

TUGAS AKHIR

REDESAIN GEDUNG RADIOLOGI dan PICU/NICU RSUD

dr. Loekmono Hadi Kudus menggunakan SNI 1726-2019

Diajukan untuk Memenuhi Persyaratan dalam Menyelesaikan

Program Sarjana Program Studi Teknik Sipil

Fakultas Teknik Universitas Islam Sultan Agung



Disusun Oleh :

Yunus Tri Winamto

NIM : 30201700187

Titan Rayhan Luthfi H.

NIM : 30201700173

PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS ISLAM SULTAN AGUNG

SEMARANG

2022

**REDESAIN GEDUNG RADIOLOGI dan PICU/NICU RSUD
dr. Loekmono Hadi Kudus menggunakan SNI 1726-2019**

**Diajukan untuk Memenuhi Persyaratan dalam Menyelesaikan
Program Sarjana Program Studi Teknik Sipil
Fakultas Teknik Universitas Islam Sultan Agung**



Disusun Oleh :

**Yunus Tri Winamto
NIM : 30201700187**

**Titan Rayhan Luthfi H.
NIM : 30201700173**

**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS ISLAM SULTAN AGUNG
SEMARANG**

2022

LEMBAR PENGESAHAN

REDESAIN GEDUNG RADIOLOGI dan PICU/ NICU RSUD dr. Loekmono
Hadi Kudus menggunakan SNI 1726-2019



Yunus Tri Winamto
NIM :30201700187



Titan Rayhan Luthfi H.
NIM : 30201700173

Telah disetujui dan disahkan di Semarang, Agustus 2022

Tim Penguji

Tanda Tangan

1. **Prof.Dr.Ir. Antonius, M.T**
NIDN: 0605046703
2. **Muhamad Rusli Ahyar, ST., M.Eng.**
NIDN : 0625059102
3. **Eko Muliawan, ST., MT**
NIDN : 0610118101

Ketua Program Studi Teknik Sipil
Fakultas Teknik
Universitas Islam Sultan Agung

Muhamad Rusli Ahyar, ST., M.Eng.
NIDN : 0625059102



YAYASAN BADAN WAKAF SULTAN AGUNG
UNIVERSITAS ISLAM SULTAN AGUNG (UNISSULA)
FAKULTAS TEKNIK

Jalan Raya Kaligawe KM. 4 Po. BOX 1054 Telp. (024) 6583584 Ext. 507 Semarang 50112

BERITA ACARA BIMBINGAN TUGAS AKHIR
Nomor : 04 / A.2 / SA-T / 1/2022

Pada hari ini, Senin tanggal 15 Agustus 2022 berdasarkan surat keputusan Dekan Fakultas Teknik, Universitas Islam Sultan Agung perihal penunjukan Dosen Pembimbing Utama dan Dosen Pembimbing Pendamping :

1. Nama : Prof.Dr.Ir. Antonius, M.T
Jabatan Akademik : Guru Besar
Jabatan : Dosen Pembimbing Utama
2. Nama : Muhamad Rusli Ahyar, ST., M.Eng.
Jabatan Akademik : Asisten Ahli
Jabatan : Dosen Pembimbing Pendamping

Dengan ini menyatakan bahwa mahasiswa yang tersebut dibawah ini telah menyelesaikan bimbingan Tugas Akhir :

Yunus Tri Winamto
NIM : 30201700187

Titan Rayhan Luthfi H.
NIM : 30201700173

Judul : Redesain Gedung Radiologi dan PICU/NICU dr. RSUD Loekmono Hadi Kudus menggunakan SNI 1726-2019

Dengan tahapan sebagai berikut :

No.	Tahapan	Tanggal	Keterangan
1	Penunjukan dosen pembimbing	5 Oktober 2021	ACC
2	Proposal	4 November 2021	ACC
3	Pengumpulan data	10 November 2021	ACC
4	Analisis data	12 Desember 2021	ACC
5	Penyusunan laporan	2 Januari 2022	ACC
6	Selesai laporan	12 Agustus 2022	ACC

Demikian Berita Acara Bimbingan Tugas Akhir ini dibuat untuk diketahui dan dipergunakan seperlunya oleh pihak – pihak yang berkepentingan.

Dosen Pembimbing I

Prof.Dr.Ir. Antonius, M.T

Dosen Pembimbing II

M. Rusli Ahyar, ST., M.Eng

Mengetahui,

Ketua Program Studi Teknik Sipil

M. Rusli Ahyar, ST., M.Eng

PERNYATAAN BEBAS PLAGIASI

Saya yang bertanda tangan di bawah ini :

NAMA : Titan Rayhan Luthfi Hanif

NIM : 30201700173

NAMA : Yunus Tri Winamto

NIM : 30201700187

Dengan ini menyatakan bahwa Tugas Akhir yang berjudul : **“REDESAIN GEDUNG RADIOLOGI dan PICU/NICU RSUD dr. Loekmono Hadi Kudus menggunakan SNI 1726-2019”** Benar bebas dari plagiat, dan apabila pernyataan ini terbukti tidak benar maka saya bersedia menerima sanksi sesuai ketentuan yang berlaku.

Demikian surat pernyataan ini saya buat untuk dipergunakan sebagaimana mestinya

Semarang, Agustus 2022

Yang Membuat Pernyataan

Yunus Tri Winamto
NIM : 30201700187

Titan Rayhan Luthfi Hanif
NIM : 30201700173

PERNYATAAN KEASLIAN

Saya yang bertanda – tangan di bawah ini :

NAMA : Titan Rayhan Luthfi Hanif

NIM : 30201700173

NAMA : Yunus Tri Winamto

NIM : 30201700187

JUDUL : **REDESAIN GEDUNG RADIOLOGI dan PICU/NICU RSUD
dr. Loekmono Hadi Kudus menggunakan SNI 1726-2019**

Menyatakan dengan sesungguhnya bahwa Tugas Akhir ini merupakan hasil penelitian, pemikiran, dan pemaparan asli saya sendiri. Saya tidak mencantumkan tanpa pengakuan bahan – bahan yang telah dipublikasikan sebelumnya atau ditulis oleh orang lain, atau sebagai bahan yang pernah diajukan untuk gelar atau ijazah pada Universitas Islam Sultan Agung Semarang atau perguruan tinggi lainnya.

Apabila dikemudian hari terdapat penyimpangan dan ketidak benaran dalam pernyataan ini, maka saya bersedia menerima sanksi akademik sesuai dengan peraturan yang berlaku di Universitas Islam Sultan Agung Semarang.

Demikian pernyataan ini saya buat.

Semarang, Agustus 2022

Yang Membuat Pernyataan

Yunus Tri Winamto
NIM : 30201700187

Titan Rayhan Luthfi Hanif
NIM : 30201700173



MOTTO

Janganlah kamu bersikap lemah, dan janganlah (pula) kamu bersedih hati, padahal kamulah orang-orang yang paling tinggi (derajatnya), jika kamu orang-orang yang beriman.

(QS. Ali ‘Imran : 139)

Boleh jadi kamu membenci sesuatu, padahal ia amat baik bagi kamu. Dan boleh jadi kamu mencintai sesuatu, padahal ia amat buruk bagi kamu. Allah maha mengetahui sedangkan kamu tidak mengetahui.

(QS. Al-Baqarah : 216)

Kalian adalah umat terbaik yang ditampilkan untuk manusia, menyuruh kepada ma`ruf dan mencegah dari munkar dan beriman kepada Allah. Sekiranya Ahli Kitab beriman tentulah itu lebih baik bagi mereka, di antara mereka ada yang beriman, dan kebanyakan mereka adalah orang-orang yang fasik. **(QS. Al-Imron : 110)**

Dan Tuhanmu telah memerintahkan supaya kamu jangan menyembah selain Dia dan hendaklah kamu berbuat baik pada ibu bapakmu dengan sebaik- baiknya. Jika salah seorang di antara keduanya atau kedua-duanya sampai berumur lanjut dalam pemeliharaanmu, maka sekali-kali janganlah kamu mengatakan kepada keduanya perkataan “ah” dan janganlah kamu membentak mereka dan ucapkanlah kepada mereka perkataan yang mulia.

(QS. Al Isra ayat 23)

PERSEMBAHAN

Alhamdulillah, Puji syukur kehadiran Allah SWT atas segala rahmat dan hidayahNya, sehingga penulis bisa menyelesaikan Laporan Tugas Akhir ini penulis persembahkan untuk :

1. Kedua orang tua saya, Bapak Masroni dan Ibu Suprapti, yang telah memberikan segenap kasih sayang, dukungan materil, semangat, do'a dan pendidikan mental untuk terus mengejar impian menjadi seseorang yang mulia di dunia dan akhirat.
2. Kakak saya, Amelinda Agustina yang telah memberikan semangat, motivasi, dukungan dan do'a agar terselesaikannya laporan Tugas Akhir ini.
3. Bapak Prof.Dr.Ir. Antonius, M.T dan Bapak M. Rusli Ahyar, ST., M.Eng. selaku dosen pembimbing saya yang telah sabar mengajarkan saya dalam pembuatan laporan ini, aplikasi ETABS dan perhitungan struktur.
4. Dosen-dosen Fakultas Teknik UNISSULA yang telah mengajarkan saya tentang ilmu-ilmu keteknikan yang sebelumnya saya tidak ketahui dan selalu memberikan motivasi dan arahan kepada saya.
5. Titan Rayhan Luthfi H selaku rekan yang telah bekerja keras dan berjuang bersama dalam penyelesaian Tugas Akhir ini.
6. Teman-teman Fakultas Teknik UNISSULA angkatan 2015, 2016, 2017 dan yang lainnya yang tidak bisa saya sebutkan satu persatu. Terima kasih untuk kebersamaan kita selama ini, terima kasih atas doa, semangat dan motivasi kalian.

Yunus Tri Winamto

30201700187

PERSEMBAHAN

Alhamdulillah, Puji syukur kehadiran Allah SWT atas segala rahmat dan hidayahNya, sehingga penulis bisa menyelesaikan Laporan Tugas Akhir ini penulis persembahkan untuk :

1. Kedua orang tua saya, Bapak Nandang Sukendar dan Ibu Nur Fauziah, Kakak saya Rizaldo Ahmad Wildan, dan Adik saya Savira Aida Larasati, serta keluarga besar yang telah memberikan segenap kasih sayang, semangat, do'a dan pendidikan mental serta fasilitas untuk terus mengejar impian menjadi seorang yang mulia di dunia dan akhirat.
2. Dosen-dosen Fakultas Teknik UNISSULA yang telah mengajarkan saya tentang ilmu-ilmu keteknikan yang sebelumnya saya tidak ketahui dan selalu memberikan motivasi dan arahan kepada saya.
3. Bapak Prof.Dr.Ir. Antonius, M.T. dan Bapak M. Rusli Ahyar, ST., M.Eng. selaku dosen pembimbing saya yang telah sabar mengajarkan saya dalam pembuatan laporan ini, aplikasi analisis program dan perhitungan struktur.
4. Yunus Tri Winanto selaku rekan yang telah bekerja keras dan berjuang bersama dalam penyelesaian Tugas Akhir ini.
5. Teman-teman Fakultas Teknik UNISSULA angkatan 2015, 2016, 2017 dan yang lainnya yang tidak bisa saya sebutkan satu persatu. Terima kasih untuk kebersamaan kita selama ini, terima kasih atas doa, semangat dan motivasikalian
6. Teman-teman Fakultas Teknik UNISSULA angkatan 2017, dan yang lainnya yang tidak bisa saya sebutkan satu persatu. Terima kasih untuk kebersamaan kita selama ini, terima kasih atas doa, semangat dan motivasi kalian. Semoga selalu terjaga pertemanan kita sampai kapanpun.

Titan Rayhan Luthfi H.

30201700173

KATA PENGANTAR

Assalamu'alaikum Wr.Wb.

Segala Puji dan syukur penulis panjatkan Kehadirat Allah SWT yang telah melimpahkan segala rahmat-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir dengan judul **“REDESAIN GEDUNG RADIOLOGI dan PICU/NICU RSUD dr. Loekmono Hadi Kudus”** guna memenuhi

salah satu persyaratan untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik Program Studi Teknik Sipil pada Fakultas Teknik Universitas Islam Sultan Agung Semarang.

Penulis menyadari kelemahan serta keterbatasan yang ada sehingga dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini memperoleh bantuan dari berbagai pihak, tiada kata-kata yang lebih tepat untuk diucapkan dalam kesempatan ini penulis menyampaikan ucapan terima kasih kepada :

1. Bapak Ir. H. Rachmat Mudiyo, MT., Ph.D. selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Islam Sultan Agung Semarang.
2. Bapak Muhamad Rusli Ahyar, ST., M.Eng., selaku Ketua Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Islam Sultan Agung Semarang.
3. Prof. Dr. Ir. Antonius, MT yang telah membantu, memberikan saran, dan mengajarkan saya mempelajari ilmu struktur gedung untuk tugas akhir kami.
4. Mas Lintang dan Wildan serta Yusia yang telah membantu, memberikan saran, dan mengajarkan saya mempelajari permodelan dan pengecekan permodelan struktur atas dengan menggunakan *software* ETABS V18.
5. Semua pihak yang telah membantu dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini yang tidak dapat disebutkan satu persatu.

Penulis menyadari keterbatasan ilmu pengetahuan, kemampuan, pemahaman, dan kurangnya pengalaman yang dimiliki, dalam penulisan Tugas Akhir ini masih terdapat banyak kekurangan dari segi kuantitas maupun kualitas secara ilmu pengetahuan maupun penguasaan materi.

Oleh karena itu, penyusun mengharapkan kritik dan saran yang dapat membangun sehingga dapat memberikan hasil yang lebih baik pada tahun yang akan datang dengan topik yang sama dan dapat bermanfaat bagi institusi pendidikan kedepannya.

Wassalamu'alaikum Wr.Wb.

Semarang, Agustus 2022

Penulis



DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PENGESAHAN	ii
BERITA ACARA BIMBINGAN TUGAS AKHIR	iii
MOTTO DAN PERSEMBAHAN	vi
KATA PENGANTAR	ix
DAFTAR ISI	xi
DAFTAR TABEL	xiv
DAFTAR GAMBAR	xv
DAFTAR NOTASI DAN SIMBOL	xvii
DAFTAR LAMPIRAN	xx
ABSTRAK	xxi
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang Masalah	1
1.2. Rumusan Masalah	2
1.3. Maksud dan Tujuan	2
1.4. Batasan Masalah	2
1.5. Sitematika Laporan	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	4
2.1. Tinjauan Umum	4
2.2. Wilayah Gempa Indonesia	4
2.3. Peraturan SNI 1726 – 2019	7
2.3.1. Tujuan SNI 1726-2019	7
2.3.2. Perbedaan terhadap SNI 1726-2012	7
BAB III METODE PENELITIAN	13
3.1. Pengumpulan Data	13
3.2. Perencanaan dan Analisis Perhitungan Struktur	13
3.3. Diagram Alur	16
BAB IV ANALISA DAN PERHITUNGAN STRUKTUR	18

4.1. Permodelan Struktur	18
4.2. Perencanaan Struktur Sekuder	19
4.2.1. Perencanaan Tangga	19
4.2.2. Perhitungan Tebal Plat Equivalen	22
4.2.3. Perhitungan Beban	23
4.3. Perencanaan Atap	24
4.4. Preliminary Design	26
4.4.1. Desain Struktur Primer	26
4.4.2. Desain Pelat	26
4.4.3. Perhitungan Wiremesh	28
4.4.4. Desain Dimensi Kolom	29
4.4.5. Pembebanan Pada Kolom	29
4.4.5.1.1. Beban Mati	29
4.4.5.1.2. Beban Hidup	30
4.4.5.1.3. Kombinasi Pembebanan	30
4.4.5.1.4. Dimensi Kolom	31
4.5. Permodelan Struktur	31
4.5.1. Desain Struktur Primer	31
4.5.2. Pembebanan	33
4.5.2.1. Beban Mati	33
4.5.2.1.1. Beban Mati Struktural	33
4.5.2.1.2. Beban Mati Tambahan	33
4.5.2.2. Beban Hidup	34
4.5.2.3. Beban Gempa Rencan	34
4.5.2.4. Kombinasi Pembebanan	50
4.6. Hasil Analisa Struktur	51
4.7. Kontrol Ketidakberaturan Struktur Horizontal	53
4.8. Simpang Antar Lantai	56
4.9. Efek P-Delta	57
4.10. Perencanaan Pelat	59
4.10.1. Perencanaan Tulang Pelat	59
4.10.2. Perhitungan Kebutuhan Tulangan	60

4.10.2.1. Perencanaan Pelat Arah X	60
4.10.2.2. Perencanaan Pelat Arah Y	71
4.11. Perencanaan Kolom	83
4.12. Perencanaan Pondasi	84
4.12.1. Daya Dukung Pondasi Sumuran	84
Bab V PENUTUP	89
5.1. Kesimpulan	89
5.2. Saran	90

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN



DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Kategori Risiko Bangunan Gedung dan Non Gedung	8
Tabel 2.2 Faktor Daktilitas Struktur	10
Tabel 2.3 Faktor Keutamaan Gempa	11
Tabel 4.1 Kategori Resiko Gedung Non Gedung Beban Gempa	35
Tabel 4.2 Faktor Keutamaan Gempa	38
Tabel 4.3 Koefisien Situs, F_a	39
Tabel 4.4 Koefisien Situs, F_v	39
Tabel 4.5 Parameter Respon Percepatan Pada Periode 1 Detik	40
Tabel 4.6 Faktor R , C_d , Ω_0 untuk Gaya Seismik	41
Tabel 4.7 Data Spektrum Respon Gempa Rencana	45
Tabel 4.8 Nilai Parameter C_t dan α	47
Tabel 4.9 Koefisien Untuk Batas Atas	48
Tabel 4.10 Mass Summary by Story	52
Tabel 4.11 Berat Struktur Pada Setiap Lantai	53
Tabel 4.12 Rekapitulasi Ketidakberaturan Horizontal Arah X	55
Tabel 4.13 Rekapitulasi Ketidakberaturan Horizontal Arah Y	55
Tabel 4.14 Simpang Antar Lantai Ijin X-Dir	56
Tabel 4.15 Simpang Antar Lantai Ijin Y-Dir	56
Tabel 4.16 P-Delta Arah X	57
Tabel 4.17 P-Delta Arah Y	57
Tabel 4.22 Momen Rencana Pada Lantai 1-3	59
Tabel 4.23 Penulangan Pelat	81
Tabel 4.241 Nilai Rata Rata N Pada Tiap Lapisan Tanah	83

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Peta Percepatan Puncak Batuan Dasar (PGA) 2%	5
Gambar 2.2 Peta Wilayah Gempa Berdasarkan Parameter Ss	5
Gambar 2.3 Peta Wilayah Gempa Berdasarkan Parameter S ₁	6
Gambar 2.4 Peta Wilayah Gempa Berdasarkan Periode Panjang	7
Gambar 4.1 Denah Lantai 1 Radiologi	18
Gambar 4.2 Denah Lantai 2 PICU-NICU	18
Gambar 4.3 Denah Lantai 3 Kantor-Rg Pertemuan	19
Gambar 4.4 Denah Tangga	19
Gambar 4.5 Tampak Tangga	20
Gambar 4.6 Potongan Tangga	20
Gambar 4.7 Detail Anak Tangga	21
Gambar 4.8 Tebal Equivalen	22
Gambar 4.9 Denah Atap Bangunan PICU/NICU	24
Gambar 4.10 Denah Rangka Atap	24
Gambar 4.11 Denah Kolom Lt 2 Radiologi PICU/NICU	29
Gambar 4.12 Denah Kolom Lt 3 Radiologi PICU/NICU	29
Gambar 4.13 Pemodelan Struktur 3D Tampak Depan Prefektif	32
Gambar 4.14 Pemodelan Struktur 3D Tampak Belakang Prefektif	33
Gambar 4.15 Pemodelan Struktur 3D Tampak Samping	33
Gambar 4.16 Spektrum Respon Gempa Rencana	46
Gambar 4.17 Tampak Depan Kanan Gedung PICU NICU	54
Gambar 4.18 Tampak Samping Kanan Gedung PICU NICU	54
Gambar 4.19 Penulangan Pelat Tumpuan Arah Lajur Kolom	60
Gambar 4.20 Penulangan Pelat Lapangan Arah Lajur Kolom	63
Gambar 4.21 Penulangan Pelat Tumpuan Arah Lajur Tengah	65
Gambar 4.22 Penulangan Pelat Lapangan Arah Lajur Tengah	68
Gambar 4.23 Penulangan Pelat Tumpuan Arah Lajur Kolom	71
Gambar 4.24 Penulangan Pelat Lapangan Arah Lajur Kolom	73
Gambar 4.25 Penulangan Pelat Tumpuan Arah Lajur Tengah	76
Gambar 4.26 Penulangan Pelat Lapangan Arah Lajur Tengah	78

Gambar 4.27 Perencanaan Kolom	81
Gambar 4.28 Pondasi Sumuran	84
Gambar 4.29 Pondasi Sumuran	84



DAFTAR LAMBANG DAN NOTASI

α	[-]	sudut yang menahan orientasi tulangan
δ	[-]	defleksi yang terjadi
δ_u	[-]	defleksi ultimit yang terjadi
δ_{xe}	[-]	defleksi pada lokasi yang disyaratkan pada pasal ini yang ditentukan dengan analisis elastis
Δx	[-]	simpangan antar lantai
λ	[-]	angka kelangsingan
ρ	[-]	rasio tulangan
ρ_t	[-]	rasio penulangan arah horizontal
A_{cv}	[-]	luas penampang total dinding struktural
A_g	[mm ²]	luas dimensi kolom
A_s	[mm ²]	luas tulangan tarik
A_s'	[mm ²]	luas tulangan tekan
A_{st}	[-]	luas tulangan
b	[mm]	lebar balok
C	[-]	koefisien respon gempa, yang besarnya tergantung wilayah gempa dan waktu getar struktur
C_d	[-]	faktor pembesaran defleksi
DL	[-]	beban mati
d	[mm]	jarak dari serat tekan terjauh ke pusat tulangan
d_b	[mm]	diameter batang tulangan
E_c	[MPa]	modulus elastisitas beton
E_X	[-]	beban gempa dinamis arah X
E_Y	[-]	beban gempa dinamis arah Y
f_c'	[MPa]	kuat tekan beton
f_y	[MPa]	kekuatan leleh tulangan
g	[-]	besaran gravitasi
h	[mm]	tinggi balok

hn	[m]	ketinggian struktur
hx	[-]	spasi horizonltal maksimum untuk kaki sengkang tertutup atau sengkang ikat pada muka kolom
Ie	[-]	faktor keutamaan gempa
L	[mm]	panjang balok
LL	[-]	beban hidup
Lx	[-]	panjang bentang arah x
Ly	[-]	panjang bentang arah y
lu	[-]	tinngi kolom
lw	[-]	lebar dinding geser
Mn	[kN.m]	kekuatan lentur nominal
Mu	[kN.m]	momen terfaktor pada penampang
Mpr	[kN.m]	momen lentur dari suatu komponen struktur dengan atau tanpa beban aksial
Mx	[ton.m]	momen arah x
My	[ton.m]	momen arah y
n	[-]	keutuhan jumlah tulangan
P	[-]	beban aksial yang bekerja pada kolom
Pn	[N]	gaya tekan nominal
Pu	[N]	gaya aksial terfaktor
q	[-]	beban yang bekerja
R	[-]	faktor reduksi gempa
r	[-]	radius grasi penampan komponen struktur kolom
s	[-]	jarak antara tulangan geser
S1	[-]	parameter respon spektral percepatan gempa MCER terpetakan untuk periode 1 detik

SD1	[-]	parameter respon spektral percepatan desain pada periode 1 detik
SDS	[-]	parameter respon spektral percepatan desain pada periode pendek
SF	[-]	safety factor
Ss	[-]	parameter respon spektral percepatan gempa MCER terpetakan untuk periode pendek
T	[-]	nilai time period
ΔT	[-]	selisih time period
tsw	[-]	tebal dinding geser
V	[-]	beban gempa dasar nominal
Vc	[-]	gaya geser yang dipikul beton
Ve	[-]	gaya geser yang terjadi pada struktur
Vs	[N]	gaya geser yang dipikul tulangan baja
Vu	[N]	gaya geser optimal untuk perencanaan
Wt	[-]	berat total struktur bangunan

DAFTAR LAMPIRAN

LAMPIRAN 1 Surat Bimbingan Tugas Akhir

LAMPIRAN 2 Lembar Asistensi Tugas Akhir

LAMPIRAN 4 Gambar Kerja Eksisting Gedung Radiologi dan PICU/NICU

RSUD dr. Loekmono Hadi Kudus



REDESAIN GEDUNG RADIOLOGI dan PICU/NICU RSUD dr. Loekmono

Hadi Kudus menggunakan SNI 1726-2019

Titan Rayhan Luthfi Hanif¹⁾, Yunus Tri Winamto¹⁾, Antonius²⁾, M Rusli Ahyar²⁾

ABSTRAK

Permasalahan yang harus dihadapi dalam perancangan struktur gedung di Indonesia salah satunya adalah karena sebagian besar wilayah memiliki tingkat aktivitas gempa sedang hingga tinggi. Oleh karena itu, perlu dilakukan perencanaan seismik untuk gedung bertingkat. Hal ini karena gedung tinggi lebih rentan terhadap gempa. Pada perencanaan struktur gedung tinggi selain memperhatikan fungsi bangunan, juga harus memperhatikan kekuatan struktur dan geoteknis yang juga terdapat pada peraturan-peraturan yang telah ditetapkan dan diperbarui untuk menghindari terjadi kegagalan struktur akibat gempa. Tujuan dari Tugas Akhir ini adalah meredesain Gedung Radiologi dan PICU/NICU RSUD dr. Loekmono menggunakan SNI 1726-2019.

Dalam perencanaan redesain Gedung Radiologi dan PICU/NICU RSUD dr. Loekmono Hadi menggunakan bantuan software ETABS v18 untuk permodelan struktur. Peraturan-peraturan yang digunakan yaitu SNI 1726 – 2019 mengenai tata cara perencanaan ketahanan gempa untuk struktur bangunan gedung dan non gedung kemudian SNI 2847-2019 mengenai persyaratan beton struktural untuk bangunan gedung serta SNI 1727-2018 mengenai persyaratan beban minimum untuk perencanaan bangunan gedung dan struktur lainnya dan SNI 2052-2017 (Persyaratan baja tulangan untuk bangunan gedung).

