

TESIS

ANALISIS MATERIAL DAN SISTEM STRUKTUR BANGUNAN GEDUNG TAHAN GEMPA DENGAN PENAMBAHAN DILATASI

Disusun dalam Rangka Memenuhi Salah Satu Persyaratan Guna Mencapai
Gelar Magister Teknik (MT)



Disusun Oleh :

Nama : Heru Chandra Dewanto
NIM : 20202300120

PROGRAM MAGISTER TEKNIK SIPIL
UNIVERSITAS ISLAM SULTAN AGUNG SEMARANG
2025

LEMBAR PERSETUJUAN TESIS

**ANALISIS MATERIAL DAN SISTEM STRUKTUR BANGUNAN
GEDUNG TAHAN GEMPA DENGAN PENAMBAHAN DILATASI**

Disusun oleh :

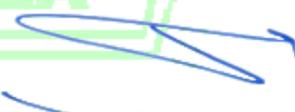
**HERU CHANDRA DEWANTO
NIM : 20202300120**

Telah diperiksa dan disetujui oleh :

Tanggal, 24 Januari 2025
Pembimbing I,

Tanggal, 24 Januari 2025
Pembimbing II,


Prof. Dr. Ir. Antonius, MT
NIK. 210202033


Dr. Ir. H. Sumirin, MS
NIK. 220288009

LEMBAR PENGESAHAN TESIS

**ANALISIS MATERIAL DAN SISTEM STRUKTUR BANGUNAN
GEDUNG TAHAN GEMPA DENGAN PENAMBAHAN DILATASI**

Disusun oleh :

**HERU CHANDRA DEWANTO
NIM : 20202300120**

Dipertahankan di Depan Tim Penguji Tanggal :
(24 Januari 2025)

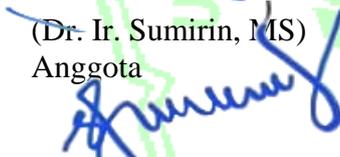
Tim Penguji :

1. Ketua



(Dr. Ir. Sumirin, MS)

2. Anggota



(Prof. Dr. Ir. Imam Wahyudi, DEA)

3. Anggota



(Dr. Ir. Kartono Wibowo, MM, MT)

Tesis ini diterima sebagai salah satu persyaratan untuk
memperoleh gelar Magister Teknik (MT)
Semarang, 24 Januari 2025

Mengetahui,
Ketua Program Studi




Prof. Dr. Ir. Antonius, MT
NIK. 210202033

Mengesahkan,
Dekan Fakultas Teknik




Dr. Abdul Rochim, ST, MT
NIK. 210200031

SURAT PERNYATAAN KEASLIAN

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : HERU CHANDRA DEWANTO
NIM : 20202300120

Dengan ini saya nyatakan bahwa Tesis yang berjudul:

ANALISIS MATERIAL DAN SISTEM STRUKTUR BANGUNAN GEDUNG TAHAN GEMPA DENGAN PENAMBAHAN DILATASI

Adalah benar hasil karya Saya dan dengan penuh kesadaran bahwa Saya tidak melakukan tindakan plagiasi atau mengambil alih seluruh atau sebagian besar karya tulis orang lain tanpa menyebutkan sumbernya. Jika Saya terbukti melakukan tindakan plagiasi, Saya bersedia menerima sanksi sesuai dengan aturan yang berlaku.

Semarang, 24 Januari 2025



HERU CHANDRA DEWANTO

ABSTRAK

Kota Semarang bagian utara didominasi oleh Endapan Alluvial berumur Kuarter dan di Bagian Selatan berupa tinggian didominasi oleh Batuan Vulkanik dan tampak beberapa Struktur Patahan. Dengan jenis tanah tersebut akan memberikan efek amplifikasi (penguatan) gelombang yang cukup besar. Dengan mempertimbangkan pentingnya bangunan gedung yang tahan terhadap gempa terutama di Kota Semarang, maka Peneliti melakukan analisis penggunaan Material dan Sistem Struktur Bangunan Gedung Tahan Gempa dengan Penambahan Dilatasi.

Obyek Penelitian Tesis berupa Dokumen Perencanaan dan Pelaksanaan pada Pekerjaan Rehabilitasi Gedung Kantor DPU Bina Marga dan Cipta Karya Provinsi Jawa Tengah yang terletak di Jl. Madukoro Blok AA-BB Kota Semarang melalui Anggaran Belanja Pendapatan Daerah (APBD) pada Tahun Anggaran 2022, berpedoman pada SNI 1726:2019 tentang Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non-Gedung. Metode Penelitian Deskriptif Kualitatif dengan Analisis Material dan Sistem Struktur Bangunan Gedung Tahan Gempa yang disajikan dalam bentuk Tabel Evaluasi Penggunaan Material dan Sistem Struktur, Pembobotan Kriteria Pemenuhan dan Penjelasan Deskriptif sebagai kesimpulan hasil evaluasi. Dalam analisis menggunakan Variabel Aspek Lokasi, Aspek Material/Bahan, Aspek Arsitektur, Aspek Struktur dan mendefinisikan pembobotan masing-masing variabel. Kriteria yang ditentukan dalam pembobotan yaitu Memenuhi (Bobot 95%-100%), Kurang Memenuhi (Bobot 80%-94%), Tidak Memenuhi (Bobot <79%).

Tujuan dari Penelitian Tesis ini antara lain mengetahui kesesuaian perancangan, aspek-aspek kesesuaian perancangan, faktor-faktor yang mendukung terhadap penguatan struktur bangunan gedung tahan gempa. Bahwa hasil dari Analisis Material dan Sistem Struktur Bangunan Gedung Tahan Gempa di Pekerjaan Rehabilitasi Gedung Kantor DPU Bina Marga dan Cipta Karya Provinsi Jawa Tengah mengacu pada SNI 1726:2019 didapatkan telah Memenuhi Persyaratan Teknis Bangunan Gedung Tahan Gempa (dengan Bobot 96%). Sehingga ke depannya untuk pembangunan Bangunan Gedung Negara bisa memenuhi Persyaratan Teknis tersebut terkait perencanaan dan pelaksanaan ketahanan terhadap Gempa Bumi.

Kata kunci : *tahan gempa, bangunan gedung negara, analisis material dan sistem struktur*

ABSTRACT

The northern part of Semarang City is dominated by Quaternary age alluvial deposits and in the southern part the highlands are dominated by volcanic rocks and several fault structures are visible. This type of soil will provide a fairly large wave amplification effect. By considering the importance of buildings that are earthquake resistant, especially in the city of Semarang, researchers conducted an analysis of the use of materials and structural systems for earthquake resistant buildings with additions in dilatation.

The object of the thesis research is planning and implementation documents for the Rehabilitation work of the DPU Bina Marga and Cipta Karya Office Building, Central Java Province, located on Jl. Madukoro Block AA-BB Semarang City through the Regional Revenue and Expenditure Budget (APBD) in the 2022 Fiscal Year, guided by SNI 1726:2019 concerning Procedures for Earthquake Resistance Planning for Building and Non-building Structures. Qualitative descriptive research method with analysis of materials and structural systems of earthquake-resistant buildings presented in the form of an evaluation table for the use of materials and structural systems, weighting of criteria for fulfillment and descriptive explanation as a conclusion of the evaluation results. In the analysis, the variables use location aspects, material aspects, architectural aspects, structural aspects and define the weighting of each variable. The criteria determined in the weighting, namely fulfill (Weight 95%-100%), less meet (Weight 80%-94%), do not meet (Weight <79%).

The objectives of this thesis research include determining the suitability of design, aspects of design suitability, factors that support the strengthening of earthquake-resistant building structures. That the results of the analysis of materials and structural systems for earthquake-resistant buildings in the Rehabilitation work for DPU Bina Marga and Cipta Karya Office Buildings in Central Java Province referring to SNI 1726:2019 were found to have met the technical requirements for earthquake-resistant buildings (with a weight of 96%). So that in the future the construction of state buildings can meet these technical requirements related to planning and implementing Earthquake resistance.

Key-words: earthquake resistance, state buildings, material analysis and structural systems

KATA PENGANTAR

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

Assalamualaikum wa Rahmatullah wa Barakatuh.

Pertama-tama Penulis panjatkan puji syukur kehadiran Allah SWT atas segala rahmat dan karunia-Nya sehingga Tesis yang merupakan salah satu syarat untuk memperoleh Gelar Kesarjanaan Magister Teknik pada Program Studi Magister Teknik Sipil, Program Pascasarjana Universitas Islam Sultan Agung Semarang dapat terselesaikan.

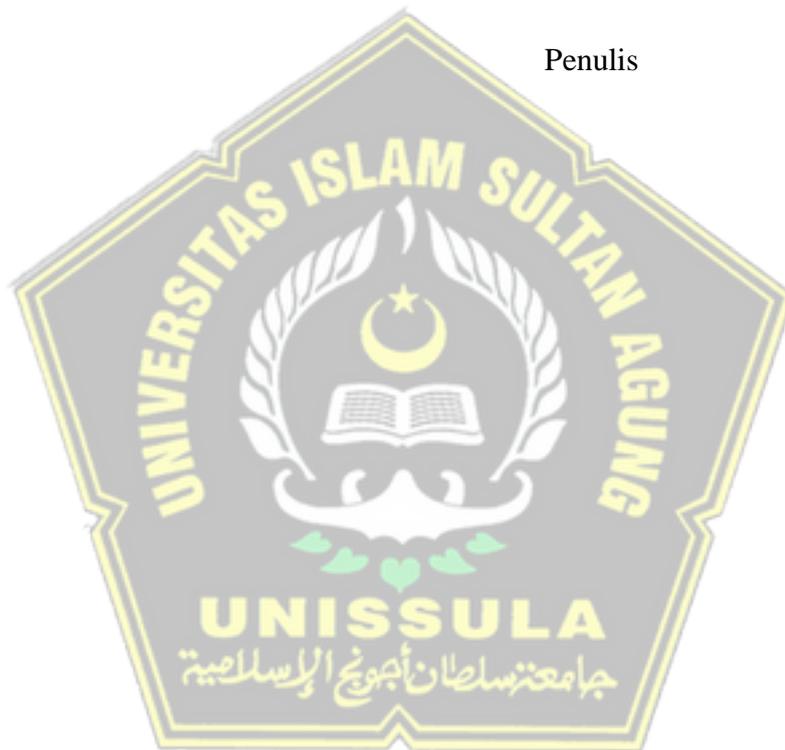
Selama penyusunan Tesis ini Penulis telah mendapat bantuan, bimbingan, dukungan serta pengarahan dari berbagai Pihak. Pada kesempatan ini perkenankanlah Penulis untuk menyampaikan rasa terima kasih sebesar-besarnya kepada :

1. Orang tua yang telah membesarkan kami, mendukung dan mendoakan kami selama ini.
2. Bapak **Prof. Dr. Ir. Antonius, MT** selaku Ketua Program Studi Magister Teknik Sipil Program Pascasarjana Universitas Islam Sultan Agung Semarang sekaligus selaku Dosen Pembimbing I Penyusunan Tesis.
3. Bapak **Ir. Moh. Faiqun Ni'am, MT., Ph.D** selaku Sekretaris Program Studi Magister Teknik Sipil Program Pascasarjana Universitas Islam Sultan Agung Semarang.
4. Bapak **Dr. Ir. Sumirin, MT** selaku Dosen Pembimbing II Penyusunan Tesis.
5. Istri tercinta dan kedua anakku tersayang.
6. Teman-teman kantor Dinas Pekerjaan Umum Bina Marga dan Cipta Karya Provinsi Jawa Tengah.
7. Rekan-rekan seangkatan RPL Kelas 52R Program Magister Teknik Sipil Program Pascasarjana Universitas Islam Sultan Agung, serta semua Pihak yang telah memberikan dukungannya yang tidak mungkin disebutkan namanya satu persatu.

Penulis menyadari bahwa Tesis ini masih jauh dari kesempurnaan, karena sesungguhnya kesempurnaan itu hanya milik Allah SWT. Semoga Tesis ini dapat memberikan manfaat khususnya kepada Penulis dan umumnya bagi para Pembaca.
Wassalamualaikum wa Rahmatullah wa Barakatuh.

Semarang, 24 Januari 2025

Penulis



DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL.....	i
HALAMAN PENGESAHAN	ii
LEMBAR PENGESAHAN TESIS.....	iii
SURAT PERNYATAAN KEASLIAN	iv
ABSTRAK.....	v
<i>ABSTRACT</i>	vi
KATA PENGANTAR	vii
DAFTAR ISI.....	ix
DAFTAR GAMBAR.....	xi
DAFTAR TABEL.....	xiii
ARTI SIMBOL DAN SINGKATAN	xiv
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Tujuan Penelitian	4
1.4 Manfaat Penelitian	4
1.5 Batasan Masalah	5
1.6 Sistematika Penulisan	
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	6
2.1 Filosofi Bangunan Tahan Gempa	6
2.2 Konstruksi Bangunan Tahan Gempa.....	7
2.3 Kategori Risiko dan Faktor Keutamaan	7
2.4 Detail Konstruksi Tahan Gempa	9
2.5 Struktur Dilatasi	26
2.6 <i>Summary</i> Referensi	33
2.7 Penelitian Terdahulu	35
BAB III METODE PENELITIAN	40
3.1 Lokasi Penelitian.....	40
3.2 Variabel Penelitian.....	40
3.3 Metode Pengumpulan Data.....	45

3.4 Metode Pengolahan Data	46
3.5 Metode Analisis Data.....	47
3.6 Bagan Alir Penelitian	48
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	50
4.1 Permodelan Struktur Gedung Tahan Gempa Menggunakan SAP.2000 Versi 20.2.0.....	50
4.1.1 Kombinasi Pembebanan Bangunan	55
4.1.2 Permodelan Struktur	57
4.1.3 Mutu Material	58
4.1.4 Analisis Respon Spektra Gempa/Dinamik.....	59
4.1.5 Analisis Statik Ekuivalen.....	60
4.1.6 Cek Partisipasi Massa	61
4.1.7 Cek Periode Getar	62
4.1.8 Cek Perbandingan – Respon Spektrum Dengan Statik Ekuivalen.....	64
4.1.9 Cek Simpangan Antar Lantai	64
4.1.10 Kontrol Syarat Komponen SRPMK.....	65
4.1.11 Hasil <i>Output Running</i> Program Dengan Gempa SNI 1726 : 2019	67
4.2 Analisis Material dan Sistem Struktur Pelaksanaan Rehabilitasi Gedung Kantor DPU Bina Marga dan Cipta Karya Provinsi Jawa Tengah	69
4.2.1 Data Pembangunan	69
4.2.2 Evaluasi Bangunan Gedung Tahan Gempa Sesuai SNI 1726 : 2019 ...	71
4.2.3 Penerapan Struktur Bangunan Tahan Gempa dengan Penambahan Dilatasi	74
4.2.4 Evaluasi Penerapan Material dan Sistem Struktur Bangunan Tahan Gempa dengan Penambahan Dilatasi	79
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	85
5.1 Kesimpulan	85
5.2 Saran	86
DAFTAR PUSTAKA	87
LAMPIRAN.....	87

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Level-level Kerusakan Bangunan.....	7
Gambar 2.2	Denah Bangunan Gedung yang Terdiri dari Rangkaian Bangunan Simetris.....	14
Gambar 2.3	Contoh Penempatan Dinding Penyekat	14
Gambar 2.4	Bidang Dinding Pada Bangunan Gedung.....	14
Gambar 2.5	Atap Bangunan yang Dianjurkan	15
Gambar 2.6	Contoh Penutup Atap yang Ringan	15
Gambar 2.7	Pemakaian <i>Overstek</i> yang Terlalu Panjang	16
Gambar 2.8	Letak Bukaannya Satu Sisi Adalah Kurang Baik.....	16
Gambar 2.9	Letak Bukaannya yang Baik Adalah Dua Sisi	16
Gambar 2.10	Kusen Diberi Angker.....	17
Gambar 2.11	Angker Besi Pada Pasangan Bata.....	17
Gambar 2.12	Pondasi Batu Kali dengan <i>Sloof</i> dan Dimensi Batu Kali	18
Gambar 2.13	Penampang Melintang Pondasi Batu Kali.....	18
Gambar 2.14	Pondasi Menerus yang Diletakkan Pada Sebagian Tanah Keras dan Sebagian Tanah Lunak	18
Gambar 2.15	Balok Pondasi Harus Diangkerkan ke Pondasi	19
Gambar 2.16	Kolom Praktis Sebagai Pengaku Dinding	20
Gambar 2.17	<i>Ring Balk</i> yang Diikat Pada Kolom.....	20
Gambar 2.18	Detail Dimensi <i>Ring Balk</i> (Balok Keliling).....	20
Gambar 2.19	Detail Hubungan Balok Lintel dengan Balok Tengah	20
Gambar 2.20	Detail Hubungan Balok Tengah dengan <i>Ring Balk</i>	21
Gambar 2.21	Detail Penulangan Pertemuan Balok <i>Sloof</i> dengan Kolom	21
Gambar 2.22	Detail Penulangan Pada Pertemuan Antar <i>Ring Balk</i>	22
Gambar 2.23	Beban yang Diterima Dinding Pada Saat Gempa Terjadi	22
Gambar 2.24	Perkuatan Pada Dinding	23
Gambar 2.25	Dinding yang Diangker Pada Kolom	23
Gambar 2.26	Kuda-kuda Kayu.....	23
Gambar 2.27	Ikatan Angin Antara Kuda-kuda	23
Gambar 2.28	Kuda-kuda Kayu Papan Paku	24
Gambar 2.29	Gunung-gunung/Ampig.....	25
Gambar 2.30	Tekukan Besi untuk Mendapatkan Efek Angkur	26
Gambar 2.31	Bangunan Gedung Konstruksi Rangka Sederhana Beton Bertulang Dengan Dinding Pasangan.....	26
Gambar 2.32	Contoh Massa Bangunan dengan Sistem Dilatasi	27
Gambar 2.33	Contoh Bentuk Dilatasi	28
Gambar 2.34	Dilatasi Kolom.....	29
Gambar 2.35	Ilustrasi Dilatasi Kolom.....	29
Gambar 2.36	Dilatasi Kantilever.....	30
Gambar 2.37	Dilatasi dengan Balok Girder	31
Gambar 2.38	Dilatasi dengan Konsol.....	31
Gambar 2.39	Jarak Dilatasi	32
Gambar 2.40	Bentuk Denah Konsep Dilatasi	32
Gambar 2.41	Denah Bangunan Bentuk L, T, H, X	33

Gambar 4.1	Peta Koordinat Gempa PUSKIM Jl. Madukoro Blok AA-BB, Tawangmas, Kec. Semarang Barat, Kota Semarang, Jawa Tengah 50144	52
Gambar 4.2	Percepatan Periode Pendek Ss (0,2 Detik)	52
Gambar 4.3	Perecepatan Periode S1 (1 Detik).....	53
Gambar 4.4	Peta Transisi Periode Panjang (20 Detik).....	53
Gambar 4.5	Peta Respon Spktrum Desain (Kota Semarang)	54
Gambar 4.6	Mode Lateral 1	61
Gambar 4.7	Mode Lateral 2	61
Gambar 4.8	Hasil Analisis Beton Bertulang dengan Gaya Gempa SNI 2019.....	68
Gambar 4.9	Hasil Analisis Baja dengan Gaya Gempa SNI 2019	69
Gambar 4.10	Lokasi DPU Bina Marga dan Cipta Karya Provinsi Jawa Tengah.....	70
Gambar 4.11	Bangunan Lama (Eksisting) Gedung Kantor DPU Bina Marga dan Cipta Karya Provinsi Jawa Tengah.....	75
Gambar 4.12	Penyatuan Bangunan Lama (Eksisting) dan Bangunan Baru dengan Metode Dilatasi Joint	75
Gambar 4.13	Denah Lt. 1 Penyatuan Bangunan Lama (Eksisting) dengan Bangunan Baru	76
Gambar 4.14	Denah Lt. 2 Penyatuan Bangunan Lama (Eksisting) dengan Bangunan Baru	77
Gambar 4.15	Dilatasi Pada Kolom (Terpisah Antara Kolom Beton Lama dan Kolom Baja IWF Baru)	77
Gambar 4.16	Dilatasi Antara Kolom Beton Lama (Eksisting) dan Kolom Beton Baru Terlihat Perbedaan Garis Acian Lama dan Garis Acian Baru	78

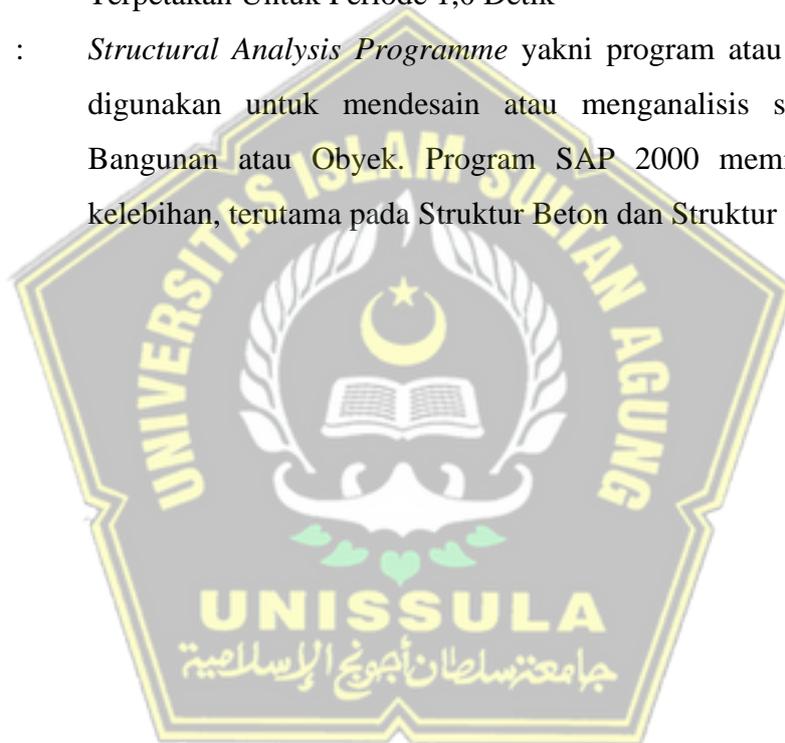


DAFTAR TABEL

Tabel 2.1	Kategori Resiko Bangunan Gedung dan Non-gedung untuk Beban Gempa.....	9
Tabel 2.2	Faktor Keutamaan Gempa.....	10
Tabel 2.3	Penelitian Sebelumnya	37
Tabel 3.1	Evaluasi Penerapan Material dan Sistem Struktur Gedung Kantor Tahan Gempa	42
Tabel 4.1	Posisi Bangunan Pada Peta Gempa Respon Spektrum.....	54
Tabel 4.2	Beban Hidup Fungsi Bangunan.....	55
Tabel 4.3	Pengecekan Partisipasi Massa	62
Tabel 4.4	Pengecekan Periode Getar.....	62
Tabel 4.5	Tipe Struktur Sesuai SNI.....	63
Tabel 4.6	<i>Load Case Data – Response Spectrum</i>	63
Tabel 4.7	Respon Spektrum dengan Statik Ekuivalen	64
Tabel 4.8	Simpangan Antar Lantai Ijin (Δa)	64
Tabel 4.9	<i>Joint Displacement</i>	65
Tabel 5.0	Simpangan Timbul - Simpangan Ijin	65
Tabel 5.1	<i>Set Load Cases to Run</i>	67
Tabel 5.2	<i>Concrete Frame Design Preferences for ACI 318-14</i>	67
Tabel 5.3	<i>Steel Frame Design Preferences for ACI 360-16</i>	68
Tabel 5.4	Penilaian Penerapan Material dan Sistem Struktur Bangunan Gedung Tahan Gempa dengan Variasi Dilatasi	72
Tabel 5.5	Evaluasi Penerapan Material dan Sistem Struktur Bangunan Gedung Tahan Gempa dengan Variasi Dilatasi	76

ARTI SIMBOL DAN SINGKATAN

- Ie : Faktor Keutamaan Gempa
- Ss : Parameter Respon Spektral Percepatan Gempa MCER Terpetakan Untuk Periode Pendek
- S1 : Parameter Respon Spektral Percepatan Gempa MCER Terpetakan Untuk Periode 1,0 Detik
- SR : Skala Richter Parameter Respon Spektral Percepatan Gempa MCER Terpetakan Untuk Periode 1,0 Detik
- SAP : *Structural Analysis Programme* yakni program atau aplikasi yang digunakan untuk mendesain atau menganalisis suatu Struktur Bangunan atau Obyek. Program SAP 2000 memiliki beberapa kelebihan, terutama pada Struktur Beton dan Struktur Baja



BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Negara Indonesia berada di lokasi pertemuan 4 Lempeng Tektonik yaitu Lempeng Indo-Australia, Lempeng Eurasia, Lempeng Pasifik dan Lempeng Filipina. Pergerakan aktif dari keempat lempeng ini dapat menyebabkan Gempa dan Tsunami di Indonesia. Hal ini mengakibatkan Indonesia mempunyai Tingkat Risiko Gempa yang cukup tinggi. Hampir setiap tahun terjadi gempa bumi di Indonesia, hal ini karena Indonesia memiliki banyak gunung berapi dan berada pada Siklum Pasifik sehingga sangat berpotensi terjadinya gempa bumi setiap saat. Gempa ini selain menimbulkan kerugian yang signifikan seperti kerugian moril maupun materiil yang tak terhitung nilainya dan menimbulkan korban jiwa. (Bachri, 2014)

Pada Bulan Februari 2023 yang lalu, Badan Pusat Statistik (BPS) merilis Statistik Indonesia 2023. Melalui rilisan tersebut, data frekuensi gempa yang bersumber dari Badan Meteorologi, Klimatologi dan Geofisika (BMKG) Indonesia mencatat 10.843 kejadian gempa di Indonesia sepanjang Tahun 2022. Bahkan di Tahun 2024, Badan Meteorologi, Klimatologi, dan Geofisika (BMKG) melaporkan sejumlah daerah di Pulau Jawa, termasuk Kota Semarang dan Jepara, Jawa Tengah (Jateng), mengalami getaran berkekuatan Skala Intensitas III-IV MMI akibat gempa bumi yang berpusat di Wilayah Tuban, Jawa Timur (Jatim). Gempa berkekuatan 6 Magnitudo yang berpusat di laut 132 kilometer Timur Laut Kota Tuban itu membawa dampak getaran hingga Skala Intensitas III-IV (MMI). Skala Intensitas III-IV (MII) itu bermakna getaran gempa dirasakan oleh semua orang secara nyata di dalam rumah, hingga benda berat bergoyang dan kerusakan ringan pada bangunan. Adapun dampak getaran dengan Skala Intensitas tersebut dirasakan oleh masyarakat di Bawean, Jepara, Kudus, Semarang, Blora dan Pekalongan (Jawa Tengah). Selanjutnya Jawa Timur (Lamongan,

Bojonegoro, Surabaya, Nganjuk, Pacitan, Trenggalek, Tulungagung, Sidoarjo, Madiun, Pasuruan, Malang) dan D.I. Yogyakarta.

Kota Semarang sendiri yang merupakan Ibukota Provinsi Jawa Tengah menurut karakteristik geologinya berada pada daerah Kraton Sunda (Bagian Tenggara Lempeng Benua Eurasia). Kota Semarang juga termasuk daerah rawan gempa bumi karena terdapat sumber aktif gempa, yaitu Sesar Semarang dan Sesar Ungaran. Laporan Badan Perencanaan Pembangunan Nasional (BAPPENAS) pada Tahun 2050 nanti sebanyak 64% penduduk Indonesia berada di daerah yang secara Seisimik memiliki Kategori Risiko Gempa yang cukup tinggi. Kondisi itu menyadarkan bahwa pentingnya membuat Bangunan dengan Ketahanan terhadap Beban Gempa agar tidak terjadi kerusakan fatal pada struktur yang dapat menimbulkan korban jiwa. (Robiana dkk, 2021)

Keterbatasan lahan atau pada pekerjaan rehabilitasi atau revitalisasi gedung membuat bangunan harus dirancang dengan denah yang tidak beraturan atau tidak simetris dengan bangunan eksisting/bangunan lama. Bangunan dengan denah tidak beraturan atau tidak simetris tersebut rawan mengalami kegagalan akibat Torsi yang besar jika menerima Beban Gempa. Salah satu cara untuk mengatasi permasalahan tersebut adalah dengan Sistem Dilatasi Struktur yang memisahkan bangunan menjadi beberapa struktur yang beraturan dan memiliki perilaku struktur masing-masing. Salah satu faktor yang paling berpengaruh dalam perencanaan struktur bangunan gedung adalah kekuatan struktur bangunan gedung itu sendiri, dimana faktor ini sangat terkait dengan keamanan dan ketahanan bangunan dalam menahan dan menampung beban yang bekerja pada struktur. Salah satu penyebab keruntuhan bangunan adalah Ketidakstabilan Struktur. Saat merencanakan dan mendesain suatu struktur, ketidakstabilan pada struktur merupakan hal dasar yang harus dihindari serta diperhatikan. Struktur yang tidak stabil bila menerima beban maka struktur itu akan mengalami perubahan bentuk yang lebih besar dibandingkan struktur yang lebih stabil.

Menurut Wardhana dkk (2014), Kota Semarang Bagian Utara didominasi oleh Endapan Alluvial berumur Kwartir dan di Bagian

Selatan berupa Tinggian didominasi oleh Batuan Vulkanik dan tampak beberapa Struktur Patahan. Dengan jenis tanah tersebut akan memberikan Efek Amplifikasi (penguatan) gelombang yang cukup besar. Dengan mempertimbangkan pentingnya Bangunan Gedung yang Tahan terhadap Gempa terutama di Kota Semarang, maka Peneliti melakukan Analisis Penggunaan Material dan Sistem Struktur Bangunan Gedung Tahan Gempa dengan Penambahan Dilatasi pada Pekerjaan Rehabilitasi Gedung Kantor DPU Bina Marga dan Cipta Karya Provinsi Jawa Tengah serta dikaitkan dengan ketidakberaturan torsi horisontal sesuai SNI 1726:2019. Sehingga analisis tersebut nantinya akan menjelaskan apakah bangunan aman terhadap beban gempa yang sudah direncanakan dari awal dan sesuai dengan permodelan berdasarkan peraturan SNI yang terbaru mengenai peraturan pembebanan gempa yang berlaku di Indonesia dan mengenai peraturan pembebanan gedung atau struktur lain. Harapannya hal ini dapat menjadi bahan saran atau rekomendasi bagi Instansi pemerintah lainnya dalam mewujudkan bangunan gedung negara yang tahan gempa dengan penambahan desain sistem struktur dilatasi.

1.2 Rumusan Masalah

Berikut Rumusan Masalah dari Penelitian Tesis ini yaitu :

1. Bagaimana telaah penggunaan material dan Sistem Struktur Bangunan Tahan Gempa pada Pembangunan Bangunan Gedung Negara sesuai peraturan SNI yang berlaku apakah mampu mereduksi Gaya Gempa ?
2. Bagaimana kesesuaian pelaksanaan Pekerjaan Rehabilitasi Gedung Kantor DPU Bina Marga dan Cipta Karya Provinsi Jawa Tengah terhadap Kaidah-Kaidah Teknis Bangunan Tahan Gempa dengan Penambahan Struktur Dilatasi ?
3. Menganalisis penggunaan material dan Sistem Struktur Bangunan Gedung Tahan Gempa dengan studi kasus Pekerjaan Rehabilitasi Gedung Kantor DPU Bina Marga dan Cipta Karya Provinsi Jawa Tengah ?
4. Faktor-faktor apa saja yang menentukan struktur bangunan tahan terhadap gempa ?

1.3 Tujuan Penelitian

Dalam penelitian dengan judul “Analisis Material dan Sistem Struktur Bangunan Gedung Tahan Gempa dengan Penambahan Dilatasi” mempunyai tujuan antara lain :

1. Mengetahui kesesuaian perancangan dan pelaksanaan dengan Standar Bangunan Tahan Gempa pada pekerjaan Rehabilitasi Struktur Gedung DPU Bina Marga dan Cipta Karya Provinsi Jawa Tengah.
2. Mengetahui aspek-aspek yang mendukung kesesuaian perancangan dan pelaksanaan terhadap Standar Bangunan Gedung Tahan Gempa.
3. Menganalisis penerapan dan penggunaan material serta model struktur dengan sistem dilatasi pada bangunan gedung DPU Bina Marga dan Cipta Karya Provinsi Jawa Tengah.
4. Mengetahui faktor-faktor lain yang menentukan bahwa struktur bangunan gedung tersebut tahan terhadap gempa.

