



**PERENCANAAN PENAMBAHAN JUMLAH LANTAI PADA
GEDUNG PERKULIAHAN FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS JEMBER**

SKRIPSI

Oleh

**Hari Subagio
161910301089**

**PROGRAM STUDI STRATA 1 TEKNIK SIPIL
JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS JEMBER
2020**



**PERENCANAAN PENAMBAHAN JUMLAH LANTAI PADA
GEDUNG PERKULIAHAN FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS JEMBER**

SKRIPSI

Diajukan Guna Melengkapi Tugas Akhir dan Memenuhi Satu Syarat untuk
Menyelesaikan Program Studi Strata 1 Teknik Sipil dan Mencapai
Gelar Sarjana Teknik

Oleh

**Hari Subagio
161910301089**

**PROGRAM STUDI STRATA 1 TEKNIK SIPIL
JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS JEMBER**

2020

PERSEMBAHAN

Bismillahirrahmanirrahim

Alhamdulillah, sujud syukur ku persembahkan kepada-Mu Ya Allah Tuhan Yang Maha Agung dan Maha Tinggi.

Atas takdir dan seijin-Mu, saya selalu berusaha menjadi pribadi yang mau berpikir, berilmu, beriman dan Engkau selalu berikan kesabaran.

Semoga satu keberhasilan dapat menjadikan satu langkah awal menuju masa depanku dalam meraih cita-citaku dan ridho-Mu.

Terima kasih Ya Allah, Engkau telah menghadirkan dan menganugerahkan orang-orang pilihan-Mu untuk berada di sekelilingku, sehingga mereka selalu memberikan doa terbaik dan semangatnya untukku.

Maka dari itu ku persembahkan tulisan ini untuk:

1. Kedua orang tuaku, (alm) Bapak Sugiyat dan Ibu Sunarmi yang selaku memberikan segalanya untukku.
2. Kakak-kakakku, yang selalu menyemangati dan memberikan motivasi tiada henti.
3. Bapak Dr. Ir. Krisnamurti, M.T. dan Bapak Paksitya Purnama Putra, S.T., M.T. selaku dosen pembimbing yang dengan sabar telah membimbing dan memberikan arahan selama ini.
4. Keluarga besar Mastrip I2, yang dengan sabar selalu memberikan motivasi-motivasi terbaik mereka.
5. Semua guru yang telah memberikan ilmunya dari kecil hingga saat ini.
6. Keluarga besar Teknik Sipil Universitas Jember, yang telah menjadi saudara seperjuangan.

Terima kasih juga buat semuanya yang tidak mungkin saya sebutkan satu persatu.

MOTTO

“Dan demikian pula di antara manusia, makhluk bergerak yang bernyawa, dan hewan-hewan ternak ada yang bermacam-macam warnanya dan jenisnya. Di antara hamba-hamba Allah yang takut kepada-Nya hanyalah para ulama. Sungguh, Allah Maha Perkasa, Maha Pengampun.”

(QS. Fatir:28)

“Allah akan meninggikan orang-orang yang beriman di antaramu dan orang-orang yang diberikan ilmu pengetahuan beberapa derajat. Dan Allah Maha Mengetahui apa yang kamu kerjakan.”

(QS. Mujadalah:11)

“Siapa yang menempuh jalan untuk mencari ilmu, maka Allah akan memudahkan baginya jalan menuju surga.”

(HR. Muslim, no.2699)

PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Hari Subagio

NIM : 161910301089

menyatakan dengan sesungguhnya bahwa skripsi saya yang berjudul: *Perencanaan Penambahan Jumlah Lantai pada Gedung Perkuliahan Fakultas Teknik Universitas Jember* adalah benar-benar hasil karya sendiri, kecuali jika dalam pengutipan substansi disebutkan sumbernya, dan belum pernah diajukan pada institusi mana pun, serta bukan karya jiplakan. Saya bertanggung jawab atas keabsahan dan kebenaran isinya sesuai sikap ilmiah yang harus dijunjung tinggi.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya, tanpa adanya tekanan dan paksaan dari pihak mana pun serta bersedia mendapat sanksi akademik apabila ternyata di kemudian hari pernyataan ini tidak benar.

Jember, 16 Juli 2020

Yang menyatakan

Hari Subagio

Nim. 161910301089

SKRIPSI

**PERENCANAAN PENAMBAHAN JUMLAH LANTAI PADA
GEDUNG PERKULIAHAN FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS JEMBER**

Oleh

Hari Subagio

NIM. 161910301089

Pembimbing

Dosen Pembina Utama : Dr. Ir. Krisnamurti, M.T.

Dosen Pembina Anggota : Paksitya Purnama Putra, S.T., M.T.

LEMBAR PENGESAHAN

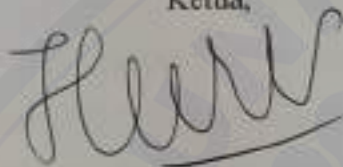
Skripsi berjudul "Perencanaan Penambahan Jumlah Lantai pada Gedung Perkuliahan Fakultas Teknik Universitas Jember" telah diuji dan disahkan pada:

Hari, Tanggal :

Tempat :

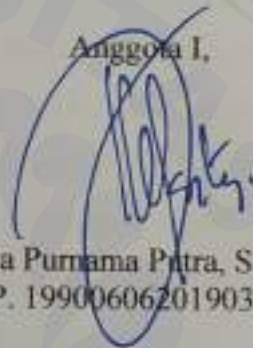
Tim Penguji

Ketua,



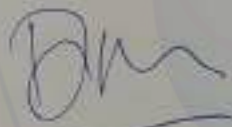
Dr. Ir. Krisnamurti, M.T.
NIP. 196612281999031002

Anggota I,



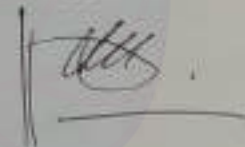
Paksitya Purnama Putra, S.T., M.T.
NIP. 199006062019031022

Anggota II,



Ir. Dwi Nurtanto, S.T., M.T.
NIP. 197310151998021000

Anggota III,



Ir. Hernu Suyoso, M.T.
NIP. 195511121987021001

Mengesahkan,

Dekan



Dr. Triwahju Hardianto, M.T.
NIP. 197008261997021001

RINGKASAN

Perencanaan Penambahan Jumlah Lantai pada Gedung Perkuliahan Fakultas Teknik Universitas Jember; Hari Subagio 161910301089; 2020; 104 halaman; Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Jember.

Fakultas Teknik Universitas Jember tidak memiliki infrastruktur yang memadai yaitu hanya memiliki satu gedung perkuliahan dan terus melakukan penambahan program studi yang sekaligus bertambah pula jumlah mahasiswanya. Pembangunan di area Fakultas Teknik juga masih sebatas Gedung Laboratorium, bukan gedung perkuliahan untuk kegiatan belajar mengajar. Imbas dari tidak sebandingnya jumlah gedung perkuliahan dengan penambahan mahasiswa adalah tidak tercakupnya sarana dan prasarana untuk mahasiswa. Oleh karena itu, penelitian ini merencanakan penambahan ruang kelas pada gedung perkuliahan eksisting. Penambahan ruang kelas ini nantinya juga akan menambah jumlah lantai pada gedung eksisting tersebut. Penambahan dilakukan sejumlah 3 lantai sebagai ruang kelas dan 1 lantai atap yang direncanakan sebagai ruang pertemuan (*rooftop*).

Perencanaan dan evaluasi dilakukan dengan cara memodelkan gedung secara 3D pada sebuah program bantu analisis struktur. Analisis dan evaluasi pada program bantu dimodelkan dengan dimensi yang sama dengan kondisi eksisting dan akan dilakukan penambahan jumlah lantai dengan dimensi sesuai perhitungan preliminari desain. Perbedaan kondisi gedung eksisting dan perencanaan adalah adanya penambahan *lift* sebagai sarana perpindahan antar lantai yang ditopang dengan konstruksi Dinding Geser. Perbedaan yang lain adalah pergantian konstruksi atap dari atap rangka baja menjadi konstruksi atap *rooftop*.

Hasil pemodelan dengan penambahan-penambahan tersebut menunjukkan kondisi gedung rencana masih aman, dimana simpangan antar lantai terbesar adalah 10,2 mm dimana angka tersebut masih di bawah simpangan ijin (31,5 mm) dan nilai integritas struktur sebesar -0,97 (syarat $-1 < -0,97 < 1$).

SUMMARY

Planning of Storey Addition in The Lecture's Building Faculty Engineering in University of Jember; Hari Subagio 161910301089; 2020; 104 pages; Departement of Civil Engineering, Faculty of Engineering, University of Jember.

Faculty of engineering at the University of Jember has not sufficient infrastructure, there is one lecture building and keep increasing the number of the department and also increasing the number of the student. Development at the area of faculty of engineering is about the laboratory, not a lecture building for studying. Impact from this unbalance development with the addition of students is lack of room for studying and lecturing. In this case, this research will be planning the addition of classrooms in the existing building. The addition of the classroom will also increase the number of floors in the existing building. The existing building will plan for 3 floors increment. This additional 3 floors are used for a classroom and 1 roof planned as a meeting room (rooftop).

Planning and evaluation is modeled with 3D modeling and analyze with a software for structural analysis. Analysis and evaluation in the software are modeled with the existing dimension and the preliminary design for the additional floors. The differentiation between the existing building and the planning building are the additional of a lift as a movement part from one floor to the another floor which is supported by a Shear Wall. Another differentiation is roof changing from steel construction to rooftop construction.

