

LAPORAN PENELITIAN



EVALUASI STRUKTUR (STUDI KASUS GEDUNG FAKULTAS TEKNIK UNDARIS)

Tim Penelitian:

Ketua:

ALIM MUHRONI, ST., MT. NIDN. 0630049501

Anggota:

Ir. TOTOK APRIYANTO, MT. NIDN. 0019046101
Ir. AGUNG HARI WIBOWO, ST., MT. NIDN. 0604089203

**UNIVERSITAS DARUL ULUM ISLAMIC CENTRE
SUDIRMAN GUPPI (UNDARIS) UNGARAN**

2024

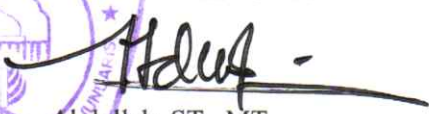
HALAMAN PENGESAHAN

1. Judul Penelitian : Evaluasi Struktur (Studi Kasus Gedung Fakultas Teknik Undaris)
2. Ketua Pelaksana Penelitian
 - a. Nama Lengkap : Alim Muhroni, ST., MT
 - b. Jenis Kelamin : L
 - c. NIDN. : 0630049501
 - d. Pangkat/Golongan : -
 - e. Jabatan Fungsional : -
 - f. Perguruan Tinggi : Universitas Darul Ulum Islamic Centre Sudirman
 - g. Fakultas/Jurusan : Teknik/Teknik Sipil
 - h. Alamat : Jl. Tentara Pelajar No. 13 Ungaran
 - i. Telepon/Faks/Email : (024) 6924355
3. Anggota Pelaksana Penelitian
 - a. Nama/NIDN : Ir. Agung Hari Wibowo, ST., MT/ 0604089203
 - b. Nama/NIDN : Ir. Totok Apriyanto., MT/ 0019046101
4. Lokasi Penelitian : Fakultas Teknik Undaris
5. Lama Penelitian : 2 bulan
6. Biaya Penelitian : Rp. 10.000.000,00 (Sepuluh Juta Rupiah)
7. Sumber Dana : Mandiri

Ungaran, 16 September 2024



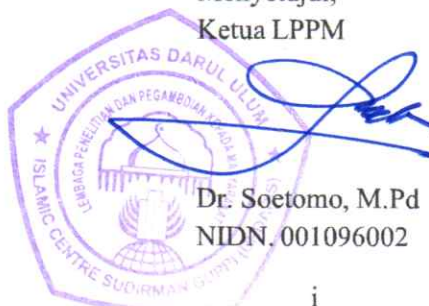
Mengetahui,
Dekan Fakultas Teknik



Abdullah, ST., MT.
NIDN. 0629096901

Ketua Tim Penelitian,


Alim Muhroni, ST., MT.
NIDN. 0630049501

Menyetujui,
Ketua LPPM




Dr. Soetomo, M.Pd
NIDN. 001096002

ABSTRAK

Gedung Fakultas Teknik Universitas Darul Ulum Islamic Centre Sudirman Guppi berdiri pada tahun 1994 berlokasi di Kab. Semarang, Jawa tengah, Indonesia. Bangunan ini berfungsi sebagai Gedung perkuliahan 2 lantai dengan menggunakan material struktur beton bertulang, permodelan analisis mempergunakan aplikasi SAP 2000 v20 dan menghitung secara manual mengacu dengan dan SNI 1729-2019. terdapat 3 tahapan dalam analisis ini, 1) kondisi awal pada bangunan eksisting, 2) kondisi rencana pada bangunan dengan penambahan lantai 3) mengevaluasi kinerja struktur. Hasil analisis struktur eksisting jika elemen struktur balok dan kolom dalam kondisi solid dengan nilai kapasitas layan untuk balok sebesar 323,30 kN lebih besar dari momen kebutuhan sebesar 28,88 kN, untuk kapasitas kolom lebih besar dari beban-beban pada Analisa struktur, Hasil analisis struktur dengan penambahan lantai elemen struktur balok nilai kapasitas layan untuk balok sebesar 323,30 kN lebih besar dari momen kebutuhan sebesar 98,88 kN, untuk kapasitas kolom tidak memenuhi dari beban-beban pada Analisa struktur dan untuk hasil evaluasi struktur dalam kondisi Damage Control (DC) .

Kata Kunci: *Kapasitas layan, Evaluasi struktur, ATC - 40.*

KATA PENGANTAR

Puji syukur kehadiran Allah SWT, yang telah melimpahkan rahmat dan hidayah-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan penyusunan Laporan Penelitian ini dengan judul "Evaluasi Struktur (Studi Kasus Gedung Fakultas Teknik Undaris)".

Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui kemampuan bangunan gedung eksisting. Lokasi penelitian difokuskan pada gedung FT di Undaris Ungaran.

Penulis mengucapkan terima kasih kepada semua pihak yang telah membantu dalam pelaksanaan ini, yaitu kepada:

1. Rektor UNDARIS Ungaran
2. Ketua LPPM UNDARIS
3. Dekan Fakultas Teknik UNDARIS
4. Semua pihak yang telah membantu di dalam kelancaran dan tersusunnya laporan ini.

Hasil penelitian ini diharapkan dapat dijadikan acuan dalam pelaksanaan Evaluasi Struktur (*Studi Kasus Gedung Fakultas Teknik Undaris*) dan bangunan lainnya yang akan melakukan evaluasi struktur. Kami menyadari laporan ini masih banyak kekurangan. Untuk itu masukan berupa kritik dan saran kami harapkan guna perbaikan di masa yang akan datang.

Ungaran, 16 September 2024

Penulis

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN.....	i
ABSTRAK	ii
KATA PENGANTAR.....	iii
DAFTAR ISI	iv
DAFTAR GAMBAR.....	vi
DAFTAR TABEL	vii
1. BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	2
1.3 Tujuan Penelitian	2
2. BAB II TINJAUAN PUSTAKA	3
2.1 Gambaran umum.....	3
2.2 Landasan hukum.....	3
2.3 Pembebanan Bangunan Gedung.....	4
2.4 Dasar penelitian	5
3. BAB II METODE PENELITIAN	9
3.1 Metode Penelitian	9
4. BAB IV ANALISA DAN PERHITUNGAN.....	10
4.1 Data Struktur Eksisting	10
4.2 Analisa Kondisi Eksisting.....	11
4.4 Analisa Kondisi Rencana.....	19
4.5 Evaluasi Kinerja Struktur.....	23
5. BAB V KESIMPULAN DAN SARAN.....	24
5.1 Kesimpulan	24

5.2	Saran.....	24
	DAFTAR PUSTAKA.....	25

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. Lokasi.....	3
Gambar 2. Kurva Kapasitas (Sumber : ATC 40 - 1996).....	6
Gambar 2.a Potongan melintang eksisting.....	10
Gambar 3. Potongan memanjang eksisting.....	11
Gambar 4 Denah lantai 1.....	11
Gambar 5. Denah lantai 2 dan 3.....	11
Gambar 6. Denah penutup Atap.....	12
Gambar 7. Hasil hammer tes.....	12
Gambar 8. Dokumentasi hammer tes.....	12
Gambar 9. Permodelan Struktur Eksisting (Base 2 lantai).....	13
Gambar 10. Peta Zonasi gempa.....	15
Gambar 11. Kurva Spectrum gempa.....	16
Gambar 12. Diagram Bidang Momen	16
Gambar 13. Diagram Interaksi kolom.....	19
Gambar 14. Permodelan Struktur Rencana (Base 3 lantai).....	19
Gambar 15. Diagram Bidang Momen	20
Gambar 16. Diagram Bidang geser	20
Gambar 17. Diagram Interaksi kolom.....	23
Gambar 18. Spektrum Kapasitas Arah y-y	23

DAFTAR TABEL

Tabel 1. Batasan simpangan level kinerja struktur.....	7
Tabel 2. Kategori Level Kinerja Struktur.....	7
Tabel 3. Kombinasi Pembebanan.....	15
Tabel 4. Level Kinerja Struktur Swalayan sesuai ATC-40.....	24

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Gedung kuliah adalah bangunan yang dirancang khusus untuk kegiatan belajar mengajar di perguruan tinggi atau universitas. Gedung kuliah merupakan prasarana pendidikan yang penting dan berpengaruh terhadap kualitas pendidikan.

