

No 03/SKRIPSI/S.Tr-TKG/2023

SKRIPSI

**ANALISIS KINERJA STRUKTUR BANGUNAN TAHAN GEMPA
DENGAN STRUKTUR *SPACE FRAME* PADA BALOK
BENTANG PANJANG**



**Disusun untuk Melengkapi Salah Satu Syarat Kelulusan Program D-IV
Politeknik Negeri Jakarta**

Disusun oleh :

Anita Rizki Triwidyanata

NIM 1901421019

Dosen Pembimbing:

Dr. Anis Rosyidah, S.Pd., S.S.T., M.T.

NIP 197303181998022004

Jonathan Saputra, S.Pd., M.Si.

NIP 199111222019031010

PROGRAM STUDI D-IV TEKNIK KONSTRUKSI GEDUNG

JURUSAN TEKNIK SIPIL

POLITEKNIK NEGERI JAKARTA

2023



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian , penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

HALAMAN PERSETUJUAN

Skripsi berjudul :

ANALISIS KINERJA STRUKTUR BANGUNAN TAHAN GEMPA DENGAN STRUKTUR SPACE FRAME PADA BALOK BENTANG PANJANG
yang disusun oleh **Anita Rizki Triwidyanata (NIM 1901421019)** telah disetujui dosen pembimbing untuk dipertahankan dalam Sidang Skripsi

Pembimbing 1

(Dr. Anis Rosyidah, S.Pd., S.S.T., M.T.)
NIP 197303181998022004

Pembimbing 2

(Jonathan Saputra, S.Pd., M.Si.)
NIP 199111222019031010



HALAMAN PENGESAHAN

Laporan Skripsi Berjudul :

ANALISIS KINERJA STRUKTUR BANGUNAN TAHAN GEMPA DENGAN STRUKTUR *SPACE FRAME* PADA BALOK BENTANG

yang disusun oleh **Anita Rizki Triwidyana** (NIM 1901421019) telah dipertahankan dalam **Sidang Skripsi** di depan Tim Penguji hari Senin, 31 Juli 2023

	Nama Tim Penguji	Tanda Tangan
Ketua	Drs. Raden Agus Murdiyoto, S.T., M.Si. NIP 195908191986031002	
Anggota	Lilis Tiyani, S.T., M.Eng. NIP 199504132020122025	
	Rinawati, S.T., M.T. NIP 197005102005012001	

Mengetahui,

Ketua Jurusan Teknik Sipil
Politeknik Negeri Jakarta



Dyah Nurwidyaningrum, S.T., M.M., M.Ars.
NIP 197407061999032001

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian , penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta



© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian , penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS

Yang bertanda tangan di bawah ini, saya :

Nama : Anita Rizki Triwidyanata
NIM : 1901421019
Prodi : D-IV Teknik Konstruksi Gedung
Email : anita.rizkitriwidyanata.ts19@mhs.w.pnj.ac.id
Judul : Analisis Kinerja Struktur Bangunan Tahan Gempa dengan Struktur *Space Frame* pada Balok Bentang Panjang

Dengan ini, saya menyatakan bahwa tulisan yang saya sertakan dalam Skripsi Teknik Sipil Politeknik Negeri Jakarta Tahun Akademik 2022/2023 adalah benar-benar hasil karya saya sendiri, bukan jiplakan karya orang lain dan belum pernah diikutsertakan dalam segala bentuk kegiatan akademis.

Apabila dikemudian hari ternyata tulisan/naskah saya tidak sesuai dengan pernyataan ini, maka secara otomatis tulisan/naskah saya dianggap gugur dan bersedia menerima sanksi yang ada. Demikian pernyataan ini dibuat dengan sebenarnya.

**POLITEKNIK
NEGERI
JAKARTA**

Depok, 24 Juli 2023

Yang menyatakan,

Anita Rizki Triwidyanata



KATA PENGANTAR

Puji syukur kehadirat Tuhan Yang Maha Esa yang telah memberi rahmat dan hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi dengan judul Analisis Kinerja Struktur Bangunan Tahan Gempa dengan Struktur *Space Frame* pada Balok Bentang Panjang. Dalam penyusunan skripsi ini, banyak hambatan yang penulis hadapi. Berkat bantuan dan dukungan dari berbagai pihak, skripsi ini dapat diselesaikan dengan tepat waktu. Dalam penyusunan skripsi ini, penulis ingin mengucapkan terima kasih yang sedalam-dalamnya kepada ;

