

Perencanaan Bangunan Gudang dengan Struktur Baja Pada Tanah Lunak

Ashfa Taqiya¹, Isnah Nur Aenin², Antonius³, Lisa Fitriyana⁴

^{1, 2, 3, 4} Universitas Islam Sultan Agung

^{1, 2, 3, 4} Jalan Kaligawe Raya KM., 04, Terboyo Kulon, Kec. Genuk, Kota Semarang, Jawa Tengah

¹ashfataqiya@std.unissula.ac.id

Abstrak – Pengembangan pasar retail yang ada diberbagai kota di Indonesia membutuhkan suatu bangunan guna menyimpan barang sebelum didistribusikan ke konsumen, bangunan ini dikenal dengan nama bangunan gudang penyimpanan khusus. Gudang ini menggunakan struktur utama material baja karena baja memiliki sifat yang mampu layan, awet, pengerjaan mudah serta ringan dibandingkan material lainnya, sehingga menguntungkan jika dibangun di atas tanah lunak. Perencanaan gudang ini didasari SNI 1729:2020, SNI 1727:2020, SNI 1726:2019, serta SNI 2847:2019. Analisis struktur atas menggunakan software SAP2000v20 dan analisa struktur bawah khususnya settlement menggunakan software Allpile serta kontrol menggunakan perhitungan manual. Gudang ini merupakan Sistem Rangka Baja Pemikul Momen Biasa. Hasil dari perencanaan gudang ini yaitu atap lengkung (profil baja pipa 4 inchi) dan truss atap lengkung (profil baja pipa 2 inchi), gording (C 150 x 75 x 9 x 12,5), balok (I/WF 400 x 200 x 8 x 13), kolom (I/WF 400 x 400 x 13 x 21) dengan mutu baja ASTM A36/36M. Settlement fondasi pada beban 446,024 kN sebesar 0,465 cm dengan jenis single pile diameter 500 mm.

Kata kunci: Perencanaan Gudang, Struktur Baja, Tanah Lunak, Sistem Rangka Baja Pemikul Momen Biasa, SAP2000v20, Allpile

Abstract – The development of retail markets in various cities in Indonesia requires a building to storage the products before distributed to consumers, this building is known as a special storage warehouse building. This warehouse using the main structure of steel material because steel has properties that are serviceable, durable, easy to work and lightweight compared to other materials, so it is advantageous if it is built on soft soil. This design of warehouse is based on SNI 1729:2020, SNI 1727:2020, SNI 1726:2019, and SNI 2847:2019. Upper structure analysis using SAP2000v20 software and lower structure analysis especially the settlement using Allpile software and controlling using manual calculations. This shed is an Ordinary Moment Resistant Steel Frame System. The results of this design warehouse are a curved roof (4 inchies steel pipe profile) and curved roof truss (2 inchies steel pipe profile), curtains (C 150 x 75 x 9 x 12,5), beams (400 x 200 x 8 x 13) and coloumns (400 x 400 x 13 x 21) with ASTMA36/36M steel grade. The foundation settlement at a load of 446,024 kN is 0,465 cm with a single pile type diameters of 500 mm.

Key words: Design of Warehouse, Steel Structure, Soft Soil, Ordinary Moment Resistant Steel Frame System, SAP2000v20, Allpile

