

Universitas Katolik Santo Thomas

Repositori Unika Santo Thomas

<http://eprints.ust.ac.id>

Fakultas Teknik (FT)
Program Studi Teknik Sipil

Undergraduate Papers

Lumbanraja, Rahul

2025

Perancangan Balok Transfer (*Transfer Beam*) Pada Bangunan Vihara

<http://eprints.ust.ac.id/id/eprint/699>

Downloaded from Repositori Institusi UST, Universitas Katolik Santo Thomas

**PERANCANGAN BALOK TRANSFER (*TRANSFER BEAM*)
PADA BANGUNAN VIHARA**

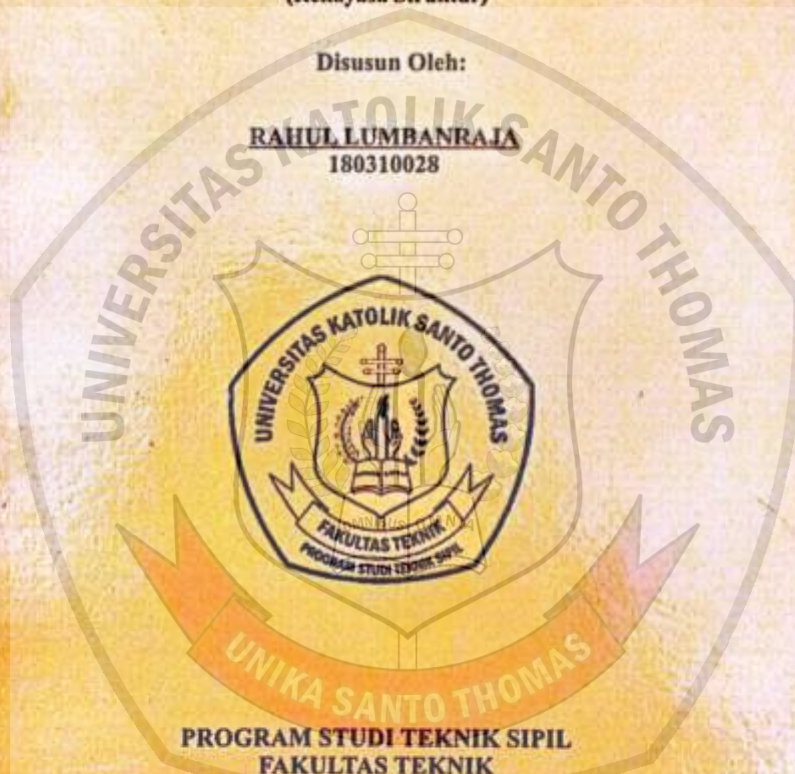
(Studi Literatur)

TUGAS AKHIR

**Diajukan untuk melengkapi tugas-tugas dan memenuhi syarat
untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik Sipil
(Rekayasa Struktur)**

Disusun Oleh:

**RAHUL LUMBANRAJA
180310028**



**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS KATOLIK SANTO THOMAS
MEDAN
2025**

TUGAS AKHIR
PERANCANGAN BALOK TRANSFER (*TRANSFER BEAM*)
PADA BANGUNAN VIHARA
(Studi Literatur)

Diajukan untuk melengkapi tugas-tugas dalam memenuhi syarat
untuk memperoleh gelar sarjana Teknik Sipil
(Rekayasa Struktur)

Disusun Oleh :

RAHUL LUMBANRAJA

180310028



PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS KATOLIK SANTO THOMAS
MEDAN
2025

**PERANCANGAN BALOK TRANSFER (TRANSFER BEAM)
PADA BANGUNAN VIHARA
(Studi Literatur)**

**Diajukan untuk melengkapi tugas-tugas dalam memenuhi syarat
untuk memperoleh gelar sarjana Teknik Sipil
(Rekayasa Struktur)**

Disusun Oleh :

RAHUL LUMBANRAJA

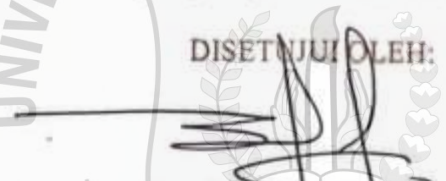
180310028

Seminar Proposal : 21 Juni 2024

Seminar Isi : 14 Februari 2025

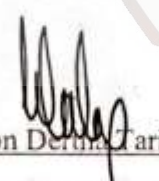
Sidang Meja Hijau : 09 Mei 2025

DISETUJUI OLEH:


(Ir. Martius Ginting, M.T.Si)

Pembimbing

DISAHKAN OLEH:


(Ir. Simon Derina Tarigan, M.T.)