1. Kedua orang tua penulis yang selama ini menjadi pilar kekuatan dan inspirasi bagi penulis. Segala pengorbanan, dukungan, dan doa yang telah diberikan menjadi motivasi utama penulis dalam menyelesaikan perkuliahan dan skripsi ini dengan sebaik-baiknya.
2. Ibu Dr. Anis Rosyidah, S.Pd., S.S.T., M.T. dan Bapak Jonathan Saputra, S.Pd., M.Si. selaku dosen pembimbing yang senantiasa membantu penulis dengan membimbing, mengarahkan, dan memberi dukungan hingga terselesaikannya skripsi ini.
3. Bapak dan Ibu dosen Teknik Sipil Politeknik Negeri Jakarta yang telah memberikan ilmu pengetahuannya selama masa perkuliahan penulis.
4. Desfitri Hayu Wandaning sebagai teman yang selalu membantu penulis dalam menjalankan studi selama 4 tahun ini dan selalu siap mendengarkan semua keluh kesah penulis. *College would have been heavier if I didn't go through it with you.*
5. Ilham Dwiputra Ramadhan, Hana Dwi Yuliashti, Muhammad Andika Ghifary sebagai teman satu kelas yang selalu membantu penulis baik dalam kehidupan perkuliahan maupun kehidupan pribadi. Juga teman-teman kelas 4TKG2 angkatan 2019 lainnya.
6. Teman-teman penulis yang telah menyaksikan dan *grow up* bersama penulis dalam 10 tahun terakhir, Nabiela Ayu Safira dan Dinda Novia Salsabilla. *Here's to more memories and years together.*

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta



© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian , penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

Penulis menyadari bahwa naskah skripsi ini tidak luput dari kekurangan dan jauh dari kata sempurna. Oleh karena itu, kritik dan saran yang membangun sangat diharapkan untuk menyempurnakan penelitian ini. Semoga skripsi ini dapat bermanfaat bagi para pembacanya.

Depok, Juli 2023

Anita Rizki Triwidyanata





DAFTAR ISI

HALAMAN PERSETUJUAN.....	i
HALAMAN PENGESAHAN.....	ii
HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS.....	iii
KATA PENGANTAR.....	iv
DAFTAR ISI.....	viii
DAFTAR GAMBAR.....	x
DAFTAR TABEL.....	xii
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	2
1.3 Tujuan Penelitian.....	3
1.4 Batasan Masalah.....	3
1.5 Sistematika Penulisan.....	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	5
2.1 Struktur <i>Space Frame</i>	5
2.1.1 Prinsip Struktur <i>Space Frame</i>	6
2.1.2 Perbedaan <i>Space Frame</i> dan <i>Space Truss</i>	7
2.1.3 Kelebihan dan Kekurangan Struktur <i>Space Frame</i>	7
2.1.4 Elemen Sistem Struktur <i>Space Frame</i>	8
2.1.5 Jenis-Jenis Sistem Struktur <i>Space Frame</i>	9
2.1.6 Sambungan Sistem Struktur <i>Space Frame</i>	12
2.1.7 Rasio Tinggi Balok.....	13
2.1.8 Kriteria Kinerja <i>Space Frame</i> yang Efisien.....	13
2.2 Balok Bentang Panjang.....	14
2.3 Analisis Beban Gempa Statik Ekuivalen.....	14
2.3.1 Peta Gerak Tanah, Kategori Risiko dan Faktor Keutamaan Gempa....	14
2.3.2 Faktor Keutamaan Gempa.....	15
2.3.3 Faktor Klasifikasi Situs Tanah.....	17
2.3.4 Faktor Koefisien Situs (F_a dan F_v).....	18
2.3.5 Kategori Desain Seismik.....	19
2.3.6 Penentuan Periode.....	19
2.3.7 Gaya Lateral Ekuivalen.....	20

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian , penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian , penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

2.3.8	Skala Gaya.....	21
2.3.9	Distribusi Gaya Gempa	21
2.4	<i>Performance Based Design</i>	22
2.5	<i>Analisis Pushover</i>	23
2.6	Mekanisme Keruntuhan Bangunan	24
BAB III METODOLOGI PENELITIAN		25
3.1	Gambaran Umum	25
3.2	Rancangan Penelitian	25
3.3	Objek Penelitian	26
3.3.1	Data Umum Bangunan.....	27
3.4	Tahapan Penelitian	28
3.4.1	Studi Literatur.....	29
3.4.2	Pengumpulan Data	29
3.4.3	Pemodelan Bentuk Rangka <i>Space Frame</i>	29
3.4.4	Analisis Statistik.....	29
3.4.5	<i>Preliminary Design</i>	29
3.4.6	Pemodelan Struktur.....	30
3.4.7	Analisis Struktur.....	30
3.4.8	Perancangan <i>Space Frame</i> pada Balok Bentang Panjang.....	30
3.4.9	Analisis Taraf Kinerja	30
3.5	Peraturan yang Digunakan	30
3.6	Luaran.....	31
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....		32
4.1.	Penentuan Bentuk Rangka <i>Space Frame</i>	32
4.1.1.	Kesesuaian Sambungan dalam Pemodelan <i>Space Frame</i>	32
4.1.2.	Pemodelan Bentuk Rangka <i>Space Frame</i>	33
4.1.3.	Nilai Gaya Dalam dari ETABS	36
4.1.4.	Nilai <i>Displacement</i> dari ETABS	39
4.3.	<i>Preliminary Design</i>	43
4.5.	Rekapitulasi Tulangan	44
4.5.1.	Rekapitulasi Tulangan Balok	44
4.5.2.	Rekapitulasi Tulangan Kolom.....	45
4.6.	Pembahasan	45
4.6.1.	<i>Displacement</i>	45
4.6.2.	<i>Story Drift</i>	46



© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian , penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

4.7.	Perancangan <i>Space Frame</i> pada Balok Bentang Panjang	47
4.7.1.	Profil dan Ukuran Rangka <i>Space Frame</i>	47
4.7.2.	Sambungan dan Perhitungan Sambungan <i>Space Frame</i>	49
4.7.3.	Detailing Sambungan <i>Space Frame</i> dan Kolom	49
4.8.	Analisis Kinerja Struktur dan Pola Kegagalan	50
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN		55
5.1.	Kesimpulan	55
5.2.	Saran	56
DAFTAR PUSTAKA		57
LAMPIRAN.....		61
LAMPIRAN 1 PERHITUNGAN <i>PRELIMINARY</i> DESAIN.....		62
LAMPIRAN 2 PERHITUNGAN PEMBEBANAN		66
LAMPIRAN 3 ANALISIS RESPON SPEKTRUM.....		71
LAMPIRAN 4 KOMBINASI PEMBEBANAN.....		75
LAMPIRAN 5 ANALISIS STATIK EKIVALEN DAN ANALISIS STRUKTUR		77
LAMPIRAN 6 PERHITUNGAN DETAILING BALOK		85
LAMPIRAN 7 PERHITUNGAN DETAILING KOLOM.....		102
LAMPIRAN 8 HUBUNGAN BALOK KOLOM		112
LAMPIRAN 9 PERHITUNGAN BASE PLATE DAN SAMBUNGAN LAS ..		117

POLITEKNIK
NEGERI
JAKARTA



DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Tetrahedron.....	6
Gambar 2.2 Gaya Batang.....	7
Gambar 2.3 Distribusi Gaya pada Rangka Batang.....	7
Gambar 2.4 Elemen Dasar Pembentuk Space Frame.....	9
Gambar 2.5 <i>Space Frame Square Grid</i>	9
Gambar 2.6 <i>Space Frame Tetrahedron Grid</i>	9
Gambar 2.7 <i>Space Frame Hexagon Grid</i>	10
Gambar 2.8 <i>Space Frame Octagon Grid</i>	10
Gambar 2.9 <i>Struktur Space Frame Flat Cover</i>	10
Gambar 2.10 <i>Space Frame Barrel Vaults</i>	11
Gambar 2.11 <i>Space Frame Spherical Domes</i>	11
Gambar 2.12 <i>Space Frame Freefoam</i>	11
Gambar 2.13 <i>Space Frame Single Layer</i>	12
Gambar 2.14 <i>Space Frame Double Layer</i>	12
Gambar 2.15 Parameter Gerak Tanah S_s	15
Gambar 2.16 Parameter Gerak Tanah S_1	15
Gambar 3.1 Variabel Penelitian.....	26
Gambar 3.2 Denah Lantai 1-5.....	26
Gambar 3.3 Denah Lantai 6-7.....	26
Gambar 3.4 Denah Lantai Atap.....	27
Gambar 3.5 Gambar 3 Dimensi Bangunan.....	27
Gambar 3.6 Bagan Alir Tahapan Penelitian.....	28
Gambar 4.1 Detail Tinggi dan Lebar Rangka.....	33
Gambar 4.2 Detail <i>Space Frame</i> Rangka Rasuk N.....	34
Gambar 4.3 Detail <i>Space Frame</i> Rangka Rasuk X.....	34
Gambar 4.4 Detail <i>Space Frame</i> Rangka Rasuk V.....	34
Gambar 4.5 Kondisi Struktur Rangka Tidak Di- <i>release</i>	34
Gambar 4.6 Kondisi Struktur Rangka Di- <i>release</i> Setiap Batang.....	34

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta



© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Gambar 4.7 Kondisi Struktur Rangka Di-release Setiap 5 Meter.....	34
Gambar 4.8 <i>Material Property Data</i>	35
Gambar 4.9 Nilai Lendutan pada Salah Satu Contoh Pemodelan.....	35
Gambar 4.10 Diagram Gaya Aksial Salah Satu Contoh Pemodelan.....	35
Gambar 4.11 Diagram Momen Salah Satu Contoh Pemodelan.....	35
Gambar 4.12 Nilai Momen Salah Satu Contoh Pemodelan.....	35
Gambar 4.13 Nilai Gaya Tekan Salah Satu Contoh Pemodelan.....	36
Gambar 4.14 Nilai Gaya Tarik Salah Satu Contoh Pemodelan.....	36
Gambar 4.15 Diagram Nilai Gaya Tarik dan Gaya Tekan.....	41
Gambar 4.16 Diagram Nilai Momen.....	41
Gambar 4.17 Grafik Nilai <i>Displacement</i>	41
Gambar 4.18 Grafik <i>Displacement</i> pada Arah Sumbu X dan Arah Sumbu Y.....	45
Gambar 4.19 Grafik Simpangan Antar Lantai.....	46
Gambar 4.20 Tampak Samping <i>Space Frame</i> Bentang 20 Meter.....	47
Gambar 4.21 Tampak Samping <i>Space Frame</i> Bentang 10 Meter.....	47
Gambar 4.22 Penamaan Rangka Horizontal dan Rangka Diagonal.....	48
Gambar 4.23 Hasil <i>Design Check</i> Profil Baja WF yang Digunakan.....	48
Gambar 4.24 Detail Sambungan <i>Space Frame</i> ke Kolom.....	50
Gambar 4.25 Kurva <i>Pushover</i> Arah X.....	51
Gambar 4.26 Kurva <i>Pushover</i> Plot Arah Y.....	51
Gambar 4.27 Letak Sendi Plastis yang Pertama Muncul pada Arah X dan Y.....	54