I. PENDAHULUAN

Pengembangan infrastruktur bangunan di Indonesia semakin hari semakin meningkat. Pengaruh pentingnya suatu infrastruktur bangunan bagi manusia didasarkan pada kebutuhan berbagai macam kegiatan dalam menopang kehidupan sehari-hari. Agar didapatkan suatu infrastruktur bangunan yang efisien perlu adanya perencanaan yang matang, stabil, mampu layan, kuat, awet dan pengerjaan yang mudah. Langkah utama dalam perencanaan ini yaitu pemilihan jenis material. Jenis material yang digunakan dalam dunia konstruksi antara lain, baja, beton bertulang serta kayu. Material baja saat ini banyak diminati pengembang infrastruktur karena sifatnya yang memiliki kekuatan tinggi dapat mengurangi ukuran struktur serta mengurangi berat sendiri dari struktur sehingga dapat menguntungkan jika dibangun di atas tanah lunak. Dalam tugas akhir ini, dilakukan perencanaan bangunan gudang dengan struktur baja pada tanah lunak dengan menggunakan software SAP2000v20 pada struktur atas, dan menggunakan software Allpile untuk struktur bawah khususnya pada settlement serta dilakukan kontrol menggunakan perhitungan manual yang didasarkan pada SNI 1729:2020, SNI 1727:2020, SNI 1726:2019 serta SNI 2847:2019.

II. TINJAUAN PUSTAKA/ LANDASAN TEORI

A. Material Baja

Material baja merupakan bahan konstruksi yang sering digunakan dan terus berkembang setelah material beton. Material yang berbahan dasar logam ini memiliki banyak keuntungan, khususnya kekuatan dan pelaksanaan pengerjaannya sehingga banyak diminati untuk bahan konstruksi baik struktur bangunan maupun jembatan.

Karakteristik mekanis materiil baja struktural yang diperlukan dalam setiap perencanaan bangunan yaitu meliputi tegangan leleh, tegangan putus (tegangan ultimit), modulus elastisitas, modulus geser, nisbah Poisson, serta koefisien pemuaian.

B. Persyaratan Peraturan Gempa SNI 1726:2019

Resiko gempa maksimum MCE_R dapat diambil berdasarkan periode ulang sekitar 2.500 tahun ataupun dengan menggunakan ekuivalen gempa yang kemungkinannya terlampaui besarnya sejauh umur struktur tersebut pada 50 tahun yaitu sebesar 2 %. Dengan menghasilkan nilai parameter percepatan, koefisien situs, percepatan parameter desain, berat seismik efektif serta geser dasar seismik.

C. Konsep Perencanaan

Perhitungan Pembebanan

Proses dalam menentukan suatu permodelan pembebanan sangat penting bagi suatu desain struktur. Hal ini, sangat berpengaruh terhadap suatu perhitungannya dan hasil gaya dalam bidang (MDN). Oleh karena itu, dalam menganalisa desain suatu struktur perlu adanya gambaran yang jelas dan mendetail mengenai perilaku dan besar beban yang bekerja pada suatu struktur bangunan. Kombinasi pembebanan terfaktor yang dipakai berdasarkan SNI 2847:2019 adalah sebagai berikut:

1. $1,4 D$
2. $1,2 D + 1,6L + 0,5 (L_r \text{ atau } R)$
3. $1,2 D + 1,6 (L_r \text{ atau } R) + (L \text{ atau } 0,5W)$
4. $1,24 D + 1,0 W + L + 0,5 (L_r \text{ atau } R)$
5. $0,9 D + 1,0 W$

Keterangan:

- D = Beban Mati
 L = Baban Hidup
 L_r = Beban Hidup Atap
 W = Beban Angin
 E = Beban Gempa

Perhitungan Batang Tekan

Batang tekan (*compression member*) merupakan elemen struktur yang mendukung gaya tekan aksial, seperti kolom yang telah disesuaikan pada SNI 1729:2020 tentang Spesifikasi untuk Bangunan Gedung Baja Struktural.

Perhitungan Batang Lentur

Batang lentur merupakan elemen struktur yang berfungsi untuk menahan gaya dalam akibat beban luar berupa momen lentur secara dominan, seperti balok yang telah disesuaikan pada SNI 1729:2020 tentang Spesifikasi untuk Bangunan Gedung Baja Struktural.

