, kolom akan mengalami perpendekan seragam akibat terjadi regangan tekan yang seragam. Momen nol yang mengekang pada ujung kolom merupakan kondisi paling lemah untuk batang tekan dimana salah satu ujungnya tidak dapat bergerak secara transversal relatif terhadap ujung lainnya.

Braced frame merupakan kolom yang ujungnya dicegah dengan sabuk penyokong sehingga tidak dapat bergoyang dan *unbraced frame* merupakan goyangan kolom tidak dicegah karena tanpa sabuk penyokong. Adapun bentuk kolom pada dua kondisi ini dapat dirincikan sebagai berikut :

a. Kondisi *braced frame*

Kondisi ini memiliki tiga kasus yang sering terjadi yaitu diikat dengan tumpuan sendi-sendi, jepit-jepit dan sendi-jepit. Akibat pengekangan tersebut, setiap kondisi memiliki panjang efektif yang dirincikan sebagai berikut :



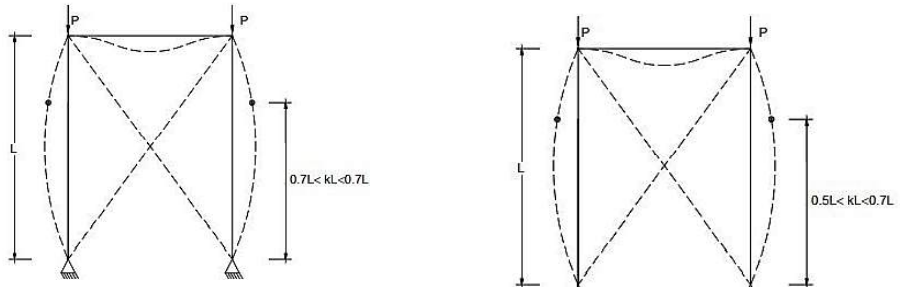
a. Sendi-Sendi dimana rotasi ujung kolom tidak ditahan

b. Jepit-Jepit dimana rotasi ujung kolom ditahan penuh

c. Sendi-Jepit dimana salah satu ujung ditahan dan ujung yang lain dapat melakukan rotasi

Gambar 2.10. Panjang Efektif Kolom Dalam Kondisi Rangka Tidak Bergoyang
(*Sumber : Salmon et all, 1992)*

Pada rangka yang telah diberi pengikat dapat dianggap memberikan kekangan lateral yang dibutuhkan. Kekangan ujung pada rangka tidak bergoyang (*braced frame*) mereduksi panjang efektif dari ujung sendi dapat dilihat pada gambar berikut :



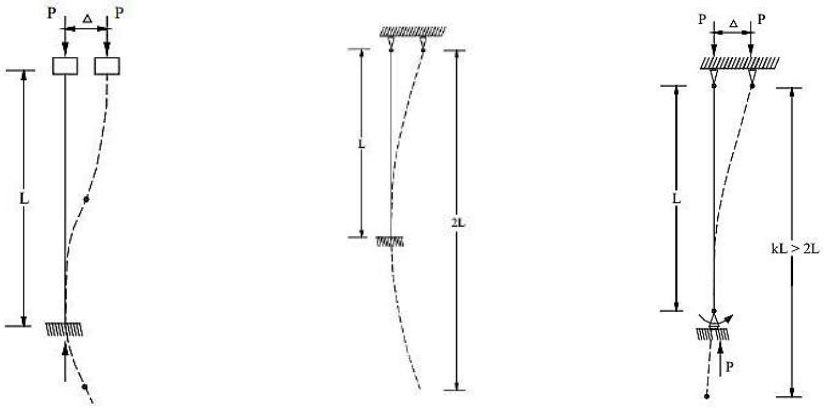
a. Rangka tidak bergoyang dengan tumpuan sendi

b. Rangka tidak bergoyang dengan tumpuan jepit

Gambar 2.11. Panjang Efektif (Kl) Untuk Struktur Rangka Tidak Bergoyang (*Braced Frame)*
(*Sumber : Salmon et all, 1992)*

b. Kondisi *unbraced frame*

Kondisi ini juga memiliki tiga kasus seperti kondisi *braced frame* yang sering terjadi yaitu reaksi ujung yang sepenuhnya tertahan, reaksi salah satu ujung tertahan dan ujung lainnya bebas serta reaksi salah satu ujung tertahan sebagian dan ujung lainnya bebas. Akibat reaksi ujung yang terjadi, setiap kondisi memiliki panjang efektif yang dirincikan sebagai berikut :



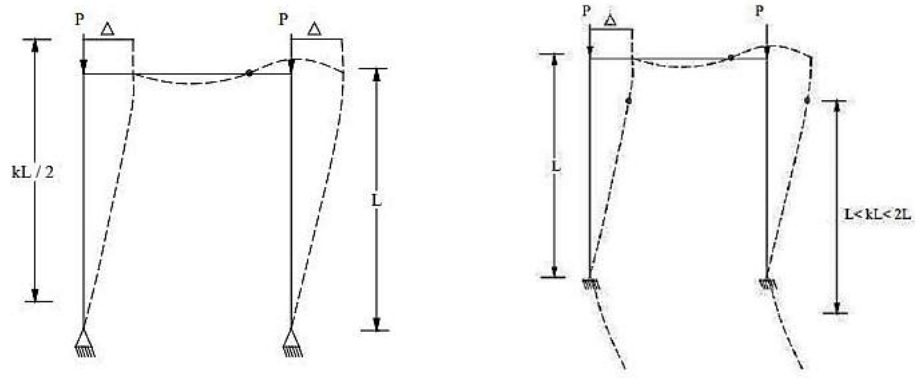
a. Reaksi ujung sepenuhnya tertahan

b. Reaksi salah satu ujung tertahan dan ujung lainnya bebas

c. Reaksi salah satu ujung tertahan sebagian dan ujung lainnya bebas

Gambar 2.12. Panjang Efektif Kolom Dalam Kondisi Rangka Bergoyang
(*Sumber : Salmon et all, 1992)*

Pada rangka bergoyang ini, penyebab terjadinya panjang efektif kolom yaitu mengalami tekuk tergantung dari kekakuan batang yang ikut menahan lentur. Kekangan ujung pada rangka bergoyang (*unbraced frame*) mencocokkan bentuk tekuk kolom yang dapat dilihat pada gambar berikut :



a. Rangka bergoyang dengan tumpuan sendi

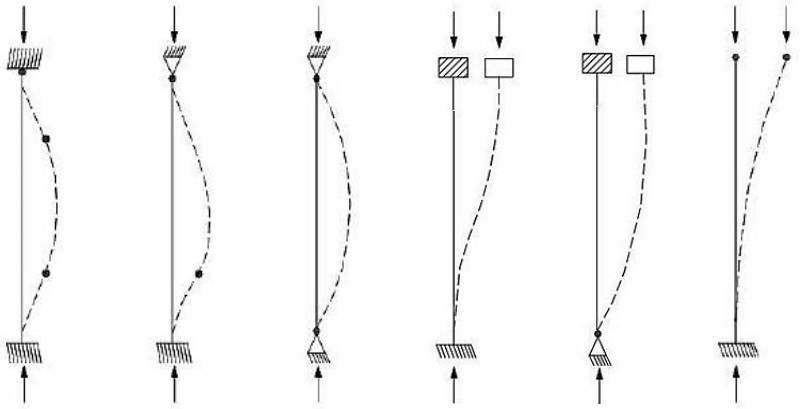
b. Rangka bergoyang dengan tumpuan jepit

Gambar 2.13. Panjang Efektif (Kl) Untuk Struktur Rangka Bergoyang (*Unbraced Frame)*

(*Sumber : Salmon et all, 1992)*

Berdasarkan jenis rangka yang telah dijelaskan, ada beberapa faktor panjang efektif kolom yang mendapatkan pembebanan terpusat dalam berbagai kondisi ideal yang dirangkum dalam tabel berikut :

Tabel 2.5. Faktor Panjang Efektif (k) untuk kolom

Bentuk tekukan pada kolom diperlihatkan pada garis putus-putus						
Nilai K teoritis	0,5	0,7	1,0	1,0	2,0	2,0
Nilai rencana yang dianjurkan untuk kondisi yang sesuai	0,65	0,8	1,0	1,2	2,0	2,1
Kondisi ujung-ujung kolom		Tanpa rotasi dan translasi				
		Rotasi bebas dan tanpa translasi				
		Translasi bebas dan tanpa rotasi				
		Rotasi dan translasi bebas				

(*Sumber : Salmon et all, 1992)*

Analisis Kolom dengan beban sentris dan eksentris

Nawi (1998) menuangkan pikirannya dalam buku Beton Bertulang Suatu Pendekatan Dasar mengenai kekuatan kolom pendek dengan dua jenis beban yaitu beban sentris dan beban eksentris. Kolom pendek merupakan suatu struktur kolom yang runtuh karena material penyusunnya seperti hancurnya beton ataupun lelehnya baja tulangan yang ada didalam kolom. Adapun penjelasan tentang kekuatan kolom dengan bebannya dapat dirincikan sebagai berikut :

a. Analisis kekuatan kolom dengan beban sentris

Kolom dengan beban sentris merupakan kolom yang mengalami gaya aksial tetapi tidak mengalami momen lentur. Hal ini disebabkan beban yang bekerja berada pada titik pusat kolom berdiri. Kapasitas beban sentris maksimum pada kolom dapat diperoleh dengan cara menambahkan kontribusi suatu beton yaitu ($A_g - A_{st}$) 0,85 *f'c* serta kontribusi tulangan baja yaitu A_{st} dan *fy*. Adapun kapasitas beban sentris (P_o) dapat dinyatakan dalam persamaan (2.11) berikut :

$$P_o = 0{,}85\ f'c\ (A_g - A_{st}) + A_{st}\ fy \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ (2.11)$$

Keterangan :
P_o = Kapasitas beban sentris
f'c = Kuat tekan beton
fy = Kuat leleh baja
A_g = Luas bruto total penampang beton
A_{st} = Luas total tulangan baja ($A_s + A'_s$)

Nawi (1998) juga mengatakan bahwa beban eksentrisitas sebesar nol adalah hal yang sangat mustahil dalam suatu struktur aktual karena ada banyak penyebab terjadinya eksentrisitas yaitu ketidaktepatan letak dan ukuran suatu kolom, beban yang tidak simetris akibat perbedaan pelat yang ada disekitar kolom ataupun adanya ketidaksempurnaan komponen bangunan lainya yang mengakibatkan beban bekerja tidak simetris.

Berdasarkan SK SNI T-15-1991-03 mengenai tata cara perhitungan struktur beton untuk bangunan gedung, ada beberapa syarat yang harus diperhatikan (tertera pada pasal 3.3.3 ayat 5 (1-3))) yaitu sebagai berikut :

1. Kuat tekan kolom
   a) Kolom bulat

$$\text{Ø}P_n = 0{,}85\ \text{Ø}\ ((A_g - A_{st})\ 0{,}85\ f'_c) + A_{st}\ f_y \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ (2.12)$$

   b) Kolom sengkang

$$\text{Ø}P_n = 0{,}80\ \text{Ø}\ ((A_g - A_{st})\ 0{,}85\ f'_c) + A_{st}\ f_y \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ (2.13)$$

   c) Dengan syarat

$$\text{Ø}Pn \geq Pu \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ (2.14)$$

2. Kuat tarik kolom

$$ØM_n = Ø\ 0{,}85.f'c.b.a.\left(d - \frac{a}{2}\right) \quad \text{..... (2.15)}$$

Dengan syarat

$$ØMn \geq Mu \quad \text{..... (2.16)}$$

a) Perhitungan tinggi kolom tegangan (a)

$$a^2 + \left\{\frac{(600.As' - As.fy)}{0{,}85.fc'.b}\right\} a - \left\{\frac{600.As'.b.d'}{0{,}85.fc'.b}\right\} = 0 \quad \text{..... (2.17)}$$

b) Perhitungan tinggi garis netral kolom (c)

$$c = \frac{a}{\beta_1} \quad \text{..... (2.18)}$$

3. Faktor reduksi kekuatan (Ø) sesuai SK SNI T-15-1991-03 Pasal 3.2.3 Ayat 2(2) yaitu sebagai berikut :
   a) Kolom bulat : 0,70
   b) Kolom sengkang : 0,65
4. Persyaratan lain untuk detail penulangan kolom bulat dapat dirincikan sesuai SK SNI T-15-1991-03 Pasal 3.3.10 sebagai berikut :
   a) Luas tulangan longitudinal komponen struktur tekan non-komposit tidak boleh kurang dari 0,01 ataupun lebih dari 0,08 kali luas bruto penampang A_g.
   b) Jumlah minimum batang tulangan longitudinal pada komponen struktur tekan adalah 4 untuk batang tulangan didalam sengkang pengikat segi empat atau lingkaran, 3 untuk batang tulangan didalam sengkang pengikat segi tiga dan 6 untuk batang tulangan yang dilingkupi oleh spiral yang memenuhi 12.9(3).
   c) Rasio tulangan spiral ρ_s tidak boleh kurang dari nilai yang diberikan oleh persamaan :

$$\rho_s = 0{,}45\ \left(\frac{Ag}{Ac} - 1\right)\frac{fc\prime}{fy} \quad \text{..... (2.19)}$$

   Dengan *fy* adalah kuat leleh tulangan spiral, tapi tidak boleh diambil dari 400 MPa.

b. Analisis kekuatan kolom dengan beban eksentris

Kolom dengan beban eksentris merupakan kolom yang mengalami gaya aksial dan mengalami momen lentur. Hal ini disebabkan beban yang bekerja tidak berada pada titik pusat kolom berdiri. Menurut Nawi (1998), prinsip-prinsip pada balok tentang distribusi tegangan balok segiempat ekuivalennya dapat diterapkan juga untuk distribusi tegangan pada kolom. Persamaan keseimbangan gaya dan momen yang diterapkan untuk kolom pendek dapat dirincikan sebagai berikut :

$$P_n = C_c + C_s - T_s \quad \text{..... (2.20)}$$

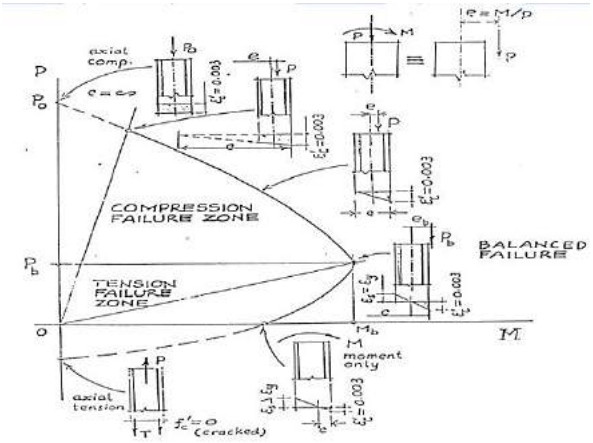
Atau,

$$P_n = 0{,}85\ f'c\ b.a + A'_S.\ f's - A_S.\ fs \quad \text{..... (2.21)}$$

Ada dua jenis metode yang sering digunakan untuk analisis kolom dengan beban eksentris yaitu sebagai berikut :

1. Metode pendekatan diagram P_n-M_n

Metode pendekatan diagram P_n-M_n merupakan sebuah grafik daerah batas yang menjelaskan ragam kombinasi beban aksial serta momen yang masih mampu dipikul oleh kolom secara aman.



Gambar 2.14. Diagram Interaksi P_n-M_n Dari Suatu Penampang Kolom
(Sumber : Johan, 2019)

Berdasarkan **Gambar 2.14.** dapat dilihat bahwa ada tiga kondisi keruntuhan yaitu sebagai berikut :

a) Keruntuhan tekan yang diawali dengan hancurnya beton yang tertekan

Keruntuhan tekan ini memiliki dua keadaan yang dirincikan sebagai berikut :

1) Patah Desak ($fs \leq fy$)

Keadaan patah desak merupakan keadaan momen nominal (Mn) bekerja secara maksimal yang dipengaruhi oleh beban nominal (Pn). Adapun rumus yang digunakan dalam keadaan patah desak yaitu sebagai berikut :

- Jarak tegangan (X)

$$X = 1{,}5 \text{ x } Xb \quad \text{..... (2.22)}$$

- Nilai tinggi tegangan kolom (a)

$$a = 0{,}85 \text{ x } X \quad \text{..... (2.23)}$$

- Tegangan tekan ($f's$)

$$f's = \frac{X - d'}{X} \text{ x } 600 \quad \text{..... (2.24)}$$

- Tegangan tarik (fs)

$$f's = \frac{d - X}{X} \text{ x } 600 \quad \text{..... (2.25)}$$

- Gaya tekan (Cc)

$$Cc = 0{,}85\ f'c \text{ x b x a} \quad \text{..... (2.26)}$$

- Gaya tarik (Ts)

$$Ts = As \times fs \quad \text{..... (2.27)}$$

- Keseimbangan gaya dalam (Cs)

$$Cs = As' \times (f's - 0{,}85 \times f'c) \quad \text{..... (2.28)}$$

- Kuat tekan nominal (Pn)

$$Pn = Cc + Cs - Ts \quad \text{..... (2.29)}$$

- Kuat tarik nominal (Mn)

$$Mn = Cc\left(\frac{h}{2} - \frac{a}{2}\right) + Cs\left(\frac{h}{2} - d'\right) - Ts\left(d - \frac{h}{2}\right) \quad \text{..... (2.30)}$$

2) Keadaan desak aksial (Mn = 0)

Keadaan desak aksial merupakan keadaan dimana nilai beban aksial bekerja secara maksimum dan tidak terjadi momen nominal. Adapun rumus yang digunakan dalam keadaan desak aksial yaitu sebagai berikut :

- Kuat tekan nominal (Mn)

$$Pn = 0.85 \times f`c \times (Ag - Ast) + (Ast \times fy) \quad \text{..... (2.31)}$$

b) Kondisi seimbang (*balanced*)

Keadaan seimbang merupakan keadaan beban nominal bekerja secara maksimal dan momen nominal bekerja secara maksimal. Dengan kata lain, kolom hancur akibat tekan dan hancur akibat tarik. Adapun persamaan yang digunakan untuk menghitung kondisi *balanced* (C_b) dapat dirincikan sebagai berikut :

1) Jarak tegangan pada kolom (*Xb*)

$$Xb = \left(\frac{600}{600 + fy}\right) \times d \quad \text{..... (2.32)}$$

2) nilai tinggi kolom tegangan pada keadaan seimbang (a)

$$a = 0{,}85 \times Xb \quad \text{..... (2.33)}$$

c) Keruntuhan tarik yang diawali dengan lelehnya tulangan yang tertarik

Keruntuhan tarik ini memiliki dua keadaan yang dirincikan sebagai berikut :

1) Keadaan patah tarik (*fs* < *fy*)

Keadaan patah tarik merupakan keadaan momen nominal (Mn) bekerja secara maksimal dan dipengaruhi oleh beban nominal (Pn) yang sangat kecil. Adapun rumus yang digunakan dalam keadaan patah tarik yaitu sebagai berikut :

- Jarak tegangan (X)

$$X = 0{,}5 \times Xb \quad \text{..... (2.34)}$$

- Nilai tinggi kolom tegangan pada keadaan seimbang (a)

$$a = 0{,}5 \times X \quad \text{..... (2.35)}$$

2) Lentur Murni (Pn = 0)

Keadaan lentur murni merupakan keadaan dimana nilai momen nominal bekerja secara maksimum dan tidak terjadi beban nominal. Adapun rumus yang digunakan dalam keadaan patah tarik yaitu sebagai berikut :

- Nilai tinggi kolom tegangan (a)

$$a = \frac{As' \times fy}{0{,}85 \times f'c \times b} \quad \text{..... (2.36)}$$

- Kuat tarik nominal (Mn)

$$Mn = As \times fy \times \left(d - \frac{a}{2}\right) \quad \text{..... (2.37)}$$

2. Metode pendekatan Whitney

Menurut Nawi (1998), ada dua bentuk kolom yang digunakan dalam metode pendekatan Whitney yaitu sebagai berikut :

a) Kolom beton segiempat

Asumsi-asumsi yang digunakan Whitney untuk menganalisis kolom beton segiempat dapat dirincikan sebagai berikut :

1) Pemasangan tulangan dilakukan secara simetris pada satu lapisan yang sejajar dengan sumbu lentur penampang kolom segiempat.
2) Tulangan tekan pada kolom segiempat telah leleh.
3) Luas beton yang tergantikan oleh tulangan tekan dapat diabaikan terhadap luas beton tertekan total. Hal ini menunjukkan bahwa luas beton tertekan tidak perlu dilakukan koreksi.
4) Tinggi balok yang digunakan untuk tegangan ekuivalen diasumsikan sebesar 0,54d, dimana 0,54d setara dengan harga a rata-rata untuk penampang kolom segiempat dalam kondisi *balanced*.
5) Apabila beban rencana (P_u) mempunyai harga yang lebih tinggi dari beban *balanced* (P_{ub}) maka untuk menghitung keruntuhan tekan (P_n) dapat dirincikan sebagai berikut :

$$P_n = \frac{A'_s f_y}{\left[\frac{e}{(d-d')}\right]+0{,}5} + \frac{bhf'_c}{\left(\frac{3he}{d^2}\right)+1{,}18} \quad \text{..... (2.38)}$$

b) Kolom beton bundar (bulat)

Dalam menganalisis kolom beton bulat dapat digunakan asumsi Pendekatan Whitney yang dirincikan sebagai berikut :

1) Transformasi kolom beton bulat menjadi kolom beton segiempat ekuivalen.
2) Tebal penampang kolom beton segiempat ekuivalen (b) = 0,8h

   Lebar penampang kolom beton segiempat ekuivalen (d) $= \frac{\frac{\pi}{4}h^2}{0{,}8h}$

   Keterangan :
   h = Diameter kolom bulat

3) Luas total untuk tulangan kolom beton segiempat ekuivalen pada dua lapis yang sejajar memiliki jarak $\frac{2Ds}{3}$ dalam arah lentur.

