

**PERBANDINGAN PERANCANGAN STRUKTUR GEDUNG
SRPMK MENGGUNAKAN *ETABS* DAN *TEKLA STRUCTURAL
DESIGNER***

SKRIPSI

Disusun sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik (S.T.)



Disusun Oleh:

RIZKI ARDIYANSAH

3336210023

**JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS SULTAN AGENG TIRTAYASA
2025**

PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI

Dengan ini saya sebagai penulis Skripsi berikut :

Judul : PERBANDINGAN PERANCANGAN STRUKTUR
GEDUNG SRPMK MENGGUNAKAN *ETABS* DAN
TEKLA STRUCTURAL DESIGNER

Nama : Rizki Ardiyansah

Nim : 3336210023

Fakultas/Jurusan : Teknik/Teknik Sipil

Menyatakan dengan sesungguhnya bahwa Skripsi tersebut di atas adalah benar-benar hasil karya asli saya dan tidak memuat hasil karya orang lain, kecuali dinyatakan melalui rujukan yang benar dan dapat dipertanggung jawabkan. Apabila dikemudian hari ditemukan hal – hal yang menunjukkan bahwa sebagian atau seluruh karya ini bukan karya saya, maka saya bersedia dituntut melalui hukum yang berlaku. Saya juga bersedia menanggung segala akibat hukum yang timbul dari pernyataan yang secara sadar dan sengaja akibat hukum yang timbul dari pernyataan yang secara sadar dan sengaja saya nyatakan melalui lembar ini.

Cilegon, Juni 2025



Rizki Ardiyansah
NIM. 3336210023

SKRIPSI
PERBANDINGAN PERANCANGAN STRUKTUR GEDUNG SRPMK
MENGGUNAKAN ETABS DAN TEKLA STRUCTURAL DESIGNER

Dipersiapkan dan disusun oleh:

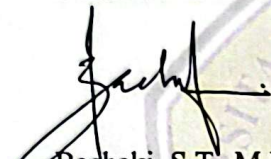
RIZKI ARDIYANSAH / 3336210023

Telah dipertahankan di depan Dewan Penguji

Pada Tanggal : Juni 2025

Susunan Dewan Penguji

Dosen Pembimbing I


Baehaki, S.T., M.Eng
NIP. 198705082015041001

Dosen Pembimbing II


Dr., Soelarso, S.T., M.Eng
NIP. 198010012008121004

Dosen Penguji I


Zulmahdi Darwis, S.T., M.Eng
NIP. 197706182008011005

Dosen Penguji II


Midia Rahma, S.Pd., M.T
NIP. 199601192024062002

Skripsi ini telah diterima sebagai salah satu persyaratan

Untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik

Tanggal : Juni 2025

Mengetahui

Ketua Jurusan Teknik Sipil


Dr. Rindu Twidi Bethary, S.T., M.T
NIP. 198212062010122001

PRAKATA

Puji syukur penulis panjatkan kepada Allah SWT, karena atas berkat dan rahmat-Nya, penulis dapat menyelesaikan Skripsi. Skripsi ini diajukan untuk memenuhi salah satu persyaratan memperoleh derajat kesarjanaan Strata-1 dalam rangka menyelesaikan studi Strata (S1) di Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Sultan Ageng Tirtayasa.

Dalam proses penyusunan skripsi ini saya turut mengucapkan terima kasih yang besar kepada :

- 1) Bapak Baehaki, S.T., M.Eng., selaku dosen pembimbing I Skripsi.
- 2) Bapak Dr. Soelarso, S.T., M.Eng., selaku dosen pembimbing II Skripsi.
- 3) Bapak Zulmahdi Darwis, S.T., M.Eng., selaku dosen penguji I Skripsi.
- 4) Ibu Midia Rahma, S.Pd., M.T., selaku dosen penguji II Skripsi.
- 5) Ibu Dr. Rindu Twidi Bethary, ST., MT., selaku Ketua Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik, Universitas Sultan Ageng Tirtayasa.
- 6) Bapak Ngakan Putu Purnaditya, ST., MT., selaku Kepala Laboratorium Teknik Sipil Universitas Sultan Ageng Tirtayasa.
- 7) Ibu Dwi Ainun Naseha, ST., selaku Admin Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Sultan Ageng Tirtayasa.
- 8) PT. Tibki Konsultan Nusantara yang telah memberikan kesempatan dan membantu saya dalam proses pengumpulan data sebagai kebutuhan Skripsi.
- 9) Kedua orang tua tercinta yaitu Bapak Ngadiman dan Ibu Kasianah yang selalu senantiasa memberikan dukungan dan do'anya kepada saya.
- 10) Teman – teman Asisten Laboratorium Teknik Sipil Untirta yang telah memberikan dukungan dan menjadi tempat bagi saya untuk berdiskusi banyak hal selama masa perkuliahan.
- 11) Teman – teman terdekat saya yang telah menemani kehidupan saya diluar dunia perkuliahan dan menjadi tempat saya untuk berbagi cerita.

Karena telah memberikan banyak bantuan dan bimbingan kepada saya. Akhir kata semoga Skripsi ini dapat bermanfaat bagi pembacanya.

Cilegon, 2025

Penulis

PERBANDINGAN PERANCANGAN STRUKTUR GEDUNG SRPMK MENGGUNAKAN *ETABS* DAN *TEKLA STRUCTURAL DESIGNER*

Rizki Ardiyansah

INTISARI

Seiring perkembangan teknologi dalam bidang teknik sipil, khususnya dalam perancangan struktur, berbagai perangkat lunak telah dikembangkan untuk membantu dalam perencanaan struktur. Dua di antaranya adalah *ETABS (Extended Three-Dimensional Analysis of Building Systems)* dan *TSD (Tekla Structural Designer)*. Studi ini melakukan perbandingan terhadap kedua perangkat lunak dalam hal gaya gempa, simpangan, dan detailing tulangan yang dihasilkan oleh kedua perangkat lunak.

Studi ini bertujuan untuk mengetahui perbandingan nilai gaya gempa, simpangan, dan detailing tulangan yang dihasilkan kedua perangkat lunak. Penelitian dilakukan pada gedung imajiner dengan sistem rangka pemikul momen khusus (SRPMK), fungsi gedung sebagai perkantoran dengan jumlah 10 lantai, tinggi antar lantai 4 meter, panjang 30 meter, dan lebar 18 meter. Perencanaan struktur mengacu pada SNI 1726:2019, SNI 1727:2020, SNI 2847:2019, ACI 318-14, dan ASCE 7-16. Perhitungan dibantu dengan *Microsoft Excel*, *ETABS*, dan *TSD*.