III. METODE PENELITIAN/EKSPERIMEN

Lokasi dan Waktu Perencanaan

Perencanaan bangunan ini berlokasi di Kota Medan khususnya daerah Pelabuhan Belawan. Perencanaan ini dimulai dari bulan April sampai bulan Juli 2021 dengan bantuan referensi yang mendukung tentang perencanaan struktur atas dan struktur bawah. Serta standar perencanaan Standar Nasional Indonesia (SNI) sebagai acuan untuk ketentuan struktur baja.

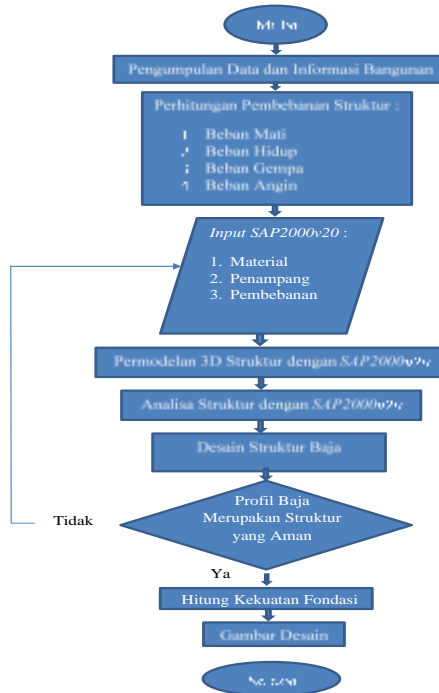
Data Umum

Panjang Gudang	: 138 m
Bentang Gudang	: 31 m
Luas Gudang	: 4.278 m ²
Tinggi Gudang	: 8 m
Tinggi Atap	: 1,2 m
Tinggi + Atap	: 9,2 m
Jarak Antar Gording	: 6 m
Kemiringan Atap	: 10 ⁰
Jenis Tanah	: SE (Tanah Lunak)
Fungsi Gudang	: Gudang Penyimpanan Khusus
Jumlah Lantai	: 1 Lantai

Data Teknis

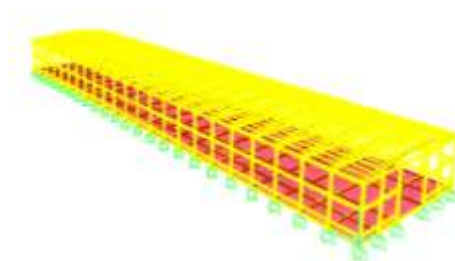
Sifat Mekanis Baja	Sifat Mekanis Beton
Modulus Elastisitas (E) : 200.000 MPa	Modulus Elastisitas (E) : $4.700 \sqrt{f'_c}$ MPa
Modulus Geser (G) : 80.000 MPa	Modulus Geser (G) : $1,1 \times 10^7$ kN/m ²
Angka Poisson (μ) : 0,3	Angka Poisson (μ) : 0,2
Koef. Pemuaian (α) : $12 \times 10^{-6}/^\circ C$	

Mutu Bahan
 Baja ASTM A36/36M, f_u : 400 MPa
 f_y : 250 MPa
 Beton, f'_c : 29,1 MPa., 41,5 MPa
Diagram Alir Perencanaan



Gambar 1. Diagram Alir (Flow Chart) Perencanaan Struktur Gudang

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN
Permodelan Struktur



Gambar 2. Permodelan Struktur 3D Tampak Samping (Sumber: Hasil Analisa SAP2000v20, 2021)

Perencanaan Atap

Atap Lengkung

Gaya Tarik Maksimum Pipa 4 in. = 418,50 kN = 42675 Kg (Output SAP2000v20)

Gaya Tekan Maksimum Pipa 4 in. = 459,31 kN = 46837 Kg (Output SAP2000v20)



Gambar 3. Data Properties Pipa 4 in.

Truss

Gaya Tarik Maksimum Pipa 2 in. = 147,38 kN = 15028 Kg (*Output SAP2000v20*)
 Gaya Tekan Maksimum Pipa 2 in. = 152,30 kN = 15530 Kg (*Output SAP2000v20*)



Gambar 4. Data Properties Pipa 2 in.