This modeling result with all of the additionals show that the existing building is safe, which the highest story drift is 10,2 mm and below Δ_{ijin} (31,5 mm) and the integrity scores of the structure is -0,97 (specification -1, < -0,97 < 1).

PRAKATA

Syukur Alhamdulillah atas kehadiran Allah SWT atas limpahan berkat dan karunia-Mu saya selaku penulis dapat menyelesaikan skripsi dengan judul “Perencanaan Penambahan Jumlah Lantai pada Gedung Perkuliahan Fakultas Teknik Universitas Jember”. Skripsi ini disusun sebagai salah satu syarat untuk menyelesaikan Program Studi Strata (S-1) Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Jember.

Selama proses penyusunan skripsi ini penulis mendapat bantuan dari berbagai pihak, untuk itu penulis menyampaikan terima kasih kepada:

1. Bapak Dr. Ir. Triwahju Hardianto, S.T., M.T. selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Jember.
2. Bapak Dr. Gusfan Halik, S.T., M.T. selaku Ketua Jurusan Teknik Sipil
3. Ibu Dr. Anik Ratnaningsih, S.T., M.T. selaku Ketua Program Studi S-1 Teknik Sipil.
4. Bapak Dr. Ir. Krisnamurti, M.T. selaku Dosen Pembimbing Utama.
5. Bapak Paksitya Purnama Putra, S.T., M.T. selaku Dosen Pembimbing Anggota.
6. Bapak Dwi Nurtanto, S.T., M.T. selaku Dosen Penguji Utama.
7. Bapak Ir. Hernu Suyoso, M.T. selaku Dosen Penguji Anggota.
8. Ibu Dr. Yeny Dhokhikah, S.T., M.T. selaku Dosen Pembimbing Akademik.

Segala kritik dan saran yang membangun sangat penulis harapkan demi kesempurnaan skripsi ini. Akhir kata, semoga skripsi ini dapat berguna bagi penulis atau pun pembaca sekalian di kemudian hari.

Jember, 16 Juli 2020

Yang menyatakan

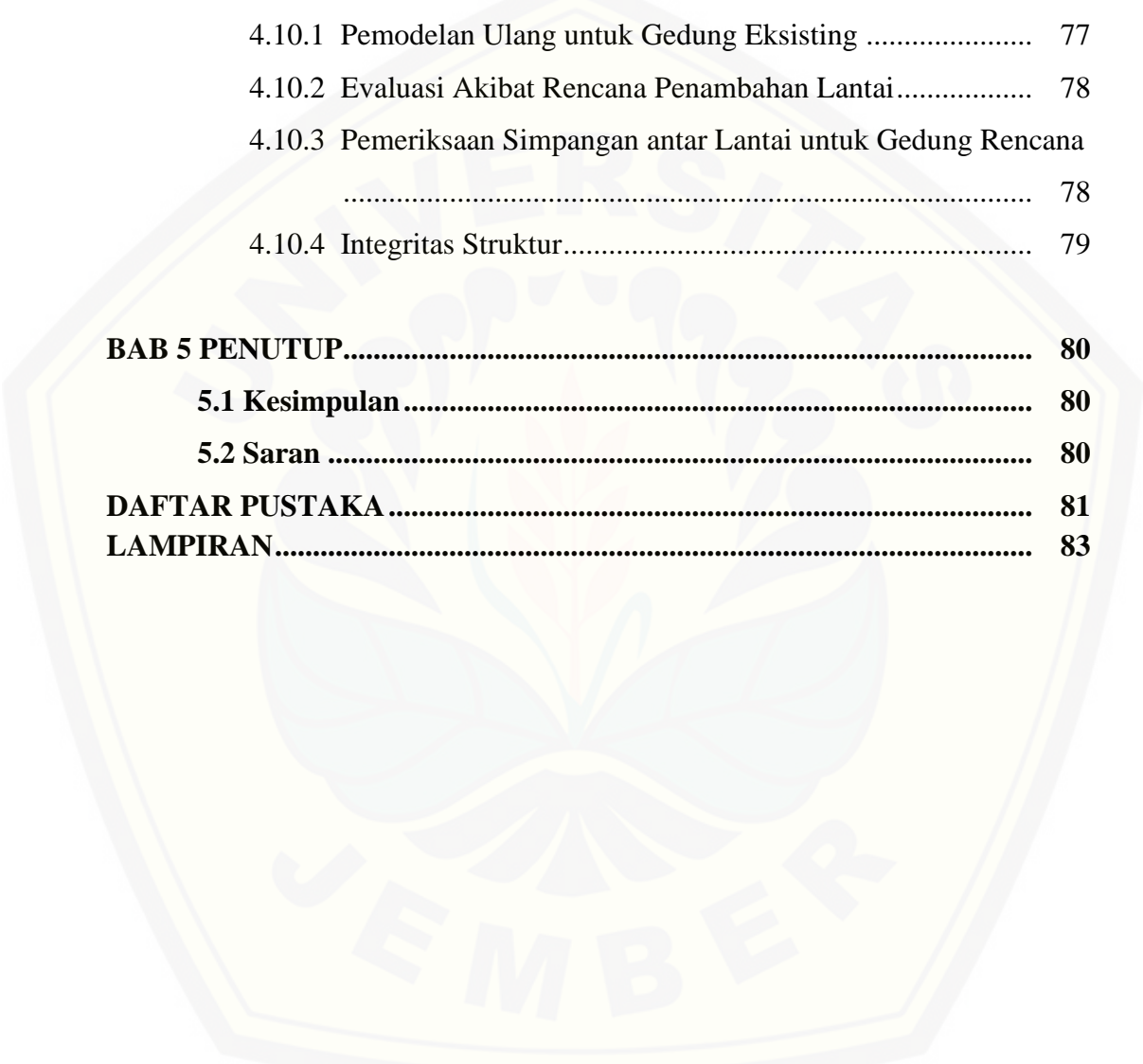
Hari Subagio

Nim. 161910301089

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PERSEMBAHAN	iii
HALAMAN MOTTO	iv
HALAMAN PERNYATAAN.....	v
HALAMAN PEMBIMBING	vi
HALAMAN PENGESAHAN.....	vii
RINGKASAN	viii
SUMMARY	ix
PRAKATA	x
DAFTAR ISI.....	xi
DAFTAR TABEL	xiv
DAFTAR GAMBAR.....	xvi
BAB 1 PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah.....	2
1.3 Tujuan Penelitian	2
1.4 Manfaat Penelitian	3
1.5 Batasan Masalah	3
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA.....	4
2.1 Perencanaan.....	4
2.2 Pembebanan.....	5
2.3 Kombinasi Pembebanan	8
2.4 Acuan Awal Perencanaan.....	9
2.5 Retrofitting.....	12
2.6 Metode Jacketing.....	13
2.7 Integritas struktur.....	16

BAB 3 METODOLOGI PENELITIAN	18
3.1 Lokasi Penelitian	18
3.2 Pengumpulan Data	18
3.3 Metode Analisis	19
3.4 Diagram Alir Penelitian.....	20
3.4.1 Pengumpulan Data	21
3.4.2 Preliminari Desain	22
3.4.3 Pembebanan	22
3.4.4 Analisis Struktur dengan Program Bantu	22
3.4.5 <i>Jacketing</i> Beton	23
BAB 4 PEMBAHASAN	24
4.1 Perhitungan Penambahan Jumlah Lantai.....	24
4.2 Preliminari Desain untuk Penambahan Lantai	25
4.2.1 Preliminari Desain Balok.....	26
4.2.2 Preliminari Desain Pelat	27
4.2.3 Preliminari Desain Kolom	28
4.2.4 Preliminari Desain Dinding Geser	33
4.3 Perencanaan Sekunder	33
4.3.1 Perhitungan Penulangan Pelat Lantai	34
4.3.2 Perhitungan Penulangan Pelat Atap.....	41
4.3.3 Perencanaan Tangga	48
4.4 Pembebanan Akibat Beban Gravitasi dan Beban Gempa	51
4.5 Analisis dengan Menggunakan Program Bantu	56
4.6 Perhitungan Penulangan	59
4.6.1 Perhitungan Penulangan Balok	59
4.6.2 Perhitungan Penulangan Kolom	63
4.7 Perhitungan Hubungan Balok Kolom.....	70
4.7.1 Dimensi <i>Joint</i>	70
4.7.2 Tulangan Transversal	70
4.7.3 Perhitungan Kuat Geser	71



4.8 Perencanaan Dinding Geser	72
4.8.1 Kebutuhan Tulangan Minimum	72
4.8.2 Kebutuhan Tulangan untuk Menahan Gaya Geser	73
4.9 Pemilihan Jenis Pondasi	73
4.10 Evaluasi Akibat Penambahan Lantai	77
4.10.1 Pemodelan Ulang untuk Gedung Eksisting	77
4.10.2 Evaluasi Akibat Rencana Penambahan Lantai	78
4.10.3 Pemeriksaan Simpangan antar Lantai untuk Gedung Rencana	78
4.10.4 Integritas Struktur	79
BAB 5 PENUTUP	80
5.1 Kesimpulan	80
5.2 Saran	80
DAFTAR PUSTAKA	81
LAMPIRAN	83