Hasil menunjukkan bahwa *TSD* menghasilkan gaya gempa lebih besar dari *ETABS*, dengan selisih maksimum 680,374 kg pada lantai 10. Simpangan antar tingkat pada keduanya sama. Rasio tulangan lentur pelat, tulangan geser balok, dan tulangan lentur kolom lebih besar di *TSD*, sedangkan rasio lentur balok lebih besar di *ETABS*. Rasio tulangan geser kolom dan sambungan balok-kolom menunjukkan hasil yang sama pada kedua perangkat lunak. Dalam perencanaan struktur gedung, disarankan untuk memilih acuan standar yang digunakan karena berpengaruh pada nilai-nilai yang dihasilkan.

Kata kunci: SRPMK, *ETABS*, *Tekla Structural Designer*, gaya gempa, tulangan, struktur gedung

Comparison of Structural Design for SMRF Buildings Using ETABS and Tekla Structural Designer

Rizki Ardiyansah

ABSTRACT

With the advancement of technology in the field of civil engineering, particularly in structural design, various software programs have been developed to assist in structural planning. Two of these are ETABS (Extended Three-Dimensional Analysis of Building Systems) and TSD (Tekla Structural Designer). This study compares both software programs in terms of seismic forces, displacements, and reinforcement detailing produced by each.

The objective of this study is to identify the differences in seismic force values, displacements, and reinforcement detailing produced by the two software programs. The research is conducted on a hypothetical building with a Special Moment Resisting Frame (SMRF) system, designed as a 10-story office building with a floor-to-floor height of 4 meters, a length of 30 meters, and a width of 18 meters. The structural design is based on SNI 1726:2019, SNI 1727:2020, SNI 2847:2019, ACI 318-14, and ASCE 7-16. The calculations are supported by Microsoft Excel, ETABS, and TSD.

The results show that TSD generates higher seismic forces than ETABS, with a maximum difference of 680.374 kg on the 10th floor. The inter-story drifts from both software are identical. The flexural reinforcement ratio of slabs, shear reinforcement of beams, and flexural reinforcement of columns are greater in TSD, while the flexural reinforcement ratio of beams is higher in ETABS. The shear reinforcement ratio of columns and the reinforcement of beam-column joints yielded the same results in both software. In structural design, it is recommended to carefully consider the design standards being applied, as they significantly influence the resulting values.

Keywords: SMRF, ETABS, Tekla Structural Designer, seismic load, reinforcement ratio, structural design

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PERNYATAAN.....	ii
HALAMAN PENGESAHAN.....	iii
PRAKATA.....	iv
INTISARI	v
ABSTRACT	vi
DAFTAR ISI.....	vii
DAFTAR TABEL	x
DAFTAR GAMBAR.....	xiii
DAFTAR ISTILAH	xxi
BAB 1 PENDAHULUAN	
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Tujuan Penelitian	2
1.4 Batasan Masalah.....	2
1.5 Manfaat Penelitian	3
1.6 Keaslian Penelitian.....	3
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA	
2.1 Gaya Gempa dan Simpangan Antar Tingkat	4
2.2 Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus.....	4
2.3 Keterkaitan Penelitian	6
BAB 3 LANDASAN TEORI	
3.1 Struktur Beton Bertulang	9
3.2 Daktilitas	10
3.3 Sistem Struktur Bangunan Gedung Tahan Gempa	10
3.4 Pembebanan	11
3.4.1 Beban mati	11
3.4.2 Beban hidup	11
3.4.3 Beban gempa.....	12

3.4.4 Kombinasi beban.....	18
3.5 Simpangan Antar Tingkat	20
3.6 Pelat.....	21
3.7 Balok	22
3.8 Kolom.....	33
3.9 Hubungan Balok-Kolom (HBK).....	42

BAB 4 METODE PENELITIAN

4.1 Umum.....	45
4.2 Bagan Alir Metode Penelitian.....	45
4.3 Tahapan Penelitian	46
4.4 Pedoman Analisa Struktur.....	48
4.5 Deskripsi Gedung.....	48
4.6 Parameter Gedung dan Data Response Spektra	49
4.7 Data Material.....	50
4.8 Jadwal Penelitian.....	50

BAB 5 ANALISIS DAN PEMBAHASAN

5.1 Spesifikasi Gedung	51
5.1.1 Data perencanaan	51
5.1.2 Data Jumlah dan Fungsi Lantai.....	52
5.1.3 Geometri Struktur.....	53
5.2 Analisis Pembebanan	54
5.2.1 Beban mati (DL)	54
5.2.2 Beban mati tambahan (SDL).....	54
5.2.3 Beban hidup (LL).....	55
5.2.4 Beban gempa.....	55
5.3 Kombinasi Beban	61
5.4 Perkiraan Awal Dimensi Struktur	69
5.4.1 Perkiraan awal dimensi balok	69
5.4.2 Perkiraan awal dimensi pelat	72
5.4.3 Perkiraan awal dimensi kolom	74
5.5 Permodelan Struktur.....	81

5.5 Permodelan struktur pada <i>ETABS</i>	82
5.5 Permodelan struktur pada TSD	99
5.6 Hasil Analisis Struktur	109
5.6.1 Berat seismik aktif	109
5.6.2 Periode getar alami.....	113
5.6.3 Gaya lateral akibat gempa.....	114
5.6.4 Displacement.....	119
5.6.5 Simpangan struktur	119
5.6.6 Pengaruh P- Δ	127
5.6.7 Analisa ketidakberaturan struktur	129
5.7 Desain Elemen Struktur	142
5.7.1 Desain pelat.....	142
5.7.2 Desain balok.....	149
5.7.3 Desain kolom	166
5.7.4 Desain hubungan balok-kolom (HBK)	188