Gedung Fakultas Teknik Universitas Darul Ulum Islamic Centre Sudirman Guppi berdiri pada tahun 1994 berlokasi di Kab. Semarang, Jawa tengah, Indonesia. Bangunan ini berfungsi sebagai Gedung perkuliahan 2 lantai dengan menggunakan material struktur beton bertulang. Gedung tersebut akan dilakukan penambahan sebanyak 1 lantai diatas bangunan eksisting. Mengingat hal tersebut, dilakukan inspeksi dan evaluasi kinerja struktur existing. Kegiatan penelitian meliputi inspeksi visual, pengujian lapangan yakni Hammer Test pada elemen struktur, dan analisis struktur. Kapasitas elemen struktur kolom mampu dan tidak nya menahan beban untuk bangunan 3 lantai karena gaya yang bekerja berada diluar diagram interaksi.

Sebelum melakukan penambahan lantai, semestinya struktur yang ada di bawahnya perlu dilakukan analisis terlebih dahulu supaya dapat menopang beban yang ada di atasnya tanpa struktur utamanya dengan jumlah lantai eksisting 2 lantai harus dibongkar. Dalam sebuah bangunan struktur utamanya terdiri atas kolom, balok dan plat.

Untuk evaluasi struktur tersebut menggunakan dianalisis gaya dorong dengan bantuan program SAP 2000 versi 22.0. Evaluasi kinerja bangunan (*seismic Evaluation*) bertujuan untuk mengetahui pendekatan perilaku bangunan saat menerima beban rencana (beban gravitasi dan beban gempa) sehingga dapat dilakukan perkuatan jika diperlukan. *The American society of civil engineers* (ASCE) bersama dengan *Federation Emergency Management Agency* (FEMA) menerbitkan FEMA 440 yang didalamnya terdapat panduan/tahapan evaluasi seismik pada bangunan eksisting yang memiliki level kinerja IO (*Immediate Occupancy*/kerusakan ringan) atau LS (*Life Safety*/kerusakan sedang)

1.2 Rumusan Masalah

Rumusan masalah dalam Penelitian ini adalah :

1. Bagaimana kondisi eksisting kapasitas layan gedung?

2. Bagaimana kondisi rencana kapasitas layan gedung yang sudah diberi penambahan lantai?
3. Bagaimana kondisi eksisting level kinerja struktur ketika ditambah lantai baru?

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan dalam Penelitian ini adalah :

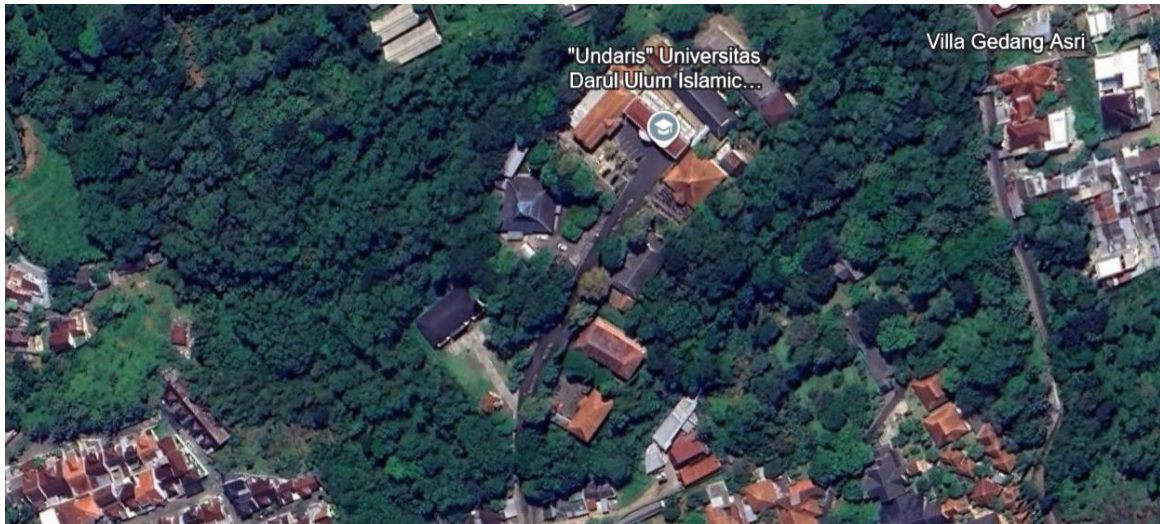
1. Mengetahui kondisi eksisting kapasitas layan gedung
2. Mengetahui kondisi rencana kapasitas layan gedung yang sudah diberi penambahan lantai
3. Mengetahui kondisi rencana kapasitas level kinerja struktur setelah ditambah lantai

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Gambaran Umum

Lokasi penelitian berlokasi di kab. Semarang dengan hasil pengujian tanah dalam kategori situs gempa masuk dalam kategori Tanah Sedang “D”.



Gambar 1 Lokasi Penelitian

2.2 Landasan Hukum

Di Negara Indonesia sudah mempunyai pedoman dalam menghitung struktur beton. Hal tersebut tertuang pada SNI dan Undang-Undang. Berikut adalah ketentuan yang dipakai yaitu:

1. Structure Analisis Progran (SAP)-2000
2. Pedoman Persyaratan Beton Struktural pada Bangunan Gedung SNI 2847-2019 / ACI 318-14 / (SRPMK)
3. Pedoman Baja Tulangan Beton SNI 2052-2017
4. Pedoman Beban Minimum Untuk Perancangan Bangunan Gedung dan Struktur Lain, SNI 1727:2020
5. Pedoman Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Struktur Bangunan Gedung dan Nongedung SNI 1726 – 2019 (IBC 2012)
6. FEMA 356, 2000, *Prestandard and Commentary for The Seismic Rehabilitation of Buildings*, Federal Emergency Management Agency, Washington, D.C.
7. Dan Peraturan lainnya yang terkait dan relevan.

2.3 Pembebanan Bangunan Gedung

Jika berkaca pada Tata Cara Perhitungan Struktur Beton untuk Bangunan Gedung, beban-beban yang menjadi perhitungan merupakan beban mati, beban hidup, beban angin serta beban gempa. Untuk memperjelas hal di atas, berikut akan diuraikan terkait dengan beban-beban tersebut :

1. Beban Hidup (Live Load) – pada plat ialah seluruh beban yang ditimbulkan dari penggunaan gedung, termasuk dari adanya pemindahan barang, mesin dan peralatan yang saling berkaitan dengan gedung dan bisa diganti selama masa aktif dari gedung tersebut dengan begitu akan menyebabkan lantai dan atap gedung mengalami perubahan. -Beban Hidup = 250 kg/m^2 - Beban Hidup Lift = 1600 kg/m^2 .
2. Beban Mati (Dead Load) – pada plat & Joint Structure merupakan berat dari seluruh bagian gedung yang sifatnya permanen, termasuk berbagai macam tambahan, mesin-mesin dan peralatan tetap yang sangat berkaitan dengan gedung tersebut - Beban M/E = 50 kg/m^2 - Beban Finishing Lantai Keramik = 24 kg/m^2 - Beban Pas. Dinding $\frac{1}{2}$ Bata = 250 kg/m^2 - Berat Sendiri Plafond = 7 kg/m
3. Beban Angin – pada plat atap & Joint Structure ialah beban yang ditimbulkan dari hembusan angin yang meliputi angin tekan dan angin hisap di mana bebannya diarahkan tegak lurus dengan bidang atapnya.
 - Beban angin Hisap $25 \text{ kg/ meter persegi}$
 - Beban angin Tekan $40 \text{ kg/ meter persegi}$
4. Beban Gempa (*Earthquake Load*) merupakan seluruh beban statistik ekuivalen yang berkaitan dengan gedung ataupun bangunan yang mengikuti pengaruh dari pergeseran tanah karena adanya gempa. Terkait dengan hal tersebut pengaruh gempa terhadap struktur bangunan dipengaruhi oleh respon spektrum dari hasil PUSKIM gempa daerah Kab. Kudus. Untuk gempa rangka beton menggunakan IBC 2012 / SNI 2019.

2.4 Dasar Penelitian

- a. Pendapat dari Asroni (2010) menjelaskan jika ada sejumlah parameter yang digunakan untuk menganalisis struktur eksisting terkait dengan adanya penambahan lantai baru, di antaranya yaitu :

1. $R_r \geq R_u$ (1)

Kuat rencana R_r adalah sebuah kekuatan gaya dalam (terdapat di dalam struktur), kemudian kuat perlu R_u adalah kekuatan gaya luar (terdapat di luar struktur), yang berkaitan dengan struktur, sehingga semestinya kuat rencana $R_r >$ kuat perlu R_u .