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Beban Mati untuk Bahan Bangunan	6
Tabel 2.2 Beban Mati untuk Komponen Gedung	7
Tabel 2.3 Beban Hidup	7
Tabel 2.4 Faktor Keutamaan Gempa	8
Tabel 2.5 Kombinasi Pembebanan.....	9
Tabel 2.6 Batasan Dimensi Lebar Sayap Efektif untuk Balok-T.....	10
Tabel 2.7 Tebal Minimum Pelat Satu Arah Non Prategang.....	10
Tabel 2.8 Tebal Minimum Pelat Dua Arah Non Prategang	10
Tabel 4.1 Perkiraan Jumlah Mahasiswa pada Tahun 2024	24
Tabel 4.2 Kebutuhan Ruang Kelas pada Tahun 2024.....	25
Tabel 4.3 Hasil Preliminari Desain Balok.....	27
Tabel 4.4 Data Perencanaan Pelat Lantai.....	28
Tabel 4.5 Perhitungan Beban Hidup untuk Kolom.....	31
Tabel 4.6 Perhitungan Beban Mati dengan Dinding untuk Kolom.....	31
Tabel 4.7 Perhitungan Beban Mati tanpa Dinding untuk Kolom	31
Tabel 4.8 Data Perencanaan Pelat Lantai.....	34
Tabel 4.9 Perhitungan Beban Mati untuk Pelat Lantai	34
Tabel 4.10 Data Perencanaan Pelat Atap	41
Tabel 4.11 Perhitungan Beban Mati untuk Pelat Atap.....	41
Tabel 4.12 Perhitungan Beban Mati untuk Pelat Tangga	48
Tabel 4.13 Hasil Pemodelan Tangga	49
Tabel 4.14 Rekapitulasi Beban Mati Tambahan (SIDL)	55
Tabel 4.15 Hasil Pemodelan Struktur Balok.....	59
Tabel 4.16 Hasil Pemodelan Struktur Kolom	59
Tabel 4.17 Hasil Perhitungan Penulangan Balok.....	63
Tabel 4.18 Hasil Perhitungan Penulangan Kolom	70
Tabel 4.19 Data Perencanaan HBK	70
Tabel 4.20 Data Perencanaan untuk Kuat Geser HBK	71
Tabel 4.21 Data Perencanaan untuk Pemilihan Jenis Pondasi.....	74

Tabel 4.22 Perbandingan Gedung Eksisting dengan Gedung Rencana 78

Tabel 4.23 Simpangan antar Lantai 79



DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Faktor Panjang Tekuk	12
Gambar 2.2 <i>Jacketing</i> pada Kolom dan Balok (Boen, 2010)	15
Gambar 3.1 Lokasi Gedung Perkuliahan Fakultas Teknik	18
Gambar 3.2 Diagram Alir Penelitian	21
Gambar 4.1 Rasio Bentang Bersih Pelat	27
Gambar 4.2 Tributari Area Kolom	30
Gambar 4.3 Pelat Lantai yang Ditinjau	34
Gambar 4.4 Tinggi Efektif untuk Pelat Lantai	36
Gambar 4.5 Pelat Atap yang Ditinjau	41
Gambar 4.6 Tinggi Efektif untuk Pelat Atap	43
Gambar 4.7 Pemodelan Tangga	49
Gambar 4.8 Denah Pembagian Segemen untuk Pembebanan	51
Gambar 4.9 Denah Rencanan Gedung Teknik	56
Gambar 4.10 Peta MCR-E untuk Periode Pendek ($T=0,2$ detik)	57
Gambar 4.11 Peta MCR-E untuk Periode Panjang ($T=1$ detik)	57
Gambar 4.12 Pemodelan 3D Gedung Perkuliahan Fakultas Teknik UNEJ	58
Gambar 4.13 <i>Shell Forces</i> Gedung Perkuliahan Fakultas Teknik UNEJ	58
Gambar 4.14 Faktor Panjang Tekuk Kolom 1	64
Gambar 4.15 Diagram Interaksi yang Terjadi Pada Kolom 1	66
Gambar 4.16 Peta Sebaran Daya Dukung Pondasi <i>Footplate</i> (2x2)	76
Gambar 4.17 Hasil Analisis Gedung Eksisting	78

DAFTAR LAMPIRAN

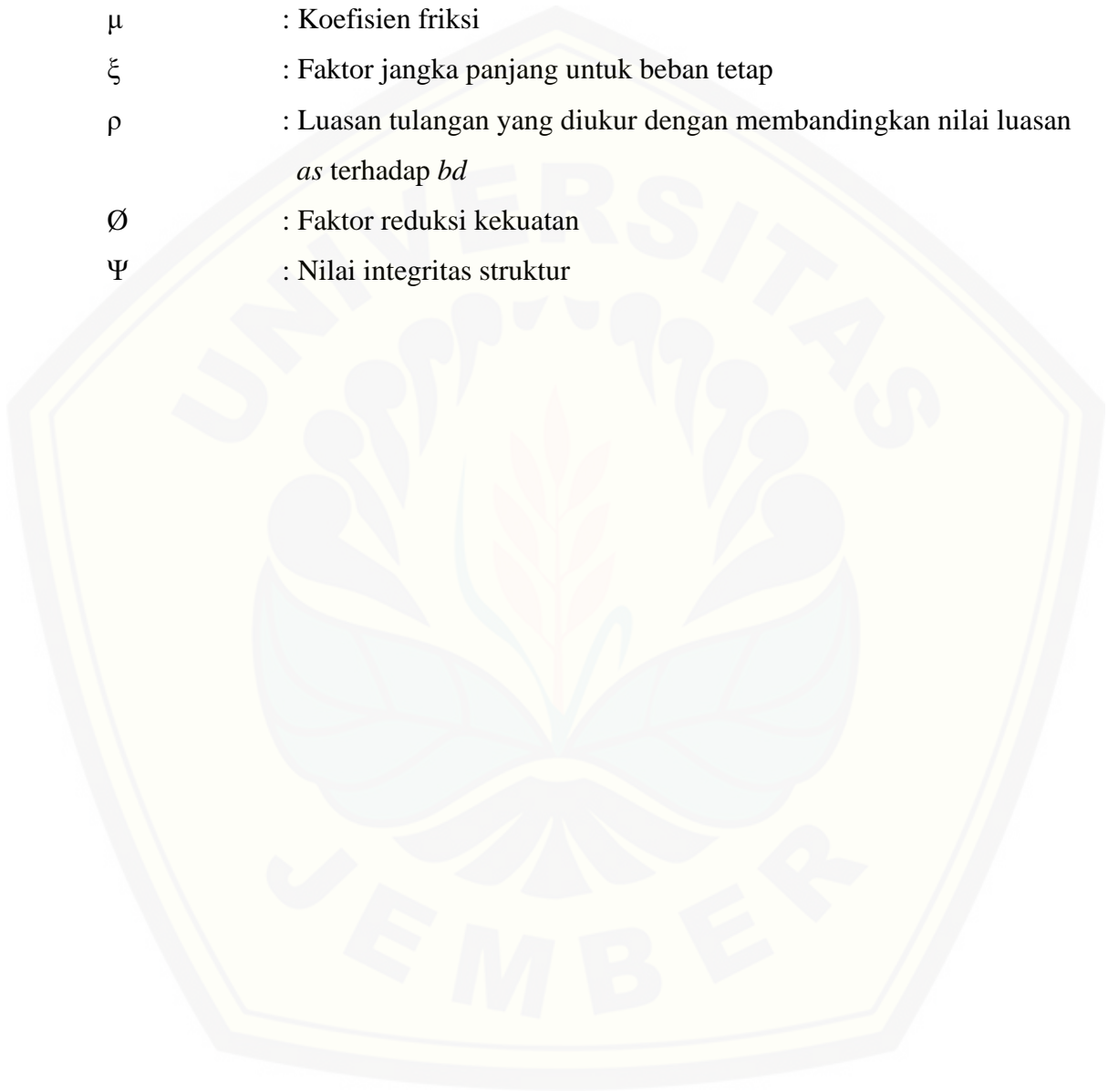
1. Denah Rencana.
2. Tampak Depan dan Samping Kiri.
3. Potongan Memanjang dan Melintang.
4. Denah Rencana Balok dan Kolom.
5. Rencana Penulangan Pelat.
6. Detail Penulangan (Balok, Kolom, HBK, Dinding Geser, Tangga dan Pondasi)
7. 3D Gedung Rencana.