Keterangan :
D_s = Diameter tulangan terluar dari As ke As

4) Menghitung luas penampang tulangan baja A_s

$$A_s = A_s' = \frac{1}{2}A_{st} \quad \text{..... (2.39)}$$

5) Menghitung luas total tulangan baja (A_{st})

$$A_{st} = \frac{1}{4} \text{ x } \pi \text{ x } D^2 \text{ x n} \quad \text{..... (2.40)}$$

6) Menghitung luas penampang bruto (A_g)

$$A_g = b \; x \; h \quad \text{..... (2.41)}$$

Keterangan :
D = Diameter tulangan utama pada kolom
A_s' = Luas efektif penampang tulangan baja
A_{st} = Luas total tulangan baja
A_g = Luas penampang bruto

7) Menghitung eksentrisitas kolom (e)

$$e = \frac{Mu}{Pu} \quad \text{..... (2.42)}$$

Keterangan :
e = Nilai Eksentrisitas
M_u = Momen Ultimate (kN.m)
P_u = Beban Ultimate (kN)

Dalam analisis struktur kolom pada Gedung Rektorat yang akan dialih fungsi menjadi Gedung Perpustakaan Universitas Jambi, digunakan analisis kekuatan kolom akibat beban eksentris dengan metode pendekatan Whitney. Metode ini digunakan untuk analisis struktur kolom karena kolom utama yang terpasang di Gedung Rektorat yaitu berbentuk bulat sehingga perlu dilakukan konversi bentuk kolom yaitu dari kolom bulat menjadi kolom segiempat.

2.4 Aplikasi *ETABS*

Kresmon (2020) menjelaskan bahwa Aplikasi *ETABS* merupakan sebuah program analisis struktur yang dikembangkan oleh perusahaan CSI (*Software Computers and Structures, Incorporated*) yang berlokasi di Barkeley, California, Amerika Serikat. Aplikasi *ETABS* secara khusus berfungsi untuk menganalisis lima perencanaan struktur yang terdiri dari :

a. Analisis *frame* baja
b. Analisis *frame* beton
c. Analisis balok komposit
d. Analisis baja rangka batang
e. Analisis dinding geser

Penggunaan aplikasi ini sangat tepat bagi perencana struktur untuk menganalisis struktur yang telah dirancang karena ketepatan dari hasil (*output*) dan memiliki waktu yang efektif dalam melakukan analisis strukturnya. Adapun kelebihan aplikasi *ETABS* yaitu sebagai berikut :

a. Fitur pada aplikasi *ETABS* lebih *simple*, ringan dan cepat untuk dioperasikan (*fast loading*). Hal ini disebabkan karena fitur dan menu yang ada di aplikasi *ETABS* hanya dikhususkan untuk desain gedung saja.
b. Data karakteristik gedung yang akan dilakukan analisis struktur dapat diinput dengan lebih cepat, mudah dan praktis yang meliputi :
   1) Jumlah lantai
   2) Ketinggian antar lantai yang sama
   3) Ketinggian lantai bawah
   4) Penentuan satuan yang akan digunakan

Dalam menganalisa struktur gedung menggunakan aplikasi *ETABS*, ada beberapa langkah yang harus dilakukan yaitu sebagai berikut :

a. Pemodelan struktur kolom dan balok pada aplikasi *ETABS*

   Kolom dan balok ini merupakan komponen utama sehingga dimodelkan sebagai *frame* lengkap beserta dimensi penampang dan ukuran bentang masing-masing sesuai gambar rencana.
b. Penentuan jenis dan mutu bahan

   Penentuan jenis dan mutu bahan terdiri dari dua yaitu dapat dirincikan sebagai berikut :
   1) Mutu beton

      Mutu beton bertulang merupakan kualitas atau kekuatan karakteristik dari beton bertulang yang biasanya ditunjukan dengan satuan angka dan huruf seperti K dan *fc'*. Adapun penjelasan mengenai mutu beton dapat dirincikan sebagai berikut :
      a) Mutu beton K

         Mutu beton K merupakan kuat tekan karakteristik beton untuk per cm^2 dengan benda uji kubus dan umur beton 28 hari. Di Indonesia, mutu beton K yang paling sering digunakan dibandingkan dengan Mutu beton *fc'*. Adapun rumus konversi mutu beton K ke mutu beton *fc'* yaitu :

$$fc' = \frac{K\ (\text{kg/cm}^2)}{10\ \text{kg/cm}^2} \text{ x } 0{,}83 \quad \text{..... (2.43)}$$

         Keterangan :
         1 MPa = 1 N/mm^2= 10 kg/cm^2

b) Mutu beton *fc'*

Mutu beton *fc'* merupakan kuat tekan beton dengan satuan MPa karena menggunakan benda uji silinder dan umur beton 28 hari. Adapun rumus konversi mutu beton *fc'* ke mutu beton K yaitu :

$$K = \frac{fc'(\text{MPa}) \times 10\ \text{kg/cm}^2}{0{,}83} \quad \text{..... (2.44)}$$

Keterangan :
1 MPa = 1 N/mm^2= 10 kg/cm^2

2) Mutu baja

Berdasarkan SNI 2847-2013, tulangan merupakan batang baja berbentuk polos atau ulir yang berfungsi untuk menahan gaya tarik pada komponen stuktur beton. Dalam SNI 2052-2017, baja tulangan beton dapat dibedakan menjadi dua yaitu sebagai berikut :

a) Baja tulangan beton polos (BJTP)

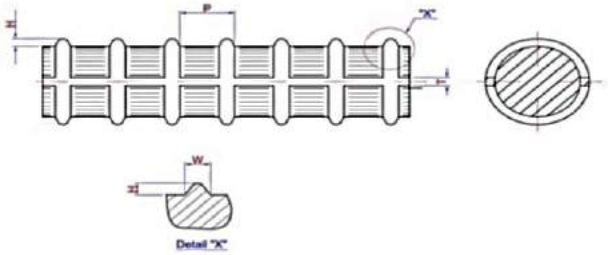
Baja tulangan polos ini biasanya digunakan untuk tulangan geser/begel/sengkang dan mempunyai tegangan leleh (*fy*) minimal sebesar 240 MPa (BJTP-24), dengan ukuran Ø6, Ø8, Ø10, Ø12, Ø14 dan Ø16 (dengan Ø menyatakan symbol diameter polos). Detail baja tulangan beton polos dapat dilihat pada **Gambar 2.15.** berikut :

Gambar 2.15. Baja Tulangan Beton polos (BJTP)
(Sumber : SNI 2052-2017)

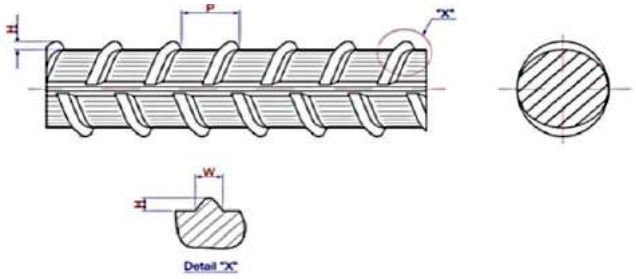
Keterangan :
d = Diameter baja tulangan

b) Baja tulangan beton sirip/ulir (BJTS/BJTD)

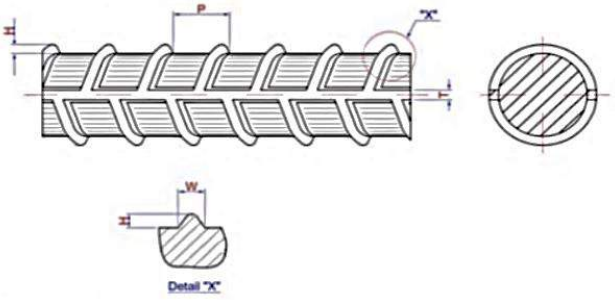
Baja tulangan sirip/ulir ini biasanya digunakan untuk tulangan longitudinal atau tulangan memanjang dan mempunyai tegangan leleh (*fy*) minimal sebesar 300 MPa (BJTS-30/BJTD-30), dengan ukuran D10, D13, D16, D19, D22, D25, D29, D32, dan D36. Detail dari baja tulangan beton sirip/ulir dapat dibedakan menjadi tiga jenis yaitu sesuai gambar berikut :



Gambar 2.16. Baja Tulangan Beton Sirip/Ulir Bambu (BJTS/BJTD)
(Sumber : SNI 2052-2017)



Gambar 2.17. Baja Tulangan Beton Sirip/Ulir Curam (BJTS/BJTD)
(Sumber : SNI 2052-2017)



Gambar 2.18. Baja Tulangan Beton Sirip/Ulir Ikan (BJTS/BJTD)
(Sumber : SNI 2052-2017)

Keterangan :
H = Tinggi sirip/ulir
P = Jarak sirip/ulir melintang
W = Lebar sirip/ulir membujur
T = Lebar rusuk atau celah

c. Penentuan dimensi elemen struktur

Penentuan dimensi elemen struktur ini dilakukan untuk meng-*input* ukuran balok, kolom dan pelat lantai sehingga membentuk *frame* yang lengkap beserta mutu beton dan mutu bajanya.

d. Pembebanan pada struktur

Pembebanan pada struktur disesuaikan dengan fungsi gedung yang akan ditinjau. Beban yang sering dilakukan analisis yaitu beban hidup dan beban mati.

e. Kombinasi pembebanan struktur

Kombinasi pembebanan struktur ini berfungsi untuk mengetahui beban ultimate maksimum (P_{umax}) dan momen ultimate maksimum (M_{umax}) yang akan bekerja pada suatu struktur.

f. Analisa dengan aplikasi *ETABS*

Analisa ini dilakukan untuk melihat hasil dari pemodelan struktur hingga kombinasi beban yang terjadi, apakah struktur masih mampu menahan beban yang bekerja atau mengalami kegagalan struktur.

2.5 Studi Penelitian Terdahulu

Penelitian yang telah dilakukan tentang analisis struktur gedung dengan menggunakan Aplikasi *ETABS* memberikan hasil yang dapat dirincikan sebagai berikut :

Tabel 2.6. Studi Penelitian Terdahulu

No	Deskripsi Penelitian	Hasil Penelitian
1.	Analisis Struktur Bangunan Gedung Sekolah Akibat Penambahan Ruang Kelas Baru (Studi Kasus di SMK Bina Putera Kota Bogor) Penulis : Agung Prabowo dan Muhamad Lutfi (2020) Jurnal Manajemen Aset Infrastruktur & Fasilitas Vol. 4, No. 2, ISSN : 2615-1839	Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui apakah struktur bangunan yang sudah ada dapat menahan beban berupa penambahan lantai ruang kelas baru. Hasil penelitian yang didapatkan yaitu analisis struktur dengan menggunakan aplikasi *ETABS*, elemen struktur mengalami *over strength* (OS) dimana hasil analisis ini ditunjukkan dengan adanya struktur yang berwarna merah sehingga diperlukan penambahan perkuatan dengan dua metode yaitu metode *concrete jacketing* dan metode perkuatan penambahkan profil Baja WF dengan meninjau dari segi keamanan, biaya serta pelaksanaan pekerjaan.
2.	Kapasitas Struktur Kolom Pipih Beton Bertulang Pada Perumahan Villa Anggrek Kota Pekanbaru Penulis : Shanti Wahyuni Megasari et all (2020) Jurnal Infrastruktur Vol. 6, No. 2, ISSN : 2476-9339	Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis kapasitas struktur kolom pipih pada Perumahan Villa Anggrek akibat renovasi pada bangunan struktur dengan penambahan tingkat bangunan sehingga terjadinya perubahan fungsi lantai eksisting. Analisis struktur menggunakan bantuan program *ETABS* v16.2.0, SAFE v16.0.1 dan SP*column* v6.0. Program *ETABS* sangat penting dalam analisis ini karena pemodelan struktur hingga analisis struktur akibat beban yang bekerja dilakukan dengan program ini. Hasil penelitian yang didapat yaitu kapasitas struktur eksisting dan rencana yang menggunakan kolom pipih beton bertulang masih aman dalam menerima kobinasi beban yang bekerja sesuai SNI 2847-2013.

Tabel 2.6. Studi Penelitian Terdahulu (lanjutan)

No	Deskripsi Penelitian	Hasil Penelitian
3.	Tinjauan Kolom Akibat Perubahan Fungsi Ruangan Dengan Perkuatan Struktur Baja Penulis : Kurniawati Florensia Makal, Banu Dwi Handono dan Ronny E. Pandaleke (2020) Jurnal Sipil Statik Vol. 8, No. 4, ISSN : 2337-6732	Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis elemen kolom hingga kolom kritis akibat alih fungsi ruangan rawat inap menjadi ruang arsip. . Hasil penelitian yang didapatkan yaitu analisis struktur dengan menggunakan program ANSYS pada gedung 6 lantai akibat alih fungsi ruangan di lantai 4 terdapat 5 kolom kritis sehingga diperlukan perkuatan dengan struktur baja untuk meminimalisir tegangan pada struktur kolom agar tidak terjadi keruntuhan.
4.	Analisis Kelayakan Kolom Gedung PDAM Kabupaten Hulu Sungai Utara Penulis : Joni Irawan, M. Noor, dan Edy Fahrin (2016) Jurnal INTEKNA Vol. 16, No. 2, ISSN : 1412-5609	Penelitian ini bertujuan menganalisis dan desain terhadap kelayakan kolom lantai 1 karena pembangunan tidak dilanjutkan ke tahap 2. Hasil penelitian yang didapatkan yaitu setelah melakukan *hammer test* didapatkan mutu beton yang sangat baik dan mutu beton tersebut dijadikan dasar untuk menghitung kekuatan kolom. Kolom yang sduah terpasang masih mampu menahan beban yang bekerja sehingga pembangunan tahap 2 dapat dilanjutkan sesuai perencanaan awal.

Setelah mengamati hasil dari penelitian terdahulu maka dapat disimpulkan bahwa Aplikasi *ETABS* sangat membantu dalam meninjau kembali kekuatan struktur jika mengalami perubahan baik itu dari segi fungsi, beban maupun dimensi gedung. Dengan demikian, penulis menggunakan Aplikasi *ETABS* ini untuk meninjau kembali struktur Gedung Rektorat yang mengalami perubahan beban akibat alih fungsi gedung menjadi Gedung Perpustakaan Universitas Jambi.

III. METODOLOGI PENELITIAN

Penelitian terkait analisis struktur kolom akibat rencana alih fungsi Gedung Rektorat menjadi Gedung Perpustakaan Universitas Jambi merupakan penelitian yang dilakukan untuk penyelesaian Tugas Akhir. Penelitian ini tidak terlepas dari perkembangan teknologi karena dalam menganalisis struktur kolom digunakan *Software ETABS Student Version* untuk mempermudah pengolahan data.

3.1 Lokasi dan Waktu Penelitian

Penelitian mengenai Gedung Rektorat yang akan dialih fungsi menjadi Gedung Perpustakaan Universitas Jambi dilakukan sejak bulan November 2020 hingga April 2021. Pada penelitian ini dilakukan peninjauan dimensi komponen struktur dilapangan, pengambilan dokumen gambar rencana dan pelaksanaan *hammer test* untuk mendapatkan mutu beton yang akan dilaksanakan pada bulan April 2021 di Gedung Rektorat, Kampus Pinang Masak Universitas Jambi lebih tepatnya Jl. Raya Jambi – Ma. Bulian KM. 15, Mendalo Darat, Kec. Jambi Luar Kota, Kabupaten Muaro Jambi.

3.2 Peralatan Penelitian

Peralatan yang digunakan untuk mendukung kelancaran pelaksanaan penelitian di Gedung Rektorat Universitas Jambi dapat dirincikan sebagai berikut :

a. Alat uji *hammer*
b. Tangga dan *scaffolding*
c. Meteran
d. Spidol
e. Pena
f. Buku

3.3 Metode Penelitian

Dalam menganalisis struktur kolom pada Gedung Rekotrat yang akan dialih fungsi menjadi Gedung Perpustakaan Universitas Jambi menggunakan metode evaluasi. Pada penelitian ini, metode evaluasi berguna untuk mengetahui reaksi yang terjadi akibat beban yang bekerja sehingga dapat dilakukan pengecekan kekuatan seluruh struktur gedung terutama meninjau kekuatan struktur kolom pada Gedung Rektorat yang akan dialih fungsi menjadi Gedung Perpustakaan dengan cara melakukan pemodelan ulang struktur yang tertera pada gambar rencana, menganalisis beban-beban yang

bekerja mengacu pada Peraturan Pembebanan Indonesia Untuk Gedung tahun 1983, menganalisis kombinasi beban yang bekerja pada gedung mengacu pada SNI 03-1727-1989 tentang Pedoman Perencanaan Pembebanan Untuk Rumah dan Gedung serta melihat hasil analisis apakah struktur kolom masih mampu menahan beban yang bekerja setelah alih fungsi menjadi Gedung Perpustakaan Universitas Jambi.

Metode penelitian ini melalui beberapa tahapan yang dapat dirincikan sebagai berikut :

a. Tahap pengumpulan data

   Tahap pengumpulan data merupakan tahap dimana penulis mengumpulkan data yang akan digunakan untuk menganalisis struktur kolom.

b. Tahap *input*

   Tahap *input* merupakan tahap dimana penulis memodelkan struktur bangunan 3D pada Aplikasi *ETABS Student Version* kemudian memasukkan dimensi, mendefinisikan setiap elemen struktur dan memasukkan beban-beban yang bekerja. Beban yang bekerja hanya beban hidup dan beban mati karena lokasi Gedung Rektorat tepatnya di Kampus Pinang Masak Universitas Jambi masuk ke dalam zona aman gempa dan cuaca tidak terlalu ekstrim.

c. Tahap analisis

   Tahap analisis merupakan tahap dimana penulis memasukkan kombinasi terhadap beban-beban yang bekerja sesuai fungsi gedung, kemudian melakukan analisis pada *Software ETABS Student Version* untuk memperoleh nilai Beban Ultimate (P_u) dan Momen Ultimate (M_u).

d. Tahap *output*

   Tahap *output* merupakan tahapan dimana penulis memperoleh nilai Beban Ultimate (P_u) dan Momen Ultimate (M_u) dari hasil analisis *Software ETABS,* kemudian meninjau apakah Beban Nominal yang direduksikan ($ØP_n$) lebih besar dari Beban Ultimate (P_u) dan Momen Nominal yang direduksikan ($ØM_n$) lebih besar dari Momen Ultimate (M_u).

e. Tahap pengambilan keputusan

   Tahap pengambilan keputusan merupakan tahap dimana penulis menarik kesimpulan yaitu :

   1) Jika Beban Nominal yang direduksikan ($ØP_n$) lebih besar dari Beban Ultimate (P_u) maka Gedung Rektorat dapat dialih fungsi menjadi Gedung Perpustakaan Universitas Jambi.

2) Jika Momen Nominal yang direduksikan ($ØM_n$) lebih besar dari Momen Ultimate (M_u) maka maka Gedung Rektorat dapat dialih fungsi menjadi Gedung Perpustakaan Universitas Jambi.

3.4 Variabel Penelitian

Variabel yang digunakan pada penelitian mengenai Analisis Kekuatan Struktur Kolom Akibat Rencana Alih Fungsi Gedung Rektorat Menjadi Gedung Perpustakaan Universitas Jambi dapat dirincikan sebagai berikut :

a. Luas bangunan

   Luas bangunan merupakan luas keseluruhan dari Gedung Rektorat Universitas Jambi sesuai gambar rencana dan akan dilakukan pengukuran dimensi dilapangan.

b. Fungsi bangunan

   Fungsi awal dari Gedung Rektorat adalah Gedung Perkantoran. Setelah melakukan wawancara bersama Bapak Zukron (Kepala BMN Rektorat Universitas Jambi), didapatkan informasi terkait Gedung Rektorat yang akan dialih fungsi menjadi Gedung Perpustakaan Universitas Jambi. Alih fungsi gedung ini tidak terlepas dari gambar rencana sebagai acuan penggunaan tata ruang perpustakaan kedepannya.

c. Kolom

   Kolom merupakan suatu komponen struktur yang berfungsi memikul beban yang bekerja diatasnya kemudian beban tersebut disalurkan ke pondasi. Bentuk, jumlah dan dimensi dari suatu kolom disesuaikan dengan gambar rencana dan kondisi dilapangan.

d. Balok

   Balok merupakan suatu struktur yang berfungsi untuk memikul beban secara horizontal kemudian beban diteruskan ke struktur kolom. Jenis, jumlah dan dimensi dari suatu balok disesuaikan dengan gambar rencana dan kondisi dilapangan.

e. Tebal pelat lantai

   Pelat lantai merupakan struktur yang terletak tidak diatas tanah dan struktur berbentuk tipis dengan menggunakan tulangan baja yang berfungsi untuk menahan beban yang bekerja tegak lurus bidang struktur gedung. Tebal pelat lantai akan disesuaikan dengan gambar rencana.

f. Mutu tulangan baja

   Mutu tulangan baja merupakan kualitas tulangan baja yang digunakan pada suatu struktur. Dalam sebuah perencanaan gedung maupun evaluasi gedung, nilai kuat leleh minimum harus diketahui. Pada penelitian yang

akan dilakukan, mutu tulangan baja mengacu pada Peraturan Beton Indonesia Tahun 1971 dan gambar rencana.

g. Mutu beton

Mutu beton merupakan kualitas dari beton yang digunakan pada suatu struktur. Pada saat pelaksanaan dilapangan mutu beton dapat dicapai dengan pengujian *slump* dan uji kuat tekan. Sementara itu, pada saat kolom telah terpasang dilapangan dalam kurun waktu yang cukup lama maka dilakukan *hammer test* untuk melihat mutu atau kualitas beton dari suatu struktur gedung yang menggunakan beton. Pada penelitian ini, mutu beton diperoleh dari *hammer test* yang dilakukan dilapangan.

h. Tebal selimut beton

Tebal selimut beton merupakan bagian beton yang terletak dari titik pembesian hingga permukaan beton. Selimut beton berfungsi untuk melindungi tulangan baja agar tidak terjadi korosi. Selimut beton ini memiliki ketebalan tergantung kebutuhan seperti tebal selimut beton untuk kolom, balok dan pelat lantai. Pada penelitian ini, tebal selimut beton diperoleh dari gambar rencana.