Berdasarkan hasil yang didapat setelah melakukan perencanaan redesain Gedung Radiologi dan PICU/NICU RSUD dr. Loekmono Hadi Kudus menggunakan SNI 1726-2019. Hasil dari desain simpangan antar lantai arah X dan Y pada struktur gedung ini dinyatakan aman terhadap batas simpangan ijin. Periode getar hasil dari desain sudah memenuhi syarat peraturan. Hal ini menunjuk gedung tersebut dapat menahan gempa rencana dan bisa dikatakan stabil.

Kata Kunci : Redesain, tahan gempa, simpangan antar lantai

^[1] Mahasiswa Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Islam Sultan Agung

^[2] Dosen Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Islam Sultan Agung

REDESIGN THE RADIOLOGY and PICU/NICU Building of Regional Public Hospital dr. Loekmono Hadi Kudus using SNI 1726-2019

Titan Rayhan Luthfi Hanif¹⁾, Yunus Tri Winamto¹⁾, Antonius²⁾, M Rusli Ahyar²⁾

ABSTRACT

One of the problems that must be faced in designing building structures in Indonesia is that most areas have moderate to high levels of earthquake activity. Therefore, it is necessary to do seismic planning for high-rise buildings. This is because tall buildings are more susceptible to earthquakes. In planning the structure of high-rise buildings, apart from paying attention to the function of the building, it is also necessary to pay attention to the structural and geotechnical strength which is also contained in the regulations that have been set and updated to avoid structural failure due to earthquakes. The purpose of this final project is to redesign the Radiology Building and PICU/NICU RSUD dr. Loekmono uses SNI 1726-2019.

In planning the redesign of the Radiology Building and PICU/NICU RSUD dr. Loekmono Hadi uses ETABS v18 software for structural modeling. The regulations used are SNI 1726 – 2019 regarding procedures for planning earthquake resistance for building and non-building structures, then SNI 2847-2019 regarding structural concrete requirements for buildings and SNI 1727-2018 regarding minimum load requirements for planning buildings and structures. others and SNI 2052-2017 (Requirements for reinforcing steel for buildings).

Based on the results obtained after planning the redesign of the Radiology Building and PICU/NICU RSUD dr. Loekmono Hadi Kudus uses SNI 1726-2019. The results of the design of the deviation between floors in the X and Y directions in this building structure are declared safe against the allowable deviation limit. The vibration period of the design has met the regulatory requirements. This shows that the building can withstand the planned earthquake and can be said to be stable.

Keywords: Redesign, earthquake resistance, deviation of floors

^[1]Civil Engineering Student, Faculty of Engineering, Sultan Agung Islamic University

^[2]Civil Engineering Lecturer, Faculty of Engineering, Sultan Agung Islamic University

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang Masalah

Permasalahan yang harus dihadapi dalam perancangan struktur gedung di Indonesia salah satunya adalah karena sebagian besar wilayah memiliki tingkat aktivitas gempa sedang hingga tinggi. Beberapa wilayah di Indonesia mengalami gempa hampir setiap tahun, dan dampak gempa tersebut menimbulkan kerusakan material dan non material, yang meliputi dampak yang sangat besar terhadap lingkungan sekitar, termasuk hilangnya banyak nyawa dan hancurnya banyak bangunan dan infrastruktur oleh bencana. gempa bumi. Oleh karena itu, perlu dilakukan perencanaan seismik untuk gedung bertingkat. Hal ini karena gedung tinggi lebih rentan terhadap gempa.

Faktor keamanan struktural dan geoteknik harus dipertimbangkan ketika merencanakan bangunan bertingkat di daerah seismik seperti Indonesia. Pada umumnya gedung tinggi direncanakan dengan menggunakan berbagai sistem struktur. Setiap sistem dalam struktur bangunan akan melayani beberapa fungsi yang berbeda. Dengan perencanaan dan perhitungan yang tepat, pada saat terjadi gempa, struktur suatu bangunan dapat lebih kuat menahan gaya geser akibat gempa tanpa langsung ambruk atau runtuh. Hal ini memungkinkan orang yang tinggal di dekat gedung untuk melarikan diri ke tempat yang memungkinkan untuk berlindung. Dalam mendesain bangunan seismik tertuang dalam SNI 1726 – 2019. Aturan ini merupakan pembaruan dari aturan sebelumnya yang tertuang dalam SNI 1726 – 2012, diperbarui untuk merencanakan desain struktur seismik yang lebih optimal.

Gedung 3 lantai Radiologi dan PICU/NICU RSUD dr. Loekmono Hadi Kab. Kudus dibangun tahun 2018 dengan tinggi elevasi 17,73 m dari muka tanah. Gedung tersebut direncanakan sebagai tempat radiologi dan perawatan intensif anak dan bayi dimana dalam perencanaan gedung tersebut masih mempergunakan SNI 1726 – 2012.

Berdasarkan hal tersebut maka perlu dilakukan perhitungan ulang kembali sesuai dengan peraturan baru yang terdapat pada SNI 1726 – 2019 guna mengoptimalkan keamanan struktur. Oleh karena itu, kami akan melakukan desain ulang gedung tersebut dengan menggunakan peraturan terbaru yang berlaku.

1.2 Rumusan Masalah

Berhubungan dengan latar belakang sebelumnya, maka dapat diuraikan rumusan masalah pada tugas akhir sebagai berikut :

1. Berapakah gaya gempa rencana untuk bangunan Radiologi dan PICU/NICU RSUD dr. Lokmono Hadi menggunakan *response spectrum* SNI 1726 – 2019 ?
2. Sistem analisis apa yang digunakan struktur yang sesuai SNI 1726 – 2019 ?
3. Bagaimanakah hasil dari perencanaan struktur yang sesuai dengan peraturan SNI 1726 – 2019 ?

1.3 Maksud dan Tujuan

Berdasarkan rumusan masalah sebelumnya, maksud dan tujuan tugas akhir yaitu :

1. Mendesain ulang gedung Radiologi dan PICU/NICU RSUD dr. Loekmono Hadi sesuai dengan SNI 1726 – 2019.

1.4 Batasan Masalah

Tugas Akhir kami yang membahas “Redesain Gedung Radiologi dan PICU/NICU RSUD dr. Loekmono Hadi berdasar SNI Perencanaan Tahan Gempa (SNI 1726 – 2019)” mempunyai batasan masalah sebagai berikut ini :

1. Perencanaan hanya menggunakan gedung Radiologi dan PICU/NICU RSUD dr. Loekmono Hadi.
2. Peraturan yang akan digunakan antara lain :
 - a. SNI 1726 – 2019 (Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Struktur Bangunan Gedung dan NonGedung)
 - b. SNI 2847 – 2019 (Persyaratan Beton Struktural Untuk Bangunan Gedung)
 - c. SNI 1727 – 2018 (Pembebanan Minimum Untuk Perencanaan Bangunan Gedung dan Struktur Lain)
 - d. SNI 2052 – 2015 (Baja Tulangan Untuk Beton)

3. Perencanaan struktur akan menggunakan sistem yang terdapat di SNI 1726 – 2019 dengan klasifikasi tanah lunak (SE). Dimana data tanah yang akan kami gunakan untuk sebagai simulasi.
4. Hanya terbatas pada perencanaan gedung, tanpa merencanakan dari segi biaya, arsitektur, maupun pelaksanaan.

1.5 Sistematika Penulisan Laporan Tugas Akhir

Sistematika Penyusunan Tugas Akhir ini terdiri dari 5 Bab, yaitu :

BAB I PENDAHULUAN

Pada bab ini kami membahas tentang latar belakang masalah, rumusan masalah, maksud dan tujuan, batasan masalah, dan sistematika penulisan laporan tugas akhir.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

Pada bab ini kami membahas tentang sumber - sumber yang digunakan, pembebanan yang digunakan, dan peraturan – peraturan yang digunakan untuk merencanakan suatu struktur bangunan.

BAB III METODE PENELITIAN

Pada bab ini berisi tentang metode pengumpulan data struktur gedung.

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada bab ini kami menjelaskan mengenai analisis struktur, perhitungan beban dan pengecekan terhadap persyaratan yang sudah ditentukan. Hasil perhitungan akan menggunakan *output* analisis program struktur yang dimodelkan menggunakan ETABS v18.

BAB V PENUTUP

Pada bab ini kami menjelaskan kesimpulan yang didapatkan dari hasil analisa dan saran khususnya bagi bangunan di Indonesia yang menggunakan beban gempa untuk sebagai analisisnya.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Tinjauan Umum

Indonesia sebagai salah satu negara yang rawan terjadi gempa di dunia. Hal ini disebabkan posisi geologis Indonesia berada pada pertemuan 3 (tiga) lempeng tektonik besar yang ada di dunia, yakni lempeng Indo – Australia, lempeng Eurasia, dan lempeng Pasifik (Budiono, 2011).

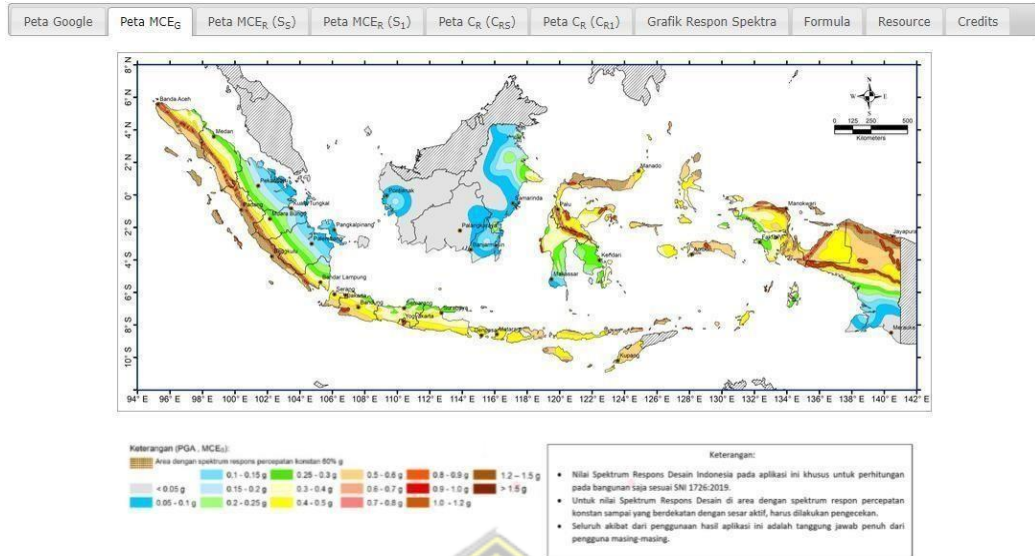
Berdasarkan kondisi tersebut, Indonesia mensyaratkan untuk bangunan harus tahan terhadap gempa, sehingga pada saat merencanakan atau menghitung sistem struktur suatu bangunan harus memiliki sistem ketahanan vertikal dan lateral yang lengkap yang dapat memberikan kekakuan, kekuatan dan kemampuan kehilangan kemampuan yang cukup dalam menahan beban yang direncanakan dari gerakan tanah dalam kebutuhan deformasi dan kekuatan yang direncanakan.

Pada bab ini menjelaskan proses dan langkah-langkah dari pemodelan struktur, kemudian perhitungan struktur, hingga analisis pada struktur yang terdiri dari kolom dan pelat lantai, meliputi beban mati, hidup, dan gempa yang ditentukan dalam SNI. Tinjauan pustaka ini guna membahas konsep perencanaan gedung dan melaksanakan pembebanan gedung tinggi yang berada di Indonesia. Sehingga akan diharapkan bangunan di masa depan akan lebih aman dan tidak menyebabkan kegagalan struktural selama proses konstruksi.

2.2 Wilayah Gempa Indonesia

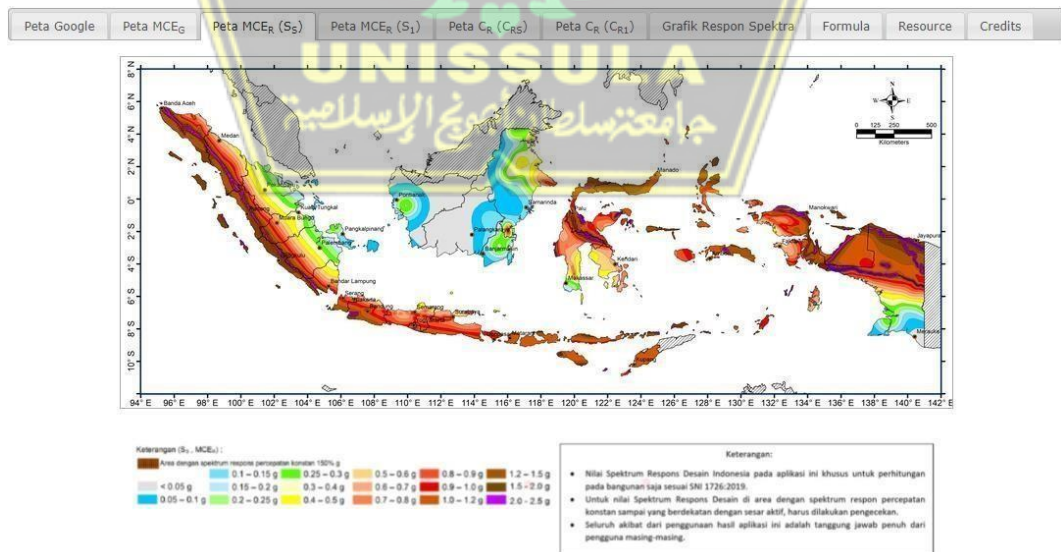
Pada peta seismik Indonesia menjadi salah satu alat acuan untuk merancang bangunan yang tahan gempa, dan dalam SNI 1726 – 2019, menggunakan peta seismik Indonesia terbaru 2017, sebagai dasar perencanaan.

Dalam peta gempa terbaru, koreksi yang termasuk dalam peraturan sebelumnya telah diperbarui. Berdasarkan Gambar 2.1, tingkat risiko gempa bumi untuk Indonesia didasarkan pada PGA (percepatan puncak batuan dasar), yang menggantikan peta gempa Indonesia yang sebelumnya.

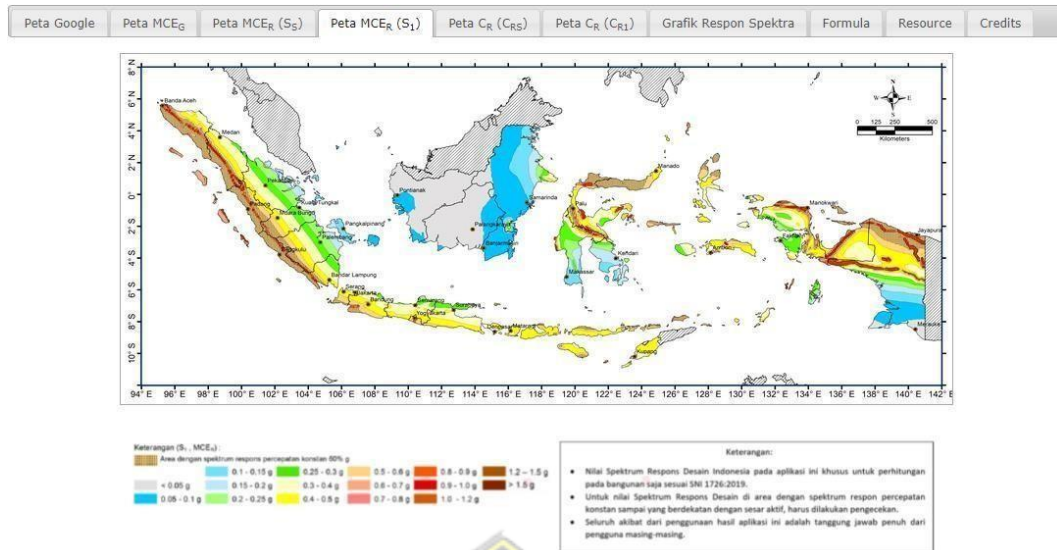


Gambar 2.1 Peta Percepatan Puncak Batuan Dasar (PGA) 2%

Wilayah gempa yang ada di Indonesia ditetapkan berdasar parameter nilai percepatan respon spektra gempa MCER resiko tertarget pada perioda pendek (parameter SS) dan juga parameter nilai percepatan response spektra gempa MCER resiko tertarget di perioda 1 detik, teredam 5 persen percepatan batuan dasar di perioda 1 detik (S₁), seperti pada Gambar 2.2 dan Gambar 2.3 berikut.



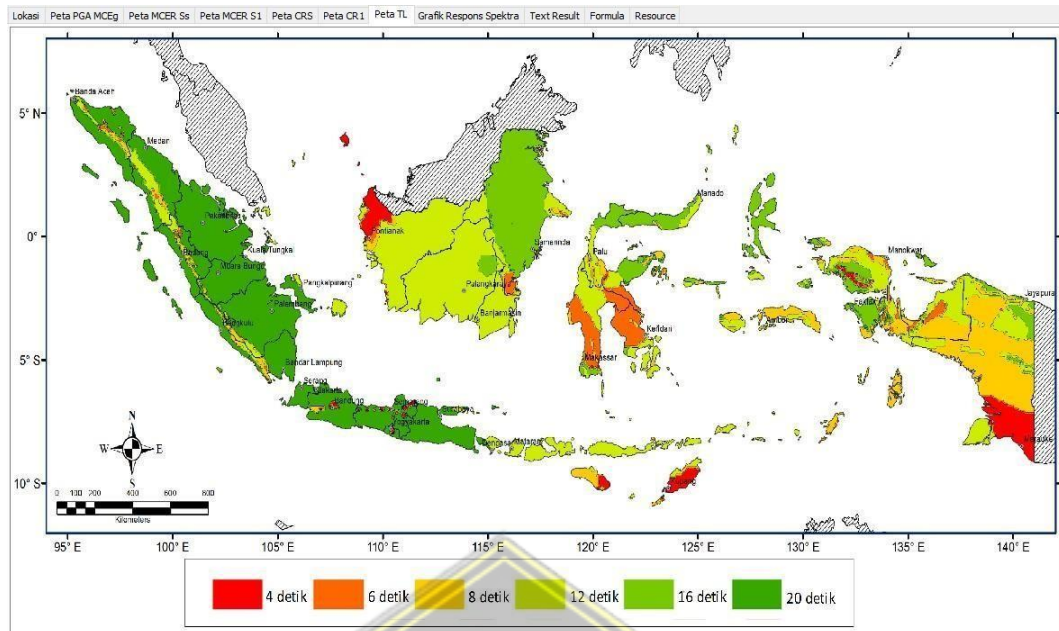
Gambar 2.2 Peta Wilayah Gempa Berdasarkan Parameter Ss



Gambar 2.3 Peta Wilayah Gempa Berdasarkan Parameter S1

Pada peta gempa periode panjang tersebut menunjukkan batas awal terjadi periode perpindahan yang konstan pada grafik spektrum respons desain. Pada proses pembuatan peta TL ini meliputi diantaranya; analisis seismik hazard secara probabilistik kemudian dilanjutkan dengan analisis hazard deagregasi pada spektra 2-detik untuk probabilitas terlampaui 2% dalam rentang 50 tahun dengan 5% redaman.

Pada peta gempa periode panjang ini kemudian dijadikan sebagai bahan standar respons spektrum yang terdapat di standar tata cara perencanaan ketahanan gempa untuk struktur bangunan gedung dan non gedung (SNI 1726- 2019) dan pada setiap daerah mempunyai periode panjang berbeda, peta dapat dilihat pada gambar 2.4 berikut.



Gambar 2.4 Peta Wilayah Gempa Berdasarkan Periode Panjang

2.3 Peraturan SNI 1726 – 2019

Peraturan SNI 1726 – 2019 adalah acuan dalam merencanakan bangunan yang dapat tahan terhadap gempa dan yang direncanakan yaitu gempa dengan kekuatan besar dimana elemen pada struktur dan non struktural boleh rusak, namun elemen pada struktur tidak boleh roboh, sehingga diharapkan nantinya apabila terjadi gempa bumi tidak ada korban jiwa.

2.3.1 Tujuan SNI 1726-2019

Pembaharuan terhadap SNI 1726-2012 untuk memperbaiki dan menjaga kesesuaian Standar Nasional Indonesia dari tahun ke tahun terhadap kebutuhan, kemajuan ilmu pengetahuan dan teknologi, serta pemeliharaan dan nilai kelayakan suatu struktur bangunan.

2.3.2 Perbedaan terhadap SNI 1726-2012

Pada saat pembaharuan peraturan terdapat beberapa perbedaan pada pasal-pasal peraturan. Diantaranya adalah :

- Kombinasi Beban untuk Metoda Ultimit (4.2.2)
- Spektrum Respons Desain (6.4)
- Analisis Ragam (7.9.1)
- Penskalaan Gaya (7.9)

2.3.3 Kategori Risiko Bangunan Gedung dan Non Gedung

Pada kategori risiko bangunan ini sudah ditetapkan pada Pedoman Perencanaan Ketahanan Gempa SNI 1726 – 2019 pada tabel 2.1 dan pengaruh gempa rencana harus direduksi dengan R / I_e dengan R sebagai factor daktilitas struktur dan (I_e) sebagai factor keutamaan 2.2 berikut.

Tabel 2.1 Kategori Risiko Bangunan Gedung dan Non Gedung

Jenis Pemanfaatan	Kategori risiko
Gedung dan non gedung yang memiliki risiko rendah terhadap jiwa manusia pada saat terjadi kegagalan, termasuk, tapi tidak dibatasi untuk, antara lain: - Fasilitas pertanian, perkebunan, peternakan dan perikanan - Fasilitas sementara - Gudang penyimpanan - Rumah jaga dan struktur kecil lainnya	I
Semua gedung dan struktur lain, kecuali yang termasuk dalam kategori risiko I,III,IV, termasuk, tapi tidak dibatasi untuk: - Perumahan - Rumah toko dan rumah kantor - Pasar - Gedung perkantoran - Gedung apartemen / rumah susun - Pusat perbelanjaan / mall - Bangunan industri - Fasilitas manufaktur - Pabrik	II
Gedung dan non gedung yang memiliki risiko tinggi terhadap jiwa manusia pada saat terjadi kegagalan, termasuk, tapi tidak dibatasi untuk: - Bioskop - Gedung pertemuan - Stadion	III

- Fasilitas kesehatan yang tidak memiliki unit bedah dan unit gawat darurat - Fasilitas penitipan anak - Penjara - Bangunan untuk orang jompo Gedung dan non gedung, tidak termasuk dalam kategori IV, yang memiliki potensi untuk menyebabkan dampak ekonomi yang besar dan/atau gangguan massal terhadap kehidupan masyarakat sehari-hari bila terjadi kegagalan, termasuk, tapi tidak dibatasi untuk: - Pusat pembangkit listrik biasa - Fasilitas penanganan air - Fasilitas penanganan limbah - Pusat telekomunikasi Gedung dan non gedung yang tidak termasuk dalam kategori risiko IV, (termasuk, tetapi tidak dibatasi untuk fasilitas manufaktur, proses, penanganan, penyimpanan, penggunaan atau tempat pembuangan bahan bakar berbahaya, bahan kimia berbahaya, limbah berbahaya, atau bahan yang mudah meledak) yang mengandung bahan beracun atau peledak di mana jumlah kandungan bahannya melebihi nilai batas yang disyaratkan oleh instansi yang berwenang dan cukup menimbulkan bahaya bagi masyarakat jika terjadi kebocoran. Gedung dan gedung yang ditunjukan sebagai fasilitas yang penting, termasuk, tetapi tidak dibatasi untuk: - Bangunan-bangunan monumental - Gedung sekolah dan fasilitas pendidikan	III
---	------------

- Rumah sakit dan fasilitas kesehatan lainnya yang memiliki fasilitas bedah dan unit gawat darurat - Fasilitas pemadam kebakaran, ambulans, dan kantor polisi, serta garasi kendaraan darurat - Tempat perlindungan terhadap gempa bumi, angin badai, dan tempat perlindungan darurat lainnya - Fasilitas kesiapan darurat, komunikasi, pusat operasi dan fasilitas lainnya untuk tanggap darurat - Pusat pembangkit energi dan fasilitas publik lainnya yang dibutuhkan pada saat keadaan darurat Struktur tambahan (termasuk menara telekomunikasi, tangki penyimpanan bahan bakar, menara pendingin, struktur stasiun listrik, tangki air pemadam kebakaran atau struktur rumah atau struktur pendukung air atau material atau peralatan pemadam kebakaran) yang disyaratkan untuk beroperasi pada saat keadaan darurat	IV
---	----

Sumber: SNI 1726 – 2019

Tabel 2.2 Faktor Daktilitas Struktur

Sistem pemikul gaya seismik	Koefisien Modifikasi respons,	Faktor kuat lebih	Faktor pembesaran	Batasan system struktur dan Batasan tinggi struktur, h_n (m) ^d				
	R_a	system,	defleksi	Kategori desain seismik				
		$\Omega \cap b$	C_d c					
C. Sistem rangka pemikul momen				B	C	De	Ee	Ff
1. Rangka baja pemikul momen khusus	8	3	51/ 2	TB	TB	TB	TB	TB

2. Rangka batang baja pemikul momen khusus	7	3	5 ^{1/2}	TB	TB	48	30	TI
3. Rangka baja pemikul momen menengah	4 ^{1/2}	3	4	TB	TB	10 ^k	TI ^k	TI ^k
4. Rangka baja pemikul momen biasa	3 ^{1/2}	3	3	TB	TB	TI ^l	TI ^l	TI ^l
5. Rangka beton Bertulang pemikul momen khusus ^m	8	3	5 ^{1/2}	TB	TB	TB	TB	TB
6. Rangka beton bertulang pemikul momen menengah	5	3	4 ^{1/2}	TB	TB	TI	TI	TI
7. Rangka beton bertulang pemikul momen biasa	3	3	2 ^{1/2}	TB	TI	TI	TI	TI
8. Rangka baja dan beton komposit pemikul momen khusus	8	3	5 ^{1/2}	TB	TB	TB	TB	TB
9. Rangka baja dan beton komposit	5	3	4 ^{1/2}	TB	TB	TI	TI	TI

pemikul momen menengah								
10. Rangka baja dan beton komposit terkekang parsial pemikul momen	6	3	5 ^{1/2}	48	48	30	TI	TI
11. Rangka baja dan beton komposit pemikul momen biasa	3	3	2 ^{1/2}	TB	TI	TI	TI	TI
12. Rangka baja canai dingin pemikul momen khusus dengan pembautan ⁿ	3 ^{1/2}	3 ⁰	3 ^{1/2}	10	10	10	10	10

Sumber: SNI 1726 – 2019

Tabel 2.3 Faktor Keutamaan Gempa

Kategori risiko	Faktor keutamaan gempa, <i>I_e</i>
I atau II	1,0
III	1,25
IV	1,50

Sumber: SNI 1726 – 2019

BAB III

METODE PENELITIAN

3.1 Pengumpulan Data

Sumber data yang kami dapatkan adalah data primer. Data primer adalah data yang didapatkan dari pihak yang terkait langsung dengan proyek tersebut. Manfaat dari data primer ini adalah guna kepentingan penyusunan Laporan Tugas Akhir yaitu merencanakan suatu struktur. Data primer sebagai berikut :

1. Gambar struktur gedung Radiologi dan PICU/NICU RSUD dr. Loekmono Hadi Kab. Kudus
2. Data gempa Kabupaten Kudus (*Website* RSA.CiptaKarya)

3.2 Perencanaan dan Analisis Perhitungan Struktur

Pada perencanaan serta analisis, perhitungan yang kami lakukan meliputi struktur bangunan, yaitu kolom, pelat lantai dan pondasi dengan memasukkan beban yang direncanakan sebelumnya melalui pedoman yang ada untuk Standar Nasional Indonesia. Langkah pertama adalah menganalisis perhitungan dengan mengidentifikasi referensi yang harus digunakan ketika merencanakan struktur bangunan. Acuan – acuan yang digunakan untuk menyusun Laporan Tugas Akhir ini adalah sebagai berikut :

1. Standar yang kami pakai
 - a. SNI 1726 – 2019 (Tata cara perencanaan ketahanan gempa untuk struktur bangunan gedung dan non gedung)
 - b. SNI 2847 – 2019 (Persyaratan beton struktural untuk bangunan gedung)
 - c. SNI 1727 – 2018 (Beban minimum untuk perencanaan bangunan gedung dan struktur lainnya)
 - d. SNI 2052 – 2017 (Persyaratan baja tulangan untuk bangunan gedung)

2. Pengumpulan Data

Pengumpulan sumber data primer dan sekunder pada bangunan PICU/NICU RSUD dr. Loekmono Hadi Kab. Kudus yang akan kami rencanakan. Data ini diperoleh melalui gambar kerja gedung Radiologi dan PICU/NICU RSUD dr. Loekmono Hadi Kab. Kudus, gambar ini digunakan untuk membuat permodelan pada ETABS v18.