Dimana :

R_r : Kuat rencana

R_u : Kuat perlu

$$2. \quad \emptyset M_n \geq M_u \quad (2)$$

Dimana :

\emptyset : Faktor Reduksi

M_n : Momen Nominal

M_u : Momen Ultimit

$$3. \quad \emptyset V_n > V_u \quad (3)$$

Dimana :

\emptyset : Faktor Reduksi

V_n : Geser Nominal

V_u : Geser Ultimit

- b.** Berdasarkan pendapat dari Setiawan (2013) ketentuan yang harus tepenuhi dalam tahanan balok desain yaitu :

$$\emptyset b.M_n > M_u \quad (4)$$

Dimana :

$\emptyset b$: Faktor Reduksi (0,9)

M_n : Tahanan momen nominal

M_u : Momen lentur akibat beban terfaktor

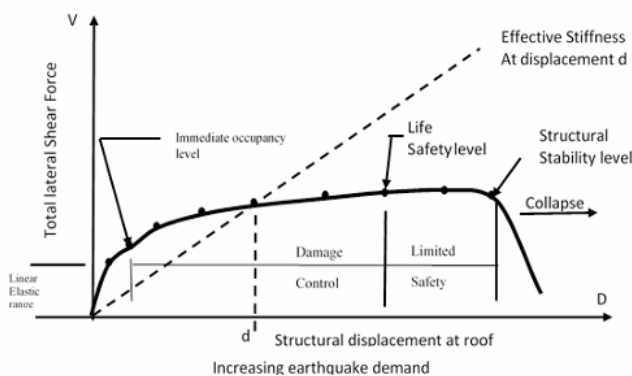
c. Kinerja Struktur

Dewobroto, Wiryanto. (2006) menjelaskan Evaluasi Kinerja Bangunan Baja Tahan Gempa dengan SAP2000 bahwa Perencanaan struktur tahan gempa berbasis kinerja (performance-based seismic design) adalah proses yang dapat digunakan untuk perencanaan bangunan baru maupun perkutan bangunan yang sudah ada, dengan pemahaman realistic terhadap resiko keselamatan (*life*), kesiapan pakai (*occupancy*), kerugian harta benda (*economic loss*) yang mungkin terjadi akibat gempa yang akan datang, analisis yang dapat memperkirakan kondisi inelastis bangunan saat gempa perlu untuk mendapatkan jaminan bahwa kinerjanya memuaskan paska gempa. Analisis kinerja dapat dilakukan dengan analisis pushover yang built-in pada program

SAP2000, sedangkan titik kinerja untuk evaluasi atau studi perilaku masih harus ditentukan tersendiri. Analisa pushover (beban dorong statik) adalah analisa statik non-linier perilaku keruntuhan struktur bangunan terhadap gempa, sedangkan titik kinerja adalah besarnya perpindahan / displacement maksimum struktur saat gempa rencana.

d. Kurva Kapasitas (Kurva *Pushover*)

Kurva kapasitas hasil dari analisis statik beban dorong menunjukkan hubungan antara gaya geser dasar (*base shear*) dan perpindahan (*displacement*) akibat beban lateral yang diberikan pada struktur dengan pola pembebanan tertentu sampai pada kondisi ultimit atau target peralihan yang diharapkan. Kurva kapasitas bisa dilihat pada Gambar 2. Kurva kapasitas akan memperlihatkan suatu kondisi linier sebelum mencapai kondisi leleh dan selanjutnya berperilaku nonlinier.



Gambar 2 Kurva Kapasitas (Sumber : ATC 40 - 1996)

Tingkat kinerja bangunan diklasifikasikan menjadi beberapa kategori (ATC 40 - 1996):

1. *Immediate Occupancy* : Bila terjadi gempa, hanya sedikit kerusakan struktural yang terjadi. Karakteristik dan kapasitas sistem penahan gaya vertikal dan lateral pada struktur masih sama dengan kondisi dimana gempa belum terjadi, sehingga bangunan aman dan dapat langsung dipakai.
2. *Damage Control* : Dalam kategori ini, pemodelan bangunan baru dengan beban gempa rencana dengan nilai beban gempa yang peluang dilampauinya dalam rentang masa layan gedung 50 tahun adalah 10%.
3. *Life Safety* : Bila terjadi gempa, mulai muncul kerusakan yang cukup signifikan pada struktur, akan tetapi struktur masih dapat menahan gempa. Komponen-komponen struktur utama tidak runtuh. Bangunan dapat dipakai kembali jika sudah dilakukan perbaikan, walaupun kerusakan yang terjadi kadangkala membutuhkan biaya yang tidak sedikit.

4. *Limited Safety* : Pada kategori ini keamanan terbatas atau kondisi bangunan tidak sebaik level life safety dan tidak seburuk level structural stability.
5. *Structural Stability* : Level ini merupakan batas dimana struktur sudah mengalami kerusakan yang parah. Terjadi kerusakan pada struktur dan nonstruktur. Struktur tidak lagi mampu menahan gaya lateral karena penurunan.
6. *Not Considered* : Pada kategori ini, struktur sudah dalam kondisi runtuh, sehingga hanya dapat dilakukan evaluasi seismik dan tidak dapat dipakai lagi.

Batasan simpangan untuk berbagai level kinerja struktur (ATC 40 - 1996)

ditampilkan pada Tabel 1

Tabel 1 Batasan simpangan level kinerja struktur

Batas Simpangan Antar tingkat	Level Kinerja Struktur			
	<i>Immediate Occupancy</i>	<i>Damage Control</i>	<i>Life Safety</i>	<i>Structural Stability</i>
Simpangan Total Maksimum	0,01	0,01–0,02	0,02	0,33 (Vi/Pi)
Simpangan Inelastis maksimum	0,005	0,005-0,015	Tidak Dibatasi	Tidak Dibatasi

(Sumber : ATC 40 - 1996)

e. Kinerja Bangunan Berdasarkan (FEMA 356 - 2000)

Menurut Federal Emergency Management Agency (FEMA 356 - 2000), Kinerja bangunan didapat dari kombinasi antara level kinerja struktur dan nonstruktur. Sasaran kinerja bangunan terdiri dari kejadian gempa rencana (hazard), dan taraf kerusakan yang diijinkan dari bangunan terhadap kejadian gempa tersebut. Kategori level kinerja struktur dijelaskan dalam Tabel 2.

Tabel 2 Kategori Level Kinerja Struktur

S1	Immadiate Occupancy Level (Ringan)	Bangunan menerima “tanda hijau” (aman untuk digunakan)
S2	Damage Control performance Range (Aman Untuk Dihuni)	Kontrol kerusakan struktur berada diantara S-1 dan S-3 atau kategori bangunan aman untuk dihuni

S3	Life Safety Level (Sedang) Performance	Struktur tetap stabil dan mempunyai kapasitas pelayanan cukup, kerusakan bagian nonstruktural masih terkontrol.
S4	Limited Safety Performance Range (Keamanan Terbatas)	Kontrol kerusakan struktur berada diantara S-3 dan S-5 atau kategori bangunan dengan keamanannya terbatas.
S5	Collapse Prevention Level (Berat)	Bangunan tetap berdiri, hampir runtuh, kerusakan atau kehilangan lain masih diperkenankan.

(Sumber : FEMA 356 - 2000)

BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

Penelitian ini dilakukan pada bangunan Fakultas Teknik Undaris yang beralamat di jalan Tentara pelajar, Kab. Semarang, Jawa Tengah. Waktu penelitian pada bulan Juli 2024. Ada dua data yang dipakai, yakni data primer yang dikumpumpulkan melalui hasil pengujian dengan pengujian non destruktif dan mengukur dimensi struktur gedung, dan kedua menggunakan data sekunder yaitu literasi tentang struktur gedung misalnya SNI 03-2847-2019.

Software yang digunakan untuk menganalisis adalah SAP 2000 v20, dalam analisis ini terdapat tiga tahapan, yakni:

1. Analisis struktur dengan melakukan evaluasi kapasitas layan pada struktur gedung eksisting.
2. Analisis struktur dengan melakukan evaluasi kapasitas layan pada struktur gedung rencana dengan penambahan lantai.
3. Evaluasi kinerja struktur rencana dengan gaya dorong.



