



**REDESAIN PERENCANAAN STRUKTUR GEDUNG
LABORATORIUM BENGKEL POLITEKNIK PERKAPALAN
NEGERI SURABAYA (PPNS) MENGGUNAKAN SISTEM
RANGKA PEMIKUL MOMEN KHUSUS (SRPMK)**

SKRIPSI

Oleh

ABDI ANDIKA PARAMAARTHA

NIM 121910301020

PROGRAM STUDI STRATA 1 TEKNIK

JURUSAN TEKNIK SIPIL

FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS JEMBER

2018



**REDESAIN PERENCANAAN STRUKTUR GEDUNG
LABORATORIUM BENGKEL POLITEKNIK PERKAPALAN
NEGERI SURABAYA (PPNS) MENGGUNAKAN SISTEM
RANGKA PEMIKUL MOMEN KHUSUS (SRPMK)**

SKRIPSI

Diajukan guna melengkapi penelitian dan memenuhi salah satu syarat untuk menyelesaikan Program Studi Teknik Sipil (S1) dan mencapai gelar Sarjana Teknik

Oleh

ABDI ANDIKA PARAMAARTHA

NIM 121910301020

PROGRAM STUDI STRATA 1 TEKNIK

JURUSAN TEKNIK SIPIL

FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS JEMBER

2018

PERSEMBAHAN

Segala puji syukur hanya kepadaMu ya Allah SWT atas segala rahmat dan hidayah yang Engkau berikan sehingga saya bisa menjalani kehidupan dengan kebahagiaan dan menyelesaikan Penelitian ini. Akhirnya dengan menyebut nama Allah Yang Maha Pengasih dan Penyayang dengan kerendahan hatiku persembahkan sebuah karya sederhana ini sebagai wujud terima kasih, bakti, dan cintaku pada:

1. Kedua orang tuaku. Ibunda Siti Zubaidah dan Ayahanda Sunaryo yang telah mendoakan, memberikan kasih sayang dan dukungan serta pengorbanan yang teramat besar yang tak mungkin bisa dibalas dengan apapun;
2. Keluargaku yang telah memberikan semangat, doa, dan dukungan;
3. Pendidik-pendidikku sejak sekolah dasar sampai dengan perguruan tinggi;
4. Keluarga besar PPM Syafi`ur Rohman dan keluarga besar Kelompok Kampung Kebon Kaliwates yang telah membantu dan memberikan semangat;
5. Perempuan penyemangatku, yang telah memberiku semangat dan motivasi yang selama ini telah hilang untuk menyelesaikan studi di Fakultas Teknik Universitas Jember;
6. Teman-teman Teknik Sipil 2012, 2013 dan 2014 yang telah menemani dan memberikan dorongan;
7. Almamater tercinta Fakultas Teknik Universitas Jember.

MOTTO

Jadikanlah sabar dan sholat sebagai penolongmu. Dan sesungguhnya yang demikian itu sangat berat, kecuali bagi orang-orang yang khusyu.

(Terjemahan Surat Al-Baqarah : 45)

Pendidikan merupakan perlengkapan paling baik untuk hari tua.

(Aristoteles)

Orang-orang yang sukses telah belajar membuat diri mereka mengerjakan hal yang harus dikerjakan ketika hal itu memang harus dikerjakan, entah mereka menyukai atau tidak.

(Aldus Hulex)

PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Abdi Andika Paramaartha

NIM : 121910301020

menyatakan dengan sesungguhnya bahwa penelitian yang berjudul “Redesain Perencanaan Struktur Gedung Laboratorium Bengkel Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya (PPNS) Menggunakan Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus (SRPMK)” adalah benar-benar hasil karya sendiri, kecuali kutipan yang sudah saya sebutkan sumbernya, belum pernah diajukan pada institusi mana pun, dan bukan karya jiplakan. Saya bertanggung jawab atas keabsahan dan kebenaran isinya sesuai dengan sikap ilmiah yang harus dijunjung tinggi.

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

Jember, 17 Oktober 2018

Yang Menyatakan,

Abdi Andika Paramaartha

NIM 121910301020

SKRIPSI

**REDESAIN PERENCANAAN STRUKTUR GEDUNG LABORATORIUM
BENGKEL POLITEKNIK PERKAPALAN NEGERI SURABAYA (PPNS)
MENGUNAKAN SISTEM RANGKA PEMIKUL MOMEN KHUSUS
(SRPMK)**

Oleh

Abdi Andika Paramaatha

NIM 121910301020

Pembimbing

Dosen Pembimbing Utama : Dr. Yeny Dhokhikah., S.T., M.T.

Dosen Pembimbing Anggota : Dwi Nurtanto., S.T., M.T.

PENGESAHAN

Skripsi berjudul “Redesain Perencanaan Struktur Gedung Laboratorium Bengkel Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya (PPNS) Menggunakan Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus (SRPMK)” karya Abdi Andika Paramaatha telah diuji dan disahkan pada:

Hari, tanggal : Rabu, 17 Oktober 2018

Tempat : Fakultas Teknik Universitas Jember

Tim Pembimbing:

Pembimbing Utama,

Pembimbing Anggota,

Dr. Yeny Dhokhikah, S.T., M.T.
NIP. 197301271999032002

Dwi Nurtanto, S.T., M.T.
NIP. 197310151998021001

Tim Penguji:

Penguji I,

Penguji II,

Dr. Dewi Junita K., S.T., M.T.
NIP.197106101999032001

Winda Tri Wahyuningtyas, S.T., M.T.
NRP. 760016772

Mengesahkan,

Dekan Fakultas Teknik Universitas Jember,

Dr. Ir. Entin Hidayah, M.U.M
NIP. 19661215199503 2 001

RINGKASAN

Redesain Perencanaan Struktur Gedung Laboratorium Bengkel Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya (PPNS) Menggunakan Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus (SRPMK); Abdi Andika Paramaatha, 121910301020: 2018, 175 halaman; Program Studi Strata Satu (S1); Jurusan Teknik Sipil; Fakultas Teknik; Universitas Jember.

Redesain Perancangan Struktur Pgedung Laboratorium Bengkel PPNS 8 Lantai ini bertujuan untuk: (1) Menghitung perencanaan struktur bangunan tinggi yang dibangun menggunakan SRPMK. (2) Mengetahui dimensi elemen struktur yang dibutuhkan bangunan tinggi yang dibangun menggunakan SRPMK. (3) Memperoleh hasil perencanaan dan perhitungan dalam bentuk gambar teknik.

Dalam penelitian ini direncanakan struktur gedung menggunakan SRPMK sesuai dengan Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Struktur Gedung dan Non Gedung (SNI 1726-2012), Persyaratan Beton Struktural Untuk Bangunan Gedung (SNI 2847-2013) dan Beban Minimum Untuk Perancangan Bangunan Gedung dan Struktur Lain (SNI 1727-2013). Dimana bangunan model SRPMK akan menggunakan *Strong Column and Weak Beam* (kolom kuat dan balok lemah). Struktur yang akan direncanakan adalah gedung 8 lantai dan letak geografis berdasarkan desain seismik yaitu Kategori Desain Seismik PPNS Kota Surabaya adalah Kategori D.

Berdasarkan hasil perencanaan struktur gedung 8 lantai di PPNS Kota Surabaya Menggunakan SRPMK ini didapatkan 13 macam tipe pelat dengan ketebalan 120 mm. Didapat tangga dengan tebal pelat tangga dan pelat bordes dengan ketebalan 150 mm. Didapat balok dengan 9 macam tipe yaitu 350 mm x 700 mm (B1 dan BIK), 250 mm x 500 mm (B2, B3, BK dan B3T), 200 mm x 400 mm (B4), 150 mm x 500 mm (BL), dan 500 mm x 700 mm (BIT). Didapat kolom dengan 13 macam tipe yaitu 700 mm x 700 mm (PD, K1 dan K2), 500 mm x 800 mm (PD tepi, K1 tepi, dan K2 tepi), 600 mm x 600 mm (K3 dan K4), 500 mm x 700 mm (, K3 tepi, dan K4 tepi), 500 mm x 500 mm (K5), dan 400 mm x 500 mm (K5 tepi, dan K6 tepi). Digunakan pondasi tiang pancang (*spun pile*) dengan 1

macam tipe ukuran tiang yaitu diameter 60 cm dan 4 macam tipe ukuran *pile cap* yaitu P1 (180 x 540 x 80 cm), P2 (360 x 360 x 80 cm), P3 (360 x 540 x 80 cm) dan P4 (360 x 720 x 80 cm). Terakhir didapat sloof (*tie beam*) dengan tipe ukuran sloof yaitu 350 mm x 700 mm.



SUMMARY

Structure Re-design Workshop Laboratory Building of Shipbuilding State Polytechnic Surabaya (PPNS) By Using Special Moment Resisting Frame (SMRF); Abdi Andika Paramaatha, 121910301020: 2018, 175 pages; Program Study Strata One (S1); Department of Civil Engineering; Faculty of Engineering; University of Jember.

The structure re-design 8th floor of PPNS workshop laboratory is to: (1) Calculate high rise building Structure design of PPNS workshop laboratory by using SMRF . (2) Knowing the dimensions of structural elements needed of high rise building Structure design of PPNS workshop laboratory by using SMRF (3) Pouring the results of planning and calculation in the form of engineering drawings.

In this final project will design the building using SMRF in accordance with Procedures for Earthquake Resistance Planning for Building and Non Building (SNI 1726-2012), Structural Concrete Requirements for Building and non building (SNI 2847-2013), Minimum Expenses for Building Design and Other Structures (SNI 1727 -2013). Where the model building of the SMRF will use Strong Columns and Weak Beams. The structure that will be planned is the 8 floor high rise building and the location of the seismic design based on the Seismic Design Category of PPNS Surabaya city is Category D.

Based on the results of structure design 8th floor Of PPNS workshop laboratory in Surabaya was obtained 13 kinds of plate types with a thickness of 120 mm. Obtain a ladder with a thick ladder plate and landing plate with a thickness of 150 mm. Obtained beams with 9 types sizes , that is 350 mm x 700 mm (B1 dan BIK), 250 mm x 500 mm (B2, B3, BK dan B3T), 200 mm x 400 mm (B4), 150 mm x 500 mm (BL), dan 500 mm x 700 mm (BIT). Obtained columns with 13 kinds of type, that is 700 mm x 700 mm (PD, K1 dan K2), 500 mm x 800 mm (PD tepi, K1 tepi, dan K2 tepi), 600 mm x 600 mm (K3 dan K4), 500 mm x 700 mm (, K3 tepi, dan K4 tepi), 500 mm x 500 mm (K5), dan 400 mm x 500 mm (K5 tepi, dan K6 tepi). This building foundation use spun pile with 1 kind type size and pile cap with

4 kinds type, the spun pile's diameter is 60 cm. and 4 kinds of pile cap that is P1 (180 x 540 x 80 cm), P2 (360 x 360 x 80 cm), P3 (360 x 540 x 80 cm) and P4 (360 x 720 x 80 cm). The last obtain tie beam with size 350 mm x 700 mm.