3.5 Studi Literatur

Dalam melakukan studi literatur dilakukan kajian secara ilmiah mengenai teori dan penelitian yang berkaitan dengan permasalahan yang ditinjau. Pada penelitian dilakukan pengumpulan data pustaka, mengolah bahan penelitian serta membaca dan mencatat kajian pustaka yang berkaitan dengan analisis kekuatan struktur kolom dengan menggunakan *Software ETABS* terhadap buku-buku, jurnal dan sumber ilmiah lainnya.

3.6 Teknik Pengumpulan Data

Teknik pengumpulan data yang digunakan dalam penelitian ini yaitu sebagai berikut :

a. Metode pengamatan

Pada metode ini, peneliti akan melaksanakan *hammer test* di Gedung Rektorat untuk memperoleh mutu beton yang terpasang dilapangan.

b. Metode wawancara

Pada metode ini, peneliti telah melakukan wawancara dengan bapak Zukron selaku Kepala BMN di Gedung Rektorat sehingga memperoleh informasi terkait alih fungsi dan gambar rencana dari Gedung Rektorat.

c. Metode literatur

Pada metode ini, peneliti melakukan pengumpulan data yang mendukung proses analisis struktur sesuai dengan peraturan-peraturan.

Data yang diperoleh terdiri dari beban hidup, beban mati dan kombinasi beban yang digunakan kemudian disesuaikan dengan fungsi gedung.

Adapun data-data yang digunakan dalam penelitian mengenai Analisis Struktur Kolom Akibat Rencana Alih Fungsi Gedung Rektorat Menjadi Gedung Perpustakaan Universitas Jambi dapat dirincikan sebagai berikut :

a. Data Primer

Data primer yang akan melengkapi data penelitian ini yaitu dilakukan dengan metode pengamatan dilapangan. Adapun data yang akan diamati dilapangan yaitu sebagai berikut :

1) Mutu Beton

Mutu beton didapat dari hasil *hammer test* yang pengujiannya akan dilaksanakan pada bulan April 2021 secara langsung dilapangan.

b. Data Sekunder

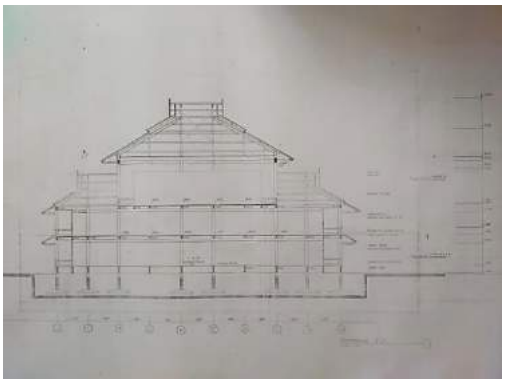
Data sekunder merupakan suatu data yang didapatkan dari pelaksanaan wawancara dan studi literatur, kemudian data tersebut dikumpulkan untuk diolah kembali ke dalam penelitian ini. Data sekunder yang digunakan pada penelitian ini dapat dirincikan sebagai berikut :

1) Beban hidup dan beban mati mengacu pada Peraturan Pembebanan Indonesia Untuk Gedung Tahun 1983.
2) Kombinasi Pembebanan mengacu pada SNI 03-1727-1989 tentang Pedoman Perencanaan Pembebanan Untuk Rumah dan Gedung.
3) Mutu Tulangan Baja mengacu pada Peraturan Beton Bertulang Indonesia Tahun 1971 (PBI 1971).
4) Gambar Rencana

Gambar rencana diperoleh pada bulan Desember 2020 setelah melakukan wawancara secara langsung dengan Bapak Zukron kepala BMN di Gedung Rektorat Universitas Jambi. Hasil wawancara tersebut, diperoleh dokumen gambar rencana.

Berikut ini merupakan kondisi Gedung Rektorat yang akan dialih fungsi menjadi Gedung Perpustakaan Universitas Jambi tertera pada **Gambar 3.1.** dan bentuk kolom yang akan di analisis sesuai gambar rencana dan terpasang dilapangan tertera pada **Gambar 3.2.**

Gambar 3.1. Kondisi Gedung Rektorat Universitas Jambi
(*Sumber : Data Penelitian, 2021*)



Gambar 3.2. Bentuk Kolom Yang Akan Dianalisis
(*Sumber : Gambar Rencana, 2021*)

Teknik pengumpulan data yang telah penulis rincikan dapat dirangkum dalam tabel berikut :

Tabel 3.1. Teknik Pengumpulan Data

No	Jenis Data	Teknik Pengumpulan data	
		Data Primer	Data Sekunder
1.	Luas bangunan	-	Gambar Rencana
2.	Fungsi bangunan	-	Gambar Rencana dan hasil wawancara
3.	Kolom : - Jumlah - Dimensi - Bentuk	-	Gambar Rencana
4.	Balok : - Jumlah - Dimensi	-	Gambar Rencana
5.	Tebal pelat lantai	-	Gambar Rencana
6.	Mutu tulangan baja	-	Gambar Rencana dan PBI 1971
7.	Mutu beton	*Hammer Test*	-
8.	Tebal selimut beton : - Kolom - Balok - Pelat lantai	-	Gambar Rencana
9.	Pembebanan : - Beban hidup - Beban mati	-	Peraturan Pembebanan Indonesia Untuk Gedung Tahun 1983
10.	Kombinasi pembebanan	-	SNI 03-1727-1989

(*Sumber : Data Penelitian, 2021)*

3.7 Pengolahan Data

Dalam pengolahan data, penulis menggunakan *Software ETABS Student Version* untuk menganalisis struktur kolom pada Gedung Rektorat yang akan dialih fungsi menjadi Gedung Perpustakaan Universitas Jambi. Adapun prosedur yang perlu dipersiapkan untuk melakukan analisis struktur kolom yaitu sebagai berikut :

a. Tahapan pertama, penulis melakukan studi literatur terhadap studi kasus yang sama dengan membaca jurnal-jurnal, buku terkait struktur gedung, SNI 03-1727-1989 dan Peraturan Pembebanan Indonesia Untuk Gedung tahun 1983.

b. Penulis melakukan pengumpulan data struktur gedung

   Data-data yang dibutuhkan untuk menganalisa kekuatan penampang kolom lantai 1, lantai 2 dan lantai 3 untuk menahan beban yang bekerja pada Gedung Rektorat yang akan dialih fungsi menjadi Gedung Perpustakaan Universitas Jambi tertera dalam **Tabel 3.1.** mengenai teknik pengumpulan data.

c. Merekap data beban yang bekerja

   Data beban yang digunakan pada analisis Gedung Rektorat yang akan dialih fungsi menjadi Gedung Perpustakaan Universitas Jambi yaitu beban hidup dan beban mati dengan fungsi gedung telah menjadi Gedung Perpustakaan.

Setelah melakukan studi literatur, pengumpulan data dan merekap beban yang bekerja, ada dua cara yang digunakan dalam melakukan pengolahan data untuk analisis struktur kolom yaitu sebagai berikut :

Pengolahan data dengan menggunakan *Software ETABS*

Pengolahan data dengan menggunakan *Software ETABS Student Version* memiliki tiga tahap yaitu sebagai berikut :

a. Tahap *input* data

   Pada tahap *input* data ke dalam *Software ETABS Student Version,* prosedur yang harus dilakukan dapat dirincikan sebagai berikut :

   1) Memilih satuan yang akan digunakan
   2) Memodelkan struktur gedung 3D dengan denah dari gambar rencana dan menyesuaikan dengan kondisi di lapangan.
   3) Meng-*input* dimensi kolom, balok, dan pelat lantai sehingga membentuk *frame* yang lengkap dengan mutu beton dan mutu baja.
   4) Setelah *frame* kolom, balok dan pelat lantai di-*input*, maka *frame* disesuaikan dengan letak yang ada pada gambar rencana dan kondisi dilapangan.

5) Meng-*input* beban hidup dan beban mati ke dalam *Software ETABS Student Version* dengan beban gedung perpustakaan.
6) Kemudian memasukkan kombinasi beban sesuai SNI 03-1727-1989.

b. Tahap analisis

Setelah meng-*input* data yang diperlukan ke dalam *Software ETABS Student Version* maka dapat dilakukan analisis struktur dengan cara :

1) Klik menu *Analyze* pada *Software ETABS Student Version.*
2) Kemudian *Run Analyze* dan tunggu *Software ETABS Student Version* menganalisis strukturnya.
3) Langkah selanjutnya, klik *Design* pada *Software ETABS Student Version,* pilih *concrete frame design,* pilih *start design/check of structure* dan tunggu *Software ETABS Student Version* mengecek kembali beban-beban yang bekerja pada struktur.
4) Didapatlah nilai Beban Ultimate (P_u) dan Momen Ultimate (M_u) dari kombinasi beban yang bekerja.

c. Tahap *output*

Pada tahap ini, hasil dari analisis struktur kolom yang telah dilakukan dengan menggunakan *Software ETABS Student Version* dapat dilihat :

1) Jika penampang kolom mampu menahan beban yang bekerja, *output* dari *Software ETABS Student Version* berwarna hijau yang artinya tidak terjadi *over strength* (OS).
2) Jika penampang kolom tidak mampu menahan beban yang bekerja, *output* dari *Software ETABS Student Version* berwarna merah. Bagian struktur berwarna merah ini memiliki dua kondisi yaitu :
   a) Berwarna merah tetapi masih ada gaya-gaya yang bekerja, artinya struktur tersebut masih mampu menahan beban yang bekerja walaupun dalam keadaan kritis.
   b) Berwarna merah dan muncul lambang OS (*over strength*), artinya struktur sudah tidak mampu menahan beban yang bekerja.

Pengolahan data secara manual

Pengolahan data secara manual memiliki beberapa langkah yaitu sebagai berikut :

a. Konversi kolom bulat menjadi kolom persegi dengan menggunakan pendekatan Whitney.
b. Setelah mendapatkan nilai Beban Ultimate (P_u) dan Momen Ultimate (M_u) dari hasil analisis menggunakan *Software ETABS Student Version*, maka dapat dihitung nilai eksentrisitas kolom (e).
c. Hitung nilai luas bruto penampang kolom (A_g) dan luas tulangan baja (A_{st}).

d. Hitung nilai Beban Nominal yang telah direduksi ($ØP_n$) dan nilai Momen Nominal yang telah direduksi ($ØM_n$).
e. Cek penampang kolom dengan ketentuan
    1) Nilai Beban Nominal yang telah direduksi ($ØP_n$) harus lebih besar dari nilai Beban Ultimate (P_u).
    2) Nilai Momen Nominal yang telah direduksi ($ØM_n$) harus lebih besar dari nilai Momen Ultimate (M_u).
f. Hitung nilai diagram interaksi kolom dalam 5 keadaan yaitu keadaan desak aksial, patah desak, keadaan seimbang, keadaan patah tarik dan keadaan lentur murni. Dengan mengetahui nilai diagram interaksi Pn-Mn maka hubungan antara beban nominal (Pn) dan momen nominal (Mn) terhadap beban-beban yang bekerja dapat diketahui. Adapun nilai yang mempengaruhi hasil Pn-Mn dapat dirincikan sebagai berikut :
    1) Nilai jarak tegangan pada kolom (*Xb*)
    2) Nilai tinggi kolom tegangan (a)
    3) Nilai tegangan tekan pada kolom (*f's*)
    4) Nilai tegangan tarik pada kolom (*fs*)
    5) Nilai gaya tekan (Cc)
    6) Nilai gaya tarik (Ts)
    7) Nilai keseimbangan gaya dalam (Cs)
    8) Nilai kuat tekan nominal (Pn)
    9) Nilai kuat tarik nominal (Mn)

Setelah melakukan pengolahan data, penulis akan menarik kesimpulan apakah struktur kolom masih mampu atau tidak mampu menahan beban yang bekerja pada Gedung Rektorat yang akan dialih fungsi menjadi Gedung Perpustakaan Universitas Jambi dengan melihat hasil analisis dari *Software ETABS Student Version* dan hasil analisis secara manual.

3.8 Rencana Bagan Alir Penelitian

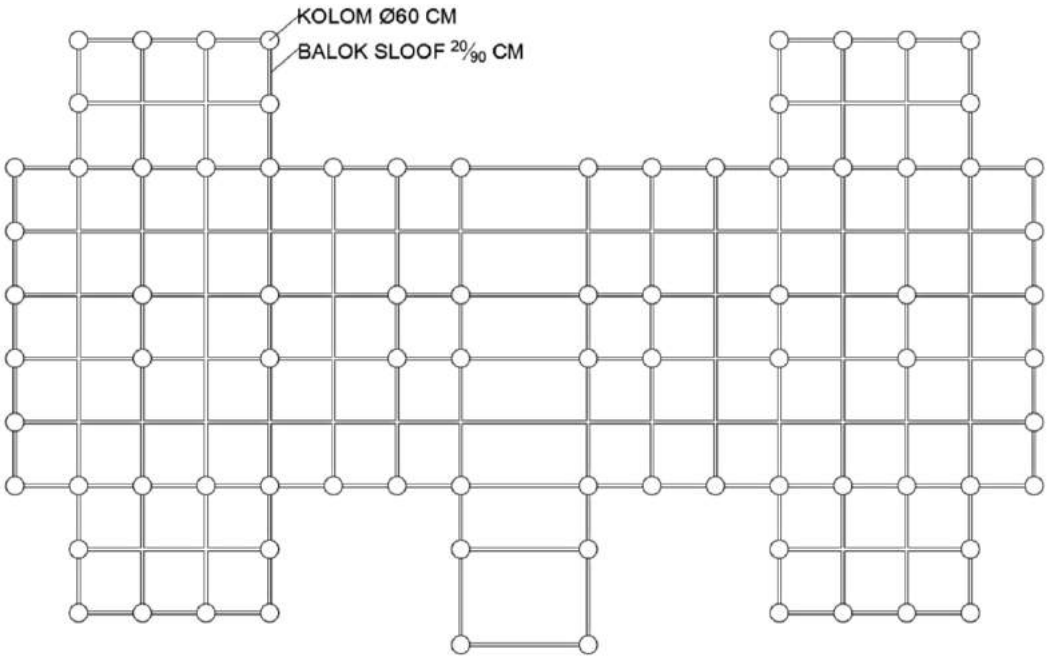
Proses yang akan dilakukan untuk menyelesaikan Tugas Akhir dengan judul Analisis Kekuatan Struktur Kolom Akibat Rencana Alih Fungsi Gedung Rektorat Menjadi Gedung Perpustakaan Universitas Jambi dapat dilihat pada **Lampiran 1.**

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

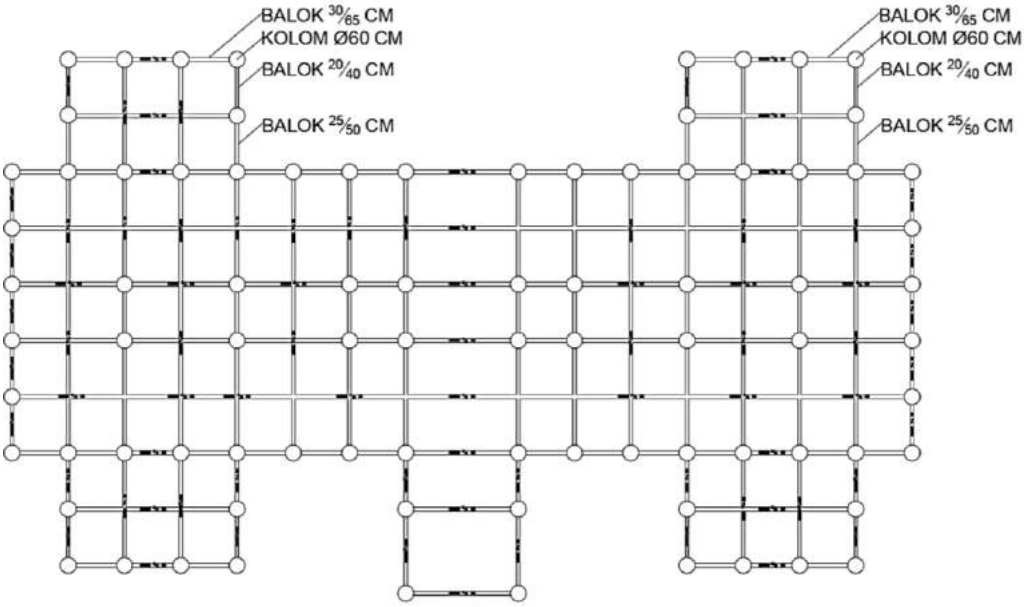
Proses analisa mengenai **"Analisis Kekuatan Struktur Kolom Akibat Rencana Alih Fungsi Gedung Rektorat Menjadi Gedung Perpustakaan Universitas Jambi"** dilakukan analisis terhadap seluruh struktur utama Gedung Rektorat yaitu elemen struktur kolom, balok dan pelat lantai. Khusus pada penelitian ini, hanya meninjau elemen struktur kolom. Untuk elemen struktur lainnya berpengaruh pada beban hidup dan beban mati yang bekerja sesuai dengan fungsi Gedung Rektorat yang dilakukan alih fungsi menjadi Gedung Perpustakaan serta berat sendiri dari elemen struktur kolom, balok dan pelat lantai telah ter-*input* secara otomatis ke dalam *Software ETABS Student Version* pada saat meng-*input* nilai berat jenis beton (ρ_{beton}).

4.1 Denah Kolom

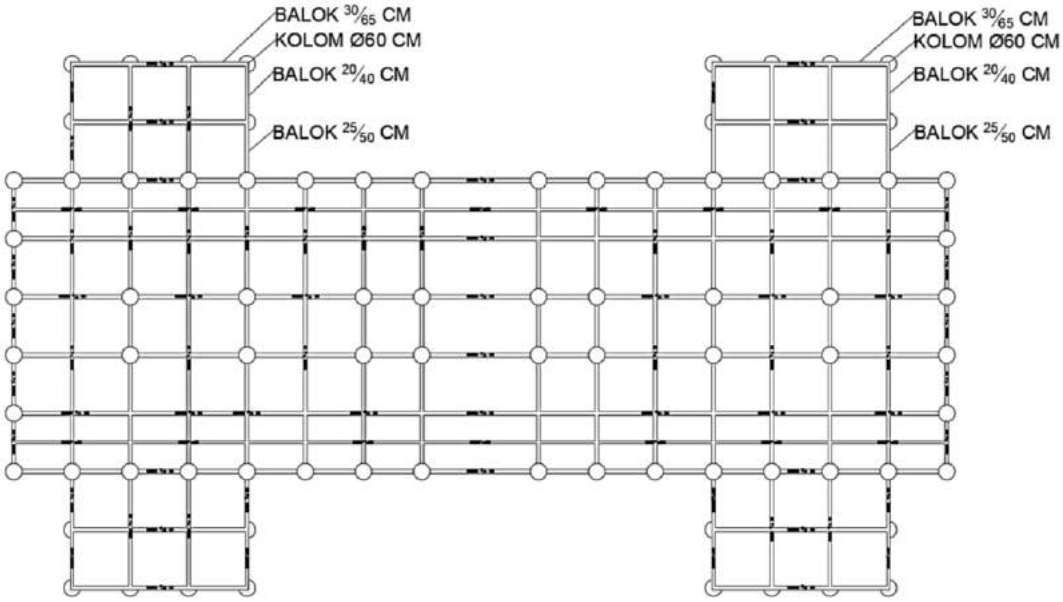
Kolom lantai 1, lantai 2 dan lantai 3 yang akan dilakukan analisis akibat alih fungsi Gedung Rektorat menjadi Gedung Perpustakaan Universitas Jambi tertera dalam denah kolom dapat dilihat pada **Gambar 4.1**, **Gambar 4.2** dan **Gambar 4.3** berikut :



Gambar 4.1. Gambar Denah Titik Perletakan Kolom Lantai 1
(*Sumber : Data Penelitian, 2021)*



Gambar 4.2. Gambar Denah Titik Perletakan Kolom Lantai 2
(*Sumber : Data Penelitian, 2021)*



Gambar 4.3. Gambar Denah Titik Perletakan Kolom Lantai 3
(*Sumber : Data Penelitian, 2021)*

4.2 Data Perhitungan

Data yang dibutuhkan untuk menganalisa kekuatan penampang kolom lantai 1, lantai 2 dan lantai 3 untuk menahan beban-beban yang bekerja pada Gedung Rektorat yang akan dialih fungsi menjadi Gedung Perpustakaan Universitas Jambi dapat dirincikan sebagai berikut :