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta



DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Perhitungan Lentutan Izin Maksimum.....	13
Tabel 2.2 Kategori Risiko Bangunan Gedung dan Nongedung untuk Beban Gempa.....	16
Tabel 2.3 Faktor Keutamaan Gempa.....	17
Tabel 2.4 Klasifikasi Situs Tanah.....	18
Tabel 2.5 Kofisien Situs, F_a	18
Tabel 2.6 Koefisien Situs, F_v	19
Tabel 2.7 Kategori Desain Seismik Berdasarkan Parameter Respons Percepatan pada Periode Pendek.....	19
Tabel 2.8 Kategori Desain Seismik Berdasarkan Parameter Respons Percepatan pada Periode 1 Detik.....	19
Tabel 2.9 Koefisien untuk Batas Atas pada Periode yang Dihitung.....	20
Tabel 2.10 Nilai Parameter Periode Pendekatan C_i dan x	20
Tabel 4.1 Gaya Dalam <i>Space Frame</i> Rangka Rasuk N.....	36
Tabel 4.2 Gaya Dalam <i>Space Frame</i> Rangka Rasuk X.....	37
Tabel 4.3 Gaya Dalam <i>Space Frame</i> Rangka Rasuk V.....	38
Tabel 4.4 Nilai <i>Displacement</i> Rangka Rasuk N.....	39
Tabel 4.5 Nilai <i>Displacement</i> Rangka Rasuk X.....	39
Tabel 4.6 Nilai <i>Displacement</i> Rangka Rasuk V.....	40
Tabel 4.7 Nilai Rata-Rata Gaya Dalam dan <i>Displacement</i>	41
Tabel 4.8 Hasil Uji Kruskal Wallis.....	42
Tabel 4.9 Rekapitulasi <i>Preliminary Design</i>	44
Tabel 4.10 Rekapitulasi Tulangan Balok.....	44
Tabel 4.11 Rekapitulasi Tulangan Kolom.....	45
Tabel 4.12 <i>Displacement</i>	45
Tabel 4.13 Simpangan Antar Lantai.....	46
Tabel 4.14 Rekapitulasi Perhitungan <i>Base Plate</i> dan Sambungan Las.....	49
Tabel 4.15 Hasil <i>Pushover</i> Arah X.....	51
Tabel 4.16 Hasil <i>Pushover</i> Arah Y.....	53

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian , penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Kemajuan arsitektural dan perkembangan teknologi konstruksi berjalan seiring dari perkembangan material yang membawa dampak pada perubahan desain maupun bentuk sebuah bangunan dalam memenuhi fungsi dari suatu bangunan, salah satunya adalah bangunan bentang panjang. Bangunan bentang panjang adalah bangunan dengan bentang luas sehingga memungkinkan penggunaan ruang bebas kolom yang selebar dan sepanjang mungkin (Choiriyani & Lissimia, 2020). Contoh dari bangunan bentang panjang adalah gedung olahraga, pameran, auditorium, dan gedung-gedung serupa. Maka, perencanaan balok bentang panjang perlu diberi perhatian lebih detail, baik perhitungan struktur maupun pemilihan materialnya.

Perancangan struktur bangunan bentang panjang sebagai bangunan tahan gempa merupakan tahapan yang penting sehingga struktur harus direncanakan dengan baik agar mampu menahan beban yang direncanakan (Bastian, 2017). Perencanaannya harus mempertimbangkan kekuatan dengan tetap mematuhi peraturan-peraturan yang berlaku di mana lokasi gedung tersebut akan berdiri (Pamungkas & Harianti, 2018). Dalam merancang struktur bangunan bentang panjang sebagai bangunan tahan gempa, syarat mutlak yang harus dipertimbangkan adalah struktur bangunan tidak runtuh dan menimbulkan korban jiwa (Aji et al., 2022).

Hal yang menjadi tantangan dalam pemilihan material struktur bangunan bentang panjang adalah tidak dapat menggunakan beton bertulang dikarenakan kemampuannya yang sangat terbatas untuk bentang panjang (Propika & Istiono, 2017). Semakin panjang bentang balok, maka dimensi penampang akan semakin besar dan semakin berkurang pula kekakuannya (Prayuda et al., 2018). Kuat tarik beton hanya 7-15% dari kuat tekannya dan dimensi penampang yang besar akan menjadi beban mati yang tidak bermanfaat (Liao et al., 2020). Oleh karena itu, beton bertulang tidak dapat digunakan dan dibutuhkan penggunaan material lain sebagai solusi dalam perencanaan struktur bangunan bentang panjang.