KATA PENGANTAR

Puji syukur kehadirat Allah SWT atas berkat, rahmat dan hidayah-Nya, penulis dapat menyelesaikan penelitian ini yang berjudul “Redesain Perencanaan Struktur Gedung Laboratorium Bengkel Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya (PPNS) Menggunakan Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus (SRPMK)”.

Penelitian ini disusun untuk memenuhi salah satu persyaratan dalam menyelesaikan Program Studi Strata Satu (S1) Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Jember.

Dalam kesempatan ini penulis tak lupa mengucapkan terima kasih kepada:

1. Dr. Ir. Entin Hidayah, M.U.M selaku Dekan Fakultas Teknik.
2. Ir. Hernu Suyoso, M.T selaku Ketua Jurusan Teknik Sipil Universitas Jember.
3. Dr. Anik Ratnaningsih, S.T., M.T selaku Ketua Program Studi S1 Teknik Sipil Universitas Jember.
4. Dr. Yeny Dhokhikah, S.T., M.T selaku dosen pembimbing I.
5. Dwi Nurtanto, S.T., M.T. selaku dosen pembimbing II.
6. Dr. Dewi Junita K., S.T., M.T selaku dosen penguji I.
7. Winda Tri Wahyuningtyas, S.T., M.T selaku dosen penguji II.
8. Rekan-rekan mahasiswa Teknik Sipil Universitas Jember yang telah membantu dan memberi dukungannya dalam proses penyusunan Penelitian ini.

Penulis menyadari bahwa Penelitian ini masih jauh dari sempurna. Oleh karena itu penulis mengharapkan kritik dan saran yang bersifat membangun demi penyempurnaan Penelitian. Semoga Penelitian ini dapat bermanfaat.

Jember, 17 Oktober 2018

Penyusun

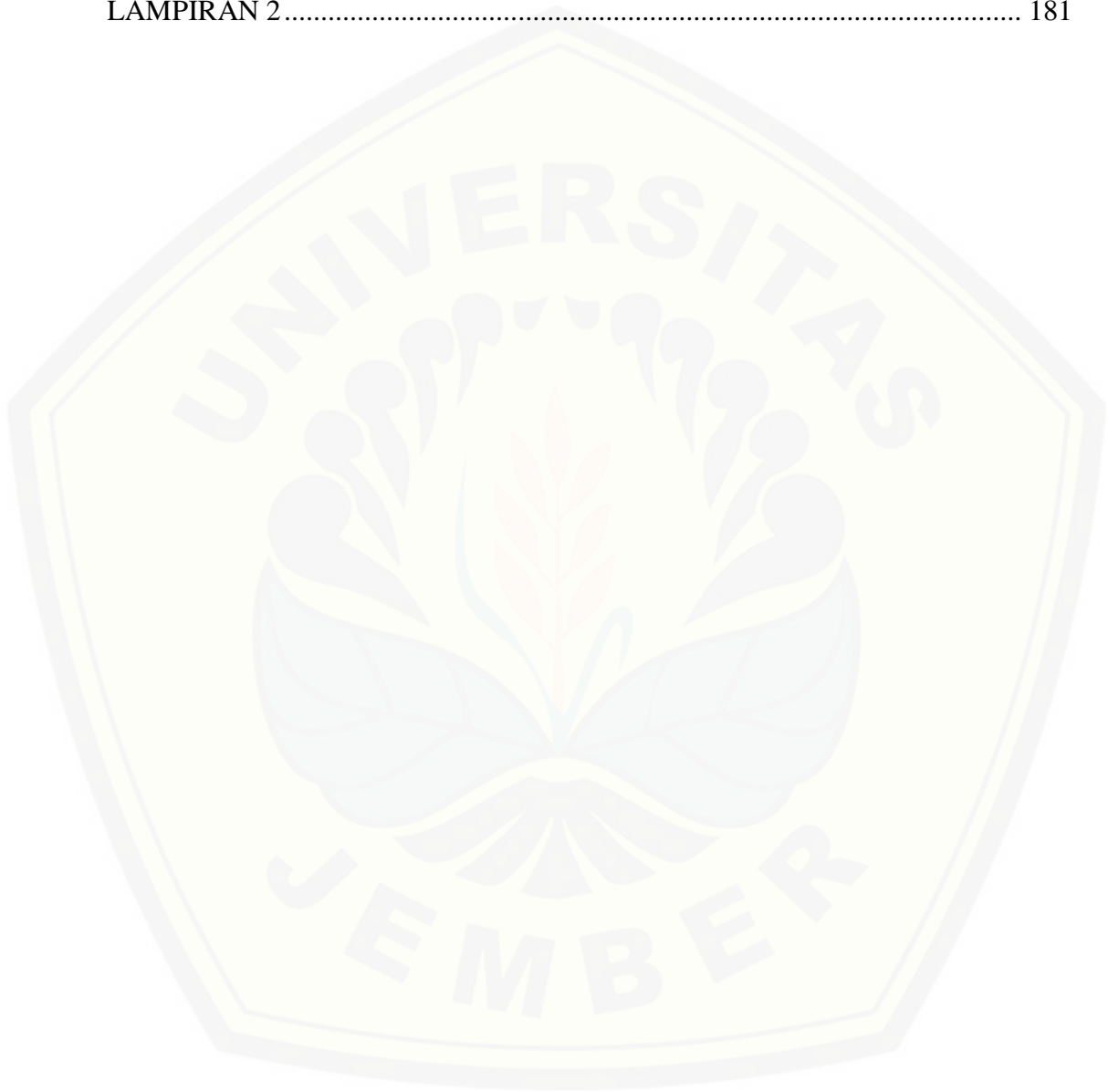
DAFTAR ISI

PERSEMBAHAN	I
MOTTO.....	II
PERNYATAAN.....	III
PENGESAHAN	V
RINGKASAN	VI
SUMMARY	VIII
KATA PENGANTAR	X
DAFTAR ISI.....	XI
DAFTAR GAMBAR	XV
DAFTAR TABEL.....	XVII
BAB 1 PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Tujuan.....	2
1.4 Batasan Masalah.....	2
1.5 Manfaat.....	3
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA.....	4
2.1 Tinjauan Umum.....	4
2.2 Syarat Desain.....	5
2.2.1. Kekuatan	5
2.2.2. Kekakuan.....	5
2.2.3. Stabilitas.....	6
2.2.4. Daktilitas	6
2.3 Tinjauan Sistem Struktur dengan SNI 03-1726-2012.....	7
2.4 Sistem Struktur Rangka Pemikul Momen	8
2.5 Struktur Beton Bertulang.....	9
2.6 Pembebanan.....	9
2.6.1 Beban Mati (qd)	10
2.6.2 Beban Hidup (ql).....	11

2.6.3	Beban Angin (W)	12
2.6.4	Beban Gempa (Q)	12
2.7	Melakukan kontrol batas simpangan	20
2.8	Provisi Keamanan.....	21
2.9	Kekuatan Geser	22
2.10	Ketentuan - Ketentuan untuk SRPMK	23
2.10.1	Komponen Stuktur Balok.....	23
2.10.2	Komponen Stuktur Kolom	23
BAB 3	METODOLOGI PENELITIAN	25
3.1	Lokasi Kajian.....	25
3.2	Waktu Kajian.....	25
3.3	Metodologi	25
3.4	Skema Perencanaan	26
BAB 4	HASIL DAN PEMBAHASAN	28
4.1	<i>Preliminary Design</i>	28
4.1.1	Perencanaan Dimensi Balok	28
4.1.2	Perencanaan Dimensi Kolom.....	30
4.1.3	Perencanaan Dimensi Sloof	32
4.2	Perencanaan Pembebanan	34
4.3	Perencanaan Pelat Lantai.....	35
4.3.1	Perencanaan Dimensi Tebal Pelat.....	35
4.3.2	Perencanaan Pelat Lantai Dasar	38
4.3.3	Perencanaan Pelat Lantai 2-7	44
4.3.4	Perencanaan Pelat Lantai Atap.....	51
4.4	Perencanaan Tangga.....	57
4.4.1	Perencanaan Tangga dan Bordes	57
4.4.2	Perencanaan Balok Bordes.....	67
4.5	Pemodelan Struktur	71
4.5.1	Perencanaan Pembebanan Gempa.....	71
4.5.2	Data-Data Perencanaan	71
4.5.3	Perhitungan Berat Struktur.....	72
4.5.4	Analisis Beban Gempa	72

4.5.5	Periode Waktu Getar Alami Fundamental (T).....	76
4.5.6	Koefisien Respons Seismik (Cs).....	77
4.5.7	Gaya geser struktur bangunan (V).....	78
4.5.8	Perhitungan Gaya Geser Dasar (<i>Base Shear</i>).....	78
4.5.9	Skala Gempa	81
4.5.10	Kontrol Drift.....	81
4.5.11	Kontrol Partisipasi Massa	83
4.5.12	Kombinasi Pembebanan Desain Beton Bertulang	85
4.6	Perencanaan Penulangan Balok.....	86
4.6.1	Perencanaan tulangan Balok B1	86
4.6.2	Perencanaan tulangan Balok B2.....	95
4.6.3	Perencanaan tulangan Balok B3.....	105
4.6.4	Perencanaan tulangan Balok B4.....	107
4.6.5	Perencanaan tulangan Balok BK.....	110
4.6.6	Perencanaan tulangan Balok BL	112
4.6.7	Perencanaan tulangan Balok B3T	115
4.6.8	Perencanaan tulangan Balok BIK	117
4.6.9	Perencanaan tulangan Balok BIT.....	120
4.6.10	Rekapitulasi perencanaan tulangan balok gedung PPNS.....	123
4.7	Perencanaan kolom	124
4.7.1	Perencanaan Penulangan Kolom K-1.....	124
4.7.2	Perencanaan Penulangan Kolom K-1 Tepi	136
4.8	Perencanaan Sambungan	147
4.8.1	Perhitungan Sambungan Balok Kolom K-1 (Interior).....	147
4.8.2	Perhitungan Sambungan Balok Kolom K-1 (Eksterior)	151
4.9	Perencanaan Pondasi	155
4.9.1	Data Perencanaan Pondasi Pile Cap.....	156
4.9.2	Perhitungan Daya Dukung Tiang Pancang	156
4.9.3	Menentukan Jumlah Tiang Pancang	157
4.9.4	Perencanaan Penulangan Pile Cap	162
4.9.5	Kontrol Geser Pons	168
BAB 5	PENUTUP	171