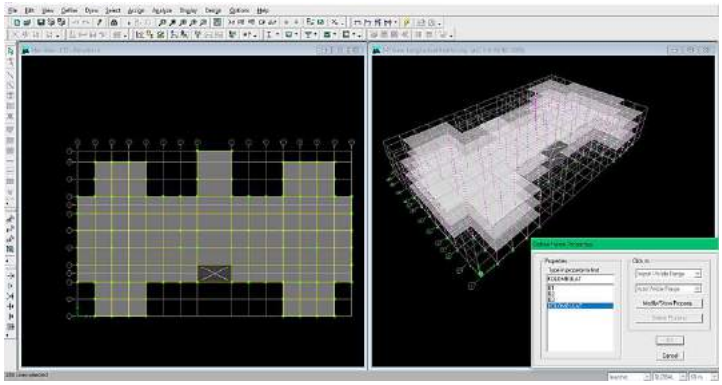
a. Penampang Kolom

Lantai 1 : Ø 600 mm

Lantai 2 : Ø 600 mm

Lantai 3 : Ø 600 mm

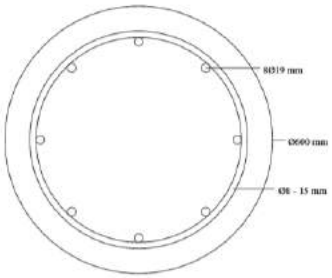
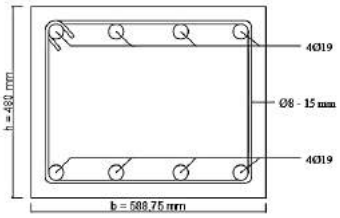
Analisis mengenai penampang kolom bulat dengan diameter 60 cm pada *Software ETABS* terjadi *error* seperti **Gambar 4.4** berikut :



Gambar 4.4. Analisis Kolom Bulat Terjadi *Error* Pada *Software ETABS Student Version*
(*Sumber : Data Penelitian, 2021)*

Akibat terjadi *error* saat analisis menggunakan *Software ETABS Student Version* maka keseluruhan elemen struktur Gedung Rektorat yang akan dilakukan alih fungsi menjadi Gedung Perpustakaan tidak dapat mengeluarkan reaksi yang terjadi sehingga dilakukan transformasi kolom beton bulat menjadi kolom beton segiempat ekuivalen menggunakan pendekatan Whitney tertuang dalam Buku Beton Bertulang (Suatu Pendekatan Dasar) pada subbab 9.6.3 mengenai Kolom Beton Bundar oleh Edward G. Nawy (1998). Transformasi kolom beton ini dilakukan untuk menyederhanakan bentuk kolom agar bisa dilakukan analisis struktur pada *Software ETABS Student Version*. Dimensi dari hasil transformasi kolom dapat dirincikan dalam **Tabel 4.1** sebagai berikut :

Tabel 4.1. Dimensi Kolom

Elemen Struktur	Dimensi Elemen Struktur	
	Sebelum Dikonversi Menjadi Kolom Segiempat	Setelah Dikonversi Menjadi Kolom Segiempat
Kolom Utama		
	Diameter : 600 mm	b : 588,75 mm h : 480 mm

(*Sumber : Data Penelitian, 2021)*

Tebal penampang kolom = 0,8h = 0,8 x 600 mm

= 480 mm

Lebar penampang kolom $= \frac{\frac{\pi}{4}h^2}{0{,}8h}$ $= \frac{\frac{\pi}{4}(600\ mm)^2}{0{,}8\ x\ 600\ mm}$

$$= \frac{282600\ mm^2}{480\ mm}$$

= 588,75 mm

b. Penampang Balok

Tabel 4.2. Penampang Balok Gedung Rektorat

Struktur	Elemen Struktur	Keterangan	
		Panjang (m)	Jumlah (Bh)
Lantai 2	B1 (30 x 65) cm	4,2	44
		8,4	18
		12,6	4
		67,2	2
	B2 (25 x 50) cm	4,2	28
		8,4	24
		21	6
	B3 (20 x 40) cm	4,2	10
Jumlah Balok Lt.2		136 Balok	
Lantai 3	B1 (30 x 65) cm	4,2	44
		8,4	16
		12,6	4
		67,2	2
	B2 (25 x 50) cm	4,2	26
		8,4	24
		21	6
	B3 (20 x 40) cm	4,2	8
		67,2	2
Jumlah Balok Lt.3		132 Balok	
Total		268 Balok	

(*Sumber : Data Penelitian, 2021)*

c. Mutu Beton

Pada penelitian ini, mutu beton diperoleh dari hasil *Hammer Test* yang dilakukan pada bulan April 2021 hingga bulan Mei 2021 di Gedung Rektorat Universitas Jambi. Data yang diperoleh dari hasil *Hammer Test Test* dapat dilihat pada **Lampiran 2** dan Hasil Rekapan angka pantul yang telah dikonversi menjadi Mutu Beton (MPa) dirincikan dalam **Tabel 4.3.** berikut :

Tabel 4.3. Mutu Beton Yang Telah Dikonversi Dari Hasil *Hammer Test*

No	Jenis Struktur	Mutu Beton	
		(R)	(MPa)
1	Kolom Lantai 1	38,4	39,5
2	Kolom Lantai 2	38,4	39,5
3	Kolom Lantai 3	38,3	39,3
4	Balok	38,3	39,3
5	Pelat Lantai	38,3	39,3
Mutu Beton Hasil *Hammer Test*		39,3	

(*Sumber : Data Penelitian, 2021)*

Hammer Test yang telah dilakukan memperoleh mutu beton sebesar 39,3 MPa. Penelitian terkait mutu beton dilakukan secara manual dilapangan sehingga mutu beton yang diperoleh direduksi terlebih dahulu sebelum melakukan analisis menggunakan *Software ETABS Version Student.* Berdasarkan Peraturan Beton Bertulang Indonesia Tahun 1971 tertuang bahwa apabila percobaan mutu beton diperoleh nilai minimum maka

digunakan nilai reduksi sebesar 70% dari nilai mutu beton minimum. Adapun mutu beton yang akan digunakan untuk analisis kekuatan struktur kolom dapat dirincikan sebagai berikut :

Mutu beton ($f'c$) = 39,3 MPa x 70%

= 27,51 MPa

d. Mutu Baja Tulangan

Tulangan utama yang digunakan pada seluruh struktur utama Gedung Rektorat yaitu Baja Ulir dengan diameter 19 mm. Berdasarkan Peraturan Beton Bertulang Indonesia Tahun 1971, mutu baja yang digunakan untuk Baja Tulangan Ulir yaitu 320 MPa dan Baja Tulangan Polos yaitu 220 MPa.

e. Tebal Pelat Lantai

Pada Gedung Rektorat yang akan dialih fungsi menjadi Gedung Perpustakaan Universitas Jambi memiliki tebal pelat lantai sebesar 10 cm.

f. Tebal Selimut Beton

Tebal selimut beton diperoleh dari gambar rencana dan disesuaikan dengan SNI 03-2847-2002 tentang Tata Cara Perhitungan Struktur Beton Pasal 9.7 ayat 1 (c) disebutkan bahwa tebal selimut beton untuk pelat lantai, balok dan kolom sebesar 40 mm.

g. Fungsi Gedung

Sebelum Dialih Fungsi = Gedung Rektorat (Perkantoran)

Akan Dialih Fungsi = Gedung Perpustakaan

h. Modulus Elastisitas $= 4700\sqrt{f'c}$

$= 4700\sqrt{27{,}51\ \text{MPa}}$

= 24.651,488 MPa

4.3 Perhitungan Beban Mati dan Beban Hidup

Perhitungan beban-beban yang bekerja pada kolom lantai 1, lantai 2 dan lantai 3 harus dilakukan analisis struktur dengan bantuan *Software ETABS Version Student.* Beban-beban yang bekerja pada struktur Gedung Rektorat yang akan dialih fungsi menjadi Gedung Perpustakaan Universitas Jambi dapat dirincikan sebagai berikut :

Beban Mati

Beban mati yang bekerja pada Gedung Rektorat yang akan dialih fungsi menjadi Gedung Perpustakaan Universitas Jambi mengacu pada Peraturan Pembebanan Indonesia Untuk Gedung Tahung 1983 (PPIUG 1983) yang tertuang kedalam **Tabel 2.3** mengenai berat sendiri bahan bangunan dan **Tabel 2.4** mengenai komponen gedung. Beban mati yang bekerja pada gedung ini dapat dirincikan sebagai berikut :

ρ_{beton} = 2400 kg/m^3

Berat sendiri dari elemen struktur kolom, balok dan pelat lantai telah ter-*input* secara otomatis ketika memasukkan nilai berat jenis beton (ρ_{beton}) pada *Software ETABS Student Version.*

Analisis beban mati :

a. Beban Lantai 2

Beban luasan pada pelat lantai 2 (tebal = 10 cm)			
Berat sendiri pelat	= 0,1 x 2400	= 240	kg/m^2
Keramik (Tebal 0,5 cm)	= 0,5 x 24	= 12	kg/m^2
Spesi (Tebal 2 cm)	= 2,0 x 21	= 42	kg/m^2
Plafond/penggantung		= 18	kg/m^2
Jumlah		= 312	kg/m^2
Berat Dinding			
Pasangan ½ bata		= 250	kg/m^2
Plesteran (tebal 1 cm)		= 21	kg/m^2
Jumlah		= 271	kg/m^2

b. Beban Lantai 3

Beban luasan pada pelat lantai 2 (tebal = 10 cm)			
Berat sendiri pelat	= 0,1 x 2400	= 240	kg/m^2
Keramik (Tebal 0,5 cm)	= 0,5 x 24	= 12	kg/m^2
Spesi (Tebal 2 cm)	= 2,0 x 21	= 42	kg/m^2
Plafond/penggantung		= 18	kg/m^2
Jumlah		= 312	kg/m^2
Berat Dinding			
Pasangan ½ bata		= 250	kg/m^2
Plesteran (tebal 1 cm)		= 21	kg/m^2
Jumlah		= 271	kg/m^2

c. Berat Atap

Berat Sendiri Atap	= 50	kg/m^2
Plafond/penggantung	= 18	kg/m^2
Genangan Air	= 10	kg/m^2
Jumlah	= 78	kg/m^2

d. Total beban mati yang bekerja

Beban Lantai 2	= 583	kg/m^2
Beban Lantai 3	= 583	kg/m^2
Beban Atap	= 78	kg/m^2
Jumlah	= 1244	kg/m^2

Beban Hidup

Berdasarkan fungsi Gedung Rektorat yang akan dialih fungsi menjadi Gedung Perpustakaan Universitas Jambi mengacu pada Peraturan Pembebanan Indonesia Untuk Gedung Tahung 1983 (PPIUG 1983) yang tertuang kedalam **Tabel 2.3** mengenai berat sendiri bahan bangunan dan **Tabel 2.4** mengenai komponen gedung. Beban hidup yang bekerja pada gedung ini dapat dilihat pada **Tabel 4.4.** berikut :

Tabel 4.4. Beban Hidup Yang Bekerja Pada Gedung Perpustakaan Universitas Jambi

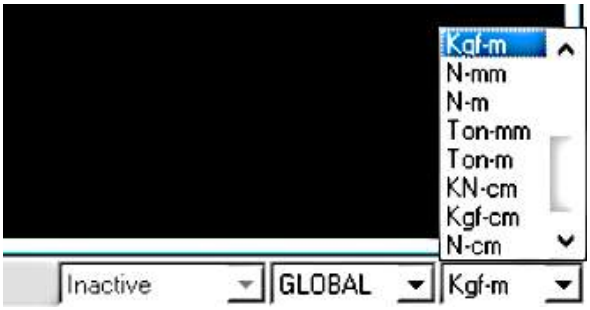
Fungsi Struktur	Beban Fungsi Struktur (Kg/m^2)	Koefisien Reduksi	Beban Fungsi Struktur Yang Digunakan (Kg/m^2)
Perpustakaan	400	0,8	320
Atap	100	-	

(*Sumber : PPIUG, 1983)*

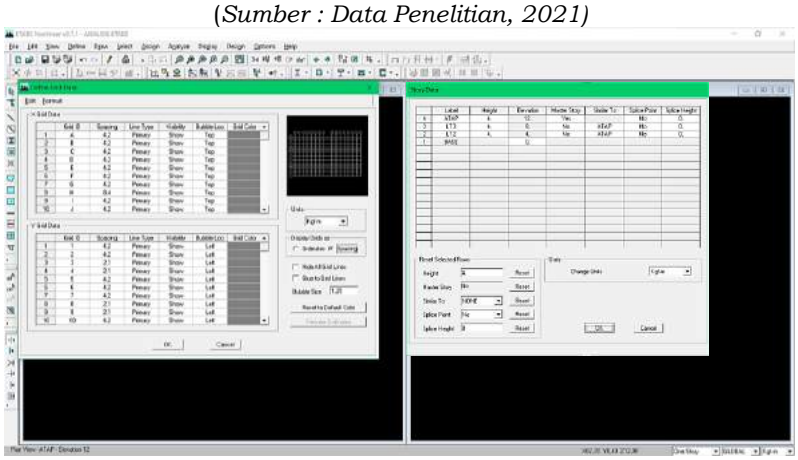
4.4 Tahapan Perhitungan Beban Ultimate (P_u) dan Momen Ultimate (M_u)

Analisis struktur menggunakan *Software ETABS Student Version* berguna untuk memperoleh beban ultimate (P_u) dan momen ultimate (M_u). Tahapan yang dilakukan untuk menganalisis struktur kolom dapat dirincikan sebagai berikut :

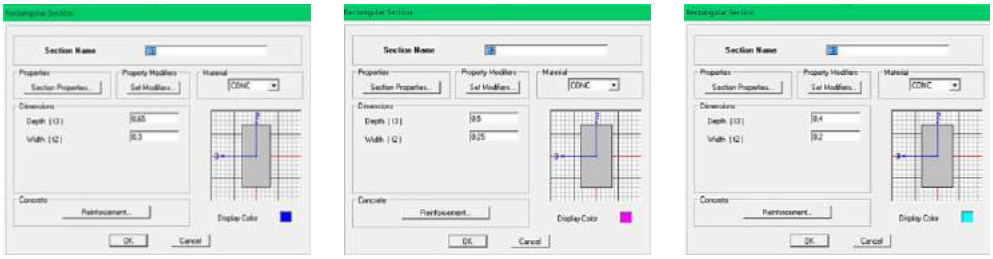
Tahap *Input Data*



Gambar 4.5. Memilih Satuan Yang Digunakan
(*Sumber : Data Penelitian, 2021)*

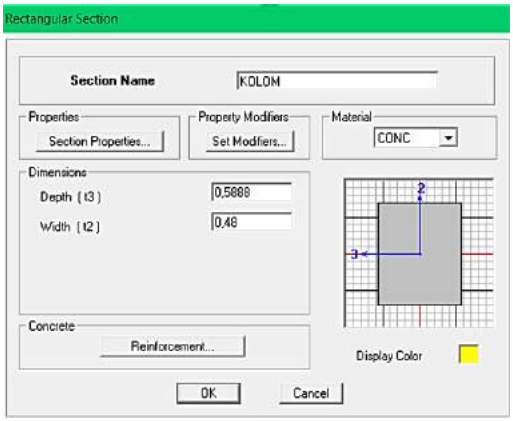


Gambar 4.6. Memodelkan Struktur Gedung 3D
(*Sumber : Data Penelitian, 2021)*

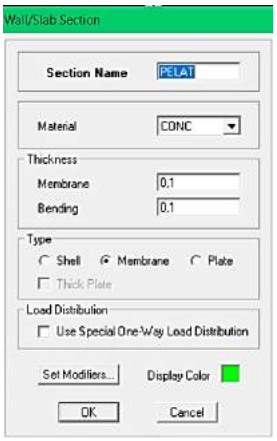


a) Balok B1 b) Balok B2 c) Balok B3

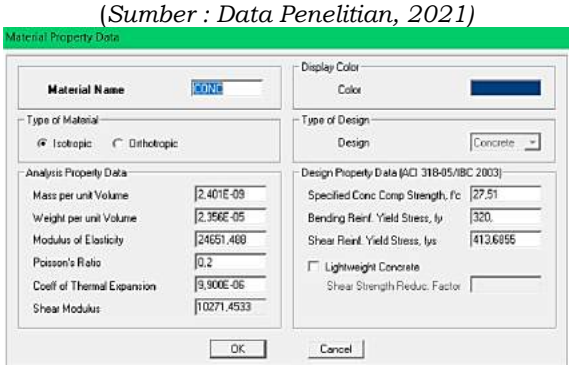
Gambar 4.7. Meng-*input* Dimensi Balok
(*Sumber : Data Penelitian, 2021)*



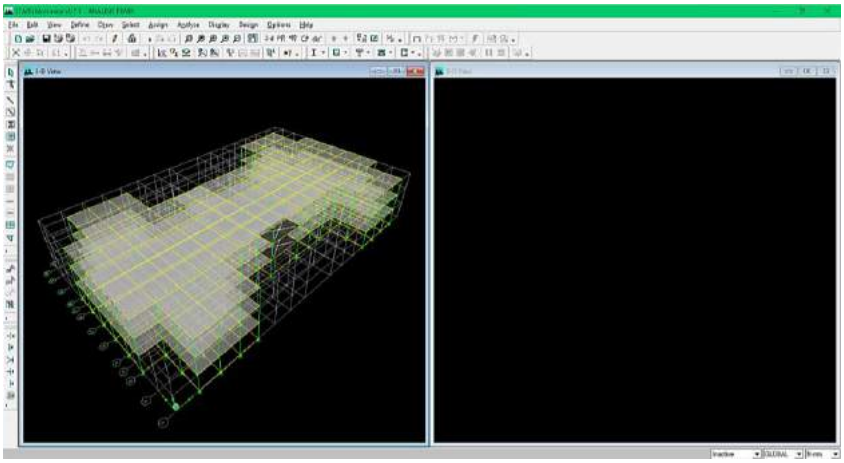
Gambar 4.8. Meng-*input* Dimensi Kolom
(*Sumber : Data Penelitian, 2021)*



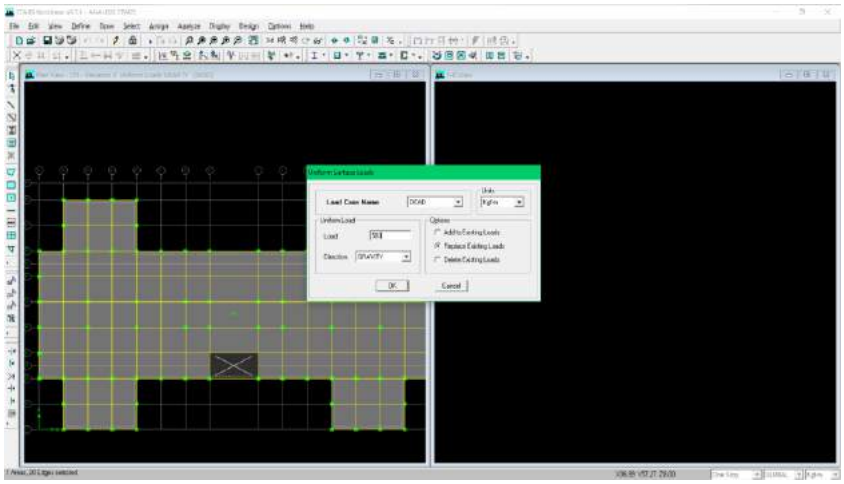
Gambar 4.9. Meng-*input* Tebal Pelat Lantai
(*Sumber : Data Penelitian, 2021)*



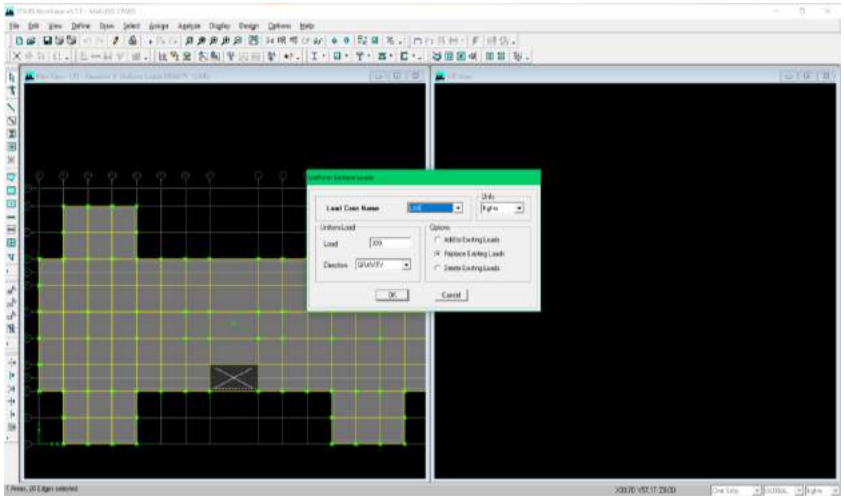
Gambar 4.10. Meng-*input* Mutu Baja dan Mutu Beton
(*Sumber : Data Penelitian, 2021)*



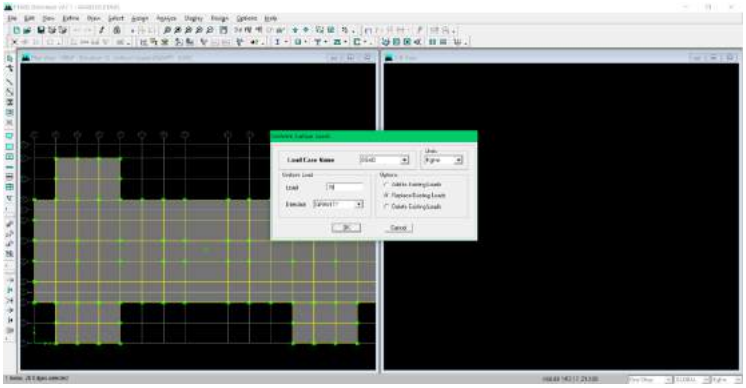
Gambar 4.11. Struktur 3D
(*Sumber : Data Penelitian, 2021)*