Koordinator Tugas Akhir


(Samsuari Baturara, S.T., M.T.)

Ketua Program Studi


(Ir. Olan Sihombing, M.T.)

Dekan Fakultas Teknik

**PERANCANGAN BALOK TRANSFER (*TRANSFER BEAM*)
PADA BANGUNAN VIHARA
(Studi Literatur)**

**Diajukan untuk melengkapi tugas-tugas dalam memenuhi syarat
untuk memperoleh gelar sarjana Teknik Sipil
(Rekayasa Struktur)**

Disusun Oleh :

RAHUL LUMBANRAJA

180310028

Seminar Proposal : 21 Juni 2024

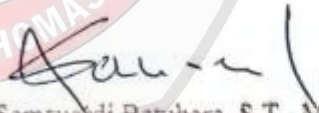
Seminar Isi : 14 Februari 2025

Sidang Meja Hijau : 09 Mei 2025

DISAHKAN OLEH:


(Ir. Simon Dertha, M.T.)

Penguji I


(Samsuadi Barubara, S.T., M.T.)

Penguji II


(Yohanes Sibagariang, S.T., M.Sc)

Penguji III

ABSTRAK

Hasil akhir ini merupakan hasil penelitian yang menggambarkan hasil desain struktur dengan menggunakan balok transfer pada sebuah struktur bangunan vihara empat lantai dan dengan mengikuti prosedur yang diterapkan oleh SNI 1726:2019, SNI 2847:2019, dan SNI 1727:2020.

Adapun yang melatarbelakangi penulis tertarik untuk membuat tugas akhir ini karena bangunan yang ditinjau adalah bangunan vihara dengan sistem *transfer beam*. Perilaku balok tersebut terhadap gaya-gaya dalam yang bekerja akibat pembebanan pasti berbeda dengan balok sederhana pada umumnya. Untuk itu, di dalam merancang struktur dari bangunan tersebut harus memperhatikan dan mengacu pada peraturan yang berlaku pada saat ini.

Metode yang digunakan dalam desain gempa gedung vihara empat lantai ini adalah desain dinamik analisis rangka pemikul momen khusus (SRPMK) yang data-datanya diinput ke dalam program komputer ETABS versi 18 dengan model struktur 3 dimensi. Untuk tanah yang digunakan yaitu tanah sedang. Seluruh tahapan ataupun prosedur dalam menjalankan tugas akhir ini merujuk pada SNI 1726:2019, SNI 2847:2019, dan SNI 1727:2020, baik tahapan penginputan ataupun *persyaratan* dan aturan yang telah ditetapkan dalam mendesain struktur gedung tahan gempa.

Adapun hasil penelitian yang diperoleh dari desain struktur dengan menggunakan balok transfer ialah gaya-gaya dalam yang bekerja lebih besar dari balok biasa yang menyebabkan dimensi balok lebih besar dan penulangannya.

Kata kunci: Vihara, Sistem struktur, Simpangan, Ketidakberaturan,

Transfer beam.

ABSTRACT

This final result is the result of research which describes the results of structural design using transfer beams in a four-story vihara building structure and by following the procedures applied by SNI 1726:2019, SNI 2847:2019, and SNI 1727:2020.

The reason behind the author's interest in making this final project is because the building being reviewed is a vihara building with a transfer beam system. The behavior of this beam towards the internal forces acting due to loading is definitely different from simple beams in general. For this reason, when designing the structure of the building, you must pay attention to and refer to the regulations currently in this time.

The method used in the earthquake design of the four-story vihara building is dynamic design analysis of special moment resisting frames (SRPMK) whose data is input into the ETABS 18 computer program with a 3-dimensional structural model. The soil used is medium soil. All stages or procedures in carrying out this final assignment refer to SNI 1726:2019, SNI 2847:2019, and SNI 1727:2020, both input stages and requirements and rules that have been set in designing earthquake-resistant building structures.

The research results obtained from structural design using transfer beams are that the internal forces acting are greater than ordinary beams which causes larger beam dimensions and reinforcement.

Keywords: *Vihara, Structural system, Deviation, Irregularity structure, Transfer beam.*

PRAKATA

Puji dan syukur penulis panjatkan kepada Tuhan Yang Maha Esa atas segala berkat dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini dengan judul “**Perancangan Balok Transfer Pada Bangunan Vihara**”.