5.1 Kesimpulan.....	171
5.2 Saran.....	174
DAFTAR PUSTAKA	175
LAMPIRAN 1	176
LAMPIRAN 2.....	181



DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Deformasi Elastis pada Struktur.....	6
Gambar 2.2 Deformasi Plastis (inelastic).....	7
Gambar 2.3 Peta Respon Spektra Percepatan Pendek (S _s) di Batuan Dasar (SB) Untuk Probabilitas Terlampaui 2% Dalam 50 Tahun.....	15
Gambar 2.4 Peta Respon Spektra Percepatan 1.0 Detik (S ₁) di Batuan Dasar (SB) Untuk Probabilitas Terlampaui 2% Dalam 50 Tahun.....	15
Gambar 3.1 Bagan Alir Perencanaan Struktur Beton Bertulang.....	27
Gambar 4.1 Denah Pembalokan.....	28
Gambar 4.2 Denah Rencana Balok.....	28
Gambar 4.3 Denah Rencana Kolom.....	30
Gambar 4.4 Denah Rencana Kolom.....	31
Gambar 4.5 Denah Rencana Sloof.....	32
Gambar 4.6 Denah Rencana Pelat.....	35
Gambar 4.7 Denah Potongan Pelat dan Balok.....	36
Gambar 4.8 Macam-Macam Pelat Lantai Dasar.....	38
Gambar 4.9 Tumpuan Jepit Pada Pelat A.....	39
Gambar 4.10 Tumpuan Jepit Pada Pelat B.....	40
Gambar 4.11 Macam-Macam Pelat Lantai 2-7.....	44
Gambar 4.12 Tumpuan Jepit Pada Pelat 2-7A.....	46
Gambar 4.13 Tumpuan Jepit Pada Pelat 2-7B.....	47
Gambar 4.14 Macam-Macam Pelat Lantai Atap.....	51
Gambar 4.15 Tumpuan Jepit Pada Pelat 9A.....	53
Gambar 4.16 Perencanaan Tangga.....	57
Gambar 4.17 Perencanaan Anak Tangga.....	58
Gambar 4.18 Hasil Momen Analisis Struktur Tangga (kg.m).....	60
Gambar 4.19 Hasil Momen Analisis Struktur Balok Bordes (kN.m).....	68
Gambar 4.20 Mencari Koordinat Lokasi Gedung Dari Situs <i>puskim.pu.go.id</i>	73

Gambar 4.21 Hasil Perhitungan Respons Spektrum Desain Dari Situs <i>puskim.pu.go.id</i>	73
Gambar 4.22 Hasil Perhitungan Manual Desain Respons Spektrum.....	75
Gambar 4.23 Diagram Interaksi P-M Kolom K-1	126
Gambar 4.24 Ilustrasi Kuat Momen yang Bertemu di HBK.....	127
Gambar 4.25 Output Diagram Interaksi P-M Kolom Bawah dan Atas	129
Gambar 4.26 Output Diagram Interaksi P-M Kolom Bawah dan Atas $f_s = 1,25f_y$	132
Gambar 4.27 Detail Penulangan Kolom K-1	135
Gambar 4.28 Diagram Interaksi P-M Kolom K-1	137
Gambar 4.29 Output Diagram Interaksi P-M Kolom Bawah dan Atas	140
Gambar 4.30 Output Diagram Interaksi P-M Kolom Bawah dan Atas (lanjutan)	140
Gambar 4.31 Output Diagram Interaksi P-M Kolom Bawah dan Atas $f_s = 1,25f_y$	143
Gambar 4.32 Output Diagram Interaksi P-M Kolom Bawah dan Atas $f_s = 1,25f_y$	146
Gambar 4.33 Panjang Penyaluran Balok Empat Sisi	151
Gambar 4.34 Panjang Penyaluran Balok Empat Sisi	155
Gambar 4.35 Tipe Pondasi P1, P2, P3 dan P4	162

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Beban Mati.....	10
Tabel 2.2 Beban Hidup	11
Tabel 2.3 Kategori Resiko Bangunan Gedung dan Non Gedung Untuk Beban Gempa	14
Tabel 2.4 Faktor Keutamaan Gempa	14
Tabel 2.5 Koefisien Situs, F_a	16
Tabel 2.6 Koefisien Situs, F_v	16
Tabel 2.7 Kategori Desain Seismik Berdasarkan Parameter Respons Percepatan Pada Perioda Pendek.....	18
Tabel 2.8 Kategori Desain Seismik Berdasarkan Parameter Respons Percepatan Pada Perioda 1 Detik.....	18
Tabel 2.9 Penentuan KDS	19
Tabel 2.10 Faktor R , C_d , dan Ω_0 Untuk Sistem Penahan Gaya Gempa (<i>Untuk Rangka Beton Bertulang Pemikul Momen</i>).....	20
Tabel 2.11 Simpangan Antar Lantai Ijin, $\Delta a^{a,b}$	20
Tabel 4.1 Dimensi Balok dan Kolom.....	33
Tabel 4.2 Rekapitulasi Momen Pada Pelat Lantai Dasar	41
Tabel 4.3 Rekapitulasi Momen Pada Pelat Lantai 2-7	48
Tabel 4.4 Rekapitulasi Momen Pada Pelat Lantai Atap	54
Tabel 4.5 Berat Struktur Tiap Lantai	72
Tabel 4.6 Perhitungan Data Respons Spektrum.....	75
Tabel 4.7 Nilai Parameter Periode Pendekatan C_t dan x	76
Tabel 4.8 Koefisien Untuk Batas Atas dari Periode Yang Dihitung.....	76
Tabel 4.9 Base Shear Arah Sumbu X.....	78
Tabel 4.10 Base Shear Arah Sumbu Y.....	79
Tabel 4.11 Kontrol Kinerja Batas Struktur Akibat Beban Gempa Arah Sumbu X	82

Tabel 4.12 Kontrol Kinerja Batas Struktur Akibat Beban Gempa Arah Sumbu Y	82
Tabel 4.13 Partisipasi Massa Gedung	83
Tabel 4.14 Hasil Momen (kN.m) dan Shear (kN) Untuk Balok 35/70	87
Tabel 4.15 Hasil Momen (kN.m) dan Shear (kN) Untuk Balok 25/50	96
Tabel 4.16 Rekapitulasi Tulangan Balok	123
Tabel 4.17 Rangkuman Hasil Sondir Test Sumber : PT. Testana untuk gedung PPNS	156
Tabel 4.18 Jumlah Tiang Pancang Setiap Pondasi	157
Tabel 4.19 Perhitungan Efisiensi Kelompok Tiang	159
Tabel 4.20 Perhitungan Daya Dukung Kelompok Tiang	160
Tabel 4.21 Perhitungan Beban Maksimum	161

BAB 1 PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Indonesia memiliki tingkat risiko seismik atau kategori desain seismik (KDS) yang dibedakan menjadi tiga bagian yaitu risiko seismik rendah untuk KDS A,B, dan risiko seismik menengah untuk KDS C, sedangkan risiko seismik tinggi untuk KDS D,E,F. Kategori desain seismik ditentukan oleh kategori resiko struktur yang ditinjau (I-IV) dan nilai parameter respons percepatan baik pada periode pendek (SDS) maupun periode 1 detik (SD1). Kategori desain seismik ini akan menentukan tipe struktur apa yang dapat digunakan yang nantinya berpengaruh pada nilai R (Koefisien Modifikasi Respon), faktor pembesaran defleksi (Cd) dan pendetailan dari desain struktur tersebut. Salah satu kriteria dalam merencanakan struktur gedung tinggi adalah kekuatan dan perilaku yang baik pada struktur akibat beberapa tahapan pembebanan. Salah satu tahapan pembebanan yang kritis adalah pembebanan gempa. Akibat gempa bumi yang terjadi, struktur akan berespon terhadap gaya yang bekerja padanya sesuai dengan tingkat kekakuan struktur tersebut hingga mencapai keruntuhannya.

Perencanaan dalam penelitian ini menggunakan data proyek gedung laboratorium bengkel Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya (PPNS) yang dibangun pada tahun 2016 dan terdiri atas 8 lantai. Sebagai bahan studi dan referensi dalam penyusunan penelitian ini, gedung ini yang awalnya menurut SNI 03-1726-2002 diklasifikasikan masuk zona gempa sedang dan dibangun menggunakan sistem Sistem Rangka Pemikul Momen Menengah (SRPMM) akan didesain ulang untuk didirikan di wilayah resiko gempa kuat (KDS D) menggunakan Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus (SRPMK) dalam perhitungan strukturnya. Redesain ini dilakukan karena peta gempa wilayah PPNS dengan kelas situs tanah lunak menurut SNI gempa terbaru yaitu SNI 03-1726-2012 mendapat nilai 0,668 untuk peta Ss dan 0,249 untuk peta S1. Berdasarkan nilai tersebut diperoleh nilai 0,607 untuk SDS dan 0,499 untuk SD1 sehingga menurut

Tabel 6 dan Tabel 7 pada SNI 03-1726-2012, gedung tersebut masuk klasifikasi KDS D.

Perencanaan struktur menggunakan bantuan program struktur yang mengacu berdasarkan tata cara perhitungan struktur beton untuk bangunan gedung (SNI 03-2847-2013) dan tata cara perancangan ketahanan gempa untuk bangunan gedung (SNI 03-1726-2012) serta SNI 03-1727-2013 tentang pembebanan struktur. Dalam perhitungan gaya gempa, digunakan metode *Analisis Dinamic Respon Spectra*, yaitu metode yang berdasarkan dengan parameter respon ragam yang disesuaikan dengan klasifikasi situs bangunan akan dibangun.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah diuraikan di atas, maka permasalahan dapat dirumuskan sebagai berikut.

1. Bagaimana merencanakan struktur bangunan tinggi yang dibangun menggunakan Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus (SRPMK) ?
2. Berapakah dimensi elemen struktur yang dibutuhkan bangunan tinggi yang SRPMK ?