1.4 Manfaat Penelitian

Setelah Penulis melakukan penelitian dan didukung dengan data-data yang akurat sehingga kebenaran penelitiannya dapat diterima, maka harapannya penelitian ini dapat menjadi pengembangan teoritis bagi Peneliti selanjutnya dan berguna bagi masyarakat, khususnya yang akan membangun Bangunan Gedung Negara. Manfaat Penelitian ini diantaranya sebagai berikut :

1. Memberikan wawasan dan pemahaman yang lebih detail dalam menambah wawasan mengenai penerapan Bangunan Gedung Tahan Gempa pada Bangunan Gedung Negara berdasarkan Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non-gedung sesuai SNI 1726 : 2019.
2. Menambah wawasan tentang konsep kajian baru yang dapat dijadikan sebagai bahan rujukan penelitian lanjutan untuk pengembangan ilmu penerapan bangunan gedung tahan gempa pada bangunan-bangunan gedung negara lainnya.
3. Untuk acuan pertimbangan Instansi Pemerintah serta masyarakat atau Pelaku Jasa Konstruksi dalam penerapan Bangunan Gedung Tahan

Gempa ke depannya.

4. Sebagai rekomendasi teknis kepada *stakeholder*, Pemerintah dan Instansi terkait mengenai pentingnya penerapan Bangunan Gedung Negara Tahan Gempa.

1.5 Batasan Masalah

Berikut Batasan Masalah dalam Penelitian Tesis ini adalah berupa wawasan dan penerapan SNI 1726:2019 dalam pembangunan Gedung Tahan Gempa pada Pekerjaan Rehabilitasi Gedung Kantor DPU Bina Marga dan Cipta Karya Provinsi Jawa Tengah berdasarkan pada Pedoman Teknis Bangunan Tahan Gempa.

Analisis dalam penelitian ini dilakukan terhadap evaluasi persyaratan teknis terkait telaah material dan sistem struktur bangunan secara keseluruhan mulai dari Pondasi, Struktur Beton sampai dengan Atap, berdasarkan Acuan Normatif Standar Nasional Indonesia (SNI) dan referensi lainnya seperti “Pedoman Teknis Rumah dan Bangunan Gedung Tahan Gempa” yang diterbitkan oleh Direktorat Jenderal Cipta Karya, Departemen Pekerjaan Umum (2006), “Persyaratan Pokok Rumah Yang Lebih Aman” disusun oleh Teddy Boen, dkk (2009) kerjasama Kementerian Pekerjaan Umum dan JICA. Kemudian ada juga Sarwidi dkk. (2003) dalam bukunya dengan judul “Manual Bangunan Tahan Gempa, Rumah Tinggal Sederhana Tembokan” yang juga membahas tentang Perencanaan Struktur Bangunan Gedung Tahan Gempa.

1.6 Sistematika Penulisan

Adapun Sistematika Penulisan, Penyusun membagi laporan ini dengan sistematika sebagai berikut :

BAB I : PENDAHULUAN

Bab ini terdiri dari latar belakang, rumusan masalah, tujuan penelitian, manfaat penelitian, batasan masalah dan sistematika penulisan.

BAB II : TINJAUAN PUSTAKA

Bab ini membahas studi literatur mengenai permasalahan yang diteliti. Dari studi literatur ini kemudian

dikembangkan lebih lanjut menjadi sebuah Landasan Teori yang nantinya menjadi dasar untuk menjawab permasalahan dalam penelitian.

BAB III : METODE PENELITIAN

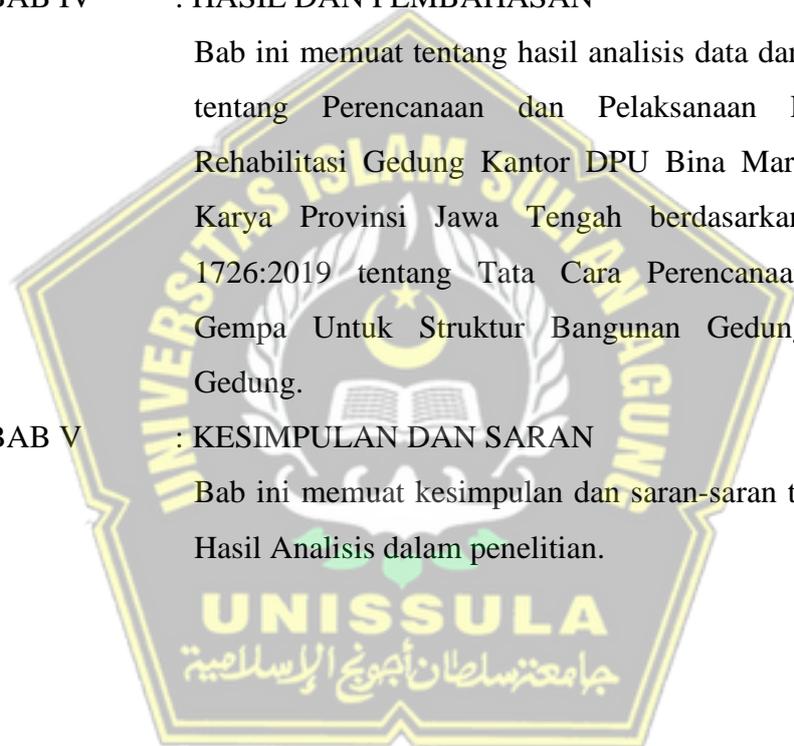
Bab ini memuat tentang Data Primer dan Data Sekunder bangunan yang akan dianalisis, variabel evaluasi, data perhitungan struktur, permodelan bangunan, kriteria pembobotan, Bagan Alir penelitian, Metode Pengumpulan Data dan Metode Analisis Data.

BAB IV : HASIL DAN PEMBAHASAN

Bab ini memuat tentang hasil analisis data dan pembahasan tentang Perencanaan dan Pelaksanaan Pembangunan Rehabilitasi Gedung Kantor DPU Bina Marga dan Cipta Karya Provinsi Jawa Tengah berdasarkan pada SNI 1726:2019 tentang Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non-Gedung.

BAB V : KESIMPULAN DAN SARAN

Bab ini memuat kesimpulan dan saran-saran terkait dengan Hasil Analisis dalam penelitian.



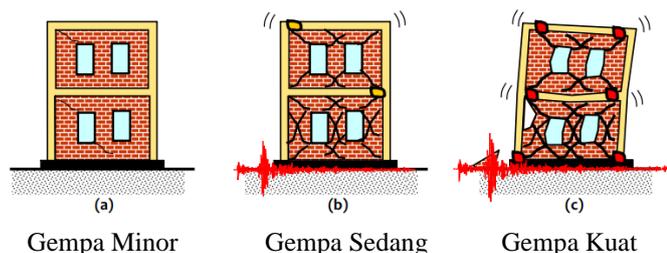
BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Filosofi Bangunan Tahan Gempa

Bangunan Tahan Gempa adalah bangunan yang mampu bertahan dan tidak runtuh jika terjadi gempa. Bangunan Tahan Gempa bukan berarti tidak boleh mengalami kerusakan sama sekali namun Bangunan Tahan Gempa boleh mengalami kerusakan asalkan masih memenuhi persyaratan yang berlaku. Menurut Widodo (2012) filosofi Bangunan Tahan Gempa adalah sebagai berikut :

1. Pada Gempa Kecil (*Light* atau *Minor Earthquake*) yang sering terjadi, maka struktur utama bangunan harus tidak rusak dan berfungsi dengan baik. Kerusakan kecil yang masih dapat ditoleransi pada Elemen Non Struktur masih dibolehkan,
2. Pada Gempa Menengah (*Moderate Earthquake*) yang relatif jarang terjadi, maka Struktur Utama Bangunan boleh rusak/retak ringan tapi masih dapat diperbaiki. Elemen Non Struktur dapat saja rusak tetapi masih dapat diganti yang baru,
3. Pada Gempa Kuat (*Strong Earthquake*) yang jarang terjadi, maka bangunan boleh rusak tetapi tidak boleh runtuh total (*totally collapse*). Kondisi seperti ini juga diharapkan pada Gempa Besar (*Great Earthquake*), yang tujuannya adalah melindungi Manusia/Penghuni bangunan secara maksimum.

Level-level kerusakan bangunan di atas dapat diilustrasikan pada seperti di bawah ini.



Gambar 2.1 Level-level Kerusakan Bangunan

Sumber : Widodo (2012)

2.2 Konstruksi Bangunan Tahan Gempa

Konstruksi Bangunan Tahan Gempa adalah jenis konstruksi yang mempunyai metode penahan gaya dinamik gempa, mampu bertahan ketika sedang terjadi gempa serta kuat dalam meredam guncangan di masing-masing struktur bangunan gempa. Jadi, suatu bangunan bisa dikatakan sebagai bangunan tahan gempa ketika bangunan tersebut bisa merespon gempa dengan sifat daktilitas yang mampu mempertahankan kekuatan dan kekakuan yang cukup, sehingga struktur bangunan tetap berdiri kokoh.

Pada Bangunan Tahan Gempa, bangunan dapat menahan beban gempa adalah bangunan yang tidak ekonomis. Oleh karena itu prioritas utama dalam membangun Bangunan Tahan Gempa adalah terciptanya suatu bangunan yang dapat meminimalisir atau bahkan menghindari terjadinya korban jiwa, serta memperkecil kerugian harta benda. Dari beberapa pembahasan tersebut pengertian Bangunan Tahan Gempa adalah :

- Bila terjadi Gempa Ringan, bangunan tidak boleh mengalami kerusakan baik pada komponen non-struktural maupun pada komponen strukturalnya.
- Bila terjadi Gempa Sedang, bangunan boleh mengalami kerusakan pada komponen non-strukturalnya (plafond runtuh, dinding retak) akan tetapi komponen struktural (kolom, balok, sloof) tidak boleh rusak.
- Bila terjadi Gempa Besar, bangunan boleh mengalami kerusakan baik pada komponen non-struktural maupun komponen strukturalnya, akan tetapi jiwa Penghuni bangunan tetap selamat, artinya sebelum bangunan runtuh masih cukup waktu bagi Penghuni bangunan untuk keluar.

Bangunan yang sudah menerapkan struktur bangunan tahan gempa bukan berarti tidak bisa mengalami kerusakan. Tetapi, bangunan yang sudah menerapkan struktur ketahanan gempa bisa mengalami kerusakan dengan catatan, kerusakan masih dalam batas ketentuan yang berlaku.

2.3 Kategori Risiko dan Faktor Keutamaan

Menurut SNI 1726-2019 untuk segala Kategori Risiko Struktur Bangunan Gedung dan Non-Gedung sesuai Tabel 2.1 pengaruh bencana gempa terhadapnya harus dikalikan dengan suatu Faktor Keutamaan Ie menurut Tabel 2.2. Khusus untuk struktur bangunan dengan Kategori Risiko

IV, bila dibutuhkan pintu masuk untuk operasional dari struktur bangunan yang bersebelahan, maka struktur bangunan yang bersebelahan tersebut harus didesain sesuai dengan Kategori Risiko IV.

Tabel 2.1 Kategori Risiko Bangunan Gedung dan Non-Gedung untuk Beban Gempa

Jenis Pemanfaatan	Kategori Risiko
<p>Gedung dan nongedung yang memiliki risiko rendah terhadap jiwa manusia pada saat terjadi kegagalan, termasuk, tapi tidak dibatasi untuk, antara lain:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Fasilitas pertanian, perkebunan, perternakan, dan perikanan - Fasilitas sementara - Gudang penyimpanan - Rumah jaga dan struktur kecil lainnya 	I
<p>Semua gedung dan struktur lain, kecuali yang termasuk dalam kategori risiko I,III,IV, termasuk, tapi tidak dibatasi untuk:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Perumahan - Rumah toko dan rumah kantor - Pasar - Gedung perkantoran - Gedung apartemen/ rumah susun - Pusat perbelanjaan/ mall - Bangunan industri - Fasilitas manufaktur - Pabrik 	II
<p>Gedung dan nongedung yang memiliki risiko tinggi terhadap jiwa manusia pada saat terjadi kegagalan, termasuk, tapi tidak dibatasi untuk:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Bioskop - Gedung pertemuan - Stadion - Fasilitas kesehatan yang tidak memiliki unit bedah dan unit gawat darurat - Fasilitas penitipan anak - Penjara - Bangunan untuk orang jompo <p>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:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Pusat pembangkit listrik biasa - Fasilitas penanganan air - Fasilitas penanganan limbah - Pusat telekomunikasi <p>Gedung dan nongedung 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.</p>	III

Jenis Pemanfaatan	Kategori risiko
<p>Gedung dan nongedung yang dikategorikan sebagai fasilitas yang penting, termasuk, tetapi tidak dibatasi untuk:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Bangunan-bangunan monumental - Gedung sekolah dan fasilitas pendidikan - Rumah ibadah - 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, tsunami, 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 <p>Gedung dan nongedung yang dibutuhkan untuk mempertahankan fungsi struktur bangunan lain yang masuk ke dalam kategori risiko IV.</p>	IV

Tabel 2.2 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

2.4 Detail Konstruksi Tahan Gempa

Berdasarkan pada buku “Pedoman Teknis Rumah dan Bangunan Gedung Tahan Gempa” yang diterbitkan oleh Direktorat Jenderal Cipta Karya, Departemen Pekerjaan Umum (2006), kemudian pada buku “Persyaratan Pokok Rumah Yang Lebih Aman” yang disusun oleh Teddy Boen dkk (2009) kerjasama Kementerian Pekerjaan Umum dan JICA, Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Bangunan Gedung dan Non Gedung (SNI 1726:2019) dan beberapa referensi buku lainnya seperti Sarwidi dkk. (2003) pada bukunya dengan judul “Manual Bangunan Tahan Gempa, Rumah Tinggal Sederhana Tembokan”, dalam menentukan

konstruksi tahan gempa dapat diuraikan sebagai berikut :

Persyaratan pokok konstruksi bangunan gedung sederhana tahan gempa yang lebih aman dapat berupa kualitas bahan bangunan yang baik, keberadaan dan dimensi struktur yang sesuai, seluruh elemen struktur utama tersambung dengan baik, mutu pengerjaan di lapangan yang baik. Komponen atau bagian bangunan menjadi satu kesatuan yang tidak terpisahkan dalam mereduksi atau menahan beban gempa. Untuk mengetahui tingkat kekuatan Struktur Bangunan Gedung Tahan Gempa, Peneliti meninjau dari 4 (empat) Aspek Kajian Penelaahan, yaitu Aspek Kajian Lokasi, Aspek Kajian Material/Bahan, Aspek Kajian Arsitektur dan Aspek Kajian Struktur.

A. Tinjauan Aspek Lokasi

1) Stabilitas Tanah

Bangunan Gedung disarankan dibangun di atas tanah padas yang stabil dan datar, untuk menghindari lokasi di atas tanah miring atau tanah timbunan. Pembangunan di atas tanah timbunan yang belum padat akan menyebabkan bangunan di atasnya kemungkinan miring atau tidak stabil, sedangkan bangunan di atas tanah asli (bukan timbunan), lebih aman dan stabil.

Apabila bangunan gedung dibangun pada area perbukitan yang berkontur, maka lereng bukit harus dipilih yang stabil supaya tidak rawan terhadap bencana tanah longsor pada saat gempa bumi terjadi. Bila bangunan gedung akan dibangun di lahan datar, maka bangunan tidak diperkenankan di lokasi yang memiliki jenis tanah yang sangat halus dan tanah liat yang sangat sensitif (tanah mengembang).

2) Lokasi Siap Bangun

Sebelum dibangun, lokasi dilakukan pembersihan dan perataan. Setelah tanah diratakan, rumput, sampah pemotongan pohon dan akar harus dibuang dari lokasi rencana pembangunan.

3) Penentuan Zonasi Gempa

Pembangunan disarankan menghindari area rawan gempa, namun di Indonesia yang terletak pada jalur rawan gempa sehingga

dalam pelaksanaan pembangunan bangunan gedung negara perlu pengetahuan detail terkait peta zonasi rawan gempa yang ada di Indonesia merupakan hal yang sangat penting, karena berpengaruh terhadap penentuan struktur bangunan untuk menjaga keamanan dan keselamatan gedung dengan tinjauan keamanan struktur dan meminimalisir kerugian materiil yang lebih besar.

B. Tinjauan Aspek Material/Bahan

Penentuan bahan bangunan, perpaduan material dan mutu pengerjaan yang baik sesuai ketentuan SNI akan mempengaruhi kualitas bangunan. Dinding Batu Bata dengan campuran semen yang buruk akan menyebabkan hal-hal yang tidak diinginkan, bahkan dengan sedikit guncangan bangunan akan mudah runtuh. Maka perlu diperhatikan hal-hal sebagai berikut dalam menentukan material/bahan bangunan :

1) Batu bata

Batu bata yang disarankan menggunakan batu bata dengan warna yang sama dan seragam, dimensi sama. Hindari penggunaan batu bata dengan warna tidak sama, retak dan pecah.

2) Pasir dan Kerikil

Pasir dan kerikil harus bersih, warna seragam, tidak disarankan penggunaan pasir kerikil kotor, berlumpur dan tercampur sampah.

3) Kayu

Kayu dengan kualitas mutu yang baik, lurus, keras, kering, tekstur kayu berwarna gelap, tidak ada keretakan.

4) Air

Air yang digunakan adalah air bersih, tidak mengandung garam atau asam.

5) Semen

Digunakan Semen Tipe 1 (Portland Cement) yang umum digunakan di pasaran dan ber-SNI

6) Beton

Campuran agregat beton terdiri dari 1 Semen : 2 Pasir : 3 Kerikil : 0,5 air. Perlu diperhatikan penambahan air dengan takaran yang sesuai,

ditambah sedikit demi sedikit dan disesuaikan agar beton dalam keadaan pulen (tidak terlalu encer dan tidak terlalu kental), serta dilakukan pemadatan. Komposisi volume air yang berlebihan akan menimbulkan permukaan beton yang halus dan mulus tapi kekuatan beton turun, jika komposisi volume air yang diberikan kurang maka permukaan beton terlihat keropos dan kekuatan/mutu beton turun.

7) Mortar

Mortar merupakan campuran yang terdiri atas Agregat Kasar dan Agregat Halus dengan perbandingan agregat tertentu. Campuran volume mortar yang dianjurkan yakni 1 semen : 4 pasir bersih : air secukupnya.

8) Batu Pondasi

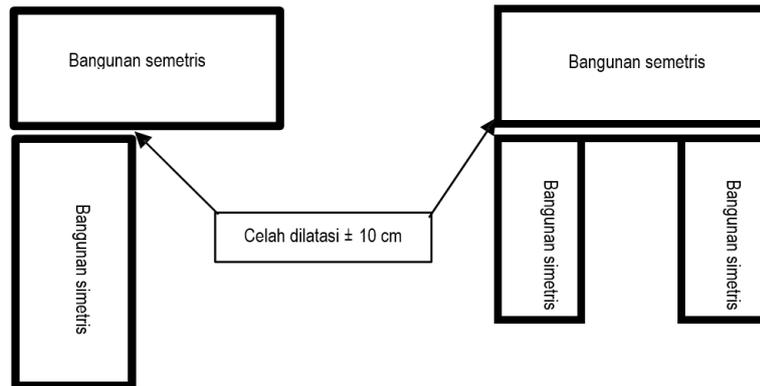
Batu Belah terbuat dari Batu Kali/Gunung yang keras dan berwarna gelap serta dibuat Pondasi Menerus.

C. Tinjauan Aspek Arsitektur

1) Denah Bangunan

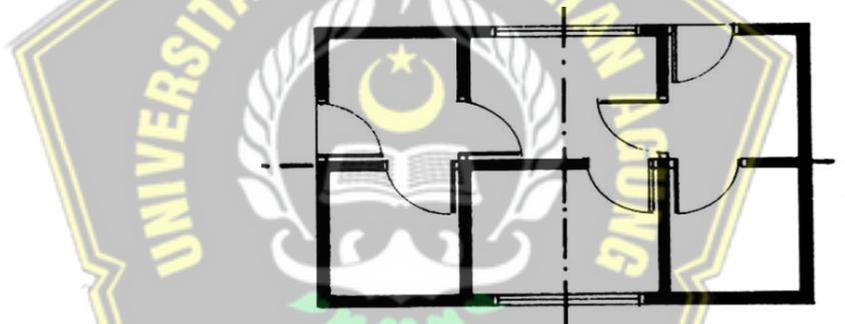
Denah bangunan disarankan mempunyai bentuk simetris, karena bentuk ini dapat menghilangkan pengaruh efek puntir bangunan. Bentuk denah simetris sederhana adalah bujur sangkar atau empat persegi panjang. Apabila bentuk denah bangunan terlalu panjang, maka bangunan sebaiknya terpisah atau diberi sistem dilatasi, untuk menghindari terjadinya efek puntir pada bangunan. Denah yang terlalu panjang akan mengurangi kekuatan bangunan jika terjadi penurunan bangunan dan perbedaan perilaku gerak akibat adanya efek realitas non-struktural dan realitas pembebanan struktur. Beberapa hal yang perlu diperhatikan dalam menentukan denah adalah sebagai berikut :

- a. Denah bangunan gedung sebaiknya dibuat sederhana, simetris terhadap kedua sumbu bangunan dan tidak terlalu panjang. Perbandingan lebar bangunan dengan panjang bangunan yaitu 1:2.
- b. Apabila denah bangunan gedung dibuat tidak simetris, maka denah bangunan harus dipisahkan dengan alur pemisah sehingga denah bangunan merupakan satu rangkaian dari denah yang simetris.



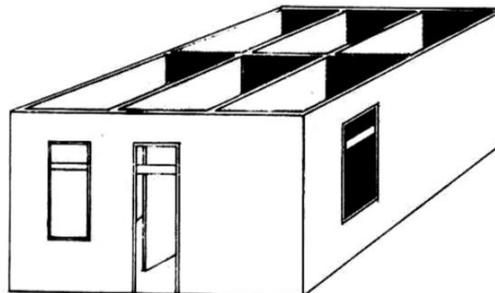
Gambar 2.2 Denah Bangunan Gedung yang Terdiri dari Rangkaian Bangunan Simetris
 Sumber : Pedoman Teknis Rumah dan Bangunan Gedung Tahan Gempa (2006)

- c. Penempatan dinding-dinding batas penyekat dan bukaan pintu/jendela harus diposisikan simetris terhadap sumbu denah bangunan.



Gambar 2.3 Contoh Penempatan Dinding Penyekat
 Sumber : Pedoman Teknis Rumah dan Bangunan Gedung Tahan Gempa (2006)

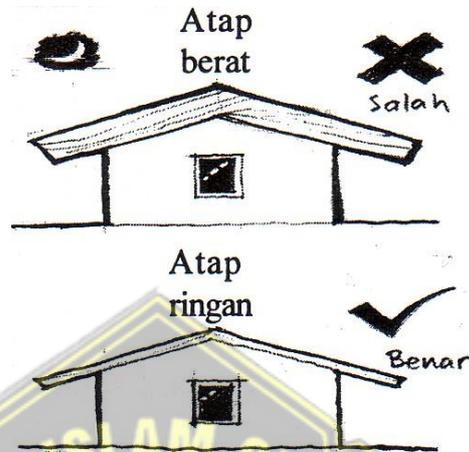
- d. Bidang dinding harus membentuk pola kotak-kotak tertutup.



Gambar 2.4 Bidang Dinding Pada Bangunan Gedung
 Sumber : Pedoman Teknis Rumah dan Bangunan Gedung Tahan Gempa (2006)

2) Atap Bangunan

Pada prinsipnya bentuk atap yang terlalu besar dan terlalu berat dapat membahayakan keselamatan dan keamanan struktur, karena dapat mengakibatkan beban gempa dan resiko yang lebih besar.



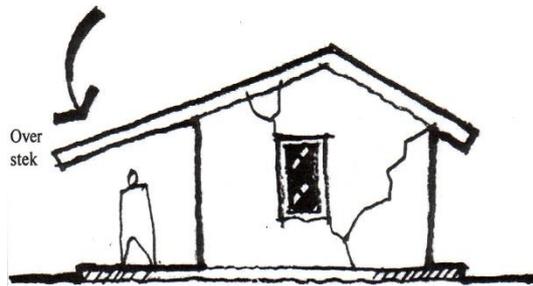
Gambar 2.5 Atap bangunan yang Dianjurkan
Sumber : Pedoman Teknis Rumah dan Bangunan Gedung Tahan Gempa (2006)



Gambar 2.6 Contoh Penutup Atap yang Ringan
Sumber : Pedoman Teknis Rumah dan Bangunan Gedung Tahan Gempa (2006)

Oleh karena itu, pemakaian atap bangunan disarankan untuk menggunakan bahan material atap yang ringan seperti Seng, Asbes Gelombang atau Aluminium. Bahan Penutup Atap seperti atap asbes atau seng harus diikat pada gording dengan paku, pelat besi atau baut.

Desain overstek yang terlalu panjang dapat menimbulkan titik berat bangunan bergeser dari titik pusat bangunan. Desain overstek yang panjang juga rawan (lebih beresiko) terhadap getaran gempa arah vertikal (Gambar 2.7).

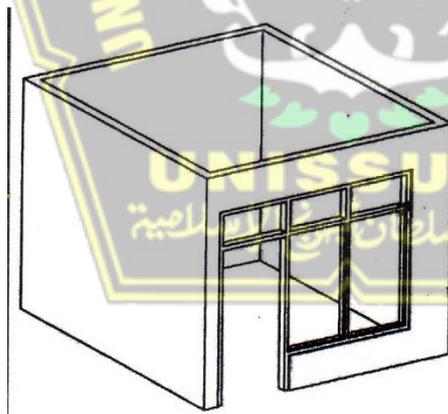


Gambar 2.7 Pemakaian Overstek yang Terlalu Panjang

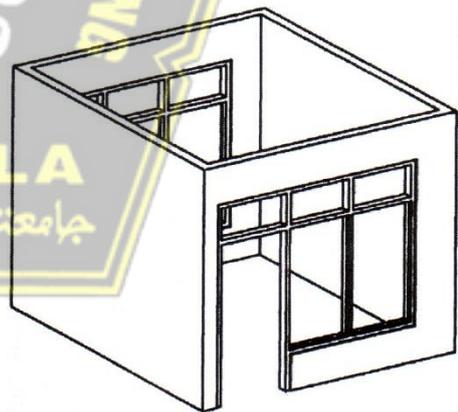
Sumber : Pedoman Teknis Rumah dan Bangunan Gedung Tahan Gempa (2006)

3) Bukaan dinding

Pada Gambar 2.8 ditunjukkan detail tentang posisi bukaan dinding satu sisi. Posisi bukaan ini memiliki sistem sirkulasi udara yang kurang baik. Selain itu, hal ini ditinjau dari sistem struktur ketahanan terhadap gempa tidak menguntungkan karena dapat menimbulkan Gaya Puntir.



Gambar 2.8 Letak bukaan satu sisi adalah kurang baik



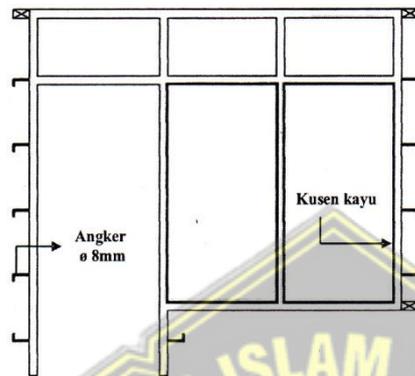
Gambar 2.9 Letak bukaan yang baik adalah dua sisi

Sumber : Pedoman Teknis Rumah dan Bangunan Gedung Tahan Gempa (2006)

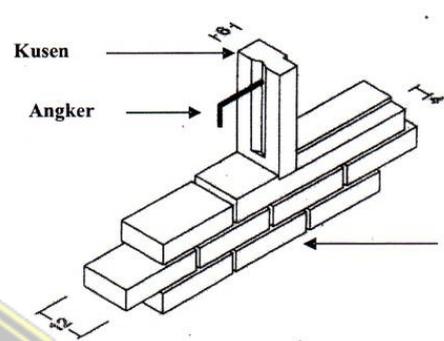
Pada Gambar 2.9 dijelaskan tentang posisi bukaan yang ditempatkan pada dua sisi yang saling berhadapan. Posisi bukaan seperti ini disarankan dalam pembangunan fungsi Bangunan Rumah Sederhana Tahan Gempa. Jumlah lebar bukaan dalam satu bidang dinding

sebaiknya tidak melebihi setengah panjang dinding. Apabila hal itu terjadi, bidang dinding diberi perkuatan dinding (beton bertulang).

Kusen pintu dan jendela diberi perkuatan angker besi yang ditanamkan di dalam dinding (seperti pada Gambar 2.10 dan Gambar 2.11).



Gambar 2.10 Kusen Diberi Angker
Sumber : Pedoman Teknis Rumah dan Bangunan Gedung Tahan Gempa (2006)



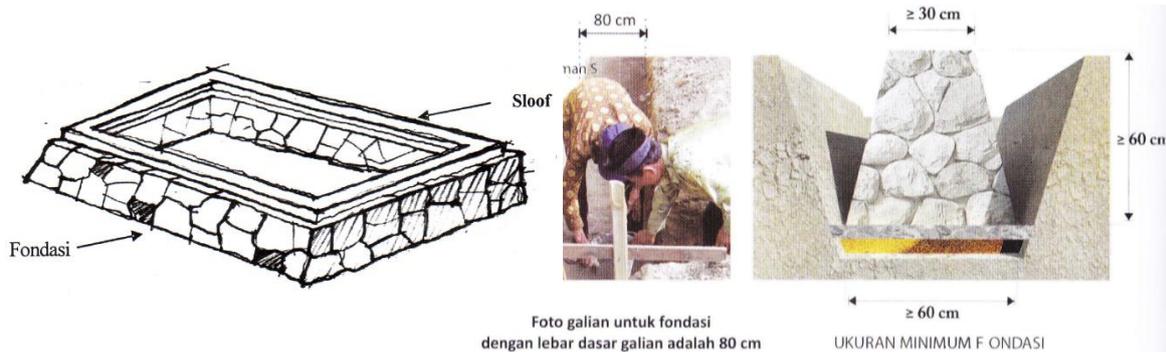
Gambar 2.11 Angker Besi Pada Pasangan Bata
Sumber : Pedoman Teknis Rumah dan Bangunan Gedung Tahan Gempa (2006)

D. Tinjauan Aspek Struktur

Tinjauan Aspek Struktur untuk bangunan yang tahan terhadap gempa dipersyaratkan harus kokoh dan kuat, sehingga perlu diperhatikan Komponen Utama Struktur.

1) Pondasi

- a. Pondasi harus berada pada tanah keras. Dasar pondasi diletakkan lebih dalam dari 60 cm di bawah permukaan tanah. Seluruh dasar pondasi harus diletakkan di atas tanah yang kuat. Selain itu pondasi juga harus dipadukan dengan balok pondasi (sloof) (lihat pada gambar 2.12).



Gambar 2.12 Pondasi Batu Kali Dengan Sloof dan Dimensi Batu Kali
 Sumber : Pedoman Teknis Rumah dan Bangunan Gedung Tahan Gempa (2006)

b. Penampang potongan melintang pondasi dibuat simetris.



Gambar 2.13 Penampang Melintang Pondasi Batu Kali
 Sumber : Pedoman Teknis Rumah dan Bangunan Gedung Tahan Gempa (2006)

c. Menghindari penempatan pondasi pada posisi sebagian tanah keras dan sebagian tanah lunak.



Gambar 2.14 Pondasi Menerus yang Diletakkan Pada Sebagian Tanah Keras dan Sebagian Tanah Lunak

Sumber : Pedoman Teknis Rumah dan Bangunan Gedung Tahan Gempa (2006)

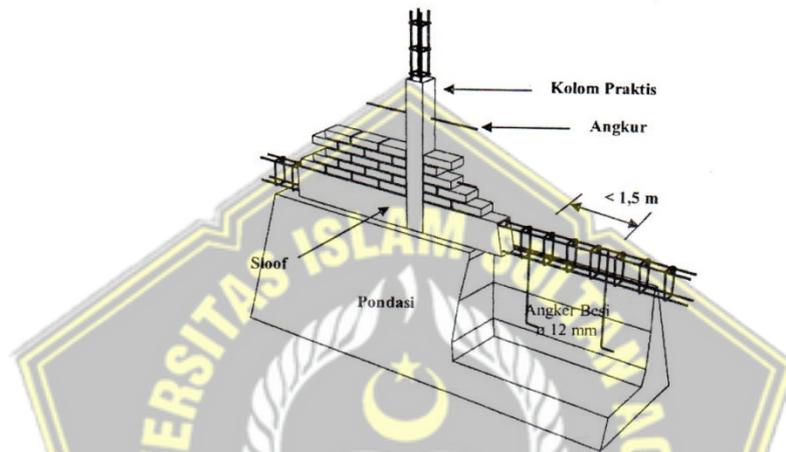
d. Disarankan menggunakan Pondasi Menerus, mengikuti panjang denah bangunan.

e. Pondasi dibuat menerus dengan kedalaman yang sama, Pondasi Bertangga atau Berundak tidak diperkenankan.

f. Penggunaan pondasi pada kondisi tanah lunak dapat menggunakan Pondasi Pelat Beton atau jenis Pondasi Alternatif lainnya.