Tabel 1. Kontrol Perhitungan Manual

Jenis Profil	Gaya Tarik Max (Pu)	Gaya Tekan Max (Pu)	Analisa Batang Tarik								Analisa Batang Tekan					
			Kelangsingan Elemen Penampang			Kelangsingan Komponen Struktur		Batas Leleh		Batas Putus		Kelangsingan Komponen Struktur		Faktor Tekuk	Kekuatan Tekan Nominal	
			Syarat $\lambda < \lambda_r$			Syarat $L/D \leq 500$		Syarat $P_u < \phi P_n$		Syarat $P_u < \phi P_n$		$\lambda \leq 20$	$\lambda_c \leq 1$		Syarat $P_u < \phi P_n$	
			Kg	Kg	λ	λ_r	Ket.	L/D	Ket.	ϕP_n	Ket.	ϕP_n	Ket.	λ	λ_c	Kg/cm2
PIPA 4 in.	42675.568	46837.253	19.03	248	KOMPAK	7.02	OK	184500	OK	221400	OK	16.06	0.18	2465.90	181983.42	OK
PIPA 2 in.	15028.534	15530.253	15.92	248	KOMPAK	13.27	OK	92250	OK	110700	OK	32.13	0.36	2367.28	87352.91	OK

Gording



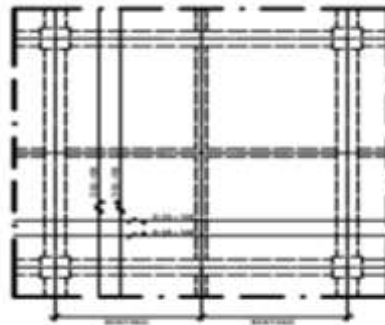
Gambar 5. Data Properties Gording

$$\begin{aligned}
 A &= 150 \text{ mm} & \frac{M_u}{\phi M_n} &< 1,0 \\
 B &= 75 \text{ mm} & \frac{6,85}{0,9 \times 35} &< 1,0 \\
 t_w &= 9 \text{ mm} & 0,2 &< 1,0 \text{ [AMAN]} \\
 t_f &= 12,5 \text{ mm} \\
 A_g &= 30,59 \text{ cm}^2 = 3059 \text{ mm}^2 \\
 Z_x &= 140 \text{ cm}^3 = 140000 \text{ mm}^3 \\
 L &= 6000 \text{ mm} \\
 M_n &= f_y \times Z_x & M_u &< \phi M_n \\
 &= 250 \times 140000 & 6,85 \text{ kN} &< 0,9 \cdot 35 \\
 &= 35 \times 10^6 \text{ N.mm} & 6,85 \text{ kN} &< 31,5 \text{ kN [AMAN]} \\
 &= 35 \text{ kN.m} \\
 f_{ijin} &= 1/360 \times \text{Jarak kuda-kuda} \\
 &= 1/360 \times 6000 \\
 &= 16,6 \text{ mm} \\
 &= 0,016 \text{ m} \\
 f &< f_{ijin}, \quad 1,2 \times 10^{-6} < 0,016 \text{ [OK]}
 \end{aligned}$$

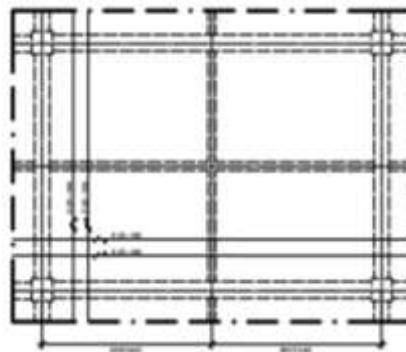
$$\begin{aligned}
 f &= \frac{5 \times q \times x \times (\frac{x}{2})^2}{384 \times E \times I_y} + \frac{P \times x \times (\frac{x}{2})^2}{48 \times E \times I_y} \\
 f &= \frac{5 \times 0,056 \times (\frac{6}{2})^2}{384 \times 200 \times 147} + \frac{0,166 \times (\frac{6}{2})^2}{48 \times 200 \times 147} \\
 &= 1,28 \times 10^{-7} \text{ m} \\
 &= 1,2 \times 10^{-6} \text{ mm}
 \end{aligned}$$