DAFTAR NOTASI

A_g	: Luas bruto penampang beton (mm^2)
A_r	: Luas area tributari (mm^2)
A_s	: Luas tulangan tekan (mm^2)
A_s'	: Luas tulangan tarik (mm^2)
A_{sh}	: Luas tulangan transversal (mm^2)
B_e	: Lebar efektif pelat (mm)
B_w	: Lebar balok (mm)
C	: Jarak serat tekan terluar ke sumbu netral (mm)
D_b	: Selimut beton (mm)
D_x	: Jarak serat tekan terluar arah sumbu x (mm)
D_y	: Jarak serat tekan terluar arah sumbu y (mm)
E_c	: Modulus elastisitas beton (Mpa)
E_s	: Modulus elastisitas tulangan baja (Mpa)
F'_c	: Kekuatan tekan beton (Mpa)
F_r	: Modulus hancur beton (Mpa)
F_y	: Kekuatan leleh baja (Mpa)
H	: Tebal atau tinggi komponen struktur (mm)
I_b	: Momen inersia penampang bruto balok terhadap sumbu pusat (mm^4)
I_g	: Momen inersia penampang bruto terhadap sumbu pusat yang mengabaikan tulangan (mm^4)
I_p	: Momen inersia penampang bruto pelat terhadap sumbu pusat (mm^4)
K	: Faktor panjang efektif
K_{LL}	: Faktor elemen beban beban hidup
L_{dc}	: Panjang penyaluran tekan batang tulangan ulir (mm)
L_{dh}	: Panjang penyaluran tarik batang tulangan ulir yang diukur dari penampang kritis ujung luar kait (mm)
L_n	: Panjang bentang bersih yang diukur muka ke muka tumpuan

	(mm)
M_{cr}	: Momen retak (N-mm)
M_n	: Kuat lentur nominal pada penampang (N-mm)
P_n	: Kekuatan aksial nominal penampang (N)
P_u	: Gaya aksial nominal penampang (N)
Q_u	: Beban terfaktor persatuan luas (N/mm ²)
R	: Jari-jari girasi penampang komponen struktur (mm)
S_1	: Parameter percepatan respons spectral MCE dari peta gempa pada periode pendek, redaman 5%, didefinisikan dalam 0
S_s	: Parameter percepatan respons spectral MCE dari peta gempa pada periode 1 detik, redaman 5%, didefinisikan dalam 0
S_w	: Jarak bersih antara badan yang berdekatan (mm)
T	: Tebal penampang (mm)
V_c	: Tegangan terkait kekuatan geser dua arah nominal yang disediakan oleh beton (Mpa)
V_s	: Tegangan beton ekuivalen terkait kekuatan geser dua arah Nominal yang disediakan oleh tulangan (Mpa)
V_u	: Tegangan geser dua arah maksimum terfaktor yang dihitung di keliling penampang kritis yang ditinjau (Mpa)
Y_t	: Jarak dari sumbu pusat penampang bruto, yang mengabaikan tulangan, ke muka tarik (mm)
α_f	: Rasio kekuatan lentur penampang balok terhadap kekuatan lentur lebar pelat yang dibatasi secara lateral oleh garis pusat panel di sebelahnya pada setiap sisi balok
α_{fm}	: Nilai rata-rata α_f , untuk semua balok pada tiap tepi panel
β	: Rasio dimensi panjang terhadap pendek
β_{dns}	: Rasio yang digunakan untuk memperhitungkan reduksi kekuatan kolom akibat gaya aksial tetap
δ	: Faktor perbesaran momen untuk menggambarkan pengaruh kurvatur komponen struktur untuk setiap ujung komponen struktur tekan

Δ_{ijin}	: Batas simpangan yang diijinkan
λ	: Faktor modifikasi yang merefleksikan property mekanis tereduksi dari beton ringan, semuanya relative terhadap beton normal dengan kekuatan tekan yang sama
μ	: Koefisien friksi
ξ	: Faktor jangka panjang untuk beban tetap
ρ	: Luasan tulangan yang diukur dengan membandingkan nilai luasan <i>as</i> terhadap <i>bd</i>
\emptyset	: Faktor reduksi kekuatan
Ψ	: Nilai integritas struktur



BAB 1. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Fakultas Teknik Universitas Jember masih minim infrastuktur dengan 1 gedung perkuliahan dan 15 program studi, Fakultas Teknik kurang efektif dalam mengatur jadwal perkuliahan. Bahkan dalam praktiknya, Fakultas Teknik menerapkan jadwal perkuliahan mulai dari pagi yaitu pukul 05.10 hingga malam pukul 19.40. Waktu tersebut bukan merupakan waktu yang efektif untuk dunia pendidikan. Pembangunan gedung di area Fakultas Teknik hanya sebatas gedung laboratorium, bukan gedung perkuliahan yang lebih mendesak. Oleh karena itu, Fakultas Teknik perlu penambahan ruang kelas untuk mempermudah kegiatan pembelajaran.

Penambahan ruang kelas pada suatu struktur akan menambah jumlah lantai gedung tersebut. Kemungkinan kegagalan struktur akan terjadi seiring dengan pertambahan jumlah lantainya. Kegagalan struktur yang dimaksudkan adalah rusaknya struktur balok dan kolom, dalam hal ini kolom menempati posisi yang cukup penting sehingga harus direncanakan dengan prinsip *strong column weak beam*. Menurut (Krisnamurti et al., 2013), kolom merupakan elemen struktur yang berfungsi untuk meneruskan gaya – gaya dalam dari pelat dan balok yang selanjutnya diteruskan ke pondasi dan tanah dasar. Menurut (Irawan, 2012), kegagalan struktur kolom akan mengakibatkan runtuhnya secara langsung seluruh komponen struktur dari bangunan gedung.

Melihat kerusakan struktur yang mungkin akan terjadi, maka perlu dilakukan perbaikan struktur kolom eksisting agar dapat diketahui kolom tersebut apakah sudah mampu menahan beban akibat pertambahan lantai tersebut. Salah satu perbaikan yang dapat dilakukan pada kegagalan struktur kolom adalah dengan menggunakan metode *jacketing* beton. Menurut (Soenaryo et al., 2009), *jacketing* beton adalah perbesaran yang dilakukan pada dimensi penampang dan penambahan jumlah tulangan struktur beton bertulang. Perbaikan dilakukan dengan cara menyelimuti kolom eksisting dengan beton dan tulangan baru, dengan demikian

diharapkan kolom mampu menahan beban yang direncanakan akibat penambahan lantai.

Berdasarkan permasalahan yang telah dijelaskan sebelumnya, penelitian ini bertujuan untuk memodelkan sebuah gedung dengan penambahan jumlah lantai sebanyak 3 lantai baru dan metode *jacketing* beton digunakan sebagai metode perbaikan apabila struktur tersebut mengalami kegagalan. Penambahan 3 lantai dilakukan karena adanya pembangunan gedung baru pada area Fakultas Teknik. Penelitian ini mengambil judul "Perencanaan Penambahan Jumlah Lantai pada Gedung Perkuliahan Fakultas Teknik Universitas Jember".

1.2 Rumusan Masalah

Adapun rumusan masalah berdasarkan latar belakang yang telah disebutkan diatas adalah sebagai berikut:

1. Berapa banyak kebutuhan penambahan jumlah lantai berdasarkan perkiraan jumlah mahasiswa dalam 5 tahun ke depan?
2. Bagaimana kondisi tingkat keamanan struktur eksisting atau integritas struktur akibat penambahan lantai?

1.3 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan penelitian berdasarkan latar belakang di atas adalah sebagai berikut:

1. Merencanakan seberapa banyak kebutuhan jumlah lantai gedung perkuliahan berdasarkan jumlah mahasiswa 5 tahun ke depan.
2. Mengetahui kondisi tingkat keamanan konstruksi eksisting atau integritas struktur serta merencanakan perbaikan struktur apabila terjadi kerusakan akibat penambahan lantai.

1.4 Manfaat Penelitian

Adapun manfaat dari penelitian berdasarkan permasalahan yang terjadi pada latar belakang di atas adalah sebagai berikut:

1. Manfaat secara aplikatif

Penelitian ini dapat diterapkan pada peningkatan fasilitas gedung perkuliahan Fakultas Teknik Universitas Jember khususnya dalam penambahan jumlah ruang kelas.

2. Manfaat secara teoritis

Penelitian ini dapat digunakan sebagai bahan rujukan untuk tugas besar Jurusan Teknik Sipil yang berkaitan dengan perhitungan bangunan gedung.

1.5 Batasan Penelitian

Agar penelitian ini tidak keluar dari pokok permasalahan yang dirumuskan, maka batasan masalah pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Penelitian ini hanya dilakukan pada gedung perkuliahan Fakultas Teknik Universitas Jember.
2. Penelitian ini tidak memperhitungkan anggaran biaya.
3. Penerapan metode *jacketing* yang dilakukan hanya sebatas pada struktur kolom.
4. Penambahan jumlah lantai berdasarkan kebutuhan kapasitas ruang kelas dengan maksimum penambahan menjadi 6 lantai.
5. Struktur pondasi hanya dievaluasi jenis dan kapasitas tanpa merencanakan perbaikannya.

BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Perencanaan

Perencanaan adalah perhitungan yang dilakukan untuk menentukan kekuatan struktur dari sebuah konstruksi dengan menggunakan prinsip mekanika struktur yang berlaku. Proses perencanaan juga meliputi pembuatan gambar rencana yang nantinya akan dilaksanakan atau diterapkan di lapangan.

Struktur gedung akan menerima berbagai macam beban, oleh karena itu sebuah struktur harus mampu menerima beban – beban tersebut dengan optimal agar bangunan tersebut aman dan kuat. Beban – beban juga akan disalurkan menuju struktur bawah (pondasi) dengan aman dan mekanisme penyaluran beban tersebut dapat secara langsung maupun tidak langsung.

Penyaluran beban secara langsung berupa beban aksial atau gaya normal, gaya normal adalah gaya yang bekerja tegak lurus terhadap sumbu atau bidang kerja, sedangkan penyaluran beban secara tidak langsung berupa momen, torsi dan geser. Momen terjadi bilamana sebuah gaya bekerja mempunyai jarak tertentu terhadap titik yang akan menahan beban tersebut. Menurut (Lumban et al., 2016), torsi adalah rotasi atau putaran yang terjadi pada penampang yang tegak lurus terhadap sumbu utama dan merupakan bagian dari efek momen dari elemen. Kondisi geografis wilayah Indonesia terletak pada daerah rawan gempa, untuk meminimalisir resiko terhadap gempa dan angin maka struktur bangunan harus direncanakan tahan terhadap gempa. Berdasarkan ketentuan SNI 1726:2019 tentang Tata Cara Perencanaan Ketetapan Ketahanan Gempa untuk Bangunan Gedung dan Non Gedung. Berikut ini merupakan falsafah perencanaan bangunan tahan gempa:

1. Bangunan harus mampu menahan gaya gempa ringan tanpa mengalami kerusakan sedikit pun.
2. Bangunan tahan terhadap gaya gempa sedang dan tidak mengalami kerusakan pada struktur utama dan diperbolehkan mengalami kerusakan atau kegagalan pada struktur sekunder.