BAB 6 KESIMPULAN DAN SARAN

6.1 Kesimpulan	196
6.2 Saran.....	196

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Penelitian Terdahulu yang Relevan	7
Tabel 3.1 Nilai Parameter Periode Pendekatan.....	13
Tabel 3.2 Pemilihan Faktor Keutamaan Gempa	14
Tabel 3.3 Faktor R, Cd, dan Ω_0 Untuk Sistem Pemikul Gaya Seismik	14
Tabel 3.4 Spasi Maksimum Tulangan Geser Balok.....	28
Tabel 4.1 Jadwal Penelitian Penulis.....	50
Tabel 5.1 Jumlah dan Fungsi Lantai	52
Tabel 5.2 Kategori Risiko	55
Tabel 5.3 Pemilihan Faktor Keutamaan Gempa	56
Tabel 5.4 Koefisien Situs, F_a	57
Tabel 5.5 Koefisien Situs, F_v	57
Tabel 5.6 Kategori Desain Seismik Periode Pendek.....	57
Tabel 5.7 Kategori Desain Seismik Periode 1 Detik	57
Tabel 5.8 Pemilihan Faktor R, Cd, dan Ω_0 Untuk Sistem Pemikul Gaya Seismik.....	58
Tabel 5.9 Prosedur Analisis Yang Diizinkan.....	58
Tabel 5.10 Rekapitulasi Kombinasi Beban.....	69
Tabel 5.11 Pemilihan Tinggi Minimum Balok Nonprategang.....	69
Tabel 5.12 Ketebalan Minimum Pelat Dua Arah Nonprategang Dengan Balok Di Antara Tumpuan Pada Semua Sisinya	73
Tabel 5.13 Pembebanan Tributary Area Lantai 10	77
Tabel 5.14 Pembebanan Tributary Area Per Lantai 5-9	78
Tabel 5.15 Pembebanan Tributary Area Per Lantai 1-4	79
Tabel 5.16 Momen Inersia Dan Luas Penampang Yang Diizinkan Untuk Analisis Elastis Pada Level Beban Terfaktor	84
Tabel 5.17 Perhitungan Manual Berat Seismik Aktif Lantai 10.....	110
Tabel 5.18 Perhitungan Manual Berat Seismik Aktif Lantai 6-9.....	111
Tabel 5.19 Perhitungan Manual Berat Seismik Aktif Lantai 5.....	111
Tabel 5.20 Perhitungan Manual Berat Seismik Aktif Lantai 1-4.....	112
Tabel 5.21 Rekapitulasi Hasil Berat Seismik Aktif Manual Dan Perangkat Lunak	112

Tabel 5.22 Perbandingan Hasil Berat Seismik Aktif <i>ETABS</i> dengan <i>TSD</i>	112
Tabel 5.23 Pemilihan Nilai Parameter Periode Pendekatan.....	113
Tabel 5.24 Koefisien Batas Atas Periode.....	114
Tabel 5.25 Hasil Output Periode Getar Alami	114
Tabel 5.26 Hasil Output Periode Getar Alami	114
Tabel 5.27 Perhitungan Pembebanan Gempa Statik Ekuivalen Arah X.....	117
Tabel 5.28 Perhitungan Pembebanan Gempa Statik Ekuivalen Arah Y	117
Tabel 5.29 Hasil Gaya Lateral Dengan Prosedur Analisis Gempa Statik Arah X.....	118
Tabel 5.30 Perbandingan Gaya Lateral <i>ETABS</i> Dengan <i>TSD</i>	118
Tabel 5.31 Hasil Output <i>Displacement</i> Dengan Prosedur Analisis Gempa Statik	119
Tabel 5.32 Pengecekan Syarat Redudansi	120
Tabel 5.33 Simpangan Antar Tingkat Izin Menurut SNI 1726:2019.....	120
Tabel 5.34 Hasil Analisis Simpangan Antar Lantai.....	121
Tabel 5.35 Hasil Analisis Simpangan Total.....	122
Tabel 5.36 Penggantian Dimensi Elemen Struktur	123
Tabel 5.37 Rekapitulasi Berat Seismik Aktif Setelah Pergantian Dimensi Struktur.....	124
Tabel 5.38 Rekapitulasi Periode Getar Alami Setelah Pergantian Dimensi Struktur.....	124
Tabel 5.39 Rekapitulasi Gaya Lateral Setelah Pergantian Dimensi Struktur ..	124
Tabel 5.40 Rekapitulasi Simpangan Antar Lantai Setelah Pergantian Dimensi Struktur.....	125
Tabel 5.41 Rekapitulasi Simpangan Total Setelah Pergantian Dimensi Struktur.....	125
Tabel 5.42 Hasil Analisis Pengaruh P- Δ Setiap Lantai (<i>ETABS</i>)	128
Tabel 5.43 Hasil Analisis Pengaruh P- Δ Setiap Lantai (<i>TSD</i>)	129
Tabel 5.44 Ketidakberaturan Horizontal Pada Struktur	129
Tabel 5.45 Ketidakberaturan Horizontal Kategori 1a dan 1b Arah X (<i>ETABS</i>)	132
Tabel 5.46 Ketidakberaturan Horizontal Kategori 1a dan 1b Arah Y	

(ETABS)	132
Tabel 5.47 Ketidakberaturan Horizontal Kategori 1a dan 1b Arah X (<i>TSD</i>)...	132
Tabel 5.48 Ketidakberaturan Horizontal Kategori 1a dan 1b Arah Y (<i>TSD</i>)...	132
Tabel 5.49 Ketidakberaturan Vertikal Pada Struktur	136
Tabel 5.50 Rekapitulasi Kekakuan Lateral Setiap Lantai	138
Tabel 5.51 Analisa Ketidakberaturan Vertikal Kategori 1a.....	139
Tabel 5.52 Analisa Ketidakberaturan Vertikal Kategori 1b.....	139
Tabel 5.53 Analisa Ketidakberaturan Massa Kategori 2	140
Tabel 5.54 Rekapitulasi Gaya Momen Yang Terjadi Pada Pelat Lantai.....	145
Tabel 5.55 Rekapitulasi Hasil Desain Tulangan Lentur Pelat	148
Tabel 5.56 Rekapitulasi Momen Ultimit Pada Balok (Grid 2C-D)	150
Tabel 5.57 Rekapitulasi Hasil Desain Tulangan Lentur Balok (Grid 2C-D Lantai 1)	154
Tabel 5.58 Pemilihan V_e Pakai	157
Tabel 5.59 Syarat Gaya Geser di Muka Kolom Kiri dan Kanan	158
Tabel 5.60 Hasil Desain Tulangan Geser Pada Balok	160
Tabel 5.61 Rekapitulasi Perhitungan Desain Tulangan Torsi Balok (Grid 2C-D).....	161
Tabel 5.62 Pengecekan Kekuatan Momen Pada Tumpuan Balok SRPMK.....	163
Tabel 5.63 Pengecekan Kekuatan Momen Pada Sepanjang Bentang Balok SRPMK	164
Tabel 5.64 Pengecekan Kelangsingan Kolom	169
Tabel 5.65 Rekapitulasi Perhitungan Nilai ϕM_n dan ϕP_n Arah X dan Arah Y	174
Tabel 5.66 Data nilai P , M_3 , dan M_2 pada Kolom K1 (Grid 2/D Lantai 1)	176
Tabel 5.67 Rekapitulasi Pengecekan Kapasitas Kolom K1 (Grid 2/D Lantai 1)	177
Tabel 5.68 Gaya Aksial Yang Terjadi Pada Kolom Desain, Atas, dan Bawah	179
Tabel 5.69 Pemilihan Gaya Geser Ultimit Kolom	183
Tabel 5.70 Rekapitulasi Perhitungan Desain Tulangan Geser Kolom.....	185
Tabel 5.71 Rekapitulasi Perbandingan Hasil Desain Tulangan Geser Kolom.	188
Tabel 5.72 Rekapitulasi Hasil Desain Tulangan Geser HBK	194