Tugas akhir ini disusun untuk melengkapi persyaratan dalam menempuh Ujian Sarjana Teknik Sipil pada Fakultas Teknik Universitas Katolik Santo Thomas Medan. Dalam penulisan tugas akhir ini, Penulis tidak terlepas dari dukungan dan bimbingan dari berbagai pihak berupa dukungan moril, material, spiritual maupun dari segi administrasi. Penulis menyadari bahwa tanpa bantuan dari berbagai pihak, Tugas Akhir ini tidak akan dapat diselesaikan. Oleh karena itu, penulis dengan segala kerendahan hati menyampaikan terimakasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Bapak Ir.Oloan Sitohang, MT. selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Katolik Santo Thomas Medan.
2. Bapak Ir.Samsuardi Batubara, MT. selaku Ketua Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Katolik Santo Thomas Medan sekaligus dosen pembimbing yang selalu mendukung dan memberi masukan dan saran dalam penyusunan Tugas Akhir.
3. Bapak Reynaldo Siahaan, ST,M.Eng, selaku Sekretaris Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Katolik Santo Thomas Medan.
4. Bapak Ir.Simon Dertha Tarigan, MT. selaku Koordinator Tugas Akhir Universitas Katolik Santo Thomas yang dengan sabar dan selalu menyediakan waktu buat penulis dalam penyusunan Tugas Akhir ini.
5. Bapak Yohanes Sibagariang, M.sc, selaku Dosen Pembimbing Tugas Akhir yang selalu mendukung dan memberi masukan dan saran dalam penyusunan Tugas akhir ini.
6. Bapak Ir. Martius Ginting, M.T.Si. selaku Dosen pembimbing Tugas Akhir saya yang senantiasa membimbing dan memberi masukan dan saran dalam penyusunan Tugas Akhir.
7. Terhusus kepada yang tercinta Ayah dan ibu saya, Rasdin Lumbanraja dan Sanni Pardede yang selalu membimbing, mendoakan, memotivasi, memenuhi

semua kebutuhan selama masa perkuliahan dan selalu mengharapkan hal baik untuk anaknya.

8. Kepada Adik Saya Raju Lumbanraja, Tomu Fernando Lumbanraja, Ridho Samuel Lumbanraja yang selalu mendukung dan mendoakan saya.
9. Teman-teman seangkatan 2018 Program Studi Teknik Sipil yang telah berjuang bersama-sama menyelesaikan studi di Program Studi Teknik Sipil Universitas Katolik Santo Thomas.
10. Alumni, Abang/kakak kelas dan adik-adik kelas serta rekan-rekan mahasiswa Fakultas Teknik Universitas Katolik Santo Thomas, Medan.
11. Kepada Saudara saya; Karno, Hotdi, Rivaldo, Radon, Jhosua, Abraham, Edo, Wanda dan yang lainnya yang tidak bisa saya sebutkan satu persatu, Telah sama-sama berjuang dan saling memotivasi penulis dalam penyusunan Tugas Akhir.
12. Serta pihak lain yang turut serta membantu dalam penulisan Tugas Akhir ini yang tidak bisa penulis sebutkan satu-persatu.

Semoga Tuhan Yang Maha Esa selalu melimpahkan karunia-Nya kepada semua pihak yang telah banyak memberikan saran sehingga penyusunan Tugas Akhir ini dapat terselesaikan dengan baik.

Akhir kata, Penulis mengharapkan semoga Tugas Akhir ini dapat bermanfaat bagi semua pihak yang membutuhkannya.

Medan, Maret 2025

Hormat Saya

(Rahul Lumbanraja)

DAFTAR ISI

ABSTRAK	I
<i>ABSTRACT</i>	II
PRAKATA	III
DAFTAR ISI	V
DAFTAR GAMBAR	XII
DAFTAR TABEL	XIV
DAFTAR BAGAN	XVI
DAFTAR NOTASI	XVII
BAB I	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Tujuan Penelitian	2
1.4 Batasan Penelitian	2
1.5 Manfaat Penelitian	3
BAB II	4
2.1 Umum	4

2.2	Balok (beam)	7
2.2.1	Pengertian Balok.....	7
2.2.2	Fungsi Balok.....	8
2.2.3	Jenis-jenis balok	8
2.3	Balok transfer (<i>transfer beam</i>)	9
2.4	Diagram tegangan pada balok	11
2.5	Landasan dalam perancangan	14
2.6	Pembebanan Struktur	14
2.6.1	Beban Gravitasi	14
2.6.2	Beban Lateral.....	21
2.7	Kombinasi pembebanan	23
2.8	Prosedur Desain Seismik	24
2.8.1	Parameter Percepatan Terpetakan (S_s Dan S_1) 24	
2.8.2	Defenisi Kelas Situs.....	24
2.8.3	Koefisien Situs Dan Parameter Respons Spektral Percepatan Gempa Maksimum Yang Dipertimbangkan Risiko Tertarget (MCER).....	25
2.8.4	Parameter Percepatan Spektral Desain	27
2.8.5	Respons Spektrum Desain	27