3. Bangunan harus mampu menahan gaya gempa kuat dengan struktur utama rusak namun tidak terjadi kerusakan secara menyeluruh pada bangunan gedung.

Dalam perencanaan sebuah bangunan gedung juga harus memperhatikan 4 hal berikut ini:

1. Struktural

Bangunan yang direncanakan harus mampu menahan semua gaya akan terjadi seperti : gaya akibat beban hujan, gaya akibat beban angin dan gaya akibat gempa yang akan terjadi, oleh karena itu bangunan harus kuat dan mampu memberikan rasa aman untuk penghuninya.

2. Ekonomis

Perencanaan dimensi atau pendimensian elemen struktur harus proporsional, dan penggunaan bahan harus memadai dan mudah didapat sehingga dapat mengurangi anggaran biaya.

3. Fungsional

Kesesuaian fungsi bangunan dan pemanfaatan juga harus disesuaikan, hal tersebut akan memberikan rasa kenikmatan dan kenyamanan.

4. Estetika

Estetika atau keindahan adalah sebuah seni yang akan memberikan rasa bangga kepada pemilik bangunan tersebut. Di era modern seperti sekarang seorang perencana selain dituntut mampu merencanakan sebuah gedung dengan aman juga dituntut mampu memberikan sentuhan artistik pada sebuah gedung.

2.2 Pembebanan

Sebuah perencanaan diasumsikan mampu menahan semua beban yang akan diterimanya dan beban yang akan dipakai diambil berdasarkan SNI 1727:2013 Beban Minimum untuk Perancangan Bangunan Gedung dan Struktur Lain, sedangkan untuk ketahanan terhadap gempa sebuah bangunan harus direncanakan berdasarkan SNI 1726:2019 Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non Gedung. Selain beban – beban tersebut harus

pula diperhatikan gaya – gaya lain seperti: pengaruh prategang, vibrasi, kejut, perubahan suhu, susut, rangkak, dan beban khusus lainnya yang mungkin akan bekerja. Macam – macam beban pada gedung sebagai berikut:

1. Beban mati (D)

Beban mati adalah berat atau beban keseluruhan material konstruksi bangunan gedung yang menempel atau terpasang, meliputi lantai, dindingi, atap, plafon, partisi tetap, tangga, *finishing*, komponen arsitektural serta struktur pelayanan yang terpasang termasuk kran (SNI 1727-2013). Berat sendiri bahan bangunan dan komponen gedung berdasarkan Pedoman Perencanaan Pembangunan Rumah dan Gedung 1987:

Tabel 2.1 Beban Mati untuk Bahan Bangunan

No	Konstruksi	Berat	Satuan
1	Baja	7850	kg/m ³
2	Batu Kali	2600	kg/m ³
3	Batu Belah	1500	kg/m ³
4	Beton	2200	kg/m ³
5	Beton Bertulang	2400	kg/m ³
6	Pas. Setengah Bata	1700	kg/m ³
7	Pas. Batu Kali	2200	kg/m ³
8	Pas. Batu Cetak	2200	kg/m ³
9	Tanah	1700	kg/m ³
10	Pasir Kerikil	1850	kg/m ³
11	Pasir	1600	kg/m ³
12	Air	1000	kg/m ³
13	Kayu	1000	kg/m ³
14	Aspal	1400	kg/m ³

(Sumber: Pedoman Perencanaan Pembangunan Rumah dan Gedung 1987)

Tabel 2.2 Beban Mati untuk Komponen Gedung

No	Konstruksi	Berat	Satuan
1	Adukan	21	kg/m ²
2	Pas. Setengah Bata	250	kg/m ²
3	Pas. Satu Bata	450	kg/m ²
4	Dinding Batako (t=10 cm)	120	kg/m ²

No	Konstruksi	Berat	Satuan
5	Plafond Asbes	11	kg/m ²
6	Penggantung	7	kg/m ²
7	Genteng, Reng, Kaso	50	kg/m ²
8	Penutup Lantai	24	kg/m ²

(Sumber: Pedoman Perencanaan Pembangunan Rumah dan Gedung 1987)

2. Beban hidup (L)

Beban hidup adalah beban akibat dari fungsi bangunan tersebut dan tidak termasuk beban konstruksi, beban lingkungan, seperti beban angin, beban hujan, beban banjir, beban gempa dan beban mati (SNI 1727-2013). Karakteristik dari beban hidup adalah mampu bergerak dan berpindah. Besarnya beban hidup terbagi merata ekuivalen yang harus diperhitungkan pada struktur bangunan gedung, pada umumnya dapat ditentukan berdasarkan standar yang berlaku. Beban hidup untuk bangunan gedung adalah:

Tabel 2.3 Beban hidup

No	Konstruksi	Berat	Satuan
1	Sekolah (ruang kelas)	192	kg/m ³
2	Laboratorium	287	kg/m ³
3	Ruang Pertemuan	479	kg/m ³
4	Jalur untuk Akses Pemeliharaan	192	kg/m ³
5	Tangga	479	kg/m ³
6	Garasi/Parkir	192	kg/m ³
7	Atap datar, berbubung, lengkung	96	kg/m ³
8	Kantor	240	kg/m ³

(Sumber: SNI 1727 - 2013)

3. Beban gempa

Beban gempa merupakan beban yang bekerja akibat dari pergerakan tanah yang nantinya akan berpengaruh pada struktur bangunan. Pergerakan tanah ini dapat terjadi akibat dari gempa tektonik maupun gempa vulkanik. Dalam penelitian ini beban gempa dihitung dengan metode *respons spectrum*, dengan menganalisis *respons* dinamik suatu struktur yang berperilaku elastis penuh terhadap pengaruh suatu gempa. Berdasarkan SNI 1726:2019 Tata

Cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non Gedung, berbagai kategori risiko struktur bangunan gedung dan non gedung pengaruh gempa rencana terhadapnya harus dikalikan dengan faktor keutamaan gempa.

Tabel 2.4 Faktor Keutamaan Gempa

Kategori risiko	Faktor keutamaan gempa
I atau II	1,0
III	1,25
IV	1,5

(Sumber: SNI 1726 - 2019)

2.3 Kombinasi Pembebanan

Dalam perencanaan, beban-beban yang bekerja pada saat masa layan gedung harus diperhitungkan mulai dari beban hidup, beban mati dan beban gempa. Beban - beban tersebut harus dihitung dengan adanya beban kombinasi (*load combination*) agar struktur lebih aman. Perencanaan komponen struktur beton bertulang harus mengikuti ketentuan komponen struktur dan harus direncanakan dengan kuat sesuai ketentuan yang dipersyaratkan dalam SNI 1727:2013 Beban Minimum untuk Perancangan Bangunan Gedung dan Struktur Lain. Semua komponen struktur harus direncanakan hingga semua penampang mempunyai kuat rencana minimum sama dengan kuat perlu, yang dihitung berdasarkan kombinasi beban dan gaya terfaktor yang sesuai dengan ketentuan tata cara tersebut.

Tabel 2.5 Kombinasi Pembebanan

Kombinasi Pembebanan	Beban Utama
$U=1.4D$	D
$U=1.2D+1.6L+0.5(Lr \text{ Atau } R)$	L
$U=1.2D+1.6(Lr \text{ atau } R) + (1.0L \text{ atau } 0.5W)$	$Lr \text{ atau } R$
$U=1.2D+1.0W+1.0L+0.5(Lr \text{ atau } R)$	W
$U=1.2D+1.0E+1.0L$	E
$U=0.9L+1.0W$	W
$U=0.9L+1.0E$	E

(Sumber: SNI 2847 - 2019)

Dengan:

- D = Beban mati
- L = Beban hidup
- Lr = Beban hidup atap
- R = Beban hujan
- W = Beban angin
- E = Beban gempa

2.4 Acuan Awal Perencanaan

Digunakan SNI 2847:2019 Persyaratan Beton Struktural untuk Bangunan Gedung dan Penjelasannya sebagai acuan awal pendimensian. Perencanaan dilakukan dengan kemudahan pekerjaan pelaksanaan di lapangan yaitu, sedapat mungkin ukuran kolom disamakan atau variasinya dibuat minimal dengan mutu beton dan jumlah tulangan yang diturunkan pada lantai yang lebih tinggi.

1. Ukuran balok beton

$$H = L/16 \text{ (balok yang tertumpu sederhana) } \dots\dots\dots (2.1)$$

$$H = L/21 \text{ (balok menerus/balok dilatasi) } \dots\dots\dots (2.2)$$

$$B = 2/3 H \dots\dots\dots (2.3)$$

Dengan H adalah tinggi balok, B adalah lebar balok dan L adalah panjang balok.