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1 Hotel Roa Roa Sebelum Dan Sesudah Terjadinya Gempa	1
Gambar 2.1 Flowchart Keterkaitan Penelitian Terhadap Penelitian Terdahulu	6
Gambar 3.1 Hubungan Tegangan Dan Regangan Beton.	9
Gambar 3.2 Diagram Regangan Pada Balok Lentur, (a) <i>compression- controlled section</i> , (b) <i>transition region</i> , dan (c) <i>tension -controlled section</i>	10
Gambar 3.3 Konsep Dasar Metode Statik Ekuivalen.....	12
Gambar 3.4 Konsep Perhitungan Beban Pada Bangunan	13
Gambar 3.5 Peta transisi periode panjang (<i>TL</i>) Wilayan Indonesia.....	14
Gambar 3.6 Grafik respon spektrum	16
Gambar 3.7 Diagram Alir Analisis Gaya Geser Gempa (V) Sesuai SNI 1726:2019.....	18
Gambar 3.8 Ilustrasi Arah Datang Gempa	19
Gambar 3.9 Simpangan Antar Lantai.....	20
Gambar 3.10 Diagram Alir Prosedur Desain Tulangan Lentur Pelat	22
Gambar 3.11 Lentur Pada Balok Beton Bertulang.....	23
Gambar 3.12 Variasi nilai faktor reduksi (ϕ) sesuai kategori penampang	23
Gambar 3.13 Diagram Tegangan Regangan Balok Tulangan Tunggal	24
Gambar 3.14 Diagram Alir Prosedur Desain Tulangan Lentur Balok.....	27
Gambar 3.15 Sengkang Pada Balok.....	27
Gambar 3.16 Diagram Alir Prosedur Desain Tulangan Sengkang Balok.....	30
Gambar 3.17 Gaya Torsi Pada Balok.....	31
Gambar 3.18 Diagram Alir Prosedur Desain Tulangan Torsi Balok	33
Gambar 3.19. (a) Beban aksial dan momen lentur (b) Beban eksenstris	34
Gambar 3.20. Beban Terkonsentrasi	35
Gambar 3.21. Kondisi Regangan Berimbang Untuk Penampang Persegi	36
Gambar 3.22. Diagram Interaksi Kolom.....	37
Gambar 3.23. Diagram Alir Prosedur Desain Tulangan Lentur Kolom	38

Gambar 3.24 Momen Mpr Kolom	40
Gambar 3.25 Momen Probabilitas Balok Pada Kolom.....	40
Gambar 3.26 Diagram Alir Perhitungan Tulangan Geser Kolom.....	42
Gambar 3.27 Model 3D Skema Analisis HBK	43
Gambar 3.28 Diagram Alir Prosedur Desain Tulangan Geser Joint.....	44
Gambar 4.1 Diagram alir penelitian.....	46
Gambar 4.2 (a) Potongan 1-1 dan (b) Potongan A-A	48
Gambar 4.3 Denah Gedung.....	49
Gambar 4.4 Tampak 3D Gedung	49
Gambar 5.1 Lokasi Gedung Rencana.....	51
Gambar 5.2 Denah Bangunan	53
Gambar 5.3 Potongan A-A.....	53
Gambar 5.4 Potongan 1-1.	54
Gambar 5.5 Website RSA Cipta Karya	57
Gambar 5.6 Grafik Spektrum Respons Desain Jakarta Dengan Tanah Lunak	61
Gambar 5.7 Ilustrasi Arah Datang Gempa	63
Gambar 5.8 Ilustrasi Arah Gaya Gempa Kombinasi 3	63
Gambar 5.9 Ilustrasi Arah Gaya Gempa Kombinasi 4	64
Gambar 5.10 Ilustrasi Arah Gaya Gempa Kombinasi 5	64
Gambar 5.11 Ilustrasi Arah Gaya Gempa Kombinasi 6	64
Gambar 5.12 Ilustrasi Arah Gaya Gempa Kombinasi 7	65
Gambar 5.13 Ilustrasi Arah Gaya Gempa Kombinasi 8	65
Gambar 5.14 Ilustrasi Arah Gaya Gempa Kombinasi 9	65
Gambar 5.15 Ilustrasi Arah Gaya Gempa Kombinasi 10	66
Gambar 5.16 Ilustrasi Arah Gaya Gempa Kombinasi 11	66
Gambar 5.17 Ilustrasi Arah Gaya Gempa Kombinasi 12	66
Gambar 5.18 Ilustrasi Arah Gaya Gempa Kombinasi 13	67
Gambar 5.19 Ilustrasi Arah Gaya Gempa Kombinasi 14	67
Gambar 5.20 Ilustrasi Arah Gaya Gempa Kombinasi 15	67
Gambar 5.21 Ilustrasi Arah Gaya Gempa Kombinasi 16	68
Gambar 5.22 Ilustrasi Arah Gaya Gempa Kombinasi 17	68
Gambar 5.23 Ilustrasi Arah Gaya Gempa Kombinasi 18	68