2) Balok Pengikat/*Sloof*

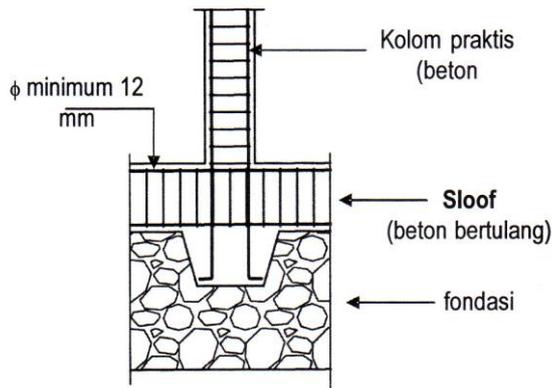
- a. Spesifikasi *Sloof* : Balok Pengikat/*Sloof* ukuran 15 x 20 cm, Tulangan Utama dimensi \varnothing 10 mm, Tulangan Begel dimensi \varnothing 8 mm, jarak Tulangan Begel 15 cm, tebal selimut beton 15 mm.
- b. Balok Pengikat/*Sloof* juga harus diangkerkan pada pondasinya dengan jarak anker 1,5 meter dengan ukuran besi tulangan Diameter 12 mm atau anker menggunakan tulangan Diameter 10 mm dengan jarak maksimum anker adalah 1,0 meter.



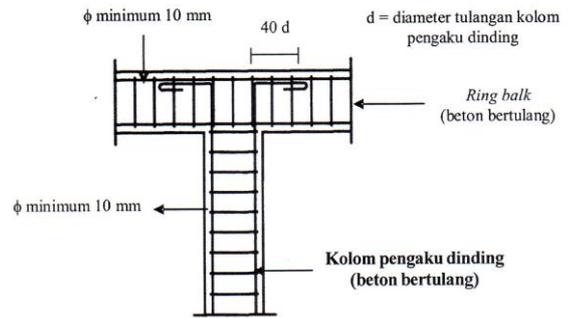
Gambar 2.15 Balok Pondasi Harus Diangkerkan Ke Pondasi
Sumber : Pedoman Teknis Rumah dan Bangunan Gedung Tahan Gempa (2006)

3) Kolom/Tiang

Bangunan menggunakan Metode Kolom sebagai elemen pemikul beban, misalnya menggunakan kolom campuran beton bertulang. Kolom juga harus diangker pada Balok Pengikat/*Sloof* atau ikatannya dan diteruskan pada pondasinya (Gambar 2.16). Pada bagian ujung atas kolom beton bertulang atau setiap kolom diikat dan disatukan dengan Balok Keliling/Ring Balk (Gambar 2.17). Rangka bangunan (*sloof*, balok dan kolom) juga harus mempunyai hubungan kuat dan kokoh. Kolom juga harus dilengkapi dengan Balok Pengaku (Ring Balk, Balok Latei) agar dapat menahan Gaya Lateral Gempa.



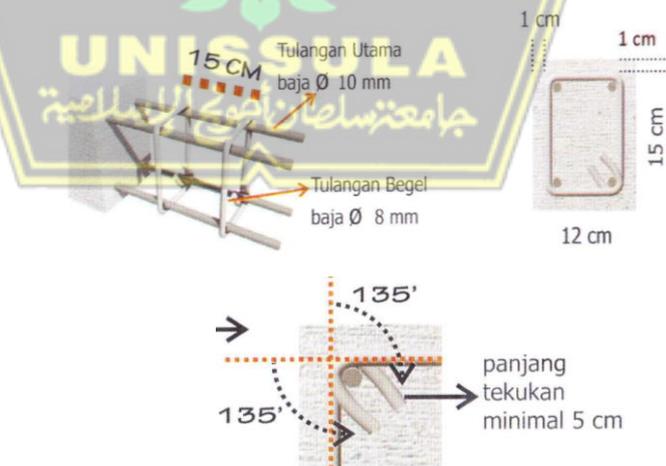
Gambar 2.16 Kolom Praktis Sebagai Pengaku Dinding
 Sumber : Pedoman Teknis Rumah dan Bangunan Gedung Tahan Gempa (2006)



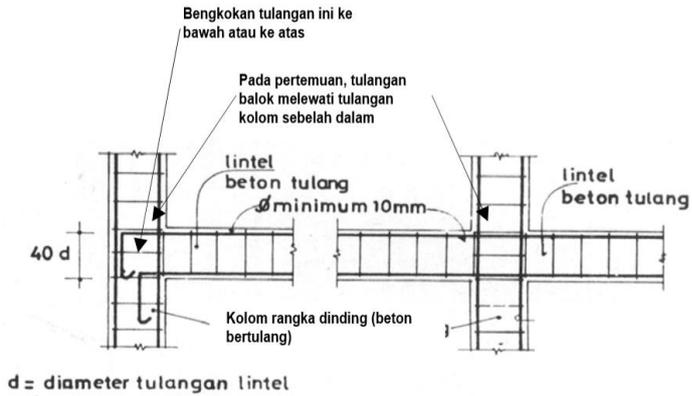
Gambar 2.17 Ring Balk yang Diikat Pada Kolom
 Sumber : Pedoman Teknis Rumah dan Bangunan Gedung Tahan Gempa (2006)

4) Balok Bangunan

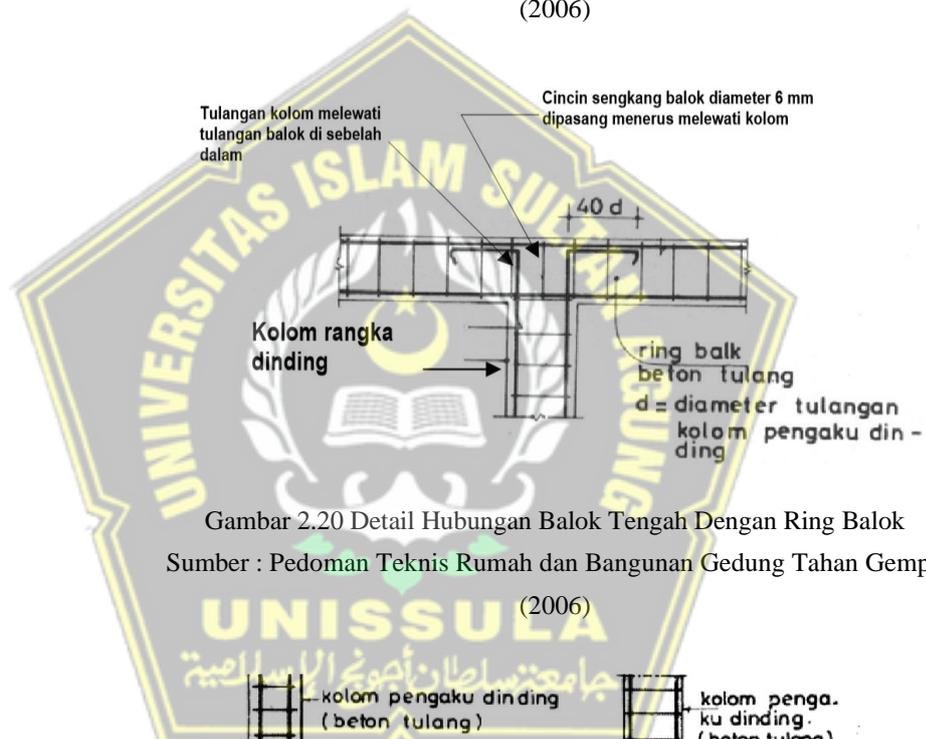
Balok bangunan rumah/gedung sederhana terdiri dari *Ring Balk* (Balok Keliling) dan Balok Latei/Lintel. Balok Latei/Lintel memiliki fungsi yaitu sebagai penguat horizontal dan umumnya terletak di atas kusen. Balok Latei/Lintel harus diikatkan pada kolom, *Ring Balk* harus diikatkan pada kolom-kolom rangka beton bertulang dan sambungan kolom dengan Balok Pengikat/*Sloof*, dengan detail penulangan pada sambungan tersebut dapat dilihat pada gambar berikut.



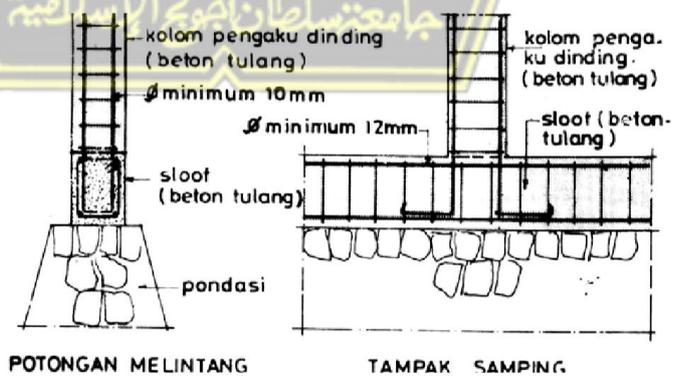
Gambar 2.18 Detail Dimensi *Ring Balk* (Balok Keliling)
 Sumber : Pedoman Teknis Rumah dan Bangunan Gedung Tahan Gempa (2006)



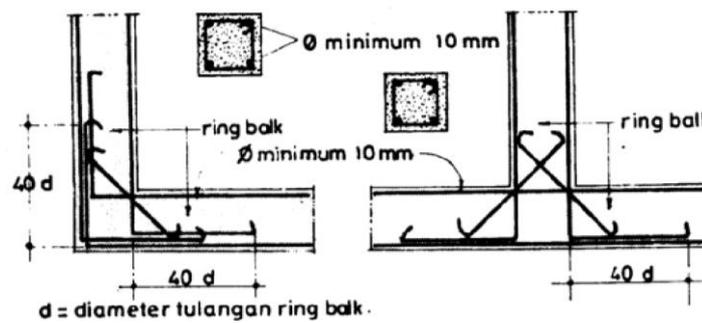
Gambar 2.19 Detail Hubungan Balok Lintel Dengan Kolum Tengah
 Sumber : Pedoman Teknis Rumah dan Bangunan Gedung Tahan Gempa (2006)



Gambar 2.20 Detail Hubungan Balok Tengah Dengan Ring Balok
 Sumber : Pedoman Teknis Rumah dan Bangunan Gedung Tahan Gempa (2006)



Gambar 2.21 Detail Penulangan Pertemuan Balok Sloof dengan Kolum
 Sumber : Pedoman Teknis Rumah dan Bangunan Gedung Tahan Gempa (2006)

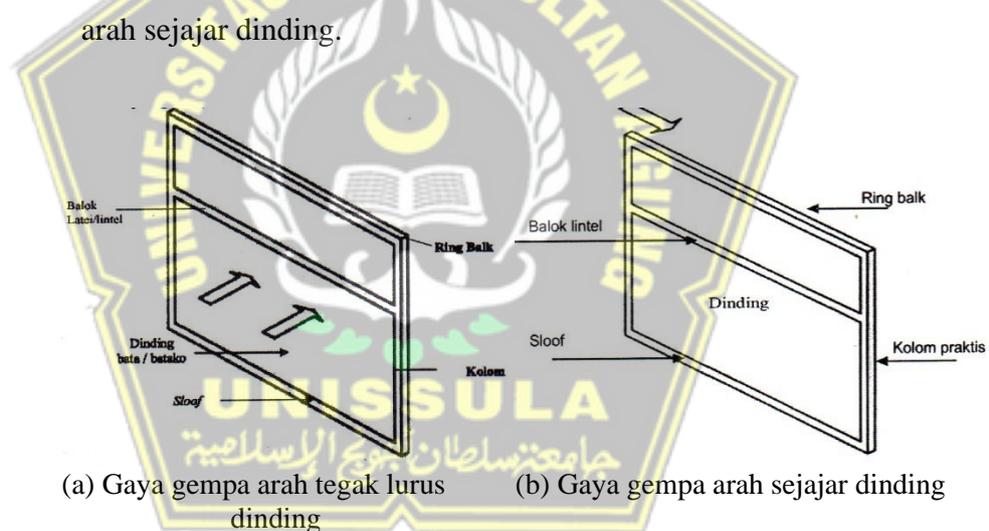


Gambar 2.22 Detail Penulangan Pada Pertemuan Antar Ring Balok
 Sumber : Pedoman Teknis Rumah dan Bangunan Gedung Tahan Gempa (2006)

5) Dinding

Dinding khususnya dinding tembokan mempunyai fungsi antara lain sebagai berikut:

- a. Dinding bangunan pada saat terjadinya gempa akan memikul Beban Permukaan pada arah tegak lurus dinding dan Beban Geser pada arah sejajar dinding.

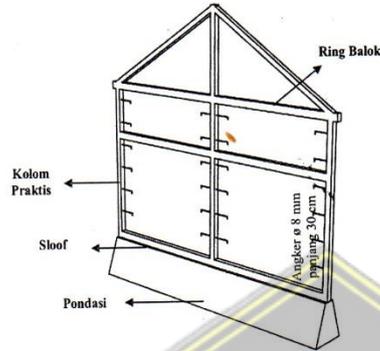


Gambar 2.23 Beban yang Diterima Dinding Pada Saat Gempa Terjadi
 Sumber : Pedoman Teknis Rumah dan Bangunan Gedung Tahan Gempa (2006)

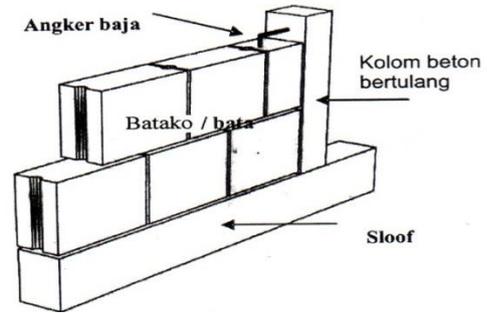
- b. Kekuatan dinding dalam menahan beban dipengaruhi oleh adanya perkuatan dari anker pada sisi dinding dan adanya perkuatan dari (Kolom Praktis) pada dinding itu sendiri (Gambar 2.24).
- c. Dinding harusnya diangker pada kolom dengan ukuran panjang anker 1,5 kali panjang batu bata atau batako. Selain itu, anker

dipasang setiap 10 lapis bata merah atau tiap 3 kali lapis batako (Gambar 2.25).

- d. Dinding harus diberikan Kolom Praktis dan Balok Pengikat pada bagian bidang dinding yang mempunyai luas lebih dari 12 m² atau panjang dinding 15 kali tebal dinding.



Gambar 2.24 Perkuatan Pada Dinding
Sumber : Pedoman Teknis Rumah dan Bangunan Gedung Tahan Gempa (2006)

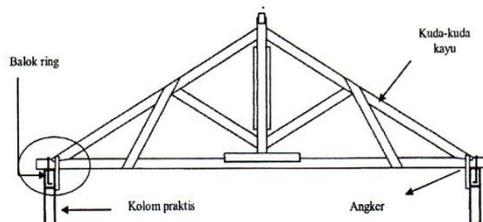


Gambar 2.25 Dinding yang Diangker Pada Kolom
Sumber : Pedoman Teknis Rumah dan Bangunan Gedung Tahan Gempa (2006)

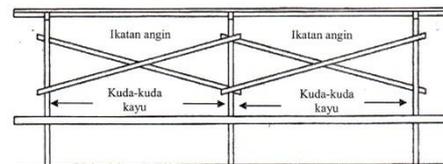
- e. Pemasangan Dinding 1/2 Bata harus diperkuat dengan tambahan adanya Kolom Praktis yang mengikat baik dengan Sloof (di kaki) dan Balok Ring di atas (puncak dinding).

6) Atap

Rangka Atap Kuda-Kuda harus kuat menahan Beban Atap itu sendiri dan harus diperkuat dengan angker pada dukungannya yaitu pada kolom atau Balok Ring. Pada arah memanjang, atap harus diperkuat dengan Ikatan Angin antara Rangka Kuda-Kuda (Gambar 2.26).

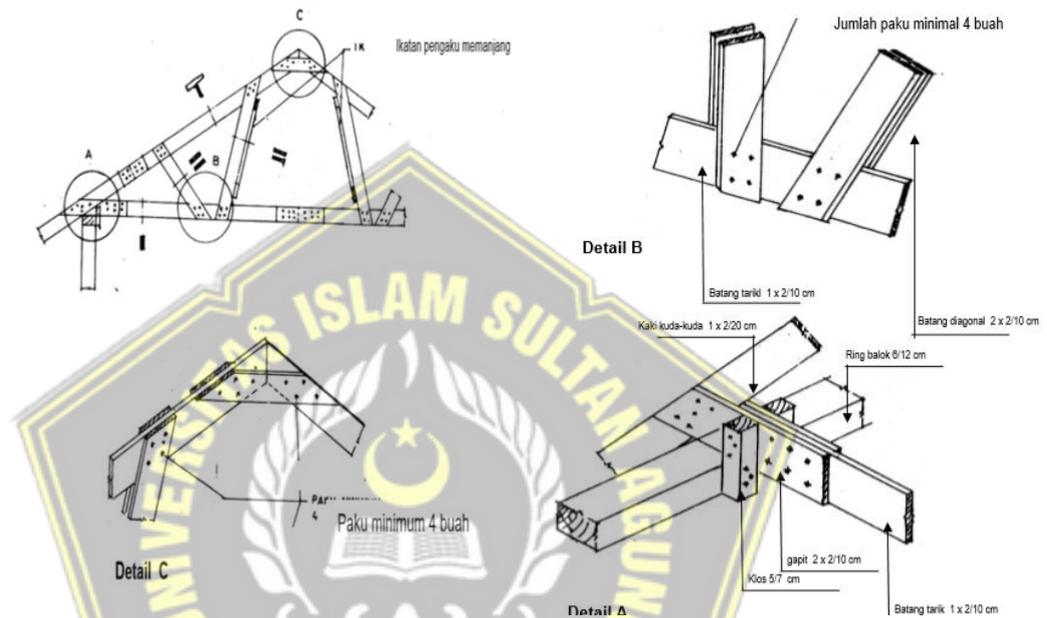


Gambar 2.26 Kuda-Kuda Kayu
Sumber : Pedoman Teknis Rumah dan Bangunan Gedung Tahan Gempa (2006)



Gambar 2.27 Ikatan Angin Antara Kuda-Kuda
Sumber : Pedoman Teknis Rumah dan Bangunan Gedung Tahan Gempa (2006)

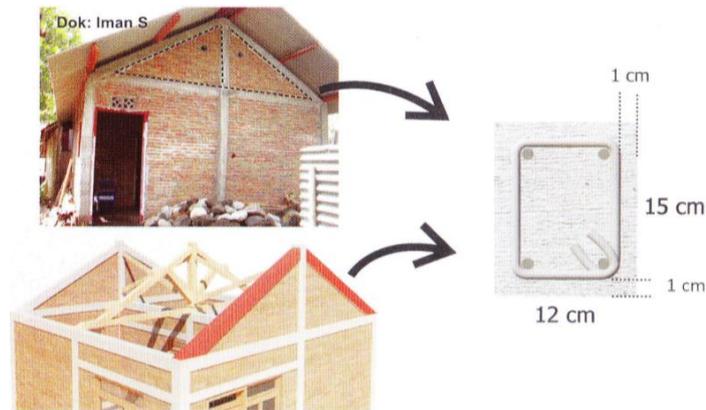
Kuda-kuda Atap untuk Bangunan Gedung dan Rumah Tahan Gempa disarankan menggunakan Kuda-Kuda Papan Paku. Kuda-Kuda Atap ini cukup ringan dan pembuatannya juga sederhana. Ukuran kayu yang digunakan adalah 2 cm x 10 cm, dan jumlah paku yang digunakan minimum 4 buah paku dengan panjang 2,5 kali Tebal Kayu. Desain Kuda-Kuda Atap Kayu menyesuaikan dengan Panjang Bentang dan Beban Atap.



Gambar 2.28 Kuda-Kuda Kayu Papan Paku

Sumber : Pedoman Teknis Rumah dan Bangunan Gedung Tahan Gempa (2006)

Bingkai bidang Gunung-Gunung/*Ampig* terbuat dari Beton Bertulang dengan ukuran 15 cm x 12 cm. Menggunakan Tulangan Utama Diameter besi 10 mm dan Begel Diameter 8 mm, Tebal Selimut Beton 1 cm. Gunung-Gunung/*Ampig* terbuat dari susunan bata yang dipadukan dengan Campuran Adukan 1 semen : 4 pasir, dan diplester. Penggunaan material bahan ringan seperti papan/GRC juga disarankan untuk meminimalisasi akibat yang sangat beresiko apabila *Ampig* runtuh saat terjadi gempa. Dinding Gunung-Gunung/*Ampig* akan mengalami defleksi yang besar bila diguncang Beban Gempa karena terletak pada posisi bagian tertinggi. Oleh karena itu, Gunung-Gunung memerlukan perkuatan berupa rangka dinding (Gambar 2.29).



Gambar 2.29 Gunung-gunung/Ampig

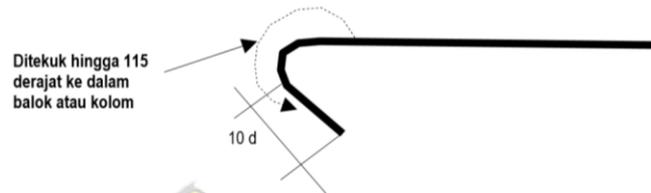
Sumber : Pedoman Teknis Rumah dan Bangunan Gedung Tahan Gempa (2006)

7) Desain Struktur

Struktur bangunan gedung harus didesain sedemikian rupa sehingga memiliki daktilitas yang kuat pada material maupun strukturnya, kelenturan pada strukturnya dan memiliki daya tahan terhadap kerusakan. Beton dan Baja Tulangan untuk rangka pengaku dinding dari Beton Bertulang harus memenuhi ketentuan sebagai berikut :

- a. Campuran agregat beton yang dianjurkan minimum perbandingan adalah 1 bagian semen, 2 bagian pasir dan 3 bagian kerikil serta $\frac{1}{2}$ bagian air, sehingga menghasilkan Kekuatan Tekan Beton pada umur beton 28 hari minimum 175 kg/cm^2 .
- b. Pengecoran beton disarankan dilakukan secara berkesinambungan (tidak berhenti di setengah balok atau di setengah kolom).
- c. Pengadukan beton sedapat mungkin menggunakan Alat Pencampur Beton (Beton Molen/*Concrete Mixer*).
- d. Apabila pencampuran beton dilakukan secara manual yang pengadukan betonnya menggunakan tenaga manusia, disarankan untuk menggunakan bak dari bahan logam atau bahan lain yang kedap air.
- e. Kekuatan Tarik Baja minimum adalah 2400 kg/cm^2 .
- f. Diameter Tulangan Utama untuk Balok Lintel, Balok Ring dan Kolom minimum Diameter $\emptyset 10 \text{ mm}$ dan untuk Sengkang minimum Diameter $\emptyset 6 \text{ mm}$ dengan jarak as ke as Sengkang 15 cm.

- g. Diameter Tulangan Utama untuk Balok Sloof/Balok Pengikat Pondasi minimum ukuran diameter \varnothing 12 mm, dan ukuran sengkang minimum Diameter \varnothing 8 mm dengan jarak as ke as sengkang 15 cm.
- h. Agar diperoleh efek angkur yang maksimum dari Besi Tulangan, maka pada setiap ujung tulangan harus ditekuk ke arah dalam balok sehingga membentuk Sudut 115° .



Gambar 2.30 Tekukan Besi Untuk Mendapatkan Efek Angkur
 Sumber : Pedoman Teknis Rumah dan Bangunan Gedung Tahan Gempa (2006)

Untuk membatasi luas bidang dinding 16 m^2 , maka harus dipasang Balok-Balok Lintel. Agar mencegah adanya retak pada sudut-sudut bukaan pintu dan jendela, maka dipasang Kolom-Kolom Pengaku yang menerus dari Balok Lintel ke Balok Sloof/Balok Pengikat.

Supaya memudahkan dalam pengerjaan pengecoran beton dan mendapatkan hasil mutu beton yang berkualitas baik, maka dianjurkan untuk menggunakan ukuran Penampang Balok minimum $15 \text{ cm} \times 20 \text{ cm}$ dan ukuran Penampang Kolom minimum $15 \text{ cm} \times 15 \text{ cm}$.

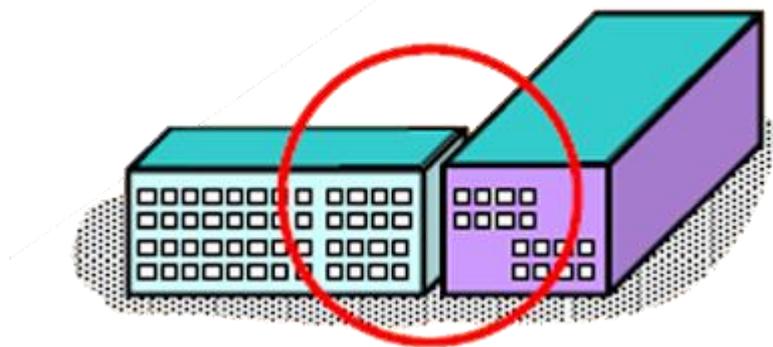


Gambar 2.31 Bangunan Gedung Konstruksi Rangka Sederhana Beton Bertulang Dengan Dinding Pasangan Bertulang
 Sumber : Pedoman Teknis Rumah dan Bangunan Gedung Tahan Gempa (2006)

2.5 Struktur Dilatasi

Dilatasi adalah sebuah sambungan atau pemisahan pada bangunan karena sesuatu hal memiliki sistem struktur berbeda. Hal ini dilakukan agar pada saat terjadinya Beban (Gaya Vertikal dan Horizontal, seperti pergeseran tanah atau Gempa Bumi) pada bangunan tidak menimbulkan keretakan atau putusnya Sistem Struktur bangunan tersebut. Dilatasi baik digunakan pada pertemuan antara Bangunan yang rendah dengan Bangunan yang tinggi, antar Bangunan Induk dengan Bangunan Sayap dan Bagian Bangunan lain yang mempunyai geometris. Nugroho (2016) menjelaskan bahwa Dilatasi merupakan sambungan/jalur pada bangunan yang memiliki struktur berbeda. Dilatasi bangunan juga dapat diartikan sebagai pembagian struktur bangunan yang tidak simetris menjadi beberapa blok/bagian denah bangunan simetris. Pelebaran bangunan biasanya diterapkan pada pertemuan Bangunan Rendah dengan Tinggi, antara Bangunan Induk dengan Sayap dan Bangunan dengan denah yang tidak simetris.

Dilatasi berfungsi menghindari terjadinya keretakan atau putusnya Sistem Struktur Bangunan apabila terjadi beban pada bangunan akan berpotensi mengalami benturan. Benturan pada elemen struktur dapat menyebabkan keruntuhan pada bangunan akibat rusaknya elemen struktur yang terbentur. Penyelesaian masalah benturan secara konvensional adalah dengan menggunakan Dilatasi sebagai jarak antar bangunan sedemikian sehingga benturan tidak terjadi bila terjadi gempa.



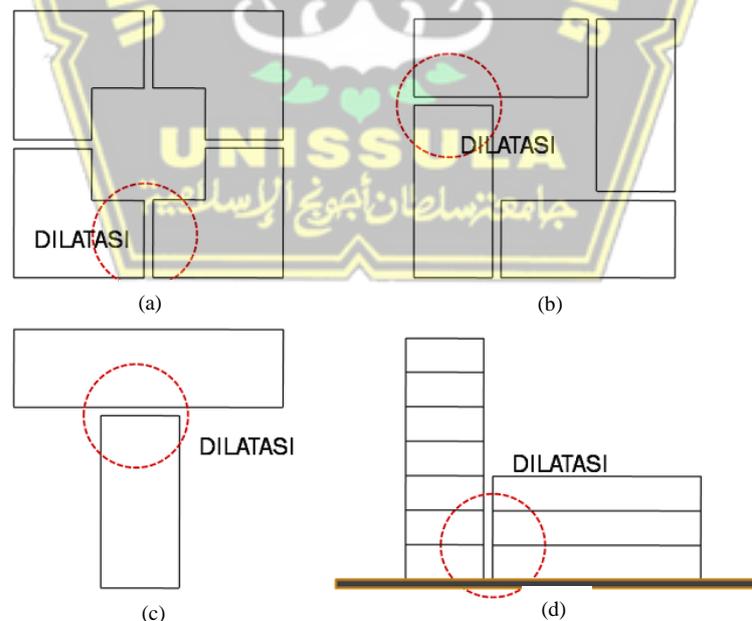
Gambar 2.32 Contoh Massa Bangunan dengan Sistem Dilatasi

Sumber : <http://projectmedias.blogspot.com/2013/10/dilatasi-bangunan.html>

Menggabungkan dua struktur bangunan menjadi satu kesatuan juga dapat menghindari masalah benturan. Alternatif lainnya adalah menggunakan material penyerap energi benturan sehingga benturan yang terjadi tidak menyebabkan kerusakan pada elemen struktur. Penggunaan Dilatasi diantara dua bangunan yang berdampingan menyebabkan setiap bangunan bekerja sebagai suatu Sistem Tunggal yang terpisah. Lebar Dilatasi yang dapat mencegah benturan antar dua bangunan telah diatur dalam Peraturan Gempa Indonesia dan Peraturan Internasional.

Dari hasil penelitian yang dilakukan oleh Nugroho (2016) dapat disimpulkan bahwa pada bangunan dengan bentuk denah yang tidak beraturan, sebaiknya strukturnya dipisahkan dengan Dilatasi untuk meningkatkan kinerja Struktur Bangunan. Ditemukan bahwa Bangunan dengan Dilatasi ketahanan strukturnya lebih baik daripada tanpa Dilatasi, asalkan Dilatasi bangunan diberikan cukup jarak agar tidak menimbulkan benturan antar Struktur Bangunan.

Terdapat beberapa jenis Dilatasi yang ada. Setiap jenis memiliki penempatan khusus tergantung pada bentuk bangunan seperti ditunjukkan dalam Gambar 2.33.



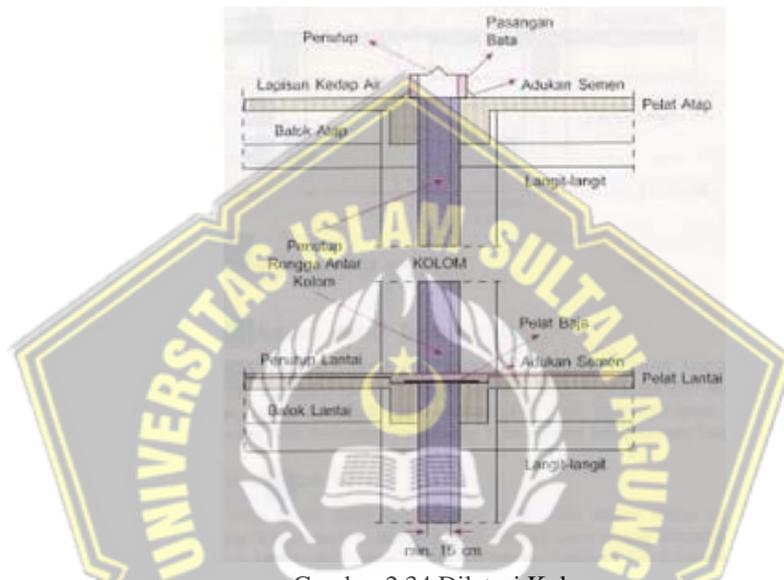
Gambar 2.33 Contoh Bentuk Dilatasi

Sumber : <http://projectmedias.blogspot.com/2013/10/dilatasi-bangunan.html>

a,b,c → Tampak Atas
d → Tampak Samping

1) Dilatasi dengan 2 Kolom

Dilatasi dengan 2 Kolom adalah metode pemisahan struktur bangunan dengan membuat 2 kolom berdekatan dimana setiap satu kolom menanggung struktur bangunan masing-masing sehingga dalam hal ini tidak ada hubungan Struktur Rigid yang menyambung 2 kolom yang berdekatan tersebut. Dilatasi dengan 2 Kolom ini biasanya dihubungkan dengan penutup yang bersifat fleksibel dan akan hancur jika terjadi pergeseran struktur pada salah satu bangunan.