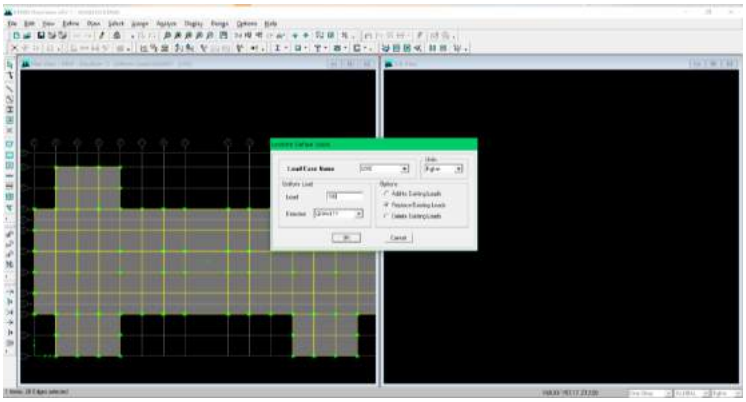
Gambar 4.12. Meng-*input* Beban Mati Pada Lantai 2 dan Lantai 3
(*Sumber : Data Penelitian, 2021)*



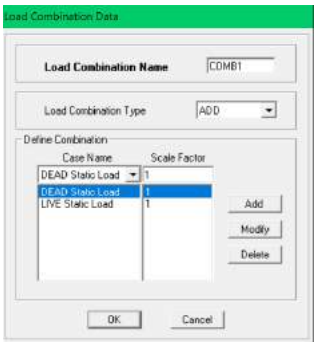
Gambar 4.13. Meng-*input* Beban Hidup Pada Lantai 2 dan Lantai 3
(*Sumber : Data Penelitian, 2021)*



Gambar 4.14. Meng-*input* Beban Mati Pada Atap
(*Sumber : Data Penelitian, 2021)*

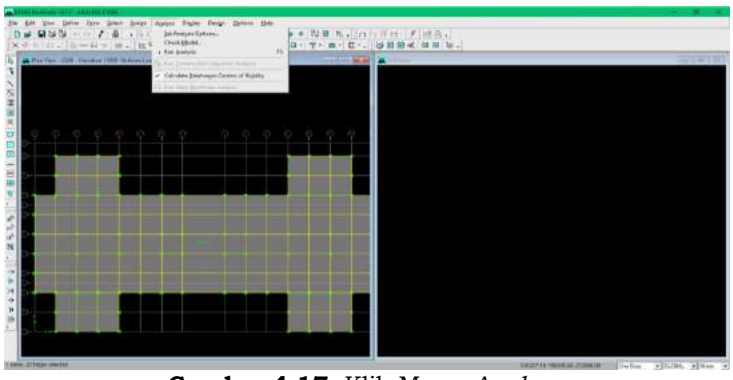


Gambar 4.15. Meng-*input* Beban Hidup Pada Atap
(*Sumber : Data Penelitian, 2021)*

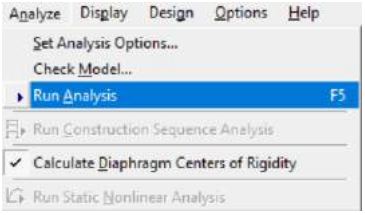


Gambar 4.16. Meng-*input* Kombinasi Pembebanan
(*Sumber : Data Penelitian, 2021)*

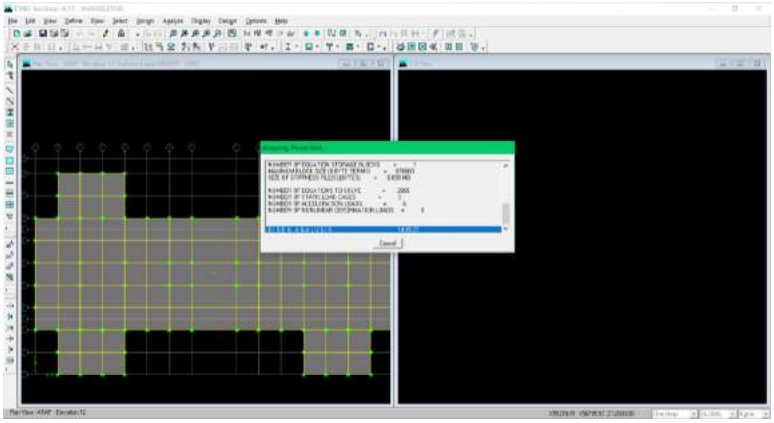
Tahap Analisis



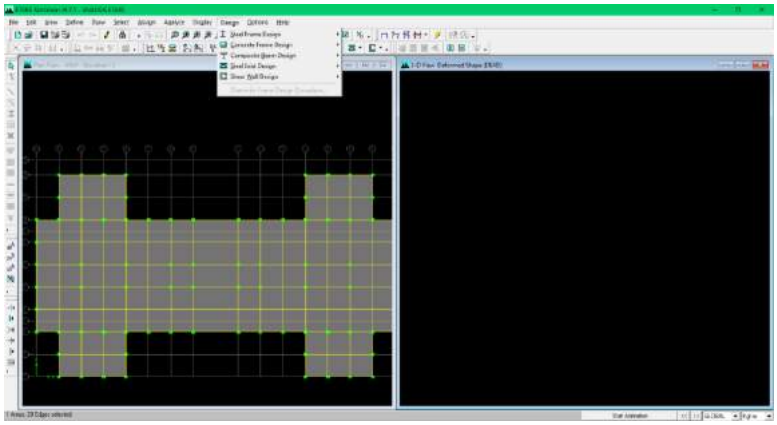
Gambar 4.17. Klik Menu *Analyze*
(*Sumber : Data Penelitian, 2021)*



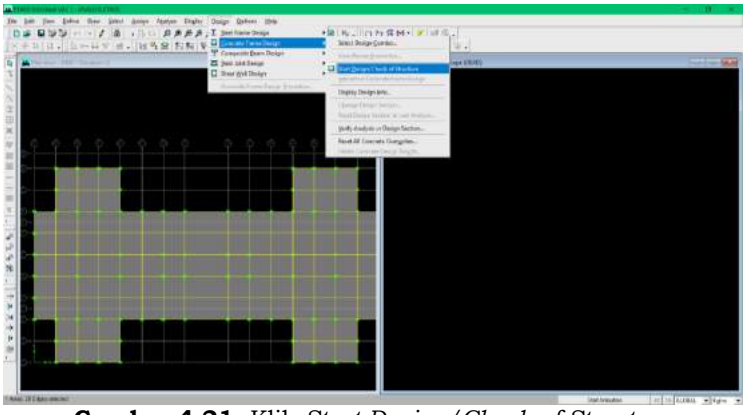
Gambar 4.18. Klik *Run Analysis*
(*Sumber : Data Penelitian, 2021)*



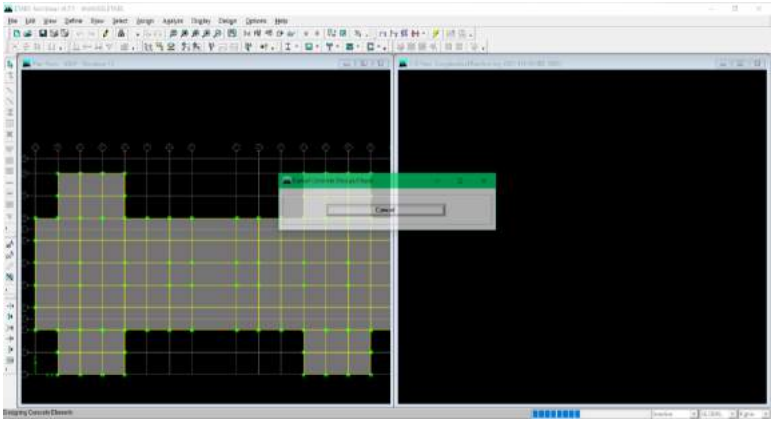
Gambar 4.19. *Software ETABS* Sedang Menganalisis Struktur
(*Sumber : Data Penelitian, 2021)*



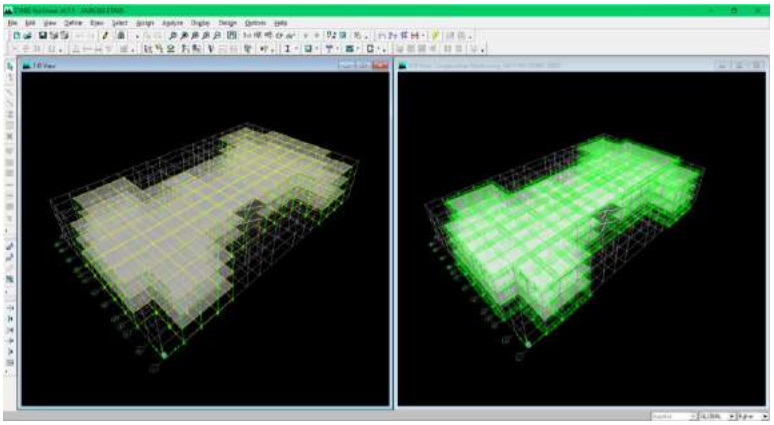
Gambar 4.20. Klik Menu *Design*
(*Sumber : Data Penelitian, 2021)*



Gambar 4.21. Klik *Start Design/Check of Structure*
(*Sumber : Data Penelitian, 2021)*



Gambar 4.22. *Software ETABS* Sedang Mengecek Struktur
(*Sumber : Data Penelitian, 2021)*



Gambar 4.23. *Software ETABS* Telah Selesai Mengecek Struktur
(*Sumber : Data Penelitian, 2021)*

Setelah melakukan analisis struktur kolom dengan *Software ETABS Student Version* maka didapatkan nilai beban ultimate (P_u) dan momen ultimate (M_u) untuk kolom lantai 1, lantai 2 dan lantai 3 yang tertuang pada **Lampiran 3**. Nilai beban ultimate (P_u) dan momen ultimate (M_u) yang digunakan untuk mengecek penampang kolom dapat dirincikan sebagai berikut :

Beban Ultimate Maksimum ($P_{u\ max}$) = - 1744,47 kN

Momen Ultimate Maksimum ($M_{u\ max}$) = + 206,652 kN.m

Keterangan :
(-) : Gaya bekerja kearah kiri
(+) : Gaya bekerja kearah kanan

4.5 Perhitungan Kekuatan Penampang Kolom

Perhitungan kekuatan penampang yang dilakukan hanya untuk kolom utama saja. Adapun analisis perhitungan mengenai kapasitas penampangnya dapat dirincikan sebagai berikut :

Diketahui :

Tulangan utama = 8 D 19

Diameter tulangan (D) = 19 mm

Jumlah tulangan (n) = 8 buah

f'c = 27,51 MPa

f'y = 320 MPa

Selimut beton (d') = 40 mm

Tinggi Efektif Kolom (d) = h – d'

= 480 mm – 40 mm

= 440 mm

Luas bruto (Ag) = b x h

= 588,75 mm x 480 mm

= 282600 mm^2

Luas tulangan baja (Ast) = $\frac{1}{4}$ x π x D^2 x n

= $\frac{1}{4}$ x π x 19^2 x 8

= 2268,229 mm^2

Luas Tulangan Tarik (As) = Luas Tulangan Tekan (As')

= $\frac{A_{st}}{2}$

= $\frac{2268,229}{2}$

= 1134,1145 mm^2

Beban Ultimate (P_u) = 1744,47 kN

Momen Ultimate (M_u) = 206,652 kN.m

Penyelesaian :

a. Pemeriksaan eksentrisitas kolom

e = $\frac{Mu}{Pu}$

= $\frac{206,652\ KN.m}{1744,47\ KN}$

= 0,118 m

b. Cek kekuatan penampang kolom

Berdasarkan SK SNI T-15-1991-03 mengenai tata cara perhitungan struktur beton untuk bangunan gedung, ketentuan yang digunakan tertuang ke dalam **Persamaan 2.13.**

Diketahui :

1. Cek kuat tekan kolom

$ØP_{n\ max}$ ≥ Pu

$ØP_{n\ max}$ = 0,80 Ø ((A_g – A_{st}) 0,85 f'_c) + A_{st} f_y

2. Cek kuat tarik kolom

$\emptyset M_{n\ max}$ ≥ Mu

$\emptyset M_{n\ max}$ = Ø (0,85.$f'c.b.a.\left(d-\frac{a}{2}\right)$)

Dengan nilai faktor reduksi kekuatan kolom sengkang (Ø) sebesar 0,65.

Penyelesaian :

1. Cek kuat tekan kolom

$\emptyset P_{n\ max}$ = 0,80 Ø (($A_g - A_{st}$) 0,85 f'_c) + $A_{st}\ f_y$

= 0,80x0,65x((282600–2268,229)0,85x27.51)+(2268,229x320))

= 3786105,049 N

= 3786,105 kN

Cek syarat penampang kolom

$\emptyset P_{n\ max}$ ≥ Pu

3786,105 kN ≥ 1744,47 kN ..... Oke!

2. Cek kuat tarik kolom

a) Menghitung nilai tinggi kolom tegangan (a)

$a^2 + \left\{\frac{(600.As'-As.fy)}{0,85.fc'.b}\right\}a - \left\{\frac{600.As'.b.d'}{0,85.fc'.b}\right\} = 0$

$a^2 + \left\{\frac{(600x1134,1145-1134,1145x320)}{0,85x27,51x588,75}\right\}a - \left\{\frac{600.x1134,1145x588,75x40}{0,85x27,51x588,75}\right\} = 0$

Sehingga didapatkan nilai a_1 = 57,775 mm

b) Menghitung momen nominal maksimum

$\emptyset M_{n\ max}$ = Ø (0,85.$f'c.b.a.\left(d-\frac{a}{2}\right)$)

= 0,65x(0,85 x 27,51 x 588,75 x 57,775 x $\left(440-\frac{57,775}{2}\right)$)

= 212546730,5 N.mm

= 212,546 kN.m

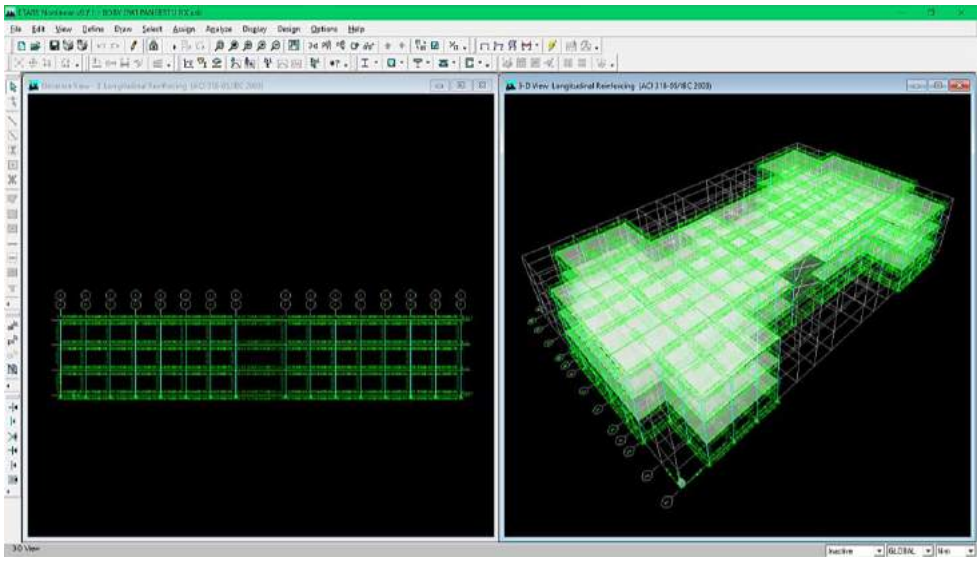
Cek syarat penampang kolom

$\emptyset M_{n\ max}$ ≥ Mu

212,546 kN.m ≥ 206,652 kN.m..... Oke!

Dari hasil analisa penampang kolom dapat disimpulkan bahwa setelah dilakukan alih fungsi Gedung Rektorat menjadi Gedung Perpustakaan, kolom utama masih mampu menahan beban-beban yang bekerja secara maksimal dengan penambahan beban yang bekerja sebesar 150 kg/m^2. Hal ini dibuktikan dengan melihat hasil analisis penampang kolom telah memenuhi persyaratan cek kekuatan penampang kolom yaitu hasil cek kuat tekan kolom diperoleh nilai beban yang mampu ditahan oleh struktur kolom dan telah direduksi (ØPn) yaitu 3786,105 kN lebih besar dari beban yang bekerja pada struktur kolom (Pu) yaitu 1744,47 kN serta hasil cek kuat tarik kolom diperoleh nilai momen yang mampu ditahan oleh struktur kolom dan telah direduksi (ØMn) yaitu

212,546 kN.m lebih besar dari momen yang bekerja pada struktur kolom (Mu) yaitu 206,652 kN.m. Dengan demikian, hasil akhir cek kuat tekan, cek kuat tarik dan hasil analisis kekuatan struktur kolom utama dengan bantuan *Software ETABS Student Version* menunjukkan struktur kolom berwarna hijau (dapat dilihat pada **Gambar 4.24**) yang artinya kekuatan struktur kolom masih mampu menahan beban yang bekerja serta momen yang terjadi pada kolom kemudian disalurkan ke struktur bawah (pondasi).



Gambar 4.24 Hasil Akhir Analisis Kekuatan Struktur Kolom Utama
(*Sumber : Data Penelitian, 2021)*

4.6 Perhitungan Diagram Interaksi Kolom

Perhitungan diagram interaksi kolom ini menjelaskan hubungan antara beban nominal (Pn) dan momen nominal (Mn) yang dirincikan sebagai berikut :

a. Keadaan desak aksial (Mn = 0)

Perhitungan kolom dalam keadaan desak aksial dapat dirincikan sebagai berikut :

Pn = 0.85 x *f`c* x (Ag-Ast) + (Ast x *fy*)
= 0,85 x 27,51 x (282600 - 2268,229) + (2268,229 x 320)
= 7280971,247 N
= 7280,971 kN.m

b. Keadaan patah desak (*fs* ≤ *fy*)

Perhitungan kolom dalam keadaan patah desak dapat dirincikan sebagai berikut :

1) Menghitung jarak tegangan (X)

X = 1,5 x *Xb*
= 1,5 x 286,956 mm
= 430,434 mm

2) Menghitung nilai tinggi kolom tegangan pada keadaan seimbang (a)

a = 0,85 x X

= 0,85 x 430,434

= 365,868 mm

3) Menghitung tegangan tekan (f's)

f's = $\frac{X-d'}{X}$ x 600

= $\frac{430,434-40}{430,434}$ x 600

= 544,242 MPa

f's > fy

544,242 Mpa > 320 MPa

Dikarenakan $f's > fy$ maka nilai yang digunakan sebesar 320 MPa.

4) Menghitung tegangan tarik pada kolom (fs)

fs = $\frac{d-X}{X}$ x 600

= $\frac{440-430,434}{430,434}$ x 600

= 13,334 MPa

fs ≤ fy

13,334 MPa ≤ 320 MPa ..... Oke!

5) Menghitung gaya tekan (Cc)

Cc = 0,85 $f'c$ x b x a

= 0,85 x 27,51 x 558,75 x 365,868

= 4780259,559 N

6) Menghitung gaya tarik (Ts)

Ts = As x fs

= 1134,1145 x 13,334

= 15122,282 N

7) Menghitung keseimbangan gaya dalam(Cs)

Cs = As′x ($f's - 0,85$ x $f'c$)

= 1134,1145 x (320 – 0,85 x 27,51)

= 336397,0736 N

8) Menghitung kuat tekan nominal (Pn)

Pn = Cc + Cs - Ts

= 4780259,559 + 336397,0736 - 15122,282

= 5101534,351 N

= 5101,534 kN

9) Menghitung kuat tarik nominal (Mn)

Mn = Cc($\frac{h}{2} - \frac{a}{2}$) + Cs ($\frac{h}{2} - d'$) – Ts ($d - \frac{h}{2}$)

$= 4780259{,}559(\frac{480}{2} - \frac{365{,}868}{2}) + 336397{,}0736(\frac{480}{2} - 40) - 15122{,}282\ (440 - \frac{480}{2})$

$= 337045250{,}3$ N.mm

$= 337{,}045$ kN.m

10) Menghitung eksentrisitas (e)

e $= \frac{Mn}{Pn}$

$= \frac{337{,}045 \text{ kN.m}}{5101{,}534 \text{ kN}}$

$= 0{,}066$ m

c. Keadaan seimbang (*fs* = *fy*)

Perhitungan kolom dalam keadaan seimbang dapat dirincikan sebagai berikut :

1) Menghitung jarak tegangan pada kolom (Xb)

$Xb = (\frac{600}{600+fy})$ x d

$= (\frac{600}{600+320})$ x 440

$= 286{,}956$ mm

2) Menghitung nilai tinggi kolom tegangan pada keadaan seimbang (a)

a $= 0{,}85$ x Xb

$= 0{,}85$ x $286{,}956$

$= 243{,}912$ mm

3) Menghitung tegangan tekan pada kolom (*f'*s)

$f's = \frac{Xb-d'}{Xb}$ x 600

$= \frac{286{,}956-40}{286{,}956}$ x 600

$= 516{,}363$ MPa

$f's > fy$

516,363 Mpa > 320 MPa

4) Menghitung tegangan tarik pada kolom (*fs*)

$fs = \frac{d-Xb}{Xb}$ x 600

$= \frac{440-286{,}956}{286{,}956}$ x 600

$= 320{,}001$ MPa

$fs \geq fy$

320,001 Mpa ≥ 320 MPa

Dikarenakan *f'*s > *fy* dan *fs* > *fy* maka nilai yang digunakan sebesar 320 MPa.