Gambar 5.24 Ilustrasi Kondisi Perletakan (a) Perletakan sederhana, (b) Perletakan menerus, dan (c) Perletakan kantilever.....	70
Gambar 5.25 Ilustrasi Kondisi Perletakan Balok Pada Penelitian	70
Gambar 5.26 Denah Balok Lantai 1-5	71
Gambar 5.27 Denah Balok Lantai 6-10	71
Gambar 5.28 Penampang Balok – Pelat.....	72
Gambar 5.29 Denah Pelat Lantai 1-10.....	74
Gambar 5.30 Lokasi Kolom Yang Ditinjau	75
Gambar 5.31 Potongan Kolom Yang Ditinjau.....	75
Gambar 5.32 3D Tributary Area Kolom C-3.....	76
Gambar 5.33 Denah Kolom Lantai 1-4.....	81
Gambar 5.34 Denah Kolom Lantai 5-9.....	81
Gambar 5.35 Pengaturan Permodelan Pada <i>ETABS</i>	82
Gambar 5.36 Pengaturan <i>Grid</i> Dan <i>Story</i> Pada <i>ETABS</i>	82
Gambar 5.37 Denah <i>Grid</i> Pada <i>ETABS</i>	83
Gambar 5.38 Pendefinisian Material Beton $F_c' 30$ Mpa Pada <i>ETABS</i>	83
Gambar 5.39 Pendefinisian Elemen Balok Induk (B1) Pada <i>ETABS</i>	84
Gambar 5.40 Pendefinisian Elemen Balok Induk (B2) Pada <i>ETABS</i>	85
Gambar 5.41 Pendefinisian Elemen Balok Anak (B3) Pada <i>ETABS</i>	85
Gambar 5.42 Pendefinisian Elemen Kolom (K1) Pada <i>ETABS</i>	85
Gambar 5.43 Pendefinisian Elemen Kolom (K2) Pada <i>ETABS</i>	86
Gambar 5.44 Pendefinisian Elemen Pelat Pada <i>ETABS</i>	86
Gambar 5.45 Permodelan Struktur Pada <i>ETABS</i>	86
Gambar 5.46 Denah Lantai 1-5 Pada <i>ETABS</i>	87
Gambar 5.47 Denah Lantai 6-10 Pada <i>ETABS</i>	87
Gambar 5.48 Potongan 1 - 1 Pada <i>ETABS</i>	88
Gambar 5.49 Potongan A - A Pada <i>ETABS</i>	88
Gambar 5.50 Beban Mati Tambahan (SDL) Pelat Lantai 1-10 Pada <i>ETABS</i> ..	89
Gambar 5.51 Tampak 3D Beban Mati Tambahan (SDL) Pelat Pada <i>ETABS</i> ..	89
Gambar 5.52 Beban Mati Tambahan (SDL) Dinding Lantai 1-4 Pada <i>ETABS</i> 90	
Gambar 5.53 Beban Mati Tambahan (SDL) Dinding Lantai 5-9 Pada <i>ETABS</i> 90	
Gambar 5.54 Beban Mati Tambahan (SDL) Dinding Lantai 10 Pada <i>ETABS</i>	91

Gambar 5.55 Tampak 3D Beban Mati Tambahan (SDL) Dinding Pada ETABS	91
Gambar 5.56 Beban Hidup (LL) Lantai 1-9 Pada ETABS	92
Gambar 5.57 Beban Hidup (LL) Lantai 10 Pada ETABS.....	92
Gambar 5.58 Tampak 3D Beban Hidup (LL) Pelat Pada ETABS.....	93
Gambar 5.59 Permodelan Diafragma Pada ETABS	93
Gambar 5.60 Penginputan <i>Mass Source</i> Pada ETABS	94
Gambar 5.61 Penamaan Beban Pada ETABS.....	94
Gambar 5.62 Penginputan Beban Gempa Statis Arah X Pada ETABS.....	95
Gambar 5.63 Penginputan Beban Gempa Statis Arah Y Pada ETABS.....	95
Gambar 5.64 Penginputan Respon Spektrum Pada ETABS	96
Gambar 5.65 Pendefinisian Beban Gempa Dinamik Arah X dan Y Pada ETABS	96
Gambar 5.66 Penginputan Kombinasi Beban Pada ETABS.....	97
Gambar 5.67 Jenis Perletakan Kolom Pada ETABS.....	97
Gambar 5.68 <i>End Length Offset</i> Dan <i>Rigid Zone Factor</i> Pada ETABS	98
Gambar 5.69 Pengaturan <i>Load Case</i> Yang Akan Running Pada ETABS	98
Gambar 5.70 Pengaturan Kode Desain Pada TSD	99
Gambar 5.71 Pengaturan <i>Grid</i> Pada TSD	99
Gambar 5.72 Pengaturan Jumlah Dan Ketinggian Lantai Pada TSD.....	99
Gambar 5.73 Denah <i>Grid</i> Pada TSD.....	100
Gambar 5.74 Pendefinisian Material Beton $f_c' 30$ Mpa Pada ETABS.....	100
Gambar 5.75 Modifikasi Faktor Elemen Pada TSD.....	101
Gambar 5.76 Pendefinisian Elemen Balok Induk (B1) Pada TSD.....	101
Gambar 5.77 Pendefinisian Elemen Balok Induk (B2) Pada TSD.....	101
Gambar 5.78 Pendefinisian Elemen Balok Anak (B3) Pada TSD	102
Gambar 5.79 Pendefinisian Elemen Kolom (K1) Pada TSD	102
Gambar 5.80 Pendefinisian Elemen Kolom (K2) Pada TSD	103
Gambar 5.81 Pendefinisian Elemen Pelat Pada TSD.....	103
Gambar 5.82 Permodelan 3D Pada TSD	104
Gambar 5.83 Denah Lantai 1-10 Pada TSD	105
Gambar 5.84 Beban Mati Tambahan (SDL) Pelat dan Dinding Lantai 1-10	

Pada <i>TSD</i>	105
Gambar 5.85 Beban Hidup (LL) Lantai 1-10 Pada <i>TSD</i>	105
Gambar 5.86 Penginputan Beban Gempa Statis Pada <i>TSD</i>	106
Gambar 5.87 Analisis Gempa Statik Dan Ketidakberaturan Struktur Pada <i>TSD</i>	106
Gambar 5.88 Penginputan Periode Dan Tipe Struktur Pada <i>TSD</i>	107
Gambar 5.89 Penginputan Sistem Struktur Pada <i>TSD</i>	107
Gambar 5.90 Penginputan Berat Seismik Pada <i>TSD</i>	107
Gambar 5.90 Pemilihan Kombinasi Pada <i>TSD</i>	108
Gambar 5.91 Hasil <i>Generate</i> Otomatis Pada <i>TSD</i>	108
Gambar 5.92 Jenis Perletakan Kolom Pada <i>TSD</i>	108
Gambar 5.93 <i>End Length Offset</i> Dan <i>Rigid Zone Factor</i> Pada <i>TSD</i>	109
Gambar 5.94 Fitur Analisis Dan Desain Pada <i>TSD</i>	109
Gambar 5.95 Ilustrasi Konsep Distribusi Berat Seismik Aktif Tiap Lantai	110
Gambar 5.96 Ilustrasi Penggunaan <i>Csperlu</i> Arah X	115
Gambar 5.97 Grafik Gaya Gempa	119
Gambar 5.98 Grafik Simpangan Antar Lantai	122
Gambar 5.99 Grafik Simpangan Total	123
Gambar 5.100 Grafik Simpangan Antar Lantai Setelah Pergantian Dimensi Struktur.....	126
Gambar 5.101 Grafik Simpangan Total Setelah Pergantian Dimensi Struktur	126
Gambar 5.102 Ketidakberaturan Horizontal Kategori 1a dan 1b	130
Gambar 5.103 Ketidakberaturan Horizontal Kategori 2	134
Gambar 5.104 Ketidakberaturan Horizontal Kategori 3	134
Gambar 5.105 Ketidakberaturan Horizontal Kategori 4	135
Gambar 5.106 Ketidakberaturan Horizontal Kategori 5	135
Gambar 5.107 Ketidakberaturan Vertikal Kategori 1a dan 1b	137
Gambar 5.108 Ketidakberaturan Vertikal Kategori 2.	140
Gambar 5.109 Ketidakberaturan Vertikal Kategori 3.	141
Gambar 5.110 Ketidakberaturan Vertikal Kategori 4	142
Gambar 5.111 Ketidakberaturan Vertikal Kategori 5	142
Gambar 5.112 Pelat Yang Didesain Pada Lantai 10 Grid 2-3/A-B	143