Gambar 2.34 Dilatasi Kolom

Sumber : <http://projectmedias.blogspot.com/2013/10/dilatasi-bangunan.html>

Dilatasi dengan 2 kolom biasanya digunakan untuk bangunan yang bentuknya memanjang (linier). Dengan adanya Dilatasi maka jarak kolom akan menjadi pendek. Untuk lebih mengerti mengenai Dilatasi Kolom, bisa dilihat dalam ilustrasi sebagai berikut :



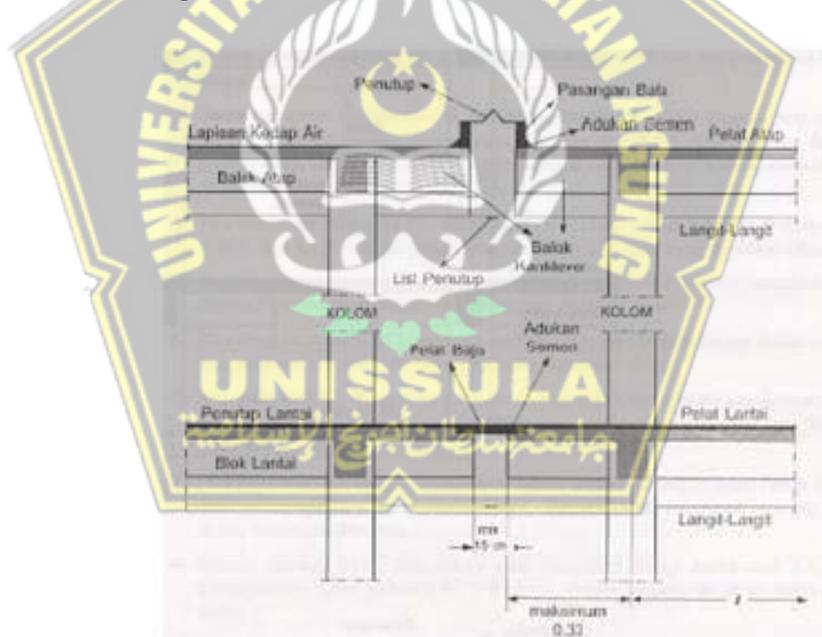
Gambar 2.35 Ilustrasi Dilatasi Kolom

Sumber : <http://projectmedias.blogspot.com/2013/10/dilatasi-bangunan.html>

Pada Gambar 2.35 di atas, Warna Oranye adalah Plat Lantai yang menyatu dengan struktur bangunan, sementara Penutup Warna Hijau adalah penutup pada Struktur Dilatasi. Jika terjadi gempa atau pergeseran tanah, Struktur pada Bangunan Kanan dan Kiri mungkin saja memiliki pergerakan yang berbeda dan karena dimensi bangunan yang terlalu panjang dan jika dibuat *rigid* tanpa Dilatasi maka struktur akan lebih mudah patah.

Dengan menambahkan Dilatasi maka dampak patahan dapat diatasi. Bagian Penutup Berwarna Hijau sebagai Struktur Penyambung akan lebih dahulu hancur untuk menghindari kehancuran pada Struktur Utama yang berwarna oranye. Dengan demikian Struktur Utama akan tetap kokoh dan hanya memerlukan sedikit perbaikan *finishing* pada Area Berwarna Hijau.

2) Dilatasi dengan Balok Kantiliver

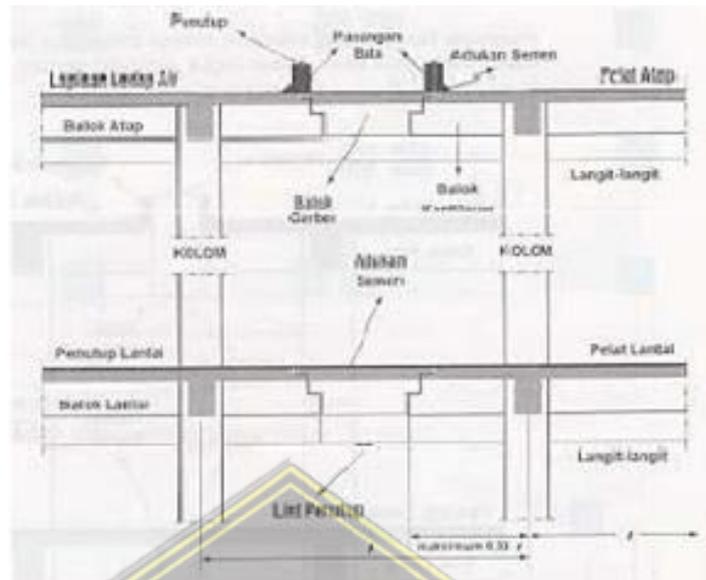


Gambar 2.36 Dilatasi Kantilever

Sumber : <http://projectmedias.blogspot.com/2013/10/dilatasi-bangunan.html>

Dilatasi juga bisa dilakukan dengan Struktur Balok Kantiliver. Bentang Balok Kantiliver maksimal $\frac{1}{3}$ dari Bentang Balok Induk. Pada lokasi Dilatasi Bentang Kolom dirubah (diperkecil) menjadi $\frac{2}{3}$ bentang Kolom yang lain.

3) Dilatasi dengan Balok Gerber

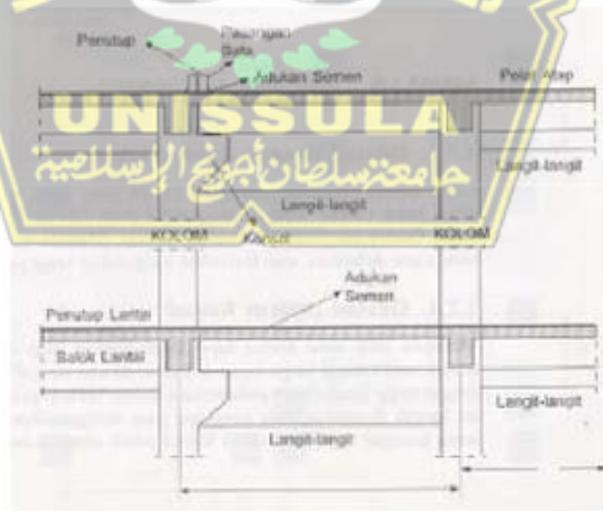


Gambar 2.37 Dilatasi dengan Balok Gerber

Sumber : <http://projectmedias.blogspot.com/2013/10/dilatasi-bangunan.html>

Sistem ini dipergunakan apabila diinginkan jarak kolom tetap sama. Sistem ini memiliki kelemahan apabila ada Beban Horizontal yang cukup besar (akibat Gempa Bumi) akan berakibat fatal (lepas dan jatuh).

4) Dilatasi dengan Konsol



Gambar 2.38 Dilatasi dengan Konsol

Sumber : <http://projectmedias.blogspot.com/2013/10/dilatasi-bangunan.html>

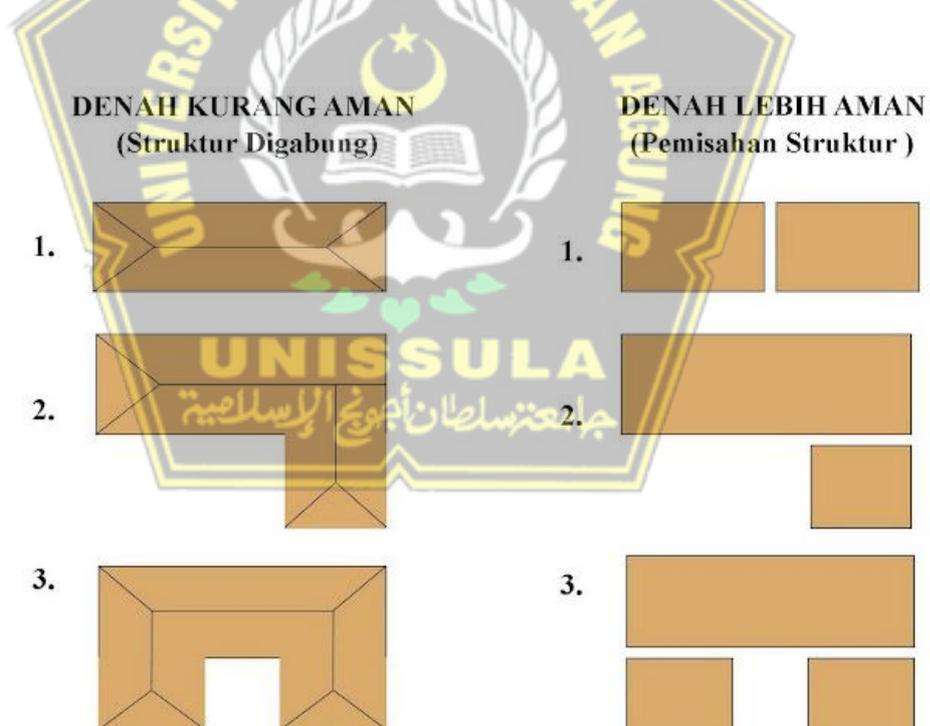
Dengan Sistem ini jarak kolom dapat dipertahankan sama. Umumnya dipergunakan pada bangunan yang menggunakan Material Pre-Fabrikasi.

Penerapan Sistem Dilatasi perlu diperhatikan jaraknya. Jarak Dilatasi harus benar-benar diperhitungkan. Dilatasi yang terlalu sempit apabila terkena pergeseran akibat Gaya Vertikal maupun Horizontal akan timbul banyak masalah, mulai dari Dilatasi itu sendiri yang rusak, kebocoran yang sulit diperbaiki, sampai kerusakan-kerusakan di bagian lain akibat saling bertabrakannya Blok Bangunan satu dengan yang lainnya.



Gambar 2.39 Jarak Dilatasi

Sumber : <http://projectmedias.blogspot.com/2013/10/dilatasi-bangunan.html>



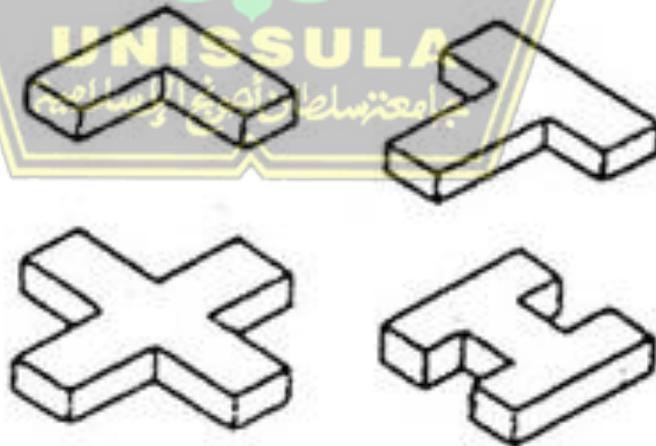
Gambar 2.40 Bentuk Denah Konsep Dilatasi

Sumber : <http://projectmedias.blogspot.com/2013/10/dilatasi-bangunan.html>

Bentuk Denah bangunan sebaiknya sederhana, simetris dan dipisahkan (pemisahan struktur). Untuk menghindari adanya Dilatasi

(perputaran atau pergerakan) bangunan saat gempa. Namun Dilatasi ini pun menimbulkan masalah pada bangunan yaitu :

- a. Dua atau beberapa gedung yang Dilatasi akan mempunyai waktu getar alami yang berbeda, sehingga akan menyebabkan benturan antar gedung,
- b. Ketidak-efektifan dalam pemasangan interior, seperti : plafon, keramik, dll
- c. Perlunya konstruksi khusus (Balok Korbrel).
- d. Dilatasi bangunan biasanya diterapkan pada :
- e. Bangunan yang mempunyai tinggi berbeda – beda. (pertemuan antara bangunan yang rendah dengan yang tinggi).
- f. Pemisah bangunan induk dengan bangunan sayap.
- g. Bangunan yang memiliki kelemahan geometris.
- h. Bangunan yang memiliki Panjang >30 m.
- i. Bangunan yang berdiri di atas tanah yang kurang rata.
- j. Bangunan yang ada di daerah gempa.
- k. Bangunan yang mempunyai bentuk Denah Bangunan L, T, Z, O, H dan U.



Gambar 2.41 Denah Bangunan Bentuk L, T, X, H
Sumber : <http://projectmedias.blogspot.com/2013/10/dilatasi-bangunan.html>

2.6 Summary Referensi

Bangunan Tahan Gempa merupakan bangunan yang dibangun harus relatif kuat menahan Beban Gempa tetapi biaya pembangunannya tidak terlalu mahal. Filosofi desain Bangunan Tahan Gempa dapat dikelompokkan berdasarkan kekuatan gempa. Desain filosofi (*Earthquake Design Philosophy*) suatu bangunan akibat Beban Gempa adalah sebagai berikut :

- a. Pada Gempa Kecil yang sering terjadi, maka Struktur Bangunan harus tidak rusak dan berfungsi dengan baik. Kerusakan kecil pada Elemen Non-Struktur masih ditoleransi.
- b. Pada Gempa Menengah yang relatif jarang terjadi, maka Struktur Utama bangunan boleh rusak/retak ringan tetapi masih dapat/ekonomis untuk diperbaiki.
- c. Pada Gempa Kuat yang jarang terjadi, maka struktur bangunan boleh rusak tetapi tidak boleh runtuh total (*Totally Collapse*).

Bangunan Tahan Gempa adalah bangunan yang dapat menahan Beban Gempa adalah tidak ekonomis. Oleh karena itu prioritas utama dalam membangun Bangunan Tahan Gempa adalah terciptanya suatu bangunan yang dapat mencegah terjadinya korban, serta memperkecil kerugian harta benda. Dari hal tersebut pengertian Bangunan Tahan Gempa adalah :

- a. Bila terjadi Gempa Ringan, bangunan tidak boleh mengalami kerusakan baik pada Komponen Non-Struktural maupun pada Komponen Strukturalnya.
- b. Bila terjadi Gempa Sedang, bangunan boleh mengalami kerusakan pada Komponen Non-Strukturalnya (plafon runtuh, dinding retak) akan tetapi Komponen Struktural (kolom, balok, sloof) tidak boleh rusak.
- c. Bila terjadi Gempa Besar, bangunan boleh mengalami kerusakan baik pada Komponen Non-Struktural maupun Komponen Strukturalnya, akan tetapi jiwa Penghuni bangunan tetap selamat, artinya sebelum bangunan runtuh masih cukup waktu bagi Penghuni bangunan untuk keluar.

Di Indonesia desain Bangunan Tahan Gempa diatur dalam SNI 1726:2019 tentang Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Struktur

Bangunan Gedung dan Non Gedung. Menurut SNI 1726:2019 Pasal 4.1.1 tentang Gempa Rencana, Gempa Rencana ditetapkan sebagai gempa dengan kemungkinan terlewati besarnya selama Umur Struktur Bangunan 50 tahun adalah sebesar 2 persen.

Mengacu pada Buku Pedoman Teknis Rumah dan Bangunan Gedung Tahan Gempa yang diterbitkan oleh Direktorat Jenderal Cipta Karya, Departemen Pekerjaan Umum (2006), Persyaratan Pokok Rumah Yang Lebih Aman yang disusun oleh Teddy Boen dkk (2009) kerjasama Kementerian Pekerjaan Umum dan JICA, Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Bangunan Gedung dan Non Gedung (SNI 1726:2019) dan beberapa referensi terkait diantaranya Sarwidi dkk. (2003) dalam bukunya dengan judul “Manual Bangunan Tahan Gempa, Rumah Tinggal Sederhana Tembokan”, dalam menentukan Konstruksi Tahan Gempa dapat diuraikan sebagai berikut : Persyaratan pokok Konstruksi Bangunan Gedung Sederhana Tahan Gempa yang lebih aman berupa : kualitas bahan bangunan yang baik, keberadaan dan Dimensi Struktur yang sesuai, seluruh Elemen Struktur Utama tersambung dengan baik, mutu pengerjaan yang baik. Komponen atau bagian bangunan menjadi kesatuan yang tidak terpisahkan dalam mereduksi Beban Gempa. Untuk mengetahui tingkat kekuatan Struktur Bangunan Tahan Gempa, Peneliti meninjau dari 4 (empat) aspek, yaitu Aspek Lokasi, Aspek Material/Bahan, Aspek Arsitektur dan Aspek Struktur.

Dilatasi merupakan sambungan/jalur pada bangunan yang memiliki struktur berbeda. Dilatasi bangunan juga dapat diartikan sebagai pembagian Struktur Bangunan yang tidak simetris menjadi beberapa blok/bagian denah bangunan simetris. Pelebaran bangunan biasanya diterapkan pada pertemuan Bangunan Rendah dengan Bangunan Tinggi, antara Bangunan Induk dengan Sayap dan Bangunan dengan Denah yang Tidak Simetris.

Dari beberapa rangkuman di atas dapat diambil sebuah uraian terkait proses tahap awal dari Perencanaan Struktur Bangunan Gedung Tahan Gempa khususnya untuk pembangunan Bangunan Gedung Negara. Konfigurasi dari Denah Bangunan, Material Struktur dan Bentuk atau Sistem Struktur, harus ditentukan terlebih dahulu yang akan mempengaruhi tahap

selanjutnya dari Prosedur Perencanaan Struktur Bangunan Tahan Gempa tersebut terutama dengan kombinasi variasi sistem dilatasi gedung. Material-material untuk Struktur Bangunan, mempunyai sifat atau karakteristik yang berlainan dalam menerima pengaruh Beban Gempa yang bersifat dinamik, oleh karena itu material dari struktur harus dipilih sedemikian rupa sehingga didapatkan Sistem Struktur yang ekonomis dan cukup aman terhadap pengaruh beban-beban yang bekerja selama umur rencananya. Yang perlu diperhatikan oleh Seorang Perencana Struktur di dalam merancang Struktur Tahan Gempa adalah bahwa bentuk atau konfigurasi Struktur akan berpengaruh terhadap Respons Statik maupun Respons Dinamik dari Struktur, di dalam menerima Beban Gempa. Dari hal tersebut di atas, perlu adanya pengembangan penelitian lebih lanjut mengenai telaah atau kajian analisa Struktur Bangunan Gedung Tahan Gempa dengan penambahan Sistem Dilatasi terutama pada pembangunan Bangunan Gedung Negara yang harus mengikuti Persyaratan-Persyaratan Teknis atau Kaidah-Kaidah Teknis sesuai Peraturan Bangunan Gedung Tahan Gempa yang masih berlaku.

2.7 Penelitian Terdahulu

Berikut merupakan kumpulan beberapa penelitian mengenai Analisis Bangunan Tahan Gempa pada Bangunan Gedung dengan variasi penambahan baik Dilatasi maupun Non-Dilatasi sebagaimana ditunjukkan dalam Tabel 2.2.

Tabel 2.2 Penelitian Sebelumnya

Penulis (tahun)	Judul	Hasil
Frans Okto Simatupang, Ruddy Kurniawan, Sabril Haris (2023)	Analisis Struktur Beton Bertulang Tahan Gempa Untuk Berbagai Variasi Tinggi Bangunan	<p>Perencanaan struktur bangunan bertingkat tinggi adalah kekuatan struktur bangunan itu sendiri, dimana faktor ini sangat terkait dengan keamanan dan ketahanan bangunan dalam menahan dan menampung beban yang bekerja pada struktur. Salah satu penyebab keruntuhan bangunan adalah ketidakstabilan struktur. Saat merencanakan dan mendesain suatu struktur, ketidakstabilan pada struktur merupakan hal dasar harus dihindari serta diperhatikan. Struktur yang tidak stabil apabila menerima beban maka struktur tersebut mengalami perubahan bentuk yang lebih besar dibandingkan struktur yang stabil.</p> <p>Model struktur bangunan tipikal dengan variasi jumlah lantai telah di desain sesuai dengan ketentuan SNI 1726-2019 dan SNI 2847-2019. Bangunan 5 sampai 20 lantai, kenaikan volume beton, volume baja tulangan, volume bekisting dan Rencana Anggaran Biaya struktur sebanding dengan kenaikan jumlah lantai dalam fungsi kurva pangkat 3. Geser sebaiknya digunakan untuk bangunan mulai dari ketinggian 7 lantai. Kekuatan dan kekakuan struktur dengan dinding geser lebih tinggi dibanding yang tanpa dinding geser.</p>
Mohammad Imamuddin, Budiman, Rachmad Irwanto, Hastri Rosiyanti, Imam Susandi, Irsadul Anam, Mawaddah (2022)	Mewujudkan Bangunan Sekolah Tahan Gempa; Perancangan Struktur Atas Gedung SDIT Al-Isra' Jatiasih Kota Bekasi	<p>Pengabdian kepada Masyarakat merupakan suatu kegiatan implementasi atau penelitian ilmu pengetahuan yang dimiliki pihak akademisi terhadap permasalahan yang dialami masyarakat, tim akademisi yang mempunyai kemampuan dalam memberikan solusi diantaranya memberikan desain struktur atas bangunan gedung sekolah tahan gempa. Gedung sekolah merupakan elemen penting yang mempunyai resiko tinggi terhadap korban jiwa apabila terjadi gempa, perlunya mendesain bangunan tahan gempa untuk memastikan seluruh elemen sekolah aman jika terjadi gempa.</p> <p>Perencanaan struktur bangunan sekolah harus didesain sesuai dengan peraturan berlaku, pada PkM ini telah didesain struktur atas yang sudah memenuhi semua peraturan, sehingga hasil desain ini dapat digunakan pihak mitra dalam membangun bangunan sekolah.</p>
Hendra, Lio Varan Zulkarnaen, Indah Rosanti, Rona Ariyansyah (2021)	Analisis Struktur Gedung Tahan Gempa Dengan Metode Sistem Ganda (Dual System)	<p>Berdasarkan hasil analisis struktur gedung tahan gempa dengan metode sistem ganda (dual system) maka gedung yang dirancang telah masuk kategori tahan gempa berdasarkan hasil kontrol yang dilakukan. Kontrol frekuensi alami fundamental yang terjadi pada struktur 2,046s dan periode ijinnya 3,964s; rasio partisipasi massa juga telah tercapai dari peraturan SNI yaitu sebesar 90% sedangkan partisipasi massa yang terjadi pada gedung arah X 95,6%, arah Y 95,7% dan arah Z 93,1%; simpangan antar tingkat (drift) juga telah memenuhi dari simpangan tingkat yang diijinkan sebesar 80mm sedangkan yang terjadi dibawah 80mm untuk setiap lantainya baik arah X maupun arah Y. Hasil penulangan Hasil perhitungan atap didapat ukuran kolom dan kuda-kuda ukuran IWF 148.100.6.9mm, gording CNP 150.50.20.3,2mm, 1 jenis pelat 130mm; 2 jenis balok 350mm / 700mm, 300mm / 600mm; 4 jenis kolom, K1 1200mm x 600mm, K2 800mm x 800mm, K3 1000mm x 500mm, K4 700mm x 700mm; 1 jenis dinding</p>

		geser 300mm; pelat tangga dan bordes 130mm; 4 jenis pondasi 3600mm x 3600mm x 700mm – spun pile 9 D 600mm; 1500mm x 1500mm x 400mm – spun pile 4 D 350mm; 3000mm x 3000mm x 500mm – spun pile 9 D 500mm; 7600mm x 5600mm x 1000mm – spun pile 12 – D 800mm.
Rizky Prihandoyo (2021)	Evaluasi Pengaruh Dilatasi Pada Gedung Baja Empat Lantai Terhadap Beban Gempa Menggunakan Metode Statik Pushover	<p>Perlunya pembelajaran dan pemahaman lebih lanjut dalam penggunaan perangkat lunak analisis struktur serta referensi yang valid mengenai analisis statik non-linier pushover dengan menggunakan perangkat lunak analisis struktur.</p> <p>Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut untuk membandingkan hasil analisis metode pushover dengan metode dinamik nonlinear time history mengingat gerakan tanah akibat gempa di suatu lokasi sulit diperkirakan dengan tepat, maka sebagai input gempa dapat didekati dengan gerakan tanah yang disimulasikan dari hasil rekaman akselerogram.</p>
Risky Setiawan (2021)	Analisis Kinerja Struktur Pada Desain Gedung Diagnostic Center Rumah Sakit Panti Rahayu Dengan Dilatasi	<ul style="list-style-type: none"> • Hasil kontrol kinerja batas layan berdasarkan SNI 1726:2019 pasal 8.1 adalah untuk gempa arah sumbu X dan sumbu Y pada pemodelan gedung A perpindahan (displacement) akibat gaya geser dasar gempa sebesar 4.151,9 kN masih aman. Pada pemodelan gedung B displacement akibat pembebanan gempa pada arah sumbu X dan Y masih masuk pada peraturan kinerja batas layan. • Hasil kontrol kinerja batas ultimit menurut SNI 1726:2019 untuk pemodelan gedung A simpangan antar lantai arah sumbu X dan sumbu Y yang terjadi pada struktur nilainya masih memenuhi batas yang disyaratkan pada peraturan, untuk pemodelan gedung B nilai simpangan antar lantai arah sumbu X dan sumbu Y nilainya juga masih masuk pada batas yang disyaratkan peraturan. <p>Tingkat kinerja desain gedung diagnostic center Rumah sakit Panti Rahayu berdasarkan ATC-40 pembatasan maksimum drift untuk pemodelan gedung A dan B pada sumbu X, sumbu Y menghasilkan kinerja struktur pada tingkatan Immediate Occupancy (IO) karena nilai maksimum drift yang terjadi dibawah 0,01. Selain itu, pada analisis titik performa menggunakan Capacity Spektrum Method dapat ditentukan titik performa gedung A untuk arah X nilainya sebesar 10.521 kN dan arah Y nilainya 11.939 kN, sedangkan untuk pemodelan gedung B untuk arah X sebesar 6.109,864 kN dan arah Y sebesar 7.255,4 kN. Nilai ini masih dibawah gaya geser dasar gempa yang nilainya untuk gedung A sebesar 4.151,9 dan B sebesar 2106,7 kN.</p>
Agus Bambang Siswanto, M Afif Salim (2018)	Kriteria Dasar Perencanaan Struktur Bangunan Tahan Gempa	<p>Beban gempa merupakan beban yang sangat tidak dapat diperkirakan baik besarnya, arahnya, maupun saat terjadinya. Besarnya beban gempa yang bekerja pada struktur bangunan, tergantung dari banyak variabel. Gaya horisontal, gaya vertikal dan momen torsi yang terjadi akibat gempa pada struktur, sangat tergantung pada berat dan kekakuan material struktur, konfigurasi dan sistem struktur, periode atau waktu getar struktur, kondisi tanah dasar, wilayah kegempaan, serta perilaku gempa itu sendiri.</p> <p>Agar beban gempa pada struktur bangunan yang diperhitungkan tidak terlalu besar dan arahnya cukup dapat diperkirakan, serta distribusi beban gempa dapat dilakukan dengan cara yang sederhana, maka ketentuan yang perlu diperhatikan dalam perencanaan struktur bangunan di daerah rawan gempa adalah : tata letak dari struktur, perencanaan</p>

		<p>kapasitas dengan konsep <i>strong column – weak beam</i>, serta pendetailan yang baik dari elemen-elemen struktur. Dengan memenuhi persyaratan-persyaratan di atas, maka dapat diharapkan perencanaan struktur di daerah rawan gempa dapat dilakukan dengan cara yang sederhana, aman, dan ekonomis.</p>
<p>Yunalia Muntafi dan Muhammad Rizky Haridio Putra (2017)</p>	<p>Analisis Gaya Dalam dan Simpangan Antar Lantai Gedung Asimetris Tahan Gempa dengan Variasi Dilatasi Studi Kasus: Bangunan Gedung Bookstore UII</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Pemodelan gedung Bookstore UII dengan dilatasi menghasilkan penurunan gaya geser dan momen yang cukup signifikan, terutama pada dilatasi tipe 1 (DT1). Namun tidak cukup memberikan dampak pada penurunan gaya aksial, hal ini dikarenakan pemotongan dilakukan pada titik dimana ada perbedaan geometri (DT1) dan perbedaan jumlah lantai (DT2) • Penggunaan dilatasi pada gedung Bookstore UII menghasilkan penurunan simpangan di mayoritas lantai gedung. Namun, dengan dilakukannya dilatasi juga menambah simpangan di beberapa lantai gedung, seperti pada lantai 1 dan 2, pada area lantai terbuka DT1-C, dan pada lantai 2 gedung DT1-B. hal ini tidak terjadi pada dilatasi tipe 2 (DT2) yang munjukan penurunan story drift dan displacement pada semua lantai. • Penerapan dilatasi tidak menunjukkan perbaikan dalam hal pengurangan amplifikasi torsional, hal ini disebabkan geometri yang dihasilkan oleh dua varian dilatasi gedung tidak mengurangi eksentrisitas titik massa gedung terhadap titik kekakuan gedung.
<p>Fajar Nugroho (2015)</p>	<p>Evaluasi Kinerja Bangunan Rencana Gedung Hotel A.N.S Dengan Dilatasi (Model B2) Di Daerah Rawan Gempa</p>	<p>Evaluasi kinerja struktur diperlukan terutama untuk bangunan yang terletak di daerah rawan gempa dengan intensitas tinggi. Pada daerah rawan gempa sebaiknya bangunan dirancang dengan bentuk struktur gedung beraturan untuk meminimalisir kerusakan akibat terjadinya gempa.</p>
<p>Zelly Rinaldi, Ari Widyati Purwantiasning, Ratna Dewi Nur'aini (2015)</p>	<p>Analisa Konstruksi Tahan Gempa Rumah Tradisional Suku Besemah Di Kota Pagaralam Sumatera Selatan</p>	<p>Gempa umumnya datang ke daerah pegunungan atau di tempat tertentu pada dunia. Hal ini terjadi karena pergerakan lempeng bumi atau efek dari ledakan gunung. Pada saat ini, manusia sudah bisa membangun gedung yang memiliki ketahanan terhadap gempa. Dengan teknologi modern, semua masalah bisa dihadapi secara efektif. Di Sumatera Selatan, ada rumah-rumah tradisional Suku Besemah yang memiliki ketahanan terhadap gempa. Rumah-rumah ini telah berdiri selama lebih dari 400 tahun yang lalu. Pemikiran terhadap konstruksi yang unik dari orang-orang di masa lalu untuk membuatnya mampu bertahan terhadap gempa. Hal inilah yang memotivasi kami untuk melakukan penelitian pada rumah tersebut. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk memberikan pengetahuan tentang konstruksi tahan gempa yang ditemukan di bangunan tradisional dari Suku Besemah. Rumah Besemah ini secara memenuhi semua prinsip rumah kayu tahan gempa yang ada pada saat ini. Penelitian ini bisa menjadi referensi untuk siswa dalam menciptakan sebuah bangunan arsitektur yang inovatif, dan juga memperkenalkan budaya Besemah untuk masyarakat umum. Penelitian ini merupakan penelitian Kualitatif dengan pendekatan Deduktif Rasionalistik dan Deskriptif.</p>

I Ketut Sulendra (2011)	Evaluasi Dan Tindakan Pengurangan Kerusakan Bangunan Berdasarkan Peta Zonasi Gempa Tahun 2010	Adanya perubahan zona gempa tahun 2010 Kota Palu berada pada daerah gempa dengan intensitas sangat tinggi sehingga diperlukan upaya evaluasi dan pengurangan kerentanan akibat gempa agar kerugian material dan korban jiwa dapat dikurangi. Titik-titik lemah bangunan yang merupakan titik-titik kegagalan bangunan akibat beban gempa, antara lain : join fondasi-kolom, join balok-kolom, dinding pasangan dan system struktur atap. Elemen-elemen tersebut sangat membutuhkan perkuatan sebelum terjadi gempa serta pendetailan penulangan yang akurat. Perkuatan dan perbaikan elemen struktur bangunan yang telah dikembangkan antara lain : perbaikan kerusakan dinding pasangan dengan metode plesteran yang diperkuat kawat, melapisi elemen struktur bangunan dengan lapisan betob baru, penambahan tulangan dan lapisan beton dengan metode shotcrete pada elemen balok, kolom dan pelat dan perbaikan retak dengan bahan epoxy resin pada elemen pelat.
Ir. Kardiyono Tjokrodimulyo, ME (1985)	Konsep Dasar Perencanaan Konstruksi Tahan Gempa	Ilmu yang mempelajari tentang konstruksi bangunan tahan gempa masih merupakan ilmu yang baru. Untuk mempelajarinya maka perlu diketahui tentang konsep yang mendasarinya. Hasil rekaman gempa dari gempa-gempa yang lalu menunjukkan bahwa percepatan permukaan tanah maximum dapat sangat besar, akan tetapi percepatan tanggap maximum konstruksi yang ada di atasnya dapat berbeda karena tergantung pula pada waktu getar alami dan besar redaman konstruksinya. Konstruksi yang liat, yaitu konstruksi yang mampu mengalami lendutan plastis sangat besar, dapat tidak runtuh bila terlanda gempa besar karena mampu menyerap dan memencarkan energi. Untuk memperoleh konstruksi yang liat maka cara penulangan bagian-bagian konstruksi merupakan hal yang penting pada perencanaan konstruksi beton bertulang tahan gempa.