3. Keadaan dan Kondisi Tanah

Klasifikasi tanah tergantung pada parameter tanah. Berdasarkan kategori tersebut, kondisi tanah dapat diidentifikasi sebagai A, B, C, D, E dan F. Perencanaan pada Gedung Radiologi dan PICU/NICU RSUD dr. Loekmono Hadi Kab. Kudus diklasifikasikan sebagai E (tanah lunak) karena kami tidak mendapatkan data tanah untuk lokasi ini, jadi kami menganggap tanah di lokasi ini adalah tanah lunak (kelas E). Data tanah yang kami gunakan untuk sebagai simulasi.

4. Permodelan Struktur Gedung

Permodelan tersebut dimodelkan dengan menggunakan aturan yang ditentukan yang akan digunakan dalam merencanakan struktur bangunan. Permodelan ini menggunakan ETABS v18.

5. Perhitungan Pembebanan Struktur

Pada perhitungan pembebanan struktur yaitu berupa beban mati struktur, beban mati tambahan, beban hidup, dan beban air hujan. Beban mati tambahan, beban hidup, dan beban hujan merupakan beban yang dibebankan pada struktur tanpa melibatkan berat struktur itu sendiri.

6. Perencanaan Respon Spektrum

Pada perencanaan response spectrum ini menggunakan web *RSA.CiptaKarya* guna mendapat keadaan tanah yang sesuai dengan wilayah tersebut.

7. Perencanaan Beban Gempa Statik

Dalam perencanaan beban gempa statik ini dibebankan pada tiap lantai guna merencanakan distribusi gaya lateral maka dibutuhkan sebagai berikut ini :

- a. Perhitungan waktu getar alami struktur Gedung
- b. Berat efektif struktur Gedung

8. Desain Elemen – Elemen Struktur Atas

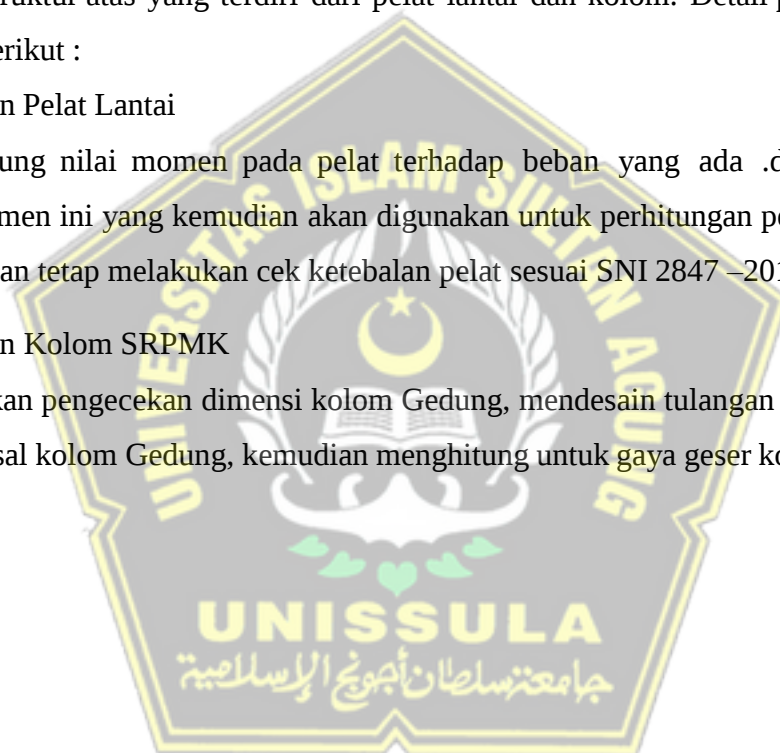
Elemen struktur atas yang terdiri dari pelat lantai dan kolom. Detail perhitungannya sebagai berikut :

a. Desain Pelat Lantai

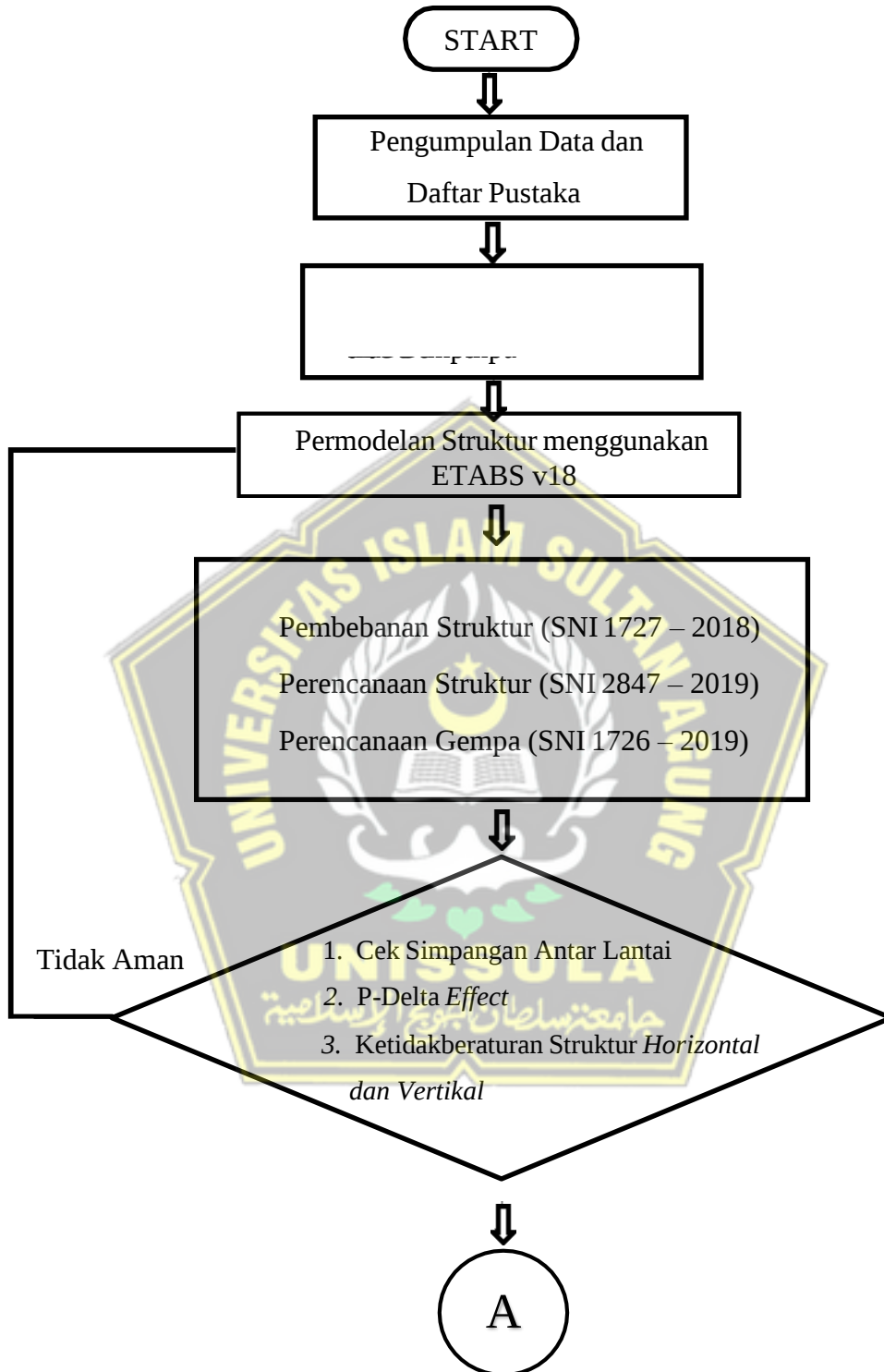
Menghitung nilai momen pada pelat terhadap beban yang ada .dengan mencari nilai momen ini yang kemudian akan digunakan untuk perhitungan penulangan pelat lantai. Dan tetap melakukan cek ketebalan pelat sesuai SNI 2847 –2019.

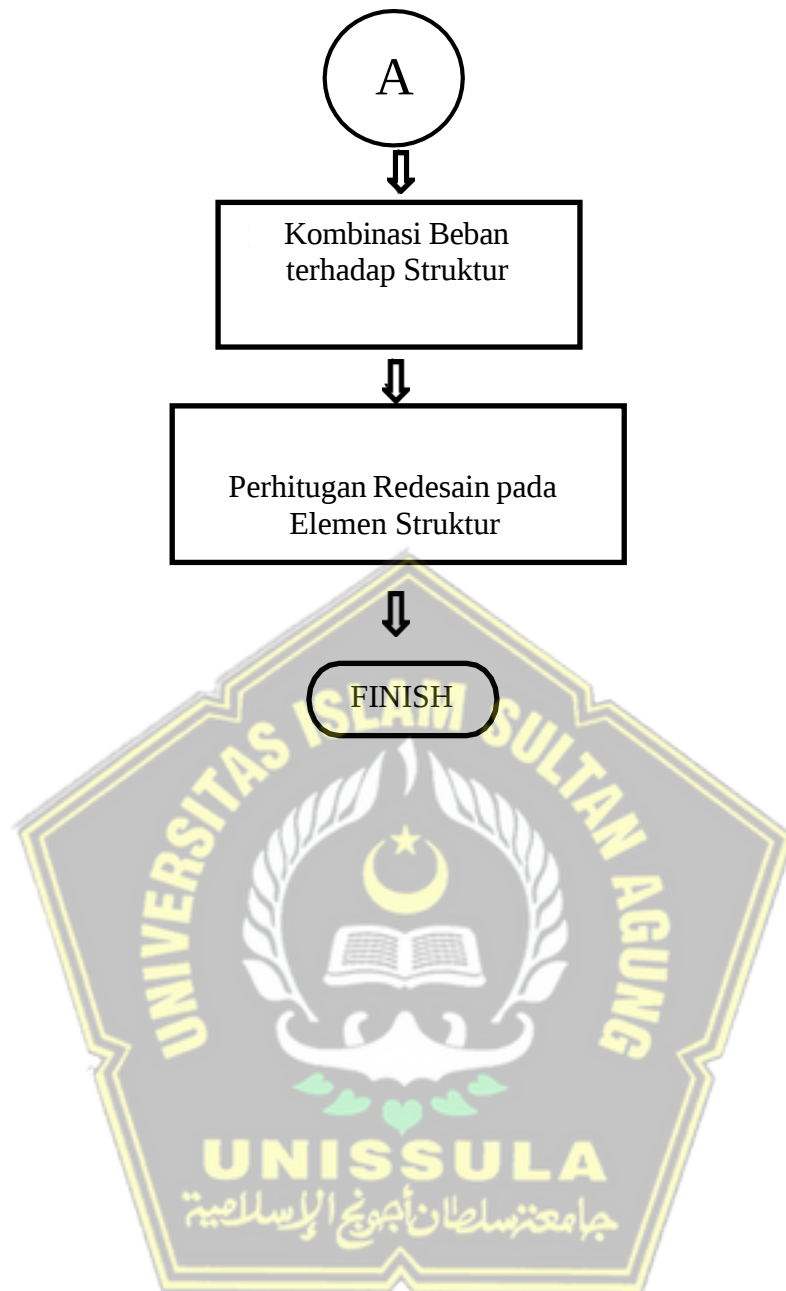
b. Desain Kolom SRPMK

Melakukan pengecekan dimensi kolom Gedung, mendesain tulangan longitudinal dan transversal kolom Gedung, kemudian menghitung untuk gaya geser kolom Gedung



3.3 Diagram Alur



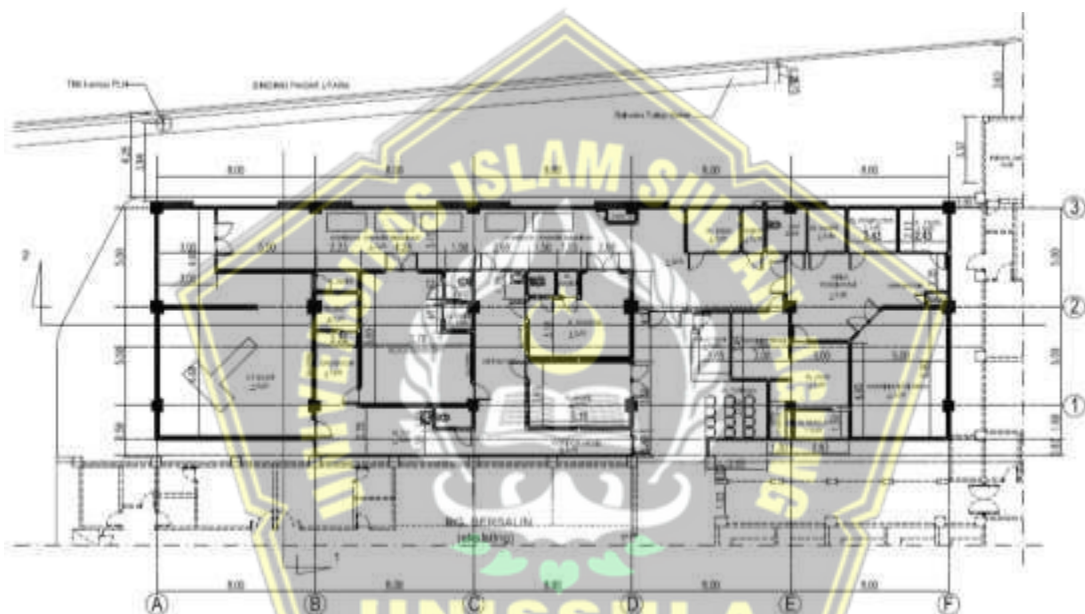


BAB IV

PEMBAHASAN

4.1 Permodelan Struktur

Dalam tugas akhir yang kami kerjakan, dilakukan desain ulang terhadap bangunan gedung Radiologi dan PICU/NICU RSUD dr. Loekmono Hadi Kudus 3 lantai yang diproyeksikan pada tahun 2018 dengan tinggi elevasi 17,73 m dari muka tanah. Gedung ini rencana sebagai ruang radiologi dan perawatan intensif anak dan bayi, dimana gedung tersebut pada perencanaannya menggunakan SNI 1726 – 2012. Oleh karena itu, perlu untuk diperhitungkan ulang menggunakan peraturan terbaru pada SNI 1726 – 2019 agar keamanan struktural bisa menjadi lebih optimal.



Gambar 4.1 Denah Lantai 1 Radiologi



Gambar 4.2 Denah Lantai 2 PICU - NICU

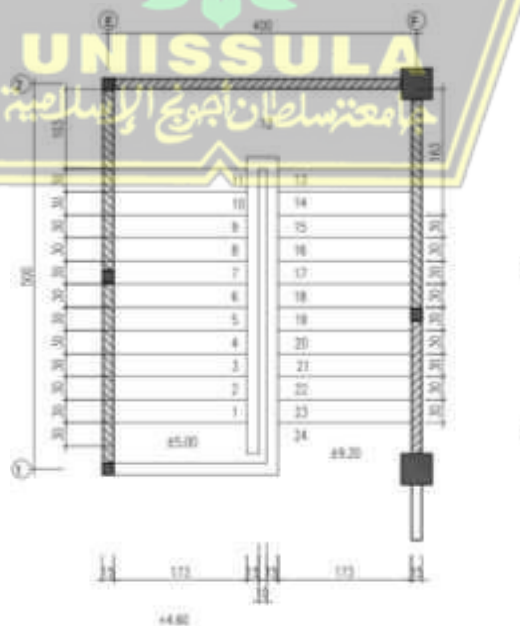


Gambar 4.3 Denah Lantai 3 Kantor – Rg. Pertemuan

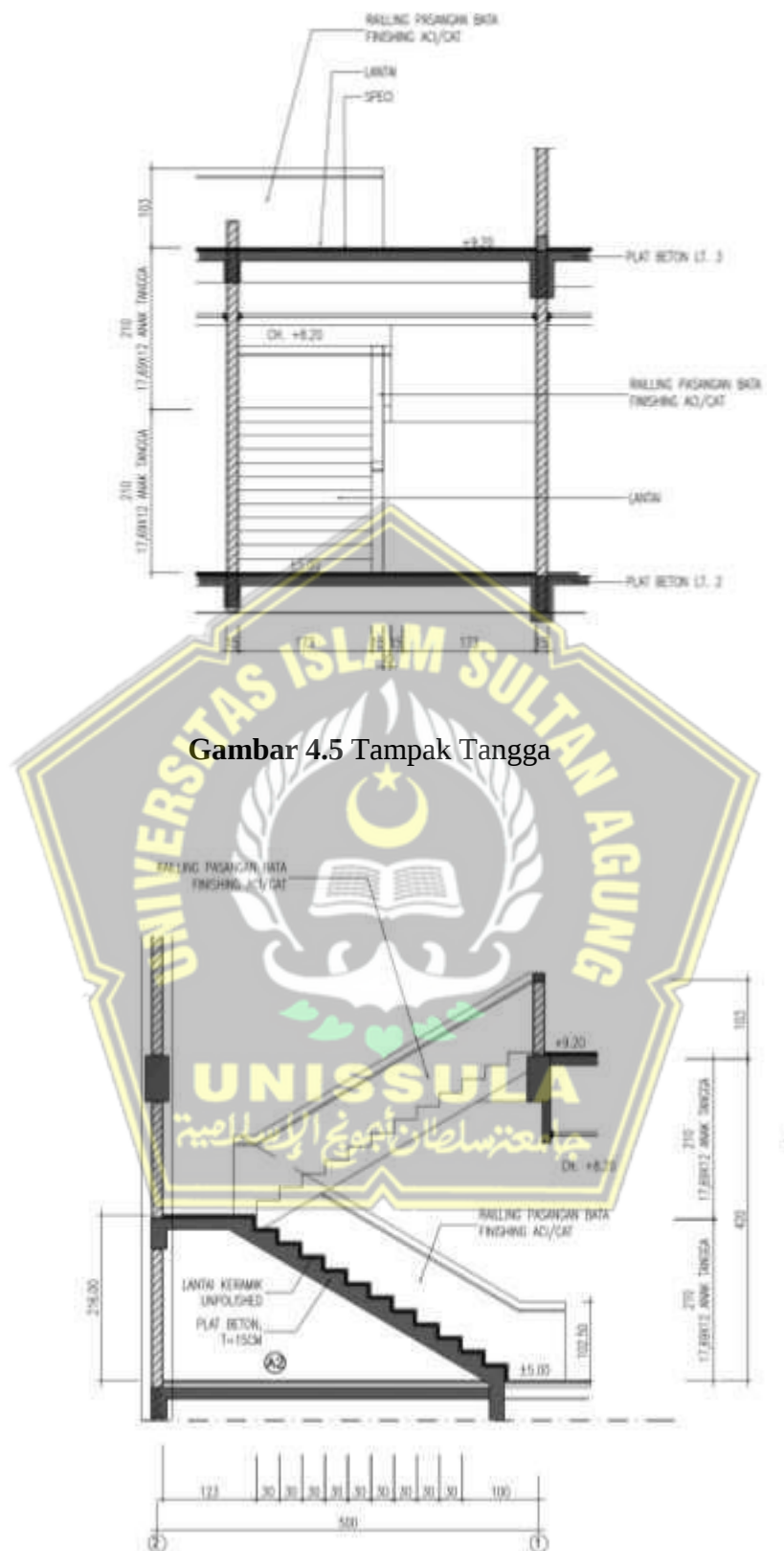
4.2 Perencanaan Struktur Sekunder

Dalam perhitungan struktur sekunder yang akan kami bahas dan kami desain pada bab ini diantaranya adalah perancangan desain tangga dan perancangan desain atap.

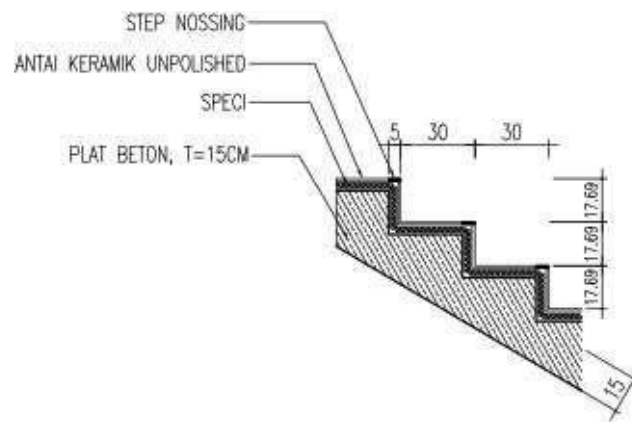
4.2.1 Perancangan Tangga



Gambar 4.4 Denah Tangga



Gambar 4.6 Potongan Tangga

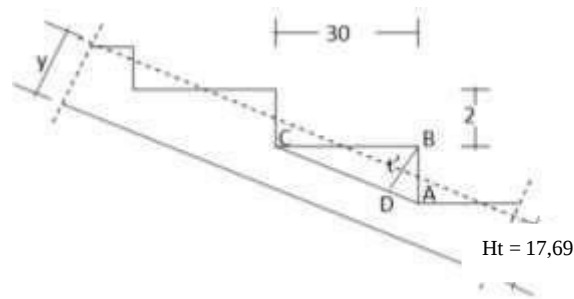


Gambar 4.7 Detail Anak Tangga

Data-data Tangga

- Tebal pelat tangga = 17,69 cm
- Tebal bordes tangga = 17,69 cm
- Lebar datar = 400 cm
- Lebar tangga rencana = 150 cm
- Dimensi bordes = 100 x 400 cm
- lebar antrade = 30 cm
- Jumlah antrede = $270 / 30 = 9$ buah
- Jumlah optrade = $9 + 1 = 10$ buah
- Tinggi optrede = $200 / 10 = 20$ cm
- $\alpha = \text{Arc.tg} (200/300)$ = $33,69 = 34 < 35 \dots\dots(\text{Ok})$

4.2.2. Perhitungan Tebal Plat Equivalen



Gambar 4.8 Tebal Equivalen

$$\frac{BD}{AB} = \frac{BC}{AC}$$

$$BD = \frac{AB \times BC}{AC}$$

$$= \frac{17,69 \times 30}{\sqrt{(17,69)^2 + (30)^2}}$$

$$= 15,24 \text{ cm} \sim 16 \text{ cm}$$

$$t_{eq} = \frac{2}{3} \times BD$$

$$= \frac{2}{3} \times 16$$

$$= 10,67 \text{ cm}$$

Jadi total equivalen pelat tangga

$$Y = t_{eq} + h_t$$

$$= 10,67 + 17,69$$

$$= 28,36 \text{ cm}$$

$$= 0,28 \text{ m}$$

4.2.3. Perhitungan Beban

a. Pembebanan Tangga (SNI 03 – 2847-200)

1. Akibat beban mati (qD)

$$\begin{aligned}\text{Berat tegel keramik (1cm)} &= 0,01 \times 1,5 \times 2,4 = 36 \text{ kg/m} \\ \text{Berat spesi (2 cm)} &= 0,02 \times 1,5 \times 2,1 = 63 \text{ kg/m} \\ \text{Berat pelat tangga} &= 0,3133 \times 1,5 \times 2,4 = 1128 \text{ kg/m} \\ \text{Berat sandaran tangga} &= 0,7 \times 0,1 \times 1,0 = \underline{70 \text{ kg/m}} + \\ & qD = 1297 \text{ kg/m}\end{aligned}$$

2. Akibat beban hidup (qL)

$$\begin{aligned}qL &= 1,5 \times 300 \text{ kg/m} \\ &= 450 \text{ kg/m}\end{aligned}$$

3. Beban ultimate (qU)

$$\begin{aligned}qU &= 1,2 \cdot qD + 1,6 \cdot qL \\ &= 1,2 \cdot 1297 + 1,6 \cdot 450 \\ &= 2276 \text{ kg}\end{aligned}$$

b. Pembebanan pada bordes (SNI 03-2847-2002)