1.3 Tujuan

Tujuan penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Menghitung perencanaan struktur bangunan tinggi yang dibangun menggunakan Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus (SRPMK).
2. Mengetahui dimensi elemen struktur yang dibutuhkan bangunan tinggi yang dibangun menggunakan SRPMK.
3. Memperoleh hasil perencanaan dan perhitungan dalam bentuk gambar teknik.

1.4 Batasan Masalah

Batasan masalah dalam penelitian ini sebagai berikut.

1. Jumlah lantai bangunan terdiri atas 8 lantai.

2. Perencanaan gedung ini meliputi perencanaan struktur utama, struktur sekunder dan struktur bawah gedung.
3. Perencanaan ini tanpa meninjau Rencana Anggaran Biaya (RAB) dan manajemen konstruksi didalam penyelesaian pekerjaan proyek.
4. Perencanaan ini tanpa meninjau metode pelaksanaan pekerjaan struktur.

1.5 Manfaat

Manfaat penelitian ini.

1. Sebagai bahan pertimbangan bagi perencana dalam mendesain ulang struktur gedung bertingkat sesuai peta zona gempa.
2. Memberikan referensi perencanaan struktur sebagai referensi perhitungan struktur gedung bertingkat khususnya di wilayah zona gempa tinggi.

BAB 2 .TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Tinjauan Umum

Sistem struktur adalah kombinasi dari berbagai elemen struktur yang disusun sedemikian rupa sehingga membentuk satu kesatuan struktur yang dapat memikul beban-beban yang direncanakan (Tumilar, 2006). Perencanaan gedung struktur beton di Indonesia harus didasarkan pada SNI 03-2847-2013 tentang Tata Cara Perhitungan Struktur Beton Untuk Gedung. Kriteria desain untuk struktur bangunan tahan gempa yang mensyaratkan bahwa bangunan harus didesain agar mampu menahan beban gempa 500 tahunan atau gempa rencana ditetapkan sebagai gempa dengan kemungkinan terlewatinya besarnya selama umur struktur bangunan 50 Th adalah sebesar 2% (SNI 1726-2012 pasal 4.1.1.). Ketentuan pendetailan menurut SNI 1726-2012 menggunakan pasal 7 tabel 9 yang disyaratkan untuk nilai koefisien modifikasi respons tertinggi R dari sistem rangka yang terhubung. sehingga pada perencanaan kali ini akan didasarkan pada aturan perencanaan tersebut.

Untuk memenuhi kriteria-kriteria dalam mendesain suatu bangunan secara umum harus memperhatikan hal-hal sebagai berikut: (Imran, 2014) Kuat menahan beban yang direncanakan; Kemampuan layan; memiliki durabilitas tinggi; Kesesuaian dengan lingkungan sekitar; Ekonomis dan mudah perawatannya.

Perencanaan bangunan harus diperhitungkan terhadap beban-beban yang bekerja baik beban luar maupun beban dari berat itu sendiri agar bangunan dapat berfungsi sesuai dengan umur rencana.

Sistem penahan gaya gempa menurut SNI 2847:2013 ialah bagian struktur yang didesain untuk menahan gaya gempa rencana yang disyaratkan oleh tata cara bangunan gedung umum yang diadopsi secara legal menggunakan ketentuan yang sesuai dan kombinasi beban. Pada bangunan tahan gempa dengan material beton terdapat beberapa sistem struktur yang dapat digunakan dengan sistem penahan gaya gempa yang berbeda-beda. Sistem struktur yang tercantum pada SNI

1726:2012 diantaranya adalah sistem dinding penumpu, sistem rangka bangunan, sistem rangka pemikul momen, sistem ganda dengan rangka pemikul momen khusus maupun menengah, sistem interaktif dinding geser-rangka, dan sistem kolom kantilever.

2.2 Syarat Desain

Ada beberapa syarat desain yang harus dipenuhi konstruksi suatu gedung, syarat-syarat dalam mendesain suatu struktur diantaranya yaitu: (Bambang, 1997)

2.2.1. Kekuatan

Struktur harus kuat terhadap gaya dan beban yang bekerja padanya seperti beban mati, beban hidup, beban angin dan beban gempa yang terdapat pada elemen plat, balok dan kolom. Cara mengeceknya sesuai dengan perilaku elemen-elemen tersebut. Contohnya kolom, mencari terlebih dahulu diagram interaksi dan menentukan dimana titik P_u , M_u maksimum pada diagram interaksi tersebut, jika titik tersebut berada diluar dan di bawah keadaan *balance* maka terjadi kegagalan tarik. Jika berada di luar sebelah atas keadaan *balance* maka terjadi kegagalan tekan. Sedangkan pada balok dan pelat, di cek dengan mengukur kemampuan balok dengan ukuran dan tulangan terpasang kemudian dibandingkan dengan momen yang terjadi. Bila momen kapasitas balok diatas momen yang terjadi di lapangan, baik itu tekan maupun tarik, maka balok dan pelat tersebut aman.

2.2.2. Kekakuan

Dalam perencanaan suatu gedung perlu diperhitungkan kekakuannya agar didapat struktur yang kaku dan tidak mudah rusak saat terjadi gempa serta aman dari faktor tekuk. Suatu struktur harus memiliki kekakuan yang cukup sehingga pergerakannya dapat dibatasi. Kekakuan struktur dapat diukur dari besarnya simpangan antar lantai (*drift*) bangunan, semakin kecil simpangan struktur maka bangunan tersebut akan semakin kaku. Kekakuan bahan dipengaruhi oleh modulus elastisitas bahan dan

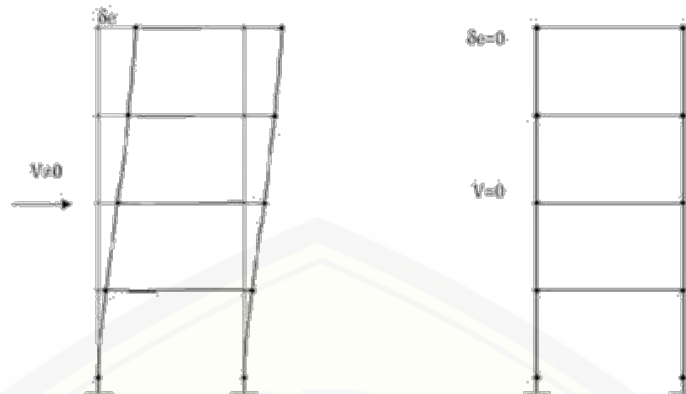
ukuran elemen tersebut. Dan modulus elastisitas berbanding lurus dengan kekuatan bahan, maka semakin kuat bahan maka bahan tersebut juga semakin kaku. Pada SNI 1726-2012 menetapkan kinerja batas ultimit suatu gedung dengan tujuan untuk membatasi kemungkinan terjadinya keruntuhan struktur yang akan membawa korban jiwa manusia.

2.2.3. Stabilitas

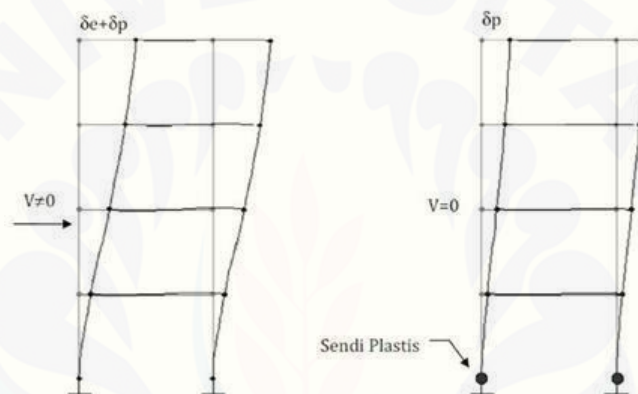
Dalam mendesain struktur perlu juga diperhatikan kestabilannya terhadap momen-momen yang bekerja padanya seperti momen guling dan momen geser. Konsep dari kestabilan adalah jika benda itu bergerak nanti dapat kembali lagi seperti semula. Elemen kolom harus stabil karena kolom merupakan struktur utama penopang gedung. Kolom dapat mengalami tekuk atau *buckling*. Keadaannya pun berbeda-beda, namun jika kolom itu dapat kembali pada keadaan semula maka kolom tersebut dikatakan stabil.

2.2.4. Daktilitas

Daktilitas, daktail atau liat adalah kemampuan struktur gedung untuk mengalami simpangan pasca elastis yang besar secara berulang kali dan bolak-balik akibat beban gempa yang menyebabkan terjadinya pelelehan pertama sambil mempertahankan kekuatan dan kekakuan yang cukup, sehingga struktur gedung masih dapat berdiri walaupun sudah diambang keruntuhan. Deformasi elastis adalah deformasi yang apabila bebannya dihilangkan, maka deformasi tersebut akan hilang, dan struktur akan kembali kepada bentuknya yang semula. Deformasi plastis (*inelastic*) adalah deformasi yang apabila bebannya dihilangkan maka deformasi tersebut tidak akan hilang. Pada kondisi yang plastis ini struktur akan mengalami deformasi yang bersifat permanen atau struktur tidak dapat kembali kepada bentuknya yang semula. Pada struktur yang daktail meskipun terjadi deformasi yang permanen tetapi struktur tidak mengalami keruntuhan.



Gambar 2.1 Deformasi Elastis Pada Struktur



Gambar 2.2 Deformasi Plastis (inelastic)

Sumber : Aplikasi SNI Gempa 1726:2012 *for dummies*

2.3 Tinjauan Sistem Struktur dengan SNI 03-1726-2012

Dasar sistem struktur utama yang tercantum dalam SNI 1726:2012 Tabel 9, sistem penahan gaya gempa lateral dan vertical dasar harus memenuhi salah satu tipe yang ditunjukkan dalam tabel tersebut. jenis struktur dibedakan menjadi 8 sistem dan subsistem, yaitu:

a. Sistem Dinding Penumpu (*Bearing Wall System*)

Sistem struktur yang tidak memiliki rangka ruang pemikul beban gravitasi secara lengkap. Dinding penumpu atau sistem bresing memikul hampir semua beban gravitasi. Beban lateral dipikul oleh dinding geser atau rangka bresing.

b. Sistem Rangka Gedung (*Building Frame System*)

Sistem struktur yang pada dasarnya memiliki ruang pemikul beban gravitasi secara lengkap. Beban lateral dipikul dinding geser atau rangka bresing.

c. Sistem Rangka Pemikul Momen (*Moment Resisting Frame System*)

Sistem rangka struktur yang pada dasarnya memiliki rangka pemikul beban gravitasi secara lengkap. Beban lateral dipikul rangka pemikul momen terutama melalui mekanisme lentur.

d. Sistem Ganda dengan rangka pemikul momen khusus yang mampu menahan paling sedikit 25 persen gaya gempa yang ditetapkan.

e. Sistem ganda dengan rangka pemikul momen menengah mampu menahan paling sedikit 25 persen gaya gempa yang ditetapkan.

f. Sistem interaktif dinding geser-rangka dengan rangka pemikul momen beton bertulang biasa dan dinding geser beton bertulang biasa.

g. Sistem kolom kantilever didetail

h. Sistem baja tidak didetail secara khusus untuk ketahanan seismik, tidak termasuk sistem kolom kantilever.