Tabel 2.6 Batasan Dimensi Lebar Sayap Efektif untuk Balok-T

Lokasi sayap	Lebar sayap efektif, di luar penampang balok	
Kedua sisi balok (T)		$l_n/8$
	Sekurangnya	$S_w/2$
		$8h$
Satu sisi balok (L)		$l_n/12$
	Sekurangnya	$S_w/2$
		$6h$

(Sumber: SNI 2847 - 2019)

Dengan:

- H = Ketebalan pelat
- S_w = Jarak bersih antara balok yang bersebelahan

l_n = Panjang bentang bersih

2. Ukuran pelat lantai

a. Pelat satu arah

Tabel 2.7 Tebal Minimum Pelat Satu Arah Non Prategang

Kondisi tumpuan	h minimum
Kantilever	$l/10$
Tumpuan Sederhana	$l/20$
Satu ujung menerus	$l/24$
Kedua ujung menerus	$l/28$

(Sumber: SNI 2847 - 2019)

b. Pelat dua arah

Tabel 2.8 Tebal Minimum Pelat Dua Arah Non Prategang

f_y (Mpa)	Tanpa drop panel			Dengan drop panel		
	Panel eksterior		Panel interior	Panel eksterior		Panel interior
	Tanpa balok tepi	Dengan balok tepi		Tanpa balok tepi	Dengan balok tepi	
280	$l_n/33$	$l_n/36$	$l_n/36$	$l_n/36$	$l_n/40$	$l_n/40$
420	$l_n/30$	$l_n/33$	$l_n/33$	$l_n/33$	$l_n/36$	$l_n/36$
520	$l_n/28$	$l_n/31$	$l_n/31$	$l_n/31$	$l_n/34$	$l_n/34$

(Sumber: SNI 2847 - 2019)

Untuk pelat yang menumpu pada balok dengan kedua ujung tertumpu secara sederhana tebal h harus memenuhi syarat:

- Untuk nilai $\alpha_{fm} \leq 0,2$
Digunakan tebal 125 mm
- Untuk nilai $\alpha_{fm} \ 0,2 < \alpha_{fm} \leq 2$

$$h = \frac{\ln(0,8 + \frac{f_y}{1400})}{36 + 5\beta(\alpha_{fm} - 0,2)} \dots\dots\dots (2.4)$$

dengan nilai h tidak boleh kurang dari 125 mm

- Untuk nilai $\alpha_{fm} > 2$

$$h = \frac{\ln(0,8 + \frac{f_y}{1400})}{36 + 9\beta} \dots\dots\dots (2.5)$$

dengan nilai h tidak boleh kurang dari 90 mm

Nilai kekakuan pelat dapat dihitung dengan persamaan berikut:

$$k = \frac{1 + ((\frac{be}{bw}) - 1) \times \frac{t}{h} \times (4 - 6(\frac{t}{h})) + 4(\frac{t}{h})^2 + ((\frac{be}{bw}) - 1)(\frac{t}{h})^3}{1 + ((\frac{be}{bw}) - 1)(\frac{t}{h})} \dots\dots\dots (2.6)$$

3. Ukuran kolom beton

$$A_g = \frac{P_u}{0,8 \phi (0,85 \cdot f'_c (1-\rho) + (f_y \cdot \rho_g))} \dots\dots\dots (2.7)$$

Nilai ρ dapat digunakan sebesar 0,015

Cek kelangsingan kolom

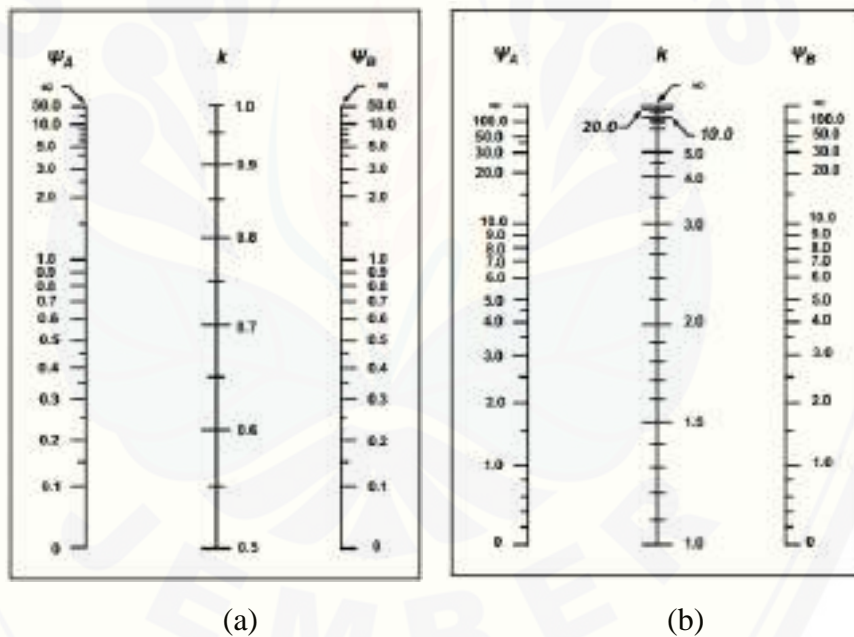
- Dengan goyangan samping

$$\frac{klu}{r} \leq 22 \dots\dots\dots (2.8)$$

- Tanpa goyangan samping

$$\frac{klu}{r} \leq 34 + 12(M1 + M2) \dots\dots\dots (2.9)$$

$$\frac{klu}{r} \leq 40 \dots\dots\dots (2.10)$$



Gambar 2.1 Faktor panjang efektif (a) Rangka tidak bergoyang (b) Rangka bergoyang (Sumber: SNI 2847:2019)

4. Ukuran dinding geser.

- Syarat pertama, ketebalan dinding geser dihitung dengan persamaan berikut dan harus melebihi dari 100 mm.

$$t_{\text{dinding geser}} = \frac{h}{25} \dots\dots\dots (2.11)$$

$$t_{\text{dinding geser}} = \frac{l}{25} \dots\dots\dots (2.12)$$

- Syarat kedua, ketebalan dinding geser harus memenuhi persamaan untuk panjang penyaluran (l_{dh}) ditambah tebal selimut beton yang dipakai, dengan persamaan l_{dh} :

$$l_{dh} = \frac{f_y \cdot d_b}{5,4 \cdot \lambda \cdot \sqrt{f'_{rc}}} \dots \dots \dots (2.13)$$

2.5 Retrofitting

Retrofitting bertujuan untuk memperbaiki komponen struktur agar memiliki kapasitas lebih besar dari sebelumnya dan menghasilkan struktur bangunan yang lebih kuat. Beberapa hal yang harus diperhatikan sebelum melakukan retrofitting:

1. Melakukan survei lapangan.
2. Memeriksa material dan mutu bahan yang akan digunakan.
3. Melakukan analisis kerusakan.
4. Menganalisis apakah struktur masih kuat atau tidak.
5. Apabila struktur masih kuat maka *retrofitting* tidak perlu dilakukan, dan juga sebaliknya apabila struktur rusak maka perlu dilakukan perbaikan seperti penambahan dimensi dan tulangan pada struktur kolom (*jacketing* beton).

Menurut (Boen, 2010), beberapa macam retrofitting yang dapat digunakan adalah:

1. Metode *Jacketing* Beton atau penambahan dimensi dengan menyelimuti balok atau kolom yang didalamnya ditambahkan tulangan dan sengkang baru di luar struktur utama.
2. Penyelubungan kolom dengan menggunakan profil baja dan mengisi celah - celah kolom dengan metode *Grouting Concrete*.
3. Menambah dinding baru pada sisi lemah bangunan.
4. Memperbesar dimensi dinding geser.
5. Menambahkan *bracing*.
6. Menambahkan *bandage* dengan kawat ayam.
7. Kombinasi dari semua atau beberapa metode di atas.

2.6 Metode Jacketing

Menurut (Octora, 2019), metode *jacketing* beton merupakan metode perkuatan struktur untuk merestorasi penampang beton sehingga menambah kuat aksial dan daktilitasnya. Tujuan dari metode ini adalah untuk menambah dimensi penampang dari beton sehingga menambah kekuatan aksial dan geser struktur beton. Selain menghitung elemen struktur yang terbebani akibat beban eksisting, pada analisis tegangan juga harus dihitung dengan memodifikasi nilai regangan awal akibat beban eksisting.

Menurut (Soenaryo et al., 2009), keuntungan pertama dari metode *jacketing* beton ialah meningkatkan dan menambah kekuatan serta daktilitas beton, dan keuntungan selanjutnya *jacketing* beton mampu melindungi struktur dari kerusakan fragment. Struktur yang diselubungi beton baru akan memiliki kemampuan lebih dalam menerima beban, karena *jacketing* beton dapat meminimalisir kegagalan geser secara langsung (*direct shear*).