5) Menghitung gaya tekan (Cc)

Cc $= 0{,}85\ f'c$ x b x a

$= 0{,}85$ x $27{,}51$ x $558{,}75$ x $243{,}912$

= 3186839,706 N

6) Menghitung gaya tarik (Ts)

Ts = As x fs

= 1134,1145 x 320

= 362916,64 N

7) Menghitung keseimbangan gaya dalam(Cs)

Cs = As′x ($f's - 0{,}85$ x $f'c$)

= 1134,1145 x (320 – 0,85 x 27,51)

= 336397,0736 N

8) Menghitung kuat tekan nominal (Pn)

Pn = Cc + Cs - Ts

= 3186839,706 + 336397,0736 - 362916,64

= 3160320,14 N

= 3160,320 kN

9) Menghitung kuat tarik nominal (Mn)

Mn = Cc($\frac{h}{2} - \frac{a}{2}$) + Cs ($\frac{h}{2} - d'$) – Ts ($d - \frac{h}{2}$)

=3186839,706($\frac{480}{2} - \frac{243{,}912}{2}$)+ 336397,0736 ($\frac{480}{2} - 40$)– 362916,64 ($440 - \frac{480}{2}$)

= 370883393 N.mm

= 370,883 kN.m

10) Menghitung eksentrisitas (e)

e = $\frac{Mn}{Pn}$

= $\frac{370{,}883 \text{ kN.m}}{3160{,}320 \text{ kN}}$

= 0,117 m

d. Keadaan patah tarik ($fs < fy$)

Perhitungan kolom dalam keadaan patah tarik dapat dirincikan sebagai berikut :

1) Menghitung jarak tegangan (X)

X = 0,5 x Xb

= 0,5 x 286,956 mm

= 143,478 mm

2) Menghitung nilai tinggi kolom tegangan pada keadaan seimbang (a)

a = 0,5 x X

= 0,5 x 143,478

= 71,739 mm

2) Menghitung tegangan tekan (f's)

$f's$ = $\frac{X - d'}{X}$ x 600

$= \frac{143{,}478 - 40}{143{,}478}$ x 600

= 432,726 MPa

f's > fy

432,726 Mpa > 320 MPa ..... Oke!

3) Menghitung tegangan tarik pada kolom (fs)

$fs = \frac{d-X}{X}$ x 600

$= \frac{440-143{,}478}{143{,}478}$ x 600

= 1240,003 MPa

fs > fy

1240,003 MPa > 320 MPa

Dikarenakan f's > fy dan fs > fy maka nilai yang digunakan sebesar 320 MPa.

4) Menghitung gaya tekan (Cc)

Cc = 0,85 $f'c$ x b x a

= 0,85 x 27,51 x 558,75 x 71,739

= 937308,101 N

5) Menghitung gaya tarik (Ts)

Ts = As x fs

= 1134,1145 x 320

= 362916,64 N

6) Menghitung keseimbangan gaya dalam (Cs)

Cs = As′x ($f's - 0{,}85$ x $f'c$)

= 1134,1145 x (320 – 0,85 x 27,51)

= 336397,0736 N

7) Menghitung kuat tekan nominal (Pn)

Pn = Cc + Cs - Ts

= 937308,101 + 336397,0736 - 362916,64

= 910788,5346 N

= 910,788 kN

8) Menghitung kuat tarik nominal (Mn)

Mn = Cc($\frac{h}{2} - \frac{a}{2}$) + Cs ($\frac{h}{2} - d'$) – Ts ($d - \frac{h}{2}$)

= 937308,101($\frac{480}{2} - \frac{71{,}739}{2}$)+ 336397,0736 ($\frac{480}{2} - 40$)– 362916,64 ($440 - \frac{480}{2}$)

= 186029258 N.mm

= 186,029 kN.m

9) Menghitung eksentrisitas (e)

e = $\frac{Mn}{Pn}$

$= \frac{186{,}029 \text{ kN.m}}{910{,}788 \text{ kN}}$

= 0,204 m

e. Keadaan lentur murni (Pn = 0)

Perhitungan kolom dalam keadaan patah tarik dapat dirincikan sebagai berikut :

1) Menghitung nilai tinggi kolom tegangan (a)

a $= \frac{\text{As}' \text{x } fy}{0{,}85 \text{ x } f'c \text{ x b}}$

$= \frac{1134{,}1145 \text{ x } 320}{0{,}85 \text{ x } 27{,}51 \text{ x } 588{,}75}$

= 26,361 mm

2) Menghitung nilai kuat tarik nominal (Mn)

Mn = As x fy x (d-$\frac{a}{2}$)

= 1134,1145 x 320 x (440 - $\frac{26{,}361}{2}$)

= 154899898,8 N.mm

= 154,899 kN.m

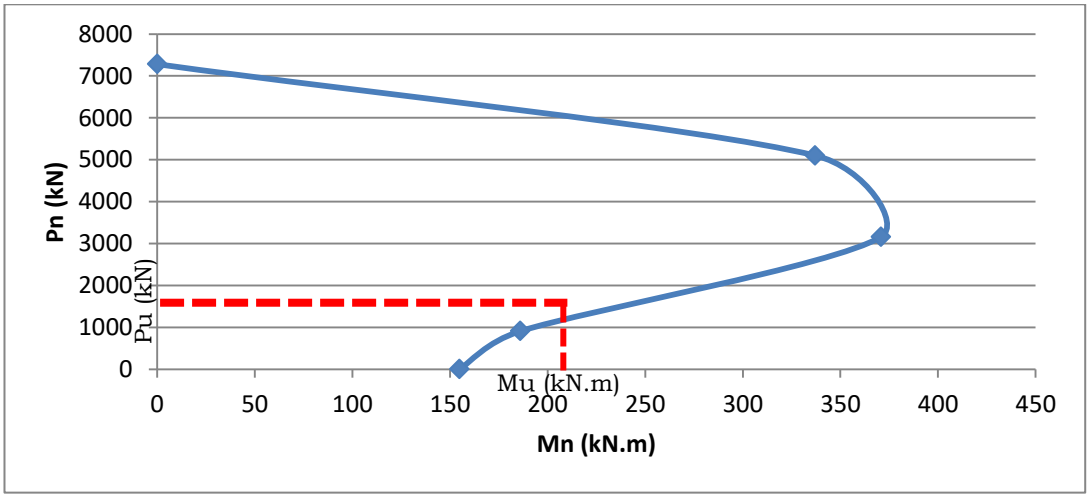
Hasil dari perhitungan diagram interaksi Kolom dapat dirincikan dalam **Tabel 4.5** berikut :

Tabel 4.5. Rekapan Hasil Perhitungan Diagram Interaksi Kolom

Kondisi	Pu (kN)	Mu (kN.m)	Pn (kN)	Mn (kN.m)	e (m)
Lentur Murni	1744,47	206,652	0	154,899	∞
Patah Tarik			910,788	186,029	0,204
Seimbang			3160,320	370,883	0,117
Patah Desak			5101,534	337,045	0,066
Desak Aksial			7280,971	0	0

(Sumber : Data Penelitian, 2021)

Hubungan antara beban nominal (Pn) dan momen nominal (Mn) terhadap beban-beban yang bekerja dapat dirincikan dalam **Gambar 4.25** berikut :



Gambar 4.25. Diagram Interaksi Kolom
(*Sumber : Data Penelitian, 2021)*

Berdasarkan **Gambar 4.25.** mengenai Diagram Interaksi Kolom menunjukkan bahwa ada 5 kondisi kolom terhadap reaksi yang terjadi yaitu :

a. Kondisi Desak Aksial (Zona 1), dimana kolom akan hancur akibat tekan karena beban hanya bekerja dititik *center* kolom sehingga tidak terjadi momen (momen = 0).
b. Kondisi Patah Desak (Zona 2), dimana kolom masih aman dari hancur akibat tekan karena beban yang bekerja sejauh eksentrisitas kolom sehingga terjadi momen yang kecil.
c. Kondisi Seimbang (Zona 3), dimana kolom akan hancur akibat tekan dan hancur akibat tarik karena beban yang bekerja dan momen yang terjadi besar. Hal ini disebabkan beban yang bekerja cukup jauh dari titik *center* kolom.
d. Kondisi Patah Tarik (Zona 4), dimana kolom masih aman dari hancur akibat tarik karena beban yang bekerja jauh dari titik *center* kolom sehingga terjadi momen yang besar dan beban yang kecil.
e. Kondisi Lentur Murni (Zona 5), dimana kolom akan hancur akibat tarik karena beban yang bekerja sangat jauh dari titik *center* kolom sehingga terjadi momen yang sangat besar dan beban diabaikan (beban = 0).

Dari beberapa zona yang terjadi pada Diagram Interaksi Kolom maka dapat disimpulkan bahwa kolom masih mampu bekerja secara maksimal. Hal ini dibuktikan dengan beban yang bekerja (Pu) dan momen yang terjadi (Mu) berada diantara zona 3 yaitu keadaan seimbang (kolom hancur akibat tekan dan hancur akibat tarik) dan zona 4 yaitu keadaan patah tarik (momen yang terjadi sangat besar dan beban yang bekerja kecil). Dengan melihat beban yang bekerja (Pu) dan momen yang terjadi (Mu) setelah dilakukan alih fungsi bangunan menjadi Gedung Perpustakaan maka dapat disimpulkan bahwa struktur kolom masih mampu bekerja secara maksimal untuk menyalurkan beban ke struktur bawah (pondasi) tanpa mengalami keruntuhan.

V. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil dan pembahasan yang tertera dalam bab sebelumnya mengenai "**Analisa Kekuatan Struktur Kolom Akibat Rencana Alih Fungsi Gedung Rektorat Menjadi Gedung Perpustakaan Universitas Jambi",** maka dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut :

a. Dari hasil analisa kekuatan struktur kolom dengan *Software ETABS Student Version* diperoleh dua nilai yaitu :
   1. Beban Ultimate Maksimum ($P_{u\ max}$) = - 1744,47 kN
   2. Momen Ultimate Maksimum ($M_{u\ max}$) = + 206,652 kN.m

b. Dari hasil evaluasi kekuatan struktur kolom utama terhadap beban yang bekerja setelah dilakukannya alih fungsi Gedung Rektorat menjadi Gedung Perpustakaan, diketahui bahwa kolom utama masih mampu menahan beban-beban yang bekerja secara maksimal. Hal ini dibuktikan dengan tiga kondisi yaitu :
   1. Hasil perhitungan manual telah memenuhi persyaratan cek kekuatan penampang kolom yaitu :
      a) ØPn ≥ Pu = 3786,105 kN ≥ 1744,47 kN..... Oke!
      b) ØMn ≥ Mu = 212,546 kN.m ≥ 206,652 kN.m..... Oke!
   2. Hasil analisis *Software ETABS Student Version* berwarna hijau yang artinya kolom utama masih mampu menahan beban yang bekerja atau tidak terjadi kelebihan beban (*Over Strength*) walaupun telah mengalami penambahan beban yang cukup signifikan yaitu sebesar 150 kg/m^2.
   3. Hasil perhitungan diagram interaksi kolom menunjukkan bahwa beban ultimate (Pu) dan momen ultimate (Mu) masih bekerja secara maksimal.

c. Ditinjau dari hasil analisis kekuatan struktur kolom, struktur kolom masih mampu bekerja secara maksimal dan layak digunakan pada Gedung Rektorat setelah dilakukan alih fungsi bangunan menjadi Gedung Perpustakaan. Namun, perlu ditinjau dari hasil analisis struktur lainnya seperti struktur balok, pelat lantai dan pondasi dengan tujuan untuk melihat apakah struktur lainnya mendukung atau tidak dalam melakukan alih fungsi Gedung Rektorat menjadi Gedung Perpustakaan Universitas Jambi.

5.2 Saran

Berdasarkan hasil dan pembahasan, ada beberapa saran yang perlu diperhatikan bagi peneliti selanjutnya yang tertarik membahas tentang Analisis Kekuatan Struktur Kolom Akibat Rencana Alih Fungsi Gedung dapat dirincikan sebagai berikut :

a. Diharapkan bagi peneliti selanjutnya untuk melakukan pengujian dengan pembebanan langsung.

DAFTAR PUSTAKA

Christin, Maya. 2013. *Tekuk Kolom.* Tekuk Kolom (ub.ac.id) diakses pada tanggal 27 Januari 2021.

Dipohusodo, Istimawan. 1993. *Struktur Beton Bertulang Berdasarkan SK. SNI T-15-19-1991-03.* Jakarta : Departemen Pekerjaan Umum RI.

Irawan, Joni et all. 2016. *Analisis Kelayakan Kolom Gedung PDAM Kabupaten Hulu Sungai Utara.* Jurnal INTEKNA. Volume 16 Nomor 2. ISSN : 1412-5609. Banjarmasin : Politeknik Negeri Banjarmasin.

Johan, Liana. 2019. *Diagram Interaksi P-M Kolom.* https://slideplayer.info/slide/13467432/ diakses pada tanggal 21 Januari 2021.

Kresmon, Kelik Dwi. Dkk. 2020. *Penggunaan Lead Rubber Bearing (LRB) Sebagai Desain Apartemen 25 Lantai Berbasis Gaya, Dengan Special Momen Frame (SMF).* Jurnal CIVILLa. Volume 5 Nomor 2. ISSN : 2503-2399. Surabaya : Universitas Narotama.

Kristiano. 2017. *Perancangan Struktur Beton (Kombinasi Gaya Tekan dan Lentur.* http://www.ocw.upj.ac.id/files/Slide-CIV204-CIV204-slide-9-11.pdf diakses pada tanggal 21 Januari 2021.

Nawi. Edward G. 1998. *Beton Bertulang Suatu Pendekatan Dasar.* Universitas Rutgers. Bandung : PT. Refika Aditama.

Oktaviani, Devia Azzahra. 2018. *Analisis Struktur.* Analisa struktur 1 teknik sipil (deviaazzahraoktaviani.blogspot.com) diakses pada tanggal 21 Januari 2021.

PBI. 1971. *Peraturan Beton Bertulang Indonesia.* Direktorat Pekerjaan Umum dan Tenaga Listrik. Direktorat Jenderal Ciptakarya. Direktorat Penyelidikan Masalah Bangunan. Bandung : Yayasan Lembaga Penyelidikan Masalah Bangunan.

Peraturan Pembebanan Indonesia. 1983. *Peraturan Pembebanan Indonesia Untuk Gedung*. Edisi Kedua. Bandung : Direktorat Penyelidikan Masalah Bangunan.

Ramadanti, Aisyah. 2020. *2 Jenis Struktur Bangunan Yang Perlu Kamu Ketahui (Bagian 1).* √ 2 Jenis Struktur Bangunan yang perlu kamu ketahui! (Bagian 1) | Jual Drone Pertanian Indonesia | 0811-274-8882 (fulldronesolutions.com) diakses pada tanggal 21 Januari 2021.

Sianipar, Marolop Tua. 2009. *Analisa Kolom Beton Bertulang Yang Diperkuat Dengan Carbon Fiber Reinforced Polymer (CFRP).* Medan : Universitas Sumatera Utara.

SK Standar Nasional Indonesia. T-15-1991-03. *Tata Cara Perhitungan Struktur Beton Untuk Bangunan Gedung.* Yayasan Lembaga Penyelidikan Masalah Bangunan. Bandung : Departemen Pekerjaan Umum.

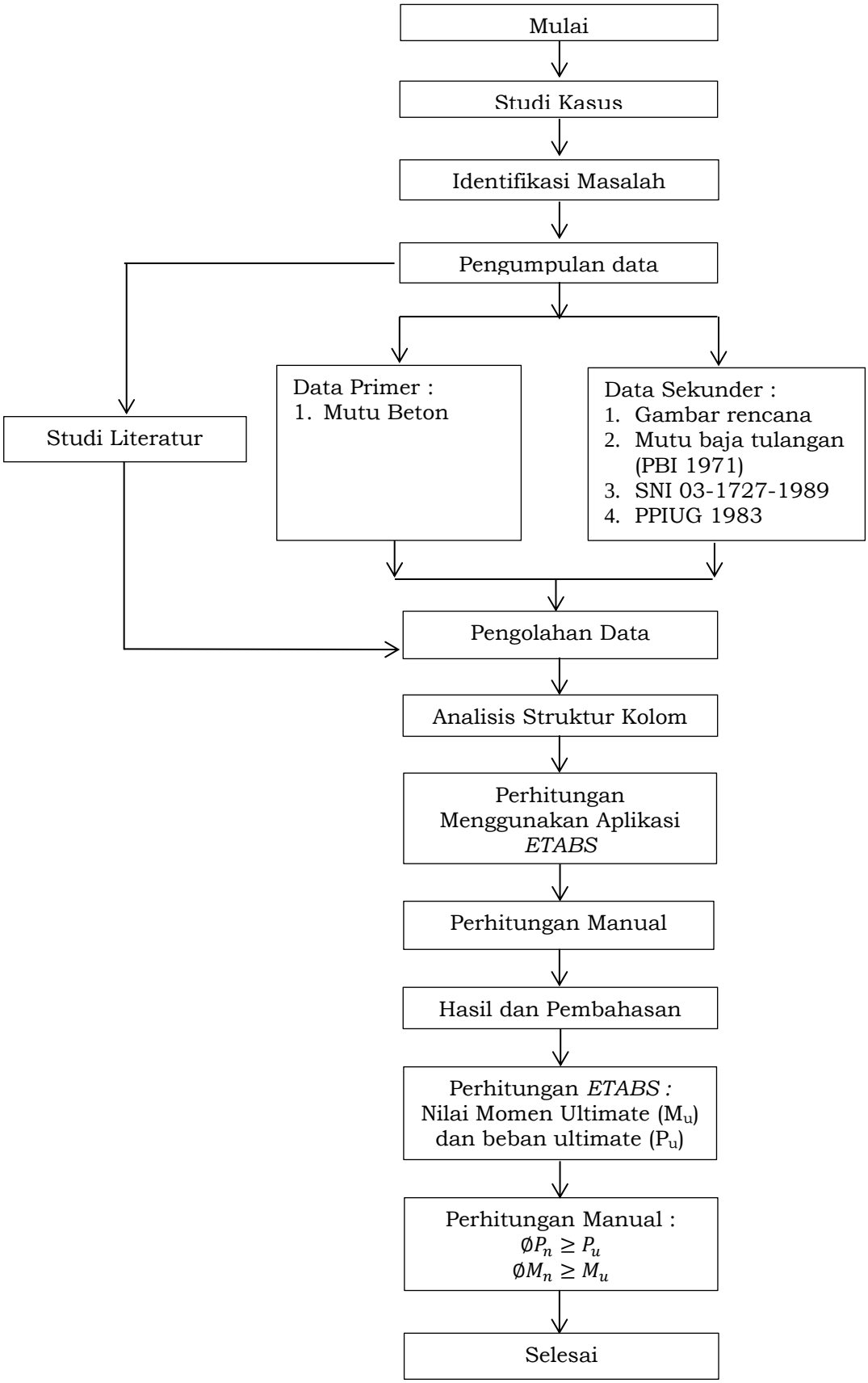
Standar Nasional Indonesia. 1726 : 2012. *Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non Gedung*. Jakarta : Badan Standardisasi Nasional (BSN).

Standar Nasional Indonesia. 07-2052-2002. *Baja Tulangan Beton*. Jakarta : Badan Standardisasi Nasional (BSN).

Sudarmoko. 1996. *Pengertian Kolom dan Jenis-Jenis Kolom Pada Bangunan.* https://www.arsitur.com/2017/10/pengertian-kolom-dan-jenis-jenis-kolom.html diakses pada tanggal 21 Januari 2021.

Sutanto, Febri. Dkk. 2014. *Analisa Perhitungan Struktur Bangunan Gedung Head Office dan Showroom Yamaha Pontianak.* Jurnal Teknik Sipil. Kalimantan Barat : Universitas Tanjungpura.