2.4 Sistem Struktur Rangka Pemikul Momen

Sistem Rangka Pemikul Momen (SRPM) adalah sistem rangka ruang dimana komponen-komponen struktur balok, kolom dan join-joinnya menahan gaya-gaya yang bekerja melalui aksi lentur, geser dan aksial. SRPM merupakan salah satu sistem struktur yang cukup efektif dalam memikul beban lateral. Sistem ini memikul beban lateral dipikul dengan cara aksi lentur pada setiap elemennya.

Sistem Rangka Pemikul momen dapat dibagi menjadi :

a. Sistem Rangka Pemikul Momen Biasa (SRPMB)

Suatu sistem rangka yang memenuhi ketentuan-ketentuan SNI Beton (SNI 2847:2013) Pasal 1-20 dan 22, serta pasal 21.1.2 dan 21.2. Sistem rangka ini pada dasarnya memiliki tingkat daktilitas terbatas dan hanya cocok digunakan untuk didaerah dengan risiko gempa yang rendah.

b. Sistem Rangka Pemikul Momen Menengah (SRPMM)

Suatu sistem rangka yang selain memenuhi ketentuan-ketentuan untuk rangka pemikul momen biasa juga memenuhi ketentuan-ketentuan detailing pasal 21.1.2 dan 21.1.8 serta 21.3 pada SNI 2847:2013. Sistem rangka ini pada dasarnya memiliki tingkat daktilitas sedang dan dapat digunakan untuk didaerah dengan risiko gempa menengah.

c. **Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus (SRPMK)**

Suatu sistem rangka yang selain memenuhi ketentuan-ketentuan untuk rangka pemikul momen biasa juga memenuhi ketentuan-ketentuan pasal 21.1.2 hingga 21.1.8, pasal 21.5 hingga 21.8, serta pasal 21.11 hingga 21.13 pada SNI 2847:2013. Sistem ini memiliki tingkat daktilitas penuh dan wajib digunakan di daerah dengan risiko gempa yang tinggi.

2.5 Struktur Beton Bertulang

Struktur beton bertulang banyak digunakan untuk struktur bangunan tingkat rendah, tingkat menengah sampai bangunan tingkat tinggi. Struktur beton bertulang merupakan struktur yang paling banyak digunakan atau dibangun orang dibandingkan dengan jenis struktur yang lainnya. Struktur beton bertulang lebih murah dan lebih monolit dibandingkan dengan struktur baja maupun struktur komposit. Karena elemen-elemen dari struktur beton bersifat monolit, maka struktur ini mempunyai perilaku yang baik dalam memikul beban gempa. Dalam perancangan struktur beton bertulang tahan gempa perlu diperhatikan adanya detail penulangan yang baik dan benar. Untuk gedung tingkat tinggi dengan struktur beton bertulang, perhitungan struktur atas meliputi tangga, pelat lantai, pembebanan portal, balok dan kolom, dan struktur bawah meliputi sloof dan pondasi.

2.6 Pembebanan

Dalam merencanakan struktur suatu bangunan bertingkat, digunakan struktur yang mampu mendukung berat sendiri, beban angin, beban hidup maupun beban khusus yang bekerja pada struktur bangunan tersebut. Beban-beban yang

bekerja pada struktur dihitung menurut PPIUG 1983 dan SNI 1727-2013 tentang beban minimum untuk perencanaan gedung dan struktur lain, beban-beban tersebut meliputi beban mati, beban hidup, beban angin dan beban gempa.

2.6.1 Beban Mati (qd)

Beban mati adalah berat dari semua bagian dari suatu gedung yang bersifat tetap, termasuk segala unsur tambahan, penyelesaian-penyelesaian, mesin-mesin serta peralatan tetap yang merupakan bagian tak terpisahkan dari gedung itu. Untuk merencanakan gedung ini, beban mati yang terdiri dari berat sendiri bahan bangunan dan komponen gedung yang disebutkan pada Tabel 2.1.

Tabel 2.1 Beban Mati

Bahan Bangunan	
Jenis Material	Berat (kg/m ³)
Beton Bertulang	2400
Pasir (jenuh air)	1800
Beton Biasa	2200
Komponen Gedung	
Jenis Komponen	Berat (kg/m ³)
Dinding pasangan batu merah setengah	250
Langit-langit dan dinding (termasuk rusuk-rusuknya, tanpa penggantung langit-langit atau pengaku), meliputi :	
- Semen asbes (eternit) dengan tebal maximum 4 mm	11
- Kaca dengan tebal 3-4 mm	10 kg/m ²
3. Penutup atap genteng dengan reng dan usuk	50
4. Penutup lantai dari tegel, keramik dan beton (tanpa adukan) per cm tebal	24
5. Adukan semen per cm tebal	21

Sumber : PPIUG 1983

2.6.2 Beban Hidup (q_l)

Beban hidup yang ditunjukkan berikut ini adalah semua beban yang terjadi akibat penghunian atau penggunaan suatu gedung, dan kedalamnya termasuk beban-beban pada lantai yang berasal dari barang-barang yang dapat berpindah, mesin-mesin serta peralatan yang tidak merupakan bagian yang tak terpisahkan dari gedung dan dapat diganti selama masa hidup dari gedung itu, sehingga mengakibatkan perubahan dalam pembebanan tersebut.

Nugroho (2009; 10) menyatakan bahwa beban hidup diperhitungkan berdasarkan pendekatan matematis dan menurut kebiasaan yang berlaku pada pelaksanaan konstruksi di Indonesia. Untuk menentukan secara pasti beban hidup yang bekerja pada suatu lantai bangunan sangatlah sulit, dikarenakan fluktuasi beban hidup bervariasi, tergantung dari banyak faktor. Oleh karena itu, faktor beban-beban hidup lebih besar dibandingkan dengan beban mati.

Beban hidup yang bekerja pada bangunan ini disesuaikan dengan rencana fungsi bangunan tersebut. Beban hidup untuk bangunan gedung ini disebutkan pada Tabel 2.2.

Tabel 2.2 Beban Hidup

Fungsi lantai	Berat (kg/m^2)
1. lantai ruang	600
Lantai atap	96
Tangga	579

Sumber : SNI 1727-2013

Berhubung peluang untuk terjadi beban hidup penuh yang membebani semua bagian dan semua unsur struktur pemikul secara serempak selama unsur gedung tersebut adalah sangat kecil, maka pada perencanaan balok induk dan portal dari sistem pemikul beban dari suatu struktur gedung, beban hidupnya dikalikan dengan suatu koefisien reduksi yang nilainya tergantung pada penggunaan gedung yang ditinjau.

2.6.3 Beban Angin (W)

Beban angin adalah semua beban yang bekerja pada gedung atau bagian gedung yang disebabkan oleh selisih dalam tekanan udara.

Langkah-langkah pembebanan angin menurut SNI 1727-2013 Pasal 26 :

- a. Menentukan kategori resiko bangunan gedung atau struktur lain (Tabel 1.4-1).
- b. Menentukan kecepatan angin dasar (V), untuk kategori resiko yang sesuai.
- c. Menentukan parameter beban angina :
 - Faktor arah angin, K_d (Pasal 26.6 dan Tabel 26.6-1)
 - Kategori eksposur (Pasal 26.7)
 - Faktor topografi, K_{zt} (Pasal 26.8 dan Tabel 26.8-1)
 - Faktor efek tiupan angin, G (Pasal 26.9)
 - Klasifikasi ketertutupan (Pasal 26.10)
 - Koefisien tekanan internal, G_{Cpi} (Pasal 26.11 dan Tabel 26.11-1)
- d. Menentukan koefisien eksposur tekanan velositas, K_z atau K_h (Tabel 27.3-1)
- e. Menentukan tekanan velositas q , atau q_h (Persamaan 27.3-1)
- f. Menentukan koefisien tekanan eksternal, C_p atau C_N .
- g. Menghitung tekanan angina (p) pada setiap permukaan bangunan gedung (Persamaan 27.4-1 untuk bangunan gedung kaku).

2.6.4 Beban Gempa (Q)

Persyaratan struktur bangunan tahan gempa adalah kemungkinan terjadinya risiko kerusakan pada bangunan merupakan hal yang dapat diterima, tetapi keruntuhan total (*collapse*) dari struktur yang dapat mengakibatkan terjadinya korban yang banyak harus dihindari. Beban gempa merupakan beban yang timbul akibat pergerakan tanah dimana struktur tersebut berdiri. Beban gempa pada perenanaan ini didesain dengan metode beban gempa dinamik.

Metode perencanaan struktur yang di gunakan adalah Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus (SRPMK), acuan yang digunakan sebagai

dasar dalam memilih sistem tersebut adalah zona gempa di daerah tempat dibangunnya gedung.

Berdasarkan pedoman gempa yang berlaku di Indonesia yaitu Tata Cara Perancangan Gempa untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non Gedung (SNI 1726-2012) dan Aplikasi SNI Gempa 1726:2012, besarnya beban gempa horisontal (V) yang bekerja pada struktur bangunan, ditentukan menurut persamaan :

$$\begin{aligned} V &= C_s \cdot W \\ &= \frac{S_a \cdot I_e \cdot W}{R} \end{aligned}$$

Dengan :

S_a = Spektrum respon percepatan desain (g);

I_e = Faktor keutamaan gempa;

R = Koefisien modifikasi respons;

W = Kombinasi dari beban mati dan beban hidup yang direduksi (kN).