1. Akibat beban mati (qD)

$$\begin{aligned}\text{Berat tegel keramik (1 cm)} &= 0,01 \times 4,00 \times 2,4 = 96 \text{ kg/m} \\ \text{Berat spesi (2 cm)} &= 0,02 \times 4,00 \times 2,1 = 168 \text{ kg/m} \\ \text{Berat pelat borders} &= 0,20 \times 4,00 \times 2,4 = 1920 \text{ kg/m} \\ \text{Berat sandaran} &= 0,7 \times 0,1 \times 1,0 = \underline{70 \text{ kg/m}} + \\ & qD = 2254 \text{ kg/m}\end{aligned}$$

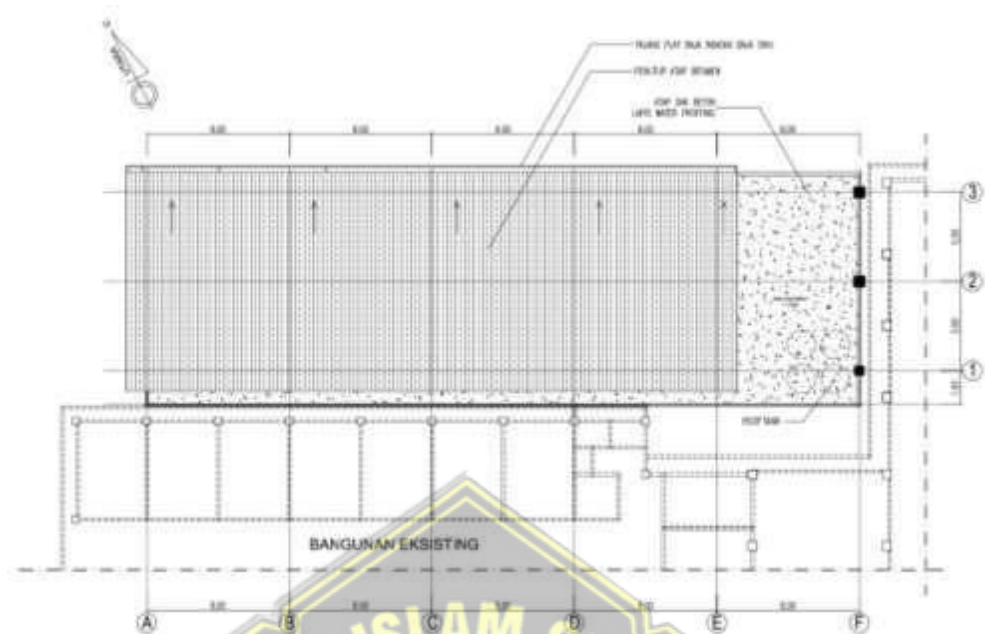
2. Akibat beban hidup (qL)

$$\begin{aligned}qL &= 4 \times 300 \text{ kg/m} \\ &= 1200 \text{ kg/m}\end{aligned}$$

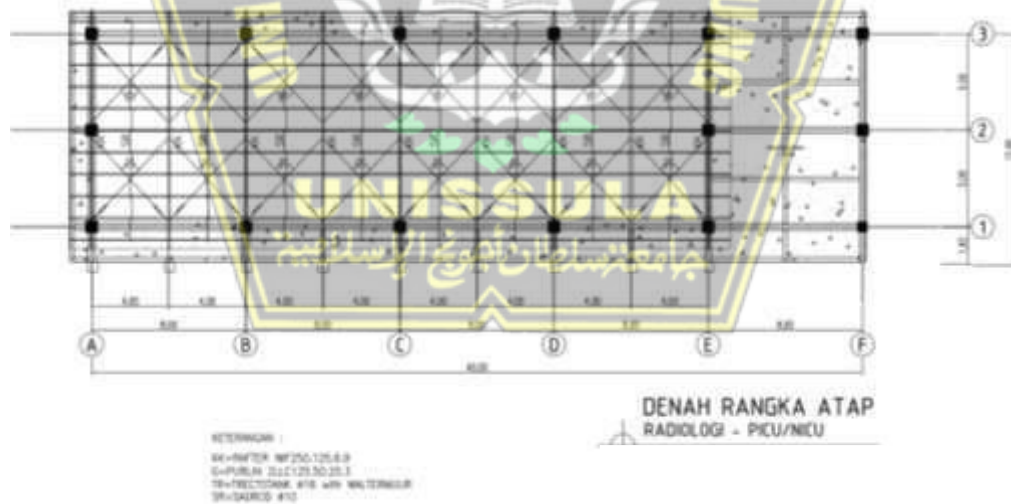
3. Beban ultimate (qU)

$$\begin{aligned}qU &= 1,2 \cdot qD + 1,6 \cdot qL \\ &= 1,2 \cdot 2254 + 1,6 \cdot 1200 \\ &= 4625 \text{ kg/m}\end{aligned}$$

4.3. Perancangan Atap



Gambar 4.9 Denah Atap Bangunan PICU/NICU



Gambar 4.10 Denah Rangka Atap PICU/NICU

Pembebanan Kuda-Kuda

Penbebanan:

$$\text{Beban pada atap} = 57 \text{ kg/m}^2$$

$$\text{Jarak Gording} = 1,5 \text{ m}$$

$$\text{Jarak Kuda-kuda} = 2,5 \text{ m}$$

Beban pada Kuda-kuda WF:

$$\text{Beban terbagi rata } q = Q \times L = 57 \times 1,5$$

$$q = 85,5 \text{ kg/m'}$$

$$\text{Beban terpusat } P1 = (57 \times 2,5) \times (4 + 3,25)$$

$$P1 = 1033,125 \text{ kg}$$

Perhitungan pada Ikatan

$$\beta = \arctan (5,75/6) = 43,76^\circ$$

Pembebanan

$$\text{a. Beban Tetap (N)} = N/\cos \beta = 1175,46/\cos 43,76 = 1628,09 \text{ kg}$$

$$\text{b. Beban Sememntara (N)} = N/\cos \beta = 1944,60/\cos 43,76 = 2693,38 \text{ kg}$$

Perhitungan pada batang tarik

$$\Phi > L/500 = 600 / \cos 43,76 / 500 = 1.6221 \text{ cm}$$

a. Beban Tetap

$$A = N/\sigma = 1628,09 / 1600 = 1,02 \text{ cm}^2$$

$$d = (4 \cdot A / 3,14)^{0,5} = 1,14 \text{ cm}$$

b. Beban Sementara

$$A = N/s = 2693,39 / 2080 = 1,29 \text{ cm}^2$$

$$d = (4 \cdot A / 3,14)^{0,5} = 1,14 \text{ cm}$$

$$\text{Jadi dipakai besi beton } \Phi = 16 \text{ mm}$$

Kontrol terhadap syarat PPBBI (pasal 7.4.2)

$$h/L > = (0,25 \cdot Q / (E \cdot A_{tepi}))^{0,5}$$

$$h = 6 \text{ m}$$

$$L = (40 + 2 \cdot 1,5) / \cos 15 = 44,518 \text{ m}$$

$$Q = n \cdot q \cdot L \cdot dk = 2 \cdot 30,33 \cdot 44,518 \cdot 6 = 16200,311 \text{ kg}$$

$$A_{tepi} = b \cdot t_s = 125 \cdot 9 = 1125 \text{ mm}^2 = 11,25 \text{ cm}^2$$

$$6/44,518 > = (0,25 \cdot 16200,311 / (2,1 \cdot 10^6 \cdot 11,25))^{0,5}$$

$$0,13 > = 0,01 \dots \text{OK}$$

4.4. Preliminary Design

4.4.1. Desain Struktur Primer

Perhitungan desain struktur primer merupakan sebuah perencanaan dimensi pada desain struktur yang diantaranya meliputi desain pelat, *wiremesh* dan kolom.

4.4.2. Desain Pelat

Pelat lantai yang menggunakan bondek (steel deck) memiliki 2 komponen penyusunan yaitu tulangan positif dan tulangan negatif, dimana untuk tulangan positif menggunakan bahan dari bondek dan untuk tulangan negatif menggunakan bahan dari *wiremesh*.

$$d = h - \frac{1}{2} \times \text{tinggi gelombang}$$

$$= 120 - \frac{1}{2} \times 50$$

$$= 95 \text{ mm}$$

$$h_c = h - \text{tinggi gelombang}$$

$$= 120 - 50$$

$$= 70 \text{ mm}$$

$$n = \frac{E_s}{E_c}$$

$$= \frac{E_s}{0,04 \times (W_c)^{1,5} \times \sqrt{f_c}}$$

$$= \frac{E_s}{0,043 \times (2400)^{1,5} \times \sqrt{25}}$$

$$= 8,030$$

$$\rho = \frac{A_s}{b \times d}$$

$$= \frac{357,058}{995 \times 95}$$

$$= 0,004$$

Maka didapatkan,

$$Y_{cc} = d \{ \sqrt{2\rho n + (\rho n)^2} - \rho n \}$$

$$= 95 \{ \sqrt{2 \times 0,004 \times 8,030 + (0,004 \times 8,030)^2} - 0,004 \times 8,030 \}$$

$$= 17,297 \text{ mm} < h_c \rightarrow \text{OK. } Y_{cs}$$

$$\begin{aligned}
 &= d - Y_{cc} \\
 &= 95 - 17,297 \\
 &= 77,703 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 I_c &= \frac{b}{3 \times h} \\
 &= \frac{995}{3 \times 120} \\
 &= 2,76
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 &\times Y_{cc}^3 + A_s \times Y_{cc}^2 + I_{sf} \\
 &\times 17,297^3 + 357,058 + 77,703^2 + 4422063,6 \\
 &= 4905875,62 \text{ mm}^4
 \end{aligned}$$

Menghitung Flexural Strength :

$$\begin{aligned}
 M_y &= \frac{F_y \times I_c}{h \times Y_{cc}} \\
 &= \frac{560 \times 4905875,62}{120 \times 17,297} \\
 &= 1323587,109 \text{ Nmm} \\
 &= 13,236 \text{ kNm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 M_{ru} &= \phi \times M_y \\
 &= 0,85 \times 13,236 \\
 &= 11,251 \text{ kNm}
 \end{aligned}$$

Struktur flat slab adalah konstruksi struktur beton pelat dua arah dan hanya memiliki unsur horizontal yaitu pelat beton tanpa adanya bentang balok sepanjang garis kolom dalam (interior) sehingga ketebalan dimensi pelat akan lebih besar dibanding jika menggunakan balok. Pada peraturan SNI 2847-2019 pasal 8.3.1.1 menyebutkan bahwa ketebalan minimum untuk pelat nonprategang tanpa balok interior yang membentang diantara tumpuan pada semua sisinya dengan f_y 420 MPa yaitu sebesar $l_n / 33$, dengan l_n merupakan jarak arah memanjang pada pelat. Dari rumus tersebut didapatkan tebal pelat lantai dengan nilai $l_x = 4200 \text{ mm}$, nilai $l_y = 6000 \text{ mm}$:

$$h \text{ pelat lantai} = \frac{l_n}{33} = \frac{6000}{33} = 181,82 \text{ mm} = 200 \text{ mm}$$

Sehingga akan digunakan desain pelat dengan dimensi ketebalan sebesar 200 mm.

4.4.3. Perhitungan Wiremesh

Dalam menentukan perhitungan diameter dan jarak kawat pada *wiremesh* diperlukan konversi dari tulangan konvensional, perhitungannya dapat dilihat berikut ini:

Data Awal :

Tulangan pelat konvensional D10 -100fy = 2400 kg/cm²

fyw = 5000 kg/cm²

4.4.3.1. Tulangan Konvensional

$$\begin{aligned} A_{s1} &= \frac{1}{4} \times \pi \times D^2 \times \left(\frac{1000}{s} \right) \\ &= \frac{1}{4} \times \pi \times 10^2 \times \left(\frac{1000}{100} \right) \\ &= 785,40 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

4.4.3.2. Tulangan Wiremesh $A_{s \text{ perlu}} = A_{s1} \times \frac{f_y}{f_{yw}}$

$$\begin{aligned} &= 785,40 \times \frac{2400}{5000} \\ &= 376,99 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Percobaan dengan menggunakan tulangan wiremesh M8-100

$$\begin{aligned} A_{s w} &= \frac{1}{4} \times \pi \times D^2 \times \left(\frac{1000}{s} \right) \\ &= \frac{1}{4} \times \pi \times 8^2 \times \left(\frac{1000}{100} \right) \\ &= 502,65 \text{ mm}^2, \text{ Karena } A_{s w} > A_{s \text{ perlu}} \rightarrow \text{OK.} \end{aligned}$$

4.4.3.3. Jumlah Wiremesh Data Awal :

Luas total pelat lantai = 480000000 Luas *wiremesh*

$$= 5400 \times 2100 = 11340000$$

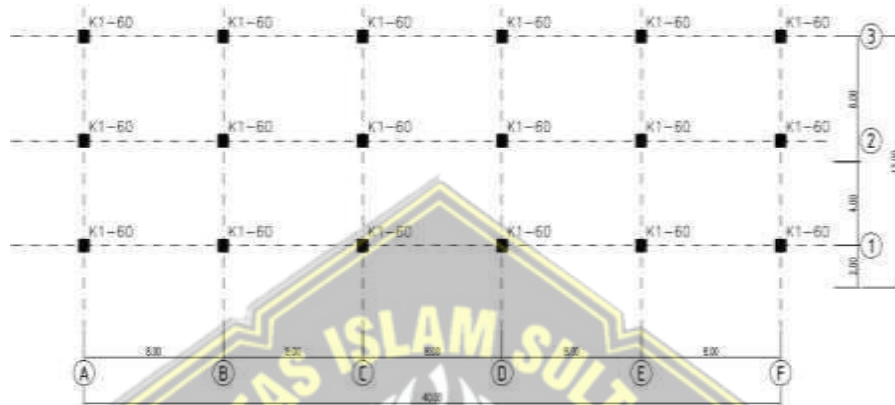
$$N = \frac{\text{Luas pelat lantai}}{\text{Luas 1 lembar wiremesh}}$$

$$= \frac{480000000}{11340000}$$

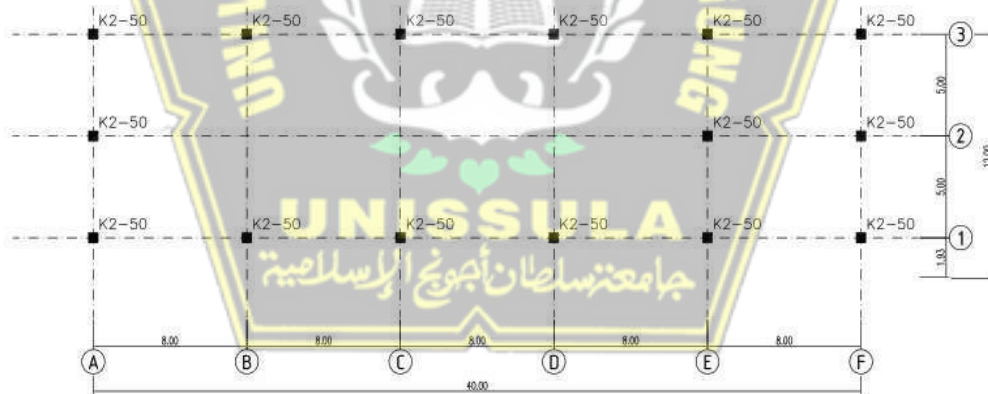
$$= 42,328 \approx 43 \text{ lembar}$$

4.4.4. Desain Dimensi Kolom

Pada perencanaan desain dimensi kolom ini akan diambil sampel salah satu kolom yang dianggap menerima beban paling besar, pada perencanaan ini menggunakan kolom di lantai dasar atau lantai satu karena menerima beban dari lantai di atasnya sampai lantai atap. Karena itu, beban yang diterima setiap kolom struktur sangat berpengaruh pada dimensinya, semakin besar beban yang diterima atau dipikul juga semakin besar pula penampang kolom.



Gambar 4.11 Denah Kolom Lt.2 Radiologi PICU/NICU



Gambar 4.12 Denah Kolom Lt.3 Radiologi PICU/NICU

4.4.5. Pembebanan Pada Kolom

4.4.5.1 Beban mati

Berat sendiri kolom	$= 3,6 \times 0,5 \times 0,7 \times 24 \times 8 = 241,92 \text{ kN}$	Lantai
atap:		
Berat pelat	$= 6 \times 4,2 \times 0,2 \times 24 = 120,96 \text{ kN}$	
Spesi	$= 6 \times 4,2 \times 0,02 \times 21 = 10,58 \text{ kN}$	
Penggantung	$= (0,07 + 0,11) \times 6 \times 4,2 = 4,54 \text{ kN}$	
+ plafond		

ME	$= 0,40 \times 6 \times 4,2$	$= 10,08 \text{ kN}$
Plumbing	$= 0,30 \times 6 \times 4,2$	$= 7,56 \text{ kN}$
Berat total (DL 1)		$= 153,72 \text{ kN}$

Lantai 2-4:

Berat pelat	$= 6 \times 4,2 \times 0,2 \times 24$	$= 120,96 \text{ kN}$
Spesi	$= 6 \times 4,2 \times 0,02 \times 21$	$= 10,58 \text{ kN}$
Keramik	$= 6 \times 4,2 \times 0,01 \times 24$	$= 6,05 \text{ kN}$
Penggantung + plafond	$= (0,07 + 0,11) \times 6 \times 4,2$	$= 4,54 \text{ kN}$

ME	$= 0,40 \times 6 \times 4,2$	$= 10,08 \text{ kN}$
Plumbing	$= 0,30 \times 6 \times 4,2$	$= 7,56 \text{ kN}$
Dinding	$= 2,50 \times 6 \times 3,6$	$= 54 \text{ kN}$
Berat total (DL 2) per lantai		$= 213,77 \text{ kN}$

Sehingga DL 2 total adalah $213,77 \text{ kN} \times 4 \text{ lantai} = 855,08 \text{ kN}$

Dari kedua perhitungan di atas didapatkan berat total:

$$\begin{aligned}
 DL &= DL1 + DL2 + \text{berat sendiri kolom} \\
 &= 153,72 + 855,08 + 241,92 \\
 &= 1250,72 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

4.4.5.1.1. Beban hidup

Lantai atap	$= 6 \times 4,2 \times 1$	$= 25,2 \text{ kN}$
Lantai 2-4	$= 6 \times 4,2 \times 2,50 \times 4$	$= 252 \text{ kN}$
Total beban hidup		$= 277,2 \text{ kN}$

4.4.5.1.2. Kombinasi Pembebanan

Pada perhitungan kombinasi pembebanan menggunakan kombinasi sederhana sesuai SNI 2847-2019 pada pasal 2.3.1 adalah 1,4D dan 1,2D+1,6L+0,5Li. Dari hasil perhitungan kedua rumus kombinasi pembebanan itu digunakan nilai yang paling besar.

a. Kombinasi I

$$Pu = 1,4D$$

$$Pu = 1,4 \times 1250,72 = 1751,008 \text{ kN}$$

b. Kombinasi II

$$Pu = 1,4D + 1,6L + 0,5Li$$

$$Pu = 1,4 \times 1250,72 + 1,6 \times 277,2 + 0,5 \times 25,2 = 2207,128 \text{ kN}$$

Karena hasil dari perhitungan kombinasi II lebih besar yaitu 2207,128kN maka P_u kombinasi II digunakan untuk beban rencana sebagai perencanaan desain struktur kolom.

4.4.5.1.3. Dimensi Kolom

Dengan menggunakan (f_y) atau mutu baja= 420 MPa dan beban rencana P_u 2207,128 kN, maka perencanaan dimensi struktur kolom akan ditentukan seperti berikut :

$$A = \frac{P_u}{\phi f'_c}$$

Nilai ϕ untuk komponen kolom berdasarkan SNI 2847-2019 pasal 21.2.2.2 (b) ditentukan sebesar 0,65 (terkontrol tekan).

$$A = \frac{2207,128 \times 1000}{0,65 \times 25} = 135823,262 \text{ mm}^2$$

Maka;

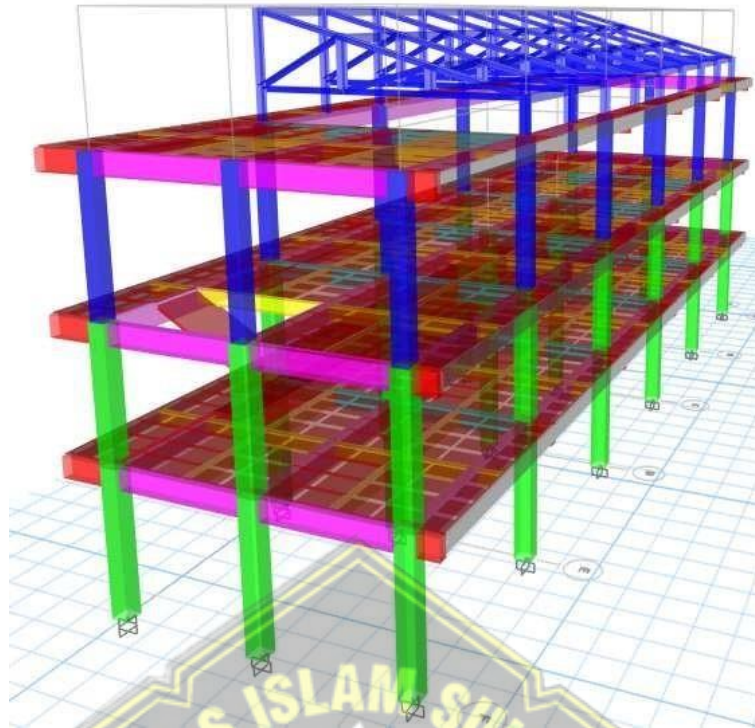
$$b = h = \sqrt{135823,262} = 368,542 \text{ mm} \approx 500 \text{ mm}$$

Jadi, dimensi kolom yang digunakan yaitu 500×700 mm.

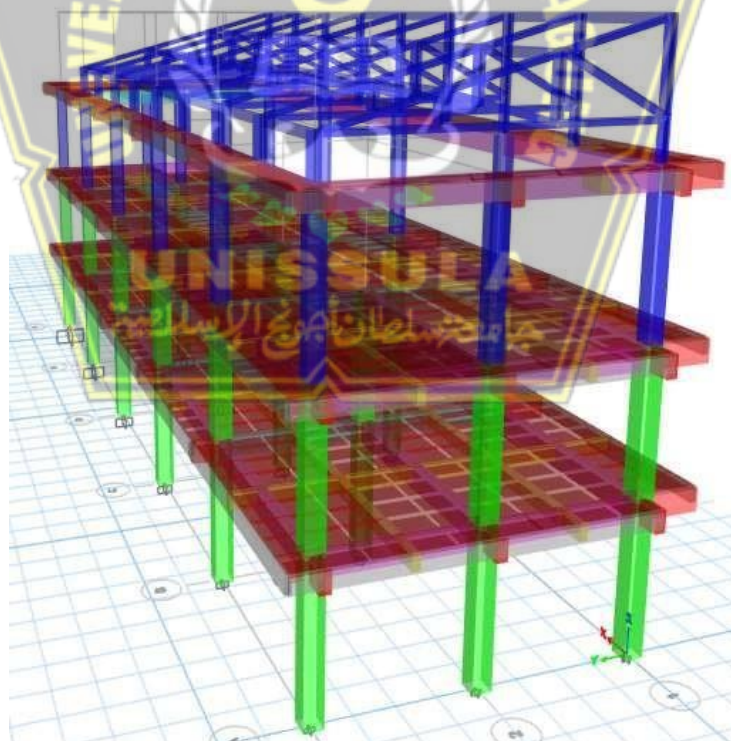
4.5. Permodelan Struktur

4.5.1. Desain Struktur Primer

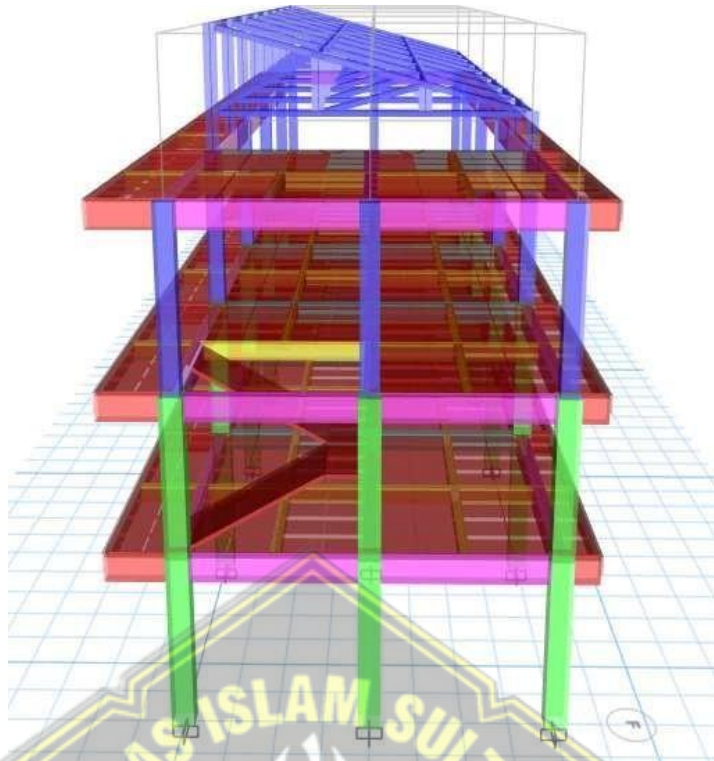
Pada pembahasan dalam bab ini akan menjelaskan perhitungan pembebanan yang terdapat pada bangunan gedung Radiologi dan PICU/NICU RSUD dr. Loekmono Hadi Kab. Kudus mulai dari beban gravitasi hingga beban gempa. Selain menjelaskan mengenai pembebanan, pada bab ini juga akan ada permodelan serta analisa struktur dengan bantuan program analisa struktur ETABS v18 Apabila hasil analisa struktur dapat menahan beban yang telah direncanakan maka dilanjutkan ke perhitungan perencanaan struktur primer. Namun, apabila hasil dari analisa struktur tidak mampu menahan beban yang telah direncanakan maka akan dilakukan perhitungan ulang dengan mengganti beberapa dimensi dan elemen untuk disesuaikan dengan kemampuan beban yang ada.