Perkuatan dengan metode *jacketing* beton ini cukup efektif dalam meningkatkan kuat geser kolom dan aksial kolom. Rumus kapasitas beban aksial maksimum kolom beton bertulang dalam SNI 2847:2019 Persyaratan Beton Struktural untuk Bangunan Gedung dan Penjelasannya:

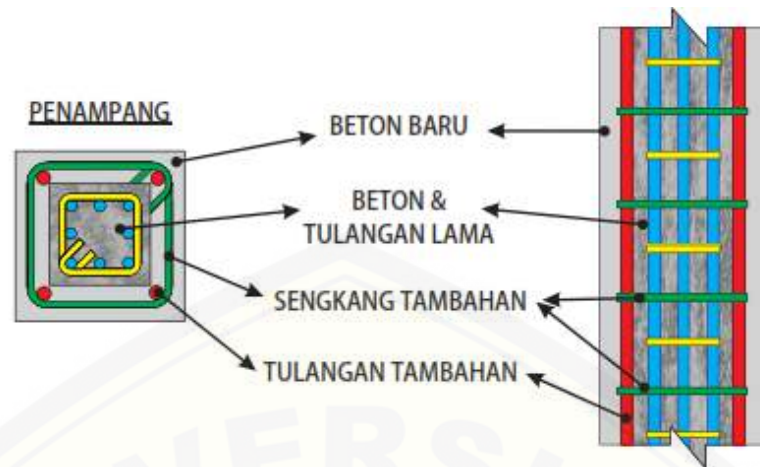
$$\phi P_{nmax} = 0,8\phi(0,85 \cdot f'c(Ag - A_{st}) + f_y \cdot A_{st}) \dots\dots\dots (2.14)$$

Rumus kapasitas beban aksial maksimum kolom retrofit dengan metode *jacketing* menurut (Saputra et al., 2018) dapat dihitung dengan:

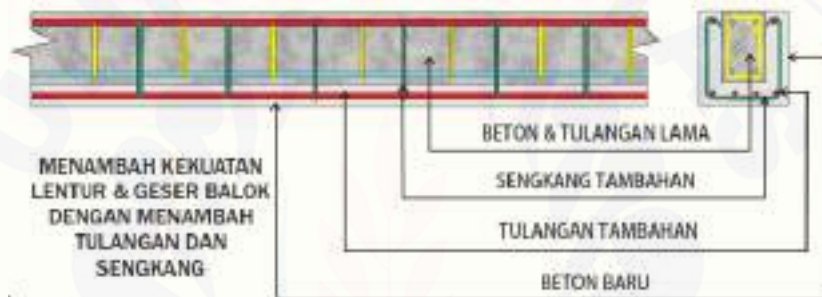
$$\phi P_{nmax} = 0,8\phi(0,85 \cdot f'c(Ag_{kolom\ asli} - A_{st}) + f_y \cdot A_{st}) + 0,8\phi(0,85 \cdot f'c(Ag_{kolom\ retrofit} - A_{stretrofit}) + f_y \cdot A_{stretrofit}) \dots\dots\dots (2.15)$$

Rumus kapasitas geser maksimum kolom beton bertulang dalam SNI 2847:2019 Persyaratan Beton Struktural untuk Bangunan Gedung dan Penjelasannya:

$$V_c = 0,17(1 + \frac{N_u}{14 \cdot A_g}) \lambda \sqrt{f'c} \cdot b_w \cdot d) \dots\dots\dots (2.16)$$



(a)



(b)

Gambar 2.1 *Jacketing* pada (a) Kolom dan (b) Balok
(Sumber:Boen, 2010)

Menurut (CED 39 7428 dalam Saruni 2017), spesifikasi minimum yang harus dipenuhi untuk metode *concrete jacketing*:

1. Mutu beton penyelubung minimal sama dengan atau lebih besar dari mutu beton eksisting.
2. Digunakan tulangan longitudinal diameter 12 mm pada keempat sisinya dan diameter 8 mm untuk sengkang, apabila kolom tidak perlu tambahan jumlah tulangan.
3. Minimal tebal *jacketing* adalah 100 mm.
4. Untuk diameter sengkang, minimal 8 mm dan tidak boleh kurang dari 1/3 tulangan longitudinal.
5. Jarak maksimal sengkang pada 1/4 bentang adalah 100 mm dan untuk jarak vertikal antar sengkang adalah 100 mm.

Menurut (Kaontole et al., 2015), *jacketing* beton memiliki kelebihan dan kekurangan yaitu, sebagai berikut:

- Kelebihan

- 1) Mampu meningkatkan daktilitas struktur dan kekuatan struktur (kapasitas aksial, kapasitas lentur, dan kemampuan geser).
- 2) Mampu menambah kekakuan struktur.
- 3) Mampu meningkatkan stabilitas Struktur.
- 4) Biaya lebih ekonomis dibandingkan metode perkuatan lainnya.

- Kekurangan

- 1) Terjadinya pengurangan ruang kosong akibat bertambahnya dimensi pada struktur kolom yang terpasang.
- 2) Kekakuan bisa tidak merata apabila pada pelaksanaannya *jacketing* beton tidak diperhatikan dengan baik.
- 3) *Jacketing* beton memiliki kemampuan kapasitas yang lebih rendah dibandingkan perkuatan dengan *steel jacketing*, CFRP, GFRP, AFRP.

2.7 Perhitungan Rasio Kebutuhan Tulangan

Tulangan digunakan untuk menahan gaya tarik yang terjadi pada struktur beton bertulang, hal ini disebabkan beton sendiri hanya mampu menahan gaya tekan saja.

Rasio tulangan dihitung dengan persamaan berikut:

$$- \rho_{min} = \frac{1,4}{f_y} \dots\dots\dots (2.17)$$

$$- \rho_{balance} = \frac{\beta \cdot 0,85 \cdot f'_c}{f_y} \cdot \frac{400}{600 + f_y} \dots\dots\dots (2.18)$$

$$- \rho_{maks} = 0,75 \cdot \rho_{balance} \dots\dots\dots (2.19)$$

Berdasarkan SNI 2847-2019 pasal 18.10.2, untuk dinding geser dapat digunakan rasio tulangan 0,0025 dari penampangnya.

2.8 Integritas Struktur

Integritas struktur adalah kemampuan dari beberapa komponen struktur untuk menahan gaya akibat berat atau beban yang bekerja pada struktur tersebut ataupun beban dari struktur itu sendiri, dengan tanpa merusak ataupun merusak secara berlebihan dari struktur tersebut. Integritas struktur digunakan untuk mencegah kegagalan struktur yang mungkin dapat terjadi. Kegagalan struktur dapat terjadi apabila suatu struktur kehilangan integritasnya, hal ini disebabkan oleh deformasi yang melebihi kemampuan batas akibat dari beban yang berlebihan. Kegagalan lokal pada sebuah struktur tidak boleh mengakibatkan terjadinya keruntuhan langsung atau bahkan runtuh secara keseluruhan.

Menurut (Saruni, 2017), keruntuhan pada satu kolom yang merupakan elemen tekan dapat mengakibatkan *collapse* (runtuhnya) pada lantai yang tepat berada di atasnya, dan juga runtuh batas total (*ultimate total change*) seluruh struktur. Pemeriksaan kekuatan kolom yang direncanakan dapat dilakukan dengan menganalisis struktur dengan rasio tegangan (*stress ratio*) dari penampang kolom. Analisis ini akan menunjukkan perbandingan antara gaya yang harus didukung kolom rencana dengan kemampuan daya dukung penampang kolom. Menurut Arfiadi (2016), rasio tegangan dapat dihitung dengan rumus:

$$-1 \leq \Psi' = \frac{600}{f_y} \left(1 - \frac{1+\mu}{2\xi}\right) \leq 1 \dots\dots\dots (2.20)$$

$$\xi = \frac{c}{h} \dots\dots\dots (2.21)$$

$$\mu = \frac{h-2d'}{h} \dots\dots\dots (2.22)$$

Dengan:

Ψ' = Rasio tegangan kolom

F_y = Tegangan leleh baja

μ = koefisien friksi

ξ = Faktor tergantung waktu untuk beban tetap

h = penampang kolom

BAB 3. METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Lokasi Penelitian

Penelitian dilakukan pada Gedung Perkuliahan Fakultas Teknik Universitas Jember yang berada di Jln. Kalimantan No. 37, Sumbersari, Kabupaten Jember.



Gambar 3.1 Lokasi Gedung Perkuliahan Fakultas Teknik
(Sumber: Google Earth)

3.2 Pengumpulan Data

Data – data yang digunakan pada penelitian ini diperoleh dari Bagian Perencanaan Fakultas Teknik Universitas Jember:

1. Data Mahasiswa Teknik
2. Gambar Perencanaan
3. Respon spektrum wilayah Jember
4. Peraturan – peraturan:
 - a. Persyaratan Beton Struktural untuk Bangunan Gedung dan Penjelasannya, SNI 2847:2019
 - b. Pedoman Perencanaan Pembangunan Rumah dan Gedung 1987
 - c. Beban Minimum Untuk Perancangan Bangunan Gedung Dan Struktur Lain, SNI 1727:2013

- d. Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Struktur Bangunan Gedung Dan Non Gedung, SNI 1726:2019

3.3 Metode Analisis

1. Program Bantu Analisis Struktur

Program bantu ini merupakan program yang digunakan untuk menganalisis gaya dalam yang terjadi pada struktur bangunan, gaya dalam tersebut meliputi bidang momen, bidang datar, maupun gaya geser. Gaya dalam yang terjadi diakibatkan oleh beban mati, beban hidup dan beban gempa.

2. Program Bantu Gambar Rencana

Program bantu akan digunakan untuk mempermudah penyajian gambar rencana dari bangunan tersebut.