2.9	Analisis Beban Gempa Berdasarkan SNI 1726:2019.....	28
2.9.1	Kategori Risiko Bangunan Dan Faktor Keutamaan Gempa	28
2.9.2	Kategori Desain Seismik (KDS).....	31
2.9.3	Sistem Penahan Gaya Gempa.....	32
2.10	Analisis Spektrum Respons Ragam.....	37
2.10.1	Jumlah Ragam	37
2.10.2	Parameter Respons Ragam	38
2.10.3	Parameter Respons Terkombinasi	38
2.10.4	Gaya Geser Dasar Seismik	38
2.10.5	Gaya Geser Dasar Dinamik	39
2.10.6	Penentuan periode.....	39
2.10.7	Kinerja Struktur Gedung	40
2.11	Ketidakteraturan Struktur.....	42
2.11.1	Ketidakteraturan Horizontal	42
2.11.2	Ketidakteraturan Vertikal	44
2.11.3	Konsekuensi Ketidakteraturan Struktur.....	46
BAB III METODOLOGI PENELITIAN.....		50

3.1	Data Perancangan	50
3.2	Gambar Bangunan.....	51
3.3	Spesifikasi Material.....	58
3.4	Pemodelan Struktur Dengan Aplikasi ETABS	58
3.5	Bagan Alir	59
BAB IV		60
4.1	Umum.....	60
4.2	Kriteria Desain	60
4.3	Preliminary Desain	61
4.3.1	Perencanaan Dimensi Balok.....	61
4.3.2	Perencanaan Dimensi Pelat	65
4.3.3	Perencanaan Dimensi Kolom	68
4.4	Dimensi Kolom Lantai 1-4.....	69
4.5	Rekapitulasi Dimensi Struktur	71
4.6	Pemodelan Struktur	72
4.7	Pembebanan Struktur	77
4.7.1	Beban Mati (<i>Dead Load</i>).....	77
4.7.2	Beban Hidup (<i>Live Load</i>).....	78

4.7.3	Perhitungan Beban Tiap Lantai	78
4.7.4	Beban Gempa	81
4.7.4.1	Menentukan Klasifikasi Kelas Situs Tanah	81
4.7.4.2	Mencari Nilai Respons Spektrum Desain	82
4.7.4.3	Menentukan Kategori Resiko Dan Faktor Keutamaan Gempa	84
4.7.4.4	Menentukan Koefisien Situs F_a dan F_v	86
4.7.4.5	Menentukan Kategori Desain Seismik (KDS)	88
4.7.4.6	Pemilihan Sistem Pemikul Gaya Seismik	90
4.7.4.7	Menghitung Faktor Skala Respon Spektrum Pada Analisis Gempa Dinamis	95
4.8	Menentukan Kombinasi Pembebanan	96
4.9	Menentukan Berat Seismik Efektif	97
4.10	Menginput Beban-beban Yang Bekerja Pada Struktur bangunan	98
4.11	Melakukan Run Analisis	102
4.12	Pengecekan atau Pemeriksaan Ketidakberaturan Struktur	102
4.12.1	Pengecekan Ketidakberaturan Horizontal	102
4.12.1.2	Pengecekan Ketidakberaturan Sudut Dalam	105
4.12.1.3	Pengecekan Ketidakberaturan Diskontinuitas Diafragma	106

4.12.1.4	Pengecekan Ketidakberaturan Akibat Pergeseran Tegak Lurus Terhadap Bidang	107
4.12.1.5	Pengecekan Ketidakberaturan Sistem Non-Paralel	108
4.12.2	Pengecekan Ketidakberaturan Vertikal	109
4.12.2.1	Pengecekan Ketidakberaturan Kekakuan Tingkat Lunak dan Kekakuan Tingkat Lunak Berlebihan	109
4.12.2.1	Pengecekan Ketidakberaturan Berat (Massa).....	112
4.12.2.3	Pengecekan Ketidakberaturan Geometri Vertikal..	114
4.12.2.4	Pengecekan Ketidakberaturan Akibat Diskontinuitas Bidang Elemen Vertikal Pemikul Lateral.....	115
4.12.2.5	Pengecekan Ketidakberaturan Kuat Lateral Tingkat dan Ketidakberaturan Kuat Lateral Tingkat Berlebih.....	115
4.13	Konsekuensi Akibat Adanya Ketidakberaturan Struktur	121
4.14	Analisis Spektrum Respons Ragam	129
4.14.1	Kontrol partisipasi Massa.....	129
4.14.2	Menentukan Metoda Analisis Ragam	131
4.15	Analisis Gaya lateral Ekvivalen	131
4.15.1	Menentukan Perioda.....	131
4.15.2	Menentukan Koefisien Respons Seismik.....	132
4.15.3	Menghitung Berat Total Struktur	133
4.15.4	Menghitung Gaya Geser Dasar Seismik	134