Perencanaan Pelat Lantai

- Mutu Baja Tulangan, f_y = 240 MPa
- Mutu Beton, f'_c = 41,5 MPa
- Tebal Pelat, h = 200 mm
- Tebal Selimut Beton, p = 10 mm
- Tulangan yang digunakan, D = D-25
- Tinggi Efektif Arah X, d_x = $h - p - D/2 = 177,5$ mm
- Tinggi Efektif Arah Y, d_y = $h - p - D - D/2 = 152,5$ mm



Gambar 6. Sketsa Penulangan Pelat Lantai Type 5,5 m x 6 m



Gambar 7. Sketsa Penulangan Pelat Lantai Type 9 m x 6 m

Perencanaan Kolom



Gambar 8. Data Properties Kolom

Tabel 2. Kontrol Perhitungan Manual

Jenis Profil	Klasifikasi Penampang				Teg. Krisis Tekuk-Lentur		Teg. Krisis Tekuk-Puntir		Tekan Nominal		Kuat Lentur Penampang Kondisi Plastis Maksimum				Klasifikasi Profil				Batas Leleh				Kondisi LTB/ Torsi-Lateral				Kuat Lentur Balok				Batasan Penikul Momen Lentur dan Aksial			
	Elemen Sayap $\lambda < \lambda_r$ [NonLangsing]		Elemen Badan $\lambda < \lambda_r$ [NonLangsing]		F_e	F_{cr}	F_e	F_{cr}	P_n	P_c	$M_n = M_p$	λ_{pf}	λ_{rf}	λ_{pw}	λ_{rw}	$M_n = M_p$	L_p	L_r	L_b	C_b	$M_n = M_p$	M_c	P_r	P_c	M_{rx}	M_{ry}								
	λ	λ_r	λ	λ_r	(Mpa)	(Mpa)	(Mpa)	(Mpa)	(kN)	(kN)	(kN.m)	$\lambda_{pf} < \lambda_{rf}$ [KOMPAK]	$\lambda_{pw} < \lambda_{rw}$ [KOMPAK]	(kN.m)	(kN.m)	(kN.m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(kN.m)	(kN.m)	(kN)	(kN)	(kN.m)	(kN.m)								
IWF 400 x 400 x 13 x 21	9.52	15.84	27.53	42.14	3902	243.38	602.27	210.13	4595.5	4136	900	10.75	28.28	106.35	161.22	900	5.03	25.3	1.75	1.41	900	810	107.4	4136	158.3	810								