Dari penelitian-penelitian sebelumnya di atas, bisa Penulis ambil beberapa referensi terkait penelitian berupa struktur bangunan gedung tahan gempa dan struktur dilatasi pada bangunan lama (eksisting) dengan bangunan baru. Khusus untuk referensi struktur dilatasi yang dibutuhkan yakni penelitian penggunaan struktur dilatasi sebagai jarak antar bangunan sedemikian rupa sehingga benturan tidak terjadi bila terjadi gempa serta menggabungkan dua struktur bangunan menjadi satu kesatuan sehingga dapat menghindari masalah benturan.

Manfaat dari penelitian sebelumnya dapat memberikan gambaran secara menyeluruh baik dari segi referensi tinjauan pustaka maupun detail perhitungan struktur untuk sebuah analisis material dan sistem struktur pada penerapan permodelan struktur bangunan gedung tahan gempa dengan penambahan dilatasi.

BAB III

METODE PENELITIAN

3.1 Lokasi Penelitian

Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui Analisis Material dan Sistem Struktur dari model Bangunan Gedung Tahan Gempa pada pekerjaan Rehabilitasi Gedung Kantor DPU Bina Marga dan Cipta Karya Provinsi Jawa Tengah yang dibuat berdasarkan Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Bangunan Gedung (SNI 1726:2019), serta apakah sudah sesuai dengan Kaidah-Kaidah Teknis Bangunan Tahan Gempa, sehingga aman bagi Pengguna Gedung dan dapat meminimalisir kerusakan jika terjadi Gempa.

Berkaitan dengan tujuan tersebut di atas, Metode Penelitian yang akan digunakan adalah gabungan antara kuantitatif dan kualitatif dengan mengacu kepada konsep dasar Bangunan Gedung Tahan Gempa. Evaluasi dilakukan berdasarkan data primer dan data sekunder berupa Laporan Pertanggungjawaban yang didalamnya memuat Dokumen Perencanaan (RAB, *Detail Engineering Design* (DED) /Gambar Teknis, Spesifikasi Teknis), Laporan Progres Fisik, Laporan Progres Keuangan, Shop Drawing, Gambar Pelaksanaan (*as build drawing*) dan Foto Dokumentasi.

3.2 Variabel Penelitian

Menurut Sugiyono (2013), definisi Operasional Variable adalah suatu atribut atau sifat atau nilai dari orang, obyek atau kegiatan yang mempunyai variasi tertentu yang ditetapkan oleh peneliti untuk dipelajari dan kemudian ditarik kesimpulannya.

Aspek variabel utama yang terkait dengan Kajian dan Tinjauan Teknis meliputi Struktur Bawah, Struktur Tengah/Antara dan Struktur Atas. (*foundation, substructure, dan super structure*). Untuk *Non-Engineered Building* variabel yang digunakan seperti pada Tabel 3.1 adalah garis besar Rencana Evaluasi Teknis Bangunan Gedung Tahan Gempa.

Tabel 3.1 Evaluasi Penerapan Material dan Sistem Struktur
Gedung Kantor Tahan Gempa
(Sumber : SNI 1726:2019)

No	Persyaratan	Deskripsi Evaluasi Teknis	Pemenuhan tinjauan Teknis		Uraian Pelaksanaan
			Ya	Tidak	
1	Tinjauan Aspek Lokasi				
	a. Stabilitas Tanah	<ul style="list-style-type: none"> - Lokasi pembangunan diatas tanah padas, stabil, datar, tidak diatas tanah miring atau tanah timbunan. - Bila dibangun pada lahan perbukitan, maka lereng bukit harus stabil, tidak longsor pada saat gempa bumi terjadi. - Bila dibangun di lahan dataran, maka tidak berada di lokasi yang memiliki jenis tanah sangat halus dan tanah liat yang sensitif (tanah mengembang) 			
		Standar Nasional Indonesia (SNI)			
	b. Lokasi Bangun/Rehab	Sebelum dibangun, lokasi harus dibersihkan dan diratakan			
	c. Penentuan Zonasi Gempa	Penentuan bangunan berdasarkan peta zonasi gempa Indonesia Peta Gempa Indonesia (Slitbang.pu.go.id, 2017)			
2	Tinjauan Aspek Material/Bahan				
	a. Batu bata / Bata Ringan / Batako	Warna batu bata sama dan seragam, ukuran sama, dan tidak retak/pecah Standar Nasional Indonesia (SNI)			
	b. Pasir dan Kerikil	Pasir kerikil bersih, warna seragam, tidak kotor, berlumpur dan tercampur sampah Standar Nasional Indonesia (SNI)			
	c. Kayu	Kayu dengan kualitas baik, yang lurus, keras, kering, berwarna gelap, tidak ada retak Standar Nasional Indonesia (SNI)			
	d. Air	Air yang digunakan adalah air bersih, tidak mengandung garam/asam			
	e. Hollow	Menggunakan Hollow yang umum di pasaran dan ber-SNI			
	f. Alumunium	Menggunakan Alumunium yang umum di pasaran dan ber-SNI			
	g. Semen Instant	Menggunakan Semen Instant yang umum di pasaran dan ber-SNI			

	h. Semen	Menggunakan Semen Tipe 1 (Portland Cement) yang umum di pasaran dan ber-SNI			
	i. Beton	Campuran beton terdiri dari 1 semen : 2 Pasir : 3 Kerikil : 0,5 air			
	j. Batu Pondasi	Pondasi menerus batu belah terbuat dari batu kali/gunung yang keras dan berwarna gelap			
	k. Mortar	Campuran volume mortar yang dianjurkan terdiri dari 1 semen : 4 pasir bersih : Air secukupnya			
3	Tinjauan Aspek Arsitektur				
	a. Denah bangunan simetris	Simetris terhadap kedua sumbu bangunan dan tidak terlalu panjang. Perbandingan lebar bangunan dengan panjang 1:2.			
	b. Berat Atap (ringan)	Menggunakan bahan-bahan atap yang ringan seperti seng, asbes gelombang atau aluminium, genteng, sirap			
	c. Overstek tidak terlalu panjang	Overstek pada bagian teras terutama tidak terlalu panjang			
	d. Bukaannya pada dinding pada dua sisi	Letak bukaan yang ditempatkan pada dua sisi yang saling berhadapan. Jumlah lebar bukaan dalam satu bidang dinding tidak melebihi setengah panjang dinding.			
	e. Kusen pintu/jendela angker ke tembok (ada)	Kusen pintu dan jendela diberi angker besi yang ditanamkan di dalam tembok, angker berfungsi untuk memperkuat ikatan antara dua atau lebih elemen struktural (tembok dan kusen)			
4	Tinjauan Aspek Struktur				
	a. Pondasi	<ul style="list-style-type: none"> - Pondasi ditempatkan pada tanah keras dan kuat - Dasar pondasi diletakkan lebih dalam dari 60 cm di bawah permukaan tanah. - Pondasi dihubungkan dengan balok pondasi (sloof) 			
	b. Balok Pengikat/Sloof	<ul style="list-style-type: none"> - Ukuran balok pengikat/ sloof minimal 15 x 20 cm, tulangan utama Ø 10 mm, tulangan begel Ø 8 mm, jarak tulangan begel 15 cm, tebal selimut beton 15 mm - Balok sloof diangkerkan pada fondasinya dengan jarak angker 1,5 meter dengan besi tulangan diameter 12 mm atau angker menggunakan tulangan diameter 10 mm dengan jarak maksimum 			

		angkur adalah 1 meter			
	b. Kolom/Tiang	<ul style="list-style-type: none"> - Bangunan menggunakan kolom sebagai elemen pemikul beban - Kolom diangker pada balok sloof atau ikatannya diteruskan pada fondasinya - Pada bagian ujung atas kolom beton bertulang atau setiap kolom harus diikat dan disatukan dengan balok keliling/ring balk - Rangka bangunan (sloof, balok dan kolom) memiliki hubungan kuat dan kokoh. - Kolom juga harus dilengkapi dengan balok pengaku (ring balk, balok latei) untuk menahan gaya lateral gempa 			
	c. Balok Bangunan	<ul style="list-style-type: none"> -Balok pada bangunan rumah sederhana terdiri dari ring balk (balok keliling) dan balok lintel. - Balok latei/lintel membatasi luas bidang dinding maksimal 16 m² -Balok lintel harus diikatkan ke kolom, ring balok harus diikatkan pada kolom-kolom rangka dan sambungan kolom dengan balok sloof 			
	d. Dinding	<ul style="list-style-type: none"> -Dinding harus diangker pada kolom dengan panjang angker 1,5 kali panjang batu bata, bata ringan atau batako. -Angker dipasang setiap 10 lapis bata merah atau tiap 3 kali lapis batako -Dinding diberikan kolom praktis dan balok pengikat pada bagian dinding yang mempunyai luas lebih dari 12 m² atau panjang dinding 15 kali tebal dinding -Pemasangan dinding ½ bata diperkuat oleh adanya kolom praktis yang mengikat baik dengan sloof (di kaki) dan balok ring di puncak dinding 			
	e. Atap	<ul style="list-style-type: none"> - Rangka kuda-kuda kuat menahan beban atap dan diangkerkan pada dukungannya yaitu pada kolom atau balok ring. -Pada arah memanjang, atap diperkuat dengan ikatan angin antara rangka kuda-kuda -Kuda-kuda untuk bangunan gedung tahan gempa dapat menggunakan kuda-kuda papan paku (ringan dan sederhana). Ukuran kayu yang digunakan 2 cm x 10 cm, dan jumlah paku 			

		<p>yang digunakan minimum 4 buah paku dengan panjang 2,5 kali tebal kayu.</p> <p>-Design kuda-kuda kayu menyesuaikan dengan panjang bentang dan beban atap</p> <p>-Bingkai gunung-gunung/ampig terbuat dari beton bertulang dengan ukuran 15 cm x 12 cm. Menggunakan tulangan utama diameter 10 mm dan begel diameter 8 mm, tebal selimut beton 1 cm. Ampig terbuat dari susunan bata yang direkatkan dengan campuran adukan 1 semen : 4 pasir, dan diplaster. Penggunaan bahan ringan seperti papan dan GRC juga dianjurkan untuk meminimalisasi akibat yang parah bila ampig roboh saat terjadi gempa</p>			
f. Desain Struktur		<p>-Campuran beton minimum perbandingan adalah 1 bagian semen, 2 bagian pasir dan 3 bagian kerikil serta ½ bagian air, sehingga menghasilkan kekuatan tekan beton pada umur 28 hari minimum 175 kg/cm²</p> <p>-Pengecoran beton dilakukan secara berkesinambungan (tidak berhenti di setengah balok atau di setengah kolom)</p> <p>-Pengadukan beton sedapat mungkin menggunakan alat pencampur beton (beton molen).</p> <p>-Apabila pencampuran beton dilakukan secara manual oleh tenaga manusia, menggunakan bak dari bahan metal atau bahan lain yang kedap air</p> <p>-Kekuatan tarik baja min. 2400 kg/cm²</p> <p>-Diameter tulangan utama untuk balok lintel, ring balok dan kolom min. Ø 10 mm, dan untuk sengkang min. Ø 6 mm dengan jarak as ke as sengkang 15 cm</p> <p>-Diameter tulangan utama untuk balok sloof/balok pengikat pondasi min.Ø 12 mm, dan ukuran sengkang min. Ø 8 mm dengan jarak as ke as sengkang 15 cm</p> <p>-Agar diperoleh efek angkur yang maksimum dari besi tulangan, maka pada setiap ujung tulangan harus ditekuk ke arah dalam balok hingga 115°</p> <p>-Agar memudahkan dalam</p>			

		<p>pengerjaan pengecoran beton dan mendapatkan hasil beton yang berkualitas baik, maka ukuran penampang balok min.15 cm x 20 cm dan ukuran penampang kolom min.15 cm x 15 cm</p> <ul style="list-style-type: none"> - Jarak dilatasi yang dibutuhkan untuk perencanaan bangunan gedung tahan gempa dari perhitungan di dapatkan 340 mm - Jenis variasi dilatasi dikaitkan dengan ketidakberaturan torsi horisontal sesuai SNI 1726 : 2019 			
--	--	---	--	--	--

3.3 Metode Pengumpulan Data

Metode Pengumpulan Data dilakukan berdasarkan sumber jenis data penelitian. Sumber Data Penelitian dibagi menjadi dua jenis data, yaitu:

1. Data Primer

Data Primer merupakan data yang didapatkan atau dikumpulkan melalui studi literatur sebelumnya yang diterbitkan oleh berbagai kementerian/lembaga/ institusi dan berbagai sumber referensi. Pengumpulan Data Primer yang digunakan dalam rangka mendukung Penelitian ini antara lain : Peraturan Pemerintah (PP) Nomor 16 Tahun 2021 tentang Bangunan Gedung Negara, Buku Pedoman Teknis Rumah dan Bangunan Gedung Tahan Gempa yang diterbitkan oleh Direktorat Jenderal Cipta Karya, Departemen Pekerjaan Umum (2006), Persyaratan Pokok Rumah Yang Lebih Aman yang disusun oleh Teddy Boen, dkk (2009) kerjasama Kementerian Pekerjaan Umum dan JICA, diantaranya Sarwidi dkk. (2003) dalam bukunya dengan judul “Manual Bangunan Tahan Gempa, Rumah Tinggal Sederhana Tembakan”, dan beberapa referensi terkait termasuk diantaranya acuan normatif Standar Nasional Indonesia (SNI) tentang perencanaan struktur bangunan gedung tahan gempa.

2. Data Sekunder

Data Sekunder merupakan data yang didapatkan dengan cara sendiri-sendiri atau perorangan yang secara langsung dari obyek yang akan diteliti untuk kepentingan studi, biasanya berupa observasi atau

interview. Observasi/Survey dilakukan terhadap kelengkapan Dokumen Perencanaan dan Tahapan Pelaksanaan dalam Laporan Pertanggungjawaban untuk pekerjaan Rehabilitasi Gedung Kantor DPU Bina Marga dan Cipta Karya Provinsi Jawa Tengah.

Jadi Metode Pengumpulan Data yang digunakan dalam Penelitian ini adalah Metode Observasi di lapangan dikombinasikan dengan Metode Ceklist dan Penilaian sebagai Metode Pokok, serta Metode Dokumentasi sebagai Metode Pendukung.

3.4 Metode Pengolahan Data

Setelah data terkumpul melalui Penelitian/Studi Lapangan, proses selanjutnya adalah data diolah dan dianalisa berdasarkan ceklist yang telah disusun. Pengujian juga dilakukan dengan menggunakan metode permodelan aplikasi *Structural Analysis Programme* (SAP) untuk menganalisis dan mendesain suatu struktur yang berorientasi objek (*Object Oriented Programming*) dalam variabel yang akan digunakan dalam penelitian. Data yang baik layak digunakan dalam penelitian ini. Analisis penelitian dilakukan terhadap kesesuaian perencanaan dalam SNI 1726:2019 dengan Penerapan Kaidah-Kaidah Teknis Bangunan Tahan Gempa dan Analisis terhadap Evaluasi Pelaksanaan Pembangunan Bangunan Gedung Tahan Gempa.

Analisis dengan menggunakan variabel berdasarkan Data Primer dan Data Sekunder dalam bentuk Tabel Evaluasi Teknis Bangunan Gedung Tahan Gempa. Pada tahap ini variabel evaluasi ditinjau terhadap 4 (empat) aspek pokok, yaitu : Tinjauan Aspek Lokasi, Tinjauan Aspek Material/Bahan, Tinjauan Aspek Arsitektur dan Tinjauan Aspek Struktur. Selain peninjauan terhadap aspek pokok tersebut, Penelitian ini mendefinisikan pembobotan masing-masing variabel agar dapat diketahui apakah Perencanaan dan Pelaksanaan Pembangunan Gedung Rehabilitasi Gedung Kantor DPU Bina Marga dan Cipta Karya Provinsi Jawa Tengah ini telah memenuhi Persyaratan Teknis Bangunan Tahan Gempa. Ditentukan 3 (tiga) kriteria penilaian, yaitu :

- Memenuhi (Bobot 95%-100%)
- Kurang Memenuhi (Bobot 80%-94%)
- Tidak Memenuhi (Bobot <79%)

3.5 Metode Analisis Data

Data gedung diperlukan untuk mendapatkan gambaran tentang spesifikasi teknis dari bangunan gedung yang akan dianalisis dan menentukan faktor-faktor yang berhubungan dengan adanya Gaya Gempa seperti Koefisien Percepatan Gempa. Identifikasi data gedung meliputi : Lokasi Bangunan, Jenis Bangunan, Fungsi Bangunan, Jumlah Lantai, Jenis Struktur.

I. Lokasi Bangunan

Lokasi bangunan DPU Bina Marga dan Cipta Karya Provinsi Jawa Tengah terletak di Jalan Madukoro Blok AA-BB Kota Semarang.

II. Fungsi Bangunan

Fungsi bangunan DPU Bina Marga dan Cipta Karya Provinsi Jawa Tengah adalah sebagai gedung kantor dinas.

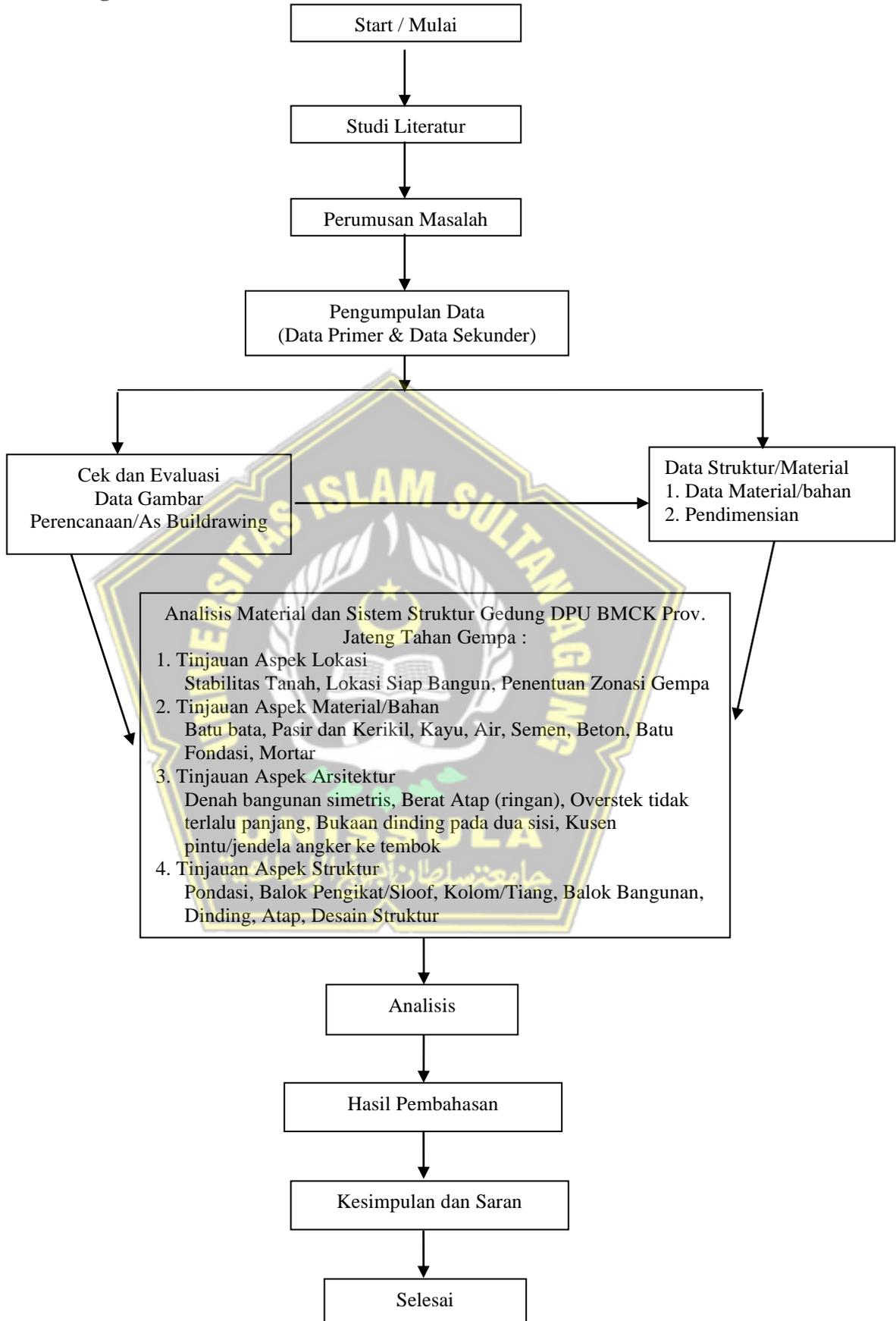
III. Jumlah Lantai dan Struktur Bangunan

Penulis membatasi desain ruang pada lokasi kajian analisa material dan Sistem Struktur rehabilitasi gedung kantor, yaitu merupakan bangunan 2 (dua) lantai dan menggunakan jenis struktur konstruksi rangka beton bertulang.

Tahapan analisis data yang digunakan antara lain:

- a. Reduksi data berarti merangkum, memilih hal-hal yang pokok, memfokuskan pada hal-hal yang penting. Dengan demikian data yang direduksi akan memberikan gambaran yang lebih jelas, dan mempermudah peneliti untuk melakukan pengumpulan data selanjutnya, dan mencarinya bila diperlukan. Dalam penelitian ini, dimana bertujuan untuk mengetahui kesesuaian perancangan dalam pekerjaan rehabilitasi tersebut yang menggunakan sistem metode dilatasi.
- b. Penyajian data, maksudnya adalah penyajian data biasa dilakukan dalam bentuk uraian singkat, bagan, hubungan, antara kategori, dan sebagainya. Melalui penyajian data, maka data terorganisasikan, tersusun dalam pola hubungan, sehingga akan mudah dipahami. Hal ini bertujuan mengetahui faktor-faktor apa saja mengenai Struktur Bangunan Gedung Tahan Gempa.
- c. Conclusion drawing/verification artinya penarikan kesimpulan data dalam penelitian kualitatif. Jadi setelah data direduksi, kemudian disajikan, maka tahap analisis selanjutnya adalah penarikan kesimpulan.

3.6 Bagan Alir Analisis



BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

Dalam Analisis Material dan Sistem Struktur Bangunan Gedung Tahan Gempa dengan Penambahan Dilatasi ini selain dilakukan identifikasi dan Evaluasi Penerapan Material dan Sistem Struktur terhadap 4 (empat) aspek yaitu Aspek Lokasi, Aspek Material/Bahan, Aspek Arsitektur dan Aspek Struktur terhadap kesesuaian perencanaan dan pelaksanaan pekerjaan Rehabilitasi Gedung Kantor DPU Bina Marga dan Cipta Karya Provinsi Jawa Tengah juga dilakukan permodelan struktur gedung tahan gempa menggunakan SAP-2000 versi 20.2.0. Adapun hasil dan pembahasan analisis akan diuraikan sebagai berikut.

4.1 Permodelan Struktur Gedung Tahan Gempa Menggunakan SAP-2000 versi 20.2.0

Konsep desain *Open Frame* yaitu Struktur Bangunan yang terdiri dari rangka-rangka portal kaku sebagai pendukung struktur utama bangunan. Sedangkan dinding tidak dianggap ikut mendukung struktur, dia berfungsi sebagai pembebanan dan penyekat antar ruangan. Desain kapasitas yang diterapkan untuk merencanakan agar kolom-kolom lebih kuat dari balok-balok portal (*strong column – weak beam*). Pada prinsipnya dengan konsep desain kapasitas, elemen-elemen utama penahan Beban Gempa dapat ditentukan, direncanakan, dan didetail sedemikian rupa sehingga mampu memancarkan dan menyebarkan Energi Gempa dengan Deformasi Inelastis yang cukup besar tanpa runtuh, sedangkan elemen-elemen lainnya diberi kekuatan yang cukup, sehingga mekanisme yang telah ditentukan dapat dipertahankan pada saat terjadi Gempa kuat.

Dapat dijelaskan pula bahwa Struktur Bangunan adalah Struktur Beton Bertulang dengan Baja Konvensional dengan Mutu Material Struktur yang akan digunakan dalam perencanaan meliputi:

1. Mutu Beton

Kolom, Balok, Plat Utama = K-250 ($f_c' = 21 \text{ MPa}$)

Modulus Elastisitas Beton (E_c) = $4700 \times \sqrt{21} = 21538,105 \text{ MPa}$

Modulus Elastisitas Baja (E_s) = 200000 Mpa

2. Mutu Baja Profil Konvensional

- BJ-37 ($f_y = 240 \text{ MPa} - f_u = 370 \text{ MPa}$)

3. Mutu Baja Tulangan

- Baja Tulangan Ulir Utama (BJTS-420A) untuk $D > 12 \text{ mm}$,

$f_y = 420 \text{ MPa} - f_u = 525 \text{ Mpa}$

- Baja Tulangan Ulir / Polos Senggang (BJTS-280) untuk $\emptyset/D < 12 \text{ mm}$,

$f_y = 280 \text{ MPa} - f_u = 350 \text{ Mpa}$

Menurut Tata Cara Perhitungan Struktur Beton untuk Bangunan Gedung, ACI 318-14 / SNI 2847-2019 (SRPMK), beban – beban yang diperhitungkan terdiri dari Beban Mati, Beban Hidup dan Beban Gempa. Beban-beban tersebut dapat diuraikan sebagai berikut :

1. Beban Hidup (*Live Load*) – pada plat

Ialah semua beban yang terjadi akibat penghunian atau penggunaan suatu gedung, termasuk beban-beban pada plat 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 lantai dan atap gedung.

- Beban Hidup Kantor = 250 kg/m²

2. Beban Mati (*Dead Load*) – pada plat & Joint Structure

Ialah berat semua bagian dari suatu gedung yang bersifat tetap, termasuk segala unsur tambahan, mesin-mesin serta peralatan tetap yang merupakan bagian tak terpisahkan dari gedung tersebut

- Beban M/E = 50 kg/m²

- Beban Finishing Lantai Keramik = 24 kg/m²

- Beban Pas. Dinding ½ Bata Ringan = 70 kg/m²

- Berat Sendiri Plafond = 7 kg/m²

3. Beban Gempa (*Earthquake Load*)

Ialah semua Beban Statistik Ekuivalen yang bekerja pada Gedung atau Bangunan yang menirukan pengaruh dari Gerakan Tanah akibat Gempa. Dalam hal ini pengaruh Gempa pada Struktur Gedung ditentukan berdasarkan

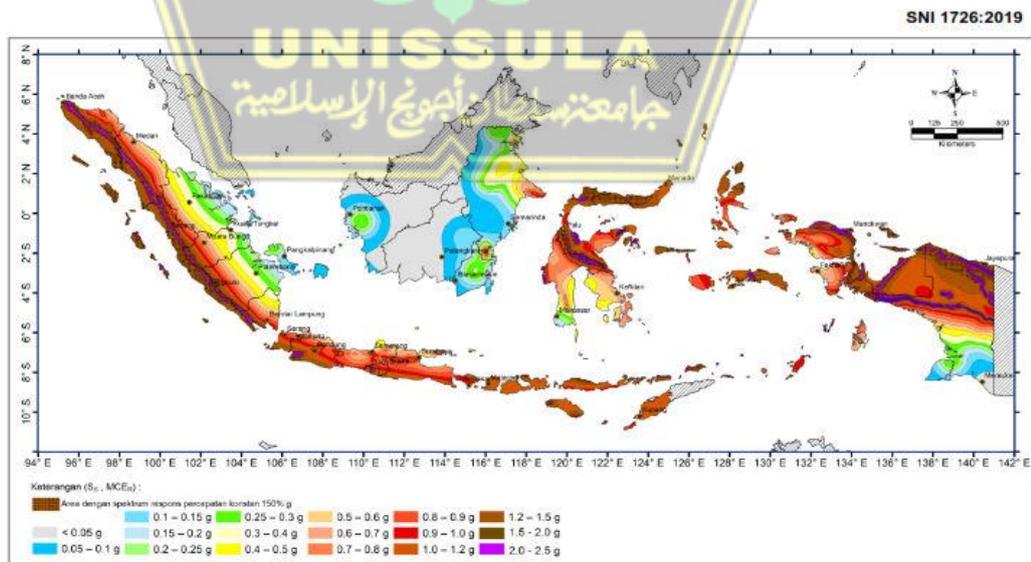
Respon Spektrum dari hasil *PUSKIM Gempa Daerah Kota Semarang* untuk Gempa Beton Bertulang menggunakan IBC 2012 / SNI 2019.