4.15.5	Menghitung Gaya Geser Dasar Dinamik	134
4.15.6	Kontrol Kinerja Struktur	135
4.16	Persyaratan detailing komponen balok.....	140
4.16.1	Data Properti Material dan Penampang	140
4.16.2 (BT 50x80)	Syarat Gaya dan Geometri Elemen Struktur Balok	142
4.16.3	Desain tulangan lentur balok (BT 50x80)	143
4.16.4	Desain penulangan pemikul torsi dan geser pada balok transfer	156
4.16.5	Diskusi Hasil Penelitian	162
4.16.6	Rekapitulasi persyaratan komponen balok Transfer	163
BAB V		164
5.1	Kesimpulan.....	164
5.2	Saran.....	164
DAFTAR PUSTAKA		165

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 2 keruntuhan <i>diagonal splitting failure</i> pada beton	5
Gambar 2. 3 <i>Shear compression failure</i>	5
Gambar 2. 4 <i>Shear flexure failure</i>	6
Gambar 2. 5 Retak lentur awal.....	6
Gambar 2. 6 Retak miring.....	7
Gambar 2. 7 Retak sebelum kegagalan	7
Gambar 2. 8 Ilustrasi posisi <i>transfer beam</i> pada sebuah bangunan	9
Gambar 2. 9 Bangunan tinggi dengan <i>transfer beam</i>	9
Gambar 2. 10 Penggunaan beton bertulang untuk <i>transfer beam</i> pada bangunan bertingkat tinggi	10
Gambar 2. 11 Penggunaan material baja sebagai <i>transfer beam</i>	10
Gambar 2. 12 Diagram tegangan lentur momen positif	11
Gambar 2. 13 Diagram tegangan lentur momen negatif	12
Gambar 2. 14 Diagram tegangan geser	13
Gambar 2. 15 Respon spectrum desain	28
Gambar 2. 16 Penentuan simpangan antar lantai	41
Gambar 2. 17 Ketidakberaturan horizontal	43
Gambar 2. 18 Ketidakberaturan vertikal	45
Gambar 3. 1 Denah lantai dasar	51
Gambar 3. 2 Denah lantai dua	51
Gambar 3. 3 Denah lantai 3 dengan <i>transfer beam</i>	53
Gambar 3. 4 Denah lantai 4.....	54
Gambar 3. 5 Tampak Depan	55
Gambar 3. 6 Tampak belakang	56
Gambar 3. 7 Potongan bangunan dengan <i>transfer beam</i>	57
Gambar 4. 1 Denah balok induk yang ditinjau (BI-2)	61
Gambar 4. 2 Denah <i>transfer beam</i> yang ditinjau (BT-3)	63
Gambar 4. 3 Tampak perspektif 3D dari ETABS	72
Gambar 4. 4 Tampak depan 3D dari ETABS	73
Gambar 4. 5 Tampak samping 3D dari ETABS	74
Gambar 4. 6 Denah balok pada lantai dasar	75

Gambar 4. 7 Denah balok lantai dua.....	75
Gambar 4. 8 Denah balok pada lantai tiga yang terdapat <i>transfer beam</i>	76
Gambar 4. 9 Denah balok lantai 4.....	76
Gambar 4. 10 <i>Grafik kurva Respon spektra berdasarkan website</i>	83
Gambar 4. 11 Input data respon spektrum di software Etabs	84
Gambar 4. 12 Beban hidup pada lantai dasar.....	98
Gambar 4. 13 Beban hidup pada lantai dua	98
Gambar 4. 14 Beban hidup pada lantai 3	99
Gambar 4. 15 Beban hidup pada lantai 4	99
Gambar 4. 16 Beban dinding pada lantai dasar.....	100
Gambar 4. 17 Beban dinding pada lantai dua	100
Gambar 4. 18 Beban dinding pada lantai 3	101
Gambar 4. 19 Pengecekan ketidakberaturan sudut dalam	105
Gambar 4. 20 Pengecekan Ketidakberaturan Diskontinuitas Diafragma.....	106
Gambar 4. 21 Pengecekan Ketidakberaturan Akibat Pergeseran Tegak Lurus Terhadap Bidang	107
Gambar 4. 22 Pengecekan Ketidakberaturan Sistem Non-Paralel.....	108
Gambar 4. 23 Pengecekan Ketidakberaturan Geometri Vertikal.....	114
Gambar 4. 24 Pengecekan Ketidakberaturan Akibat Diskontinuitas Bidang Elemen Vertikal Pemikul Lateral.....	115
Gambar 4. 25 Ecc. Ratio (All Diaph.) Diambil Sebesar 5% Akibat Adanya Ketidakberaturan Struktur.....	126
Gambar 4. 26 Kombinasi pembebanan akibat adanya ketidakberaturan struktur.....	129
Gambar 4. 27 Grafik Simpangan Arah X dan Arah Y	139
Gambar 4. 28 Elemen Struktur balok yang ditinjau.....	140
Gambar 4. 29 Ilustrasi gaya lentur bekerja pada <i>transfer beam</i>	143
Gambar 4. 30 Bidang momen pada <i>transfer beam</i>	143
Gambar 4. 31 Ilustrasi gaya geser dan torsi bekerja pada <i>transfer beam</i>	156
Gambar 4. 32 Ilustrasi gaya puntir bekerja pada sebuah balok	156
Gambar 4. 33 Bidang lintang pada <i>transfer beam</i>	157
Gambar 4. 34 Bidang torsi pada <i>transfer beam</i>	157