Gambar 4.13 Pemodelan Struktur Tampak Depan Perfektif



Gambar 4.14 Pemodelan Struktur Tampak Belakang Perfektif



Gambar 4.15 Pemodelan Struktur Tampak Samping

4.5.2. Pembebanan

4.5.2.1. Beban Mati

4.5.2.1.1. Beban Mati Struktural

Beban mati struktural yaitu beban yang berasal dari berat bangunan itu sendiri . Beban mati yang dihitung dalam beban mati struktural yaitu beban struktur beton bertulang yang memiliki berat sebesar 24 kN/m^3 sesuai dengan Peraturan Pembebanan Indonesia.

4.5.2.1.2. Beban Mati Tambahan

Beban mati tambahan adalah beban mati yang berasal dari elemen nonstruktural yang secara tetap memberikan beban terhadap struktur gedung ini. Beban-beban tersebut secara detail diperhitungkan dibawah ini:

Beban Mati :

Berat spesi (tebal 1 cm)	= $0,21 \text{ kN/m}^2$
Berat keramik (tebal 1 cm)	= $0,24 \text{ kN/m}^2$
Berat dinding hebel	= $2,00 \text{ kN/m}^2$
Berat penggantung plafond	= $0,18 \text{ kN/m}^2$
Pipa dan ducting AC	= $0,3 \text{ kN/m}^2$

4.5.2.2. Beban Hidup

Beban hidup adalah beban akibat dari penghuni suatu bangunan. Berat beban hidup dapat berubah-ubah tergantung dari lokasi bangunan dan jenis bangunan tersebut. Segala sesuatu dalam bangunan yang tidak terikat pada struktur dapat mengakibatkan beban hidup, karena dapat dipindahkan. Beban-beban tersebut secara detail diperhitungkan di bawah ini :

Beban Hidup :

- | | |
|----------------------------------|--------------------------|
| 1. Ruang pasien | = 1,92 kN/m ² |
| 2. Ruang operasi, laboratorium | = 2,87 kN/m ² |
| 3. Koridor diatas lantai pertama | = 3,83 kN/m ² |
| 4. Beban atap | = 0,96 kN/m ² |

4.5.2.3. Beban Gempa Rencana

Beban gempa rencana yang kami gunakan dalam analisis gempa pada bangunan ini adalah analisis respon spektrum. Sesuai peraturan yang tertuang didalam SNI 1726-2019 ada beberapa hal yang harus ditentukan sebelum melakukan analisis respon spektrum gempa, diantaranya mengetahui nilai percepatan batuan dasar atau $S_s = 0,5795$ dan Nilai $S_1 = 0,2785$ yang ada di wilayah Kab. Kudus. Data ini didapatkan dari Program Desain Spektra Indonesia (RSA 2019). Tahap selanjutnya untuk menentukan respon spektrum gempa rencana adalah seperti berikut :

a) Menentukan kategori risiko (I) dan faktor keutamaan (I_e)

Sesuai dengan pasal 4.1.2 SNI 1726-2019, bangunan gedung Radiologi dan PICU/NICU RSUD dr. Loekmono Hadi Kab. Kudus termasuk kategori risiko IV dengan nilai (I_e) sebesar 1,50 faktor keutamaan gempa, kemudian dapat dilihat pada tabel dibawah ini:

Tabel 4.1 Kategori risiko bangunan gedung dan non gedung untuk beban gempa

Jenis pemanfaatan	Kategori risiko
Gedung dan nongedung yang memiliki risiko rendah terhadap jiwa manusia pada saat terjadi kegagalan, termasuk, tapi tidak dibatasi untuk, antara lain: - Fasilitas pertanian, perkebunan, perternakan, dan perikanan - Fasilitas sementara - Gudang penyimpanan - Rumah jaga dan struktur kecil lainnya	I
Semua gedung dan struktur lain, kecuali yang termasuk dalam kategori risiko I, III, IV, termasuk, tapi tidak dibatasi untuk: - Perumahan - Rumah toko dan rumah kantor - Pasar	II
- Gedung perkantoran - Gedung apartemen/rumah susun - Pusat perbelanjaan/mall - Bangunan industri - Fasilitas manufaktur - Pabrik	

Gedung dan nongedung yang memiliki risiko tinggi terhadap jiwa manusia pada saat terjadi kegagalan, termasuk, tapi tidak dibatasi untuk: - Bioskop - Gedung pertemuan - Stadion - Fasilitas kesehatan yang tidak memiliki unit bedah dan unit gawat darurat - Fasilitas penitipan anak - Penjara - Bangunan untuk orang jompo Gedung dan nongedung, tidak termasuk kedalam kategori risiko IV, yang memiliki potensi untuk menyebabkan dampak ekonomi yang besar dan/atau gangguan massal terhadap kehidupan masyarakat sehari-hari bila terjadi kegagalan, termasuk, tapi tidak dibatasi untuk: - Pusat pembangkit listrik biasa - Fasilitas penanganan air - Fasilitas penanganan limbah - Pusat telekomunikasi	III
Gedung dan nongedung yang tidak termasuk dalam kategori risiko IV, (termasuk, tapi tidak dibatasi untuk fasilitas manufaktur, proses, penanganan, penyimpanan, penggunaan atau tempat pembuangan bahan bakar berbahaya, bahan kimia berbahaya, limbah berbahaya, atau bahan yang mudah meledak) yang mengandung bahan beracun atau peledak dimana jumlah kandungan bahannya melebihi nilai batas yang ditetapkan oleh instansi yang berwenang dan cukup menimbulkan bahaya bagi masyarakat jika terjadi kebocoran.	III

Gedung dan nongedung yang dikategorikan sebagai fasilitas yang penting, termasuk, tetapi tidak dibatasi untuk: - Bangunan-bangunan monumental - Gedung sekolah dan fasilitas pendidikan - Rumah ibadah - Rumah sakit dan fasilitas kesehatan lainnya yang memiliki fasilitas bedah dan fasilitas unit gawat darurat - Fasilitas pemadam kebakaran, ambulans, dan kantor polisi, serta garasi kendaraan darurat Tempat perlindungan terhadap gempa bumi, tsunami, angin badai dan tempat perlindungan darurat lainnya	IV
- Fasilitas kesiapan darurat, komunikasi, pusat operasi dan fasilitas lainnya untuk tanggap darurat - Pusat pembangkit energi dan fasilitas publik lainnya yang dibutuhkan pada saat keadaan darurat - Struktur tambahan (termasuk menara telekomunikasi, tangki penyimpanan bahan bakar, menara pendingin, struktur stasiun listrik, tangki air pemadam kebakaran atau struktur rumah atau struktur pendukung air atau material atau peralatan pemadam kebakaran) yang disyaratkan untuk beroperasi pada saat keadaan darurat Gedung dan nongedung yang dibutuhkan untuk mempertahankan fungsi struktur bangunan lain yang masuk ke dalam kategori risiko IV.	IV

Sumber: SNI 1726-2019, tabel 3

Tabel 4.2 Faktor keutamaan gempa

Kategori risiko	Faktor keutamaan gempa, I_e
I atau II	1,0
III	1,25
IV	1,50

Sumber: SNI 1726-2019, tabel 4

b) Menentukan kelas situs tanah pada lokasi bangunan

Pada SNI 1726 – 2019 pasal 5 tentang klasifikasi situs tanah , terdapat 3 faktor parameter guna menentukan kelas situs : rata-rata kecepatan gelombang geser (V_s), tahanan penetrasi standar di lapangan rata – rata (N), dan kuat geser rata – rata (S_u) masing – masing mempunyai kedalaman sedalam 18 m. Karena itu, gedung Radiologi dan PICU/NICU RSUD dr. Loekmono Hadi diasumsikan dengan kelas situs tanah lunak (SE) karena kami tidak mendapatkan data tanah pada daerah tersebut.

c) Menentukan koefisien situs

Sesuai dengan peraturan SNI 1726-2019 pasal 6.2 untuk menentukan koefisien situs ada beberapa hal yang harus ditentukan, seperti nilai $S_s = 0,7674$, nilai $S_1 = 0,3402$ serta nilai faktor amplifikasi getaran terkait percepatan pada getaran periode pendek (F_a) dan faktor amplifikasi terkait percepatan yang mewakili getaran periode 1 detik (F_v). Nilai F_a dan F_v ditentukan melalui rumus interpolasi linier dan tabel koefisien situs berikut:

$$\frac{(x-x_1)}{(x_2-x_1)} = \frac{(y-y_1)}{(y_2-y_1)}$$

Kelas situs	Parameter respons spektral percepatan gempa maksimum yang dipertimbangkan risiko-tertarget (MCE_R) terpetakan pada perioda pendek, $T = 0,2$ detik, S_T					
	$S_T \leq 0,25$	$S_T = 0,5$	$S_T = 0,75$	$S_T = 1,0$	$S_T = 1,25$	$S_T \geq 1,5$
SA	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
SB	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9
SC	1,3	1,3	1,2	1,2	1,2	1,2
SD	1,6	1,4	1,2	1,1	1,0	1,0
SE	2,4	1,7	1,3	1,1	0,9	0,8
SF	SS ^(a)					

Sumber: SNI 1726-2019

Catatan: SS = Situs yang membutuhkan investias geoteknik spesifik dan analisis respons situs spesifik

Mencari nilai F_a untuk tanah lunak (SE)

$$S_s = 0,5942$$

$$\frac{(0,5942 - 0,75)}{(1 - 0,75)} = \frac{(F_a - 1,3)}{(1,1 - 1,3)}$$

$$F_a - 1,3 = \frac{0,0174 \times (-0,2)}{0,25}$$

$$F_a = 1,3 - 0,12464$$

Tabel 4.4 Nilai Koefisien situs (F_v)

Kelas situs	Parameter respons spektral percepatan gempa maksimum yang dipertimbangkan risiko-tertarget (MCE_R) terpetakan pada perioda 1 detik, S_1					
	$S_1 \leq 0,1$	$S_1 = 0,2$	$S_1 = 0,3$	$S_1 = 0,4$	$S_1 = 0,5$	$S_1 \geq 0,6$
SA	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
SB	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
SC	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,4
SD	2,4	2,2	2,0	1,9	1,8	1,7
SE	4,2	3,3	2,8	2,4	2,2	2,0
SF	SS ^(a)					

Catatan: SS = Situs yang membutuhkan investias geoteknik spesifik dan analisis respons situs-spesifik (Sumber: SNI 1726-2019)

- Mencari nilai F_v untuk tanah lunak (SE)

$$S_1 = 0,278$$

$$\frac{(0,278-0,3)}{(0,4-0,3)} = \frac{(F_v-2,8)}{(2,4-2,8)}$$

$$F_v - 2,8 = \frac{0,022 \times (-0,4)}{0,1}$$

$$F_v = 2,8 - 0,088$$

$$F_v = 2,712$$

Menentukan nilai SMS dan SM1:

$$SMS = F_a \times S_s$$

$$SMS = 1,1754 \times 0,5942 = 0,698$$

$$SM_1 = F_v \times S_1$$

$$SM_1 = 2,712 \times 0,278 = 0,754$$

a) Menentukan parameter percepatan spektral desain

Parameter percepatan spektral desain terdiri dari SDS dan SD1 sesuai dengan SNI 1726-2019 pasal 6.3 yang kemudian dihitung dengan menggunakan rumus berikut ini.

$$S_{DS} = \frac{2}{3} S_{MS}$$

$$S_{DS} = \frac{2}{3} (0,698) = 0,466$$

$$S_{D1} = \frac{2}{3} S_{M1}$$

$$S_{D1} = \frac{2}{3} (0,754) = 0,503$$

Tabel 4.5 Kategori desain seismik berdasarkan parameter respons percepatan pada periode 1 detik

Nilai S_{D1}	Kategori risiko	
	I atau II atau III	IV
$S_{D1} < 0,067$	A	A
$0,067 \leq S_{D1} < 0,133$	B	C
$0,133 \leq S_{D1} < 0,20$	C	D
$0,20 \leq S_{D1}$	D	D

Sumber: SNI 1726-2019, tabel 9

b) Menentukan sistem penahan gaya seismik

Dengan kategori desain seismik D, asumsi pemilihan sistem struktur berhubungan dengan ketinggian bangunan, untuk bangunan dengan ketinggian dibawah atau sama dengan 10 lantai biasa menggunakan sistem rangka pemikul momen. Namun, pada bangunan tinggi untuk mengatasi perilaku gempa secara dinamik biasanya menggunakan sistem ganda yang berupa gabungan antara dinding geserdengan rangka pemikul momen. Oleh karena itu, pada struktur ini menggunakan sistem rangka gedungdengan dinding geser betonbertulang khusus sebagai pemikul beban gempa pada arah x dan y. Parameter untuk arah x dan y pada sistem struktur tersebut adalah sebagai berikut.

Tabel 4.6 Faktor R , C_d , dan Ω_0 untuk sistem pemikul gaya seismik

Sistem pemikul gaya seismik		Koefisien modifikasi respons, R	Faktor kuat lebih sistem, Ω_0	Faktor pembesaran defleksi, C_d	Batasan sistem struktur dan batasan tinggi struktur, h_n (m)d				
					Kategori desain seismik				
					B	C	D	E	F
D	Sistem ganda dengan rangka pemikul momen khusus yang mampu menahan paling sedikit 25% gaya seismik yang ditetapkan								
1	Rangka baja dengan bresing eksentris	8	2½	4	TB	TB	TB	TB	TB
2	Rangka baja dengan bresing konsentris khusus	7	2½	5½	TB	TB	TB	TB	TB
3	Dinding geser beton bertulang khusus g,h	7	2½	5½	TB	TB	TB	TB	TB
4	Dinding geser beton bertulang biasa g	6	2½	5	TB	TB	TI	TI	TI
5	Rangka baja dan beton komposit dengan bresing eksentris	8	2½	4	TB	TB	TB	TB	TB

Sumber: SNI 1726-2019,

Maka yang dipakai adalah:

$$R_0 = 7$$

$$\Omega_0 = 2,5$$

$$C_0 = 5,5$$

Perhitungan Gaya Geser Seismik (V)

$$V = C_s W$$

C_s = koefisien seismik

W = Berat seismik efektif

$$C_s = \frac{S_{DS}}{\left[\frac{R}{I_e} \right]}$$

Jika $T \leq T_L$ maka $C_s = \frac{SD1}{\left[\frac{R}{I_e} \right]}$

Jika $S_1 \geq 0,6$ g maka nilai C_s tidak boleh kurang $C_s = \frac{0,5S_1}{\left[\frac{R}{I_e} \right]}$

Nilai $C_s < 0,44 S_{DS}$ $I_e \geq 0,01$

$T_L = 12$ detik

$$C_{s_{\max}} = \frac{0,51}{0,737 \left[\frac{R}{I_1} \right]} = 0,086$$

$$C_{s_{\min}} = 0,044 \times 0,73 \times 1 = 0,032 > 0,01$$

$$C_s = \frac{0,73}{\left[\frac{R}{I_1} \right]} = 0,091$$

Maka digunakan $C_s = 0,086$

Perhitungan berat seismik efektif (W)

Panjang bangunan = 40 m

Lebar bangunan = 12,51m

Jumlah portal arah memanjang = 3

Jumlah portal arah melintang = 4

Tinggi kolom lantai 2 s/d 3 = 5 m

Tinggi kolom lantai 1 = 1,93 m

Panjang total balok tiap lantai	= 240 m
Jumlah kolom	= 36
Dimensi kolom	= 0,6 x 0,6 m
Dimensi balok	= 0,35 x 0,70 m
Tebal pelat	= 0,12 m
Berat volume beton	= 2400 kg/m ³
Berat dinding	= 250 kg/m ²
Berat plafond	= 11 kg/m ²
Berat spesi	= 21 kg/m ²
Berat keramik	= 24 kg/m ³
Berat Mekanikal/Elektrikal	= 25 kg/m ²

Berat Lantai 1 (W1)

- Pelat = $40 \times 12,51 \times 0,12 \times 2400 = 144.115,20 \text{ kg}$
 - Balok = $0,35 \times 0,70 \times 240 \times 2400 = 141.120,00 \text{ kg}$
 - Kolom = $0,6 \times 0,6 \times 4,75 \times 2400 \times 24 = 36.288,00 \text{ kg}$
 - Dinding = $240 \times 4,75 \times 250 = 105.000,00 \text{ kg}$
 - Plafond = $40 \times 12,51 \times 11 = 5.504,40 \text{ kg}$
 - M/E = $40 \times 12,51 = 500,40 \text{ kg} +$
- Berat Lantai 1 = 494.736,00 kg

Berat Lantai 2 (W2)

- Pelat = $40 \times 12,51 \times 0,12 \times 2400 = 144.115,20 \text{ kg}$
 - Balok = $0,35 \times 0,70 \times 240 \times 2400 = 141.120,00 \text{ kg}$
 - Kolom = $0,6 \times 0,6 \times 4,20 \times 2400 \times 24 = 36.288,00 \text{ kg}$
 - Dinding = $240 \times 4,20 \times 250 = 105.000,00 \text{ kg}$
 - Plafond = $40 \times 12,51 \times 11 = 5.504,40 \text{ kg}$
 - M/E = $40 \times 12,51 = 500,40 \text{ kg} +$
- Berat Lantai 2 = 630.331,20 kg

Berat Lantai 3 (W3)

• Pelat	= 40 x 12,51 x 0,12 x 2400	= 144.115,20 kg
• Balok	= 0,35 x 0,70 x 240 x 2400	= 141.120,00 kg
• Kolom	= 0,6 x 0,6 x 4,95 x 2400 x 24	= 36.288,00 kg
• Dinding	= 240 x 4,95 x 250	= 105.000,00 kg
• Plafond	= 40 x 12,51 x 11	= 5.504,40 kg
• M/E	= 40 x 12,51	= 500,40 kg +

$$\text{Berat Lantai 3} = 690.883,20 \text{ kg}$$

$$\begin{aligned} \text{Berat lantai sesimik (W)} &= W1 + W2 + W3 = 494.736,00 + 630.331,20 + 690.883,20 \\ &= 1.815.950,40 \text{ kg} \\ &= 181595,04 \text{ kN} \end{aligned}$$

Distribusi Vertikal Gaya Gempa (Fx)

Gaya seismik lateral Fx di sebarang tingkat harus ditentukan dari persamaan berikut :

$$\begin{aligned} F_x &= C_{vx} V \\ C_s &= 0,086 \\ W &= 181595,04 \text{ kN} \\ V &= 0,086 \times 181595,04 = 15617,17 \text{ kN} \\ C_{vx} &= \frac{w_x h_x^k}{\sum_{i=1}^n w_i h_i^k} \end{aligned}$$

dimana,

C_{vx} = faktor distribusi vertikal

V = gaya lateral desain total atau geser di dasar struktur (kN)

W_i dan w_x = bagian berat seismik efektif total struktur (w) yang ditempatkan tingkat I atau x;

h_i dan h_x = tinggi dari dasar sampai tingkat I atau x (m)

k = eksponen yang terkait dengan periode struktur sebagai berikut:

1. untuk struktur yang mempunyai $T \leq 0,5$ detik $k = 1$

2. untuk struktur yang mempunyai $T \geq 2,5$ detik $k = 2$

3. untuk struktur yang mempunyai $0,5 < T < 2,5$ detik, k di tentukan dengan interpolasi linier antara point 1 dan 2.

Sehingga untuk $T = 0,737$ detik maka,

$$\frac{0,737 - 0,5}{2,5 - 0,5} = \frac{k - 1}{2 - 1} \rightarrow k = 1,119$$

c) **Menentukan desain respon spektrum**

Berdasar SNI 1726-2019 pasal 6.4 untuk menentukan nilai desain respon spektrum perlu diketahui nilai T untuk wilayah Kabupaten Kudus sebesar adalah dengan menghitung nilai T_0 dan T_s dengan rumus sebagai berikut:

$$T_0 = 0,2 \frac{SD1}{SDS}$$

$$T_0 = 0,2 \frac{0,503}{0,466} = 0,216$$

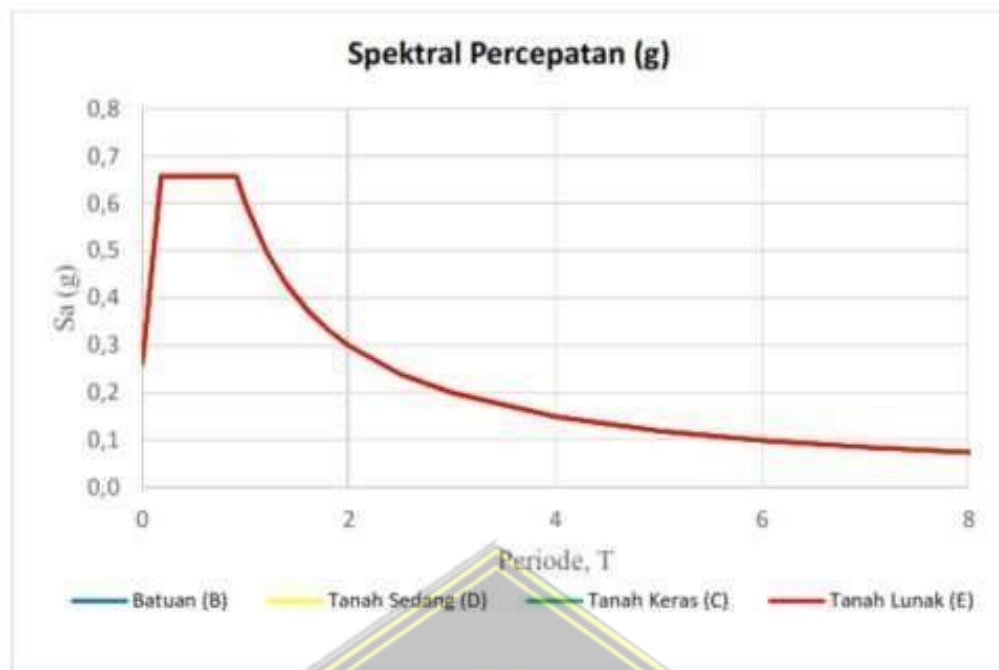
$$T_s = \frac{SD1}{SDS}$$

$$T_s = \frac{0,503}{0,466} = 1,08$$

Nilai T_L (T periode panjang) untuk wilayah Kota Semarang adalah 20 detik yang didapat dari Program Desain Spektra Indonesia (rsa.ciptakarya.pu.go.id). Kemudian seluruh data yang sudah didapatkan di input ke dalam tabel untuk dibuat grafik respon spektrum gempa.

Tabel 4.7 Data spektrum respon gempa rencana

S_s	0,5942
S_1	0,278
F_a	1,175
F_v	2,712
SMS	0,698
$SM1$	0,754
SDS	0,466
$SD1$	0,503
T_0	0,216
T_s	1,08
T_L	20



Gambar 4.16 *Spektrum Respons Gempa Rencana Gedung Radiologi dan PICU/NICU RSUD Loekmono Hadi Kudus*

d) Menentukan perioda desain

Waktu getar/periode alami fundamental struktur adalah waktu yang dibutuhkan suatu struktur guna menempuh satu siklus gerakan yang nilainya akan dipengaruhi fungsi kekakuan dan massa. Nilai ini akan digunakan untuk menentukan beban gempa yang direncanakan.

Berdasarkan SNI 1726-2019 pasal 7.8.2.1 untuk menghitung periode fundamental pendekatan digunakan rumus sebagai berikut:

$$T_a = C_t h_n^x$$

Keterangan:

h_n = ketinggian struktur (m), di atas dasar sampai tempat tertinggi struktur

Koefisien C_t dan x ditentukan dari tabel berikut:

Tabel 4.8 Nilai parameter periode pendekatan C_t dan x

Tipe struktur	C_t	x
Sistem rangka pemikul momen di mana rangka memikul 100% gaya seismik yang disyaratkan dan tidak dilingkupi atau dihubungkan dengan komponen yang lebih kaku dan akan mencegah rangka dari defleksi jika dikenai gaya seismik: • Rangka baja pemikul momen • Rangka beton pemikul momen	0,0724 0,0466	0,8 0,9
Rangka baja dengan bresing eksentris	0,0731	0,75
Rangka baja dengan bresing terkekang terhadap tekuk	0,0731	0,75
Semua sistem struktur lainnya	0,0488	0,75

Sumber: SNI 1726-2019, tabel 18

Tipe struktur yang akan digunakan dalam gedung ini adalah **Semua sistem struktur lainnya** dengan menggunakan sistem tunggal dan ketinggian total bangunan adalah 18,5 m, maka:

$$T_a = 0,0488 \times 18,5^{0,75}$$

$$= 0,435 \text{ detik} \dots\dots\dots \text{Batas bawah}$$

Jika tidak menggunakan bantuan program untuk menghitung waktu getar alami struktur, maka nilai periode pendekatan di atas dapat digunakan guna menghitung beban gempa yang direncanakan. Sedangkan, apabila digunakan bantuan program untuk menentukan waktu getar alami, maka perlu dilakukan pengecekan terhadap batas periode atas dengan rumus sebagai berikut:

$$T = C_u T_a, \text{ dengan nilai } C_u \text{ diambil dari tabel berikut:}$$

Tabel 4.9 Koefisien untuk batas atas pada periode yang dihitung

Parameter percepatan respons spektral desain pada 1 detik, S_{D1}	Koefisien C_u
$\geq 0,4$	1,4
0,3	1,4
0,2	1,5
0,15	1,6
$\leq 0,1$	1,7

Sumber: SNI 1726-2019, Tabel 17

$$T = 1,4 \times 0,435$$

$$T = 0,609 \text{ detik.Batas atas}$$

Sesuai dengan program *ETABS v18* didapatkan hasil dari periode berdasar *mode* untuk masing-masing arah yaitu:

$$T_x = 1,095 \text{ detik (mode - 2)} T_y = 1,06 \text{ detik (mode - 1)}$$

Persyaratan berikut ini merupakan hal yang harus dipenuhi dalam menentukan periode desain:

$$\text{Jika } T_c < T_a, \mathbf{T = T_a},$$

$$\text{Jika } T_a < T_c < C_u T_a, \mathbf{T = T_c},$$

$$\text{Jika } T_c > C_u T_a, \mathbf{T = C_u T_a}$$

Keterangan:

T : periode desain

T_c : periode hasil analisa program *ETABS v18*

T_a : batas bawah/minimum periode

$C_u T_a$: batas atas/maksimum periode

Jadi **periode desain** yang akan digunakan yaitu:

$T_x = 1,095 \text{ detik} > 0,609 \text{ detik} \dots\dots\dots \underline{\underline{T_x = 0,609 \text{ detik}}}$

$T_y = 1,06 \text{ detik} > 0,609 \text{ detik} \dots\dots\dots \underline{\underline{T_y = 0,609 \text{ detik}}}$

e) Menentukan gaya lateral ekivalen

Berdasar SNI 1726-2019 pasal 7.8.1.1 untuk menghitung koefisien respons seismik (C_s), maka prosedurnya adalah sebagai berikut:

1. Menghitung C_s maksimum

$$C_{s_{maksimum}} = \frac{SDS}{\frac{R}{I_e}}$$

Keterangan:

SDS = parameter percepatan respons spektral desain dalam rentang periode pendek seperti ditentukan dalam 0 atau 0

R = koefisien modifikasi respons

I_e = faktor keutamaan gempa yang ditentukan sesuai dengan 0

$$C_{s_{maksimum}} \text{ arah } x = \frac{0,466}{\frac{1}{1}} = 0,067$$

$$C_{s_{maksimum}} \text{ arah } y = \frac{0,466}{\frac{1}{1}} = 0,067$$

2. Menghitung C_s hitungan

$$C_{s_{hitungan}} = \frac{SD1}{\frac{R}{I_e}}$$

Keterangan:

$SD1$ = parameter percepatan respons spektral desain pada period periode sebesar 1,0 detik, seperti yang ditentukan dalam 0

T = periode fundamental struktur (detik) yang ditentukan 0

S_1 = parameter percepatan respons spektral maksimum yang dipetakan yang ditentukan sesuai 0

$$Cs_{hitungan} \text{ arah } x = \frac{0,503}{0,609 \binom{7}{1}} = 0,118$$

$$Cs_{hitungan} \text{ arah } y = \frac{0,503}{0,609 \binom{7}{1}} = 0,118$$

3. Menghitung C_s minimum

Untuk menentukan nilai C_s minimum digunakan persamaan berikut: $0,044.SDS.I \geq 0,01$

$$Cs_{minimum} \text{ arah } x = 0,044 \cdot 0,466 \cdot 1 = 0,021$$

$$Cs_{minimum} \text{ arah } y = 0,044 \cdot 0,466 \cdot 1 = 0,021$$

Untuk nilai C_s arah x adalah sebagai berikut:

$$Cs_{maksimum} \text{ arah } x = 0,067 \text{ } Cs$$

$$hitungan \text{ arah } x = 0,118 \text{ } Cs$$

$$minimum \text{ arah } x = 0,021$$

Nilai C_s yang dipakai **0,067** karena $Cs_{hitungan}$ berada diluar interval $Cs_{minimum}$ dan $Cs_{maksimum}$.