BAB IV

ANALISA DAN PERHITUNGAN

4.1 Data Struktur Eksisting

Hasil kajian yang sudah dilakukan dari pengumpulan informasi mengenai struktur eksisting disajikan dalam Gambar 2 s/d 8, dengan data-data seperti di bawah ini :

Fungsi bangunan = Bangunan Pendidikan

Jumlah lantai = 2

Notasi lantai =

Lantai 1 diberikan notasi Lt. 1

Lantai 2 diberikan notasi Lt. 2

Kolom = K1 30 x 40 cm

K2 30 x 30 cm

K3 20 x 30 cm

K4 20 x 25 cm

Balok = B1 70 x 30 cm

B2 40 x 20 cm

RB 30 x 20 cm

S1 50 x 25 cm

Tebal plat Lt. 2 = 120 mm

Kualitas beton = K-250 ($f_c' = 20,75$ Mpa)

Modulus Elastisitas = 21409,52

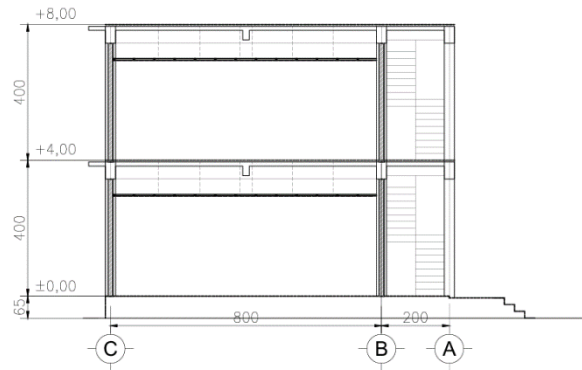
Berat Jenis beton bertulang = 2400 kg/m^3

Hammer Test digunakan untuk menguji kualitas beton.

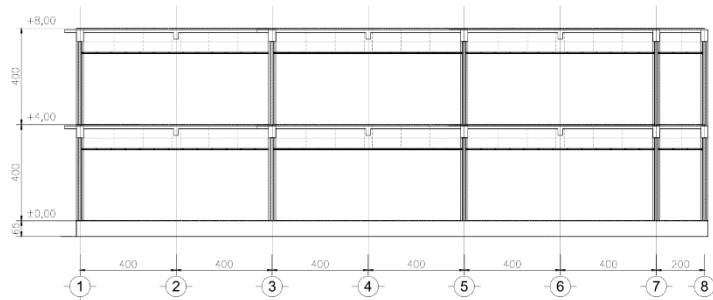
Kualitas Baja = $F_y 390$ MPa (BJTD 400)

$F_y 390$ MPa (BJTD 400)

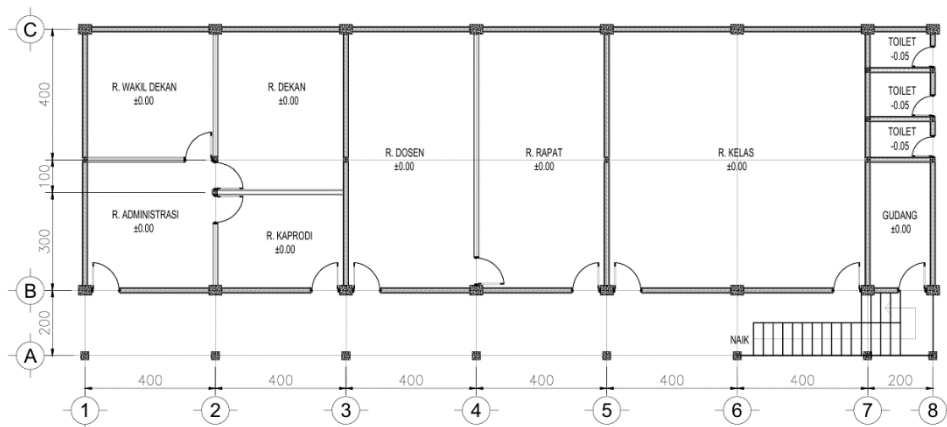
Beras Jenis besi tulangan = 7833 kg/cm^3