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Berat jenis bahan bangunan	15
Tabel 2. 2 Berat jenis komponen bangunan	15
Tabel 2. 3 Beban Hidup Menurut SNI 1727:2020	16
Tabel 2. 4 Prosedur analisis beban gempa yang boleh digunakan	22
Tabel 2. 5 Klasifikasi Situs	25
Tabel 2. 6 Koefisien Situs, F_a	26
Tabel 2. 7 Koefisien Situs, F_a	26
Tabel 2. 8 Kategori Risiko Gedung Dan Non Gedung	29
Tabel 2. 9 Faktor Keutamaan Gempa	30
Tabel 2. 10 KDS Berdasarkan Parameter Respons Percepatan Pada Periode Pendek	31
Tabel 2. 11 KDS Berdasarkan Parameter Respons Percepatan Pada Periode 1 Detik	31
Tabel 2. 12 Faktor R , C_d Dan Ω_0 Untuk Sistem Penahan Gaya Gempa	32
Tabel 2. 13 Koefisien Untuk Batas Atas Pada Periode Yang Dihitung	40
Tabel 2. 14 Simpangan Antar Lantai Ijin $\Delta_a^{a,b}$	41
Tabel 2. 15 Ketidakberaturan Horizontal Pada Struktur	42
Tabel 2. 16 Ketidakberaturan Vertikal Pada Struktur Berdasarkan (Tabel 14 SNI 1726:2019)	44
Tabel 4. 1 Tinggi minimum balok nonprategang	61
Tabel 4. 2 Rekapitulasi dimensi balok induk dan <i>transfer beam</i>	64
Tabel 4. 3 Beban mati pada lantai dasar - atap	69
Tabel 4. 4 Beban hidup pada lantai dasar - atap	70
Tabel 4. 5 Rekapitulasi kolom	71
Tabel 4. 6 Rekapitulasi balok	71
Tabel 4. 7 Rekapitulasi pelat	71
Tabel 4. 8 Klasifikasi situs	81
Tabel 4. 9 Kategori risiko bangunan gedung dan nongedung	85
Tabel 4. 10 Faktor Keutamaan gempa	86
Tabel 4. 11 Koefisien Situs, F_a	86
Tabel 4. 12 Koefisien situs F_v	87