Dibandingkan dengan balok yang terbuat dari semen, balok yang terbuat dari baja memiliki kelebihan yaitu berat yang ringan, kekakuan struktural yang tinggi dan kecepatan proses konstruksi (LV dalam Yin et al., 2022). Struktur *space frame*



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

merupakan struktur yang terdiri dari pola-pola segitiga yang biasanya terbuat dari material baja dan dapat diaplikasikan pada bentang panjang (Bors, 2019). Perencanaan bangunan bentang panjang dengan struktur *space frame* terbukti cocok karena kekakuan strukturnya didukung oleh setiap batang elemen struktur (Rasyidin, 2019). Kinerja struktur *space frame* pada bangunan berbentuk panjang sudah terbukti dengan telah terdirinya beberapa bangunan, seperti bangunan Stansted Airport di London, Bank of China Tower, Roger Centre di Toronto, dll. Oleh karena itu, *space frame* dapat menjadi solusi alternatif dalam permasalahan perencanaan balok bentang panjang. *Space frame* dapat terdiri dari beberapa bentuk model rangka.

Berdasarkan latar belakang tersebut, diperlukan analisis lebih mendalam mengenai perencanaan *space frame* pada salah satu elemen dari bangunan bentang panjang, yaitu balok bentang panjang. Struktur beton bertulang yang penggunaannya cukup populer tidak dapat digunakan pada balok bentang panjang sehingga dicari alternatif sistem struktur lain. Hingga saat ini, belum ada penelitian mengenai penggunaan *space frame* pada balok bentang panjang. Penelitian ini bertujuan untuk merencanakan struktur bangunan dengan balok bentang panjang menggunakan sistem *space frame* dan menganalisis kinerja struktur bangunan tersebut. Perencanaan struktur dilakukan berdasarkan peraturan SNI 1727:2020, SNI 1726:2019, dan SNI 2847:2019.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan identifikasi masalah tersebut, maka perumusan masalah mengenai penelitian ini meliputi:

1. Bagaimana nilai gaya dalam pada beberapa model struktur *space frame* sebagai pengganti balok bentang panjang?
2. Bagaimana model struktur *space frame* yang paling efisien sebagai pengganti balok bentang panjang?
3. Bagaimana hasil rancangan dan detailing struktur *space frame* sebagai pengganti balok bentang panjang?
4. Bagaimana taraf kinerja struktur bangunan yang menggunakan struktur *space frame* sebagai pengganti balok bentang panjang?
5. Bagaimana pola kegagalan bangunan tahan gempa dengan struktur *space frame* sebagai pengganti balok bentang panjang?



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

1.3 Tujuan Penelitian

1. Mendapatkan nilai gaya dalam pada beberapa model struktur *space frame* sebagai pengganti balok bentang panjang.
2. Mendapatkan bentuk model struktur *space frame* yang paling efisien sebagai pengganti balok bentang panjang.
3. Mendapatkan dimensi profil rangka *space frame* dan detailing sambungan kolom dan *space frame* sebagai pengganti balok bentang panjang.
4. Menganalisis taraf kinerja struktur bangunan yang menggunakan struktur *space frame* sebagai pengganti balok bentang panjang.
5. Menganalisis pola kegagalan bangunan tahan gempa dengan struktur *space frame* sebagai pengganti balok bentang panjang.

1.4 Batasan Masalah

1. Perancangan struktur hanya menganalisis struktur atas bangunan.
2. *Space frame* hanya digunakan pada balok bentang panjang.
3. Gambar detailing hanya pada sambungan *space frame* ke kolom.
4. Tidak menghitung dan menggambar detailing sambungan elemen *space frame*.
5. Kolom yang digunakan merupakan kolom beton bertulang.
6. Sistem struktur yang digunakan sistem rangka pemikul momen.

1.5 Sistematika Penulisan

Sistematika penulisan yang penulis gunakan dalam menyusun skrip ini sebagai berikut :

- BAB I Pendahuluan
Bab ini berisi tentang latar belakang dilakukannya penelitian, identifikasi masalah, rumusan masalah, tujuan penelitian, dan sistematika dalam penulisan penelitian.
- BAB II Tinjauan Pustaka
Bab ini menguraikan dasar-dasar teori yang menjadi acuan, penelitian terdahulu, juga perbedaan penelitian dengan penelitian terdahulu.
- BAB III Metode Penelitian



© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian , penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

Bab ini menjelaskan tentang objek penelitian yang dipilih, pengumpulan data alat yang digunakan dalam proses penelitian, rancangan penelitian, dan tahapan penelitian.

- BAB IV Data dan Pembahasan

Bab ini menjelaskan data-data yang digunakan dalam penelitian dan kajian dari data, serta pembahasan dari hasil analisis dan pengujian yang didapatkan.