LAMPIRAN



Lampiran 1. Bagan alir penelitian

Lampiran 2. Hasil *Hammer Test*

1) Hasil Uji Mutu Beton Kolom Lantai 1

Lantai			1	
Elemen Struktur			Kolom	
Sudut Pukulan			90	
Kode Bidang Uji			K.1.1	
	SATUAN	NO	(R)	(Mpa)
BACAAN	Rebound (R)	1	38	39
		2	36	35
		3	40	42
		4	42	46
		5	38	39
		6	36	35
		7	39	41
		8	40	42
		9	41	44
		10	37	37
	Grafik (Mpa)			
Jumlah			387	400
Rata-Rata			38,7	40,0

Lantai			1	
Elemen Struktur			Kolom	
Sudut Pukulan			90	
Kode Bidang Uji			K.1.2	
	SATUAN	NO	(R)	(Mpa)
BACAAN	Rebound (R)	1	42	46
		2	44	50
		3	46	54
		4	43	48
		5	44	50
		6	42	46
		7	46	54
		8	44	50
		9	44	50
		10	46	54
	Grafik (Mpa)			
Jumlah			441	502
Rata-Rata			44,1	50,2

Lantai			1	
Elemen Struktur			Kolom	
Sudut Pukulan			90	
Kode Bidang Uji			K.1.3	
	SATUAN	NO	(R)	(Mpa)
BACAAN	Rebound (R)	1	39	41
		2	41	44
		3	42	46
		4	38	39
		5	40	42
		6	42	46
		7	39	41
		8	42	46
		9	39	41
		10	41	44
	Grafik (Mpa)			
Jumlah			403	430
Rata-Rata			40,3	43,0

Lantai			1	
Elemen Struktur			Kolom	
Sudut Pukulan			90	
Kode Bidang Uji			K.1.4	
	SATUAN	NO	(R)	(Mpa)
BACAAN	Rebound (R)	1	42	46
		2	40	42
		3	40	42
		4	38	39
		5	39	41
		6	41	44
		7	43	48
		8	40	42
		9	39	41
		10	40	42
	Grafik (Mpa)			
Jumlah			402	427
Rata-Rata			40,2	42,7

Lantai			1	
Elemen Struktur			Kolom	
Sudut Pukulan			90	
Kode Bidang Uji			K.1.5	
	SATUAN	NO	(R)	(Mpa)
BACAAN	Rebound (R)	1	40	42
		2	42	46
		3	42	46
		4	38	39
		5	41	44
		6	39	41
		7	38	39
		8	40	42
		9	44	50
		10	42	46
	Grafik (Mpa)			
Jumlah			406	435
Rata-Rata			40,6	43,5

Lantai			1	
Elemen Struktur			Kolom	
Sudut Pukulan			90	
Kode Bidang Uji			K.1.6	
	SATUAN	NO	(R)	(Mpa)
BACAAN	Rebound (R)	1	44	50
		2	45	52
		3	46	54
		4	48	60
		5	48	60
		6	44	50
		7	46	54
		8	44	50
		9	47	56
		10	48	60
	Grafik (Mpa)			
Jumlah			460	546
Rata-Rata			46	54,6

Lantai			1	
Elemen Struktur			Kolom	
Sudut Pukulan			90	
Kode Bidang Uji			K.1.7	
	SATUAN	NO	(R)	(Mpa)
BACAAN	Rebound (R)	1	42	46
		2	40	42
		3	37	37
		4	39	41
		5	40	42
		6	38	39
		7	37	37
		8	39	41
		9	38	39
	Grafik (Mpa)	10	38	39
Jumlah			388	403
Rata-Rata			38,8	40,3

Lantai			1	
Elemen Struktur			Kolom	
Sudut Pukulan			90	
Kode Bidang Uji			K.1.8	
	SATUAN	NO	(R)	(Mpa)
BACAAN	Rebound (R)	1	38	39
		2	39	41
		3	42	46
		4	36	35
		5	40	42
		6	41	44
		7	37	37
		8	38	39
	Grafik (Mpa)	9	36	35
		10	37	37
Jumlah			384	395
Rata-Rata			38,4	39,5

Lantai			1	
Elemen Struktur			Kolom	
Sudut Pukulan			90	
Kode Bidang Uji			K.1.9	
	SATUAN	NO	(R)	(Mpa)
BACAAN	Rebound (R)	1	43	48
		2	38	39
		3	37	37
		4	41	44
		5	42	46
		6	42	46
		7	38	39
		8	39	41
		9	44	50
	Grafik (Mpa)	10	42	46
Jumlah			406	436
Rata-Rata			40,6	43,6

Lantai			1	
Elemen Struktur			Kolom	
Sudut Pukulan			90	
Kode Bidang Uji			K.1.10	
	SATUAN	NO	(R)	(Mpa)
BACAAN	Rebound (R)	1	40	42
		2	42	46
		3	43	48
		4	37	37
		5	39	41
		6	38	39
		7	40	42
		8	42	46
		9	39	41
	Grafik (Mpa)	10	41	44
Jumlah			401	426
Rata-Rata			40,1	42,6

2) Hasil Uji Mutu Beton Kolom Lantai 2

Lantai			2	
Elemen Struktur			Kolom	
Sudut Pukulan			90	
Kode Bidang Uji			K.2.1	
	SATUAN	NO	(R)	(Mpa)
BACAAN	Rebound (R)	1	44	50
		2	43	48
		3	38	39
		4	43	48
		5	39	41
		6	46	54
		7	43	48
		8	42	46
		9	40	42
	Grafik (Mpa)	10	44	50
Jumlah			422	466
Rata-Rata			42,2	46,6

Lantai			2	
Elemen Struktur			Kolom	
Sudut Pukulan			90	
Kode Bidang Uji			K.2.2	
	SATUAN	NO	(R)	(Mpa)
BACAAN	Rebound (R)	1	42	46
		2	43	48
		3	40	42
		4	41	44
		5	43	48
		6	40	42
		7	38	39
		8	39	41
		9	41	44
	Grafik (Mpa)	10	44	50
Jumlah			411	444
Rata-Rata			41,1	44,4

Lantai			2	
Elemen Struktur			Kolom	
Sudut Pukulan			90	
Kode Bidang Uji			K.2.3	
	SATUAN	NO	(R)	(Mpa)
BACAAN	Rebound (R)	1	37	37
		2	38	39
		3	36	35
		4	42	46
		5	41	44
		6	40	42
		7	38	39
		8	39	41
		9	40	42
	Grafik (Mpa)	10	37	37
Jumlah			388	402
Rata-Rata			38,8	40,2

Lantai			2	
Elemen Struktur			Kolom	
Sudut Pukulan			90	
Kode Bidang Uji			K.2.4	
	SATUAN	NO	(R)	(Mpa)
BACAAN	Rebound (R)	1	45	52
		2	44	50
		3	42	46
		4	40	42
		5	43	48
		6	45	52
		7	44	50
		8	42	46
		9	42	46
	Grafik (Mpa)	10	44	50
Jumlah			431	482
Rata-Rata			43,1	48,2

Lantai			2	
Elemen Struktur			Kolom	
Sudut Pukulan			90	
Kode Bidang Uji			K.2.5	
	SATUAN	NO	(R)	(Mpa)
BACAAN	Rebound (R)	1	41	44
		2	38	39
		3	37	37
		4	42	46
		5	40	42
		6	37	37
		7	38	39
		8	38	39
		9	36	35
	Grafik (Mpa)	10	37	37
Jumlah			384	395
Rata-Rata			38,4	39,5

Lantai			2	
Elemen Struktur			Kolom	
Sudut Pukulan			90	
Kode Bidang Uji			K.2.6	
	SATUAN	NO	(R)	(Mpa)
BACAAN	Rebound (R)	1	39	41
		2	37	37
		3	43	48
		4	42	46
		5	44	50
		6	39	41
		7	38	39
		8	36	35
		9	40	42
		10	37	37
	Grafik (Mpa)			
Jumlah			395	416
Rata-Rata			39,5	41,6

Lantai			2	
Elemen Struktur			Kolom	
Sudut Pukulan			90	
Kode Bidang Uji			K.2.7	
	SATUAN	NO	(R)	(Mpa)
BACAAN	Rebound (R)	1	44	50
		2	42	46
		3	42	46
		4	38	39
		5	40	42
		6	41	44
		7	39	41
		8	38	39
		9	39	41
		10	41	44
	Grafik (Mpa)			
Jumlah			404	432
Rata-Rata			40,4	43,2

Lantai			2	
Elemen Struktur			Kolom	
Sudut Pukulan			90	
Kode Bidang Uji			K.2.8	
	SATUAN	NO	(R)	(Mpa)
BACAAN	Rebound (R)	1	41	44
		2	41	44
		3	44	50
		4	42	46
		5	39	41
		6	38	39
		7	40	42
		8	42	46
		9	41	44
		10	43	48
	Grafik (Mpa)			
Jumlah			411	444
Rata-Rata			41,1	44,4

Lantai			2	
Elemen Struktur			Kolom	
Sudut Pukulan			90	
Kode Bidang Uji			K.2.9	
	SATUAN	NO	(R)	(Mpa)
BACAAN	Rebound (R)	1	44	50
		2	43	48
		3	45	52
		4	42	46
		5	38	39
		6	43	48
		7	42	46
		8	39	41
		9	43	48
	Grafik (Mpa)	10	45	52
Jumlah			424	470
Rata-Rata			42,4	47

Lantai			2	
Elemen Struktur			Kolom	
Sudut Pukulan			90	
Kode Bidang Uji			K.2.10	
	SATUAN	NO	(R)	(Mpa)
BACAAN	Rebound (R)	1	37	37
		2	38	39
		3	38	39
		4	42	46
		5	41	44
		6	38	39
		7	39	41
		8	42	46
		9	36	35
	Grafik (Mpa)	10	37	37
Jumlah			388	403
Rata-Rata			38,8	40,3

3) Hasil Uji Mutu Beton Kolom Lantai 3

Lantai			3	
Elemen Struktur			Kolom	
Sudut Pukulan			90	
Kode Bidang Uji			K.3.1	
	SATUAN	NO	(R)	(Mpa)
BACAAN	Rebound (R)	1	42	46
		2	42	46
		3	36	35
		4	38	39
		5	40	42
		6	39	41
		7	37	37
		8	36	35
		9	38	39
	Grafik (Mpa)	10	39	41
Jumlah			387	401
Rata-Rata			38,7	40,1

Lantai			3	
Elemen Struktur			Kolom	
Sudut Pukulan			90	
Kode Bidang Uji			K.3.2	
	SATUAN	NO	(R)	(Mpa)
BACAAN	Rebound (R)	1	39	41
		2	38	39
		3	38	39
		4	42	46
		5	40	42
		6	37	37
		7	36	35
		8	38	39
		9	39	41
	Grafik (Mpa)	10	42	46
Jumlah			389	405
Rata-Rata			38,9	40,5

Lantai			3	
Elemen Struktur			Kolom	
Sudut Pukulan			90	
Kode Bidang Uji			K.3.3	
	SATUAN	NO	(R)	(Mpa)
BACAAN	Rebound (R)	1	36	35
		2	37	37
		3	37	37
		4	40	42
		5	42	46
		6	39	41
		7	37	37
		8	38	39
		9	42	46
	Grafik (Mpa)	10	38	39
Jumlah			386	399
Rata-Rata			38,6	39,9

Lantai			3	
Elemen Struktur			Kolom	
Sudut Pukulan			90	
Kode Bidang Uji			K.3.4	
	SATUAN	NO	(R)	(Mpa)
BACAAN	Rebound (R)	1	38	39
		2	38	39
		3	39	41
		4	41	44
		5	40	42
		6	39	41
		7	37	37
		8	36	35
		9	41	44
	Grafik (Mpa)	10	39	41
Jumlah			388	403
Rata-Rata			38,8	40,3

Lantai			3	
Elemen Struktur			Kolom	
Sudut Pukulan			90	
Kode Bidang Uji			K.3.5	
	SATUAN	NO	(R)	(Mpa)
BACAAN	Rebound (R)	1	42	46
		2	40	42
		3	41	44
		4	38	39
		5	41	44
		6	38	39
		7	39	41
		8	41	44
		9	43	48
	Grafik (Mpa)	10	37	37
Jumlah			400	424
Rata-Rata			40	42,4

Lantai			3	
Elemen Struktur			Kolom	
Sudut Pukulan			90	
Kode Bidang Uji			K.3.6	
	SATUAN	NO	(R)	(Mpa)
BACAAN	Rebound (R)	1	37	37
		2	39	41
		3	40	42
		4	39	41
		5	41	44
		6	38	39
		7	37	37
		8	37	37
	Grafik (Mpa)	9	38	39
		10	40	42
Jumlah			386	399
Rata-Rata			38,6	39,9

Lantai			3	
Elemen Struktur			Kolom	
Sudut Pukulan			90	
Kode Bidang Uji			K.3.7	
	SATUAN	NO	(R)	(Mpa)
BACAAN	Rebound (R)	1	40	42
		2	37	37
		3	39	41
		4	41	44
		5	40	42
		6	37	37
		7	36	35
		8	39	41
	Grafik (Mpa)	9	37	37
		10	37	37
Jumlah			383	393
Rata-Rata			38,3	39,3

Lantai			3	
Elemen Struktur			Kolom	
Sudut Pukulan			90	
Kode Bidang Uji			K.3.8	
	SATUAN	NO	(R)	(Mpa)
BACAAN	Rebound (R)	1	38	39
		2	42	46
		3	42	46
		4	40	42
		5	36	35
		6	37	37
		7	38	39
		8	39	41
		9	38	39
	Grafik (Mpa)	10	36	35
Jumlah			386	399
Rata-Rata			38,6	39,9

Lantai			3	
Elemen Struktur			Kolom	
Sudut Pukulan			90	
Kode Bidang Uji			K.3.9	
	SATUAN	NO	(R)	(Mpa)
BACAAN	Rebound (R)	1	39	41
		2	43	48
		3	41	44
		4	41	44
		5	40	42
		6	38	39
		7	37	37
		8	38	39
	Grafik (Mpa)	9	41	44
		10	40	42
Jumlah			398	420
Rata-Rata			39,8	42,0

Lantai			3	
Elemen Struktur			Kolom	
Sudut Pukulan			90	
Kode Bidang Uji			K.3.10	
	SATUAN	NO	(R)	(Mpa)
BACAAN	Rebound (R)	1	44	50
		2	42	46
		3	40	42
		4	42	46
		5	45	52
		6	41	44
		7	40	42
		8	43	48
	Grafik (Mpa)	9	46	54
		10	42	46
Jumlah			425	470
Rata-Rata			42,5	47,0

4) Hasil Uji Mutu Beton Balok

Elemen Struktur			Balok	
Sudut Pukulan			90	
Kode Bidang Uji			B.1	
	SATUAN	NO	(R)	(Mpa)
BACAAN	Rebound (R)	Grafik (Mpa)	1	38	39
			2	35	33
			3	39	41
			4	41	44
			5	40	42
			6	42	46
			7	42	46
			8	36	35
			9	37	37
			10	37	37
Jumlah				387	400
Rata-Rata				38,7	40,0

Elemen Struktur			Balok	
Sudut Pukulan			90	
Kode Bidang Uji			B.2	
	SATUAN	NO	(R)	(Mpa)
BACAAN	Rebound (R)	Grafik (Mpa)	1	44	50
			2	42	46
			3	43	48
			4	39	41
			5	40	42
			6	41	44
			7	40	42
			8	45	52
			9	43	48
			10	46	54
Jumlah				423	467
Rata-Rata				42,3	46,7

Elemen Struktur			Balok	
Sudut Pukulan			90	
Kode Bidang Uji			B.3	
	SATUAN	NO	(R)	(Mpa)
BACAAN	Rebound (R)	Grafik (Mpa)	1	41	44
			2	40	42
			3	43	48
			4	42	46
			5	38	39
			6	37	37
			7	39	41
			8	40	42
			9	42	46
			10	43	48
Jumlah				405	433
Rata-Rata				40,5	43,3

Elemen Struktur				Balok
Sudut Pukulan				90
Kode Bidang Uji				B.4
	SATUAN	NO	(R)	(Mpa)
BACAAN	Rebound (R)	Grafik (Mpa)	1	37	37
			2	40	42
			3	37	37
			4	36	35
			5	42	46
			6	39	41
			7	41	44
			8	37	37
			9	36	35
			10	38	39
Jumlah				383	393
Rata-Rata				38,3	39,3

Elemen Struktur				Balok
Sudut Pukulan				90
Kode Bidang Uji				B.5
	SATUAN	NO	(R)	(Mpa)
BACAAN	Rebound (R)	Grafik (Mpa)	1	39	41
			2	37	37
			3	38	39
			4	40	42
			5	39	41
			6	42	46
			7	37	37
			8	36	35
			9	41	44
			10	40	42
Jumlah				389	404
Rata-Rata				38,9	40,4

Elemen Struktur				Balok
Sudut Pukulan				90
Kode Bidang Uji				B.6
	SATUAN	NO	(R)	(Mpa)
BACAAN	Rebound (R)	Grafik (Mpa)	1	44	50
			2	43	48
			3	40	42
			4	38	39
			5	39	41
			6	39	41
			7	41	44
			8	40	42
			9	42	46
			10	38	39
Jumlah				404	432
Rata-Rata				40,4	43,2

Elemen Struktur			Balok	
Sudut Pukulan			90	
Kode Bidang Uji			B.7	
	SATUAN	NO	(R)	(Mpa)
BACAAN	Rebound (R)	1	40	42
		2	41	44
		3	37	37
		4	38	39
		5	40	42
		6	42	46
		7	44	50
		8	42	46
		9	39	41
		10	43	48
	Grafik (Mpa)			
Jumlah			406	435
Rata-Rata			40,6	43,5

1) Hasil Uji Mutu Beton Pelat Lantai

Elemen Struktur			Pelat Lantai	
Sudut Pukulan			90	
Kode Bidang Uji			PL.1	
	SATUAN	NO	(R)	(Mpa)
BACAAN	Rebound (R)	1	37	37
		2	40	42
		3	37	37
		4	38	39
		5	40	42
		6	38	39
		7	37	37
		8	39	41
		9	39	41
		10	40	42
	Grafik (Mpa)			
Jumlah			385	397
Rata-Rata			38,5	39,7

Elemen Struktur			Pelat Lantai	
Sudut Pukulan			90	
Kode Bidang Uji			PL.2	
	SATUAN	NO	(R)	(Mpa)
BACAAN	Rebound (R)	1	36	35
		2	40	42
		3	37	37
		4	37	37
		5	42	46
		6	39	41
		7	38	39
		8	40	42
		9	36	35
		10	41	44
	Grafik (Mpa)			
Jumlah			386	398
Rata-Rata			38,6	39,8

Elemen Struktur			Pelat Lantai	
Sudut Pukulan			90	
Kode Bidang Uji			PL.3	
	SATUAN	NO	(R)	(Mpa)
BACAAN	Rebound (R)	Grafik (Mpa)	1	37	37
			2	40	42
			3	37	37
			4	36	35
			5	42	46
			6	39	41
			7	41	44
			8	37	37
			9	36	35
			10	38	39
Jumlah				383	393
Rata-Rata				38,3	39,3

Elemen Struktur			Pelat Lantai	
Sudut Pukulan			90	
Kode Bidang Uji			PL.4	
	SATUAN	NO	(R)	(Mpa)
BACAAN	Rebound (R)	Grafik (Mpa)	1	41	44
			2	38	39
			3	37	37
			4	42	46
			5	40	42
			6	37	37
			7	38	39
			8	38	39
			9	36	35
			10	37	37
Jumlah				384	395
Rata-Rata				38,4	39,5

Lampiran 3. Nilai Beban Ultimate (Pu) dan Momen Ultimate (Mu)

No.	Pu (kN)	Mu (kN.m)	No.	Pu (kN)	Mu (kN,m)
1	-301,17	-0,571	58	-715	0,524
2	-373,62	0,571	59	-208,37	-0,502
3	-373,71	-0,269	60	-234,56	0,502
4	-414,9	0,269	61	-1055,87	-0,502
5	-414,9	-1,499	62	-235,16	-0,473
6	-332,71	1,499	63	-1301,11	0,473
7	-332,84	-1,21	64	-1198,7	0,502
8	-338,81	1,21	65	-619,73	-4,754
9	-338,56	-3,569	66	-619,58	4,754
10	-127,57	3,569	67	-686,66	-4,706
11	-127,54	-2,689	68	-686,65	4,706
12	-785,04	2,689	69	-225,45	-1,154
13	-141,37	-7,584	70	-231	-1,111
14	-141,37	7,584	71	-559,22	1,111
15	-790,41	-7,591	72	-559,67	1,154
16	-197,22	7,591	73	-192,34	-31,352
17	-113,01	-0,115	74	-547,75	31,352
18	-112,88	0,115	75	-547,9	-16,363
19	-114,98	-0,104	76	-552,45	16,363
20	-115,04	0,104	77	-1313,94	-64,078
21	-351,32	-7,354	78	-1322,97	64,078
22	-351,4	7,354	79	-362,47	-3,399
23	-256,86	-7,383	80	-362,56	3,399
24	-785,73	7,383	81	-170,04	-1,502
25	-257,47	-29,51	82	-1078,17	1,502
26	-737,31	29,51	83	-403,74	-0,878
27	-392,59	-42,324	84	-403,75	0,878
28	-392,6	42,324	85	-116,42	-0,567
29	-312,32	-42,985	86	-116,38	0,567
30	-597,42	42,985	87	-321,56	-1,643
31	-597,28	-14,729	88	-321,69	1,643
32	-574,75	14,729	89	-1323,41	-0,368
33	-310,41	-14,682	90	-1221,01	0,368
34	-310,54	14,682	91	-563,6	-8,915
35	-316,51	-15,164	92	-327,66	8,915
36	-316,26	15,164	93	-327,41	-8,878
37	-664,35	-58,968	94	-130,22	8,878
38	-664,34	58,968	95	-130,22	-0,26
39	-105,27	-71,687	96	-101,86	0,26
40	-105,23	71,687	97	-103,82	-0,257
41	-762,73	-73,312	98	-101,73	0,257
42	-247,75	73,312	99	-103,88	-8,395
43	-768,1	-28,82	100	-773,89	8,395
44	-253,31	28,82	101	-245,71	-8,365
45	-119,07	-14,112	102	-779,26	8,365
46	-119,06	14,112	103	-246,31	-1,581
47	-536,91	-57,045	104	-176,27	1,581
48	-537,36	57,045	105	-608,58	-1,492
49	-525,59	-3,705	106	-608,43	1,492
50	-525,44	3,705	107	-675,51	-1,985
51	-90,58	-3,702	108	-675,49	1,985
52	-90,71	3,702	109	-149,8	-2,05
53	-92,73	-0,165	110	-149,73	2,05
54	-92,67	-0,151	111	-774,58	-5,552
55	-1291,64	0,151	112	-236,6	5,552
56	-1300,67	0,165	113	-726,16	-5,592
57	-763,42	-0,524	114	-548,07	5,592

Lampiran 3. Nilai Beban Ultimate (Pu) dan Momen Ultimate (Mu) (Lanjutan)