Tabel 4. 13 Desain seismik berdasarkan parameter respon percepatan pada periode pendek	89
Tabel 4. 14 Kategori Desain Seismik berdasarkan parameter respon percepatan pada periode 1 detik	89
Tabel 4. 15 Faktor R, Cd, dan Ω_0 untuk sistem penahan gaya gempa	90
Tabel 4. 16 Output story max over drifts	104
Tabel 4. 17 Kekakuan Tingkat (kN/m)	110
Tabel 4. 18 Rekapitulasi kekakuan tingkat lunak arah X dan arah Y	112
Tabel 4. 19 Perhitungan ketidakberaturan Berat (Massa) struktur	113
Tabel 4. 20 Perhitungan Ketidakberaturan Kuat Lateral Tingkat	118
Tabel 4. 21 Perhitungan Ketidakberaturan Kuat Lateral Tingkat	118
Tabel 4. 22 Perhitungan Ketidakberaturan Kuat Lateral Tingkat Berlebih	119
Tabel 4. 23 Perhitungan Ketidakberaturan Kuat Lateral Tingkat Berlebih	119
Tabel 4. 24 Rekapitulasi Pengecekan Ketidakberaturan Horizontal dan Vertikal Pada Struktur	120
Tabel 4. 25 Konsekuensi Ketidakberaturan Struktur	121
Tabel 4. 26 Perhitungan Faktor Pembesaran Torsi (A) Arah X.....	124
Tabel 4. 27 Perhitungan Faktor Pembesaran Torsi (A) Arah Y.....	124
Tabel 4. 28 Perhitungan Ecc untuk Arah X.....	125
Tabel 4. 29 Perhitungan Ecc untuk Arah Y	125
Tabel 4. 30 Prosedur Analisis Yang Diizinkan.....	127
Tabel 4. 31 Rasio Partisipasi Ragam/Massa <i>output</i> ETABS	130
Tabel 4. 32 Tabel parameter percepatan	132
Tabel 4. 33 Berat Struktur Tiap Tingkat	133
Tabel 4. 34 Simpangan Antar Tingkat Izin (Δa)/Faktor Redundansi (ρ).....	135
Tabel 4. 35 Simpangan Antar Tingkat Izin (Δa)/Faktor Redundansi (ρ).....	136
Tabel 4. 36 Kinerja Struktur Sumbu X	138
Tabel 4. 37 Kinerja Struktur Sumbu Y	138
Tabel 4. 38 Hasil Output gaya dalam.....	141
Tabel 4. 39 Diskusi hasil.....	162
Tabel 4. 40 Persyaratan geometri.....	163
Tabel 4. 41 Persyaratan Tulangan Lentur Balok SNI 2847:2019	163

DAFTAR BAGAN

Bagan 3. 1 Alur kerja penelitian (<i>flow chart</i>)	59
---	----



DAFTAR NOTASI

A_g	=	Luas Bruto Penampang
A_s	=	Luas Tulangan Terpasang
A_v	=	Luas Tulangan Geser Terpasang
c_1	=	Lebar Kolom Sumbuh Kuat
c_2	=	Lebar Kolom Sumbuh Lemah
c_c	=	Selimut bersih
C_d	=	Faktor amplifikasi defleksi
CQC	=	Metode kombinasi kuadrat lengkap
C_s	=	Koefisien respons seismik
C_u	=	Hasil koefisien untuk batasan atas pada periode yang dihitung
C_{vx}	=	Faktor distribusi vertikal
D	=	Simpangan antar tingkat desain
D	=	Beban Mati (<i>Dead Load</i>)
d	=	Tinggi Efektif balok
Db	=	Diameter Tulangan Utama
d_{bt}	=	Diameter tulangan Pinggang
d_c	=	Ketebalan total dari lapisan-lapisan tanah kohesif didalam lapisan 30 meter paling atas
d_i	=	Tebal setiap lapisan antara kedalaman 0 sampai 30 m.
D_s	=	Diameter Tulangan Sengkang
DT	=	Selisih Periode Struktur
d_{xe}	=	Defleksi pada lokasi yang disyaratkan pada pasal ini yang ditentukan dengan analisis <i>elastic</i>
e	=	Eksentrisitas antara pusat massa dan pusat kekakuan, yang dapat terjadi pada kedua arah x dan y.
e	=	Koefisien reduksi momen guling
E	=	Beban Gempa (<i>Earth Quake Load</i>)
E_h	=	Pengaruh beban gempa horisontal
E_v	=	Pengaruh beban gempa vertikal
f'_c	=	Kuat Tekan Beton
F_i	=	Bagian dari geser dasar seismik (V) yang timbul di tingkat i, (kN)
F_{px}	=	Gaya desain diafragma di tingkat-x
F_X	=	Gaya gempa lateral
f_y	=	Mutu Baja Tulangan Lentur
f_{ys}	=	Mutu Baja Tulangan Geser
h_i h_x	=	Tinggi dasar sampai tingkat i atau x