1. Menentukan Kategori Resiko Struktur Bangunan dan Faktor Keutamaan

Kategori resiko bangunan gedung dan non gedung dapat diketahui dalam Tabel 2.3 yaitu gedung laboratorium PPNS ini termasuk kategori resiko 4, sedangkan faktor keutamaan yang digunakan sebagai pengali pengaruh gempa dapat dilihat pada Tabel 2.4

Tabel 2.3 Kategori Resiko Bangunan Gedung dan Non Gedung Untuk Beban Gempa

Jenis Pemanfaatan	Kategori Resiko
Gedung dan non gedung yang ditunjukkan sebagai fasilitas yang penting, termasuk, tetapi tidak dibatasi untuk: <ul style="list-style-type: none"> - Bangunan-bangunan monumental - Gedung sekolah dan fasilitas pendidikan - 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 	IV
Gedung dan non gedung yang dibutuhkan untuk mempertahankan fungsi struktur bangunan lain yang masuk ke dalam kategori risiko	IV

Sumber: SNI 03-1726-2012

Tabel 2.4 Faktor Keutamaan Gempa

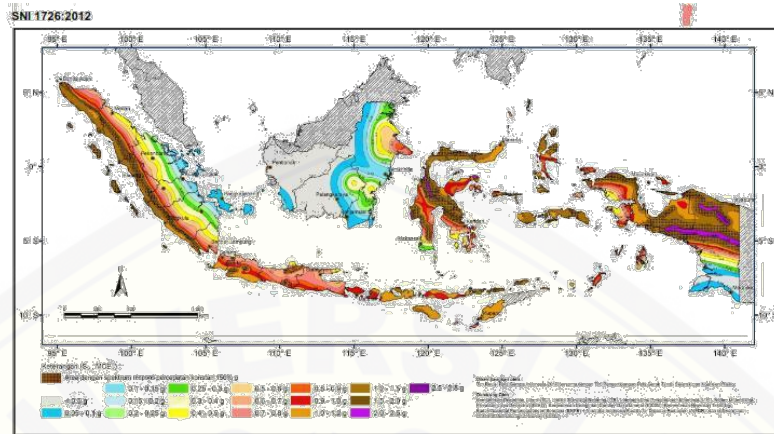
Kategori Resiko	Faktor Keutamaan Gempa, I_e
I atau II	1,0
III	1,25
IV	1,50

Sumber: SNI 03-1726-2012

2. Penentuan Parameter Percepatan Gempa (S_s dan S_1)

Dalam perencanaan pembangunan gedung parameter parameter dasar pergerakan tanah dalam SNI Gempa adalah S_s dan S_1 . Penggunaan penting kedua parameter ini adalah dalam menentukan parameter

percepatan spektral desain SDS dan SD1. Informasi parameter S_s dan S_1 didapatkan dari Peta gempa SNI 1726-2012.



amplifikasi terkait percepatan yang mewakili getaranperiode 1 detik (F_v). Parameter spektrum respons percepatan pada periode pendek (S_{MS}) dan periode 1 detik (S_{M1}) yang disesuaikan dengan pengaruh klasifikasi situs, harus ditentukan dengan perumusan berikut ini :

$$S_{MS} = F_a \cdot S_s \dots\dots\dots(2.1)$$

$$S_{M1} = F_v \cdot S_1 \dots\dots\dots(2.2)$$

Dimana :

S_s = Parameter respons spektral percepatan gempa MCE_R terpetakan untuk periode pendek

S_1 = Parameter respons spektral percepatan gempa MCE_R terpetakan untuk 1,0 detik

Sedangkan koefisien situs F_a dan F_v bisa dilihat pada Tabel 2.5 dan Tabel 2.6.

Tabel 2.5 Koefisien Situs, F_a

Kelas Situs	Parameter respons spektral percepatan gempa (MCER) terpetakan pada periode pendek, T=0,2 detik SS				
	SS ≤ 0,25	SS = 0,5	SS =	SS = 1,0	SS ≥
SA	0,8	0,8	0,75	0,8	1,25
SB	1,0	1,0	0,8	1,0	0,8
SC	1,2	1,2	1,0	1,0	1,0
SD	1,6	1,4	1,1	1,1	1,0
SE	2,5	1,7	1,2	0,9	1,0
SF			1,2		0,9
			SS ^b		

Sumber: SNI 03-1726-2012

Tabel 2.6 Koefisien Situs, F_v

Kelas Situs	Parameter respons spektral percepatan gempa (MCER) terpetakan pada periode pendek, T=0,2 detik SS				
	SS ≤ 0,10	SS = 0,20	SS = 0,30	SS = 0,4	SS ≥
SA	0,8	0,8	0,8	0,8	0,50
SB	1,0	1,0	1,0	1,0	0,8
SC	1,7	1,6	1,5	1,4	1,0
SD	2,4	2,0	1,8	1,6	1,3
SE	3,5	3,2	2,8	2,4	1,5
SF			SS ^b		2,4

Sumber: SNI 03-1726-2012

4. Parameter percepatan spektral desain

Parameter percepatan spektral desain untuk periode, S_{DS} dan pada periode 1 detik, S_{D1} , ditentukan melalui rumus :

$$S_{DS} = 2/3 S_{MS} \dots \dots \dots (2.3)$$

$$S_{D1} = 2/3 S_{M1} \dots \dots \dots (2.4)$$

5. Menentukan spectrum respons desain

Spektrum respons percepatan desain, S_a pada periode yang lebih kecil dari T_0 :

$$S_a = S_{DS} (0,4 + 0,6 \frac{T}{T_0}) \dots \dots \dots (2.5)$$

Untuk periode lebih besar dari atau sama dengan T_0 dan lebih kecil dari atau sama dengan T_s , spektrum respons percepatan desain, S_a , sama dengan S_{DS} .

Untuk periode lebih besar dari T_s , spektrum respons percepatan desain, S_a , diambil berdasarkan persamaan :

$$S_a = S_{D1} / T \dots \dots \dots (2.6)$$

Dimana :

S_{DS} = parameter respons spektral percepatan desain pada periode pendek

S_{D1} = parameter respons spektral percepatan desain pada periode 1 detik

T = Periode getar fundamental struktur

$$T_0 = 0,2 S_{D1} / S_{DS} \dots \dots \dots (2.7)$$

$$T_s = S_{D1} / S_{DS} \dots \dots \dots (2.8)$$

6. Menentukan kategori desain seismic (A-D)

Struktur dengan kategori risiko I, II, atau III yang berlokasi di mana parameter respons spektral percepatan terpetakan pada periode 1 detik, S_1 , lebih besar dari atau sama dengan 0,75 harus ditetapkan

sebagai struktur dengan kategori desain seismik E. Struktur yang berkategori risiko IV yang berlokasi di mana parameter respons spektral percepatan terpetakan pada perioda 1 detik, $S1$, lebih besar dari atau sama dengan 0,75 harus ditetapkan sebagai struktur dengan kategori desain seismik F (Aplikasi SNI Gempa 1726-2012). Tabel 2.7 merupakan tabel penentuan kategori desain seismik berdasarkan parameter respons percepatan pada periode pendek sedangkan Tabel 2.8 untuk menentukan desain seismik berdasarkan parameter respons percepatan pada perioda 1 detik.

Tabel 2.7 Kategori Desain Seismik Berdasarkan Parameter Respons Percepatan Pada Perioda Pendek

Nilai SDS	Kategori Risiko	
	I atau II atau III	IV
$S_{DS} < 0,167$	A	A
$0,167 \leq S_{DS} < 0,33$	B	C
$0,33 \leq S_{DS} < 0,50$	C	D
$0,50 \leq S_{DS}$	D	D

Tabel 2.8 Kategori Desain Seismik Berdasarkan Parameter Respons Percepatan Pada Perioda 1 Detik

Nilai SD1	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 03-1726-2012

7. Penentuan Kategori Desain Seismik (KDS)

Informasi respon spektrum didapatkan dari 2 cara, yakni melalui website *puskim.pu.go.id* dan data tanah perencanaan. Berdasarkan kedua

cara tersebut akan didapatkan data respons spektra percepatan pada periode pendek (SDS) dan periode 1 detik (SD1). Hal ini akan menentukan Kategori Desain Seismik (KDS) berdasarkan Tabel 6 dan 7 sesuai SNI 1726-2012. Kecuali untuk nilai S_1 lebih kecil dari 0,75 maka penentuan KDS hanya berdasarkan Tabel 2.9.

Berikut merupakan penentuan jenis struktur pada beton bertulang yang dapat digunakan berdasarkan nilai KDS.

Tabel 2.9 Penentuan KDS

Kategori Disain Seismik	Jenis Struktur yang Dapat Digunakan
KDS A dan B	Sistem Rangka Pemikul Momen
	- SRPMB
	- SRPMM
	- SRPMK
	Sistem Dinding Struktural
	- SDSB
KDS C	- SDSK
	Sistem Rangka Pemikul Momen
	- SRPMM
	- SRPMK
	Sistem Dinding Struktural
	- SDSB
KDS D, E, dan F	- SDSK
	Sistem Rangka Pemikul Momen
	- SRPMK
	Sistem Dinding Struktural
- SDSK	

8. Pemilihan sistem struktur dan parameter sistem (R , C_d , Ω_0)

Pembagian setiap tipe berdasarkan pada elemen vertikal yang digunakan untuk menahan gaya gempa lateral dan sistem struktur yang digunakan berdasarkan Tabel 2.10. Koefisien modifikasi respons yang sesuai, R , faktor kuat lebih sistem, Ω_0 dan koefisien amplifikasi defleksi C_d , sebagaimana ditunjukkan dalam Tabel 2.10 harus digunakan dalam penentuan geser dasar, gaya desain elemen, dan simpangan antar lantai tingkat desain.

Tabel 2.10 Faktor R , C_d , dan Ω_0 Untuk Sistem Penahan Gaya Gempa
(Untuk Rangka Beton Bertulang Pemikul Momen)

Sistem penahan-gaya seismik	Koefisien modifikasi respons, R	Faktor kuat lebih sistem, Ω_0	Faktor Pembesaran defleksi, C_d^b	Batasan sistem struktur dan batasan Tinggi struktur $h_s(m)^c$				
				Kategori desain seismik				
				B	C	D ^d	E ^d	F ^e
C. Sistem rangka pemikul momen								
(C.5). Rangka beton bertulang pemikul momen khusus	8	3	5 $\frac{1}{4}$	TB	TB	TB	TB	TB
(C.6). Rangka Beton bertulang pemikul momen menengah	5	3	4 $\frac{1}{4}$	TB	TB	TI	TI	TI
(C.7). Rangka beton bertulang pemikul momen biasa	3	3	2 $\frac{1}{4}$	TB	TI	TI	TI	TI

SNI-03-1726-2012

2.7 Melakukan kontrol batas simpangan

Dari hasil pemodelan yang dilakukan, didapatkan simpangan antar lantai sebesar defleksi yang akan dibandingkan dengan batas simpangan yang telah ditentukan oleh Tabel 2.11 berikut.