- BAB V Penutup

Bab ini berisi kesimpulan hasil penelitian yang dilakukan dan saran untuk penelitian selanjutnya.



BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, dapat disimpulkan beberapa hal sebagai berikut :

1. Dari hasil pemodelan 3 rangka *space frame* dengan total 27 pemodelan, didapatkan nilai gaya dalam rata-rata pada setiap model. Nilai gaya dalam pada rangka *space frame* model rangka rasuk X sebesar 134,552 kN untuk gaya tekan, 136,031 kN untuk gaya tarik, 42,533 mm untuk *displacement*, dan 0,7059 kNm untuk momen. Nilai gaya dalam pada rangka *space frame* model rangka rasuk N sebesar 177,877 kN untuk gaya tekan, 176,928 kN untuk gaya tarik, 53,047 mm untuk *displacement*, dan 1,1414 kNm untuk momen. Nilai gaya dalam pada rangka *space frame* model rangka rasuk V sebesar 146,998 kN untuk gaya tekan, 145,594 kN untuk gaya tarik, 45,219 mm untuk *displacement*, dan 0,9132 kNm untuk momen.
2. Nilai gaya dalam rata-rata terkecil didapatkan pada rangka *space frame* model rasuk X. Uji Kruskal Wallis menunjukkan bahwa terdapat perbedaan yang signifikan pada nilai gaya tekan, gaya tarik, dan *displacement* terhadap kedua model rangka lainnya. Sedangkan, tidak terdapat perbedaan yang signifikan pada nilai momen. Sehingga, *space frame* model rangka rasuk X merupakan model yang paling efisien untuk digunakan.
3. Berdasarkan proses *trial and error* pada penelitian ini, didapatkan ukuran profil baja WF 200x150x6x9 untuk *space frame* profil horizontal dan profil baja WF WF 150x75x5x7 untuk *space frame* profil diagonal. Sambungan *space frame* ke kolom digunakan sambungan momen dengan *base plate* setebal 25 mm ukuran 350x350 mm, sambungan las E70 setebal 10 mm pada *flange* dan *web*, dan 8 buah angkur ASTM F1554 *grade* 105 diameter 30 mm.
4. Hasil taraf kinerja struktur bangunan yang menggunakan *space frame* pada balok bentang dengan ukuran kolom 800x800mm dan balok 400x600 mm



menunjukkan bahwa lokasi sendi plastis pertama kali terjadi pada kolom dengan kinerja CP (*collapse prevention*).

5. Pola kegagalan bangunan tahan gempa yang menggunakan balok *space frame* sebagai balok bentang panjang termasuk ke dalam kategori “*column sway mechanism*” karena sendi plastis pertama kali terjadi pada kolom.

5.2. Saran

Dari penelitian ini, penulis dapat memberi saran untuk penelitian selanjutnya yaitu :

1. Untuk perbandingan model rangka *space frame*, perlu dilakukan penelitian yang juga memperhitungkan ukuran profil baja yang digunakan. Sehingga, didapatkan hasil ukuran yang akurat ketika *space frame* difungsikan sebagai balok bentang panjang dalam bangunan.
2. Dapat dilakukan optimasi desain pada kolom dan balok sehingga pola kegagalan mencapai syarat “*strong column weak beam*”.

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta



DAFTAR PUSTAKA

- AISC. (2016). AISC 360-16 Specification for Structural Steel Buildings. In *Gaussian, Inc.: Wallingford, CT* (Issue 1).
- Aji, H. S., Rosyidah, A., & Saputra, J. (2022). The Effect of Variation of Shear Walls Placement on The Response of Building Structure Using The Direct Displacement-Based Design Method. *SINERGI*, 26(2), 201. <https://doi.org/10.22441/sinergi.2022.2.009>
- Alhassan, M., & Bartrina, G. (2018). Reinforcing Civil Engineering Curricula With Courses Including Project-Based Software Applications. *INTED2018 Proceedings*, 1(March), 1923–1932. <https://doi.org/10.21125/inted.2018.0344>
- Applied Technology Council. (1996). *Seismic Evaluation and Retrofit of Concrete*.
- Arthur, S., Saitoh, M., & Pal, S. K. (2020). *Lecture Notes in Civil Engineering Advances in Civil Engineering*. [https://doi.org/https://doi.org/10.1007/978-3-031-12011-4](https://doi.org/10.1007/978-3-031-12011-4)
- Badan Standardisasi Nasional. (2019a). *SNI 1726:2019 Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Struktur Bangunan Gedung dan Nongedung*.
- Badan Standardisasi Nasional. (2019b). *SNI 2847:2019 Persyaratan Beton Struktural untuk Bangunan Gedung dan Penjelasan*.
- Badan Standardisasi Nasional. (2020a). *SNI 1727:2020 Beban Desain Minimum dan Kriteria Terkait untuk Bangunan Gedung dan Struktur Lain*.
- Badan Standardisasi Nasional. (2020b). *SNI 1729:2020 Spesifikasi untuk Bangunan Gedung Baja Struktural*.
- Badan Standardisasi Nasional. (2020c). *SNI 7860:2020 Ketentuan Seismik Untuk Bangunan Gedung Baja Struktural*. *Badan Standardisasi Nasional*, 8, 1–336.
- Badan Standardisasi Nasional. (2020). *SNI 7972 : 2020 Sambungan Terpraktualifikasi untuk Rangka Momen Khusus*. *Standar Nasional Indonesia*, 8.
- Bastian, E. (2017). Pengaruh Perbandingan Panjang Bentang Geser dan Tinggi Efektif pada Balok Bertulang. *Jurnal MENARA Ilmu*, XI(76), 55–59.
- Bors, D. A. (2019). *Tensional Space Frame Structure*.
- Chen, C. H., Zhu, Y. F., Yao, Y., Huang, Y., & Long, X. (2016). An evaluation method to predict progressive collapse resistance of steel frame structures. *Journal of Constructional Steel Research*, 122, 238–250. <https://doi.org/10.1016/j.jcsr.2016.03.024>