Untuk nilai C_s arah y adalah sebagai berikut:

$$Cs_{maksimum} \text{ arah } y = 0,067 \text{ } Cs$$

$$hitungan \text{ arah } y = 0,118 \text{ } Cs$$

$$minimum \text{ arah } y = 0,021$$

Nilai C_s yang dipakai adalah **0,067** karena $Cs_{hitungan}$ berada diluar interval $Cs_{minimum}$ dan $Cs_{maksimum}$.

4.5.2.4 Kombinasi Pembebanan

Kombinasi pembebanan yang digunakan dalam analisa struktur ini sesuai dengan peraturan yang tercantum didalam SNI 1726-2019 pasal 4.2.2.1:

1. $1,4D$
2. $1,2D + 1,6L + 0,5(Lr \text{ atau } R)$
3. $1,2D + 1,6(Lr \text{ atau } R) + (Lr \text{ atau } 0,5W)$
4. $1,3316D + 1L + 1Ex + 0,3Ey$

5. $1,3316D + 1L + 1Ex - 0,3Ey$
6. $1,3316D + 1L - 1Ex + 0,3Ey$
7. $1,3316D + 1L - 1Ex - 0,3Ey$
8. $1,3316D + 1L + 0,3Ex + 1Ey$
9. $1,3316D + 1L - 0,3Ex + 1Ey$
10. $1,3316D + 1L + 0,3Ex - 1Ey$
11. $1,3316D + 1L - 0,3Ex - 1Ey$
12. $0,7684D + 1Ex + 0,3Ey$
13. $0,7684D + 1Ex - 0,3Ey$
14. $0,7684D - 1Ex + 0,3Ey$
15. $0,7684D - 1Ex - 0,3Ey$
16. $0,7684D + 0,3Ex + 1Ey$
17. $0,7684D - 0,3Ex + 1Ey$
18. $0,7684D + 0,3Ex - 1Ey$
19. $0,7684D - 0,3Ex - 1Ey$

4.6. Hasil Analisa Struktur

1) Menentukan Periode Struktur (T)

Kami menggunakan nilai periode struktur (T) = 0,818 detik untuk arahx dan y sesuai dengan perhitungan periode desain sebelumnya.

2) Menentukan Berat Seismik Efektif

Nilai berat seismik efektif adalah total berat desain yang berisi hasil penjumlahan beban mati struktur, beban mati tambahan dan beban hidup yang tereduksi. Berat seismik didapatkan dari proses perhitungan manual dan program ETABS v18

Contoh perhitungan manual di Lantai 2:

a. Perhitungan beban mati

Kolom ukuran 50×70 cm

$$= (0,5 \times 0,7) \text{ m} \times 24 \text{ kN/m}^3 \times 4,5 \text{ m} \times 18 \text{ buah} = \mathbf{680,4 \text{ kN}}$$

Dinding bata hebel

$$= 400 \text{ m} \times 2 \text{ kN/m}^3 \times 4,5 \text{ m} = \mathbf{3600 \text{ kN}}$$

Plat lantai $t = 20 \text{ cm}$

- o Bondek 12 cm $= 0,12 \times 2,4 \text{ t/m}^2 = 0,29 \text{ t/m}^2$
- o Berat keramik 0,5 cm $= 0,005 \times 2,4 \text{ t/m}^2 = 0,012 \text{ t/m}^2$
- o Berat spesi 2 cm $= 2 \times 0,021 \text{ t/m}^2 = 0,042 \text{ t/m}^2$
- o Plafond + penggantung $= 0,018 + 0,03 = 0,048 \text{ t/m}^2$

Total $= 0,392 \text{ t/m}^2$

$= 392 \text{ kN/m}_2$

$= 392 \text{ kN/m}_2 \times 400 \text{ m}_2 = 1568 \text{ kN}$

Berat total beban mati lantai 2 $= 5848,4 \text{ kN}$

b. Perhitungan beban hidup

i. Pelat lantai dengan koef. Reduksi asrama/rusun 75%

$= 0,75 \times 1,92 \text{ kN/m}^2 \times 400 \text{ m}^2 = 576 \text{ kN}$

Berat total beban hidup lantai 2 $= 576 \text{ kN}$

Jadi berat total keseluruhan lantai 2 $= W_{DL} + W_{LL}$

$= 5848,4 + 576$

$= 6424,4 \text{ kN}$

Pada input ETABS didapatkan hasil pada Tabel 4.14 di bawah ini:

Tabel 4.10 Mass Summary by Story

Story	UX kg	UY kg	UZ kg
It atap	29071,41	29071,41	0
It 4	295481,02	295481,02	0
It 3	749167,88	749167,88	0
It 2	803337,32	803337,32	0
Base	46170	46170	0

Tabel 4.11 Berat struktur pada setiap lantai

Komponen	Manual (kN)	ETABS v18 (kN)
Lantai 3	6424,4	2895,7
Lantai 2	6424,4	7341,8
Lantai 1	6424,4	7872,7
Wtotal	19273,2	18110,2

Dari hasil perhitungan di atas terdapat perbedaan berat per lantai antara perhitungan manual dengan program *ETABS v18* Namun yang akan dipakai adalah berat total dari perhitungan program *ETABS v18* karena lebih presisi.

4.7. Kontrol Ketidakberaturan Struktur Horizontal

Pada penelitian ini, dilakukan pengecekan ketidakberaturan horizontal. Kontrol ketidakberaturan struktur horizontal yang dibahas adalah ketidakberaturan torsional, karena ketidakberaturan sudut dalam, diskontinuitas diafragma, dan pergeseran bidang tidak ditemukan pada struktur bangunan yang dijadikan objek penelitian.

Ketidakberaturan Torsional

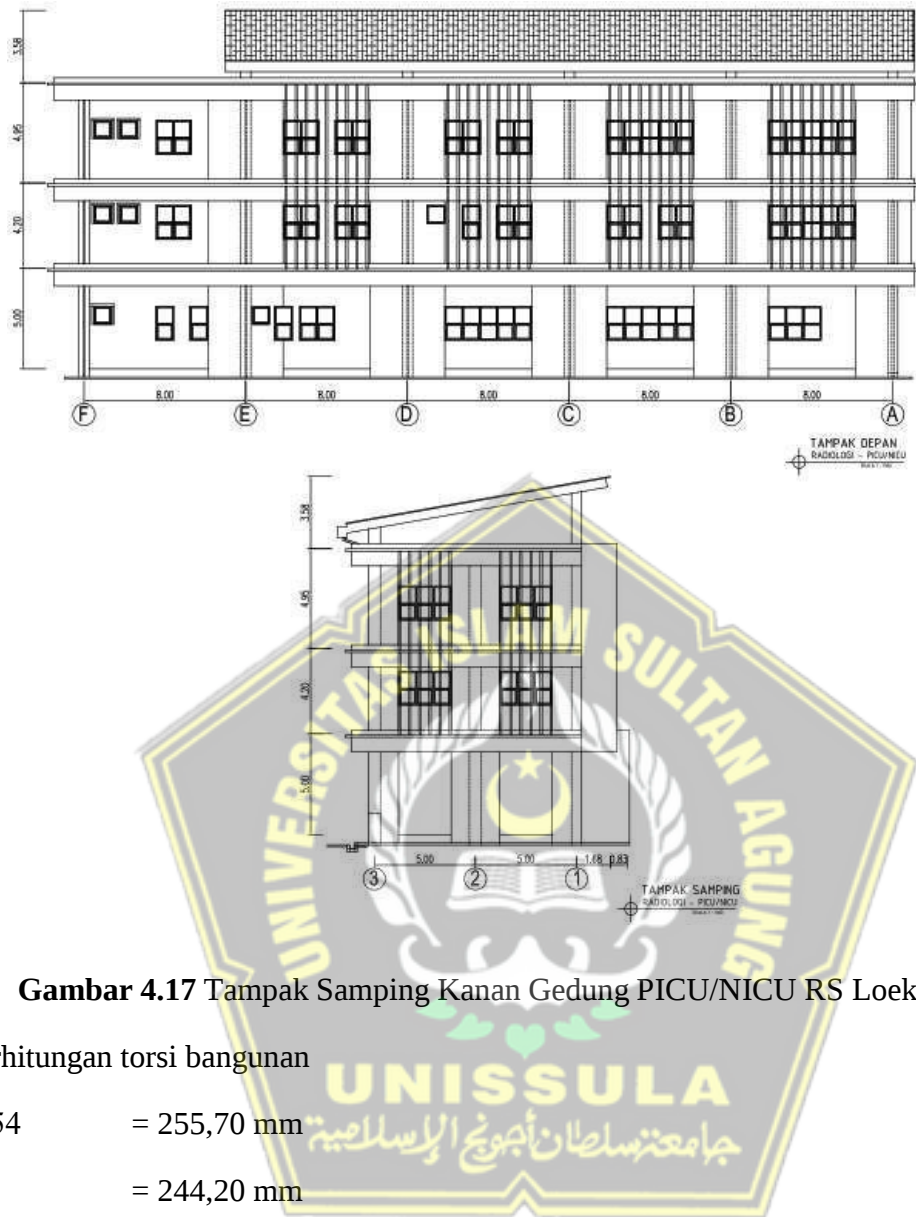
Bangunan yang dijadikan objek penelitian diperlukan kontrol terkait dengan torsi yang terjadi akibat adanya perpindahan atau *joint displacement*. Nilai ketidakberaturan diambil dengan bantuan analisis menggunakan *ETABS v18* Tinjauan data simpangan tersebut diambil dari ujung-ujung struktur yang memiliki nilai tertinggi seperti pada Gambar 4.18.

Persyaratan ketidakberaturan struktur horizontal yaitu :

$$\delta_{\max} < 1,2 \delta_{\text{avg}} \quad = \text{Tanpa Ketidakberaturan torsi}$$

$$1,2 \delta_{\text{avg}} \leq \delta_{\max} \leq 1,4 \delta_{\text{avg}} = \text{Ketidakberaturan torsi 1a}$$

$$\delta_{\max} > 1,4 \delta_{\text{avg}} \quad = \text{Ketidakberaturan torsi 1b}$$



Gambar 4.17 Tampak Samping Kanan Gedung PICU/NICU RS Loekmonohadi

Perhitungan torsi bangunan

$$\delta_{154} = 255,70 \text{ mm}$$

$$\delta_6 = 244,20 \text{ mm}$$

$$\delta_{\max} = 255,70 \text{ mm}$$

$$\delta_{\text{rata-rata}} = 249,95 \text{ mm}$$

$$1,2 \text{ avg} = 1,2 \times 249,95 \text{ mm} = 299,94 \text{ mm}$$

$$1,4 \text{ avg} = 1,4 \times 249,95 \text{ mm} = 349,93 \text{ mm}$$

$$\delta_{\max} < 1,2 \delta_{\text{avg}}$$

$$255,70 < 299,94$$

Dari perhitungan di atas, perhitungan torsi bangunan menunjukkan bahwa nilai $\delta_{max} < 1,2 \delta_{avg}$ karna itu tanpa terjadinya ketidakberaturan. Bangunan kami masih aman digunakan karena tidak termasuk dalam ketidakberaturan horizontal 1b. Rekapitulasi ketidakberaturan horizontal dapat dilihat pada 4.16 berikut ini.

Tabel 4.12 Rekapitulasi Ketidakberaturan Horizontal Model Arah X

story	Δa (mm)	Δb (mm)	Δ_{max} (mm)	$\Delta_{average}$ (mm)	1,2 $\Delta_{average}$ (mm)	1,4 $\Delta_{average}$ (mm)	ketidakberaturan torsi
Lt.Atap							
Lt.4							
Lt.3	7,603	8,122	7,603	7,8625	9,435	11,0075	tanpa ketidakberaturan torsi
Lt.2	7,631	7,994	1,059	7,8125	9,375	10,9375	tanpa ketidakberaturan torsi
0	6,649	6,935	0,293	6,792	8,1504	9,5088	tanpa ketidakberaturan torsi
0	6,663	6,642	1,911	6,6525	7,983	9,3135	tanpa ketidakberaturan torsi
0	4,901	4,731	1,345	4,816	5,7792	6,7424	tanpa ketidakberaturan torsi
0	3,867	3,386	3,867	3,6265	4,3518	5,0771	tanpa ketidakberaturan torsi

Tabel 4.13 Rekapitulasi Ketidakberaturan Horizontal Model Arah Y

stor y	Δa (mm)	Δb (mm)	Δ_{max} (mm)	$\Delta_{average}$ (mm)	1,2 $\Delta_{average}$ (mm)	1,4 $\Delta_{average}$ (mm)	ketidakberaturan torsi
	42,349	8,42	42,349	25,3845	30,4614	35,5383	ketidakberaturan torsi B
	39,276	8,223	39,276	23,7495	28,4994	33,2493	ketidakberaturan torsi B
	33,716	7,415	33,716	20,5655	24,6786	28,7917	ketidakberaturan torsi B
	26,413	6,939	26,413	16,676	20,0112	23,3464	ketidakberaturan torsi B
	16,829	5,667	16,829	11,248	13,4976	15,7472	ketidakberaturan torsi B
	5,519	4,364	5,519	4,9415	5,9298	6,9181	tanpa ketidakberaturan torsi

Berdasarkan hasil rekapitulasi di atas, ketiga jenis bangunan yang terdapat tanpa ketidakberaturan torsi hanya pada Model 1. Untuk ketidakberaturan torsi 1b, ketiga jenis bangunan dapat dikatakan aman terhadap ketidakberaturan horizontal.

Melakukan kontrol terhadap desain Tahap selanjutnya adalah melakukan kontrol terhadap desain yang sudah dibuat. Kontrol desain dilakukan dengan cara pengecekan terhadap batas simpangan antar lantai bangunan tersebut sesuai dengan SNI 1726-2019 pasal 7.8.6 dan 7.12.1 serta pengecekan terhadap kestabilan akibat efek P-Delta sesuai dengan SNI 1726-2019 pasal 7.8.7.

4.8. Simpangan Antar Lantai

Simpangan antar lantai bangunan tidak boleh melebihi dari nilai simpangan antar lantai yang diizinkan. Kategori risiko dan jenis struktur merupakan parameter untuk menentukan simpangan izin (Δ_a). Berdasarkan SNI 1726-2012 pasal 7.8.6, penentuan simpangan antar lantai tingkat desain dihitung sebagai perbedaan defleksi pada pusat massa di tingkat (n) dan tingkat (n-1) yang ditinjau. Untuk menentukan defleksi tersebut, simpangan antar lantai harus dihitung menggunakan gaya gempa. Struktur yang memiliki kategori desain seismik C, D, E, atau F dan memiliki ketidakberaturan horizontal tipe 1a atau 1b, simpangan antar lantai harus dihitung sebagai selisih terbesar dari defleksi titik-titik di atas dan di bawah tingkat. Penentuan titik tinjauan terletak di sepanjang salah satu bagian tepi struktur. Titik tinjau yang digunakan untuk menentukan simpangan yaitu Joint 154. Nilai simpangan antar lantai harus dikalikan dengan kuantitas (C_d/I_e). Untuk struktur kategori desain seismik D, nilai simpangan ijin harus dibagi dengan nilai reduksi (ρ) senilai 1,3. Berdasarkan SNI 1726:2012 perhitungan simpangan antar lantai dapat dilihat pada tabel di bawah ini.

Tabel 4.14 Simpangan antar lantai ijin X-Dir

story	$H_{\Sigma x}$ (mm)	H (mm)	δ (mm)	Δ (mm)	Δx (mm)	Δ_{ijin} (mm)	ket
lt atap	17730	3230	27,942	102,454	1,122	40	oke
lt 4	14500	5000	27,636	101,332	26,26433	50	oke
lt 3	9500	4500	20,473	75,06767	36,13867	45	oke
lt 2	5000	5000	10,617	38,929	38,929	50	oke

Tabel 4.15 Simpangan antar lantai ijin Y-Dir

story	$H_{\Sigma x}$ (mm)	H (mm)	δ (mm)	Δ (mm)	Δx (mm)	Δ_{ijin} (mm)	ket
lt atap	17730	3230	35,673	130,801	-5,59167	40	oke
lt 4	14500	5000	37,198	136,3927	19,05933	50	oke
lt 3	9500	4500	32	117,3333	33	45	oke
lt 2	5000	5000	23	84,33333	34,33333	50	oke

4.9. Efek P-Delta

Apabila simpangan antar lantai terlalu besar, maka akan menimbulkan efek P-delta. Efek P-delta pada umumnya akan membahayakan kestabilan struktur. Koefisien stabilitas(θ) seperti dalam pasal 7.8.7 pada peraturan SNI 1726-2012, suatu struktur bila memiliki nilai koefisien stabilitas lebih dari batas yang diijinkan yaitu kurang dari 0,1 maka perlu adanya perhitungan efek P-delta. Juga tidak diperbolehkan mempunyai nilai koefisien stabilitas pada suatu titik yang melebihi koefisien stabilitas maksimumnya. Apabila terjadi, maka desain struktur tidak dapat digunakan karena termasuk dalam kategori tidak aman dan memerlukan usaha untuk menambah atau meningkatkan kestabilan strukturnya. Rekapitulasi perhitungan kestabilan struktur dapat dilihat pada Tabel 4.20 dan Tabel 4.21 berikut ini.

Tabel 4.16 P-Delta Arah X

Story	h (mm)	Δ (mm)	P (kN)	Vx (kN)	θ	θ_{maks}	ket
lt atap	3580	1,122	556,3469	285,5192	3,223E-05	0,090909	oke
lt 4	4950	26,26433	3461,187	944,7273	0,001809863	0,090909	oke
lt 3	4200	36,13867	11147,84	1739,733	0,006647911	0,090909	oke
lt 2	5000	38,929	19050,63	1739,733	0,023251908	0,090909	oke

Tabel 4.17 Delta Arah Y

Story	h (mm)	Δ (mm)	P (kN)	Vx (kN)	θ	θ_{maks}	ket
lt atap	3580	-5,59167	556,3469	285,5192	-0,000160623	0,090909	oke
lt 4	4950	37,82533	3461,187	944,7273	0,002606525	0,090909	oke
lt 3	4200	48,02233	11147,84	1739,733	0,008833979	0,090909	oke
lt 2	5000	50,545	19050,63	1739,733	0,03019003	0,090909	oke

Contoh perhitungan koefisien stabilitas Model 1 sebagai berikut ini.

Diketahui:

P = Beban vertikal = 556,35 kN

Δ = Simpangan antar lantai = 1,122 mm

Ie = Keutamaan gempa = 1

$$V = \text{Gaya geser antar lantai} = 285,52 \text{ kN}$$

$$H = \text{Tinggi lantai} = 17,73 \text{ mm}$$

$$C_d = \text{Faktor perbesar defleksi} = 5,5$$

$$\beta = \text{Rasio geser} = 1$$

Penyelesaian:

$$\theta = \frac{P \times \Delta \times l_e}{V \times C_d \times H}$$

$$\theta = \frac{556,35 \times 1,122 \times 1}{285,52 \times 5,5 \times 3580}$$

$$\theta = 624,225/29051660$$

$$\theta = 0,00011$$

$$\theta_{\max} = \frac{0,5}{C_d \times \beta}$$

$$\theta_{\max} = \frac{0,5}{5,5 \times 1}$$

$$\theta_{\max} = 0,1$$

Berdasar perhitungan di atas, didapatkan nilai koefisien stabilitas sebesar 0,00011, maka efek P-delta pada titik tersebut diabaikan karena mempunyai nilai kurang dari 0,1. Nilai koefisien stabilitas tersebut juga kurang dari koefisien stabilitas maksimum ($\theta_{\max}$) yang artinya pada titik tersebut struktur termasuk kategori aman/stabil. Berdasarkan Tabel di atas, ketiga model memiliki koefisien stabilitas kurang dari 0,1 atau $\theta_{\max}$ sehingga efek P-delta tidak diperhitungkan. Ketiga model tersebut dapat dikategorikan aman digunakan.

4.10 Perencanaan Pelat

Melalui program bantu *ETABS v18* dilakukan analisa struktur sehingga didapat gaya yang terjadi pada pelat karena adanya beban rencana. Sebagai dasar dalam perancangan tulangan pelat maka gaya-gaya dalam yang terjadi adalah momen dan geser. Kemudian gaya momen yang diperhitungkan pada sumbu gedung yaitu searah sumbu x maupun searah sumbu y sesuai momen yang terjadi pada arah sumbu.

Untuk perhitungan perancangan tulangan pelat arah x momen yang digunakan yaitu M1-1 sedangkan untuk perancangan tulangan pelat arah y momen yang digunakan yaitu M2-2. Data-data perancangan tulangan pelat sebagai berikut:

Tebal plat : 200 (mm)

Tebal drop panel : 120 (mm)

Mutu beton (f_c') : 30 (MPa)

Mutu baja (f_y) : 420 MPa (BjTS)

Tulangan tarik : D 16

4.10.1 Perencanaan Tulangan Pelat

Perencanaan Tulangan Pelat perancangan tulangan lentur pada pelat diambil nilai momen terbesar dari program bantu *ETABS v18*. Untuk emacangan tulangan lentur pelat lantai 1 sampai lantai 3 telah terwakili oleh salah satu pelat lantai momen arah x dan momen arah y. Nilai momen rencana pada perancangan tulangan pelat lantai 1 sampai 3 dan pelat dak atap dapat dilihat pada tabel 4.22.

Tabel 4.22 Momen Rencana pada Lantai 1 sampai 3

	Momen 1-1 kNm		Momen 2-2 kNm	
	Kolom	Tengah	Kolom	Tengah
Tumpuan	114,395	56,023	156,222	63,166
Lapangan	46,036	37,061	53,124	48,945

4.10.2 Perhitungan Kebutuhan Tulangan

4.10.2.1 Perencanaan Pelat Arah x

a) Daerah Tumpuan Arah Lajur Kolom

Data perancangan tulangan pelat :

$$\begin{aligned}\text{Mu tumpuan} &= 114,395 \text{ kNm} \\ &= 114395000 \text{ Nmm}\end{aligned}$$

$$\text{Tebal pelat} = 200 \text{ mm}$$

$$\text{Tebal selimut beton} = 30 \text{ mm}$$

$$\text{Diameter tulangan} = 22 \text{ mm}$$

$$\text{Mutu baja (fy)} = 420 \text{ MPa}$$

$$\text{Mutu beton (fc')} = 35 \text{ MPa}$$



Gambar 4.19 Penulangan Pelat Tumpuan Arah Lajur Kolom

$$dx = 200 - 30 - \left(\frac{1}{2} \times D \text{ lentur}\right)$$

$$= 200 - 30 - \left(\frac{1}{2} \times 22\right)$$

$$= 159 \text{ mm}$$

$$dy = 200 - 30 - D \text{ lentur} - \left(\frac{1}{2} \times D \text{ susut}\right)$$

$$= 200 - 30 - 22 - \left(\frac{1}{2} \times 22\right)$$

$$= 137 \text{ mm}$$

Penulangan arah X

$\theta = 0,9$ (terkontrol tarik)

$$\begin{aligned} Rn &= \frac{Mu}{\phi \times b \times dx^2} \\ &= \frac{114395000}{0,9 \times 1000 \times 159^2} \\ &= 5,027 \text{ N/mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \rho_{\text{perlu}} &= \frac{0,85 f_c'}{f_y} \times \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times Rn}{0,85 \times f_c'}}\right) \\ &= \frac{0,85 \times 35}{420} \times \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 5,027}{0,85 \times 35}}\right) \\ &= 0,01323 \end{aligned}$$

$$\rho_{\text{min}} = 0,0018$$

Syarat: $\rho_{\text{min}} < \rho_{\text{perlu}}$

$$0,0018 < 0,01323$$

Maka, dipakai $\rho = 0,01323$

Luas Tulangan

$$A_s \text{ perlu} = \rho \times 1000 \times dx$$

$$= 0,0132 \times 1000 \times 159$$

$$= 2103,54 \text{ mm}^2$$

Cek nilai ϕ

$$\begin{aligned} a &= \frac{A_s \times f_y}{0,85 \times f_c' \times b} \\ &= \frac{2103,54 \times 420}{0,85 \times 35 \times 1000} \\ &= 29,697 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \beta_1 &= 0,85 - \left(0,05 \times \frac{f_c' - 28}{7}\right) \\ &= 0,85 - \left(0,05 \times \frac{35 - 28}{7}\right) \\ &= 0,8 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} c &= \frac{a}{\beta_1} \\ &= \frac{29,697}{0,8} \\ &= 37,12 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \epsilon_t &= \frac{d_x - c}{c} \times 0,003 \\ &= \frac{159 - 29,697}{37,12} \times 0,003 \\ &= 0,4746 \end{aligned}$$

$$\epsilon_t > 0,005$$

Maka, faktor reduksi $\phi = 0,9$ (terkontrol tarik) dapat digunakan

Syarat jarak maksimum:

$$2h = 2 \times 200 \text{ mm} = 400 \text{ mm}$$

Dipakai tulangan D22 mm, sehingga jarak antar tulangan :

$$\begin{aligned} S &= \frac{0,25 \times \pi \times D^2 \times b}{A_s \text{ perlu}} \\ &= \frac{0,25 \times 3,14 \times 22^2 \times 1000}{2103,54} \\ &= 180,6 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$S = 180,6 \text{ mm} < S_{\max} = 400 \text{ mm}$$

S pakai= 125 mm

Tulangan yang dipakai D22-125 mm.

$$\begin{aligned}As \text{ pakai} &= \frac{0,25 \times \pi \times D^2 \times b}{S \text{ pakai}} \\&= \frac{0,25 \times 3,14 \times 22^2 \times 1000}{125^2} \\&= 3039,5 \text{ mm}^2 > As \text{ perlu} = 2896,9 \text{ mm}^2\end{aligned}$$

(Memenuhi)

Jadi, dipasang tulangan D22-125 mm.