Perencanaan Balok

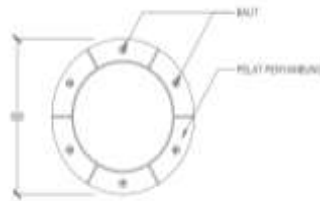


Gambar 9. Data Properties Balok

Tabel 2. Kontrol Perhitungan Manual

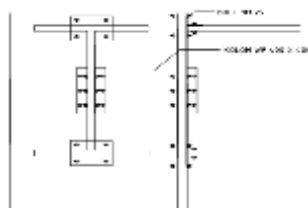
Jenis Profil	Klasifikasi Penampang						Kondisi Leleh	Kondisi LTB/Tekuk Torsi Lateral					Displasment			Analisa Kuat Geser					
	Elemen Sayap $\lambda < \lambda_p \leq \lambda_r$ [KOMPAK]			Elemen Batang $\lambda < \lambda_p \leq \lambda_r$ [KOMPAK]				$M_n = M_p$	L_p	L_r	L_b	C_b	$M_n = M_p$	ϕM_n	$\phi M_n \geq M_u$	Lendutan Beban Luar	Lendutan Ijin	Ket.	V_n	ϕV_n	V_u
	λ	λ_p	λ_r	λ	λ_p	λ_r	(kN.m)	(m)	(m)	(m)		(kN.m)	(kN.m)					(kN)	(kN)	(kN)	
I/WF 400 x 200 x 8 x 13	7.69	10.74	28.28	46.75	106.34	161.22	309	2.2	12.13	2.75	2.2	139	600.3	OK	0.002	0.015	OK	698.1	698.1	43.039	OK