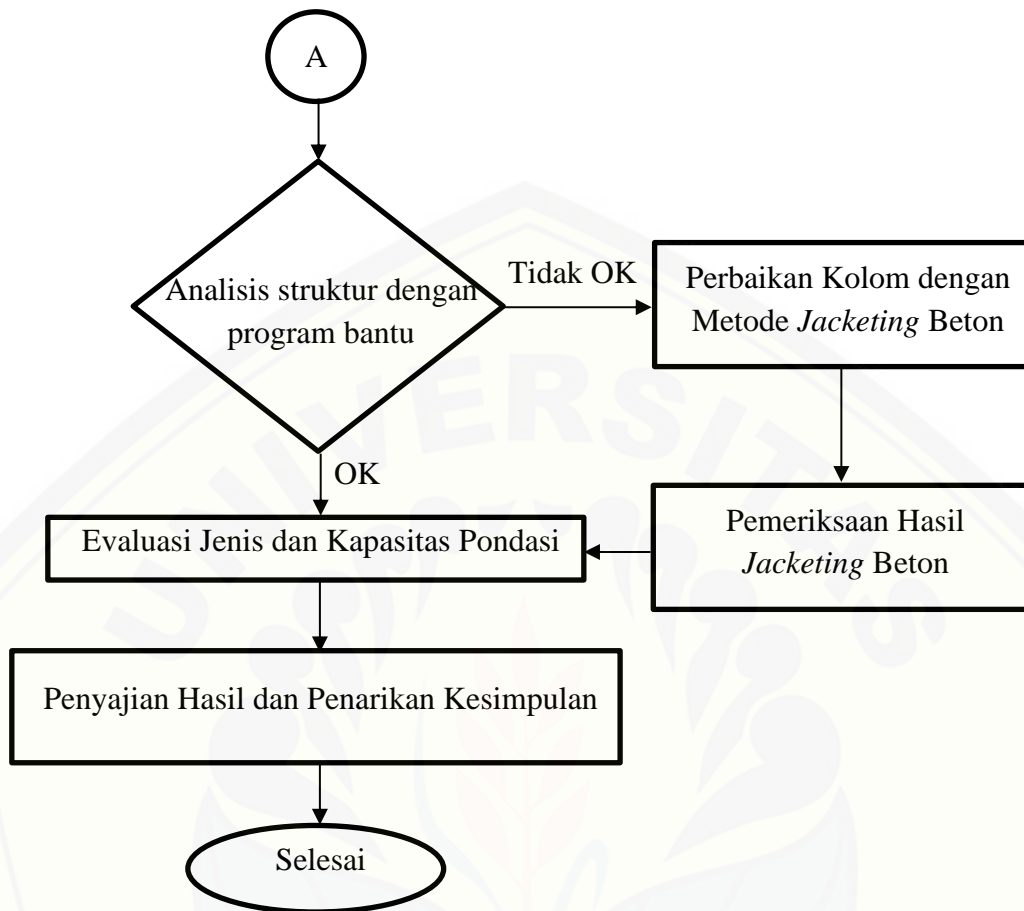
Selain menggunakan program bantu, perhitungan secara manual juga digunakan untuk membandingkan hasil dari keduanya. Perhitungan secara manual tersebut meliputi:

1. Perhitungan struktur balok.
2. Perhitungan struktur plat beton.
3. Perhitungan struktur kolom.
4. Perhitungan perencanaan dinding geser.

3.4 Diagram Alir Penelitian

Berikut merupakan diagram pengerjaan dari penelitian Perencanaan Penambahan Lantai pada Gedung Perkuliahan Fakultas Teknik:





Gambar 3.2 Diagram Alir Penelitian

3.4.1 Pengumpulan Data

Data – data yang dibutuhkan untuk menunjang perencanaan ini adalah :

1. Data Mahasiswa Teknik

Data ini digunakan sebagai dasar penentuan jumlah penambahan lantai berdasarkan kuota mahasiswa Fakultas Teknik tahun 2019. Data mahasiswa teknik diperoleh dari bagian Akademik Fakultas Teknik.

2. Gambar Perencanaan

Gambar perencanaan digunakan sebagai patokan pendimensian struktur eksisting, yaitu struktur lantai 1-3. Data gambar perencanaan diperoleh dari bagian Perencanaan Fakultas Teknik.

3.4.2 Preliminari Desain

Preliminari desain digunakan untuk menghitung dimensi dari struktur tambahan, yaitu:

1. Perhitungan balok.
2. Perhitungan pelat lantai.
3. Perhitungan kolom.
4. Perhitungan pelat atap.

3.4.3 Pembebanan

Pembebanan yang digunakan meliputi:

1. Beban mati.
2. Beban hidup.
3. Beban gempa.

3.4.4 Analisis Struktur dengan Menggunakan Program Bantu Analisis Struktur

Program bantu ini digunakan untuk memodelkan bangunan gedung sehingga bisa diketahui gaya – gaya dalam yang dibutuhkan untuk mendesain struktur tambahannya. Analisis program bantu ini menggunakan metode elemen hingga (FEM) baik untuk *static analysis* maupun *dynamic analysis* (nonlinier analisis).

3.4.5 Jacketing beton

Jacketing beton merupakan salah satu cara yang dapat digunakan untuk memperbaiki kegagalan struktur akibat beban yang berlebih. *Jacketing* beton dilakukan dengan menambah dimensi kolom sekaligus menambah jumlah tulangan yang telah ada. Setelah *Jacketing* beton selesai, pengecekan dilakukan untuk memeriksa kekuatan kolom apakah sudah mampu menahan beban. Perkuatan dengan metode *jacketing* beton ini cukup efektif dalam meningkatkan kuat geser kolom dan aksial kolom.



BAB. 5 PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan dari hasil pemodelan struktur dan perhitungan secara manual untuk Gedung Perkuliahan Fakultas Teknik UNEJ, maka dapat disimpulkan:

1. Kebutuhan lantai untuk 5 tahun ke depan dihitung dengan data kuota penerimaan mahasiswa baru pada tahun 2019. Perhitungan ini menghasilkan kebutuhan sejumlah 10 lantai, namun untuk selanjutnya digunakan penambahan 3 lantai sebagai rung kelas ditambah 1 lantai atap yang direncanakan dapat digunakan sebagai ruang pertemuan.
2. Kondisi keamanan untuk struktur eksisting setelah dilakukan penambahan lantai masih aman, dan mampu menahan berat keseluruhan lantai. Simpangan antar lantai yang terjadi sebesar 10,2 mm dibawah simpangan ijin ($\Delta_{ijin} = 31,5 \text{ mm}$) dan nilai integritas strukturnya sebesar -0,97 ($-1 < -0,97 < 1$).

5.2 Saran

Berdasarkan dari evaluasi pemodelan struktur dan perhitungan secara manual untuk Gedung Perkuliahan Fakultas Teknik UNEJ, maka saran untuk penelitian ke depannya yaitu, sebagai berikut:

1. Perlu dilakukannya penyelidikan untuk daya dukug tanah maupun pondasi eksisting dari Gedung Perkuliahan Fakultas Teknik UNEJ.
2. Perencanaan pondasi yang lebih mendetail untuk struktur dinding geser.
3. Penambahan lantai bisa dilakukan sesuai kebutuhan yang sebenarnya, yaitu 10 tingkat.

DAFTAR PUSTAKA

- Arfiadi, Y. (2016). Diagram Interaksi Perancangan Kolom Dengan Tulangan Pada Empat Sisi Berdasarkan Sni 2847:2013 Dan Aci 318M-11. *Jurnal Teknik Sipil*, 13(4), 268–290.
- Badan Standardisasi Nasional:1726. (2019). Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non Gedung. *Standart Nasional Indonesia*.
- Badan Standardisasi Nasional:1727. (2013). Beban Minimum Untuk Perancangan Bangunan Gedung dan Struktur Lain. *Standart Nasional Indonesia*.
- Badan Standardisasi Nasional:2847. (2019). Persyaratan Beton Struktural Untuk Bangunan Gedung Dan Penjelasan. *Standart Nasional Indonesia*
- Boen, T. (2010). *Cara Memperbaiki Bangunan Sederhana Yang Rusak Akibat Gempa Bumi*.
- Departemen Pekerjaan Umum. (1987). *Pedoman Perencanaan Pembebanan Untuk Rumah dan Gedung*.
- Hidayat, B. (2020). Pemetaan Daya Dukung Pondasi Footplate di Wilayah Universitas Jember Berbasis CPT (*Cone Penetration Test*). Skripsi. Jember. Program Studi Teknik Sipil Universitas Jember.
- Irawan, J. (2012). Kegagalan Struktur Dan Penanganannya. *Jurnal Intekna*, 2, 103–108.
- Kaontole, J. T., Sumajouw, M. D. J., & Windah, R. S. (2015). Evaluasi Kapasitas Kolom Beton Bertulang yang Diperkuat dengan Metode Concrete Jacketing. *Sipil Statik*, 3(3), 167–174.
- Krisnamurti, K.A. Wiswamitra, W. Kriswardhana. (2013). Pengaruh Variasi Bentuk Penampang Kolom Terhadap Perilaku Elemen Struktur Akibat Beban Gempa. *Jurnal Rekayasa Sipil*, 7(1), 13–27.

Lumban, M., Servie, B., Dapas, O., & Wallah, S. E. (2016). Efisiensi Penggunaan Dinding Geser Untuk Mereduksi Efek Torsi Pada Bangunan Yang Tidak Beraturan. *Jurnal Sipil Statik*, 4(1), 29–35.

Octora, D. D. (2019). Analisis Non-Linier Penampang Pilar Jembatan Beton Bertulang Yang Terbebani Diperkuat Dengan Jacket Beton. *Jurnal Jalan Jembatan*, 36(2), 77–90.

Soenaryo, A. M. Taufik H, H. Siswanto. (2009). Perbaikan Kolom Beton Bertulang Menggunakan Concrete Jacketing Dengan Prosentase Beban Runtuh Yang Bervariasi. *Jurnal Rekayasa Sipil*, 3(2), 91–100.

Saputra, R. A. P., Remayanti, N. C., & Wibowo, A. (2018). Pengaruh Jarak Senggang dari Metode Jacket Beton Bertulang Bambu pada Kolom Beton Bertulang Ringan. *Jurnal Mahasiswa Jurusan Teknik Sipil*, 1(1), pp-134.

Saruni, C. V. (2017). Evaluasi dan Analisis Perkuatan Bangunan Yang Bertambah Jumlah Tingkatnya. *Jurnal Sipil Statik*, 5(9), 591–602.