Untuk tulangan bagi diambil 50% dari tulangan utama:

$$As' = 0,5 \times As = 0,5 \times 2103,54 = 1051,77 \text{ mm}^2$$

Digunakan tulangan D22-250 mm.

(As pakai = 1519,76 mm²)

b) Daerah Lapangan Arah Lajur Kolom

Data perancangan tulangan pelat :

$$\text{Mu tumpuan} = 56,023 \text{ kNm} = 56023000 \text{ Nmm}$$

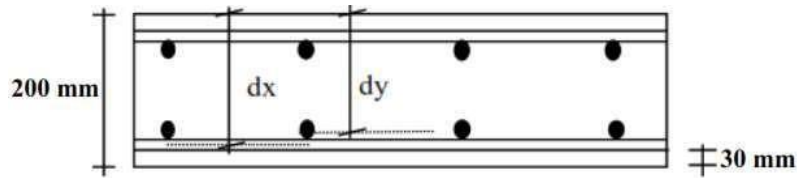
$$\text{Tebal pelat} = 200 \text{ mm}$$

$$\text{Tebal selimut beton} = 30 \text{ mm}$$

$$\text{Diameter tulangan} = 16 \text{ mm}$$

$$\text{Mutu baja (fy)} = 420 \text{ MPa}$$

$$\text{Mutu beton (fc')} = 30 \text{ Mpa}$$



Gambar 4.20 Penulangan Pelat Lapangan Arah Lajur Kolom

$$\begin{aligned} dx &= 200 - 30 - \left(\frac{1}{2} \times D \text{ lentur}\right) \\ &= 200 - 30 - \left(\frac{1}{2} \times 16\right) \\ &= 162 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} dy &= 200 - 30 - D \text{ lentur} - \left(\frac{1}{2} \times D \text{ susut}\right) \\ &= 200 - 30 - 16 - \left(\frac{1}{2} \times 16\right) \\ &= 146 \text{ mm} \end{aligned}$$

Penulangan arah X

$\Phi = 0,9$ (terkonrol tarik)

$$\begin{aligned} Rn &= \frac{Mu}{\phi \times b \times dx^2} \\ &= \frac{56023000}{0,9 \times 1000 \times 162^2} \\ &= 2,372 \text{ N/mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \rho \text{ perlu} &= \frac{0,85 \times f_c'}{f_y} \times \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times Rn}{0,85 \times f_c'}}\right) \\ &= \frac{0,85 \times 35}{420} \times \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 2,372}{0,85 \times 35}}\right) \\ &= 0,00589 \end{aligned}$$

$$\rho \text{ min} = 0,0018$$

Syarat: $\rho \text{ min} < \rho \text{ perlu}$

$$0,0018 < 0,00589$$

Maka, dipakai $\rho = 0,00589$

Luas Tulangan

$$\begin{aligned} A_s \text{ perlu} &= \rho \times 1000 \times d \\ &= 0,00589 \times 1000 \times 162 \\ &= 954,575 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Cek nilai ϕ

$$\begin{aligned} a &= \frac{A_s \times f_y}{0,85 \times f_c' \times b} \\ &= \frac{954,575 \times 420}{0,85 \times 35 \times 1000} \\ &= 13,48 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \beta_1 &= 0,85 - (0,05 \times \frac{f_c' - 28}{7}) \\ &= 0,85 - 5 (0,05 \times \frac{35 - 28}{7}) \\ &= 0,8 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} c &= \frac{a}{\beta_1} \\ &= \frac{13,48}{0,8} \\ &= 16,85 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \epsilon_t &= \frac{d - c}{c} \times 0,003 \\ &= \frac{162 - 16,85}{16,85} \times 0,003 \\ &= 0,026 \end{aligned}$$

$$\epsilon_t > 0,005$$

$$0,026 > 0,005$$

Jadi faktor reduksi $\phi = 0,9$ (terkontrol tarik) dapat digunakan.

Syarat jarak maksimum:

$$2h = 2 \times 200 \text{ mm} = 400 \text{ mm}$$

Dipakai tulangan D16 mm, sehingga jarak antar tulangan :

$$\begin{aligned} S &= \frac{0,25 \times \pi \times D^2 \times 1000}{A_s} \\ &= \frac{0,25 \times 3,14 \times 16^2 \times 1000}{954,575} \\ &= 210,52 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$S = 210,52 \text{ mm} < S_{\text{max}} = 400 \text{ mm}$$

S pakai = 150 mm

Tulangan yang dipakai D16-150 mm.

$$\begin{aligned}As_{\text{pakai}} &= \frac{0,25 \times \pi \times D^2 \times b}{S_{\text{pakai}}} \\&= \frac{0,25 \times 3,14 \times 16^2 \times 1000}{150^2} \\&= 1339,73 \text{ mm}^2 > As_{\text{perlu}} = 954,575 \text{ mm}^2 (\text{memenuhi})\end{aligned}$$

Jadi, dipasang tulangan D16 – 150 mm.

Untuk tulangan bagi diambil 50% dari tulangan utama:

$$As' = 0,5 \times As = 0,5 \times 954,575 = 477,29 \text{ mm}^2$$

Digunakan tulangan D16 – 300 mm.

($As_{\text{pakai}} = 669,87 \text{ mm}^2$)

c) Daerah Tumpuan Arah Lajur Tengah

Data perancangan tulangan pelat :

$$\text{Mu tumpuan} = 46,036 \text{ kNm} = 46036000 \text{ Nmm}$$

$$\text{Tebal pelat} = 200 \text{ mm}$$

$$\text{Tebal selimut beton} = 30 \text{ mm}$$

$$\text{Diameter tulangan} = 16 \text{ mm}$$

$$\text{Mutu baja (fy)} = 420 \text{ MPa}$$

$$\text{Mutu beton (fc')} = 30 \text{ Mpa}$$



Gambar 4.21 Penulangan Pelat Tumpuan Arah Lajur Tengah

$$dx = 200 - 30 - \left(\frac{1}{2} \times D_{\text{lentur}}\right)$$

$$= 200 - 30 - \left(\frac{1}{2} \times 16\right)$$

$$= 162 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned}
 dy &= 200 - 30 - D \text{ lentur} - \left(\frac{1}{2} \times D_{\text{susut}}\right) \\
 &= 200 - 30 - 16 - \left(\frac{1}{2} \times 16\right) \\
 &= 146 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

Penulangan arah X

$\Phi = 0,9$ (terkontrol tarik)

$$\begin{aligned}
 R_n &= \frac{M_u}{\phi \times b \times d x^2} \\
 &= \frac{46036000}{0,9 \times 1000 \times 162^2} \\
 &= 1,949 \text{ N/mm}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \rho_{\text{perlu}} &= \frac{0,85 \times f_c'}{f_y} \times \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times R_n}{0,85 \times f_c'}}\right) \\
 &= \frac{0,85 \times 35}{420} \times \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 1,949}{0,85 \times 35}}\right) \\
 &= 0,0048
 \end{aligned}$$

$$\rho_{\text{min}} = 0,0018$$

Syarat: $\rho_{\text{min}} < \rho_{\text{perlu}}$

$$0,0018 < 0,0048$$

Maka, dipakai $\rho = 0,0048$

Luas Tulangan

$$\begin{aligned}
 A_s \text{ perlu} &= \rho \times 1000 \times d \\
 &= 0,0048 \times 1000 \times 162 \\
 &= 777,6 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

Cek nilai ϕ

$$\begin{aligned}
 a &= \frac{A_s \times f_y}{0,85 \times f_c' \times b} \\
 &= \frac{777,6 \times 420}{0,85 \times 35 \times 1000} \\
 &= 10,978
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\beta_1 &= 0,85 - (0,05 \times \frac{f_c^{F-28}}{7}) \\ &= 0,85 - 5 (0,05 \times \frac{35-28}{7}) \\ &= 0,8\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}c &= \frac{a}{\beta_1} \\ &= \frac{10,978}{0,8} \\ &= 13,722\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\epsilon_t &= \frac{d_x - c}{c} \times 0,003 \\ &= \frac{162 - 13,722}{13,722} \times 0,003 \\ &= 0,0323\end{aligned}$$

$$\epsilon_t > 0,005$$

$$0,0323 > 0,005$$

Jadi faktor reduksi $\phi = 0,9$ (terkontrol tarik) dapat digunakan.

Syarat jarak maksimum:

$$2h = 2 \times 200 \text{ mm} = 400 \text{ mm}$$

Dipakai tulangan D16 mm, sehingga jarak antar tulangan :

$$\begin{aligned}S &= \frac{0,25 \times \pi \times D^2 \times 1000}{777,6} \\ &= \frac{0,25 \times 3,14 \times 16^2 \times 1000}{777,6} \\ &= 258,44 \text{ mm}\end{aligned}$$

$$S = 258,44 \text{ mm} < S_{\max} = 400 \text{ mm}$$

$$S_{\text{pakai}} = 150 \text{ mm}$$

Tulangan yang dipakai D16-150 mm.

$$\begin{aligned}A_s_{\text{pakai}} &= \frac{0,25 \times \pi \times D^2 \times b}{S_{\text{pakai}}} \\ &= \frac{0,25 \times 3,14 \times 16^2 \times 1000}{150^2} \\ &= 1339,73 \text{ mm}^2 > A_s_{\text{perlu}} = 777,6 \text{ mm}^2 (\text{memenuhi})\end{aligned}$$

Jadi, dipasang tulangan D16 – 150 mm.

Untuk tulangan bagi diambil 50% dari tulangan utama:

$$A_s' = 0,5 \times A_s = 0,5 \times 777,6 = 388,8 \text{ mm}^2$$

Digunakan tulangan D16 – 300 mm.

(A_s pakai = 669,87 mm^2)

d) Daerah Lapangan Arah Lajur Tengah

Data perancangan tulangan pelat :

$$M_u \text{ tumpuan} = 37,061 \text{ kNm} = 37061000 \text{ Nmm}$$

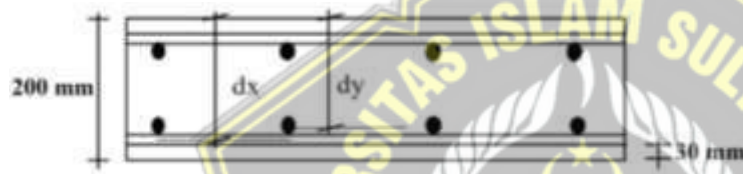
$$\text{Tebal pelat} = 200 \text{ mm}$$

$$\text{Tebal selimut beton} = 30 \text{ mm}$$

$$\text{Diameter tulangan} = 16 \text{ mm}$$

$$\text{Mutu baja (f}_y\text{)} = 420 \text{ MPa}$$

$$\text{Mutu beton (f}_c'\text{)} = 35 \text{ Mpa}$$



Gambar 4.22 Penulangan Pelat Lapangan Arah Lajur Tengah

$$\begin{aligned} dx &= 200 - 30 - \left(\frac{1}{2} \times D \text{ lentur}\right) \\ &= 200 - 30 - \left(\frac{1}{2} \times 16\right) \\ &= 162 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} dy &= 200 - 30 - D \text{ lentur} - \left(\frac{1}{2} \times D \text{ susut}\right) \\ &= 200 - 30 - 16 - \left(\frac{1}{2} \times 16\right) \\ &= 146 \text{ mm} \end{aligned}$$

Penulangan arah X

$$\Phi = 0,9 \text{ (terkontrol tarik)}$$

$$\begin{aligned} R_n &= \frac{M_u}{\phi \times b \times dx^2} \\ &= \frac{37061000}{0,9 \times 1000 \times 162^2} \\ &= 1,569 \text{ N/mm}^2 \end{aligned}$$

$$\rho_{\text{perlu}} = \frac{0,85 \times f_c'}{f_y} \times \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times R_n}{0,85 \times f_c'}}\right)$$

$$= \frac{0,85 \times 35}{420} \times \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 1,569}{0,85 \times 35}}\right)$$

$$= 0,00384$$

$$\rho_{\text{min}} = 0,0018$$

$$\text{Syarat: } \rho_{\text{min}} < \rho_{\text{perlu}}$$

$$0,0018 < 0,00384$$

$$\text{Maka, dipakai } \rho = 0,00384$$

Luas Tulangan

$$A_s \text{ perlu} = \rho \times 1000 \times d$$

$$= 0,00384 \times 1000 \times 162$$

$$= 622,08 \text{ mm}^2$$

Cek nilai ϕ

$$a = \frac{A_s \times f_y}{0,85 \times f_c' \times b}$$

$$= \frac{622,08 \times 420}{0,85 \times 35 \times 1000}$$

$$= 8,78$$

$$\beta_1 = 0,85 - (0,05 \times \frac{f_c' - 28}{7})$$

$$= 0,85 - (0,05 \times \frac{35 - 28}{7})$$

$$= 0,8$$

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

$$= \frac{8,78}{0,8}$$

$$= 10,975$$

$$\epsilon_t = \frac{d - c}{c} \times 0,003$$

$$= \frac{162 - 10,975}{10,975} \times 0,003$$

$$= 0,0413$$

$$\epsilon_t > 0,005$$

$$0,0413 > 0,005$$

Jadi faktor reduksi $\phi = 0,9$ (terkontrol tarik) dapat digunakan.

Syarat jarak maksimum:

$$2h = 2 \times 200 \text{ mm} = 400 \text{ mm}$$

Dipakai tulangan D16 mm, sehingga jarak antar tulangan :

$$\begin{aligned} S &= \frac{0,25 \times \pi \times D^2 \times 1000}{622,08} \\ &= \frac{0,25 \times 3,14 \times 16^2 \times 1000}{622,08} \\ &= 323,045 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$S = 323,045 \text{ mm} < S_{\text{max}} = 400 \text{ mm}$$

$$S_{\text{pakai}} = 150 \text{ mm}$$

Tulangan yang dipakai D16-150 mm.

$$\begin{aligned} A_s_{\text{pakai}} &= \frac{0,25 \times \pi \times D^2 \times b}{S_{\text{pakai}}} \\ &= \frac{0,25 \times 3,14 \times 16^2 \times 1000}{150^2} \\ &= 1339,73 \text{ mm}^2 > A_s_{\text{perlu}} = 622,08 \text{ mm}^2 (\text{memenuhi}) \end{aligned}$$

Jadi, dipasang tulangan D16 – 150 mm.

Untuk tulangan bagi diambil 50% dari tulangan utama:

$$A_s' = 0,5 \times A_s = 0,5 \times 622,08 = 311,04 \text{ mm}^2$$

Digunakan tulangan D16 – 300 mm.

$$(A_s_{\text{pakai}} = 669,87 \text{ mm}^2)$$

4.10.2.2 Perencanaan Pelat Arah Y

a) Daerah Tumpuan Arah Lajur Kolom

Data perancangan tulangan pelat :

$$M_u \text{ tumpuan} = 156,222 \text{ kNm} = 156222000 \text{ Nmm}$$

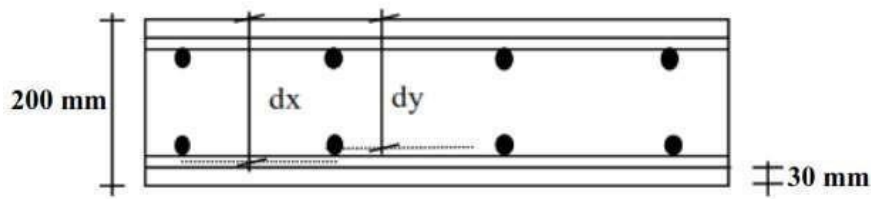
$$\text{Tebal pelat} = 200 \text{ mm}$$

$$\text{Tebal selimut beton} = 30 \text{ mm}$$

$$\text{Diameter tulangan} = 22 \text{ mm}$$

$$\text{Mutu baja (f}_y\text{)} = 420 \text{ MPa}$$

$$\text{Mutu beton (f}_c'\text{)} = 30 \text{ Mpa}$$



Gambar 4.23 Penulangan Pelat Tumpuan Arah Lajur Kolom

$$\begin{aligned} dx &= 200 - 30 - \left(\frac{1}{2} \times D \text{ lentur}\right) \\ &= 200 - 30 - \left(\frac{1}{2} \times 22\right) \\ &= 159 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} dy &= 200 - 30 - D \text{ lentur} - \left(\frac{1}{2} \times D_{\text{susut}}\right) \\ &= 200 - 30 - 22 - \left(\frac{1}{2} \times 22\right) \\ &= 137 \text{ mm} \end{aligned}$$

Penulangan arah X

$\Phi = 0,9$ (terkontrol tarik)

$$\begin{aligned} R_n &= \frac{M_u}{\phi \times b \times dx^2} \\ &= \frac{156222000}{0,9 \times 1000 \times 159^2} \\ &= 6,866 \text{ N/mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \rho_{\text{perlu}} &= \frac{0,85 \times f_c'}{f_y} \times \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times R_n}{0,85 \times f_c'}}\right) \\ &= \frac{0,85 \times 35}{420} \times \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 6,866}{0,85 \times 35}}\right) \\ &= 0,0189 \end{aligned}$$

$$\rho_{\text{min}} = 0,0018$$

Syarat: $\rho_{\text{min}} < \rho_{\text{perlu}}$

$$0,0018 < 0,0189$$

Maka, dipakai $\rho = 0,0189$

Luas Tulangan

$$\begin{aligned} \text{As perlu} &= \rho \times 1000 \times d \\ &= 0,0189 \times 1000 \times 159 \\ &= 2998,4 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Cek nilai ϕ

$$\begin{aligned} a &= \frac{A_s \times f_y}{0,85 \times f_c' \times b} \\ &= \frac{2998,4 \times 420}{0,85 \times 35 \times 1000} \\ &= 42,33 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \beta_1 &= 0,85 - (0,05 \times \frac{f_c' - 28}{7}) \\ &= 0,85 - (0,05 \times \frac{35 - 28}{7}) \\ &= 0,8 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} c &= \frac{a}{\beta_1} \\ &= \frac{42,33}{0,8} \\ &= 52,913 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \epsilon_t &= \frac{d - c}{c} \times 0,003 \\ &= \frac{159 - 52,913}{52,913} \times 0,003 \\ &= 0,006 \end{aligned}$$

$$\epsilon_t > 0,005$$

$$0,006 > 0,005$$

Jadi, faktor reduksi $\phi = 0,9$ (terkontrol tarik) dapat digunakan.

Syarat jarak maksimum:

$$2h = 2 \times 200 \text{ mm} = 400 \text{ mm}$$

Dipakai tulangan D22 mm, sehingga jarak antar tulangan :

$$\begin{aligned} S &= \frac{0,25 \times \pi \times D^2 \times 1000}{2998,4} \\ &= \frac{0,25 \times 3,14 \times 16^2 \times 1000}{2998,4} \\ &= 67,022 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$S = 67,022 \text{ mm} < S_{\text{max}} = 400 \text{ mm}$$

S pakai = 100 mm

Tulangan yang dipakai D22-100 mm.

$$\begin{aligned} \text{As pakai} &= \frac{0,25 \times \pi \times D^2 \times b}{S_{\text{pakai}}} \\ &= \frac{0,25 \times 3,14 \times 22^2 \times 1000}{100^2} \\ &= 3799,4 \text{ mm}^2 > \text{As perlu} = 3217,11 \text{ mm}^2 (\text{memenuhi}) \end{aligned}$$

Jadi, dipasang tulangan D22-100 mm.

Untuk tulangan bagi diambil 50% dari tulangan utama:

$$\text{As}' = 0,5 \times \text{As} = 0,5 \times 3217,11 = 1608,56 \text{ mm}^2$$

Digunakan tulangan D22-200 mm.

(As pakai = 1899,7 mm²)

b) Daerah Lapangan Arah Lajur Kolom

Data perancangan tulangan pelat :

$$\text{Mu tumpuan} = 53,124 \text{ kNm} = 53124000 \text{ Nmm}$$

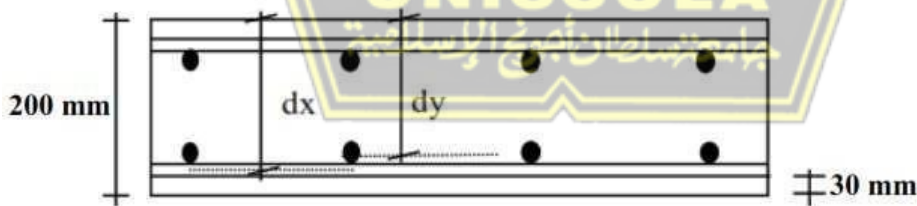
$$\text{Tebal pelat} = 200 \text{ mm}$$

$$\text{Tebal selimut beton} = 30 \text{ mm}$$

$$\text{Diameter tulangan} = 16 \text{ mm}$$

$$\text{Mutu baja (fy)} = 420 \text{ Mpa}$$

$$\text{Mutu beton (fc')} = 30 \text{ Mpa}$$



Gambar 4.24 Penulangan Pelat Lapangan Arah Lajur Kolom

$$\begin{aligned} dx &= 200 - 30 - \left(\frac{1}{2} \times D \text{ lentur}\right) \\ &= 200 - 30 - \left(\frac{1}{2} \times 16\right) \\ &= 162 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 d_y &= 200 - 30 - D \text{ lentur} - \left(\frac{1}{2} \times D_{\text{susut}}\right) \\
 &= 200 - 30 - 16 - \left(\frac{1}{2} \times 16\right) \\
 &= 146 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

Penulangan arah X

$\Phi = 0,9$ (terkontrol tarik)

$$\begin{aligned}
 R_n &= \frac{M_u}{\phi \times b \times d \times x^2} \\
 &= \frac{53124000}{0,9 \times 1000 \times 162^2} \\
 &= 2,249 \text{ N/mm}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \rho_{\text{perlu}} &= \frac{0,85 \times f_c'}{f_y} \times \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times R_n}{0,85 \times f_c'}}\right) \\
 &= \frac{0,85 \times 35}{420} \times \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 2,249}{0,85 \times 35}}\right) \\
 &= 0,00557
 \end{aligned}$$

$$\rho_{\text{min}} = 0,0018$$

Syarat: $\rho_{\text{min}} < \rho_{\text{perlu}}$

$$0,0018 < 0,00557$$

Maka, dipakai $\rho = 0,00557$

Luas Tulangan

$$\begin{aligned}
 A_s \text{ perlu} &= \rho \times 1000 \times d_x \\
 &= 0,00557 \times 1000 \times 162 \\
 &= 903,064 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

Cek nilai ϕ

$$\begin{aligned}
 a &= \frac{A_s \times f_y}{0,85 \times f_c' \times b} \\
 &= \frac{903,064 \times 420}{0,85 \times 35 \times 1000} \\
 &= 12,749
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\beta_1 &= 0,85 - (0,05 \times \frac{f_c^{F-28}}{7}) \\ &= 0,85 - (0,05 \times \frac{35-28}{7}) \\ &= 0,8\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}c &= \frac{a}{\beta_1} \\ &= \frac{12,749}{0,8} \\ &= 15,936\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\epsilon_t &= \frac{d x - c}{c} \times 0,003 \\ &= \frac{162 - 15,936}{15,936} \times 0,003 \\ &= 0,027\end{aligned}$$

$$\epsilon_t > 0,005$$

$$0,027 > 0,005$$

Jadi faktor reduksi $\phi = 0,9$ (terkontrol tarik) dapat digunakan.

Syarat jarak maksimum:

$$2h = 2 \times 200 \text{ mm} = 400 \text{ mm}$$

Dipakai tulangan D16 mm, sehingga jarak antar tulangan :

$$\begin{aligned}S &= \frac{0,25 \times \pi \times D^2 \times 1000}{903,064} \\ &= \frac{0,25 \times 3,14 \times 16^2 \times 1000}{903,064} \\ &= 222,53 \text{ mm}\end{aligned}$$

$$S = 222,53 \text{ mm} < S_{\max} = 400 \text{ mm}$$

$$S_{\text{pakai}} = 150 \text{ mm}$$

Tulangan yang dipakai D16-150 mm.

$$\begin{aligned}\text{As}_{\text{pakai}} &= \frac{0,25 \times \pi \times D^2 \times b}{S_{\text{pakai}}} \\ &= \frac{0,25 \times 3,14 \times 16^2 \times 1000}{150^2} \\ &= 1339,73 \text{ mm}^2 > \text{As}_{\text{perlu}} = 903,064 \text{ mm}^2 (\text{memenuhi})\end{aligned}$$

Jadi, dipasang tulangan D16 – 150 mm.