Gambar 4.1 Peta Koordinat Gempa PUSKIM Jl. Madukoro Blok AA-BB, Tawangmas, Kec. Semarang Barat, Kota Semarang, Jawa Tengah 50144 (Koordinat @-6.9622196,110.3963959)

Sumber: <http://google.com/maps/search/Peta+Madukoro+Blok+AA+BB+Semarang/@-7.0511896,110.2468641,12z/data=!3m1!4b1?entry=ttu>

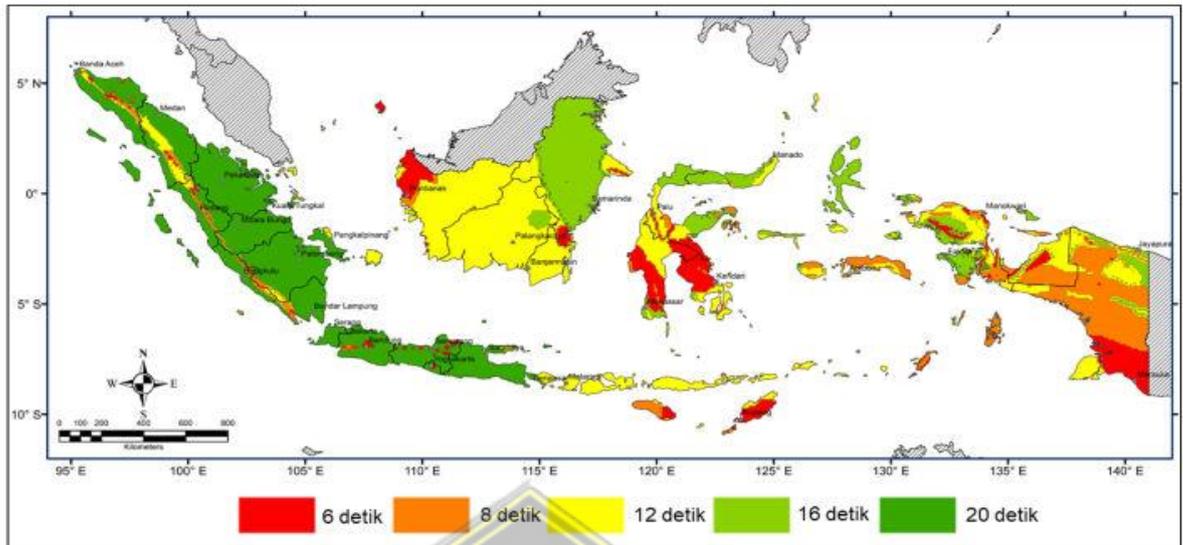
Dalam penentuan Gaya Gempa menggunakan Peraturan Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Bangunan Gedung dan Non-Gedung, SNI-1726-2019 dengan Peta Gempa Respon Spektrum sebagai berikut :



Gambar 4.2 Percepatan Periode Pendek S_s (0,2 detik)

Sumber : SNI 1726 : 2019

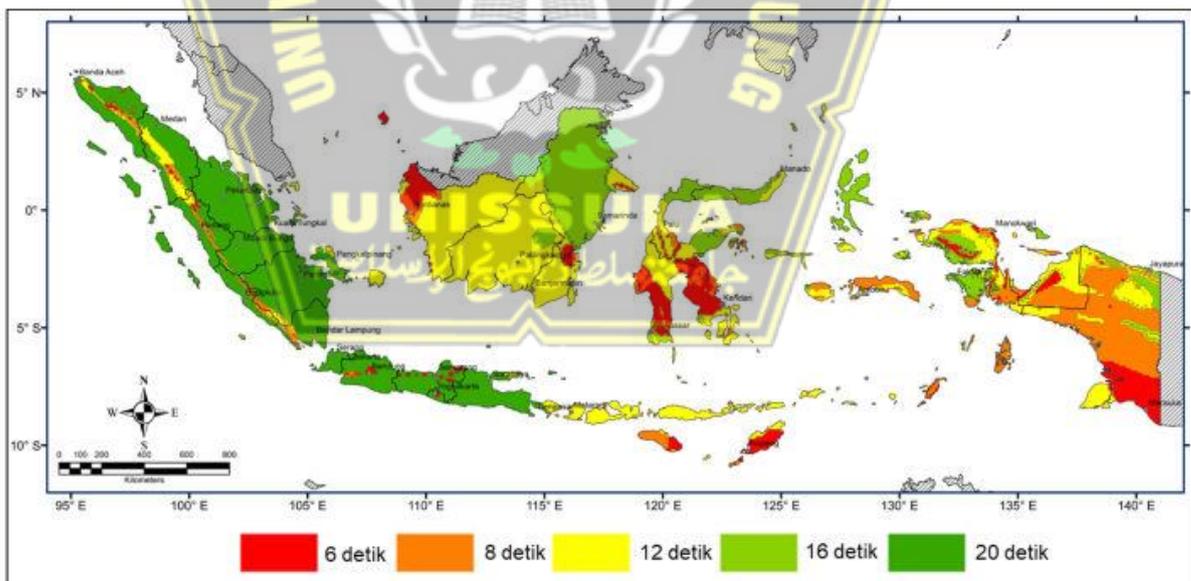
SNI 1726:2019



Gambar 4.3 Percepatan Periode S1 (1 detik)

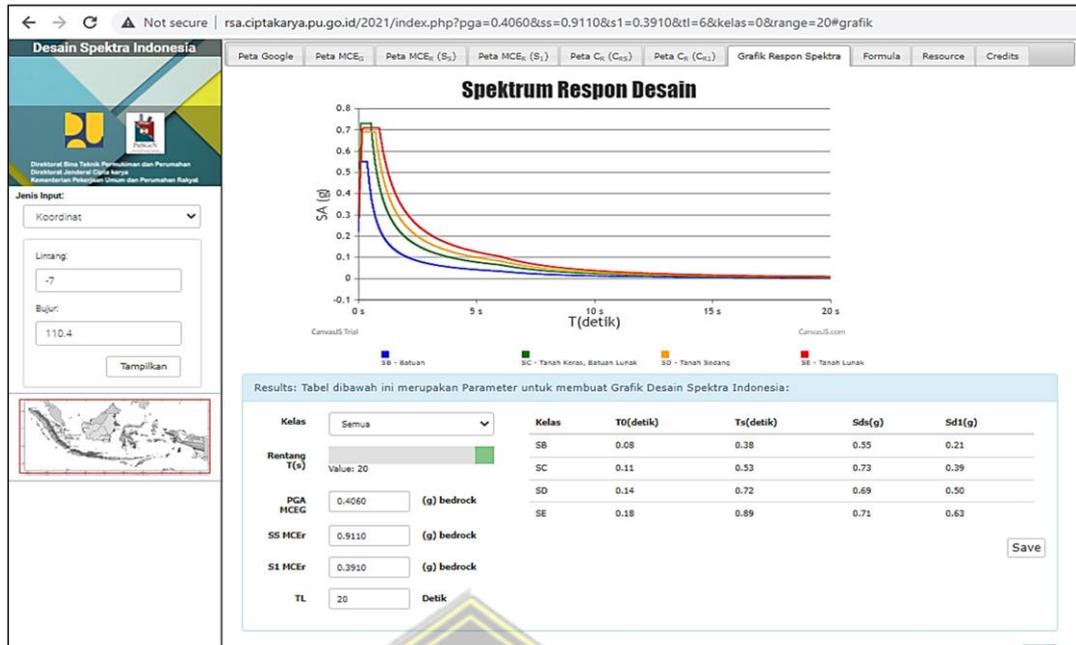
Sumber : SNI 1726 : 2019

SNI 1726:2019



Gambar 4.4 Peta Transisi Periode Panjang (20 detik)

Sumber : SNI 1726 : 2019



Gambar 4.5 Peta Respon Spektrum Desain (Kota Semarang)

Sumber : SNI 1726 : 2019

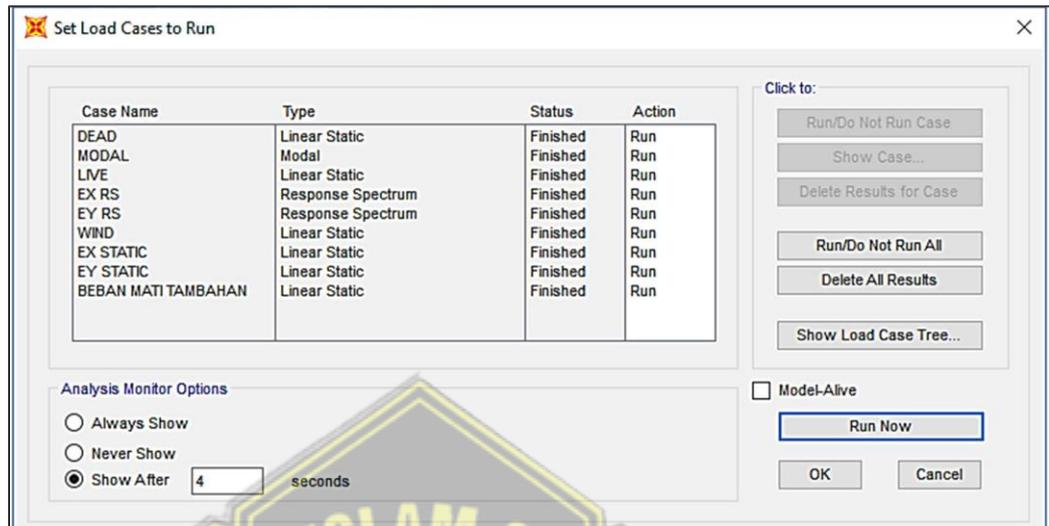
Dapat disimpulkan berdasarkan pendekatan posisi bangunan pada Peta Gempa Respon Spektrum tersebut sebagai berikut :

Tabel 4.1 Posisi Bangunan Pada Peta Gempa Respon Spektrum

No.	Subjek	Hasil	Keterangan
1	Nama Wilayah	Kota Semarang	Earth Maps
2	Percepatan Ss	0,911	Respon Spektrum Maps
3	Percepatan S1	0,391	Respon Spektrum Maps
4	Transisi Periode Panjang	20	Respon Spektrum Maps
5	Redaman	0,05	5%
6	Probabilitas Terlampaui	1%	Selama 50 Tahun
7	Kelas Jenis Tanah	E	Tanah Lunak (kondisi terburuk Sondir S-1)

4.1.1. Kombinasi Pembebanan Bangunan

Load Patternin Building :

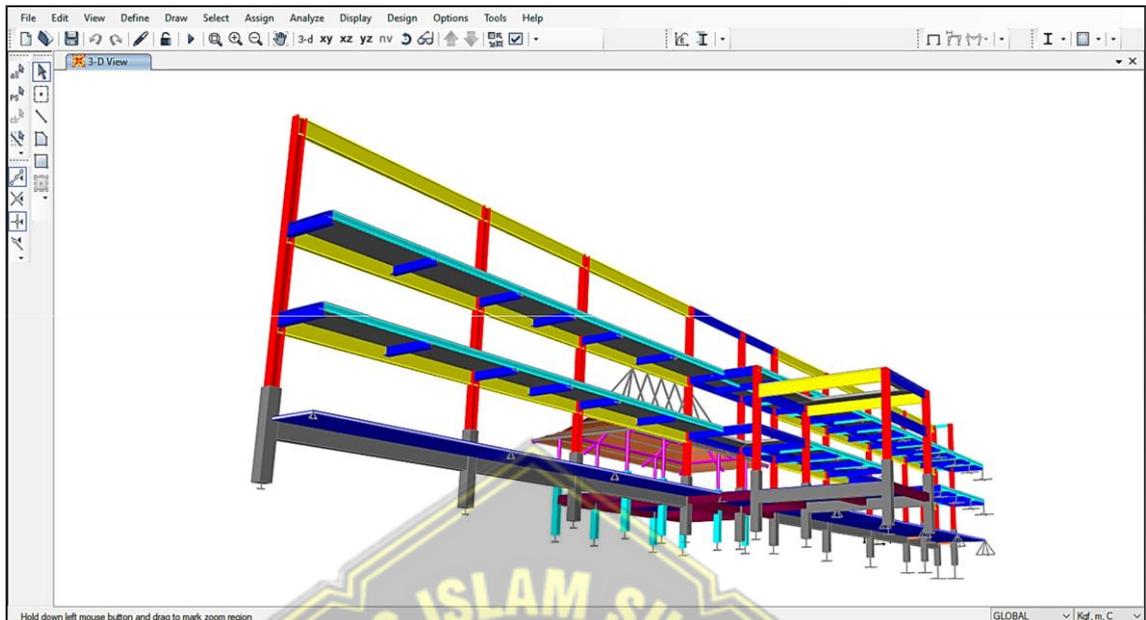


Tabel 4.2 Beban Hidup Fungsi Bangunan

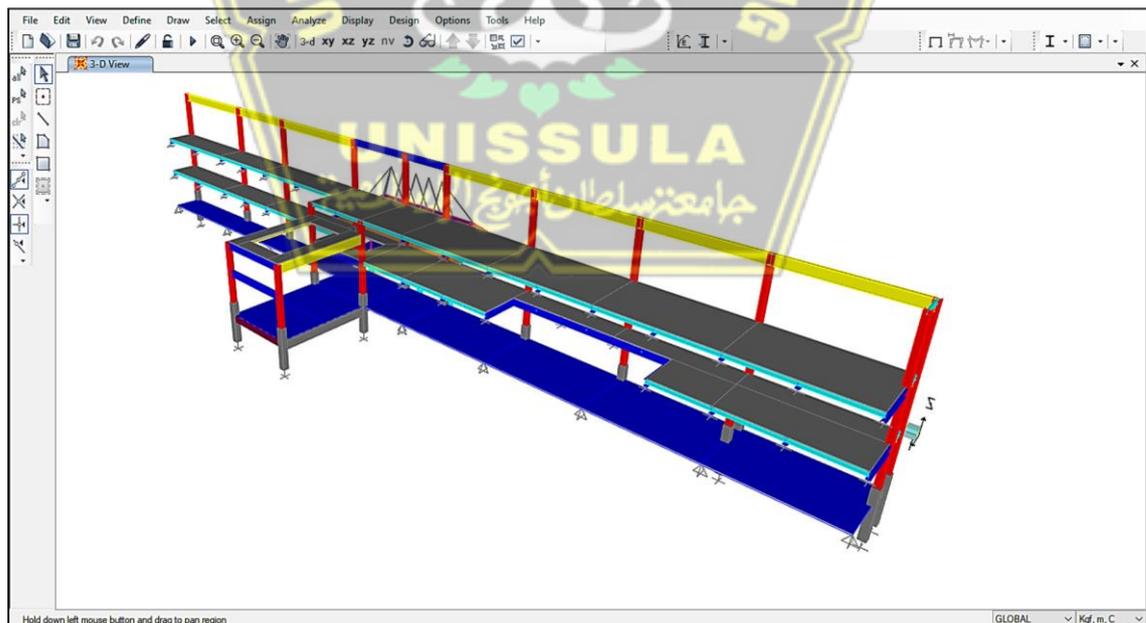
Hunian dan penggunaan	Merata (KN/m ²)
Sistem Ruang akses - Ruang kantor - Ruang komputer	2,4 4,79
Gudang persenjataan dan Ruang latihan	7,18
Ruang Pertemuan - Kursi tetap (terikat di lantai) - Lobi - Kursi dapat dipindahkan	2,87 4,79 4,79
- Panggung pertemuan - Lantai podium - Tribun Penonton dengan kursi tetap - Ruang Pertemuan Lainnya	4,79 7,18 2,87 4,79
Balkon dan dek (1,5 x beban layan lainnya tidak melebihi 4,79)	4,79
Jalur untuk akses pemeliharaan	1,92
Koridor - Lantai pertama - Lantai lain (sesuai pelayanan hunian)	4,79
Ruang makan dan restoran	4,79
Hunian (lihat rumah tinggal)	
Jalur penyelamatan terhadap kebakaran hunian atau keluarga saja	4,79 1,92
Garasi/parkir mobil penumpang saja truk dan bus	1,92
Helipad	2,87

Ruang operasi, laboratorium	2,87
Ruang pasien	1,92
Koridor di atas lantai pertama	3,83
Pabrik	
Ringan	6,00
Berat	11,97
Gedung perkantoran	
Ruang arsip dan komputer harus di rancang untuk beban yang lebih berat berdasarkan pada perkiraan hunian lobi dan koridor lantai pertama	4,79
Kantor	2,40
Koridor di atas lantai pertama	3,83
Lembaga hukum	
Blok sel	1,92
Koridor	4,79
Tempat rekreasi	
Tempat bowling, kolam renang, dan penggunaan yang sama	3,59
Bangsas dansa dan ruang dansa	4,79
Gimnasium	4,79
Tempat menonton baik terbuka atau tertutup	4,79
Stadium dan tribun/arena dengan tempat duduk tetap (terikat pada lantai)	2,87
Rumah tinggal	
Hunian (satu keluarga dan dua keluarga)	
Loteng yang tidak didiami tanpa gudang	0,48
Loteng yang tidak didiami dengan gudang	0,96
Loteng yang dapat didiami dan ruang tidur	1,44
Semua ruang kecuali tangga dan balkon	1,92
Semua hunian rumah tinggal	
Ruang pribadi dan koridor yang melayani mereka	1,92
Ruang publik” dan koridor yang melayani mereka	4,79
Sekolah	
Ruang kelas	1,92
Koridor di atas lantai pertama	3,83
Koridor lantai pertama	4,79
Pinggir jalan untuk pejalan kaki, jalan lintas kendaraan,dan lahan/jalan untuk truk-truk	11,97
Tangga dan jalan keluarga	4,79
Rumah tinggal untuk satu dan dua keluarga saja	1,92
Gudang di atas langit-langit	0,96
Gudang penyimpanan barang sebelum disalurkan ke pengecer(jika diantisipasi menjadi gudang penyimpanan, harus harus dirancang untuk lebih berat)	
Ringan	6,00
Berat	11,97
Dudukan mesin elevator (50 mm x 50 mm)	1,33
Konstruksi plat lantai finishing ringan	0,89

4.1.2. Permodelan Struktur



Note : Asumsi diberi tumpuan atau spring displacement dengan gaya



Note : Struktur dipemodelkan secara 3D dengan mengacu gambar arsitektural serta ditentukan profil dan penampang struktur secara trial and error sampai ditemukan profil yang aman.

4.1.3. Mutu Material

Material Property Data

General Data

Material Name and Display Color: BETON K250

Material Type: Concrete

Material Grade: 21 MPa

Material Notes:

Weight and Mass

Weight per Unit Volume: 2,400E-05

Mass per Unit Volume: 2,447E-09

Units: N, mm, C

Isotropic Property Data

Modulus Of Elasticity, E: 21538,106

Poisson, U: 0,2

Coefficient Of Thermal Expansion, A: 9,900E-06

Shear Modulus, G: 8974,2108

Other Properties For Concrete Materials

Specified Concrete Compressive Strength, Fc: 21,

Expected Concrete Compressive Strength: 21,

Lightweight Concrete

Shear Strength Reduction Factor:

Switch To Advanced Property Display

Material beton K-250 (fc' 21 MPa)

Material Property Data

General Data

Material Name and Display Color: BAJA KONV. BJ37

Material Type: Steel

Material Grade: BJ 37

Material Notes:

Weight and Mass

Weight per Unit Volume: 7,698E-05

Mass per Unit Volume: 7,850E-09

Units: N, mm, C

Isotropic Property Data

Modulus Of Elasticity, E: 200000,

Poisson, U: 0,3

Coefficient Of Thermal Expansion, A: 1,200E-05

Shear Modulus, G: 76923,08

Other Properties For Steel Materials

Minimum Yield Stress, Fy: 240,

Minimum Tensile Stress, Fu: 370,

Expected Yield Stress, Fye: 240,

Expected Tensile Stress, Fue: 370,

Switch To Advanced Property Display

Material Profil Baja BJ-37 (fu 370 MPa)

Material Property Data

General Data

Material Name and Display Color: TUL. BJTS 420A

Material Type: Rebar

Material Grade: BJTS 420A

Material Notes:

Weight and Mass

Weight per Unit Volume: 7,850E-05

Mass per Unit Volume: 8,005E-09

Units: N, mm, C

Uniaxial Property Data

Modulus Of Elasticity, E: 200000,

Poisson, U: 0,3

Coefficient Of Thermal Expansion, A: 1,200E-05

Shear Modulus, G:

Other Properties For Rebar Materials

Minimum Yield Stress, Fy: 420,

Minimum Tensile Stress, Fu: 525,

Expected Yield Stress, Fye: 420,

Expected Tensile Stress, Fue: 525,

Switch To Advanced Property Display

Material Tul. BJTS - 420 (fy 420 MPa)

Material Property Data

General Data

Material Name and Display Color: TUL. BJTP-280

Material Type: Rebar

Material Grade: BJTP 280

Material Notes:

Weight and Mass

Weight per Unit Volume: 7,850E-05

Mass per Unit Volume: 8,005E-09

Units: N, mm, C

Uniaxial Property Data

Modulus Of Elasticity, E: 200000,

Poisson, U: 0,3

Coefficient Of Thermal Expansion, A: 1,200E-05

Shear Modulus, G:

Other Properties For Rebar Materials

Minimum Yield Stress, Fy: 280,

Minimum Tensile Stress, Fu: 350,

Expected Yield Stress, Fye: 280,

Expected Tensile Stress, Fue: 350,

Switch To Advanced Property Display

Material Tul. BJTP - 280 (fy 280 MPa)

PROFIL

TABLE: Frame Section Properties 01 - General

SectionName	Material	Shape	t3	t2	tf	tw	t2b	tfb	dis	Area
Text	Text	Text	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm2
-BBJ1 CSTL 600.200.8.13 MM	BAJA KONV. BJ37	I/Wide Flange	600	200	13	8	200	13		9792
-BBJ2 IWF 400.200.8.13 MM	BAJA KONV. BJ37	I/Wide Flange	400	200	13	8	200	13		8192
-BBJ3 IWF 200.100.5,5.8 MM	BAJA KONV. BJ37	I/Wide Flange	200	100	8	5,5	100	8		2612
-GORDING 100.50.20.2,3 MM	BAJA KONV. BJ37	Channel	100	50	2,3	2,3				449,42
-JARUM GORDING D10 MM	BAJA KONV. BJ37	Circle	10							78,54
-K1 40 X 40 CM	BETON K250	Rectangular	400	400						160000
-K2 30 x 30 mm	BETON K250	Rectangular	300	300						90000
-KBJ1 HWF 300.300.10.15 MM	BAJA KONV. BJ37	I/Wide Flange	300	300	15	10	300	15		11700
-KBJ2/KUDA" PIPA D8" INCH TEBAL 7 MM	BAJA KONV. BJ37	Pipe	190,7			7				4039,77
-S1 40 X 20 CM	BETON K250	Rectangular	400	200						80000
-S2 30 X 20 CM	BETON K250	Rectangular	300	200						60000
-SHS 50.50.5 MM	BAJA KONV. BJ37	Box/Tube	50	50	5	5				900
-SP 15 X 20 CM	BETON K250	Rectangular	200	150						30000

4.1.4. Analisis Respon Spektra Gempa / Dinamik

Nilai $S_s = 0,911$ (Sesuai PUSKIM) – korelasi SNI 2019 peta gempa “Kota Semarang”

Nilai $S_1 = 0,391$ (Sesuai PUSKIM) – korelasi SNI 2019 peta gempa “Kota Semarang”

Site Class = Tanah Lunak (E) (Sondir S-1)

4.1.5. Analisis Statik Ekuivalen

IBC 2012 Seismic Load Pattern

Load Direction and Diaphragm Eccentricity

- Global X Direction
- Global Y Direction
- Ecc. Ratio (All Diaph.)
- Override Diaph. Eccen.

Time Period

- Approx. Period Ct (ft), x =
- Program Calc Ct (ft), x =
- User Defined T =

Lateral Load Elevation Range

- Program Calculated
- User Specified
- Max Z
- Min Z

Factors

- Response Modification, R Ss and S1 from USGS - by Lat./Long.
- Ss and S1 from USGS - by Zip Code
- Ss and S1 User Specified
- Site Latitude (degrees) - Site Longitude (degrees) - Site Zip Code (5-Digits) - 0.2 Sec Spectral Accel, Ss
- 1 Sec Spectral Accel, S1
- Long-Period Transition Period

Site Coefficients

 - Site Coefficient, Fa
 - Site Coefficient, Fv

Calculated Coefficients

 - SDS = (2/3) * Fa * Ss
 - SD1 = (2/3) * Fv * S1

Nilai Seismic Load Pattern Berdasarkan IBC 2012

RUNNING PROGRAM

Set Load Cases to Run

Case Name	Type	Status	Action
DEAD	Linear Static	Not Run	Run
MODAL	Modal	Not Run	Run
LIVE	Linear Static	Not Run	Run
EX	Response Spectrum	Not Run	Run
EY	Response Spectrum	Not Run	Run
WIND	Linear Static	Not Run	Run
EX STATIC	Linear Static	Not Run	Run
EY STATIC	Linear Static	Not Run	Run

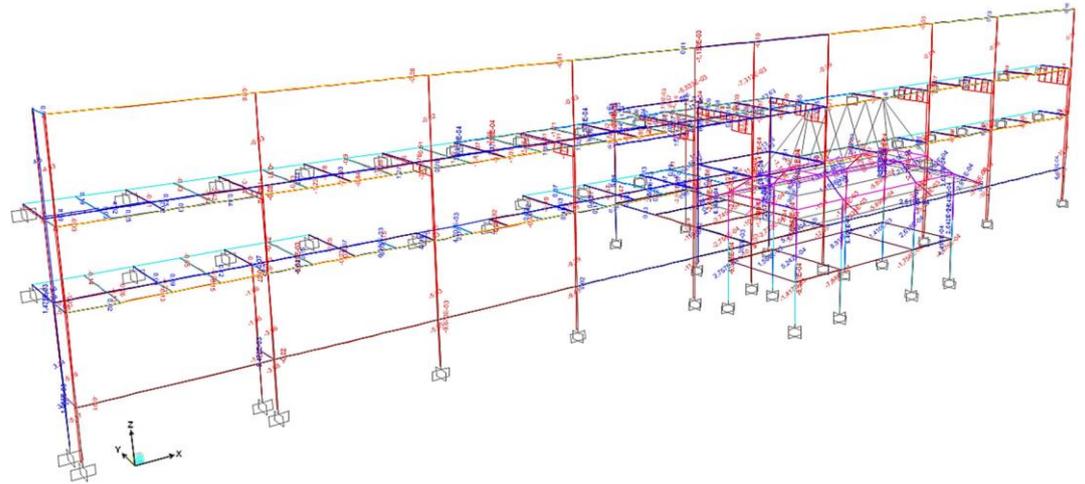
Click to:

-
-
-
-
-
-

Analysis Monitor Options

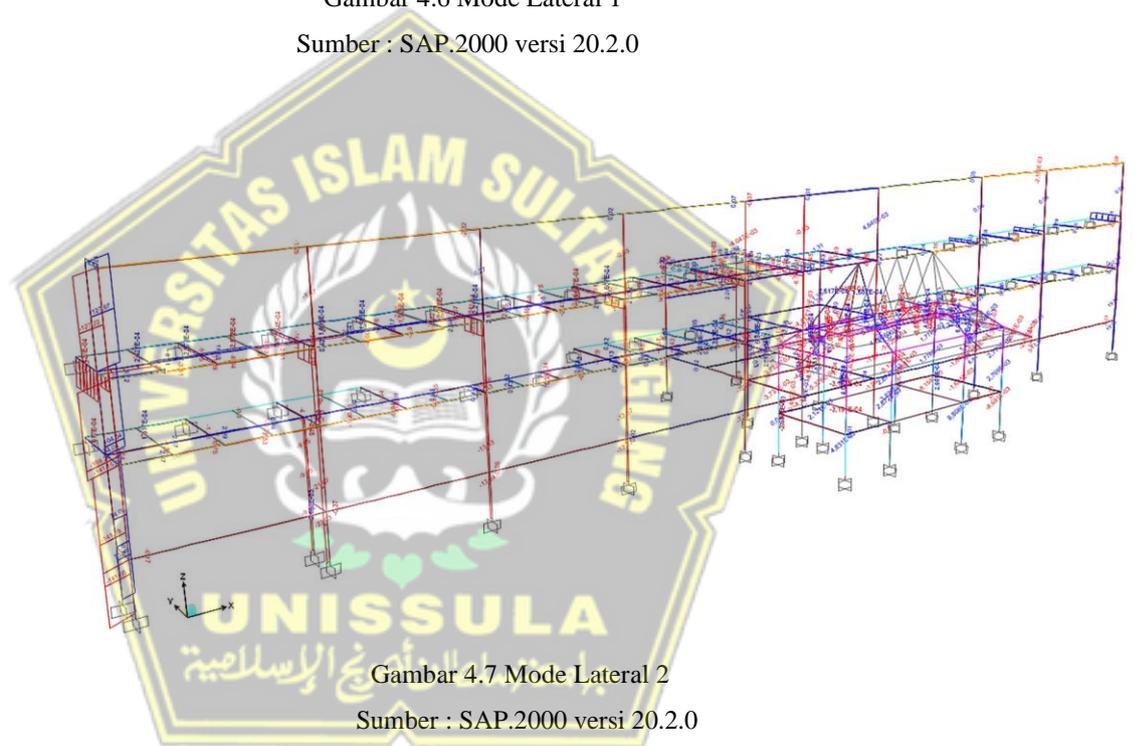
- Always Show
- Never Show
- Show After seconds

Model-Alive



Gambar 4.6 Mode Lateral 1

Sumber : SAP.2000 versi 20.2.0



Gambar 4.7 Mode Lateral 2

Sumber : SAP.2000 versi 20.2.0

4.1.6. Cek Partisipasi Massa

Pada perencanaan gedung ini sesuai persyaratan yang ada pada SNI Gempa 03-1726-2019 pasal 7.9.1 dilakukan analisis untuk menentukan ragam getar alami struktur. Pada analisis harus menyertakan jumlah ragam yang cukup untuk mendapatkan partisipasi massa ragam terkombinasi (sumbu X

dan Y) sebesar paling sedikit 90 % dari massa aktual dari masing masing arah horisontal orthogonal dari response yang ditinjau oleh model.

Tabel 4.3 Pengecekan Partisipasi Massa

TABLE: Modal Load Participation Ratios				
OutputCase	ItemType	Item	Static	Dynamic
Text	Text	Text	Percent	Percent
MODAL	Acceleration	UX	100	99,9992
MODAL	Acceleration	UY	100	99,9985
MODAL	Acceleration	UZ	100	99,9978

Partisipasi massa > (90%) = ok

Kondisi aktual : (partisipasi massa dinamik X = 99,999% > 90% = ok)

(partisipasi massa dinamik Y = 99,999% > 90% = ok)

4.1.7. Cek Periode Getar

Dalam pengecekan ini untuk melihat apakah analisis yang digunakan sudah sesuai prosedur perencanaan atau perlu ditinjau ulang analisis sebelumnya baik dalam penentuan periode gedung frekuensi ataupun beban yang lain. Yang disesuaikan dengan SNI 03-1726-2019 pasal 7.9.3 sebagai berikut :

Tabel 4.4 Pengecekan Periode Getar

TABLE: Modal Periods And Frequencies							
OutputCase	StepType	StepNum	Period		Frequency	CircFreq	Eigenvalue
Text	Text	Unitless	Sec	%	Cyc/sec	rad/sec	rad2/sec2
MODAL	Mode	1	0,29217	30,63%	3,422665232	21,50523989	462,4753429
MODAL	Mode	2	0,202673	49,57%	4,934059646	31,00161107	961,099889
MODAL	Mode	3	0,102209	0,40%	9,783894047	61,47401933	3779,055052
MODAL	Mode	4	0,101796	2,36%	9,823616674	61,72360395	3809,803285
MODAL	Mode	5	0,099395	9,22%	10,06086098	63,21425386	3996,041891
MODAL	Mode	6	0,090234	19,52%	11,08225084	69,63183564	4848,592535
MODAL	Mode	7	0,072624	11,91%	13,76957579	86,51679628	7485,156039
MODAL	Mode	8	0,063976	4,93%	15,63081149	98,21128511	9645,456522
MODAL	Mode	9	0,060822	8,63%	16,44141363	103,3044486	10671,80909
MODAL	Mode	10	0,055576	6,72%	17,99345122	113,0561883	12781,70172

Ada yang lebih dari 15% menggunakan sistem getar alami SRSS

Tidak ada yang lebih dari 15% menggunakan sistem getar alami CQC

Dan disesuaikan dengan SNI 03-1726-2019 pasal 7.8.2.1 ($T = C_t \times h^x$) :

Tabel 4.5 Tipe Struktur Sesuai SNI

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

$$T = C_t \times h^x$$

$$= 0,0724 \times 12,2^{0,8}$$

$$= 0,535$$

$$T_{max} = T \times 1,4$$

$$= 0,535 \times 1,4 = 0,749$$

$$T(1) = 0,292$$

$$T_{max} > T(1) = OK$$

$$0,749 > 0,292 = OK$$

Tabel 4.6 Load Case Data – Response Spectrum

4.1.8. Cek Perbandingan Respon Spektrum Dengan Statik Ekuivalen

Pada persyaratan SNI 03-1726-2019 pasal 7.9.4.1. dalam perencanaan pembebanan gaya gempa maka beban yang diisyaratkan untuk respon spectrum harus memenuhi minimal 100% dari beban statik atau **V dinamik = 100% V statik**. Dari analisis menggunakan faktor skala diatas didapat sebagai berikut :

Tabel 4.7 Respon Spektrum dengan Statik Ekuivalen

TABLE: Base Reactions								
OutputCase	CaseType	StepType	GlobalFX	GlobalFY	GlobalFZ	GlobalMX	GlobalMY	GlobalMZ
Text	Text	Text	KN	KN	KN	KN-m	KN-m	KN-m
EX RS	LinRespSpec	Max	0,165	4,653	1,429	26,8222	54,6506	224,7621
EY RS	LinRespSpec	Max	0,421	58,148	11,964	307,728	425,3237	2808,3025
EX STATIC	LinStatic		0,114	0,119	3,834E-14	-0,729	-97,8189	0,6326
EY STATIC	LinStatic		0,205	53,341	-2,968E-14	-255,7649	-1,0302	2251,969

Target respon spektrum > 100% Statik Ekuivalen

Sumbu X= (Respon Spektrum / Linear Statik)

$$= 0,165 / 0,114 = \mathbf{144,73 \% > 100\% (OK)}$$

Sumbu Y= (Respon Spektrum / Linear Statik)

$$= 58,148 / 53,341 = \mathbf{109,01 \% > 100\% (OK)}$$

4.1.9. Cek Simpangan Antar Lantai

Pada SNI 03-1726-2019 pasal 7.8.6. simpangan antar lantai tingkat desain (Δ_x) tidak boleh melebihi simpangan antar lantai ijin (Δ_a) seperti pada tabel dibawah ini untuk semua tingkat.