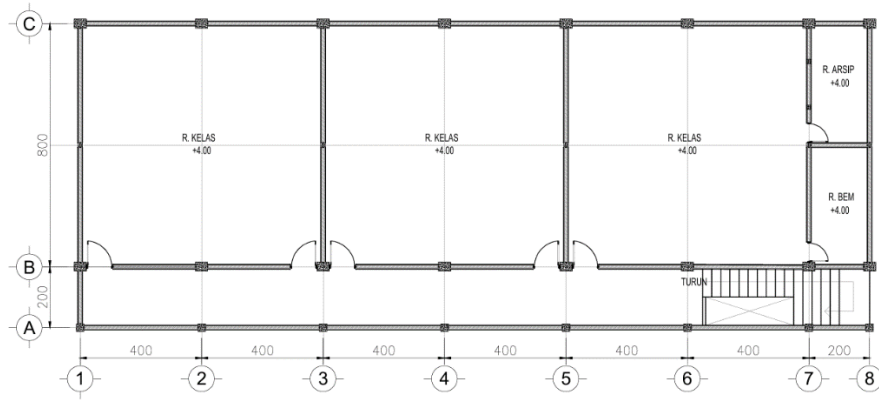
Gambar 2. Potongan melintang eksisting



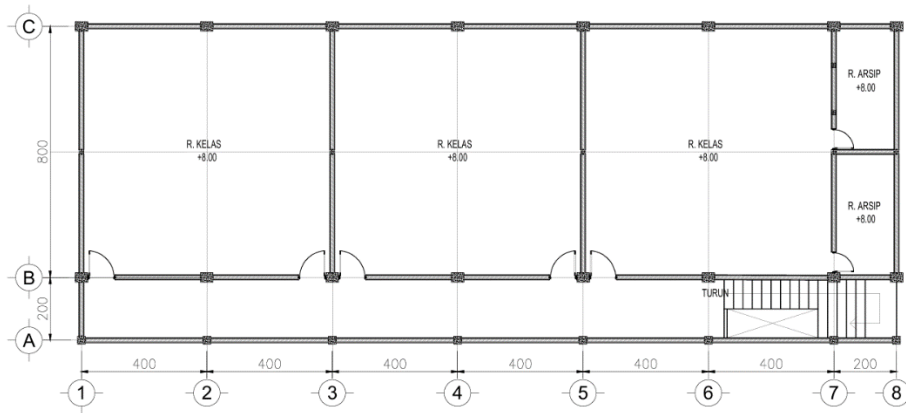
Gambar 3. Potongan memanjang eksisting



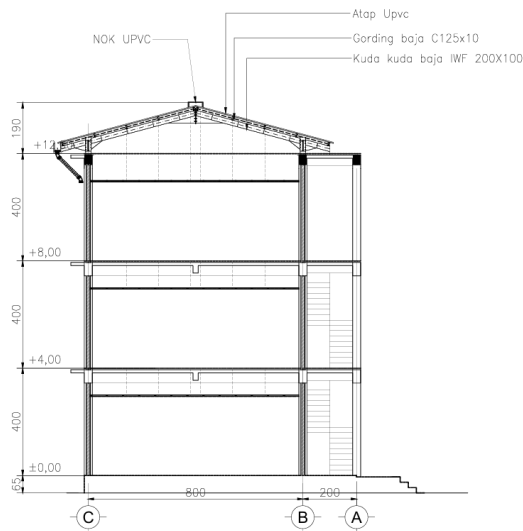
Gambar 4. Denah Lt. 1 eksisting



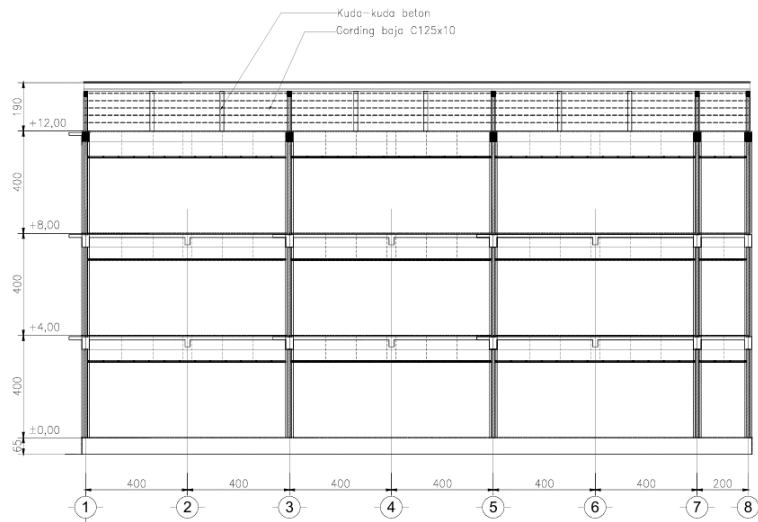
Gambar 5. Denah Lt. 2 eksisting



Gambar 6. Denah Lt. 3 rencana tambahan



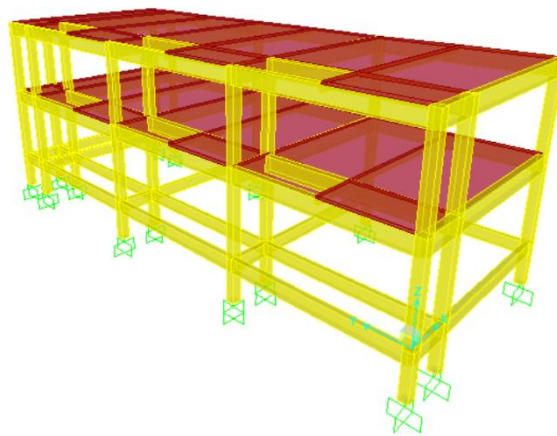
Gambar 7. Potongan melintang rencana



Gambar 8. Potongan memanjang rencana

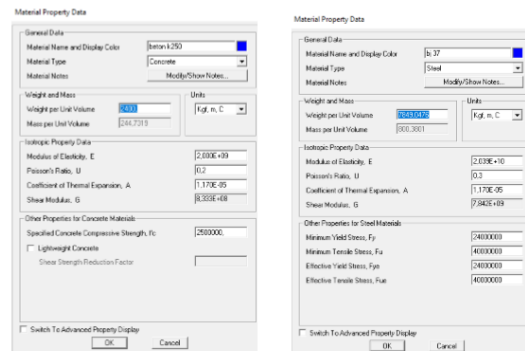
4.2 Analisis Kapasitas bangunan eksisting

Sesuai dengan data eksisting yang didapatkan, selanjutnya dengan menggunakan Software SAP 2000 v20 dilakukan permodelan.



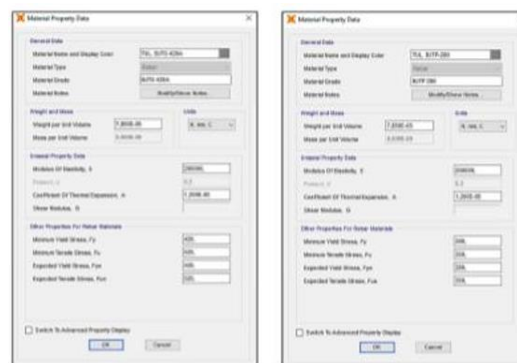
Gambar 9. Permodelan Struktur Eksisting (Base 2 lantai)

a. Mutu material



Material beton K-250 (f_c' 20,75 MPa)

Material profil baja BJ37 (f_u 370 MPa)

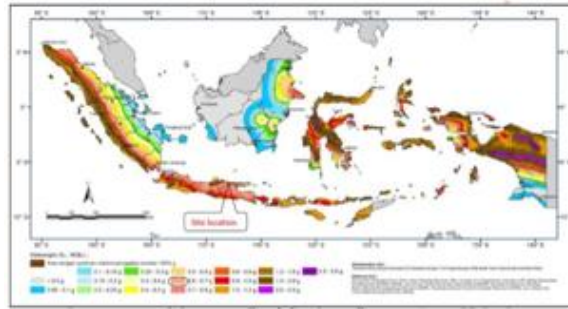


Material Tul. BJTS - 420 (f_y 420 MPa)

Material Tul. BJTP - 280 (f_y 280 MPa)

b. Beban Gempa

Percepatan gempa rencana dan masa total struktur sangat menentukan besar beban gempa. Masa total struktur meliputi berat sendiri elemen strukturnya, beban mati dan beban hidup dikali dengan faktor reduksi 0,8. Percepatan gempa didapatkan dari data zona 4 peta wilayah gempa (SNI 03-1726-2019) ditampilkan dalam Gambar 11, kurva spektrum gempa rencana yang didapatkan dari tempat penelitian ditampilkan dalam Gambar 12.



(sumber : puskim.pu.go.id)

Gambar 11. Peta Zonasi gempa



(sumber : puskim.pu.go.id)

Gambar 10. Kurva *Spectrum* gempa

c. Kombinasi Pembebanan

Kuat perlu merupakan kekuatan minimal struktur yang dibutuhkan supaya bisa menopan kombinasi dari beban gempa. Kuat perlu harus dihitung dengan ketentuan persamaan di bawah ini:

Tabel 3. Kombinasi Pembebanan

1	$U = 1,4 DL$	8	$U = 0,9 DL + 1,0 Fx - 0,3 Fy$
2	$U = 1,2 DL + 1,6 LL$	9	$U = 0,9 DL - 1,0 Fx + 0,3 Fy$
3	$U = 1,2 DL + 1,0 LL + 1,0 Fx + 0,3 Fy$	10	$U = 0,9 DL - 1,0 Fx - 0,3 Fy$
4	$U = 1,2 DL + 1,0 LL + 1,0 Fx - 0,3 Fy$	11	$U = 1,2 DL + 1,0 LL + 0,3 Fx + 1,0 Fy$
5	$U = 1,2 DL + 1,0 LL - 1,0 Fx + 0,3 Fy$	12	$U = 1,2 DL + 1,0 LL + 0,3 Fx - 1,0 Fy$
6	$U = 1,2 DL + 1,0 LL - 1,0 Fx - 0,3 Fy$	13	$U = 1,2 DL + 1,0 LL - 0,3 Fx + 1,0 Fy$
7	$U = 0,9 DL + 1,0 Fx + 0,3 Fy$	14	$U = 1,2 DL + 1,0 LL - 0,3 Fx - 1,0 Fy$

Dimana :

U = Kuat perlu

DL = beban mati

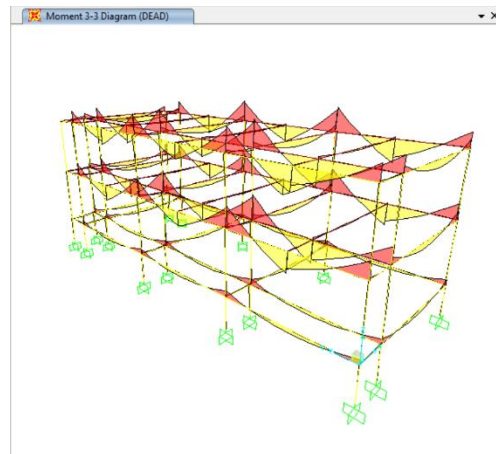
LL = beban hidup

F_x = Beban gempa arah X

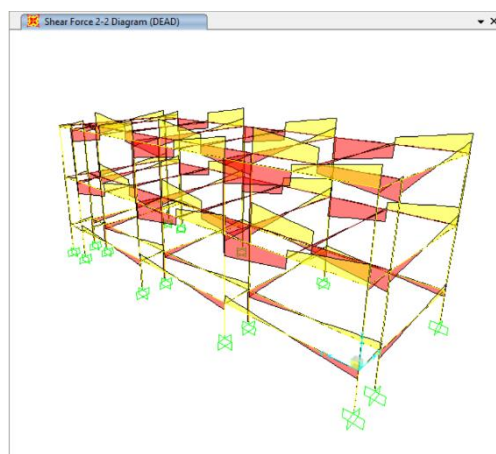
F_y = Beban gempa arah Y

d. Permodelan struktur

Hasil analisis kolom dan balok dengan mengkombinasikan pembebanan yang sudah ditentukan ditampilkan dalam Gambar. 11.



Gambar 11. Diagram Bidang Momen



Gambar 12. Diagram Bidang Momen

e. Kapasitas sruktur

1. Cek Kapasitas Penampang Balok

- Bentang bersih ℓ_n , harus minimal $4d$.
- Lebar penampang b_w , harus sekurangnya nilai terkecil dari $0,3h$ dan 250 mm.
- Proyeksi lebar balok yang melampaui lebar kolom penumpu tidak boleh melebihi nilai terkecil dari c_2 dan $0,75c_1$ pada masing – masing sisi kolom.