h_n	= ketinggian struktur (m) diatas dasar sampai tingkat tertinggi struktur
h_{sx}	= Tinggi tingkat di bawah tingkat x
k	= Eksponen yang terkait dengan perioda struktur
L	= Beban Hidup (<i>Live Load</i>)
le	= Faktor Keutamaan Gempa
l_n	= Tinggi bersih kolom
L_n	= Tinggi Efektif
lo	= Daerah Sendi Plastis Pada Kolom
L_r	= Beban Hidup Atap (<i>Live Roof Load</i>)
lu	= Tinggi bersih kolom
M_n	= Momen nominal
M_{nb}	= Momen nominal ujung bawah kolom
n	= Jumlah lapisan tanah yang ada antara kedalaman 0 sampai 30 m.
N_i	= Nilai hasil Uji Penetrasi Standar (SPT) lapisan tanah ke-i.
P_u	= Gaya Aksial
P_x	= Beban desain vertikal total pada dan di atas tingkat-x, (kN)
q	= Koefisien stabilitas
QE	= Pengaruh gaya gempa horizontal dari V atau F_p
q_{max}	= Koefisien stabilitas maksimum
R	= Faktor modifikasi respons
R	= Beban Hujan (<i>Rain Load</i>)
S_1	= Parameter percepatan respons spektral maksimum
S_{D1}	= Parameter respons spektral percepatan desain pada periode 1 detik
S_{DS}	= Parameter respons spektral percepatan desain pada periode pendek
S_{M1}	= Parameter spektrum respons percepatan pada periode 1 detik
S_{max}	= Jarak sengkang maksimum
S_{MS}	= Parameter spektrum respons percepatan pada periode 0,2 detik
$SRSS$	= Metode akar kuadrat jumlah kuadrat
S_s	= Parameter percepatan batuan dasar untuk periode pendek 0,2 detik
S_s	= Situs yang memerlukan investigasi geoteknik dan analisa respon situs spesifik. Lihat
S_{ui}	= Kuat geser <i>undrained</i> (tak terdrainase) lapisan tanah ke-i.
T	= Periode getar fundamental struktur
T_a	= Periode pendekatan
T_L	= Peta transisi periode panjang
T_u	= Gaya Torsi
U	= Kombinasi Beban Terfaktor
V	= Gaya geser dasar seismik
V	= Gaya lateral desain total atau geser di dasar struktur, dinyatakan dalam kilonewton (kN)

V_c	=	Tahanan Geser Beton
V_e	=	Gaya geser desain elemen balok
V_n	=	Tahanan Geser Nominal
V_{si}	=	Kecepatan gelombang geser lapisan i (m/detik).
V_u	=	Gaya Geser Desain
V_x	=	Geser tingkat desain gempa di semua tingkat
W	=	Beban Angin (<i>Wind Load</i>)
W_i	=	Tributari berat sampai diafragma di tingkat- x
w_i w_x	=	Bagian berat seismik efektif total (w) yang ditempatkan atau dikenakan pada tingkat i atau x
W_u	=	Beban Gravitasi ($1,2 D + 1,0 L$)
W_x	=	Tributari berat sampai tingkat- i
β	=	Rasio kebutuhan geser terhadap kapasitas geser untuk tingkat x dan $x-1$
δ	=	Perpindahan yang diperbesar
δ_e	=	Perpindahan elastis yang dihitung akibat gaya gempa desain tingkat kekuatan
Δ_i/L_i	=	Rasio simpangan antar lantai
ρ	=	Faktor redundansi
$\sum M_{nb}$	=	Jumlah kekuatan lentur nominal balok yang merangka ke dalam <i>joint</i>
$\sum M_{nc}$	=	Jumlah kekuatan lentur nominal kolom-kolom yang merangka kedalam <i>joint</i>
ϕ	=	Faktor Reduksi
Ω_0	=	Faktor Kuat Lebih
ρ	=	Rasio Tulangan

DAFTAR PUSTAKA

- Badan Standarisasi Nasional. 2019. **Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non Gedung** (SNI 1726:2019). Jakarta: Standar Nasional Indonesia.
- Badan Standarisasi Nasional. 2019. **Persyaratan Beton Struktural untuk Bangunan Gedung** (SNI 2847:2019). Jakarta: Standar Nasional Indonesia.
- Penetapan Standar Nasional Indonesia, 1727:2020 **Beban Desain Minimum Dan Kriteria Terkait Untuk Bangunan Gedung Dan Struktur Lain** Sebagai Revisi Dari Standar Nasional Indonesia 1727:2013 Beban Minimum Untuk Perancangan Bangunan Gedung Dan Struktur Lain.
- Badan Standarisasi Nasional. 2013. **Beban Minimum Untuk Perancangan Bangunan Gedung dan Struktur Lain**. Jakarta : Standar Nasional Indonesia.
- Anshar,Muhammad. 2022. **Tinjauan Ulang Perencanaan Struktur Gedung SMP Muhammadiyah Kota Payakumbuh**. Padang :Universitas Muhammadiyah Sumatera Barat
- Sindy,HA,2016. **Desain Struktur Gedung Jurusan Teknik Industri Universitas Andalas**. Padang : Universitas Andalas Sumatera Barat.
- Purwono, Rahmat. 2005. **Perencanaan Struktur Beton Bertulang Tahan Gempa**. Surabaya: ITS Press.
- Dewobroto, Wiryanto. 2004, **Tinjaun Tata cara Perencanaan Torsi Terbaru Pada Balok Beton**, Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik, Universitas Pelita Harapan.