Tabel 4.8 Simpangan Antar Lantai Ijin (Δ_a)

Struktur	Kategori risiko		
	I atau II	III	IV
Struktur, selain dari struktur dinding geser batu bata, 4 tingkat atau kurang dengan dinding interior, partisi, langit-langit dan sistem dinding eksterior yang telah didesain untuk mengakomodasi simpangan antar lantai tingkat.	0,025 h_{xx} ^c	0,020 h_{xx}	0,015 h_{xx}
Struktur dinding geser kantilever batu bata ^d	0,010 h_{xx}	0,010 h_{xx}	0,010 h_{xx}
Struktur dinding geser batu bata lainnya	0,007 h_{xx}	0,007 h_{xx}	0,007 h_{xx}
Semua struktur lainnya	0,020 h_{xx}	0,015 h_{xx}	0,010 h_{xx}

Simpangan antar lantai (Δ_x max) :

$$\Delta_x = \frac{(\delta_2 - \delta_1) \times C_d}{I} < \Delta_a$$

Keterangan :

Δ_x = simpangan antar lantai

δ = defleksi yang terjadi

I = faktor keutamaan gempa

h_x = tinggi tingkat di bawah tingkat x

C_d = Faktor pembesaran defleksi = 5,5

Tabel 4.9 Joint Displacement

TABLE: Joint Displacements									
Joint	OutputCase	CaseType	StepType	U1	U2	U3	R1	R2	R3
Text	Text	Text	Text	mm	mm	mm	Radians	Radians	Radians
23	COMB7	Combination	Min	0	0	0	0	0	0
48	COMB7	Combination	Min	0	0	-0,207137	0,000002481	-2,786E-07	0
133	COMB7	Combination	Min	-0,002113	0,002557	-0,247169	-0,000026	0,00000378	-5,371E-07
72	COMB7	Combination	Min	0	0	-0,418651	0,000233	-0,000046	0
84	COMB7	Combination	Min	0	0	-0,614526	0,000047	0,000001415	0
110	COMB7	Combination	Min	-0,178411	-3,309575	-0,654566	-0,001063	-0,000007479	-0,000163

(nilai maksimum antara U1 atau U2)

$$(\text{elv } -3 - 0 \text{ m}) = ((0 - 0) \times 5,5) / 1,00 = (\Delta x) < (0,020 \times 3000)$$

$$(\Delta x) = 0 \text{ mm} < 60 \text{ mm (OK)}$$

$$(\text{elv } 0 - 1 \text{ m}) = ((0 - 0,002) \times 5,5) / 1,00 = (\Delta x) < (0,020 \times 1000)$$

$$(\Delta x) = 0,014 \text{ mm} < 20 \text{ mm (OK)}$$

$$(\text{elv } 1 - 3,4 \text{ m}) = ((0,002 - 0) \times 5,5) / 1,00 = (\Delta x) < (0,020 \times 2400)$$

$$(\Delta x) = 0,014 \text{ mm} < 48 \text{ mm (OK)}$$

$$(\text{elv } 3,4 - 6,4 \text{ m}) = ((0 - 0) \times 5,5) / 1,00 = (\Delta x) < (0,020 \times 3000)$$

$$(\Delta x) = 0 \text{ mm} < 60 \text{ mm (OK)}$$

$$(\text{elv } 6,4 - 10,2 \text{ m}) = ((0 - 3,309) \times 5,5) / 1,00 = (\Delta x) < (0,020 \times 3800)$$

$$(\Delta x) = 18,203 \text{ mm} < 76 \text{ mm (OK)}$$

Tabel 5.0 Simpangan Timbul – Simpangan Ijin

Tingkatan Lantai	Simpangan Timbul	Simpangan Ijin
Elv. -3 m	0	0
Elv. 0 m	0	6
Elv. 1 m	0,01	2
Elv. 3,4 m	0,01	4
Elv. 6,4 m	0	6
Elv. 10,2 m	18,20	7

4.1.10. Kontrol Syarat Komponen SRPMK

Sesuai dengan SNI -03-2847-2019 pasal 21.5.1 yang mengatur bahwa struktur rangka portal dengan nilai maksimum ialah sebagai berikut :

a. Balok / Sloof

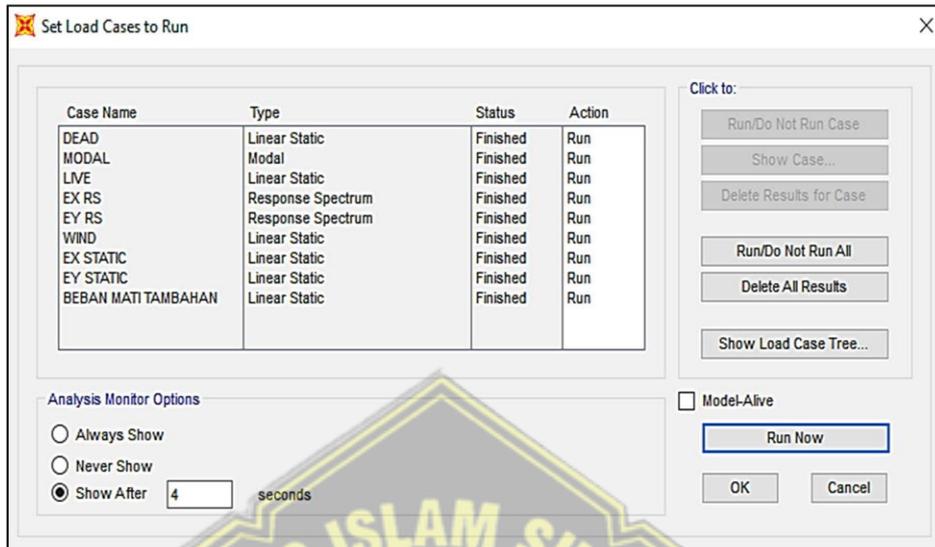
No.	Syarat SRPMK	Hasil Maksimum	Kesesuaian
1.	$Pu \text{ balok} < (Ag \text{ balok} \times f_c' / 10)$	<ul style="list-style-type: none"> • Pu balok 4138,35 N • Ag balok 400 x 200 = 80000 mm² • f_c' 21 Mpa • $Ag \text{ balok} \times f_c' / 10$ 168000 N 	Sesuai
		4138,35 N < 168000 N	
2.	$L_n > 4x \text{ tinggi balok}$	<ul style="list-style-type: none"> • L_n 8000 mm • Tinggi balok 400 mm • $4x \text{ tinggi balok}$ 1600 mm 	Sesuai
		8000 mm > 1600 mm	
3.	$B_w \text{ lebar balok} > 0,3x \text{ tinggi balok}$	<ul style="list-style-type: none"> • $B_w \text{ lebar balok}$ 200 mm • Tinggi balok 400 mm • $0,3 \times \text{tinggi balok}$ 	Sesuai
		200 mm > 120 mm	
4.	$0,75 \times 2 \text{ lebar kolom} > \text{Lebar balok}$ & $\text{Lebar kolom} > \text{Lebar balok}$	$0,75 \times 2(400) > 200$ 600 mm > 200 mm & 400 mm > 200 mm	Sesuai

b. Kolom

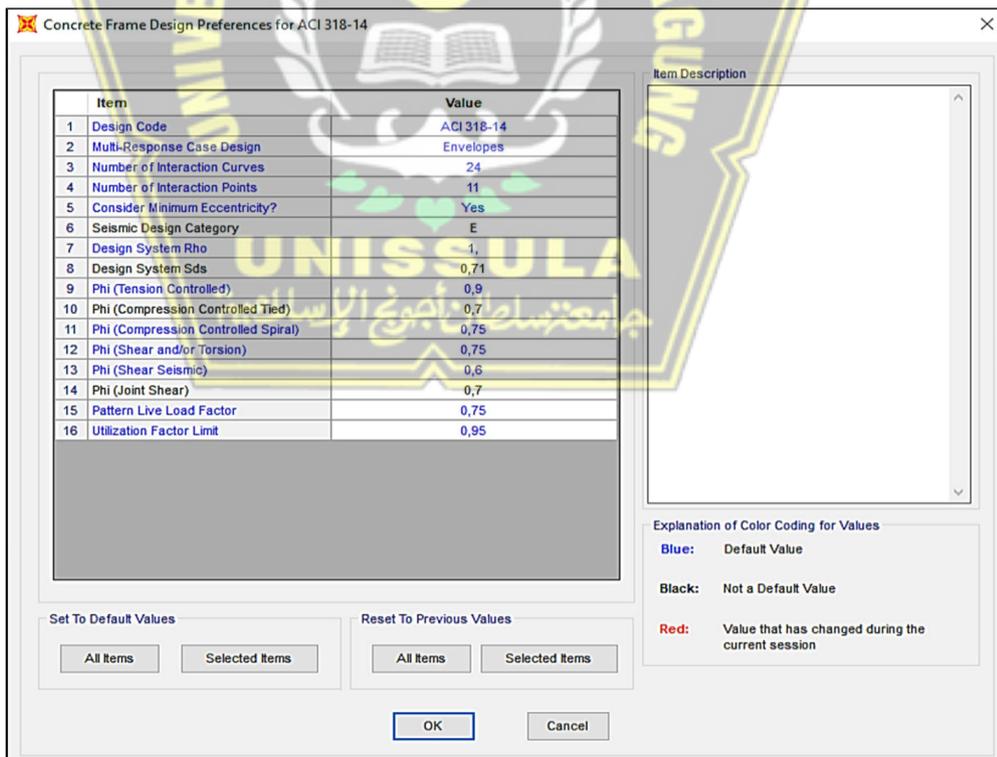
No.	Syarat SRPMK	Hasil Maksimum	Kesesuaian
1.	$Pu \text{ kolom} > (Ag \text{ kolom} \times f_c' / 10)$	<ul style="list-style-type: none"> • Pu kolom 435413,9 N • Ag kolom 400 x 400 = 160000 mm² • f_c' 21 MPa • $Ag \text{ kolom} \times f_c' / 10$ 336000 N 	Sesuai
		435413,9 N > 336000 N	
2.	Penampang terkecil kolom ≥ 300	400 mm \geq 300 mm	Sesuai
3.	Rasio ukuran kolom $> 0,4$	$400 / 400 = 1,0$ 1,0 > 0,4	Sesuai

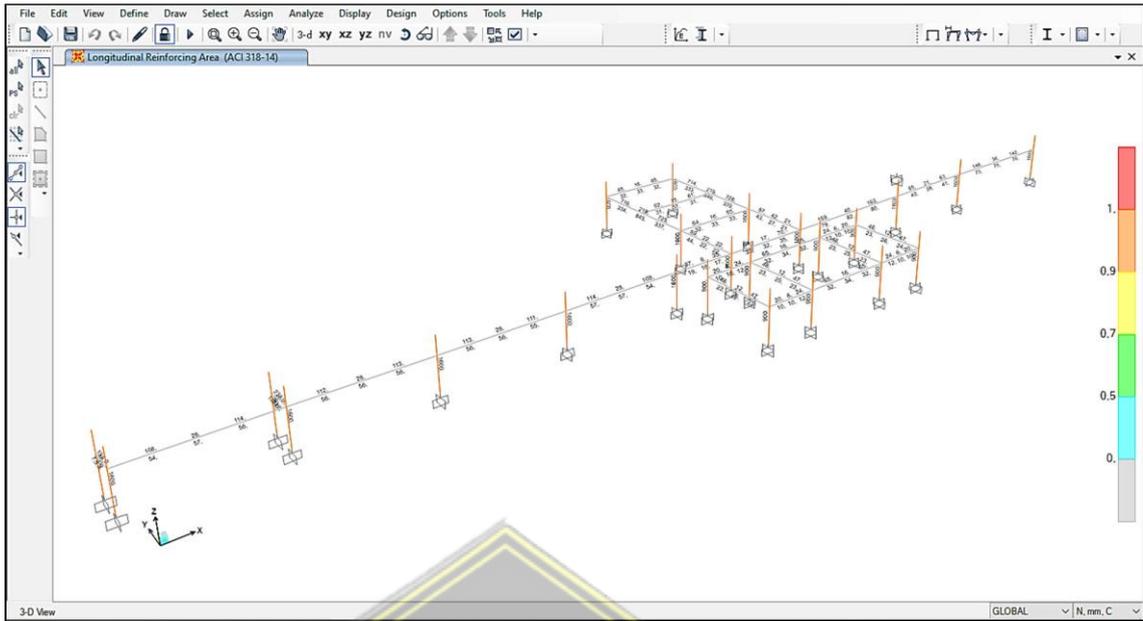
4.1.11. Hasil Output Running Program Dengan Gempa SNI 1726 : 2019

Tabel 5.1 Set Load Cases to Run



Tabel 5.2 Concrete Frame Design Preferences for ACI 318-14





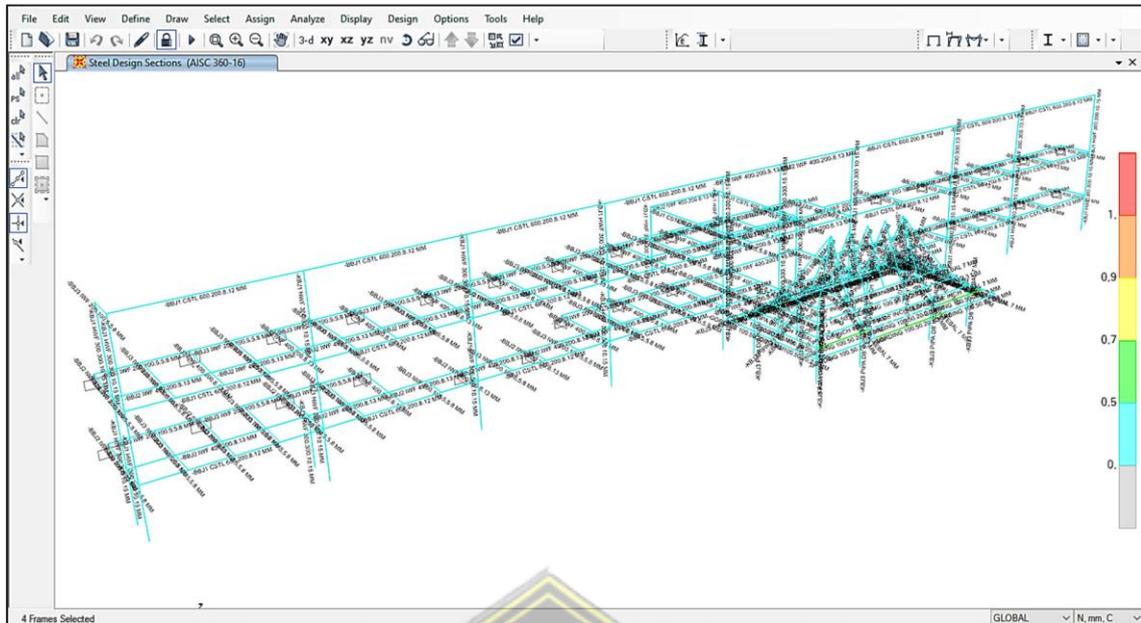
Gambar 4.8 Hasil Analisis Beton Bertulang Dengan Gaya Gempa SNI 2019

Sumber : SAP.2000 versi 20.2.0

Tabel 5.3 Steel Frame Design Preferences for ACI 360-16

Item	Value	Item Description
1	Design Code	AISC 360-16
2	Multi-Response Case Design	Envelopes
3	Framing Type	OMF
4	Seismic Design Category	E
5	Importance Factor	1.
6	Design System Rho	1.
7	Design System Sds	0,71
8	Design System R	8.
9	Design System Omega0	3.
10	Design System Cd	5,5
11	Design Provision	LRFD
12	Analysis Method	Direct Analysis
13	Second Order Method	General 2nd Order
14	Stiffness Reduction Method	Tau-b Fixed
15	Phi(Bending)	0,9
16	Phi(Compression)	0,9
17	Phi(Tension-Yielding)	0,9
18	Phi(Tension-Fracture)	0,75
19	Phi(Shear)	0,9
20	Phi(Shear-Short Webbed Rolled I)	1.
21	Phi(Torsion)	0,9
22	Ignore Seismic Code?	No
23	Ignore Special Seismic Load?	No

Explanation of Color Coding for Values
Blue: Default Value
Black: Not a Default Value
Red: Value that has changed during the current session



Gambar 4.9 Hasil Analisis Baja Dengan Gaya Gempa SNI 2019

Sumber : SAP.2000 versi 20.2.0

4.2. Analisis Material dan Sistem Struktur Pelaksanaan Rehabilitasi Gedung Kantor DPU Bina Marga dan Cipta Karya Provinsi Jawa Tengah

4.2.1. Data Pembangunan

Dinas Pekerjaan Umum (DPU) Bina Marga dan Cipta Karya Provinsi Jawa Tengah terletak di Jalan Madukoro Blok AA-BB Kelurahan Tawangmas, Kecamatan Semarang Barat, Kota Semarang - Jawa Tengah 50144 pada koordinat 6.9625106S,3979793E.



Gambar 4.10 Lokasi DPU Bina Marga dan Cipta Karya Provinsi Jawa Tengah
(Sumber : <https://www.google.com/maps>)

Kegiatan dibiayai dari sumber pendanaan Anggaran Pendapatan Belanja Daerah (APBD) Provinsi Jawa Tengah. Pembangunan yang dilaksanakan berupa item-item pekerjaan meliputi :

1. Pekerjaan Persiapan
2. Pekerjaan Interior Lantai 1
3. Pekerjaan Lantai 2
4. Pekerjaan Lantai Atap
5. Pekerjaan Fasade Depan
6. Pekerjaan Fasade Samping
7. Pekerjaan Fasade Belakang

8. Pekerjaan Penataan Taman
9. Pekerjaan Rumah Genset
10. Pekerjaan Lain-lain
11. Pekerjaan Penutup Atap - Depan Ruang PPID

4.2.2. Evaluasi Bangunan Gedung Tahan Gempa Sesuai SNI 1726 : 2019

Dalam Analisis Penilaian Perencanaan dilaksanakan berdasarkan SNI 1726 : 2019 tentang Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non-Gedung. Di dalam lampiran tersebut mencakup ketentuan pedoman pekerjaan dan pemakaian bahan sesuai peraturan teknis yang direncanakan dengan memperhatikan Kaidah Teknis (struktur dan arsitektur), kegunaan dan kualitas bahan bangunan yang akan digunakan, seperti menampilkan gambar denah, tampak, potongan dan detail struktur tahan gempa bersifat umum. Hasil penilaian penerapan material dan Sistem Struktur Bangunan Gedung Tahan Gempa berdasarkan SNI 1726 : 2019 dapat dilihat pada tabel sebagai berikut :

Tabel 5.4 Penilaian Penerapan Material dan Sistem Struktur Bangunan Gedung Tahan Gempa dengan Penambahan Dilatasi

No	Persyaratan	Deskripsi Evaluasi Teknis	Pemenuhan tinjauan Teknis		Bobot	Uraian Pelaksanaan
			Ya	Tidak		
1.	Tinjauan Aspek Lokasi					
	a. Stabilitas Tanah	Lokasi pembangunan diatas tanah padas, stabil, datar, tidak diatas tanah miring atau tanah timbunan.	√		3%	Dibahas pada Parameter Percepatan Gempa (Halaman 33) dan Pemahaman tentang Jarak Patahan untuk Berbagai Lokasi Situs Proyek serta pembacaan Peta-peta gerak tanah seismik dan koefisien risiko (Halaman 231-238)
	b. Lokasi Siap Bangun	Sebelum dibangun, lokasi harus dibersihkan (rumput, sisa-sisa pohon dan akar) dan diratakan	√		2%	
	c. Penentuan Zonasi Gempa	Penentuan bangunan berdasarkan peta zonasi gempa Indonesia	√		2%	

2.	Tinjauan Aspek Material/Bahan					
	a. Batu bata	Warna batu bata sama dan seragam, ukuran sama, dan tidak retak/pecah	√		2%	Aspek Material dibahas pada Persyaratan Desain dan Pendetailan Material (Halaman 47) Serta dibahas dalam Tabel 12. Faktor R, Cd, dan Ω_0 untuk sistem pemikul gaya seismik (Halaman 49-51)
	b. Pasir dan Kerikil	Pasir kerikil bersih, warna seragam, tidak kotor, berlumpur dan tercampur sampah	√		2%	
	c. Kayu	Kayu dengan kualitas baik, yang lurus, keras, kering, berwarna gelap, tidak ada retak	√		2%	
	d. Air	Air yang digunakan adalah air bersih, tidak mengandung garam/asam	√		2%	
	e. Semen	Menggunakan Semen Tipe 1 (Portland Cement) yang umum dipasaran dan ber-SNI	√		2%	
	f. Beton	Campuran beton terdiri dari 1 semen : 2 Pasir : 3 Kerikil : 0,5 air	√		2%	
	g. Batu Fondasi	Fondasi menerus batu belah terbuat dari batu kali/gunung yang keras dan berwarna gelap	√		2%	
	h. Mortar	Campuran volume mortar yang dianjurkan terdiri dari 1 semen : 4 pasir bersih : Air secukupnya	√		2%	
3.	Tinjauan Aspek Arsitektur					
	a. Denah bangunan simetris	simetris terhadap kedua sumbu bangunan dan tidak terlalu panjang. Perbandingan lebar bangunan dengan panjang 1:2.	√		3%	Pemahaman tentang denah bangunan tahan gempa, berat atap, dan lain-lain juga dibahas pada SNI 1726:2019. Aspek arsitektur dibahas pada sub 9.4 Elemen Arsitektural (Halaman 116-122)
	b. Berat Atap (ringan)	Menggunakan bahan-bahan atap yang ringan seperti seng, asbes gelombang atau aluminium, genteng, sirap	√		3%	
	c. Overstek tidak terlalu panjang	Overstek pada bagian teras terutama tidak terlalu panjang	√		3%	
	d. Bukaannya pada dinding pada dua sisi	Letak bukaan yang ditempatkan pada dua sisi yang saling berhadapan. Jumlah lebar bukaan dalam satu bidang dinding tidak melebihi setengah panjang dinding.	√		3%	
	e. Kusen pintu/ jendela angker ke tembok (ada)	Kusen pintu dan jendela diberi angker besi yang ditanamkan di dalam tembok, angker berfungsi untuk memperkuat ikatan antara dua atau lebih elemen struktural (tembok dan kusen)	√		3%	
4.	Tinjauan Aspek Struktur					
	a. Pondasi	- Pondasi ditempatkan pada tanah keras dan kuat	√		2%	Pemahaman tentang aspek struktur bangunan gedung tahan gempa banyak dibahas pada SNI 1726:2019 di antaranya pada sub 3.51 Sistem Struktur Bangunan dan juga di sub 4 Ketentuan Umum juga membahas gempa
		- Pondasi dihubungkan dengan balok pondasi (sloof)	√		2%	
		- Dasar pondasi diletakkan lebih dalam dari 60 cm di bawah permukaan tanah.	√		2%	
	b. Balok Pengikat/ Sloof	- Ukuran balok pengikat/ sloof minimal 15 x 20 cm, tulangan utama \varnothing 10 mm, tulangan begel \varnothing 8 mm, jarak tulangan begel 15 cm, tebal selimut beton 15 mm	√		2%	
		- Balok sloof diangkerkan pada fondasinya dengan jarak angker 1,5 meter dengan besi tulangan diameter 12 mm atau angker menggunakan tulangan diameter 10 mm dengan	√		2%	

		jarak maksimum angkur adalah 1 meter				rencana, faktor keutamaan gempa dan kategori resiko struktur bangunan
	c. Kolom/ Tiang	- Bangunan menggunakan kolom sbg elemen pemikul beban - Kolom diangker pada balok sloof atau ikatannya diteruskan pada fondasinya	√		2%	
		- Pada bagian ujung atas kolom beton bertulang atau setiap kolom harus diikat dan disatukan dengan balok keliling/ring balk - Rangka bangunan (sloof, balok dan kolom) memiliki hubungan kuat dan kokoh. - Kolom juga harus dilengkapi dengan balok pengaku (ring balk, balok latei) utk menahan gaya lateral gempa	√		2%	
			√		2%	
	d. Balok Bangunan	- Balok pada bangunan rumah sederhana terdiri dari ring balk (balok keliling) dan balok lintel. - Balok latei/lintel membatasi luas bidang dinding maksimal 16 m ² - Balok lintel harus diikat ke kolom, ring balok harus diikat pada kolom-kolom rangka dan sambungan kolom dengan balok sloof	√		2%	Ketentuan dinding tahan gempa dan pengangkeran dibahas detail pada sub 7.11 Dinding Struktural dan Pengangkurannya (Halaman 86)
	e. Dinding	- Dinding harus diangker pada kolom dengan panjang angker 1,5 kali panjang batu bata atau batako. - Angker dipasang setiap 10 lapis bata merah atau tiap 3 kali lapis batako - Dinding diberikan kolom praktis dan balok pengikat pada bagian dinding yang mempunyai luas lebih dari 12 m ² atau panjang dinding 15 kali tebal dinding - Pemasangan dinding ½ bata diperkuat oleh adanya kolom praktis yang mengikat baik dengan sloof (di kaki) dan balok ring di puncak dinding	√		2%	
			√		2%	
			√		2%	
	f. Atap	- Rangka kuda-kuda kuat menahan beban atap dan diangkerkan pada dukungannya yaitu pada kolom atau balok ring. - Pada arah memanjang, atap diperkuat dengan ikatan angin antara rangka kuda-kuda	√		2%	
		- Kuda-kuda untuk bangunan gedung tahan gempa dapat menggunakan kuda-kuda papan paku (ringan dan sederhana). Ukuran kayu yang digunakan 2 cm x 10 cm, dan jumlah paku yang digunakan minimum 4 buah paku dengan panjang 2,5 kali tebal kayu. - Desain kuda-kuda kayu menyesuaikan dengan panjang bentang dan beban atap - Bingkai gunung-gunung/ampig terbuat dari beton bertulang dengan ukuran 15 cm x 12 cm. Menggunakan tulangan utama diameter 10 mm dan begel diameter 8 mm, tebal selimut beton 1 cm. Ampig terbuat dari susunan bata yang direkatkan dengan	√		2%	
			√		2%	

		campuran adukan 1 semen : 4 pasir, dan diplester. Penggunaan bahan ringan seperti papan dan GRC juga dianjurkan untuk meminimalisasi akibat yang parah bila ampig roboh saat terjadi gempa					
	g. Desain Struktur	- Campuran beton minimum perbandingan adalah 1 bagian semen, 2 bagian pasir dan 3 bagian kerikil serta ½ bagian air, sehingga menghasilkan kekuatan tekan beton pada umur 28 hari minimum 175 kg/cm ²	√		2%	Pembahasan Desain Struktur dituangkan pada Sub 8 Kriteria Desain Struktur Yang Disederhanakan Untuk Dinding Penumpu Atau Sistem Rangka Bangunan Sederhana (Halaman 97) dan Persyaratan Desain Struktur (Halaman 135)	
		- Pengecoran beton dilakukan secara berkesinambungan (tidak berhenti di setengah balok atau di setengah kolom)	√		2%		
		- Pengadukan beton sedapat mungkin menggunakan alat pencampur beton (beton molen).	√		2%		
		- Apabila pencampuran beton dilakukan secara manual oleh tenaga manusia, menggunakan bak dari bahan metal atau bahan lain yang kedap air	√		2%		
		- Kekuatan tarik baja min. 2400 kg/cm ²	√		2%		
		- Diameter tulangan utama untuk balok lintel, ring balok dan kolom min. Ø 10 mm, dan untuk sengkang min. Ø 6 mm dengan jarak as ke as sengkang 15 cm	√		2%		
		- Diameter tulangan utama untuk balok sloof/balok pengikat pondasi min.Ø 12 mm, dan ukuran sengkang min. Ø 8 mm dengan jarak as ke as sengkang 15 cm	√		2%		
		- Agar diperoleh efek angkur yang maksimum dari besi tulangan, maka pada setiap ujung tulangan harus ditekuk ke arah dalam balok hingga 115°	√		2%		
		- Jarak dilatasi yang dibutuhkan untuk perencanaan bangunan gedung tahan gempa dari perhitungan di dapatkan 340 mm	√		2%	Ketidakberaturan Torsi Horizontal dibahas pada Tabel 13 Ketidakberaturan Horizontal Pada Struktur	
		- Jenis variasi dilatasi dikaitkan dengan ketidakberaturan torsi horisontal sesuai SNI 1726 : 2019					
Jumlah Bobot						100 %	

Hasil penilaian penerapan material dan sistem struktur bangunan gedung tahan gempa dengan penambahan dilatasi masuk kategori **Memenuhi** (100%)

4.2.3. Penerapan Struktur Bangunan Gedung Tahan Gempa dengan Penambahan Dilatasi

Dilatasi dalam pekerjaan Rehabilitasi Gedung Kantor DPU Bina Marga dan Cipta Karya Provinsi Jawa Tengah ini terjadi pada bangunan lama (eksisting) dengan bangunan baru di mana dalam proses

pekerjaan menyatukan bangunan lama (eksisting) dengan bangunan baru (sekaligus perbaikan fasad gedung kantor) menggunakan sistem dilatasi *joint* pada bangunan sehingga akan memberikan perlindungan jika terjadi gempa pada bangunan lama (eksisting) dan juga adanya kestabilan pergerakan pada bangunan baru.



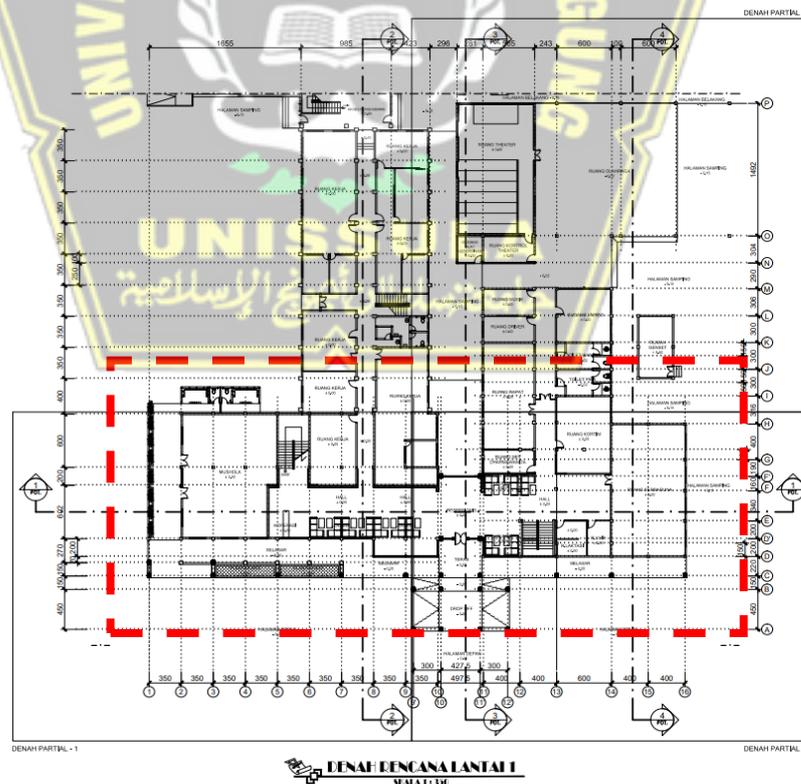
Gambar 4.11 Bangunan Lama (Eksisting) Gedung Kantor DPU Bina Marga dan Cipta Karya Provinsi Jawa Tengah (Sumber : Foto Pribadi)



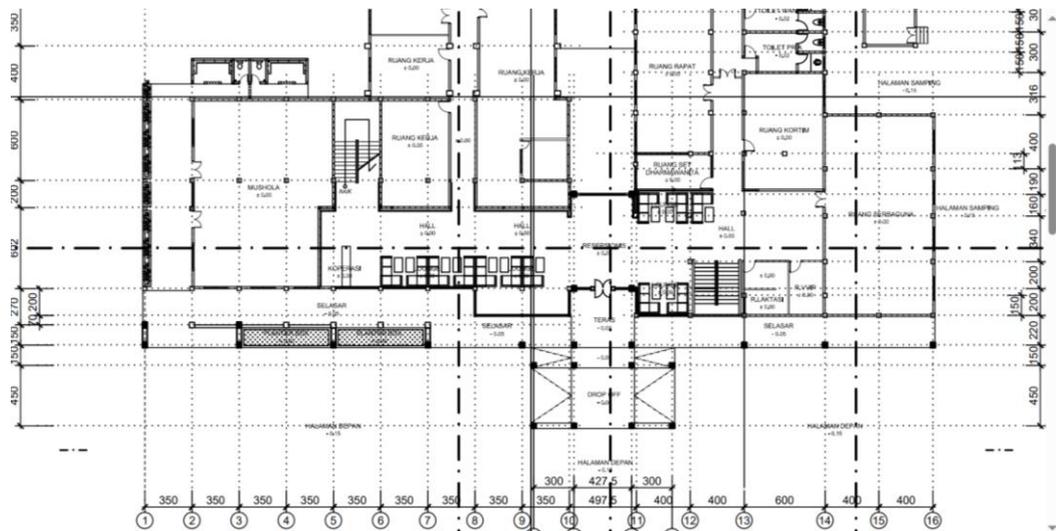
Gambar 4.12 Penyatuan Bangunan Lama (Eksisting) dan Bangunan Baru dengan Metode Dilatasi Joint (Sumber : Foto Pribadi)

Denah penyatuan bangunan lama (eksisting) dan bangunan baru pada pekerjaan Rehabilitasi Gedung Kantor DPU Bina Marga dan Cipta Karya Provinsi Jawa Tengah ini memperlihatkan bentuk denah yang tidak simetris dan bentuk bangunan yang sangat panjang hampir sekitar kurang lebih 54,5 meter sehingga rawan dalam menahan deformasi akibat penurunan pondasi, gempa, muai susut, karena akumulasi gaya yang sangat besar pada dimensi bangunan yang panjang tersebut sehingga menyebabkan timbulnya retakan atau keruntuhan struktural. Oleh karenanya, perlu dibagi menjadi beberapa bangunan yang lebih kecil, di mana tiap bangunan dapat bereaksi secara kompak dan kaku dalam menghadapi pergerakan bangunan yang terjadi yaitu salah satunya dengan sistem atau penambahan struktur dilatasi.

Hal ini dilakukan agar pada saat terjadinya beban (gaya vertikal dan horizontal, seperti pergeseran tanah atau gempa bumi) pada bangunan tidak menimbulkan keretakan atau putusnya sistem struktur bangunan tersebut.