a. Tumpuan

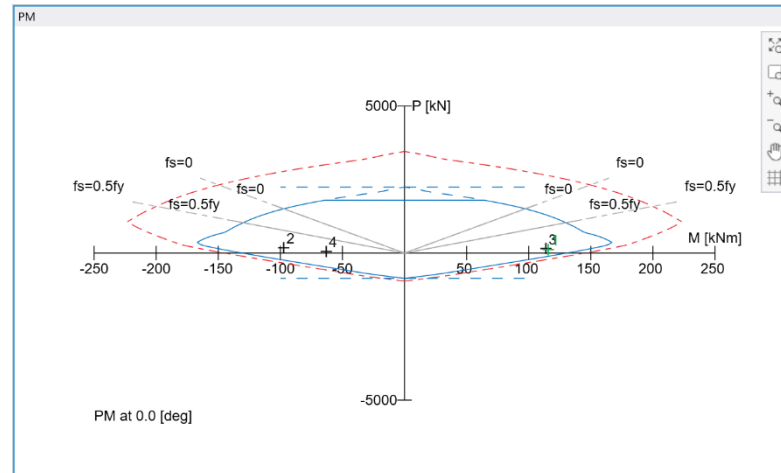
Tumpuan Negatif				
Jumlah Tulangan Tumpuan Negatif, n		Input		3
db			mm	19
Jarak Bersih Antar Tulangan		$(b - 2cc - 2ds - n * db) / (n - 1)$	mm	81,50
Cek Jarak Bersih	25.2.1	Jarak Bersih \geq db dan 25 mm?		OKOK
Jumlah Lapis				2
As Pasang		$n * \pi/4 * db^2$	mm ²	850,155
As _{min,1}	9.6.1.2	$(fc')^{0.5} / (4 * fy) * b * d$	mm ²	579,641
As _{min,2}	9.6.1.2	$1.4 / (4 * fy) * b * d$	mm ²	162,625
Cek As min		As Pasang \geq As min ?		OKOK
a	22.2.2.4.1	$As * fy / (0.85 * fc' * b)$	mm	56,235
Mn	22.2.2.4.1	$As * fy * (d - a/2)$	kN-m	222,231
c	22.2.2.4.1	a / β_1	mm	66,159
ϵ_s	22.2.1.2, 22.2.2.1	$(d - c) / c * 0.003$		0,026
ϕ	Tabel 21.2.2	$0.65 + (\epsilon_s - 0.002) / 0.003 * 0.25 \leq 0.9$		0,900
ϕMn		$\phi * Mn$	kN-m	200,008
$Mu_{tumpuan (-)}$			kN-m	18,52
Cek Kapasitas		$\phi Mn > Mu$?		OK
As Perlu		$Mu / [fy * (d - a/2)]$	mm ²	70,849
Tumpuan Positif				
Jumlah Tulangan Tumpuan Positif, n		Input		3
db			mm	19
Jarak Bersih Antar Tulangan		$(b - 2cc - 2ds - n * db) / (n - 1)$	mm	81,50
Cek Jarak Bersih	25.2.1	Jarak Bersih \geq db dan 25 mm?		OKOK
Jumlah Lapis				1
As Pasang		$n * \pi/4 * db^2$	mm ²	850,155
As _{min,1}	9.6.1.2	$(fc')^{0.5} / (4 * fy) * b * d$	mm ²	579,641
As _{min,2}	9.6.1.2	$1.4 / (4 * fy) * b * d$	mm ²	162,625
Cek As min		As Pasang \geq As min ?		OKOK
a	22.2.2.4.1	$As * fy / (0.85 * fc' * b)$	mm	56,235
Mn	22.2.2.4.1	$As * fy * (d - a/2)$	kN-m	222,231
c	22.2.2.4.1	a / β_1	mm	66,159
ϵ_s	22.2.1.2, 22.2.2.1	$(d - c) / c * 0.003$		0,026
ϕ	Tabel 21.2.2	$0.65 + (\epsilon_s - 0.002) / 0.003 * 0.25 \leq 0.9$		0,900
ϕMn		$\phi * Mn$	kN-m	200,008
$Mu_{tumpuan (+)}$			kN-m	11,32
Cek Kapasitas		$\phi Mn > Mu$?		OK
As Perlu		$Mu / [fy * (d - a/2)]$	mm ²	43,305

b. Lapangan

Lapangan Negatif				
Jumlah Tulangan Lapangan Negatif, n		Input		3
db			mm	19
Jarak Bersih Antar Tulangan		$(b - 2cc - 2ds - n * db) / (n - 1)$	mm	81,50
Cek Jarak Bersih	25.2.1	Jarak Bersih \geq db dan 25 mm?		OKOK
Jumlah Lapis				1
As Pasang		$n * \pi / 4 * db^2$	mm ²	850,155
As _{min,1}	9.6.1.2	$(fc')0.5 / (4 * fy) * b * d$	mm ²	579,641
As _{min,2}	9.6.1.2	$1.4 / (4 * fy) * b * d$	mm ²	162,625
Cek As min		As Pasang \geq As min ?		OKOK
a	22.2.2.4.1	$As * fy / (0.85 * fc' * b)$	mm	56,235
Mn	22.2.2.4.1	$As * fy * (d - a/2)$	kN-m	222,231
c	22.2.2.4.1	$a / \beta 1$	mm	66,159
Es	22.2.1.2, 22.2.2.1	$(d - c) / c * 0.003$		0,026
ϕ	Tabel 21.2.2	$0.65 + (es - 0.002) / 0.003 * 0.25 \leq 0.9$		0,900
ϕMn		$\phi * Mn$	kN-m	200,008
Mu _{Japangan (-)}			kN-m	17,2956
Cek Kapasitas		$\phi Mn > Mu$?		OK
As Perlu		$Mu / [fy * (d - a/2)]$	mm ²	66,165
Lapangan Positif				
Jumlah Tulangan Lapangan Positif, n		Input		5
db			mm	19
Jarak Bersih Antar Tulangan		$(b - 2cc - 2ds - n * db) / (n - 1)$	mm	31,25
Cek Jarak Bersih	25.2.1	Jarak Bersih \geq db dan 25 mm?		OKOK
Jumlah Lapis				1
As Pasang		$n * \pi / 4 * db^2$	mm ²	1416,925
As _{min,1}	9.6.1.2	$(fc')0.5 / (4 * fy) * b * d$	mm ²	579,641
As _{min,2}	9.6.1.2	$1.4 / (4 * fy) * b * d$	mm ²	162,625
Cek As min		As Pasang \geq As min ?		OKOK
a	22.2.2.4.1	$As * fy / (0.85 * fc' * b)$	mm	93,725
Mn	22.2.2.4.1	$As * fy * (d - a/2)$	kN-m	359,230
c	22.2.2.4.1	$a / \beta 1$	mm	110,265
Es	22.2.1.2, 22.2.2.1	$(d - c) / c * 0.003$		0,015
ϕ	Tabel 21.2.2	$0.65 + (es - 0.002) / 0.003 * 0.25 \leq 0.9$		0,900
ϕMn		$\phi * Mn$	kN-m	323,307
Mu _{Japangan (+)}			kN-m	28,898
Cek Kapasitas		$\phi Mn > Mu$?		OK
As Perlu		$Mu / [fy * (d - a/2)]$	mm ²	113,984

2. Cek Kapasitas Penampang Kolom

Kapasitas struktur kolom eksisting ditunjukkan pada gambar 13. Gaya yang bekerja berada didalam kapasitas diagram interaksi yang ditunjukkan pada titik 1, 2, 3 dan, 4. Hal ini menunjukkan bahwa struktur kolom mampu menahan beban karena gaya yang bekerja berada didalam diagram interaksi.

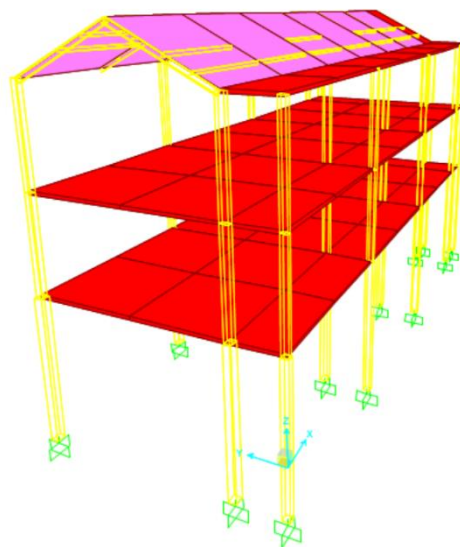


Gambar 13. Diagram interaksi kolom

4.3 Analisis Kapasitas bangunan Rencana (dengan tambahan 1 lantai)

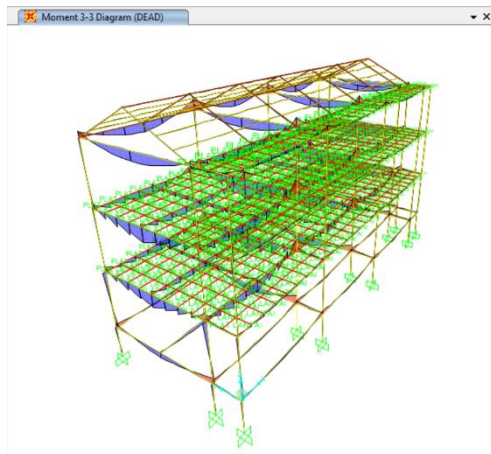
a. Permodelan struktur

Sesuai dengan data eksisting yang didapatkan, selanjutnya dengan menggunakan Software SAP 2000 v20 dilakukan permodelan.