No.	Pu (kN)	Mu (kN.m)	No.	Pu (kN)	Mu (kN,m)
115	-548,52	-136,297	172	-1005,38	0,45
116	-242,15	136,297	173	-1005,29	-0,145
117	-536,75	-111,985	174	-116,33	0,145
118	-536,59	111,985	175	-116,39	-0,201
119	-62,03	-139,813	176	-983,08	0,201
120	-61,98	139,813	177	-982,99	-0,168
121	-431,14	-24,748	178	-222,17	0,168
122	-155,89	24,748	179	-222,18	-1,172
123	-63,26	-20,631	180	-248,73	1,172
124	-63,39	20,631	181	-249,57	-1,231
125	-431,44	-25,264	182	-224,2	1,231
126	-155,98	25,264	183	-224,06	-92,041
127	-1067,02	-86,8	184	-1689,87	92,041
128	-60,74	86,8	185	-1689,95	-92,015
129	-60,84	-70,724	186	-1667,56	92,015
130	-179,7	70,724	187	-1667,64	-0,464
131	-179,42	-89,285	188	-243,49	0,464
132	-158,36	89,285	189	-242,85	-0,19
133	-529,61	-107,826	190	-332,33	0,19
134	-157,89	107,826	191	-181,19	-1,924
135	-1302,79	-20	192	-676,24	1,924
136	-530,69	20	193	-221,77	-10,86
137	-127,42	-6,179	194	-221,73	10,86
138	-127,49	6,179	195	-94,02	-4,148
139	-153,14	-67,826	196	-332,54	4,148
140	-1312,26	67,826	197	-94,08	-4,365
141	-1311,82	-6,178	198	-676,27	4,365
142	-152,77	6,178	199	-187,42	-0,232
143	-1209,85	-2,608	200	-199,87	0,232
144	-408,84	2,608	201	-199,87	-4,307
145	-40,95	-2,583	202	-301,34	4,307
146	-41,09	2,583	203	-301,24	-4,569
147	-39,67	-11,395	204	-715,03	4,569
148	-39,72	11,395	205	-714,47	-0,248
149	-409,14	-11,343	206	-417,85	0,248
150	-38,53	11,343	207	-858,67	-0,135
151	-38,43	-49,381	208	-861,21	0,135
152	-136,05	49,381	209	-246,36	-3,398
153	-323,54	-49,38	210	-199,43	3,398
154	-323,65	49,38	211	-246,5	-4,237
155	-135,58	-4,439	212	-199,46	4,237
156	-133,59	4,439	213	-310,02	-0,632
157	-692,72	-4,766	214	-679,8	0,632
158	-692,16	4,766	215	-1121,56	-2,387
159	-133,67	-6,65	216	-1121,14	2,387
160	-157,4	6,65	217	-116,68	-53,742
161	-157,12	-7,03	218	-116,61	53,742
162	-226,42	7,03	219	-653,93	-53,677
163	-227,27	-21,33	220	-310,23	53,677
164	-660,62	21,33	221	-680,03	-23,766
165	-130,84	-21,317	222	-657,5	23,766
166	-198,57	21,317	223	-653,96	-23,74
167	-130,47	-1,175	224	-649,47	23,74
168	-507,3	1,175	225	-140,93	-101,274
169	-220,54	-0,516	226	-657,73	101,274
170	-221,18	0,516	227	-142,35	-101,158
171	-508,38	-0,45	228	-1143,87	101,158

Lampiran 3. Nilai Beban Ultimate (Pu) dan Momen Ultimate (Mu) (Lanjutan)

No.	Pu (kN)	Mu (kN.m)	No.	Pu (kN)	Mu (kN,m)
229	-1143,44	-100,613	286	-883,52	81,479
230	-94,37	100,613	287	-237,57	-2,567
231	-529,18	-28,645	288	-238,42	2,567
232	-1722,16	28,645	289	-1033,98	-2,693
233	-94,3	-45,658	290	-1733,31	2,693
234	-529,45	45,658	291	-880,97	-10,023
235	-118,63	-45,678	292	-231,69	10,023
236	-407,2	45,678	293	-232,34	-10,434
237	-144,74	-43,322	294	-235,35	10,434
238	-1037,73	43,322	295	-665,08	-18,083
239	-651,16	-2,578	296	-1725,71	18,083
240	-113,51	2,578	297	-235,21	-18,386
241	-144,83	-2,527	298	-321,17	18,386
242	-143,67	2,527	299	-528,94	-2,784
243	-310,82	-0,178	300	-675,22	2,784
244	-333,12	0,178	301	-665,11	-2,174
245	-138,65	-0,123	302	-528,58	2,174
246	-138,58	0,123	303	-1112,15	-2,227
247	-406,7	-19,053	304	-321,38	2,227
248	-120,05	19,053	305	-1112,15	-0,354
249	-310,65	-19,103	306	-105,24	0,354
250	-429,51	19,103	307	-105,18	-5,969
251	-312,39	-44,35	308	-211,02	5,969
252	-312,49	44,35	309	-1026,57	-165,899
253	-518,46	-44,355	310	-211,02	-165,871
254	-1714,56	44,355	311	-210,61	165,871
255	-332,96	-0,485	312	-332,69	165,899
256	-703,88	0,485	313	-210,58	-2,602
257	-409,79	-0,529	314	-540,1	2,602
258	-703,31	0,529	315	-124,67	-13,734
259	-551,75	-0,684	316	-406,46	13,734
260	-519,54	0,684	317	-539,73	-13,933
261	-551,49	-0,64	318	-646,08	13,933
262	-404,96	0,64	319	-1744,47	-3,491
263	-168,55	-83,763	320	-1022,82	3,491
264	-638,31	83,763	321	-105,45	-2,986
265	-168,27	-83,883	322	-540,33	2,986
266	-50,87	83,883	323	-1132,72	-0,643
267	-50,82	-18,619	324	-105,52	0,643
268	-419,99	18,619	325	-132,52	-2,389
269	-52,1	-18,562	326	-674,85	2,389
270	-121,37	18,562	327	-1132,29	-30,638
271	-52,24	-15,156	328	-1123,31	30,638
272	-420,29	15,156	329	-131,2	-30,644
273	-49,59	-15,819	330	-540,6	30,644
274	-141,99	15,819	331	-1123,31	-0,367
275	-147,21	-3,548	332	-664,07	0,367
276	-49,68	3,548	333	-395,3	-0,004
277	-382,65	-3,585	334	-673,46	0,004
278	-869,82	3,585	335	-321,53	-0,464
279	-141,62	-1,19	336	-1011,67	0,464
280	-146,73	1,19	337	-398,64	-0,159
281	-135,82	-1,157	338	-129,78	0,159
282	-872,36	1,157	339	-418,35	-104,595
283	-662,31	-81,588	340	-332,81	104,595
284	-387,49	81,588	341	-384,15	-104,612
285	-1015,42	-81,479	342	-1736,87	104,612

Lampiran 3. Nilai Beban Ultimate (Pu) dan Momen Ultimate (Mu) (Lanjutan)

No.	Pu (kN)	Mu (kN.m)	No.	Pu (kN)	Mu (kN,m)
343	-994,23	-1,868	400	-664,07	29,568
344	-994,14	1,868	401	-395,3	-0,411
345	-652,92	-0,284	402	-1123,31	0,411
346	-657,23	0,284	403	-540,6	-1,114
347	-668,65	-2,071	404	-131,2	1,114
348	-663,69	2,071	405	-1132,29	-1,199
349	-551,25	-183,412	406	-1123,31	1,199
350	-310,5	183,412	407	-674,85	-96,214
351	-668,39	-183,44	408	-132,52	96,214
352	-1134,46	183,44	409	-105,52	-96,05
353	-393,81	-34,202	410	-1132,72	96,05
354	-1134,46	34,202	411	-540,33	-2,738
355	-668,88	-34,208	412	-105,45	2,738
356	-652,54	34,208	413	-1022,82	-2,756
357	-550,88	-115,009	414	-1744,47	2,756
358	-1678,8	115,009	415	-646,08	-103,326
359	-1678,72	-115,024	416	-539,73	103,326
360	-321,65	115,024	417	-406,46	-3,166
361	-321,81	-152,539	418	-124,67	3,166
362	-310,38	152,539	419	-540,1	-2,838
363	-395,54	-152,281	420	-210,58	2,838
364	-321,97	152,281	421	-332,69	-96,317
365	-323,47	-3,164	422	-210,61	96,317
366	-323,47	3,164	423	-211,02	-0,171
367	-219,52	-2,664	424	-1026,57	0,171
368	-219,52	2,664	425	-211,02	-96,494
369	-321,97	-155,351	426	-105,18	96,494
370	-395,54	155,351	427	-105,24	-0,035
371	-310,38	-0,348	428	-1112,15	0,035
372	-321,81	0,348	429	-321,38	-4,515
373	-321,65	-155,629	430	-1112,15	4,515
374	-1678,72	155,629	431	-528,58	-4,84
375	-1678,8	-0,787	432	-665,11	4,84
376	-550,88	0,787	433	-675,22	-6,254
377	-652,54	-6,744	434	-528,94	6,254
378	-668,88	6,744	435	-321,17	-6,226
379	-1134,46	-7,239	436	-235,21	6,226
380	-393,81	7,239	437	-1725,71	-206,652
381	-1134,46	-28,163	438	-665,08	206,652
382	-668,39	28,163	439	-235,35	-111,426
383	-310,5	-28,115	440	-232,34	111,426
384	-551,25	28,115	441	-231,69	-114,49
385	-663,69	-11,73	442	-880,97	114,49
386	-668,65	11,73	443	-1733,31	-85,326
387	-657,23	-11,737	444	-1033,98	85,326
388	-652,92	11,737	445	-238,42	-7,959
389	-994,14	0	446	-237,57	7,959
390	-994,23	0	447	-883,52	-7,968
391	-1736,87	-0,001	448	-1015,42	7,968
392	-384,15	0,001	449	-387,49	-88,751
393	-332,81	-0,087	450	-662,31	88,751
394	-418,35	0,087	451	-872,36	-5,396
395	-129,78	-29,517	452	-135,82	5,396
396	-398,64	29,517	453	-146,73	-5,422
397	-1011,67	-0,088	454	-869,82	5,422
398	-321,53	0,088	455	-141,62	-24,181
399	-673,46	-29,568	456	-382,65	24,181

Lampiran 3. Nilai Beban Ultimate (Pu) dan Momen Ultimate (Mu) (Lanjutan)

No.	Pu (kN)	Mu (kN.m)	No.	Pu (kN)	Mu (kN,m)
457	-147,21	-24,984	514	-653,93	0,804
458	-49,68	24,984	515	-116,61	-0,775
459	-141,99	-7,275	516	-116,68	0,775
460	-49,59	7,275	517	-1121,14	-64,525
461	-420,29	-7,253	518	-1121,56	64,525
462	-52,24	7,253	519	-679,8	-6,471
463	-121,37	-19,039	520	-310,02	-6,416
464	-52,1	19,039	521	-199,46	6,416
465	-419,99	-1,519	522	-246,5	6,471
466	-50,82	1,519	523	-199,43	-5,37
467	-50,87	-1,556	524	-246,36	5,37
468	-168,27	1,556	525	-861,21	-5,405
469	-638,31	-20,007	526	-858,67	5,405
470	-168,55	20,007	527	-417,85	-10,683
471	-404,96	-1,266	528	-714,47	10,683
472	-551,49	1,266	529	-715,03	-129,05
473	-519,54	-1,209	530	-301,24	129,05
474	-551,75	1,209	531	-301,34	-45,656
475	-703,31	-63,065	532	-199,87	45,656
476	-409,79	63,065	533	-199,87	-6,634
477	-703,88	-64,523	534	-187,42	6,634
478	-332,96	64,523	535	-676,27	-7,109
479	-1714,56	-1,408	536	-94,08	7,109
480	-518,46	1,408	537	-332,54	-16,047
481	-312,49	-1,466	538	-94,02	16,047
482	-312,39	1,466	539	-221,73	-15,988
483	-429,51	-47,249	540	-221,77	15,988
484	-310,65	47,249	541	-676,24	-23,952
485	-406,7	-10,997	542	-181,19	23,952
486	-120,05	10,997	543	-332,33	-31,439
487	-138,58	-11,079	544	-242,85	31,439
488	-138,65	11,079	545	-243,49	-2,388
489	-333,12	-48,736	546	-1667,64	2,388
490	-310,82	48,736	547	-1667,56	-2,382
491	-143,67	-7,928	548	-1689,95	2,382
492	-144,83	7,928	549	-1689,87	-15,934
493	-113,51	-7,84	550	-224,06	15,934
494	-651,16	7,84	551	-224,2	-15,703
495	-1037,73	-8,184	552	-249,57	15,703
496	-144,74	8,184	553	-248,73	-11,271
497	-407,2	-8,19	554	-222,18	11,271
498	-118,63	8,19	555	-222,17	-11,224
499	-529,45	-6,978	556	-982,99	11,224
500	-94,3	6,978	557	-983,08	-18,013
501	-1722,16	-6,954	558	-116,39	18,013
502	-529,18	6,954	559	-116,33	-18,383
503	-94,37	-10,092	560	-1005,29	18,383
504	-1143,44	10,092	561	-1005,38	-15,001
505	-1143,87	-10,186	562	-508,38	15,001
506	-142,35	10,186	563	-221,18	-14,622
507	-657,73	0	564	-220,54	14,622
508	-140,93	0	565	-507,3	-21,314
509	-649,47	-0,884	566	-130,47	21,314
510	-653,96	-0,86	567	-198,57	-21,271
511	-657,5	0,86	568	-130,84	21,271
512	-680,03	0,884	569	-660,62	-2,091
513	-310,23	-0,804	570	-227,27	2,091

Lampiran 3. Nilai Beban Ultimate (Pu) dan Momen Ultimate (Mu) (Lanjutan)

No.	Pu (kN)	Mu (kN.m)	No.	Pu (kN)	Mu (kN,m)
571	-226,42	-2,049	628	-608,58	0,671
572	-157,12	2,049	629	-176,27	-2,211
573	-157,4	-3,363	630	-246,31	2,211
574	-133,67	3,363	631	-779,26	-2,986
575	-692,16	-3,429	632	-245,71	2,986
576	-692,72	3,429	633	-773,89	-84,191
577	-133,59	-3,249	634	-103,88	84,191
578	-135,58	3,249	635	-101,73	-84,188
579	-323,65	-3,976	636	-103,82	84,188
580	-323,54	3,976	637	-101,86	-3,513
581	-136,05	-2,118	638	-130,22	3,513
582	-38,43	2,118	639	-130,22	-4,687
583	-38,53	-2,05	640	-327,41	4,687
584	-409,14	2,05	641	-327,66	-4,664
585	-39,72	-138,335	642	-563,6	4,664
586	-39,67	-138,304	643	-1221,01	-29,894
587	-41,09	138,304	644	-1323,41	29,894
588	-408,84	138,335	645	-321,69	-8,736
589	-40,95	-4,232	646	-321,56	8,736
590	-1209,85	4,232	647	-116,38	-29,836
591	-152,77	-3,105	648	-116,42	29,836
592	-1311,82	3,105	649	-403,75	-8,767
593	-1312,26	-3,077	650	-403,74	8,767
594	-153,14	3,077	651	-1078,17	-125,146
595	-127,49	-11,752	652	-170,04	125,146
596	-127,42	11,752	653	-362,56	-125,269
597	-530,69	-2,035	654	-362,47	125,269
598	-1302,79	2,035	655	-1322,97	-3,376
599	-157,89	-11,604	656	-1313,94	3,376
600	-529,61	11,604	657	-552,45	-126,542
601	-158,36	-11,288	658	-547,9	126,542
602	-179,42	11,288	659	-547,75	-126,439
603	-179,7	-11,525	660	-192,34	126,439
604	-60,84	11,525	661	-559,67	-0,521
605	-60,74	-0,519	662	-559,22	0,521
606	-1067,02	0,519	663	-231	-0,552
607	-155,98	-0,495	664	-225,45	0,552
608	-431,44	0,495	665	-686,65	-91,168
609	-63,39	-10,764	666	-686,66	91,168
610	-63,26	10,764	667	-619,58	-1,002
611	-155,89	-10,522	668	-619,73	1,002
612	-431,14	10,522	669	-1198,7	-91,145
613	-61,98	-27,074	670	-1301,11	91,145
614	-62,03	-27,056	671	-235,16	-0,972
615	-536,59	27,056	672	-1055,87	0,972
616	-536,75	27,074	673	-234,56	-25,327
617	-242,15	-0,359	674	-208,37	25,327
618	-548,52	0,359	675	-715	-25,397
619	-548,07	-150,956	676	-763,42	25,397
620	-726,16	150,956	677	-1300,67	-25,423
621	-236,6	-150,817	678	-1291,64	25,423
622	-774,58	150,817	679	-92,67	-25,352
623	-149,73	-15,104	680	-92,73	25,352
624	-149,8	15,104	681	-90,71	-3,646
625	-675,49	-15,117	682	-90,58	3,646
626	-675,51	15,117	683	-525,44	-3,561
627	-608,43	-0,671	684	-525,59	3,561

Lampiran 3. Nilai Beban Ultimate (Pu) dan Momen Ultimate (Mu) (Lanjutan)

No.	Pu (kN)	Mu (kN.m)	No.	Pu (kN)	Mu (kN,m)
685	-537,36	-6,732	709	-785,73	-2,177
686	-536,91	6,732	710	-256,86	2,177
687	-119,06	-6,822	711	-351,4	-2,222
688	-119,07	6,822	712	-351,32	2,222
689	-253,31	-74,491	713	-115,04	-2,34
690	-768,1	74,491	714	-114,98	2,34
691	-247,75	-74,476	715	-112,88	-2,282
692	-762,73	74,476	716	-113,01	2,282
693	-105,23	-75,696	717	-197,22	-2,091
694	-105,27	75,696	718	-790,41	2,091
695	-664,34	-75,735	719	-141,37	-2,152
696	-664,35	75,735	720	-141,37	2,152
697	-316,26	-18,283	721	-785,04	-13,929
698	-316,51	18,283	722	-127,54	13,929
699	-310,54	-18,376	723	-127,57	-13,933
700	-310,41	18,376	724	-338,56	13,933
701	-574,75	-18,465	725	-338,81	-13,785
702	-597,28	18,465	726	-332,84	13,785
703	-597,42	-18,407	727	-332,71	-13,844
704	-312,32	18,407	728	-414,9	13,844
705	-392,6	-16,053	729	-414,9	-11,872
706	-392,59	16,053	730	-373,71	11,872
707	-737,31	-16,122	731	-373,62	-11,818
708	-257,47	16,122	732	-301,17	11,818

DOKUMENTASI

Dokumentasi 1. Pengecekan Mutu Beton Kolom Lantai 1

Pengecekan Titik Pertama	
Pengecekan Titik Kedua	
Pengecekan Titik Ketiga	
Pengecekan Titik Keempat	
Pengecekan Titik Kelima	

Dokumentasi 1. Pengecekan Mutu Beton Kolom Lantai 1 (Lanjutan)

Pengecekan Titik Keenam	
Pengecekan Titik Ketujuh	
Pengecekan Titik Kedelapan	
Pengecekan Titik Kesembilan	
Pengecekan Titik Kesepuluh	

Dokumentasi 2. Pengecekan Mutu Beton Kolom Lantai 2

Pengecekan Titik Pertama	
Pengecekan Titik Kedua	
Pengecekan Titik Ketiga	
Pengecekan Titik Keempat	
Pengecekan Titik Kelima	

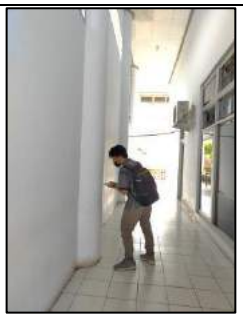
Dokumentasi 2. Pengecekan Mutu Beton Kolom Lantai 2 (Lanjutan)

Pengecekan Titik Keenam	
Pengecekan Titik Ketujuh	
Pengecekan Titik Kedelapan	
Pengecekan Titik Kesembilan	
Pengecekan Titik Kesepuluh	

Dokumentasi 3. Pengecekan Mutu Beton Kolom Lantai 3

Pengecekan Titik Pertama	
Pengecekan Titik Kedua	
Pengecekan Titik Ketiga	
Pengecekan Titik Keempat	
Pengecekan Titik Kelima	

Dokumentasi 3. Pengecekan Mutu Beton Kolom Lantai 3 (Lanjutan)

Pengecekan Titik Keenam	
Pengecekan Titik Ketujuh	
Pengecekan Titik Kedelapan	
Pengecekan Titik Kesembilan	
Pengecekan Titik Kesepuluh	

Dokumentasi 4. Pengecekan Mutu Beton Balok

Pengecekan Titik Pertama	
Pengecekan Titik Kedua	
Pengecekan Titik Ketiga	
Pengecekan Titik Keempat	
Pengecekan Titik Kelima	

Dokumentasi 4. Pengecekan Mutu Beton Balok (Lanjutan)

Pengecekan Titik Keenam	
Pengecekan Titik Ketujuh	

Dokumentasi 5. Pengecekan Mutu Beton Pelat Lantai

Pengecekan Titik Pertama	
Pengecekan Titik Kedua	
Pengecekan Titik Ketiga	
Pengecekan Titik Keempat	

Dokumentasi 6. Pengukuran Luas Bangunan

Pengukuran Samping Kanan Gedung Rektorat	
Pengukuran Samping Kiri Gedung Rektorat	
Pengukuran Depan Gedung Rektorat	
Pengukuran Belakang Gedung Rektorat	

Dokumentasi 7. Pengukuran Dimensi Kolom

Pengecekan Titik Pertama	
Pengecekan Titik Kedua	
Pengecekan Titik Ketiga	
Pengecekan Titik Keempat	

Dokumentasi 8. Pengukuran Dimensi Balok

Pengecekan Titik Pertama	
Pengecekan Titik Kedua	
Pengecekan Titik Ketiga	
Pengecekan Titik Keempat	