Gambar 4.13 Denah Lt. 1 Penyatuan Bangunan Lama (Eksisting) dengan Bangunan Baru (Sumber : Dok. Pribadi)



Gambar 4.14 Denah Lt. 2 Penyatuan Bangunan Lama (Eksisting) dengan Bangunan Baru (Sumber : Dok. Pribadi)

Dari pengamatan visual dan analisis didapatkan bahwa pekerjaan struktur bangunan gedung dengan dilakukan penambahan dilatasi dapat mengurangi gaya geser dasar dibandingkan dengan struktur eksistingnya. Adanya perbandingan nilai gaya geser yang terjadi pada struktur yang dilakukan penambahan dilatasi dengan yang tidak dilakukan penambahan dilatasi dan didapatkan bahwa struktur dengan sistem pemisahan bangunan (dilatasi) memiliki nilai-nilai translasi yang lebih besar dibandingkan dengan struktur eksisting. Hal ini bertujuan untuk mengecilkan torsi dari struktur tersebut.



Gambar 4.15 Dilatasi Pada Kolom (Terpisah Antara Kolom Beton Lama dan Kolom Baja IWF Baru) (Sumber : Foto Pribadi)



Gambar 4.16 Dilatasi Antara Kolom Beton Lama (Eksisting) dan Kolom Beton Baru
Terlihat Perbedaan Garis Acian Lama dan Garis Acian Baru
(Sumber : Foto Pribadi)

4.2.4. Evaluasi Penerapan Material dan Sistem Struktur Bangunan Gedung Tahan Gempa dengan Penambahan Dilatasi

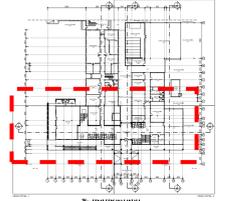
Hasil Analisis Material dan Sistem Struktur Bangunan Gedung Tahan Gempa dengan Penambahan Dilatasi pada Rehabilitasi Gedung Kantor DPU Bina Marga dan Cipta Karya Provinsi Jawa Tengah dapat dilihat pada tabel sebagai berikut :

Tabel 5.5 Evaluasi Penerapan Material dan Sistem Struktur Bangunan Gedung Tahan Gempa dengan Penambahan Dilatasi

No	Persyaratan	Deskripsi Evaluasi Teknis	Pemenuhan Tinjauan Teknis		Bobot	Uraian Pelaksanaan
			Ya	Tidak		
1	Tinjauan Aspek Lokasi					
	a. Stabilitas Tanah	<ul style="list-style-type: none"> - Lokasi pembangunan diatas tanah padas, stabil, datar, tidak diatas tanah miring atau tanah timbunan. - Bila dibangun pada lahan perbukitan, maka lereng bukit harus stabil, tidak longsor pada saat gempa bumi terjadi. - Bila dibangun di lahan dataran, maka tidak berada di lokasi yang memiliki jenis 	√	-	3%	Dokumen :  Dokumen Penelitian Tanah

		tanah sangat halus dan tanah liat yang sensitif (tanah mengembang)				Lokasi pembangunan :  <i>Jl. Madukoro Blok AA-BB Semarang</i>
		SNI 1726-2003, SNI 1727-1989, Persyaratan Pokok Rumah yang Lebih Aman, Teddy Boen dkk (2009), Pedoman Teknis Rumah dan Bangunan Gedung Tahan Gempa yang, Dirjen Cipta Karya, Dep. PU (2006)				
	b.Lokasi Siap Bangun	Sebelum dibangun, lokasi harus dibersihkan (rumput, sisa-sisa pohon dan akar) dan diratakan	√	-	2%	 <i>Lokasi Rehab Disterilkan & Ditutup Pagar Pembatas Proyek</i>
		Pedoman Teknis Rumah dan Bangunan Gedung Tahan Gempa yang, DirjenCipta Karya, Dep. PU (2006)				
	c. Penentuan Zonasi Gempa	Penentuan bangunan berdasarkan peta zonasi gempa Indonesia Peta Gempa Indonesia 2012 (puskim.pu.go.id)	√	-	2%	Tanah lempung kelanauan abu-abu gelap terdapat kulit kerang sedikit pasir
Sub Total 1					7%	
2	Tinjauan Aspek Material/Bahan					
	a. Batu bata	Warna batu bata sama dan seragam, ukuran sama, dan tidak retak/pecah Buku Saku Persyaratan Pokok Rumah Yang Lebih Aman, Teddy Boen dkk (2009) . Panduan Inspeksi/Pengawasan Sederhana untuk Konstruksi Rumah yang Lebih Aman (2009) kerjasama Kementerian Pekerjaan Umum dan JICA	√	-	2%	 <i>Warna Batu Bata Sama dan Seragam</i>
	b. Pasir dan Kerikil	Pasir, kerikil bersih, warna seragam, tidak kotor, berlumpur dan tercampur sampah SNI 03-3976-1995, Buku Saku Persyaratan Pokok Rumah Yang Lebih Aman, Teddy Boen dkk (2009) . Panduan Inspeksi/Pengawasan Sederhana untuk Konstruksi Rumah yang Lebih Aman (2009) kerjasama Kementerian Pekerjaan Umum dan JICA	√		2%	 <i>Penggunaan Pasir Muntilan yang Bersih dan Tidak Tercampur Lumpur</i>

c. Kayu	<p>Kayu dengan kualitas baik, yang lurus, keras, kering, berwarna gelap, tidak ada retak</p> <p>Buku Saku Persyaratan Pokok Rumah Yang Lebih Aman, Teddy Boen dkk (2009) , Panduan Inspeksi/Pengawasan Sederhana untuk Konstruksi Rumah yang Lebih Aman (2009) kerjasama Kementerian Pekerjaan Umum dan JICA</p>	√	-	2%	 <p><i>Material Kayu dengan Kualitas Baik</i></p>
d. Air	<p>Air yang digunakan adalah air bersih, tidak mengandung garam/asam</p> <p>SNI 03-3976-1995, Panduan Inspeksi/Pengawasan Sederhana untuk Konstruksi Rumah yang Lebih Aman (2009) kerjasama Kementerian Pekerjaan Umum dan JICA</p>	√	-	2%	 <p><i>Air Kerja Menggunakan Air Bersih dari Tandon</i></p>
e. Semen	<p>Menggunakan Semen Tipe 1 (Portland Cement) yang umum dipasaran dan ber-SNI</p> <p>SNI 03-3976-1995, Panduan Inspeksi/Pengawasan Sederhana untuk Konstruksi Rumah yang Lebih Aman (2009) kerjasama Kementerian Pekerjaan Umum dan JICA</p>	√	-	2%	 <p><i>Material Semen Tipe1 dan ber-SNI</i></p>
f. Beton	<p>Campuran beton terdiri dari 1 semen : 2 Pasir : 3 Kerikil : 0,5 air</p> <p>SNI 03-3976-1995, . Panduan Inspeksi/Pengawasan Sederhana untuk Konstruksi Rumah yang Lebih Aman (2009) kerjasama Kementerian Pekerjaan Umum dan JICA</p>	√	-	2%	 <p><i>Agregat Beton 1:2:3 dengan Mutu Beton sesuai Spek Teknis</i></p>
g. Batu Fondasi	<p>Fondasi menerus batu belah terbuat dari batu kali/gunung yang keras dan berwarna gelap</p> <p>Buku Saku Persyaratan Pokok Rumah Yang Lebih Aman, Teddy Boen dkk (2009)</p>	√	-	2%	 <p><i>Batu Fondasi Lajur Menggunakan Batu Belah Berwarna Gelap</i></p>

	h. Mortar	Campuran volume mortar yang dianjurkan terdiri dari 1 semen : 4 pasir bersih : Air secukupnya	√	-	2%	 <p><i>Agregat Mortar untuk Pas. Bata Ringan Sudah Sesuai Spek Teknis</i></p>
		SNI 03-3976-1995, Buku Saku Persyaratan Pokok Rumah Yang Lebih Aman, Teddy Boen dkk (2009)				
Sub Total 2					16%	
3	Tinjauan aspek arsitektur					
	a. Denah bangunan simetris	<p>Simetris terhadap kedua sumbu bangunan dan tidak terlalu panjang. Perbandingan lebar bangunan dengan panjang 1:2</p> <p>Sarwidi dkk. (2003) dalam bukunya dengan judul "Manual Bangunan Tahan Gempa, Rumah Tinggal Sederhana Tembokan", Pedoman Teknis Rumah dan Bangunan Gedung Tahan Gempa yang, Dirjen Cipta Karya, Dep. PU (2006)</p>	√	-	3%	<p>Gambar denah bangunan :</p>  <p><i>Denah Rehabilitasi Mendekati Simetris dengan Adanya Sistem Dilatasi (karena panjang total 54,5 meter)</i></p>
	b. Berat Atap (ringan)	<p>Menggunakan bahan-bahan atap yang ringan seperti seng, asbes gelombang atau aluminium, genteng, sirap</p> <p>Sarwidi dkk. (2003) dalam bukunya dengan judul "Manual Bangunan Tahan Gempa, Pedoman Teknis Rumah dan Bangunan Gedung Tahan Gempa yang, Dirjen Cipta Karya, Dep. PU (2006)</p>	√	-	3%	 <p><i>Atap Genteng Keramik</i></p>
	c. Overstek tidak terlalu panjang	<p>Overstek pada bagian teras terutama tidak terlalu panjang</p> <p>Sarwidi dkk. (2003) dalam bukunya dengan judul "Manual Bangunan Tahan Gempa</p>	√	-	3%	 <p><i>Sesuai Ketentuan Overstek Teras Depan Tidak Terlalu Panjang, hanya 2 meter</i></p>
						81

	d. Bukaannya ditinggalkan pada dua sisi	Letak bukaan yang ditempatkan pada dua sisi yang saling berhadapan. Jumlah lebar bukaan dalam satu bidang dinding tidak melebihi setengah panjang dinding.	√	-	3%	 <p><i>Bukaan Ditempatkan Pada Dua Sisi Berhadapan</i></p>
		Sarwidi dkk. (2003) dalam bukunya dengan judul "Manual Bangunan Tahan Gempa				
	e. Kusen pintu/jendela angker ke tembok (ada)	Kusen pintu dan jendela diberi angker besi yang ditanamkan di dalam tembok, angker berfungsi untuk memperkuat ikatan antara dua atau lebih elemen struktural (tembok dan kusen)	√	-	3%	 <p><i>Angker Besi Ditanam Pada Tembok untuk Struktur Ikatan</i></p>
		Sarwidi dkk. (2003) dalam bukunya dengan judul "Manual Bangunan Tahan Gempa, Pedoman Teknis Rumah dan Bangunan Gedung Tahan Gempa yang, DirjenCipta Karya, Dep. PU (2006)				
Sub Total 3					15%	
4	Tinjauan aspek struktur					
	a. Pondasi	<ul style="list-style-type: none"> - Pondasi ditempatkan pada tanah keras dan kuat - Dasar pondasi diletakkan lebih dalam dari 60 cm di bawah permukaan tanah. - Pondasi <u>dihubungkan dengan balok pondasi (sloof)</u> 	√	-	2%	 <p><i>Pondasi Foot Plat</i></p>  <p><i>Pondasi Lajur Batu Kali</i></p>
		Persyaratan Pokok Rumah yang Lebih Aman, Teddy Boen dkk (2009), Pedoman Teknis Rumah dan Bangunan Gedung Tahan Gempa yang, DirjenCipta Karya, Dep. PU (2006)	√	-	2%	
			√	-	2%	

	b. Balok Pengikat/ Sloof	- Ukuran balok pengikat/ sloof minimal 15 x 20 cm, tulangan utama Ø 10 mm, tulangan begel Ø 8 mm, jarak tulangan begel 15 cm, tebal selimut beton 15 mm	-	√	0%	 <p><i>Pemasangan Sloof</i></p>
		- Balok sloof diangkerkan pada fondasinya dengan jarak anker 1,5 meter dengan besi tulangan diameter 12 mm atau anker menggunakan tulangan diameter 10 mm dengan jarak maks. anker 1 meter	-	√	0%	
		SNI 03-6816-2002, Persyaratan Pokok Rumah yang Lebih Aman, Teddy Boen dkk (2009), Pedoman Teknis Rumah dan Bangunan Gedung Tahan Gempa yang, DirjenCipta Karya, Dep. PU (2006)				
	c. Kolom/ Tiang	- Bangunan menggunakan kolom sebagai elemen pemikul beban	√	-	2%	 <p><i>Pemasangan Kolom</i></p>
		- Kolom diangker pada balok sloof atau ikatannya diteruskan pada fondasinya	√	-	2%	
		- Pada bagian ujung atas kolom beton bertulang atau setiap kolom harus diikat dan disatukan dengan balok keliling/ring balk	√	-	2%	
		- Rangka bangunan (sloof, balok dan kolom) memiliki hubungan kuat dan kokoh.	√	-	2%	
		- Kolom juga harus dilengkapi dengan balok pengaku (ring balk, balok latei) untuk menahan gaya lateral gempa	√	-	2%	
		SNI 03-6816-2002, SNI 1726:2012, Persyaratan Pokok Rumah yang Lebih Aman, Teddy Boen dkk (2009), Pedoman Teknis Rumah dan Bangunan Gedung Tahan Gempa yang, DirjenCipta Karya, Dep. PU (2006)				
	d. Balok Bangunan	- Balok pada bangunan rumah sederhana terdiri dari ring balk (balok keliling) dan balok lintel.	√	-	2%	 <p><i>Pemasangan Ring Balk Keliling</i></p>
		- Balok latei/lintel membatasi luas bidang dinding maksimal 16 m2	√	-	2%	
		- Balok lintel harus diikatkan ke kolom, ring balok harus diikatkan pada kolom-kolom rangka dan sambungan kolom dengan balok sloof	√	-	2%	

		SNI 03-6816-2002 , Persyaratan Pokok Rumah yang Lebih Aman, Teddy Boen dkk (2009), Pedoman Teknis Rumah dan Bangunan Gedung Tahan Gempa yang, DirjenCipta Karya, Dep. PU (2006)				
						<i>Pemasangan Balok Latei</i>
	e. Dinding	-Dinding diangker pada kolom dengan panjang anker 1,5 kali panjang bata atau batako. - Angker dipasang setiap 10 lapis bata merah atau tiap 3 kali lapis batako - Dinding diberikan kolom praktis dan balok pengikat pada bagian dinding yang mempunyai luas lebih dari 12 m2 atau panjang dinding 15 kali tebal dinding - Pemasangan dinding ½ bata diperkuat oleh adanya kolom praktis yang mengikat baik dengan sloof (di kaki) dan balok ring di puncak dinding	√	-	2%	
			√	-	2%	<i>Pemasangan Angker pada Dinding</i>
			√	-	2%	
		Persyaratan Pokok Rumah yang Lebih Aman, Teddy Boen dkk (2009), Pedoman Teknis Rumah dan Bangunan Gedung Tahan Gempa yang, Dirjen Cipta Karya, Dep. PU (2006)	√	-	2%	<i>Pemasangan Kolom Praktis</i>
	f. Atap	-Rangka kuda-kuda kuat menahan beban atap dan diangkerkan pada dukungannya yaitu pada kolom atau balok ring. - Pada arah memanjang, atap diperkuat dengan ikatan angin antara rangka kuda-kuda - Kuda-kuda untuk bangunan gedung tahan gempa dapat menggunakan kuda-kuda papan paku (ringan dan sederhana). Ukuran kayu yang digunakan 2 cm x 10 cm, dan jumlah paku yang digunakan minimum 4 buah paku dengan panjang 2,5 kali tebal kayu.	√	-	2%	
			√	-	2%	<i>Pemasangan Kuda-kuda Baja IWF</i>
			√	-	2%	

		-Design kuda-kuda kayu menyesuaikan dengan panjang bentang dan beban atap -Bingkai gunung-gunung/ampig terbuat dari beton bertulang dengan ukuran 15 cm x 12 cm. Menggunakan tulangan utama diameter 10 mm dan begel diameter 8 mm, tebal selimut beton 1 cm. Ampig terbuat dari susunan bata yang direkatkan dengan campuran adukan 1 semen : 4 pasir, dan diplester. Penggunaan bahan ringan seperti papan dan GRC juga dianjurkan untuk meminimalisasi akibat yang parah bila ampig roboh saat terjadi gempa	√	-	2%	
		Persyaratan Pokok Rumah yang Lebih Aman, Teddy Boen dkk (2009), Pedoman Teknis Rumah dan Bangunan Gedung Tahan Gempa yang, Dirjen Cipta Karya, Dep. PU (2006), Panduan Inspeksi/Pengawasan Sederhana untuk Konstruksi Rumah yang Lebih Aman (2009) kerjasama Kementerian Pekerjaan Umum dan JICA	√	-	2%	
g. Desain Struktur		- Campuran beton minimum perbandingan adalah 1 bagian semen, 2 bagian pasir dan 3 bagian kerikil serta ½ bagian air, sehingga menghasilkan kekuatan tekan beton pada umur 28 hari minimum 175 kg/cm ² -Pengecoran beton dilakukan secara berkesinambungan (tidak berhenti di setengah balok atau di setengah kolom)	√	-	2%	
		- Pengadukan beton sedapat mungkin menggunakan alat pencampur beton (beton molen).	√	-	2%	
		-Apabila pencampuran beton dilakukan secara manual oleh tenaga manusia, menggunakan bak dari bahan metal atau bahan lain yang kedap air	√	-	2%	

	<ul style="list-style-type: none"> - Kekuatan tarik baja min. 2400 kg/cm² - Diameter tulangan utama untuk balok lintel, ring balok dan kolom min. Ø 10 mm, dan untuk sengkang min. Ø 6 mm dengan jarak as ke as sengkang 15 cm - Diameter tulangan utama untuk balok sloof/balok pengikat pondasi min.Ø 12 mm, dan ukuran sengkang min. Ø 8 mm dengan jarak as ke as sengkang 15 cm - Agar diperoleh efek angkur yang maksimum dari besi tulangan, maka pada setiap ujung tulangan harus ditekuk ke arah dalam balok hingga 115° <p>SNI 03-6816-2002, Pedoman Teknis Rumah dan Bangunan Gedung Tahan Gempa yang, DirjenCipta Karya, Dep. PU (2006), Panduan Inspeksi/Pengawasan Sederhana untuk Konstruksi Rumah yang Lebih Aman (2009) kerjasama Kementerian Pekerjaan Umum dan JICA</p>	√	-	2%	 <p><i>Kondisi Pengecoran Yang Kedap Air</i></p>
		√	-	2%	
		√	-	2%	
		√	-	2%	
	<ul style="list-style-type: none"> - Jarak dilatasi yang dibutuhkan untuk perencanaan bangunan gedung tahan gempa dari perhitungan di dapatkan 340 mm - Jenis penambahan dilatasi dikaitkan dengan ketidakberaturan torsi horisontal sesuai SNI 1726:2019 <p>SNI 03-6816-2002, Pedoman Teknis Rumah dan Bangunan Gedung Tahan Gempa yang, DirjenCipta Karya, Dep. PU (2006), Panduan Inspeksi/Pengawasan Sederhana untuk Konstruksi Rumah yang Lebih Aman (2009) kerjasama Kementerian Pekerjaan Umum dan JICA</p>	√	-	2%	 <p><i>Panjang Total Bangunan 54,5 meter (Dengan Kombinasi Varian Sistem Dilatasi)</i></p>
Sub Total 4				58%	
Jumlah Bobot 1-4				96 %	

Bangunan yang dievaluasi masuk kategori **Memenuhi** (96%)

Berdasarkan hasil Penerapan Material dan Sistem Struktur Bangunan Gedung Tahan Gempa dengan Penambahan Dilatasi pada pekerjaan Rehabilitasi

Gedung Kantor DPU Bina Marga dan Cipta Karya Provinsi Jawa Tengah, ditinjau dari Aspek Lokasi sudah memenuhi persyaratan teknis, lokasi eksisting dengan jenis tanah sedang, rata dengan halaman sehingga memerlukan tanah timbun yang dipadatkan untuk peninggian peil lantai, berdasarkan Zonasi Gempa koordinat 6.9625106S,3979793E .

Ditinjau dari Aspek Material/Bahan telah batu bata, besi, semen, genteng dan kayu sesuai ketentuan standar untuk material batu belah, pasir, bata dan kerikil lokal. Untuk peninjauan Aspek Arsitektur telah sesuai Persyaratan Teknis, antara lain denah bangunan mendekati simetris dengan ukuran panjang total 54,5 meter perbandingan panjang dengan lebar tidak terlalu panjang, penggunaan atap ringan berupa genteng keramik, bukaan dinding pada dua sisi dan tidak melebihi setengah panjang dinding, dalam gambar pelaksanaan pemasangan pintu/jendela dari kayu kruing juga diberi angker ke dinding.

Tinjauan dari Aspek Struktur pada bagian pondasi, balok pengikat, sloof, kolom, dinding sudah memenuhi persyaratan teknis dari segi dimensi, pembesian. Untuk mutu beton yang direncanakan K250 sudah memenuhi persyaratan teknis. Dalam gambar *as built drawing* untuk sambungan struktur rangka bangunan (sloof, balok dan kolom) tidak dilengkapi dengan angker dinding ke kolom dan detail sambungan lewatan penulangan pertemuan struktur, namun masing-masing komponen diikat dan disatukan dengan balok keliling/ring balk dan balok lintel sehingga dapat disimpulkan bahwa bangunan sudah sesuai kaidah standar gedung tanah gempa meskipun kurang maksimal. Rangka atap telah sesuai persyaratan teknis, atap bentuk pelana yang detailnya telah disesuaikan dengan panjang bentang 8m', jumlah kuda-kuda kayu sebanyak 2 (dua) buah dengan jarak 3 m', bahan berupa kayu kruing (Kelas II) yang telah difinishing anti rayap, dan diapit kuda-kuda bingkai gunung-gunung/ampig terbuat dari beton bertulang pada bagian tepi. Secara keseluruhan pekerjaan Rehabilitasi Gedung Kantor DPU Bina Marga dan Cipta Karya Provinsi Jawa Tengah yang dievaluasi masuk kategori **Memenuhi** (96%).

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Dari hasil pembahasan dan analisis penelitian dapat diambil beberapa kesimpulan antara lain :

1. Berdasarkan Penerapan Material dan Sistem Struktur Bangunan Gedung Tahan Gempa dengan Penambahan Dilatasi sesuai Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non-gedung (SNI 1726:2019) terhadap kesesuaian pelaksanaan pekerjaan Rehabilitasi Gedung Kantor DPU Bina Marga dan Cipta Karya Provinsi Jawa Tengah diperoleh nilai total keseluruhan yakni 96 %. Terdiri dari bobot tinjauan aspek lokasi sebesar 7 %, bobot tinjauan aspek material/bahan sebesar 16%, bobot tinjauan aspek arsitektur sebesar 15 % dan bobot tinjauan aspek struktur sebesar 58 %.
2. Berdasarkan Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non-Gedung (SNI 1726:2019) sebagai acuan perencanaan dan pelaksanaan Bangunan Gedung Tahan Gempa telah terpenuhi Persyaratan Teknis Bangunan Tahan Gempa yang ditinjau dari 4 (empat) aspek yaitu Aspek Lokasi, Aspek Material/Bahan, Aspek Arsitektur dan Aspek Struktur, yang ditentukan terhadap hasil analisis dengan total bobot 96 %. Dari 3 aspek tersebut, hanya aspek struktur yang masih memerlukan perhatian dalam Penerapan Kaidah-Kaidah Teknis Bangunan Tahan Gempa.
3. Analisa terhadap Aspek Lokasi dan Aspek Material/Bahan sudah dapat diterapkan, Aspek Arsitektur desain Denah Bangunan Gedung DPU Bina Marga dan Cipta Karya Provinsi Jawa Tengah berupa ruang kantor telah memenuhi Persyaratan Teknis Bangunan Tahan Gempa baik terhadap Denah, Jenis Atap, *Overstek*, Bukaan Dinding, Kusen Pintu/Jendela. Sedangkan terhadap Aspek Struktur memerlukan perhatian khusus, diantaranya kedalaman dan jenis pondasi, desain struktur (*Sloof*, Kolom,

Balok Latei, *ringbalk*, Kolom Praktis, Ampig/Gunung-gunung) berupa dimensi dan standar ukuran pembesian dan mutu beton agar disesuaikan dengan Kaidah Teknis, serta pemasangan angker pada masing-masing komponen struktur dan detail sambungan lewatan penulangan pertemuan struktur yang berfungsi sebagai Ikatan Penguat dan Penyalur Beban Horizontal maupun Vertikal.

4. Terhadap bangunan dua lantai apabila dalam pelaksanaannya memenuhi Persyaratan Teknis Bangunan Tahan Gempa, bangunan akan mempunyai daktilitas yang baik (baik pada material maupun strukturnya), kelenturan pada strukturnya, dan memiliki Daya Tahan terhadap kerusakan.

5.2 Saran

Berdasarkan hasil Analisis di atas, maka dapat disampaikan beberapa Saran berikut ini :

1. Perlu diadakan penelitian lebih lanjut Penerapan Bangunan Tahan Gempa untuk Bangunan Gedung Negara berdasarkan Zona Wilayah Gempa agar memperoleh hasil yang lebih akurat.
2. Analisis Persyaratan Teknis Bangunan Tahan Gempa perlu ditindaklanjuti dengan panduan pelaksanaan sehingga penerapannya lebih efektif, mengingat pelaksana pembangunan Bangunan Gedung Negara di Provinsi Jawa Tengah ada di Instansi masing-masing yang mengacu berdasarkan Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non-Gedung (SNI 1726:2019).

DAFTAR PUSTAKA

- Antonius; Imran, I. dan Setiyawan, P. 2005. *Efek Konfigurasi Tulangan Lateral terhadap Perilaku kekuatan dan Daktilitas Kolom Beton Mutu Normal dan Mutu Tinggi*; Pros. Seminar Nasional Eksp. Lab. Komputasi dan Aplikasi : UII. Yogyakarta
- Bachri, S. (2014). *Pengaruh Tektonik Regional Terhadap Pola Struktur dan Tektonik Pulau Jawa*. Jurnal Geologi Dan Sumberdaya Mineral Universitas Jenderal Soedirman. Purwokerto
- Badan Standarisasi Nasional. 2019. *Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non Gedung, SNI 1726-2019*. Badan Standarisasi Nasional. Jakarta
- Badan Standarisasi Nasional. 2013. *Beban Minimum Untuk Perancangan Bangunan Gedung dan Struktur Lain, SNI 1727-2013*. Badan Standarisasi Nasional. Jakarta
- Badan Standarisasi Nasional. 2013. *Persyaratan Beton Struktural untuk Bangunan Gedung, SNI 2847-2013*. Jakarta
- Bambang Siswanto, Agus & Salim, M. Afif. 2018. *Kriteria Dasar Perencanaan Struktur Bangunan Tahan Gempa*. Fakultas Teknik Sipil Universitas 17 Agustus 1945. Semarang
- Boen, Teddy dkk. 2012. *Buku Panduan Perbaikan dan Perkuatan Bangunan Tembok Sederhana*; Project on Building Administration and Enforcement Capacity Development for Seismic Resilience - Phase II, Kementerian Pekerjaan Umum dan JICA. Jakarta
- Boen, Teddy dkk. 2009. *Buku Saku Persyaratan Pokok Rumah Yang Lebih Aman Bangunan Tembok Dengan Bingkai Beton Bertulang*; The Project on Building Administration and Enforcement Capacity Development for Seismic Resilience, Kementerian Pekerjaan Umum dan JICA. Jakarta
- Departemen Pekerjaan Umum. 2006. *Pedoman Teknis Rumah dan Bangunan Gedung Tahan Gempa*. Studio Penataan Bangunan dan Lingkungan, Dirjen Cipta Karya. Jakarta
- Imran, I., Suarjana, M., Hoedajanto, D., Soemardi, B. dan Abduh, M. 2006. *Beberapa Pelajaran dari Gempa Yogyakarta; Tinjauan Kinerja Struktur Bangunan Gedung*; Jurnal HAKI V.7 No.1, Mei 2006, 1-14. Jakarta
- Imran, I., Hoedajanto, D. dan Suharwanto. 2005. *Beberapa Pelajaran dari Gempa Aceh, Tinjauan Kinerja 2 Bangunan Perkantoran di Banda Aceh*; Seminar Sehari: Pelajaran dari Gempa dan Tsunami, Himpunan Ahli Konstruksi Indonesia, 25 Mei 2005. Jakarta
- Nugroho, Fajar. 2016. *Building Performance Evaluation of A.N.S Hotel Building Plan with and Without Dilatation in Earthquake Prone Areas*. Department of Civil Engineering: Institut Teknologi Padang. Padang
- Nugroho, Fajar. 2016. *Evaluasi Kinerja Bangunan Gedung Berdasarkan SNI 1726-2019 dan FEMA 356 Di Daerah Rawan Gempa*. Fakultas Teknik Sipil : Institut Teknologi Padang. Padang
- Nurchasanah, Y., Jaenuri, W.A.H. Ujianto, M (2015). *Evaluasi Kinerja Seismik*

- Gedung Terhadap Analisis Beban Dorong*. Prosiding SNTT Universitas Muhammadiyah Surakarta. Solo
- Pangemanan, S dan Martiri, H.G. 2017. *Analisis Pushover Perilaku Seismik Struktur Bangunan Bertingkat*. Prosiding Simposium Politeknik Negeri Manado. Manado.
- Prasetyo, Y. 2017. *Evaluasi dan Perbaikan Struktur Gedung L SMP Muhammadiyah 3 Yogyakarta*. Repository Universitas Gadjah Mada. Yogyakarta.
- Rinaldi, Zelly, Ari Widyati Purwantiasning, Ratna Dewi Nur'aini. 2015. *Analisa Konstruksi Tahan Gempa Rumah Tradisional Suku Besemah Di Kota Pagaram Sumatera Selatan*. Jurusan Arsitektur Universitas Muhammadiyah. Jakarta.
- Rizcky,V.,Wahyuni,E., Iranata, D. 2014. *Evaluasi Kinerja Gedung Beton Bertulang Dengan Pushover Analysis Akibat Beban Gempa Padang*. Paper Institut Teknologi Surabaya. Surabaya
- Robiana, R., Afif, H., Cipta, A., Omang, A., & Solikhin, A. 2021. *Simplifikasi Pembagian Kelas Batuan Berdasarkan Nilai Periode Dominan : Studi Kasus Kota Semarang Simplified Of Site Class Classification Based On Natural Periods : Case Study In Sem ... Simplifikasi Pembagian Kelas Batuan Berdasarkan Nilai Periode Domina*. Bulletin Vulkanologi Dan Bencana Geologi Universitas Sebelas Maret. Surakarta
- Sarwidi dkk. 2003. *Manual Bangunan Tahan Gempa, Rumah Tinggal Sederhana Temboka*, CEEDEDS UII dan Pemerintah Jepang. Yogyakarta
- Sarwidi dan Satrio, K. 2004 . *Kelemahan dan Kelebihan Menonjol Material Tembokan untuk Bangunan di Wilayah Kerusakan Gempa Pulau Jawa*; Prosiding Konf. Nasional Rekayasa Kegempaan II, PSIT, UGM. Yogyakarta.
- Sidiq, Suwandoyo. 1992. *Struktur Bangunan untuk Daerah Gempa*; Puslitbang Permukiman, Departemen Pekerjaan Umum. Jakarta
- Sulendra, I Ketut. 2011. *Evaluasi Dan Tindakan Pengurangan Kerusakan Bangunan Berdasarkan Peta Zonasi Gempa Tahun 2010*. Jurusan Teknik Sipil Universitas Tadulako. Palu
- Tjokrodimulyo, Ir. Kardiyono ME. 1985. *Konsep Dasar Perencanaan Konstruksi Tahan Gempa*. Jurnal Media Teknik, from <http://i-lib.ugm.ac.id>. Yogyakarta
- Wardhana, D. D., Harjono, H., & Sudaryanto, S. 2014. *Struktur Bawah Permukaan Kota Semarang Berdasarkan Data Gayaberat*. Jurnal Riset Geologi Dan Pertambangan LIPI. Bandung
- Watson, S.; F.A. Zahn and R. Park .1992. *Confining Reinforcement for Concrete Columns*, Journal of Structural Eng., V.120, No.6, June 1994, 1798-1823.
- Widodo, P. 2012. *Seismologi Teknik dan Rekayasa Kegempaan*. Pustaka Pelajar. Yogyakarta

<http://projectmedias.blogspot.com/2013/10/dilatasi-bangunan.html>

<http://engineeringbuilding.blogspot.com/2011/06/perencanaan-bangunan-tahan-terhadap.html>