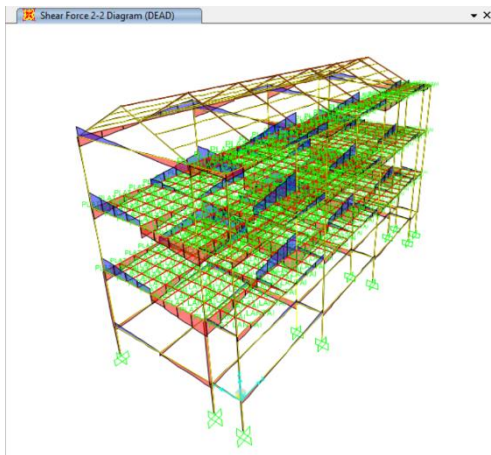


Gambar 14. Permodelan Struktur rencana (Base 3 lantai)

Hasil analisis kolom dan balok dengan mengkombinasikan pembebanan yang sudah ditentukan ditampilkan dalam Gambar. 15.



Gambar 15. Diagram Bidang Momen



Gambar 16. Diagram Bidang Geser

b. Kapasitas sruktur dengan tambahan 1 lantai

1. Cek Kapasitas Penampang Balok

- Bentang bersih ℓ_n , harus minimal $4d$.
- Lebar penampang b_w , harus sekurangnya nilai terkecil dari $0,3h$ dan 250 mm.
- Proyeksi lebar balok yang melampaui lebar kolom penumpu tidak boleh melebihi nilai terkecil dari c_2 dan $0,75c_1$ pada masing – masing sisi kolom.

c. Tumpuan

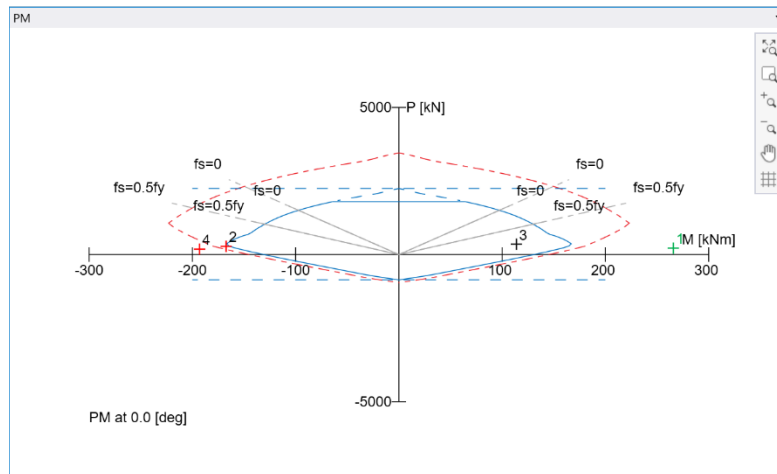
Tumpuan Negatif				
Jumlah Tulangan Tumpuan Negatif, n		Input		3
db			mm	19
Jarak Bersih Antar Tulangan		$(b - 2cc - 2ds - n * db) / (n - 1)$	mm	81,50
Cek Jarak Bersih	25.2.1	Jarak Bersih \geq db dan 25 mm?		OKOK
Jumlah Lapis				2
As Pasang		$n * \pi/4 * db^2$	mm ²	850,155
As _{min,1}	9.6.1.2	$(fc')^{0.5} / (4 * fy) * b * d$	mm ²	579,641
As _{min,2}	9.6.1.2	$1.4 / (4 * fy) * b * d$	mm ²	162,625
Cek As min		As Pasang \geq As min ?		OKOK
a	22.2.2.4.1	$As * fy / (0.85 * fc' * b)$	mm	56,235
Mn	22.2.2.4.1	$As * fy * (d - a/2)$	kN-m	222,231
c	22.2.2.4.1	a / β_1	mm	66,159
ϵ_s	22.2.1.2, 22.2.2.1	$(d - c) / c * 0.003$		0,026
ϕ	Tabel 21.2.2	$0.65 + (\epsilon_s - 0.002) / 0.003 * 0.25 \leq 0.9$		0,900
ϕMn		$\phi * Mn$	kN-m	200,008
$Mu_{tumpuan (-)}$			kN-m	68,52
Cek Kapasitas		$\phi Mn > Mu$?		OK
As Perlu		$Mu / [fy * (d - a/2)]$	mm ²	262,126
Tumpuan Positif				
Jumlah Tulangan Tumpuan Positif, n		Input		3
db			mm	19
Jarak Bersih Antar Tulangan		$(b - 2cc - 2ds - n * db) / (n - 1)$	mm	81,50
Cek Jarak Bersih	25.2.1	Jarak Bersih \geq db dan 25 mm?		OKOK
Jumlah Lapis				1
As Pasang		$n * \pi/4 * db^2$	mm ²	850,155
As _{min,1}	9.6.1.2	$(fc')^{0.5} / (4 * fy) * b * d$	mm ²	579,641
As _{min,2}	9.6.1.2	$1.4 / (4 * fy) * b * d$	mm ²	162,625
Cek As min		As Pasang \geq As min ?		OKOK
a	22.2.2.4.1	$As * fy / (0.85 * fc' * b)$	mm	56,235
Mn	22.2.2.4.1	$As * fy * (d - a/2)$	kN-m	222,231
c	22.2.2.4.1	a / β_1	mm	66,159
ϵ_s	22.2.1.2, 22.2.2.1	$(d - c) / c * 0.003$		0,026
ϕ	Tabel 21.2.2	$0.65 + (\epsilon_s - 0.002) / 0.003 * 0.25 \leq 0.9$		0,900
ϕMn		$\phi * Mn$	kN-m	200,008
$Mu_{tumpuan (+)}$			kN-m	51,32
Cek Kapasitas		$\phi Mn > Mu$?		OK
As Perlu		$Mu / [fy * (d - a/2)]$	mm ²	196,327

d. Lapangan

Lapangan Negatif				
Jumlah Tulangan Lapangan Negatif, n		Input		3
db			mm	19
Jarak Bersih Antar Tulangan		$(b - 2cc - 2ds - n * db) / (n - 1)$	mm	81,50
Cek Jarak Bersih	25.2.1	Jarak Bersih \geq db dan 25 mm?		OKOK
Jumlah Lapis				1
As Pasang		$n * \pi / 4 * db^2$	mm ²	850,155
As _{min,1}	9.6.1.2	$(fc')0.5 / (4 * fy) * b * d$	mm ²	579,641
As _{min,2}	9.6.1.2	$1.4 / (4 * fy) * b * d$	mm ²	162,625
Cek As min		As Pasang \geq As min ?		OKOK
a	22.2.2.4.1	$As * fy / (0.85 * fc' * b)$	mm	56,235
Mn	22.2.2.4.1	$As * fy * (d - a/2)$	kN-m	222,231
c	22.2.2.4.1	$a / \beta 1$	mm	66,159
Es	22.2.1.2, 22.2.2.1	$(d - c) / c * 0.003$		0,026
ϕ	Tabel 21.2.2	$0.65 + (es - 0.002) / 0.003 * 0.25 \leq 0.9$		0,900
ϕMn		$\phi * Mn$	kN-m	200,008
Mu _{Japangan (-)}			kN-m	67,2956
Cek Kapasitas		$\phi Mn > Mu$?		OK
As Perlu		$Mu / [fy * (d - a/2)]$	mm ²	257,442
Lapangan Positif				
Jumlah Tulangan Lapangan Positif, n		Input		5
db			mm	19
Jarak Bersih Antar Tulangan		$(b - 2cc - 2ds - n * db) / (n - 1)$	mm	31,25
Cek Jarak Bersih	25.2.1	Jarak Bersih \geq db dan 25 mm?		OKOK
Jumlah Lapis				1
As Pasang		$n * \pi / 4 * db^2$	mm ²	1416,925
As _{min,1}	9.6.1.2	$(fc')0.5 / (4 * fy) * b * d$	mm ²	579,641
As _{min,2}	9.6.1.2	$1.4 / (4 * fy) * b * d$	mm ²	162,625
Cek As min		As Pasang \geq As min ?		OKOK
a	22.2.2.4.1	$As * fy / (0.85 * fc' * b)$	mm	93,725
Mn	22.2.2.4.1	$As * fy * (d - a/2)$	kN-m	359,230
c	22.2.2.4.1	$a / \beta 1$	mm	110,265
Es	22.2.1.2, 22.2.2.1	$(d - c) / c * 0.003$		0,015
ϕ	Tabel 21.2.2	$0.65 + (es - 0.002) / 0.003 * 0.25 \leq 0.9$		0,900
ϕMn		$\phi * Mn$	kN-m	323,307
Mu _{Japangan (+)}			kN-m	98,898
Cek Kapasitas		$\phi Mn > Mu$?		OK
As Perlu		$Mu / [fy * (d - a/2)]$	mm ²	390,088