Untuk tulangan bagi diambil 50% dari tulangan utama:

$$A_s' = 0,5 \times A_s = 0,5 \times 903,064 = 451,532 \text{ mm}^2$$

Digunakan tulangan D16 – 300 mm.

(As pakai = 669,87 mm²)

c) Daerah Tumpuan Arah Lajur Tengah

Data perancangan tulangan pelat :

Mu tumpuan = 53,124 kNm = 53124000 Nmm

Tebal pelat = 200 mm

Tebal selimut beton = 30 mm

Diameter tulangan = 16 mm

Mutu baja (fy) = 420 MPa

Mutu beton (fc') = 30 Mpa



Gambar 4.25 Penulangan Pelat Tumpuan Arah Lajur Tengah

$$\begin{aligned} dx &= 200 - 30 - \left(\frac{1}{2} \times D \text{ lentur}\right) \\ &= 200 - 30 - \left(\frac{1}{2} \times 16\right) \\ &= 162 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} dy &= 200 - 30 - D \text{ lentur} - \left(\frac{1}{2} \times D \text{ susut}\right) \\ &= 200 - 30 - 16 - \left(\frac{1}{2} \times 16\right) \\ &= 146 \text{ mm} \end{aligned}$$

Penulangan arah X

$\Phi = 0,9$ (terkontrol tarik)

$$\begin{aligned} R_n &= \frac{M_u}{\phi \times b \times d x^2} \\ &= \frac{53124000}{0,9 \times 1000 \times 162^2} \\ &= 2,249 \text{ N/mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \rho_{\text{perlu}} &= \frac{0,85 \times f_c'}{f_y} \times \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times R_n}{0,85 \times f_c'}}\right) \\ &= \frac{0,85 \times 35}{420} \times \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 2,249}{0,85 \times 35}}\right) \\ &= 0,00557 \end{aligned}$$

$$\rho_{\text{min}} = 0,0018$$

Syarat: $\rho_{\text{min}} < \rho_{\text{perlu}}$

$$0,0018 < 0,00557$$

Maka, dipakai $\rho = 0,00557$

Luas Tulangan

$$\begin{aligned} A_s \text{ perlu} &= \rho \times 1000 \times d_x \\ &= 0,00557 \times 1000 \times 162 \\ &= 903,001 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Cek nilai ϕ

$$\begin{aligned} a &= \frac{A_s \times f_y}{0,85 \times f_c' \times b} \\ &= \frac{903,001 \times 420}{0,85 \times 35 \times 1000} \\ &= 12,75 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \beta_1 &= 0,85 - \left(0,05 \times \frac{f_c' - 28}{7}\right) \\ &= 0,85 - \left(0,05 \times \frac{35 - 28}{7}\right) \\ &= 0,8 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 c &= \frac{a}{\beta_1} \\
 &= \frac{12,75}{0,8} \\
 &= 15,94
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \epsilon_t &= \frac{d_x - c}{c} \times 0,003 \\
 &= \frac{162 - 15,94}{15,94} \times 0,003 \\
 &= 0,027
 \end{aligned}$$

$$\epsilon_t > 0,005$$

$$0,027 > 0,005$$

Jadi faktor reduksi $\phi = 0,9$ (terkontrol tarik) dapat digunakan.

Syarat jarak maksimum:

$$2h = 2 \times 200 \text{ mm} = 400 \text{ mm}$$

Dipakai tulangan D16 mm, sehingga jarak antar tulangan :

$$\begin{aligned}
 S &= \frac{0,25 \times \pi \times D^2 \times 1000}{903,001} \\
 &= \frac{0,25 \times 3,14 \times 16^2 \times 1000}{903,001} \\
 &= 222,55 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$S = 222,55 \text{ mm} < S_{\max} = 400 \text{ mm}$$

$$S_{\text{pakai}} = 150 \text{ mm}$$

Tulangan yang dipakai D16-150 mm.

$$\begin{aligned}
 A_s \text{ pakai} &= \frac{0,25 \times \pi \times D^2 \times b}{S_{\text{pakai}}} \\
 &= \frac{0,25 \times 3,14 \times 16^2 \times 1000}{150^2} \\
 &= 1339,73 \text{ mm}^2 > A_s \text{ perlu} = 903,001 \text{ mm}^2 (\text{memenuhi})
 \end{aligned}$$

Jadi, dipasang tulangan D16 – 150 mm.

Untuk tulangan bagi diambil 50% dari tulangan utama:

$$A_s' = 0,5 \times A_s = 0,5 \times 903,001 = 451,5 \text{ mm}^2$$

Digunakan tulangan D16 – 300 mm.

(A_s pakai = 669,87 mm^2)

d) Daerah Lapangan Arah Lajur Tengah

Data perancangan tulangan pelat :

$$M_u \text{ tumpuan} = 63,166 \text{ kNm} = 63166000 \text{ Nmm}$$

$$\text{Tebal pelat} = 200 \text{ mm}$$

$$\text{Tebal selimut beton} = 30 \text{ mm}$$

$$\text{Diameter tulangan} = 16 \text{ mm}$$

$$\text{Mutu baja (f}_y\text{)} = 420 \text{ MPa}$$

$$\text{Mutu beton (f}_c'\text{)} = 30 \text{ Mpa}$$



Gambar 4.26 Penulangan Lapangan Arah Lajur Tengah

$$d_x = 200 - 30 - \left(\frac{1}{2} \times D \text{ lentur}\right)$$

$$= 200 - 30 - \left(\frac{1}{2} \times 16\right)$$

$$= 162 \text{ mm}$$

$$d_y = 200 - 30 - D \text{ lentur} - \left(\frac{1}{2} \times D_{\text{susut}}\right)$$

$$= 200 - 30 - 16 - \left(\frac{1}{2} \times 16\right)$$

$$= 146 \text{ mm}$$

Penulangan arah X

$$\Phi = 0,9 \text{ (terkontrol tarik)}$$

$$R_n = \frac{M_u}{\phi \times b \times d_x^2}$$

$$= \frac{63166000}{0,9 \times 1000 \times 162^2}$$

$$= 2,674 \text{ N/mm}^2$$

$$\rho_{\text{perlu}} = \frac{0,85 \times f_c'}{f_y} \times \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times R_n}{0,85 \times f_c'}}\right)$$

$$= \frac{0,85 \times 35}{420} \times \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 2,674}{0,85 \times 35}}\right)$$

$$= 0,00668$$

$$\rho_{\text{min}} = 0,0018$$

$$\text{Syarat: } \rho_{\text{min}} < \rho_{\text{perlu}}$$

$$0,0018 < 0,00668$$

$$\text{Maka, dipakai } \rho = 0,00668$$

Luas Tulangan

$$A_s \text{ perlu} = \rho \times 1000 \times d$$

$$= 0,00668 \times 1000 \times 162$$

$$= 1082,58 \text{ mm}^2$$

Cek nilai ϕ

$$a = \frac{A_s \times f_y}{0,85 \times f_c' \times b}$$

$$= \frac{1082,58 \times 420}{0,85 \times 35 \times 1000}$$

$$= 15,28$$

$$\beta_1 = 0,85 - (0,05 \times \frac{f_c' - 28}{7})$$

$$= 0,85 - (0,05 \times \frac{35 - 28}{7})$$

$$= 0,8$$

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

$$= \frac{15,28}{0,8}$$

$$= 19,104$$

$$\epsilon_t = \frac{d - c}{c} \times 0,003$$

$$= \frac{162 - 19,104}{19,104} \times 0,003$$

$$= 0,022$$

$$\epsilon_t > 0,005$$

$$0,022 > 0,005$$

Jadi faktor reduksi $\phi = 0,9$ (terkontrol tarik) dapat digunakan.

Syarat jarak maksimum:

$$2h = 2 \times 200 \text{ mm} = 400 \text{ mm}$$

Dipakai tulangan D16 mm, sehingga jarak antar tulangan :

$$\begin{aligned} S &= \frac{0,25 \times \pi \times D^2 \times 1000}{1082,58} \\ &= \frac{0,25 \times 3,14 \times 16^2 \times 1000}{1082,58} \\ &= 185,63 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$S = 185,63 \text{ mm} < S_{\text{max}} = 400 \text{ mm}$$

S pakai = 150 mm

Tulangan yang dipakai D16-150 mm.

$$\begin{aligned} \text{As pakai} &= \frac{0,25 \times \pi \times D^2 \times b}{S_{\text{pakai}}} \\ &= \frac{0,25 \times 3,14 \times 16^2 \times 1000}{150^2} \\ &= 1339,73 \text{ mm}^2 > \text{As perlu} = 1082,58 \text{ mm}^2 (\text{memenuhi}) \end{aligned}$$

Jadi, dipasang tulangan D16 – 150 mm.

Untuk tulangan bagi diambil 50% dari tulangan utama:

$$\text{As}' = 0,5 \times \text{As} = 0,5 \times 1082,58 = 541,29 \text{ mm}^2$$

Digunakan tulangan D16 – 300 mm.

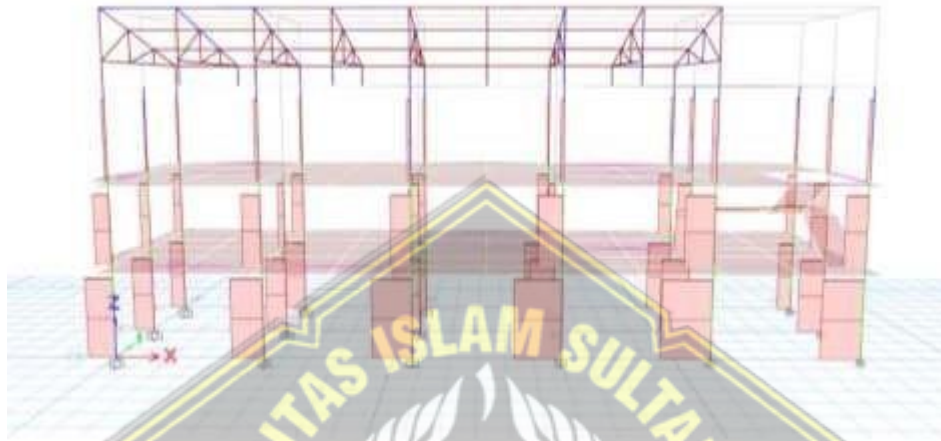
(As pakai = 669,87 mm²)

Tabel 4.23 Penulangan Pelat

Arah	Posisi Tulangan	Lajur Kolom		Lajur Tengah	
		Tumpuan	Lapangan	Tumpuan	Lapangan
X	Atas	D22-125	D16-300	D16-150	D16-300
	Bawah	D19-250	D16-150	D16-300	D16-150
Y	Atas	D22-100	D16-300	D16-150	D16-300
	Bawah	D22-200	D16-150	D16-300	D16-150

4.11. Perencanaan Kolom

Perencanaan modifikasi desain kolom kami ini terdapat satu tipe kolom yaitu kolom dengan dimensi 600 mm × 600 mm. Desain kolom K1 pada AS 2 dibawah yang diperlihatkan pada Gambar 4.27 digunakan sebagai contoh perhitungan.



Gambar 4.27 Perencanaan Kolom

Berdasarkan hasil analisis struktur yang kami lakukan, maka didapatkan gaya aksial maksimum yang dipikul oleh kolom dari kombinasi envelope, sebagai berikut:

$$P_u = 1980,817 \text{ kNm}$$

$$M_{ux} = 127,172 \text{ kNm}$$

$$M_{uy} = 53,304 \text{ kNm}$$

Berdasarkan SNI 2847-2019 pasal 18.4.3.6, dilakukan kontrol persyaratan pada komponen pemikul lentur dan gaya aksial pada SRPMK. Cek terhadap syarat sebagai berikut:

$$P_u > \frac{A_g f_c'}{10}$$

$$1980,817 \text{ kN} > \frac{(600 \times 600)35}{10} = 1260 \text{ kN}$$

Karena $P_u > A_g f_c'/10$, jadi komponen struktur tersebut didesain sebagai komponen struktur yang memikul beban aksial dan lentur.

4.12. Perhitungan Pondasi

Kami merencanakan pondasi sumuran seperti di bawah ini :

1. Kedalaman sumuran = 3400 mm = 3,4 m
2. Panjang pondasi sumuran (Df) = 2900 mm = 2,9 m
3. Diameter luar (Bluar) = 100 cm = 1,0 m
4. Diameter dalam (Bdalam) = 650 mm = 0,65 m
5. Tebal selimut poer direncanakan = 500 mm = 0,5 m
6. Luas penampang (A) tiang 2 = $(1/4 \cdot \pi \cdot 1,0^2) = 0,785 \text{ m}^2$
7. Luas selimut tiang (As) = $(2 \cdot \pi \cdot 0,5 \cdot 2,9) = 9,106 \text{ m}^2$
8. Berat pile cap = $p \times l \times t \times b_j \text{ beton bertulang} = 2 \times 2 \times 0,5 \times 2,4 = 4,8 \text{ ton}$

4.12.1. Daya Dukung Pondasi Sumuran

1. Tinjauan dari segi daya dukung bahan

$$Q_d = \sigma_{\text{bahan}} \times A_{\text{tiang}}$$

Dimana :

σ_{bahan} = tegangan ijin bahan

A_{tiang} = luas penampang tiang pondasi sumuran

- a. Untuk dinding sumuran ($f_c' : 30 \text{ Mpa}$)

$$\begin{aligned} Q_{d1} &= (0,85 \times f_c') \times \left(\frac{1}{4} \times \pi \times D^2 \right) - \left(\frac{1}{4} \times \pi \times D_{\text{dalam}}^2 \right) \\ &= (0,85 \times 300) \times \left(\left(\frac{1}{4} \times \pi \times 100^2 \right) - \left(\frac{1}{4} \times \pi \times 65^2 \right) \right) \\ &= 1156010 \text{ kg} \\ &= 1156,01 \text{ ton} \end{aligned}$$

- b. Untuk beton cyclop ($f_c' : 18 \text{ Mpa}$)

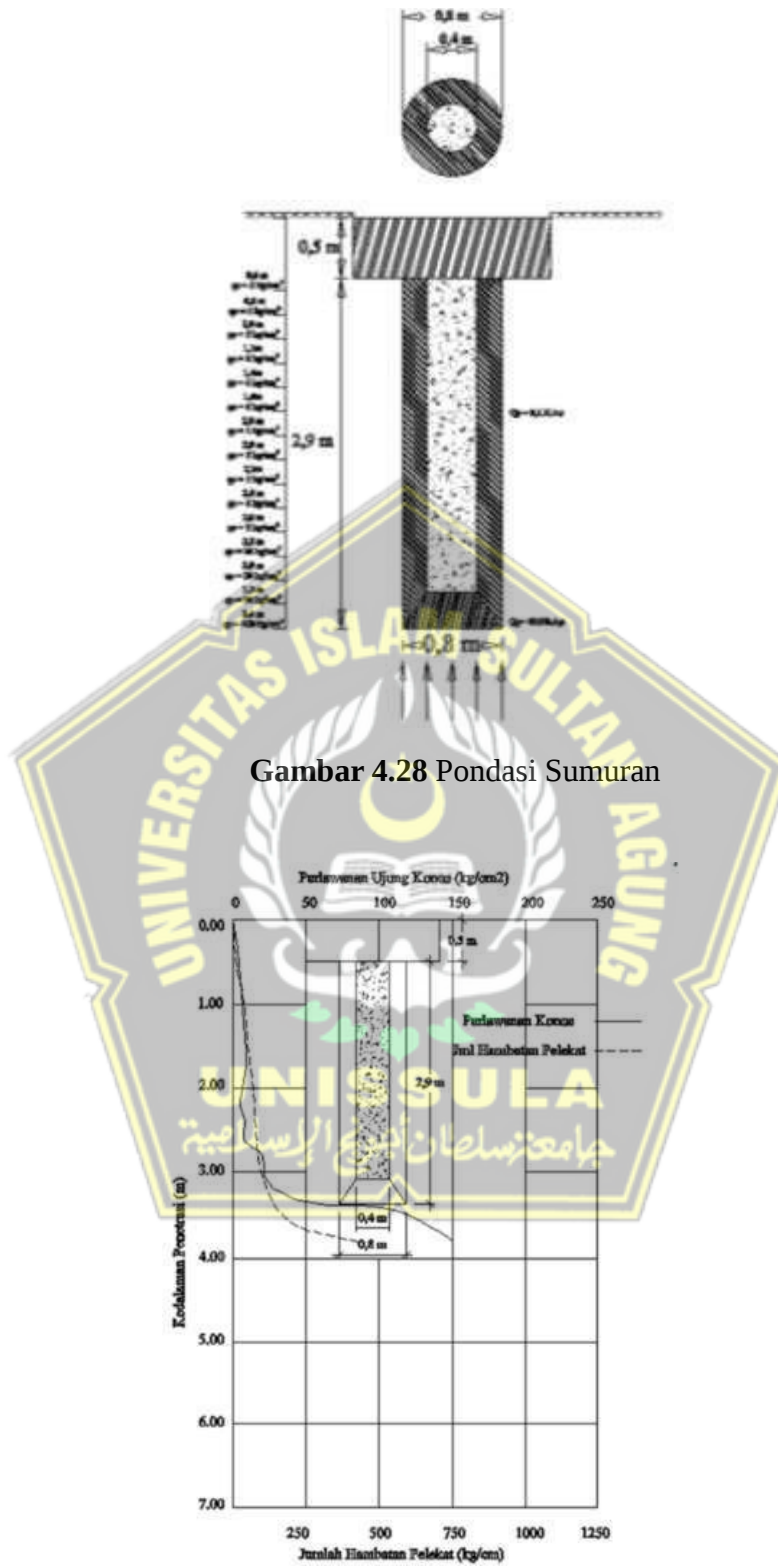
$$\begin{aligned} Q_{d2} &= (0,85 \times f_c') \times \left(\frac{1}{4} \times \pi \times D_{\text{dalam}}^2 \right) \\ &= (0,85 \times 180) \times \left(\left(\frac{1}{4} \times \pi \times 100^2 \right) - \left(\frac{1}{4} \times \pi \times 65^2 \right) \right) \\ &= 507443 \text{ kg} \\ &= 507,443 \text{ ton} \end{aligned}$$

Maka, daya dukung berdasar kekuatan bahan sebagai berikut :

$$\begin{aligned}
 Q_{d_{\text{bahan}}} &= Q_{d1} + Q_{d2} \\
 &= 1156,01 + 507,443 \\
 &= 1663,454
 \end{aligned}$$

Tabel 4.24 Nilai rata-rata N dari konversi $N = \frac{qc}{4}$ pada tiap lapisan tanah

Kedalaman (m)	Nilai qc (kg/cm ²)	Fr (%)	Harga N	Jenis Tanah
0,60	5,00	6,00	1,25	Lempung
0,80	5,00	6,00	1,25	Lempung
1,00	5,00	6,00	1,25	Lempung
1,20	8,00	5,00	2,00	Lempung
1,40	6,00	6,67	1,50	Lempung
1,60	6,00	6,67	1,50	Lempung
1,80	5,00	6,00	1,25	Lempung
2,00	5,00	6,00	1,25	Lempung
2,20	5,00	6,00	1,25	Lempung
2,40	8,00	5,00	2,00	Lempung
2,60	8,00	5,00	2,00	Lempung
2,80	20,00	2,50	5,00	Lanau berlempung
3,00	20,00	2,50	5,00	Lanau berlempung
3,20	30,00	1,67	7,50	Lanau berpasir
3,40	100,00	2,50	25,00	Pasir berlanau
3,60	125,00	2,00	31,25	Pasir berlanau



Gambar 4.28 Pondasi Sumuran

Gambar 4.29 Pondasi Sumuran

Daya dukung ultimit (combined pile)

$$Q_u = Q_p + Q_s - W_p$$

$$Q_u = (40 \times N_b \times A_p) + (0,1 \times N \times A_s) - W_p$$

Dimana:

Q_u = Kapasitas ultimate tiang (ton)

N_b = Nilai NSPT dari pada elevasi dasar tiang

A_p = Luas penampang dasar tiang (m^2)

A_s = Luas selimut tiang (m^2)

N = Nilai NSPT rata-rata sepanjang tiang

W_p = Berat pondasi (ton)

Daya dukung ijin tiang

$$Q_a = \frac{Q_u}{SF}$$

Dimana:

SF = safety factor pada bangunan pengendalian normal, yakni situasi yang paling umum, kondisi tanah bervariasi dan tidak tersedia data pengujian tiang = 2,5. (sumber : Manual pondasi tiang 3, hal 10)

a. Daya dukung ujung tiang (End Bearing Pile)

$$\begin{aligned} Q_p &= (40 \cdot N_b) \times A_p \\ &= 40 \times 25 \times 0,5024 \\ &= 502,4 \text{ ton} \end{aligned}$$

b. Daya dukung selimut tiang

$$\begin{aligned} N &= \text{Nilai } N_{SPT} \text{ rata-rata sepanjang tiang} \\ &= \frac{(1,25 \times 6) + (2 \times 3) + (1,5 \times 2) + 7,5 + 25}{15} \\ &= 3,93 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Q_s &= 0,1 \times N \times A_s \\ &= 0,1 \times 3,93 \times 7,28 \\ &= 2,861 \text{ ton} \end{aligned}$$

c. Berat sendiri pondasi sumuran

$$\begin{aligned}
 W_p &= \left(\frac{1}{4} \cdot \pi \cdot (D^2 - D_{dalam}^2)\right) \times Df \times b_{j_b.brtlg} + \left(\frac{1}{4} \cdot \pi \cdot D_{dalam}^2\right) \times Df \times b_{j_b.cyclop} \\
 &= \left(\frac{1}{4} \times 3,14 \times (0,8^2 - 0,4^2)\right) \times 2,9 \times 2,4 + \left(\frac{1}{4} \times 3,14 \times 0,4^2\right) \times 2,9 \times 2,2 \\
 &= 3,424 \text{ ton}
 \end{aligned}$$

Daya dukung ultimate tiang

$$\begin{aligned}
 Q_u &= Q_p + Q_s - W_p \\
 &= 502,4 + 2,861 - 3,424 \\
 &= 501,837 \text{ ton}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 Q_a &= \frac{Q_u}{SF} \\
 &= \frac{501,837}{2,5} \\
 &= 200,734
 \end{aligned}$$



BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil perhitungan analisa kami pada laporan tugas akhir ini dengan judul **“Redesain Gedung Radiologi dan PICU/NICU RSUD dr.Loekmono Hadi Kudus Menggunakan SNI 1726-2019”** dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

1. Pada analisis struktur ini Periode Getar Alami yang sesuai dengan persyaratan kontrol yang tercantum oleh pada pasal 7.8.2.1 SNI 1726-2019 bahwa Periode Getar Alaminya untuk arah X yaitu 1,095 detik dan untuk arah Y Periode Getar Alaminya yaitu 1,06 detik.
2. Gaya gempa rencana yang kami gunakan yaitu gaya gempa respons spektrum yang sudah dilakukan kontrol terhadap gaya gempa statik ekuivalen sesuai peraturan SNI 1726-2019. Sehingga nilai Gaya Gempa Respons Spektrum $\geq 100\%$ Statik Ekuivalen sehingga mendapatkan gaya geser terbesar, gaya gempa rencana terbesar terletak pada lantai 1 sebesar 7872,7 kN untuk arah X dan untuk arah Y, gempa rencana terbesar terletak pada lantai 1 karena sebagaidasar memikul beban gempa terbesar.
3. Pada Bangunan Radiologi dan PICU/NICU RSUD dr.Loekmono Hadi Kudus syarat simpangan izin terbesar adalah 39 mm dengan simpangan arah X terbesarnya adalah 27,942 mm dan untuk arah Y simpangan terbesarnya adalah 37,198 mm.
4. Pada analisis stabilitas koefisien (θ) pengecekan efek P- Δ pada masing masing lantai tidak adanya koefisien pengecekan efek P- Δ yang melebihi izin maksimum (θ izin) sebesar 0,1, dimana untuk stabilitas koefisien (θ) terbesar arah X adalah 0,091 dan untuk stabilitas koefisien (θ) terbesar arah Y adalah 0,091 sehingga kondisi Bangunan Radiologi dan PICU/NICU RSUD dr.Loekmono Hadi Kudus ini stabil

5.2 Saran

Berdasarkan hasil perhitungan kami pada laporan tugas akhir ini, terdapat beberapa saran yang dapat dijadikan pertimbangan di masa depan jika ada penelitian lebih lanjut mengenai Pushover Analysis, diantara saran – saran tersebut adalah:

1. Menggunakan metode evaluasi kinerja struktur lainnya seperti ATC – 40 untuk dapat menjadikan perbandingan keefektifan metode dan kinerja rencananya.
2. Menggunakan metode analisis gaya gempa selain respon spektrum yaitu timehistory sehingga bisa menjadi perbandingan hasil antara keduanya.
3. Memperbanyak sumber literatur dari berbagai sumber luar maupun dalam negeri dan selalu update aturan –aturan dan syarat – syarat tentang bangunan tahangempa yang sangat cepat berubah.



DAFTAR PUSTAKA

- Aziz,Achmad. ST.,2019. *“Perencanaan Struktur Beton Bertulang Berdasarkan SNI 1726 2019 Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Bangunan Gedung dan Non Gedung*. Jakarta : Badan Standarisasi Nasional
- Aziz,Achmad. ST.,2019. *“Perencanaan Struktur Beton Bertulang Berdasarkan SNI 2847 2019 Persyaratan Beton Struktural untuk Bangunan Gedung*. Jakarta : Badan Standarisasi Nasional
- Marzuki, D. dan Adi, D. W. 2019. *Redesign Gedung Kuliah Bersama Politeknik Negeri Semarang*. Tugas Akhir Teknik Sipil: Universitas Islam Sultan Agung.
- Purwono, Rahmat. 2005. *Perencanaan Struktur Beton Bertulang Tahan Gempa* Surabaya: ITS Press
- Syahidah, F. 2017. *Studi Perbandingan Desain Struktur Menggunakan Sistem Rangka Gedung dengan Sistem Ganda sesuai Sni 1726:2019 dan SNI 2847:2019*. Tugas Akhir Teknik Sipil: Institut Teknologi Sepuluh November
- Setiawan Agus, 2016. *Perancangan Struktur Beton Bertulang (Berdasarkan SNI 2847:2019*. Erlangga.Jakarta,Indonesia