Tabel 2.11 Simpangan Antar Lantai Ijin, $\Delta_a^{a,b}$

Struktur	Kategori Resiko		
	I atau II	III	IV
Struktur, selain dari struktur dinding geser batu bata, 4 tingkat atau kurang dengan dinding interior, partisi, langit-langit didesain untuk mengakomodasi simpangan antar lantai tingkat.	0,025 h_{sx}^c	0,020 h_{sx}	0,015 h_{sx}

Struktur	Kategori Resiko		
	I atau II	III	IV
Struktur dinding geser			
kantilever batu bata	0,010 h_{sx}	0,010 h_{sx}	0,010 h_{sx}
Struktur dinding geser batu			
bata lainnya	0,007 h_{sx}	0,007 h_{sx}	0,007 h_{sx}
Semua struktur lainnya	0,020 h_{sx}	0,015 h_{sx}	0,010 h_{sx}

Sumber : SNI-1726-2012, pasal 7.12.1

2.8 Provisi Keamanan

Dalam pedoman SNI 03-2847-2013, struktur harus direncanakan untuk memiliki cadangan kekuatan untuk memikul beban yang lebih tinggi dari beban normal. Kapasitas cadangan ini mencakup faktor pembebanan (U), yaitu untuk memperhitungkan pelampauan beban dan faktor reduksi (ϕ), yaitu untuk memperhitungkan kurangnya mutu bahan di lapangan. Pelampauan beban dapat terjadi akibat perubahan dari penggunaan untuk apa struktur direncanakan dan penafsiran yang kurang tepat dalam memperhitungkan pembebanan. Sedang kekurangan kekuatan dapat diakibatkan oleh variasi yang merugikan dari kekuatan bahan, pengerjaan, dimensi, pengendalian dan tingkat pengawasan.

a. $U = 1,4 D$

b. $U = 1,2 D + 1,6 L$

c. $U = 1,2 D + 1W + 1L$

d. $U = 1,2 D + 1L + 1 Qx$

e. $U = 1,2 D + 1 L + 1 Qy$

f. $U = 0,9 D + 1 W$

$$g. U = 0,9 D + 1 Q_x$$

$$h. U = 0,9 D + 1 Q_y$$

Sumber : SNI-2847-2013

Keterangan :

D = Beban mati

L = Beban hidup

W = Beban angin

Q = Beban gempa

Q_x = Beban gempa arah x (100% arah x + 30% arah y)

Q_y = Beban gempa arah y (100% arah y + 30% arah x)

2.9 Kekuatan Geser

Suatu desain penampang yang dikenai geser harus didasarkan pada rumus berikut : (SNI 2847-2013, Pasal 11)

$$\phi V_n \geq V_u \quad (2.8) \dots\dots\dots (2.9)$$

dimana V_u adalah gaya geser terfaktor pada penampang yang ditinjau dan V_n adalah kekuatan geser nominal yang dihitung dengan :

$$V_n = V_c + V_s \quad (2.9) \dots\dots\dots (2.10)$$

dimana V_c adalah kekuatan geser nominal.

Bila V_u melebihi ϕV_c , maka tulangan geser harus disediakan untuk memenuhi Pers. (2.8) dan (2.9), dimana tulangan geser tegak lurus terhadap sumbu komponen struktur maka V_s harus dihitung sebagai berikut: (SNI 2847-2013, Pasal 11.4.7)

$$V_s = \frac{A_v \cdot F_{yt} \cdot d}{s} \dots\dots\dots (2.11)$$

Dimana, A_v adalah luas tulangan geser yang berada dalam spasi s .

2.10 Ketentuan - Ketentuan untuk SRPMK

2.10.1 Komponen Stuktur Balok

Berdasarkan SNI 2847-2013, Pasal 21.5, Komponen struktur rangka momen khusus yang membentuk bagian sistem penahan gaya gempa dan diproporsikan terutama untuk menahan lentur harus memenuhi ketentuan-ketentuan dibawah ini:

- a. Gaya tekan aksial terfaktor pada komponen struktur, P_u , tidak boleh melebihi $A_g f_c / 10$.
- b. Bentang bersih untuk komponen struktur, l_n , tidak boleh kurang dari empat kali tinggi efektifnya.
- c. Lebar komponen, b_w , tidak boleh kurang dari yang lebih kecil dari $0,3h$ dan 250 mm.

2.10.2 Komponen Stuktur Kolom

Berdasarkan SNI 2847-2013, Pasal 21.6, ukuran penampang terkecil, diukur pada garis lurus yang melalui titik pusat geometris penampang, tidak kurang dari 300 mm dengan perbandingan antara ukuran terkecil penampang terhadap ukuran dalam arah tegak lurus nya tidak kurang dari 0,4.

Syarat Kekuatan lentur minimum kolom :

- a. Kuat lentur kolom yang dirancang untuk menerima beban aksial tekan terfaktor melebihi $A_g f_c / 10$
- b. Kekuatan lentur kolom harus memenuhi persamaan 2.12
- c. Arah gaya geser V_e tergantung pada besarnya relatif beban gravitasi dan geser dihasilkan oleh momen – momen ujung.
- d. Momen – momen ujung M_{pr} berdasarkan pada tegangan tarik baja sebesar $1.25f_y$ adalah kekuatan leleh yang ditetapkan. (kedua momen ujung harus ditinjau dalam kedua arah, searah jarum jam dan berlawanan jarum jam).
- e. Momen ujung M_{pr} balok – balok yang merangka kedalam joint balok – kolom. V_e tidak boleh kurang dari yang disyaratkan oleh analisis struktur.

Kuat lentur kolom harus memnuhi :

$$\sum M_{nc} \geq (1,2) \sum M_{nb} \dots \dots \dots (2.12)$$

$\sum M_{nc}$ adalah jumlah kekuatan lentur nominal kolom yang merangka ke dalam joint, yang dievaluasi di muka-muka joint. Kekuatan lentur kolom harus dihitung untuk gaya-gaya aksial terfaktor, konsisten dengan arah gaya-gaya lateral yang ditinjau, yang menghasilkan kekuatan lentur terendah.

$\sum M_{nb}$ adalah jumlah kekuatan lentur nominal balok yang merangka ke dalam joint, yang dievaluasi di muka-muka joint. Pada konstruksi balok-T, dimana slab dalam kondisi tarik akibat momen-momen dimuka joint, tulangan slab dalam lebar slab efektif diasumsikan menyumbang kepada M_{nb} jika tulangan slab disalurkan pada penampang kritis untuk lentur.

Jika persamaan tersebut tidak dipenuhi maka kolom pada hubungan balokkolom tersebut harus direncanakan dengan memberikan tulangan transversal yang dipasang disepanjang tinggi kolom.

BAB 3 . METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Lokasi Kajian

Lokasi kajian dalam penelitian ini adalah bangunan gedung laboratorium bengkel PPNS yang bertempat di kota Surabaya, tepatnya berada di area Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya (PPNS).

3.2 Waktu Kajian

Pelaksanaan pembuatan penelitian ini dimulai dari bulan November 2017.

3.3 Metodologi

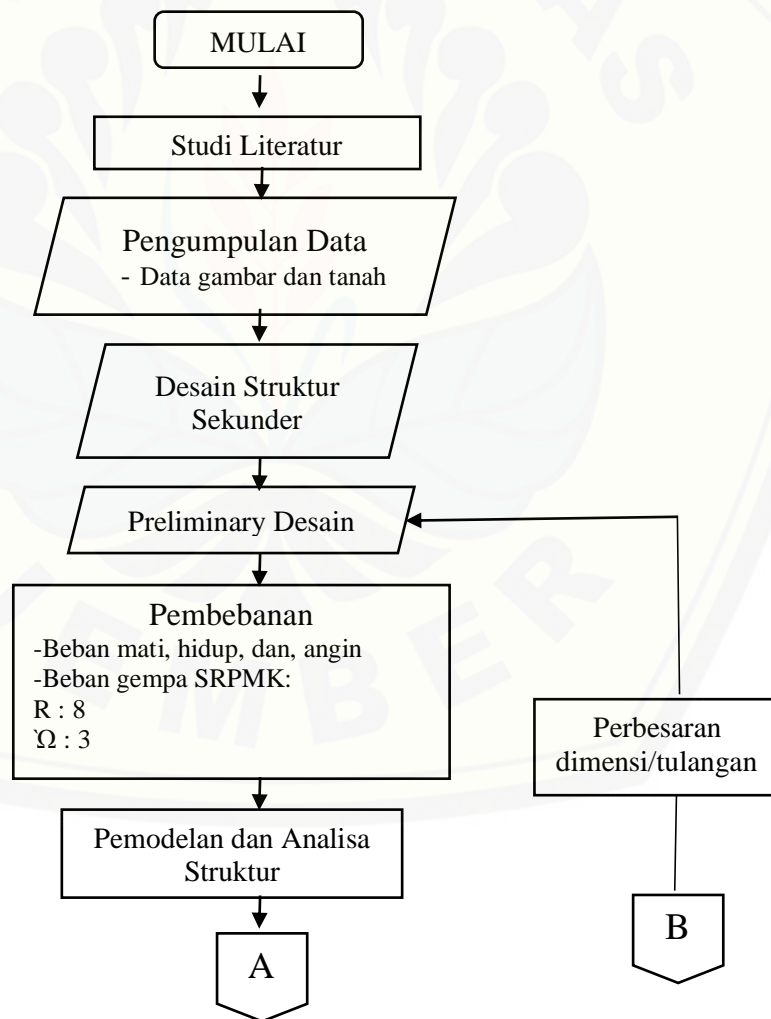
Metodologi pembahasan dalam penelitian ini, yaitu :