Gambar 5.113 Distribusi Momen Pelat Pada <i>ETABS</i> (a) Arah x (b) Arah Y ..	143
Gambar 5.114 Distribusi Momen Pelat Tinjauan Pada <i>ETABS</i> (a) Arah x (b) Arah Y	144
Gambar 5.115 Distribusi Momen Pelat Pada <i>TSD</i> (a) Arah x (b) Arah Y	144
Gambar 5.116 Distribusi Momen Pelat Tinjauan Pada <i>TSD</i> (a) Arah x (b) Arah Y	145
Gambar 5.117 Tampilan Perhitungan Otomatis Desain Tulangan Lentur Pelat Pada <i>TSD</i>	148
Gambar 5.118 Potongan A-A Pelat.....	148
Gambar 5.119 Potongan B-B Pelat	148
Gambar 5.120 Penulangan Pelat	149
Gambar 5.121 3D Penulangan Pelat	149
Gambar 5.122 Balok Tinjauan (Grid 2/C-D Lantai 1).....	150
Gambar 5.123 Diagram Tegangan Regangan pada Balok Tulangan Tumpuan Atas	153
Gambar 5.124 Tampilan Perhitungan Otomatis Tulangan Lentur Tumpuan Atas Balok (Grid 2C-D Lantai 1) Pada <i>TSD</i>	154
Gambar 5.125 Kuat Lentur Mungkin Maksimum (M_{pr1} dan M_{pr3}) Pada Balok Akibat Goyangan ke Kanan.....	155
Gambar 5.126 Kuat Lentur Mungkin Maksimum (M_{pr2} dan M_{pr4}) Pada Balok Akibat Goyangan ke Kiri.....	156
Gambar 5.127 Diagram Gaya Geser Balok (Grid 2C-D Lantai 1) <i>ETABS</i>	157
Gambar 5.128 Tampilan Perhitungan Otomatis Tulangan Geser Sendi Plastis Balok (Grid 2C-D) Pada <i>TSD</i>	160
Gambar 5.129 Perhitungan Otomatis Maksimum Tinggi Efektif Izin Balok Pada <i>TSD</i>	162
Gambar 5.130 Perhitungan Otomatis Minimum Lebar Izin Balok Pada <i>TSD</i> .	162
Gambar 5.131 Perhitungan Otomatis Maksimum Lebar Balok Pada <i>TSD</i>	163
Gambar 5.132 Perhitungan Syarat Momen Tumpuan Balok SRPMK Pada <i>TSD</i>	163
Gambar 5.133 Perhitungan Syarat Momen Tumpuan Balok SRPMK Pada <i>TSD</i>	164

Gambar 5.134 Potongan Portal Balok B1(Grid 2C-D).....	164
Gambar 5.135 Detail Penulangan Balok B1 (Grid 2C-D)	165
Gambar 5.136 Potongan Portal Balok B1 (Grid 2C-D) Hasil <i>TSD</i>	165
Gambar 5.137 Detail Penulangan Balok B1 (Grid 2C-D) Hasil <i>TSD</i>	165
Gambar 5.138 Lokasi Kolom Kolom Tinjauan (Grid 2/D Lantai 1)	166
Gambar 5.139 Perhitungan Otomatis Pengecekan Kolom Pendek/Panjang Pada <i>TSD</i>	168
Gambar 5.140 Diagram Tegangan Regangan Kondisi $c = c_b$	170
Gambar 5.141 Diagram Tegangan Regangan Kondisi $c > c_b$	171
Gambar 5.142 Diagram Tegangan Regangan Kondisi $c < c_b$	173
Gambar 5.143 Diagram Interaksi Uniaksial (P-M3) Kapasitas Kolom K1 (Grid 2/D lantai 1).....	175
Gambar 5.144 Diagram Interaksi Uniaksial (P-M2) Kapasitas Kolom K1 (Grid 2/D lantai 1).....	175
Gambar 5.145 Pengecekan Kapasitas Pada Diagram Uniaxial (P-M3) Kolom K1 (Grid 2/D lantai 1).....	176
Gambar 5.146 Pengecekan Kapasitas Pada Diagram Uniaxial (P-M2) Kolom K1 (Grid 2/D lantai 1).....	176
Gambar 5.147 Diagram Biaxial Metode ACI (Beban M_{2max}).....	177
Gambar 5.148 Ilustrasi Kuat Kolom Balok Lemah (Gempa Kanan).....	178
Gambar 5.149 Diagram Interaksi Kapasitas Momen Kolom Desain.....	179
Gambar 5.150 Pengecekan Otomatis Kuat Kolom Balok Lemah Pada <i>TSD</i> ...	180
Gambar 5.151 Kapasitas Momen Max ($f_y = 1,25$ dan $\phi = 1$) Kolom K1.....	182
Gambar 5.152 Momen Ujung (M_{pr}) Pada Kolom.....	182
Gambar 5.153 Tampilan Perhitungan Otomatis Desain Tulangan Geser Kolom Pada <i>TSD</i>	185
Gambar 5.154 Potongan Kolom K1 Grid 2/D Lantai 1	186
Gambar 5.155 (a) Detail kolom daerah l_o , (b) Detail kolom luar daerah l_o	186
Gambar 5.156 Hasil Gambar Potongan Kolom Grid 2/D Lantai 1 (Hasil <i>TSD</i>)	187
Gambar 5.157 Hasil Gambar Detail Kolom Grid 2/D Lantai 1 (Hasil <i>TSD</i>)...	187
Gambar 5.158 Perhitungan Otomatis Syarat Dimensi Kolom (K11) SRPMK	

Pada <i>TSD</i>	188
Gambar 5.159 Skema Hubungan Balok-Kolom	189
Gambar 5.160 Skema Momen Kapasitas Arah Y ketika Gempa Kanan	190
Gambar 5.161 Skema Momen Kapasitas Arah Y ketika Gempa Kiri	190
Gambar 5.162 Detail Joint 2/D-2	194
Gambar 5.163 Potongan Joint (a) Arah X dan (b) Arah Y	194
Gambar 5.164 3D Joint 2/D-2	195
Gambar 5.165 Tampilan Perhitungan Kapasitas Geser Joint 2/D-2 Pada <i>TSD</i>	195