Desain Sambungan Sambungan Baut PSR



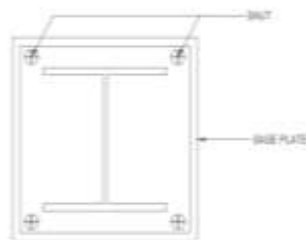
Gambar 10. Desain Sambungan Baut PSR

Sambungan Kolom-Balok



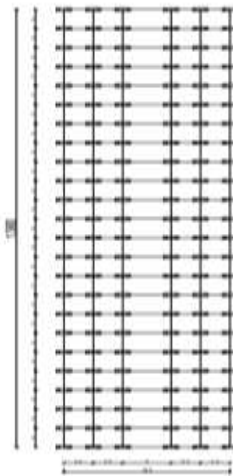
Gambar 11. Desain Kolom-Balok

Sambungan Kolom-Base Plate



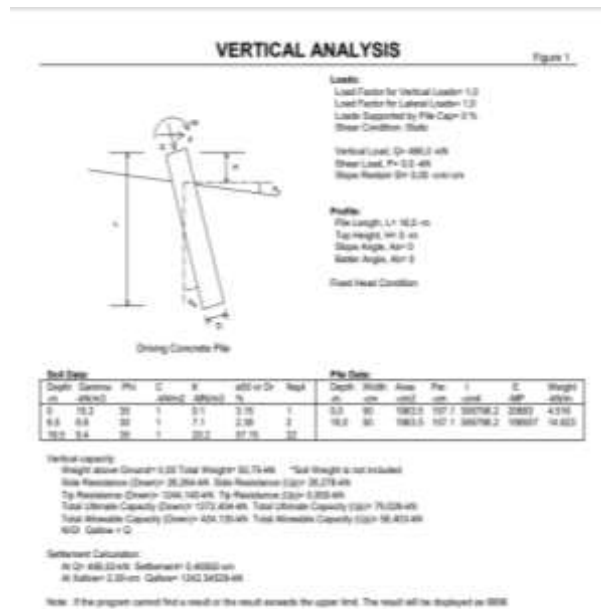
Gambar 12. Desain Kolom-Base Plate

Perencanaan Fondasi
 Denah Fondasi



Gambar 13. Denah Fondasi

Settlement



Gambar 14. Vertical Analysis Allpile

V. SIMPULAN

1. Perencanaan struktur atas dengan mengacu pada standar peraturan yang berlaku di Indonesia menghasilkan desain sebagai berikut,
 - a. Perencanaan atap menggunakan profil baja tipe Pipa 4 in., yang digunakan untuk lengkung atap dan Pipa 2 in., yang digunakan untuk *truss* pada lengkung atap. Sedangkan untuk gording digunakan profil baja C 150 x 75 x 12,5 x 9.
 - b. Pelat lantai didesain dengan ketebalan 200 mm berdasarkan SNI 2847:2019, serta penulangan pada pelat tipe 5,5 x 6 m digunakan D25-100 mm dengan jumlah tulangan 10 tulangan serta momen nominal sebesar 159,916 kN.m dan pelat tipe 6 x 6 m digunakan D25-100 mm dengan jumlah tulangan 10 tulangan.
 - c. Desain balok yang menggunakan material baja ditinjau pada *frame* 4383 dengan dimensi 400 x 200 x 8 x 13.
 - d. Desain kolom yang menggunakan material baja ditinjau pada *frame* 4404 dengan dimensi 400 x 400 x 13 x 21.
 - e. Sambungan yang digunakan pada perencanaan ini menggunakan sambungan las E70xx (ksi) dan sambungan baut M16 diameter 18 mm.
2. Hasil perencanaan gudang ini menggunakan jenis-jenis profil baja sebagai berikut,
 - a. Atap Lengkung Pipa 4 in.
 - b. Truss Atap Lengkung Pipa 2 in.

- c. Gording C 150 x 75 x 12,5 x 9
 - d. Balok I/WF 400 x 200 x 8 x 13
 - e. Kolom I/WF 400 x 400 x 13 x 21
3. Perencanaan fondasi tiang pancang diambil *sample* pada *joint* 176 yang memiliki beban sebesar 466,024 kN yang keseluruhan *joint* dikalkulasikan menggunakan 2 tiang dalam satu jenis *pile cap* (2800 x 800 x 800) serta digunakan D22-75 pada wilayah tarik dan D22-175 di wilayah tekan. Fondasi yang digunakan yaitu tiang pancang ukuran 500 mm produksi PT. WIKA Beton yang diperoleh tahanan aksial tanah, $Q_{ult} = 2084,70$ kN dan daya dukung *allowable* fondasi, $Q_{all} = 694,90$ kN.
 4. Analisa penurunan fondasi tiang pancang digunakan *software Allpile* yang menunjukkan adanya *settlement* 0,465 cm pada beban *single pile* 466,024 kN. Sedangkan pada Q_{allow} sebesar 1242,54 kN menunjukkan *settlement* sebesar 2,00 cm.

UCAPAN TERIMA KASIH

Puji syukur kehadiran Allah SWT, yang telah memberikan rahmat dan hidayah – Nya sehingga laporan Tugas Akhir dengan judul “PERENCANAAN BANGUNAN GUDANG DENGAN STRUKTUR BAJA PADA TANAH LUNAK” tersebut dapat terselesaikan dengan baik. Penyelesaian laporan ini dimaksudkan untuk menyelesaikan Program Studi Strata 1 (S1) di Fakultas Teknik Program Studi Teknik Sipil Universitas Islam Sultan Agung Semarang.

Penulis menyadari kelemahan serta keterbatasan yang ada sehingga dalam menyelesaikan skripsi ini memperoleh bantuan dari berbagai pihak, dalam kesempatan ini penulis menyampaikan ucapan terima kasih kepada:

1. Bapak Ir. H. Rachmat Mudyono, MT., Ph.D., selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Islam Sultan Agung Semarang.
2. Bapak Muhammad Ruli Ahyar, ST., M.Eng., selaku Ketua Progam Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Islam Sultan Agung Semarang.
3. Bapak Prof. Dr. Ir. Antonius, MT., selaku Dosen Pembimbing I Tugas Akhir, yang memberikan bimbingan dengan penuh kesabaran, pemikiran, kritik, saran, dan dorongan semangat.
4. Ibu Lisa Fitriyana, ST., M.Eng., selaku Dosen Pembimbing II Tugas Akhir, yang memberikan bimbingan dengan penuh kesabaran, pemikiran, kritik, saran, dan dorongan semangat.
5. Semua pihak yang membantu dalam penyelesaian Tugas Akhir ini yang tidak dapat kami sebutkan satu persatu.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Badan Standarisasi Nasional. 2021. *SNI 03-1729:2002 Spesifikasi untuk Bangunan Gedung Baja Struktural*. Jakarta: Badan Standarisasi Nasional
- [2] Badan Standarisasi Nasional. 2021. *SNI 1726:2019 Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Bangunan Gedung dan Non Gedung*. Jakarta: Badan Standarisasi Nasional
- [3] Badan Standarisasi Nasional. 2021. *SNI 2847:2019 Persyaratan Beton Struktural untuk Bangunan Gedung*. Jakarta: Badan Standarisasi Nasional
- [4] Badan Standarisasi Nasional. 2021. *SNI 1727:2020 Peraturan Beban Minimum untuk Perencanaan Bangunan Gedung dan Struktur lain*. Jakarta: Badan Standarisasi Nasional
- [5] Badan Standarisasi Nasional. 2021. *SNI 1729:2020 Spesifikasi untuk Bangunan Gedung Baja Struktural*. Jakarta: Badan Standarisasi Nasional
- [6] Badan Standarisasi Nasional. 2021. *SNI 8640:2020 Persyaratan Perencanaan Geoteknik*. Jakarta: Badan Standarisasi Nasional
- [7] ASTM. 2021. *ASTM International, 2016, 2018a, 2018b, 2019a, 2019b, 2019c, 2020*
- [8] AISC. 2021. *Specification for Structural Steel Buildings (ANSI/AISC 360-10) - 2010*
- [9] Indonesia. 2021. *Peraturan Menteri Dalam Negeri Republik Indonesia, Nomor 42 Pasal 1 Ayat 2*.
- [10] Arifi, E. dan Setyowulan, D. 2021. *Perencanaan Struktur Baja Berdasarkan SNI 1729:2020*. Malang: UB Press
- [11] Putra, E.A. dan Hasan, B. D. K. 2012. *Perencanaan Ulang Struktur Gedung Laboratorium Teknik Elektro Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya dengan Struktur Baja Metode LRFD*, Proyek Akhir. Surabaya: Fakultas Teknik dan Perencanaan Institut Teknologi Sepuluh Nopember
- [12] Arifianto, D. 2015. *Studi Perilaku Sambungan T-Joint Pipa Baja Akibat Beban Cyckic Dengan Simulasi Finite Element Method, Tesis*. Surabaya: Fakultas Teknik dan Perencanaan Institut Teknologi Sepuluh Nopember
- [13] Pratama, R.P. dan Muzakky, I. 2016. *Perencanaan Struktur Bangunan Gudang Menggunakan Material Baja*. Tugas Akhir. Teknik Sipil: Universitas Islam Sultan Agung
- [14] Subagio, A.S. 2017. *Modifikasi Struktur Atap Stadion Mimika-Papua Menggunakan Rangka Baja Ruang Tipe Busur*, Tugas Akhir. Surabaya: Fakultas Teknik dan Perencanaan Institut Teknologi Sepuluh Nopember
- [15] Beton, WIKA. 2017. *PC PILES WIKA Beton*. Diakses pada Juni 2021, dari <https://www.wika-beton.co.id/uploads/2-PC-PILES.pdf>
- [16] Sulisty, Gunawan. 2018. *Tabel Profil Wide Flange Berdasarkan Metode Load Resistance Factor Design (LRF) SNI 03-1729:2002*. Diakses pada April 2021, dari <https://www.slideshare.net/gnwnsulisty/tabel-bajawflrfd>
- [17] Wahyudi, M.I. dan Saptayoga, A. 2019. *Perencanaan Struktur Gedung 7 Tingkat FK Universitas Katolik Soegijapranata Semarang Berdasarkan SNI 1726 Tahun 2021*. Tugas Akhir. Teknik Sipil: Universitas Islam Sultan Agung
- [18] Merdanti, L.R. dan Maulida, I. 2020. *Perencanaan Struktur Bangunan Pabrik dan Kantor PT. Geomed Indonesia Menggunakan Struktur Baja*. Tugas Akhir. Teknik Sipil: Universitas Islam Sultan Agung