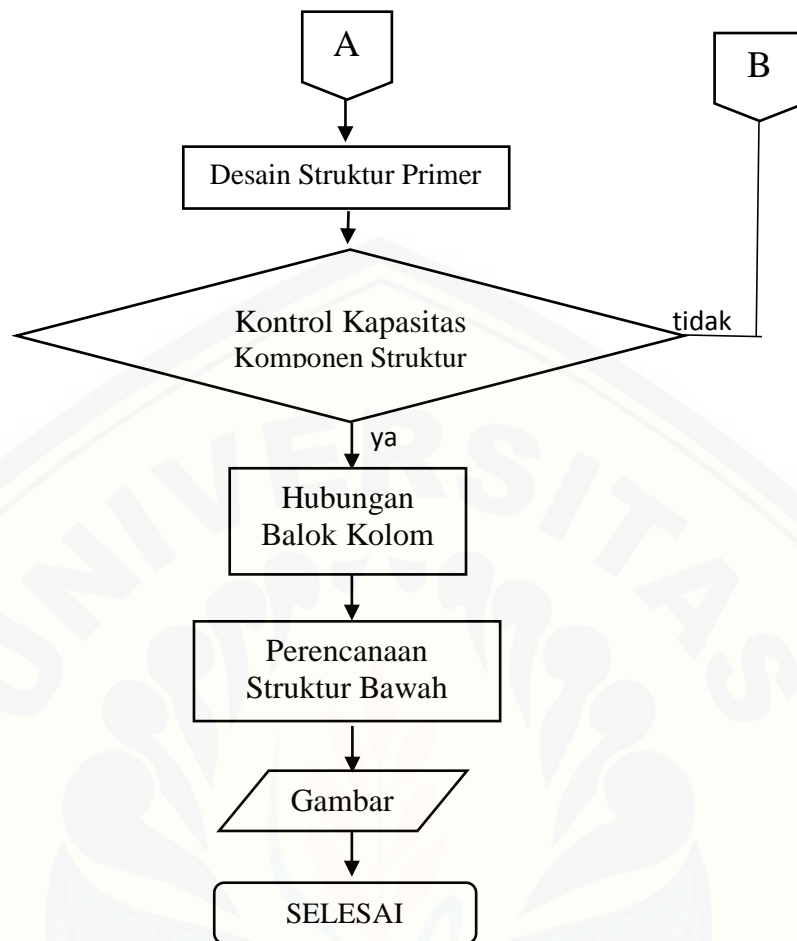
1. Pengumpulan data dilakukan dengan metode studi pustaka atau studi literatur dengan mengumpulkan informasi, data-data, dan keterangan dari buku-buku, standar peraturan atau pedoman perencanaan yang relevan.
2. Sebagai tahapan awal (*preliminary design*), penentuan dimensi elemen-elemen struktur seperti pelat, balok dan kolom dilakukan dengan cara coba-coba (*trial eror*).
3. Selanjutnya dilakukan perhitungan beban-beban struktur, termasuk beban gempa. Beban gempa dihitung dengan menggunakan analisis beban dinamik respon spektra berdasarkan SNI-1726-2013.
4. Setelah dilakukan perhitungan beban struktur, termasuk beban gempa, untuk mempercepat dan lebih akurat perhitungan analisa struktur, dilakukan dengan bantuan program bantuan struktur dimana analisa dilakukan secara tiga dimensi sesuai dengan data struktur pada pada *preliminary design* yang telah dibuat dan pembebanan yang telah dihitung.
5. Apabila sudah didapat nilai momen dan gaya geser ultimit yang terjadi, selanjutnya, dilakukan analisa kembali terhadap penampang atau profil yang dipilih sebelumnya. Jika memenuhi syarat, maka perencanaan dianggap selesai, dan jika tida maka harus kembali lagi ke *preliminary design*.

6. Dilakukan perhitungan dan pengecekan tulangan struktur atas berupa balok dan kolom yang didapat dari analisis struktur pada program komputer.
7. Dilakukan perhitungan dan perencanaan hubungan balok kolom struktur.
8. Dilakukan perhitungan dan perencanaan struktur bawah berupa pondasi.
9. Dilakukan gambar hasil studi perencanaan menggunakan program gambar struktur.

3.4 Skema Perencanaan

Urutan pelaksanaan penelitian disajikan dalam skema bagan alir sebagai berikut :





Gambar 3.1 Bagan Alir Perencanaan Struktur Beton Bertulang

sengkan $\Phi 10-90$ dan tulangan torsi 2- $\Phi 10$.

- Lapangan digunakan tulangan atas 2-D22, tulangan bawah 4-D22 dan sengan $\Phi 10-100$ dan tulangan torsi 2- $\Phi 10$.

c. 250 mm x 500 mm (B3)

- Tumpuan digunakan tulangan atas 4-D19, tulangan bawah 2-D19 dan sengkang $\Phi 10-90$ dan tulangan torsi 2- $\Phi 10$.

- Lapangan digunakan tulangan atas 2-D19, tulangan bawah 4-D19 dan sengan $\Phi 10-90$ dan tulangan torsi 2- $\Phi 10$.

d. 200 mm x 400 mm (B4)

- Tumpuan digunakan tulangan atas 4-D16, tulangan bawah 3-D16 dan sengkang $\Phi 8-200$ dan tulangan torsi 2- $\Phi 10$.

- Lapangan digunakan tulangan atas 2-D16, tulangan bawah 4-D16 dan sengan $\Phi 8-200$ dan tulangan torsi 2- $\Phi 10$.

e. 250 mm x 500 mm (BK)

- Tumpuan sama dengan lapangan yaitu digunakan tulangan atas 4-D16, tulangan bawah 2-D16 dan sengkang $\Phi 8-150$ dan tulangan torsi 2- $\Phi 10$.

f. 150 mm x 300 mm (BL)

- Tumpuan digunakan tulangan atas 4-D16, tulangan bawah 2-D16 dan sengkang $\Phi 10-100$ dan tulangan torsi 2- $\Phi 10$.

- Lapangan digunakan tulangan atas 2-D16, tulangan bawah 3-D16 dan sengan $\Phi 10-100$ dan tulangan torsi 2- $\Phi 10$.

g. 250 mm x 500 mm (B3T)

- Tumpuan digunakan tulangan atas 4-D16, tulangan bawah 2-D16 dan sengkang $\Phi 10-200$ dan tulangan torsi 2- $\Phi 10$.

- Lapangan digunakan tulangan atas 2-D16, tulangan bawah 4-D16 dan sengan $\Phi 10-200$ dan tulangan torsi 2- $\Phi 10$.

h. 350 mm x 700 mm (BIK)

- Tumpuan sama dengan lapangan yaitu digunakan tulangan atas 6-D22, tulangan bawah 3-D22 dan sengkang $\Phi 10-150$ dan tulangan torsi 2- $\Phi 12$.

- i. 500 mm x 700 mm (BIT)
 - Tumpuan digunakan tulangan atas 5-D22, tulangan bawah 2-D22 dan sengkang Φ 10-200 dan tulangan torsi 4- Φ 12.
 - Lapangan digunakan tulangan atas 3-D22, tulangan bawah 6-D22 dan sengkang Φ 10-200 dan tulangan torsi 4- Φ 12.
4. Didapatkan kolom semua lantai dengan 13 macam tipe ukuran yaitu:
 - a. 700 mm x 700 mm (kolom PD dan K1) dan 500 mm x 800 mm (kolom PD tepi dan K1.tepi) digunakan tulangan 20-D22, tulangan hoop sepanjang lo 4D12-100 dan tulangan hoop diluar lo 4D12-130 yang digunakan pada lantai dasar dan lantai 1.
 - b. 700 mm x 700 mm (kolom K2) dan 500 mm x 800 mm (kolom K2 .tepi) digunakan tulangan 16-D22, tulangan hoop sepanjang lo 2D12-100 dan tulangan hoop diluar lo 2D12-130 yang digunakan pada lantai 2.
 - c. 600 mm x 600 mm (kolom K3 dan K4) dan 500 mm x 700 mm (kolom K3 tepi dan K4 .tepi) digunakan tulangan 16-D22, tulangan hoop sepanjang lo 2D10-100 dan tulangan hoop diluar lo 2D10-130 yang digunakan pada lantai 3,4,5,dan 6.
 - d. 500 mm x 500 mm (kolom K5) dan 500 mm x 400 mm (kolom K5 tepi) digunakan tulangan 16-D22, tulangan hoop sepanjang lo 2D10-100 dan tulangan hoop diluar lo 2D10-130 yang digunakan pada lantai 7.
 - e. 500 mm x 400 mm (kolom K6 tepi digunakan tulangan 16-D22, tulangan hoop sepanjang lo 2D10-100 dan tulangan hoop diluar lo 2D10-130 yang digunakan pada lantai 8.
5. Digunakan pondasi tiang pancang dengan 1 macam tipe ukuran tiang dan 4 macam tipe pile cap.

tipe ukuran tiang pancang yaitu:

 - a. tiang pancang Diameter 600 mm .

6. Digunakan pondasi tiang pancang dengan 4 macam tipe ukuran pile cap yaitu:

- a. Pile cap 1800 mm x 5400 mm x 800 mm (P1) dengan 3 tiang pancang
- b. Pile cap 3600 mm x 3600 mm x 800 mm (P2) dengan 4 tiang pancang
- c. Pile cap 3600 mm x 5400 mm x 800 mm (P3) dengan 6 tiang pancang
- d. Pile cap 3600 mm x 7200 mm x 800 mm (P4) dengan 8 tiang pancang

5.2 Saran

Adapun saran yang dapat diberikan penulis dan penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Dalam merencanakan struktur gedung dengan menggunakan Sistem Rangka Pemikul Momen terutama SRPMK, dan dalam input program bantu struktur (ETABS) hendaknya harus benar – benar dipahami dengan baik oleh perencana agar struktur yang telah direncanakan memenuhi kriteria yang telah disyaratkan.
2. Untuk desain struktur gedung di wilayah kegempaan tinggi, sangat perlu memperhatikan dimensi struktur yang akan digunakan serta sambungan tulangan agar struktur kuat menahan goyangan ketika gempa tinggi terjadi.

DAFTAR PUSTAKA

- Badan Standardisasi Nasional. 2012. SNI 1726-2012 *Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non Gedung*. Bandung: ICS.
- Badan Standardisasi Nasional. 2013. SNI 1727-2013 *Beban Minimum Untuk Perencanaan Gedung dan Struktur Lain*. Jakarta: ICS.
- Badan Standardisasi Nasional. 2013. SNI 2847-2013 *Persyaratan Beton Struktural Untuk Bangunan Gedung*. Jakarta: ICS.
- Departemen Pekerjaan Umum. 1983. *Peraturan Pembebanan Indonesia Untuk Gedung (PPIUG) 1983*. Bandung: Yayasan Lembaga Penyelidikan Masalah Bangunan.
- Moehle, J. P., Hooper, J. D., and Lubke, C. D. (2008). *Seismic Design Of Reinforced Concrete: Special Moment Frame*. NEHRP Technical Brief no. 1. NIST GCR 8-917-1.
- Purwono, R. 1986. *Perencanaan Struktur Beton Bertulang Tahan Gempa*. Edisi ke 4. Surabaya: ITS Press.
- Subagja, K. P., 2017. *Perencanaan Struktur Gedung Kolat Armabar Jakarta Utara Sepuluh Lantai dengan Konsep Dual Sistem*. Skripsi. Jember: Fakultas Teknik Universitas Negeri Jember.