2. Cek Kapasitas Penampang Kolom

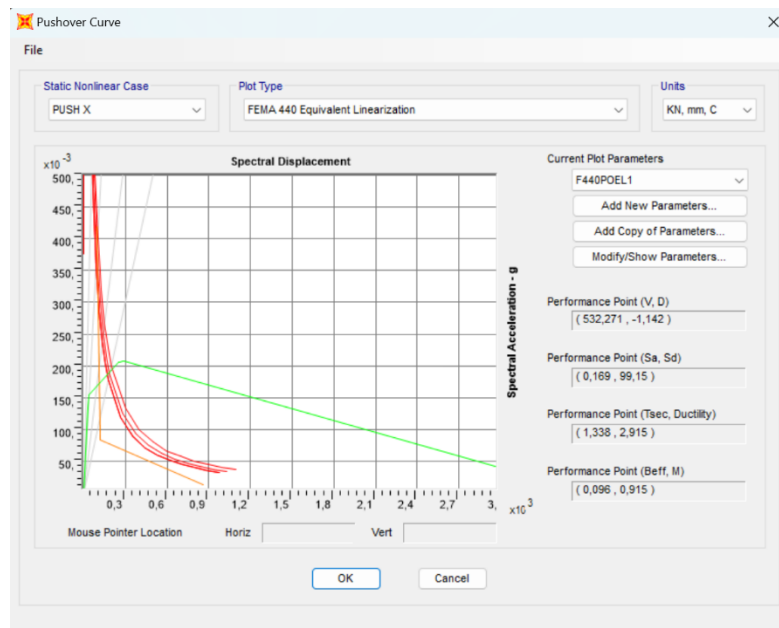
Kapasitas struktur kolom setelah dilakukan penambahan lantai ditunjukkan pada gambar 17. Gaya yang bekerja pada titik 2 dan 4 berada diluar kapasitas diagram interaksi. Hal ini menunjukkan bahwa struktur kolom tidak mampu menahan beban penambahan lantai karena gaya yang bekerja berada ada yang diluar diagram interaksi.



Gambar 17. Diagram interaksi kolom

4.4 Evaluasi Kinerja Struktur

Level kinerja struktur ditentukan berdasarkan Table 2 ATC-40. Level kinerja struktur secara global dapat ditentukan berdasarkan rasio nilai perpindahan atap saat performance point dengan tinggi total bangunan.



Gambar 18. Spektrum Kapasitas Arah y-y pada step 12

Tabel 4.7 Level Kinerja Struktur Swalayan sesuai ATC-40

Peraturan Acuan	V (KN)	D (m)	Level Kinerja Struktur
ATC-40 arah X	532.04	0.014	Damage Control
ATC-40 arah Y	8546.06	0.005	Immediate Occupancy

Selanjutnya untuk menentukan tingkat kinerja parameter yang diperlukan adalah nilai perpindahan atap saat performance point dan nilai perpindahan atap saat beban dorong step ke-1 dimana tinggi total bangunan = 14 m

- Simpangan total Maksimum

$$\text{Arah x-x} = \frac{Dt}{H_{tot}} = \frac{0,014}{14} = 0,001 \qquad 0,01-0,02 \qquad \text{(DC)}$$

$$\text{Arah y-y} = \frac{Dt}{H_{tot}} = \frac{0,005}{14} = 0,00035 \qquad < 0,01 \qquad \text{(IO)}$$

Damage Control, artinya Dalam kategori ini, pemodelan bangunan baru dengan beban gempa rencana dengan nilai beban gempa yang peluang dilampauinya dalam rentang masa layan gedung 50 tahun adalah 10%.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

a. Kesimpulan

Berdasarkan analisis yang sudah dilaksanakan dengan berbantuan Software SAP 2000 v14 dapat disimpulkan yaitu :

1. Struktur bangunan eksisting memenuhi dengan beban eksisting di tandai dengan kapasitas balok dan kolom tidak kurang dari bidang MDN pembebanan.
2. Struktur bangunan dengan penambahan lantai tidak memenuhi dengan kapasitas balok cukup memenuhi dari bidang MDN pembebanan dan kolom tidak memenuhi karena ada beban yang berada di luar kapasitas layan kolom.
3. Untuk level kinerja struktur berdasarkan rasio nilai perpindahan atap saat performance point dengan tinggi total bangunan batas simpangan pada tingkat kinerja struktur termasuk dalam *Damage Control*. bila terjadi gempa, hanya terjadi minor kerusakan struktur.

b. Saran

1. Melihat kondisi eksisting mohon kapasitas layan dipertahankan dengan tidak memberi beban tambahan.
2. Apabila akan di lakukan pengembangan 1 lantai mohon di lakukan perkuatan struktur untuk kolom.
3. Disarankan dalam proses desain struktur bangunan baru ataupun evaluasi kinerja struktur bangunan yang telah berdiri harus memperhatikan kondisi pasca elastik untuk memperoleh tingkat kinerja struktur sesungguhnya, terutama dalam menahan beban gempa.

DAFTAR PUSTAKA

- [1]. Asroni, Ali. (2010). Balok dan Plat Beton Bertulang. Graha Ilmu. Yogyakarta.
- [2]. Aswin, M. (2010). Nilai *over strength* factor pada balok beton bertulang yang menggunakan serat bendrat dan tulangan baja yang sudah mengalami pembengkokan (Kajian analitis dan eksperimental). Jurnal Rekayasa Struktur & Infrastruktur, Vol. 4, No.1, Hal: 44-54.
- [3]. SNI 1729:2015 tentang Spesifikasi untuk Bangunan Gedung Baja Struktural.
- [4]. Setiawan, Agus. (2013). Perencanaan Struktur Baja dengan Metode LRFD. Erlangga. Jakarta.
- [5]. ATC-40, 1996, *Seismic Evaluation and Retrofit of Concrete Buildings, Vol 1, Applied Technology Council, Redwood City, California, USA*
- [6]. FEMA 356, 2000, *Evaluation of Eartquake Damaged Concrete and Masonry Wall Buildings, Federal Emergency Management Agency, USA.*



YAYASAN UNRARIS KABUPATEN SEMARANG
UNIVERSITAS DARUL ULLM ISLAMIC CENTRE SUDIRMAN GUPPI
LEMBAGA PENELITIAN DAN PENGABDIAN
KEPADA MASYARAKAT

Jl. TentaraPelajar No. 13 Telp (024) 6923180, Fax. (024) 76911689 UngaranTimur 50514
Website : undaris.ac.id email : info@undaris.ac.id

SURAT TUGAS

Nomor: 101/AII/VIII/2024

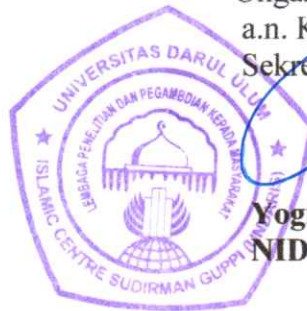
Ketua LPPM Universitas Darul Ulum Islamic Centre Sudirman GUPPI (UNDARIS)
Ungaran, dengan ini memberikan tugas kepada:

Nama : Alim Muhroni, ST. MT.
NIP / NIDN : 22093004950240 / 0630049501
Pangkat / Golongan : Penata Muda / IIIa
Jabatan Fungsional : Tenaga Pendidik
Instansi : Undaris Ungaran
Tugas : Melakukan Penelitian dengan Judul "Evaluasi Struktur Gedung Fakultas Teknik Undaris."
Hari / Tanggal : Jum'at, 2 Agustus 2024
Waktu : 09.00 WIB – Selesai
Tempat : Fakultas Teknik Undaris

Demikian untuk dilaksanakan dengan sebaik-baiknya dan menyampaikan laporan setelah selesai melaksanakan tugas.

Ungaran, 1 Agustus 2024

a.n. Ketua
Sekretaris,



Yogi Ageng Sri Legowo, S.Pd., M.Pd
NIDN. 0624069201

Mengetahui
Telah melaksanakan tugas sebagaimana mestinya



Abdullah