DAFTAR ISTILAH

Istilah	Keterangan
P	; Beban terpusat (kN)
d	: Tinggi efektif balok (m)
c	: Tinggi garis netral (mm)
d_t	: Jarak lapisan terluar tulangan tarik terhadap serat tekan balok (mm)
ϵ_t	: Regangan tulangan tarik
ϵ_{cu}	: Regangan penampang beton
a	: Tinggi blok tekan beton (mm).
d	: Tinggi efektif balok (mm).
b	: Lebar balok (mm).
f'_c	: Kuat tekan beton (Mpa).
A_s	: Luas tulangan (mm ²).
f_y	: Kuat leleh tulangan longitudinal (Mpa).
β_1	: Koefisien reduksi tinggi garis netral.
ρ	: Rasio tulangan.
ϵ_s	: Regangan tulangan baja.
ϵ_{cu}	: Regangan penampang beton.
V_u	: Gaya geser <i>ultimate</i> (kN).
V_c	: Kuat geser beton (kN).
V_s	: Kuat geser tulangan geser (kN).
s	: Spasi tulangan geser (mm).
f_{yt}	: Kuat leleh tulangan geser (Mpa).
A_v	: Luas tulangan geser (mm ²).
λ	: Koefisien faktor modifikasi beton
T_n	: Momen torsi nominal (kNm)
T_u	: Momen torsi <i>ultimate</i> (kNm)
A_{cp}	: Luas penampang balok (mm ²).
P_{cp}	: Keliling penampang balok (mm).
P_h	: Luas penampang balok dengan as sengkang (mm ²).
S_{MS}	: Parameter respon spektrum pada periode 0,2 detik (g).

S_{M1}	: Parameter respon spektrum pada periode 1 detik (g).
S_S	: Percepatan batuan dasar pada periode pendek 0,2 detik (g).
S_1	: Percepatan batuan dasar pada periode 1 detik (g).
F_a	: Koefisien situs pada periode pendek 0,2 detik.
F_v	: Koefisien situs pada periode 1 detik.
C_t dan α	: Koefisien parameter periode.
h_n	: Ketinggian bangunan (m).
C_u	: Koefisien batas periode.
C_S	: Koefisien respon seismik.
W	: Berat bangunan (kN).
I	: Koefisien faktor keutamaan gempa.
R	: Koefisien modifikasi respons.
Δ_a	: Simpangan ijin sebelum dibagi faktor redudansi (mm).
ρ	: Koefisien faktor redudansi.
C_d	: Koefisien faktor pembesaran simpangan.
δ_e	: Simpangan ditingkat-x sebelum diperbesar (mm).
l_d	: Panjang penyaluran kondisi tarik (mm).
l_{dc}	: Panjang penyaluran kondisi tekan (mm).
l_{dh}	: Panjang penyaluran kait standar (mm).
l_{ext}	: Panjang kait lurus (mm).

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Indonesia merupakan negara yang terletak di wilayah rawan gempa, sehingga bencana gempa bumi seperti yang terjadi di Palu, Sulawesi Tengah, pada 28 September 2018, menjadi salah satu peristiwa tragis yang menyadarkan pentingnya perencanaan struktur yang tahan gempa. Salah satu infrastruktur yang terdampak adalah Hotel Roa Roa, sebuah gedung bertingkat yang runtuh setelah gempa terjadi.



Gambar 1.1 Hotel Roa Roa Sebelum Dan Sesudah Terjadinya Gempa

(Sumber: Madutujuh, 2018)

Runtuhnya Hotel Roa Roa menjadi pertanyaan mengenai perancangan yang digunakan pada bangunan tersebut. Hotel yang dibangun pada tahun 2012 ini kemungkinan dirancang berdasarkan peta gempa tahun 2002 yang menyebabkan ketidaksesuaian dengan gempa aktual yang terjadi, selain itu ditemukan bahwa adanya kesalahan perencanaan pada bagian sambungan (Madutujuh, 2018). Kasus ini menyoroti pentingnya pemilihan sistem struktur yang tepat, khususnya gedung dengan Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus (SRPMK) yang dirancang untuk memiliki daktilitas tinggi dan mampu menyerap energi gempa secara maksimal.

Seiring perkembangan teknologi dalam bidang teknik sipil, khususnya dalam perancangan struktur, berbagai perangkat lunak telah dikembangkan untuk membantu dalam perencanaan struktur. Dua di antaranya adalah *ETABS (Extended Three-Dimensional Analysis of Building Systems)* dan *TSD (Tekla Structural Designer)*. Perlu diketahui hasil perancangan struktur gedung pada kedua perangkat lunak, khususnya pada sistem SRPMK untuk mengetahui sejauh mana perbedaan hasil perancangan struktur yang dihasilkan dari kedua perangkat lunak tersebut.

Dengan membandingkan hasil perancangan struktur gedung SRPMK menggunakan *ETABS* dan *TSD*, diharapkan memberikan gambaran mengenai hasil perencanaan dari masing-masing perangkat lunak sehingga dapat dipilih perangkat yang sesuai untuk mendesain struktur yang aman, serta menghindari terulangnya kejadian runtuhnya Hotel Roa Roa di masa yang akan datang. Perbandingan kedua perangkat lunak antara *ETABS* dan *Tekla Structural Designer* juga telah diteliti oleh (Aziz dkk, 2023) dengan model gedung 3 lantai. Penelitian kedua perangkat lunak ini dapat dikembangkan dengan menambahkan lantai gedung untuk mengetahui perbandingan secara lebih signifikan.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang masalah tersebut, dapat dirumuskan permasalahan sebagai berikut.

- a. Bagaimana perbandingan nilai gaya gempa yang dihasilkan oleh *ETABS* dan *Tekla Structural Designer*?
- b. Bagaimana perbandingan nilai simpangan yang dihasilkan oleh *ETABS* dan *Tekla Structural Designer*?
- c. Bagaimana perbandingan hasil desain tulangan balok, kolom, hubungan balok-kolom, dan pelat pada *ETABS* dan *Tekla Structural Designer*?

1.3 Tujuan Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah tersebut, didapat tujuan dari penelitian ini. Berikut tujuan dari penelitian ini.