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

- Choi, Y. C., Choi, D. S., Park, K. S., & Lee, K. S. (2020). Flexural performance evaluation of novel wide long-span composite beams used to construct lower parking structures. *Sustainability (Switzerland)*, *12*(1), 1–20. <https://doi.org/10.3390/SU12010098>
- Choiriyani, Y., & Lissimia, F. (2020). Kajian Arsitektur Futuristik pada Stasiun Tanjung Priuk dan Theater Jakarta Taman Ismail Marzuki. *Jurnal Arsitektur PURWARUPA*, *04*(1), 39–46.
- Fitri Nabhilla, R., & Hayu, G. A. (2020). Analisis Perilaku Struktur Perkantoran Tahan Gempa Menggunakan Metode Pushover Analysis. *Jurnal Teknik Sipil*, *6*(2), 141–154. <https://doi.org/10.31849/siklus.v6i2.4899>
- François, M. L. M., Chen, L., & Coret, M. (2017). Elasticity and symmetry of triangular lattice materials. *International Journal of Solids and Structures*, *129*, 18–27. <https://doi.org/10.1016/j.ijsolstr.2017.09.019>
- Fuad, F., Tata, A., & Imran. (2020). Analisis Struktur Atap Rangka Ruang Space Truss. *Jurnal Sipil Sains*, *10*(1), 53–62.
- Goetz, E. (2016). *Long Span, Short Span*.
- Guo, H., Liu, R., & Dengc, Z. (2011). Mechanics analysis of beam-like space deployable truss mast. *Advanced Materials Research*, *217–218*, 717–722. <https://doi.org/10.4028/www.scientific.net/AMR.217-218.717>
- Haji, M., Azarhomayun, F., & Azad, A. R. G. (2021). Numerical investigation of truss-shaped braces in eccentrically braced steel frames. *Magazine of Civil Engineering*, *102*(2). <https://doi.org/10.34910/MCE.102.8>
- Hidayat, R. (2020). *Studi Analisis Struktur Space Frame Double Layer Barrel Vaults dan Flat Cover*. Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
- Husada, G., & Tanamal, K. T. (2012). Kajian Pengaruh Kemiringan Rangka Batang Rasuk Paralel Terhadap Lendutan. *Jurnal Teknik Sipil*, *8*(2), 112–122.
- Hutama, B. P. (2021). Evaluasi Kinerja Bangunan Rumah Sakit Santa Maria Pemalang dengan Non-linier Static Pushover Analysis Metode ATC-40 dan FEMA 440. *INERSIA*, *17*(2), 118–129. <https://doi.org/10.21831/inersia.v17i2.25511>
- Komendera, E., & Correll, N. (2015). Precise assembly of 3D truss structures using MLE-based error prediction and correction. *International Journal of Robotics Research*, *34*(13), 1622–1644. <https://doi.org/10.1177/0278364915596588>
- Lan, T. T. (1999). *Space Frame Structures*. CRC Press LLC.
- Li, P., Ning, H., Yan, J., Xu, B., & Li, H. (2022). Design and Mechanical Characterisation of a Large Truss Structure for Continuous Manufacturing in Space. *Materials*, *15*(17), 1–14. <https://doi.org/10.3390/ma15176025>