- a. Untuk mengetahui perbandingan nilai gaya gempa yang dihasilkan oleh *ETABS* dan *Tekla Structural Designer*.
- b. Untuk mengetahui perbandingan nilai simpangan yang dihasilkan oleh *ETABS* dan *Tekla Structural Designer*.
- c. Untuk mengetahui perbandingan hasil desain tulangan balok, kolom, hubungan balok-kolom, dan pelat pada *ETABS* dan *Tekla Structural Designer*.

1.4 Batasan Masalah

Agar pembahasan tidak meluas dan dapat dibahas secara terstruktur, maka pembahasan topik penelitian ini diberi batasan masalah sebagai berikut.

- a. Perancangan struktur mengacu pada standar yang berlaku (SNI 1726:2019, SNI 1727:2020, SNI 2847:2019, ACI 318-14, dan ASCE 7-16).
- b. Permodelan gedung yang dimodelkan adalah gedung imajiner dengan 10 lantai yang berfungsi sebagai perkantoran dan atap dak.
- c. Sistem struktur menggunakan Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus (SRPMK).
- d. Tanah diasumsikan tanah lunak (SE) dan berlokasi di Jakarta.
- e. Data parameter respon spektrum diambil dari situs Puskim PU.
- f. Perhitungan membahas elemen struktur atas yaitu balok, kolom hubungan balok-pelat, dan pelat.
- g. Pelat pada *ETABS* dimodelkan sebagai *shell* dan pada *TSD* dimodelkan sebagai *slab on beam*.
- h. Tumpuan diasumsikan sebagai jepit.
- i. Kedua perangkat lunak yang digunakan merupakan versi terbaru yaitu *ETABS V22 Evaluation* dan *TSD 2024 Student Version*.

1.5 Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian ini adalah sebagai berikut.

- a. Penelitian dalam perbandingan nilai gaya gempa yang dihasilkan oleh *ETABS* dan *TSD* dapat bermanfaat untuk menentukan perangkat lunak yang sesuai dengan kebutuhan perencanaan. .
- b. Penelitian dalam perbandingan nilai simpangan yang dihasilkan oleh *ETABS* dan *TSD* dapat membantu dalam menilai efektivitas masing-masing perangkat lunak dalam memprediksi perilaku struktur terhadap beban lateral.
- c. Penelitian dalam membandingkan hasil desain tulangan dapat memberikan manfaat dalam menentukan perangkat lunak mana yang menghasilkan desain yang lebih efisien dan sesuai dengan kebutuhan perencanaan.

1.6 Keaslian Penelitian

Penelitian ini merupakan hasil karya penulis yang dilakukan secara mandiri dan semua analisis, interpretasi data, serta kesimpulan yang disajikan adalah murni hasil pemikiran penulis dengan mengacu pada sumber-sumber yang telah diakui keabsahannya.

DAFTAR PUSTAKA

- Azis Syah, M., Zacky Ardhyhan, M., Fajri, H., & Purwandito, M. (2023). Jurnal Ilmiah Rekayasa Sipil Perbandingan Analisis Struktur Gedung Laboratorium PGSD Universitas Samudra Metode Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus Menggunakan ETABS dan BIM Tekla Struktural Designer. *Edisi Oktober*, 20(2), 2023. <http://ejournal2.pnp.ac.id/index.php/jirs/>
- Badan Standarisasi Nasional (2019). SNI 1726:2019 *Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Struktur Bangunan Gedung Dan Nongedung*.
- Badan Standarisasi Nasional (2019). SNI 2847-2019 *Persyaratan Beton Struktural Untuk Bangunan Gedung Dan Penjelasan*.
- Badan Standarisasi Nasional (2020). SNI 1727-2020 *Beban Desain Minimum Dan Kriteria Terkait Untuk Bangunan Gedung Dan Struktur Lain*.
- Bingly, Y., Setia, L., Wibowo, B., Shofwan, M., & Cahyono, D. (2021). *Seminar Nasional Ilmu Terapan V 2021 Universitas Widya Kartika MATERIAL MUTU NORMAL DAN MUTU TINGGI*.
- Iswandi Imran, F. H. (n.d.). *Perencanaan Lanjut Struktur Beton Bertulang*.
- Jaglien, F., Servie, L., Dapas, O., & Wallah, S. E. (2020). PERENCANAAN STRUKTUR BETON BERTULANG GEDUNG KULIAH 5 LANTAI. *Jurnal Sipil Statik*, 8(4), 471–482.
- Lesmana, Y. (2020). *Handbook Desain Struktur Beton Bertulang Berdasarkan SNI 2847-2019* (Edisi Pert). CV. Nas Media Pustaka.
- Lesmana, Y. (2020). *Handbook Prosedur Analisa Beban Gempa Berdasarkan SNI 1726-2019* (Edisi Pert). CV. Nas Media Pustaka.
- Lesmana, Y. (2023). *Analisa Dan Desain Struktur Tahan Gempa Beton Bertulang (SRPMB, SRPMM, SRPMK)*. CV. Nas Media Pustaka.
- Jing Xian, W., & Soffi Md Noh, M. (2022). Comparative Study in the Design of a Reinforced Concrete Structure. *Recent Trends in Civil Engineering and Built Environment*, 3(1), 1169–1177. <http://publisher.uthm.edu.my/periodicals/index.php/rtcebe>
- Madutujuh, N. (2018). Rehabilitasi dan Mitigasi Pasca Bencana Gempa Palu 28 Sept 2018 " Sistem Struktur dan Pondasi Bangunan Tahan Gempa , Retakan t *SEMINAR “Rehabilitasi Dan Mitigasi Pasca Bencana Gempa Palu 28 Sept*

2018," January.

- Pamungkas, A. (2021). Contoh Laporan Perencanaan Struktur Gedung Beton Bertulang (Edisi Pert). CV. Budi Utama.
- Rifandi, I. (2020). Analisis Beban Gempa dengan Metode Statik Ekuivalen Berdasarkan SNI 1726-2019 pada Gedung IPAL (Studi Kasus Proyek Pembangunan Gedung IPAL UT-HO-Jakarta Timur). *Jurnal Konstruksi*, 18(18), 72–82. <http://jurnal.sttgarut.ac.id/>
- Rusliyana, I. (2024). ANALISIS KINERJA STRUKTUR GEDUNG DENGAN MENGGUNAKAN SAP2000 DAN TEKLA STRUCTURAL DESIGNER. In *FTSP Series*.
- S.E, M. Y., & Machmoed, S. P. (2021). Perencanaan Gedung Apartemen D'Rini 10 Lantai Dengan Struktur Beton Ringan Bj 1760 Kg/M3 Bertulang Tahan Gempa Menggunakan Srpmpk. *Axial : Jurnal Rekayasa Dan Manajemen Konstruksi*, 9(3), 163. <https://doi.org/10.30742/axial.v9i3.1765>