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

- Liao, W. C., Chen, P. S., Hung, C. W., & Wagh, S. K. (2020). An Innovative Test Method for Tensile Strength of Concrete by Applying The Strut-and-Tie Methodology. *Materials*, 13(12), 1–20. <https://doi.org/10.3390/ma13122776>
- Lu, J., Liu, H., & Chen, Z. (2018). Behavior of welded hollow spherical joints after exposure to ISO-834 standard fire. *Journal of Constructional Steel Research*, 140, 108–124. <https://doi.org/10.1016/j.jcsr.2017.10.026>
- Lucassen, M. (2022). *Influence of the modelling of truss joints of hollow tube sections in finite element models*. February.
- Malekzadeh, M., & Shayanfar, M. (2022). Numerical Study on Seismic Behavior of Flexural Frames with Semi-Rigid Welded Steel Connections Considering Static and Reciprocating Loads: A Performance-Based Earthquake Approach. *Applied Sciences (Switzerland)*, 12(15). <https://doi.org/10.3390/app12157617>
- Mamesah, H. Y., Wallah, S. E., & Windah, R. S. (2014). Analisis Pushover Pada Bangunan dengan Soft First Story. *Jurnal Sipil Statik*, 2(4), 214–224.
- Manalip, S. H., Windah, R. S., & Dapas, S. O. (2014). Analisis Pushover pada Struktur Gedung Bertingkat Tipe Podium. *Jurnal Sipil Statik*, 2(4), 201–213.
- Maxineasa, S. G., Isopescu, D. N., Baciuc, I. R., Tamas, F., Tuns, I., & Muntean, R. (2020). Environmental performances of long-span beams. *Environmental Engineering and Management Journal*, 19(7), 947–955. <https://doi.org/10.30638/eemj.2020.089>
- Nofrianto, I., Kurniawandy, A., & Romey, I. (2020). *PERBANDINGAN ANTARA SISTEM RANGKA BATANG BIDANG (PLANE TRUSS) DENGAN SISTEM RANGKA RUANG (SPACE TRUSS) PADA PERENCANAAN STRUKTUR ATAP STADION UTAMA RIAU*.
- Noviana, M., Thamrin, N. H., & Leores, M. A. (2022). Penerapan Struktur Bentang Lebar pada Redesain Sasana Lembu Swana Boxing di Tenggaraong. *Jurnal Kreatif: Desain Produk Industri Dan Arsitektur*, 10(2), 13. <https://doi.org/10.46964/jkdpia.v10i2.276>
- Olanrewaju, O. I., Chileshe, N., Babarinde, S. A., & Sandanayake, M. (2020). Investigating the barriers to building information modeling (BIM) implementation within the Nigerian construction industry. *Engineering, Construction and Architectural Management*, 27(10), 2931–2958. <https://doi.org/10.1108/ECAM-01-2020-0042>
- Pamungkas, A., & Harianti, E. (2018). *Struktur Beton Bertulang Tahan Gempa* (Giovanny, Ed.; I). CV Andi Offset.
- Pierre, A. J., & Hidayat, I. (2020). Seismic performance of reinforced concrete structures with pushover analysis. *IOP Conference Series: Earth and*



Environmental Science, 426(1). <https://doi.org/10.1088/1755-1315/426/1/012045>

- Prayuda, H., Saleh, F., & Istiawan, I. (2018). Studi Numerik Pengaruh Ukuran Penampang, Rasio Tulangan Lentur dan Jarak Tulangan Geser Terhadap Kekakuan Balok Beton Bertulang Menggunakan Program Response 2000. *Semesta Teknika*, 21(1), 18–32. <https://doi.org/10.18196/st.211207>
- Propika, J., & Istiono, H. (2017). Modifikasi Struktur Gedung Hotel Fave Surabaya dengan Sistem Balok Prategang. *Seminar Nasional Sains Dan Teknologi Terapan V*, 109–114.
- Rasyidin. (2019). Space Structure System. *Journal of Applied Engineering Scinties*, 2(1), 20–35. <https://ojs-ft.ekasakti.org/index.php/JAES/>
- Rosyidah, A., Widiana Putra, J., & Saputra, J. (2022). Chemical Anchor Pullout Force Modeling with Variation of Anchor Embedment Length in Concrete and Concrete Strength. *Journal of the Civil Engineering Forum*, 8(September), 277–290. <https://doi.org/10.22146/jcef.3769>
- Saudi, S., Hamdy, M. A., & Idris, S. (2019). Penerapan Struktur Space Frame Pada Bangunan Terminal Angkutan Darat Kota Palopo. *Jurnal Arsitektur Sulapa*, 1(1), 32–43. <http://atapkubah.com/struktur-rangka-space-frame>
- Shehu, R. (2021). Implementation of pushover analysis for seismic assessment of masonry towers: Issues and practical recommendations. *Buildings*, 11(2), 1–21. <https://doi.org/10.3390/buildings11020071>
- Simanjuntak, P. (2020). Evaluasi Kerusakan Bangunan Akibat Gempa Di Indonesia. *Jurnal Rekayasa Teknik Sipil Dan Lingkungan - CENTECH*, 1(1), 44–53. <https://doi.org/10.33541/cen.v1i1.1425>
- Sugiyono. (2007). *Statistik untuk Penelitian*. Alfabeta.
- Yin, Z., Wang, J., Wang, T., & Zhu, D. (2022). Optimum design of the long-span continuous steel truss rail beams of straddle monorails. *The Journal of Engineering*, 2022(12), 1149–1161. <https://doi.org/10.1049/tje2.12195>
- Zhu, W. D., & He, K. (2013). Detection of damage in space frame structures with L-shaped beams and bolted joints using changes in natural frequencies. *Journal of Vibration and Acoustics, Transactions of the ASME*, 135(5). <https://doi.org/10.1115/1.4024393>

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta