

**PERENCANAAN DESAIN STRUKTUR ATAP
AREA GANTRY CRANE PT. IPK DI CIKARANG**

JURNAL TUGAS AKHIR

**KALIS SATRIO EGANANTO
111.17.006**



**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK DAN DESAIN
INSTITUT TEKNOLOGI SAINS BANDUNG
KOTA DELTAMAS**

2023

PERENCANAAN DESAIN STRUKTUR ATAP AREA GANTRY CRANE PT. IPK DI CIKARANG

Kalis Satrio Egananto¹⁾, Ilham²⁾, Annisa²⁾

¹⁾ Mahasiswa Fakultas Teknik & Desain Program Studi Teknik Sipil ITS B

²⁾ Dosen Fakultas Teknik & Desain Program Studi Teknik Sipil ITS B

Email: kalissatrio@gmail.com

ABSTRACT

Adding structures to existing buildings with limited land is one of the problems in planning. Good planning needs to pay attention to these obstacle factors. In this study, a case study has been examined to determine the performance of the existing building structure due to the plan to use the existing column as the column of the roof structure of the gantry crane area at PT IPK. This research uses the 2024 version of the Robot Structural Analysis Professional (RSAP) program as a structural modeling and analysis tool. Modeling refers to as build drawings as primary data and secondary data are from SNI 1729:2020, SNI 1727:2020, SNI 1726:2019, SNI 2847:2019, and ASCE 7-16. Observations were made to validate as build drawings and existing conditions. Modeling has been analyzed by mode mass participation analysis, fundamental shear force analysis of structures, inter-floor intersection analysis, p-delta influence, lateral deflection analysis due to wind, vertical deflection analysis, and stress ratio analysis. The structural analysis results showed that the new roof frame steel structure could not supported by the existing column because the stress ratio exceeded the permit limit.

Keyword: *Steel Structure, Steel Structure Column Utilization, Robot Structural Analysis Professional v.2024.*

ABSTRAK

Penambahan struktur pada bangunan *existing* dengan lahan terbatas menjadi salah satu masalah dalam perencanaan. Perencanaan yang baik perlu memperhatikan faktor kendala tersebut. Dalam penelitian ini diteliti studi kasus untuk mengetahui kinerja struktur bangunan *existing* akibat rencana pemanfaatan kolom *existing* sebagai tumpuan struktur atap area *gantry crane* pada PT IPK. Penelitian ini, didesain menggunakan program *Robot Structural Analysis Professional* versi 2024 sebagai alat pemodelan dan analisis struktur. Pemodelan mengacu pada data primer berupa *as build drawing* dan data sekunder berupa regulasi dari SNI 1729:2020, SNI 1727:2020, SNI 1726:2019, SNI 2847:2019, dan ASCE 7-16. Observasi dilakukan untuk memvalidasi kesesuaian gambar dan kondisi *existing* di lapangan. Pemodelan dianalisis dengan analisis partisipasi massa *mode*, analisis gaya geser dasar struktur, analisis simpang antar lantai, pengaruh p-delta, analisis defleksi *lateral* akibat angin, analisis defleksi vertikal, dan analisis *stress ratio*. Hasil analisis struktur menunjukkan bahwa kolom *existing* tidak mampu ditumpu oleh struktur baja rangka atap baru karena *stress ratio* melebihi dari batas izin.

Kata Kunci: *Struktur Baja, Pemanfaatan Kolom Struktur Baja, Robot Structural Analysis Professional v.2024.*

1. PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Merencanakan pendayagunaan struktur di bangunan *existing* yang memiliki keterbatasan lahan menjadi satu hal kendala dalam perencanaan. Untuk menghasilkan *sustainable design* terbaik perlu dilakukannya pengkajian yang baik sebagai upaya penanggulangan faktor kendala terjadi sehingga pelaksanaan pekerjaan tersebut dapat terbangun dengan baik^[12]. Studi kasus kali ini merupakan desain penambahan struktur rangka atap, dimana akan diterapkan konsep desain berkelanjutan dengan pendayagunaan kolom *existing* di bangunan *existing* sebagai beberapa tumpuan struktur bubungan baru yaitu di area *gantry crane* PT Intan Prima Kalorindo (IPK). Dalam studi kasus ini material baja sebagai bahan konstruksi yang sangat tepat karena unggul dari segi kekuatan dan segi waktu pelaksanaannya yang relatif cepat pada area sibuk. Lokasi penelitian berada di Jalan Tekno Raya Blok B1F, Kawasan Industri Jababeka III, Pasirgombang, Cikarang Utara, Kabupaten Bekasi. Pada saat ini, lokasi penelitian di PT IPK dalam aspek konsep penerapan *sustainable building* dengan menambahkan struktur tambahan di atap yang bertumpu pada kolom *existing* yang memerlukan penelitian lanjutan^[12] yaitu perlu diadakannya perhitungan terhadap kekuatan struktur *existing* untuk dapat menerima beban tambahan akibat penambahan rangka atap di area *gantry crane*^[12]. Tentunya bangunan *existing* sudah memiliki keamanan struktur untuk mengakomodir beban rencana awal sesuai dengan fungsinya. Akan tetapi dengan faktor penambahan beban baru akan menimbulkan perubahan kekuatan profil *existing* saat mengalami pembebanan tambahan yang cukup besar terlebih gaya aksial yang terjadi tak terkendali. Oleh karena itu, penulis tertarik dalam melakukan evaluasi perhitungan terhadap rencana perhitungan awal agar konsep ini terealisasikan.

Studi kasus dalam penelitian ini termasuk dalam kategori bangunan gudang penyimpanan khusus dengan struktur baja yang akan dianalisis menggunakan *software Robot Structural Analysis Professional (RSAP)* versi 2024 untuk mendapatkan analisis struktur. Dalam merencanakan gudang, mengacu pada spesifikasi untuk bangunan gedung baja struktural^[4], langkah-langkah merancang struktur gedung maupun bukan gedung supaya memiliki ketahanan gempa^[1], deskripsi dan identifikasi beton struktural bangunan gedung^[2], serta merencanakan bobot minimal pada struktur gedung serta lainnya^[5].

1.2. Tujuan Penelitian

Tujuan riset yang hendak tercapai melalui riset ini yaitu untuk memahami kemampuan struktur bangunan *existing* akibat rencana pemanfaatan kolom *existing* sebagai tumpuan struktur atap area *gantry crane*.

2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Material Baja

Berikut merupakan karakteristik mekanik baja^[8] berdasarkan SNI 03-1729-2002 adalah^[23]:

- Modulus Elastis, E :200.000MPa
 - Modulus Geseran, G :80.000 MPa
 - Satuan Poisson, μ : 0,3
 - Nilai Ekspansi Termal, α : $14 \times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$
- Karakteristik mekanik baja dari kualitasnya^[3] seperti indeks 1.

Tabel 1. Tipikal Mutu Baja

Sumber: SNI 03-1729-2002

Jenis Baja	Tegangan Putus Minimum, f_u (MPa)	Tegangan Leleh Minimum, f_y (MPa)	Peregangan Minimum (%)
BJ 34	340	210	22
BJ 37	370	240	20
BJ 41	410	250	18
BJ 50	500	290	16
BJ 55	550	410	13

2.2. Karakteristik Tarik Baja

Karakteristik tarik baja diatur melalui SNI 1729:2020 dalam metode desain beban dan faktor resistensi (LRFD)^[6] ^[7],

Batasan Kelangsingan Tarik,

$$KL/r < 300$$

Tahanan Nominal Tarik

Keseluruhan dari elemen struktur yang terpikul gaya tarik aksial^[13] dengan satuan faktor keamanan perlu senilai P_u ^[15], dengan syarat:

$$P_u \leq \phi P_n$$

Keterangan:

P_u = Gaya tarik aksial terfaktor

ϕ = Faktor tahanan tarik = 0,9

P_n = Kuat tahanan tarik nominal penampang

Keruntuhan Leleh Tarik pada Penampang Bruto

$$P_n = F_y A_g$$

Keterangan:

P_n : Kuat tahanan nominal penampang

F_y : Minimal tegangan leleh (MPa)

A_g : Luasan bruto (*gross*) dalam elemen struktur (mm²)

Keruntuhan Fraktur Tarik pada Penampang Netto

$$P_n = F_u A_e$$

Keterangan:

P_n : Kuat tahanan nominal penampang

F_u : Minimal kekuatan tarik (MPa)

A_e : Luasan nettodi elemen struktur terefektif (mm²)

Luas Netto Efektif

$$A_e = A_n U$$

Keterangan:

A_e : Luas netto efektif (mm²)

A_n : Luas penampang netto (mm²)

U : Faktor *shear lag* ($1 - (x/L)$) $\leq 0,9$

x : Jarak titik eksentrisitas sambungan,

L : Panjang sambungan mengalami gaya tarik

Keruntuhan Geser Blok

$$R_u \leq \phi R_n$$
^[34]

$$R_n = 0,6F_u A_{nv} + U_{bs} F_u A_{nt} \leq 0,6 F_y A_{gv} + U_{bs} F_u A_{nt}$$

- Keterangan:
- R_u = Gaya tarik aksial terfaktor yang terjadi pada sambungan (N)
 - ϕ = Faktor Ketahanan = 0,75
 - R_n = Kekuatan nominal dari sambungan (N)
 - F_u = Kekuatan tarik minimum (MPa)
 - F_y = Tegangan luluh minimal (MPa)
 - A_{nv} = Luas netto elemen ketahanan geser (mm²)
 - A_{nt} = Luas netto elemen ketahanan tarik (mm²)
 - A_{gv} = Luas bruto elemen ketahanan geser (mm²)
 - U_{bs} = 1, saat tegangan tarik rata
 - U_{bs} = 0,5, saat tegangan tarik tak rata

2.3. Karakteristik Tekan Baja

Karakteristik tekan baja diatur melalui SNI 1729:2020 pada metode LRFD,

Tahanan Nominal Tekan

Kuat tekan nominal, P_n , keadaan komponen penampang diperoleh melalui besarnya minimum kuat tekan dihasilkan dari izin kondisi tekuk-lenturan^[18], tekuk momen gaya^[35], dan tekuk momen lentur^[22]. Dengan syarat:

$$P_u \leq \phi_c P_n$$

Keterangan:

- P_u = Gaya tekan aksial terfaktor
- ϕ_c = Faktor tahanan tarik = 0,9
- P_n = Kuat tahanan tekan nominal penampang

Batasan Kelangsingan Tekan,

$$KL/r < 200$$

- K = Faktor panjang tekuk (tabel 2)
- L = Panjangnya komponen struktur non-penyangga lateral (mm).^[33]
- r = Jarak dimana seluruh massa benda terkonsentrasi melalui garis imajiner (Radius girasi), in (mm).

Tabel 2. Nilai Faktor Panjang Tekuk (K)

Sumber: AISC, 2010

	(a)	(b)	(c)	(d)	(e)	(f)
	Garis putus-putus menunjukkan diagram kolom tertekuk.					
Nilai K teoritis	0.5	0.7	1.0	1.0	2.0	2.0
Nilai K yang dianjurkan untuk kolom yang mendekati kondisi ideal	0.65	0.8	1.2	1.0	2.1	2.0
Kode ujung						

2.4. Regulasi Gempa SNI 1726:2019

Untuk pembebanan gempa rencana mengacu peraturan SNI 1726:2019, dengan mengambil data *website* spektra rencana indonesia^[37] yang disediakan oleh Puslitbang Perumahan dan Permukiman (PUSKIM) Kementerian PUPR yang disesuaikan dengan koordinat

lokasi penelitian yaitu PT IPK. Dengan, koodinat lintang - 6,279854417400881 dan bujur 107,15782963848268.

Kategori Risiko Struktur Bangunan

Berasaskan SNI 1726:2019, nilai risiko bangunan gedung maupun bukan gedung memiliki nilai yang berbeda-beda^[36] dengan fungsi tertentu^[32]. Untuk risiko bangunan disesuaikan pada tabel 3 dan dampak gempa bumi direncanakan terhadap bangunan tersebut harus dikalikan faktor prioritas seismik (I_e)^[33] yang disesuaikan dalam indeks 3.

Tabel 3. Stabilitas Struktur Akibat Gempa.

Sumber: SNI 1726:2019, Badan Standardisasi Nasional

Tipe Kebutuhan	Kategori risiko
Gedung serta struktur bangunan lainnya dengan risiko minim terhadap kehidupan jika muncul kerusakan struktural, seperti <ul style="list-style-type: none"> - Pra-sarana agrikultur, peternakan serta tambak perikanan - Pra-sarana temporer - Gudang penyimpanan - Poskamling serta struktur mini lainnya 	I

Tabel 4. Faktor Prioritas Seismik (I_e).

Sumber: SNI 1726:2019, Badan Standardisasi Nasional

Kategori risiko	Faktor prioritas gempa, I_e
I atau II	1,0
III	1,25
IV	1,5

Kategori Desain Seismik

Berasaskan SNI 1726:2019, kategori rencana seismik meliputi standar akselerasi respons seismik jangka singkat; (0,2 detik) (S_{DS}) serta jangka lama (1 detik) (S_{D1}). Parameter S_{DS} dan S_{D1} yang diatur SNI 1726:2019, seperti indeks 5 dan 6.

Tabel 5. Standar Akselerasi Respons Seismik Dalam Jangka Pendek.

Sumber: SNI 1726:2019, Badan Standardisasi Nasional

Nilai S_{DS}	Kategori Risiko	
	I, II, III	IV
$S_{DS} < 0,167$	A	A
$0,167 \leq S_{DS} < 0,33$	B	C
$0,33 \leq S_{DS} < 0,50$	C	D
$0,50 \leq S_{DS}$	D	D

Tabel 6. Standar Akselerasi Respons Seismik Dalam Jangka Panjang.

Sumber: SNI 1726:2019, Badan Standardisasi Nasional

Nilai S_{D1}	Kategori Risiko	
	I, II, III	IV
$S_{D1} < 0,067$	A	A
$0,067 \leq S_{D1} < 0,133$	B	C
$0,133 \leq S_{D1} < 0,20$	C	D
$0,20 \leq S_{D1}$	D	D

Klasifikasi Situs

Berasaskan SNI 1726:2019, dampak kategori situs perlu dikalkulasikan perumusan:

Untuk periode pendek,

$$S_{MS} = F_a S_s$$

Untuk periode panjang,

$$S_{M1} = F_v S_1$$

Dengan:

S_{MS} : Standar akselerasi respons spektral dalam jangka singkat (0,2 detik).

S_{M1} : Standar akselerasi respons spektral dalam jangka panjang (1 detik).

F_a : Faktor pembesaran vibrasi jangka pendek

F_v : Faktor pembesaran vibrasi jangka panjang

S_s : Standar akselerasi batuan dasar jangka pendek

S_1 : Standar akselerasi batuan dasar jangka 1 detik

Besarnya nilai F_a dan F_v diatur pada indeks 7 serta 8.

Tabel 7. Koefisien Situs, F_a

Sumber: SNI 1726:2019, Badan Standardisasi Nasional

Kelas situs	Standar akselerasi respons spektral seismik (MCE_R) terpetakan dalam waktu singkat, $T = 0,2$ detik S_s				
	$S_s \leq 0,25$	$S_s = 0,5$	$S_s = 0,75$	$S_s = 1,0$	$S_s = 1,25$
SA	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
SB	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9
SC	1,3	1,3	1,2	1,2	1,2
SD	1,6	1,4	1,2	1,1	1,0
SE	2,4	1,7	1,3	1,1	0,9
SF	SS^a				

Tabel 8. Koefisien Situs, F_v

Sumber: SNI 1726:2019, Badan Standardisasi Nasional

Kelas situs	Standar akselerasi respons spektral seismik (MCE_R) terpetakan jangka panjang, $T = 1$ detik S_1				
	$S_1 \leq 0,1$	$S_1 = 0,2$	$S_1 = 0,3$	$S_1 = 0,4$	$S_1 = 0,5$
SA	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
SB	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
SC	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5
SD	2,4	2,2	2,0	1,9	1,8
SE	4,2	3,3	2,8	2,4	2,2
SF	SS^a				

Sistem Pemikul Gaya Seismik

Berasaskan SNI 1726:2019, perbedaan sistematis pemikul gaya gempa dapat digunakan dalam menahan gaya gempa dimasing-masing kedua arah sumbu orthogonal^[34] struktur. Bila menggunakan sistem besaran yang berbeda besaran, R , C_d , dan Ω_0 harus ditetapkan dalam seluruh sistem, meliputi batas skema di indeks 9.

Tabel 9. Faktor R , C_d , Serta Ω_0 Sebagai Skema Pemikul Gaya Seismik.

Sumber: SNI 1726:2019, Badan Standardisasi Nasional

Sistem rangka pemikul momen	R	C_d	Ω_0	B	C	D^o	E_o	F^f
1. Momen khusus memikul rangka baja	8	3	$5\frac{1}{2}$	TB	TB	TB	TB	TB
2. Momen khusus memikul rangka batangan baja	7	3	$5\frac{1}{2}$	TB	TB	48	30	TI
3. Momen menengah memikul rangka baja	$4\frac{1}{2}$	3	4	TB	TB	10 ^K	TI ^K	TI ^K

Sistem rangka pemikul momen	R	C_d	Ω_0	B	C	D^o	E_o	F^f
4. Momen biasa memikul rangka baja	$3\frac{1}{2}$	3	3	TB	TB	TI ^K	TI ^K	TI ^K

Simpang Antar Lantai (Δ)

Berasaskan SNI 1726:2019 poin 7.8.6, pengambilan besarnya rencana defleksi antar ketinggian (Δ) perlu dikalkulasikan selisih defleksi inti massa pada pertimbangan bidang tertinggi dan terbawah, dapat diilustrasikan pada gambar 1. Defleksi massa inti tingkatan ke-x (δ_x) (mm) perlu menyesuaikan perumusan berikut,

$$\delta_x = \delta_{xe} \times \frac{C_d}{I_e}$$

Selanjutnya untuk menentukan besar simpang antar lantai dihitung dengan,

$$\Delta_x = \delta_{xa} - \delta_{xb} \leq \Delta_a$$

$$\Delta_x = (\delta_{xa} - \delta_{xb}) \frac{C_d}{I_e} \leq \Delta_a$$

Keterangan:

δ_x = Defleksi inti massa tingkat x

C_d = Faktor penguat besaran defleksi lateral

δ_{xe} = Analisis Defleksi lokasi bersyarat elastik

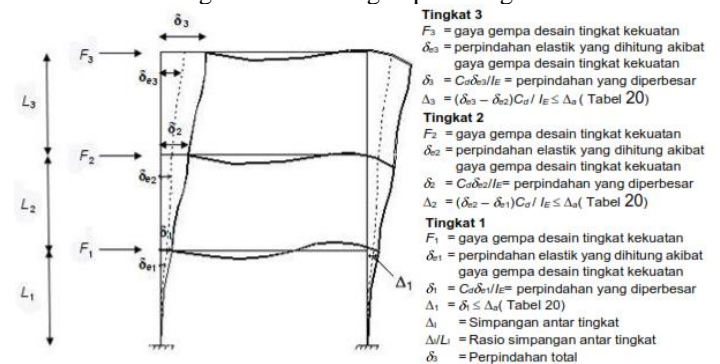
I_e = Faktor prioritas gempa

Δ_x = Simpangan di tingkatan x.

Δ_a = Batas izin simpangan antar tingkat. (lihat indeks 10)

δ_{xa} = Elastic-displacement terkalkulasi oleh rancangan kuat beban gempa di tingkat atas.

δ_{xb} = Elastic-displacement terkalkulasi oleh rancangan kuat beban gempa di tingkat dasar.



Gambar 1 Penentuan Simpangan Antar Tingkat

Sumber: SNI 1726:2019, Badan Standardisasi Nasional

Tabel 10. Simpangan Antar Lantai Tingkat Izin (Δ_a).

Sumber: SNI 1726:2019, Badan Standardisasi Nasional

Struktur	Kategori risiko		
	I atau II	III	IV
Struktural, kecuali konstruksi tembok berbatu bata, dengan maksimal 4 lantai dan tembok interior, kladding, plafon, dan sistem tembok luar dirancang supaya defleksi antar ketinggian terakomodasi.	$0,025h_{sx}^c$	$0,020h_{sx}$	$0,015h_{sx}$
Susunan tembok geser berbatu dengan sistem kantilever.	$0,010h_{sx}$	$0,010h_{sx}$	$0,010h_{sx}$
Susunan tembok geser berbatu bata lainnya.	$0,007h_{sx}$	$0,007h_{sx}$	$0,007h_{sx}$
Semua struktur lainnya.	$0,020h_{sx}$	$0,015h_{sx}$	$0,010h_{sx}$

Efek P-Delta (Δ)

Menunjuk SNI 1726:2019 poin 7.8.7, bangunan dengan nilai faktor stabilitas (θ) melebihi 0,1 harus memerlukan efek P-Delta^[25], yang mana fenomena aktual di bangunan fleksibel, terjadi deviasi lateral yang besar, dimana pengaruh beban gravitasi berperan menimbulkan deviasi lateral sehingga terjadi beban lateral tambahan dan perlu dipertimbangkan^[21]. Diperlukan korelasi efek p-delta dengan faktor stabilitas maksimum dengan rumus:

$$\theta = \frac{P_x \Delta I_e}{V_x h_{sx} C_d}, \theta < \theta_{max}, \theta_{max} = \frac{0,5}{\beta C_d} \leq 0,25$$

Dengan keterangan:

P_x = Totalan bobot rancangan vertikal di atasnya ketinggian-x, (kN).

Δ = defleksi antar ketinggian, (mm).

I_e = Faktor prioritas seismik.

V_x = Pergeseran gempa terjadi berada ketinggian tertentu (x serta x-1), (kN).

h_{sx} = Jarak tingkatan rendah ke- x, (mm).

C_d = Satuan kondisi penguat besaran lendutan.

β = Ratio ketetapan izin = 1.

θ = Nilai stabilitas.

θ_{max} = Nilai stabilitas maksimal.

Analisis Spektrum Respon Ragam Vibrasi

Terbagi menjadi 2 analisis:

1. Analisis Totalan partisipasi ragam

Menunjuk SNI 1726:2019 poin 7.9.1.1, dalam target respons spektra rentang periode batas bawah ditetapkan besarnya ragam partisipasi harus mengkombinasikan massa aktual dengan nilai 90/100 total vibrasi ragam.^[20]

2. Analisis gaya dasar geser struktur

Menunjuk SNI 1726:2019 poin 7.9.1.4.1, mensyaratkan rasio kuat tumpuan tergeser yang diperoleh dari perolehan uraian gempa dinamik perlu lebih besar sama dengan 100% dari analisis kuat geser tumpuan gempa statik ekuivalen^[29]. Dengan korelasi persamaan:

$$V_{dinamik} \geq 100\% V_{statik}$$

Keterangan:

$V_{dinamik}$: Gaya geser desain dasar untuk gempa dinamis

$100\% V_{statik}$: Pergerakan dasar struktur akibat gempa statis yang terkombinasi 100%

2.5. Defleksi Lateral Akibat Angin

Batas dari defleksi akibat beban angin yang diambil dari tingkat tertinggi lantai bangunan tersebut^[9]. Lalu

batas defleksi akibat angin yang diizinkan diambil antara H/100 sampai H/600 tergantung dari batas defleksi klading atau material partisi yang digunakan (tabel 11).

Tabel 11. Batas Defleksi Izin Maksimum

Sumber: ASCE 7-16

Deformasi Sebagai Bagian dari Bentang Tertinggi	Visibilitas Deformasi	Perilaku Khas
<L/1000	Tak Terlihat	Retakan pada Tembok Bata
L/500	Tak Terlihat	Retakan pada Partisi Tembok
L/300	Terlihat	Kerusakan pada Arsitektural Retakan Didalam Tulangan Dinding Retakan Pada Balok Anak Kerusakan yang Merusak Penutup dan Lantai Kerja Bangunan. Kerusakan pada Muka Bangunan Kebocoran pada Kladding
L/200 - L/300	Terlihat	Gangguan Visual Drainase yang Tak Tepat
L/100 - L/100	Terlihat	Merusak ke Partisi Ringan, Beban Penerangan, Jendela, dan Finishing Gangguan ke Komponen yang Beroperasi, Dengan Contoh: Pintu, Partisi Geser, dan Jendela

2.6. Defleksi Vertikal

Defleksi tersendiri merupakan kondisi pada material struktur yang terjadi akibat kondisi pembebanan yang mengalami perubahan bentuk, dimana memiliki nilai perbedaan titik terendah terhadap titik tertinggi pada satu material struktur^[31]. Pemeriksaan ditinjau melalui kombinasi SLS; 1.0D+1.0L terhadap balok serta 1.0D+1.0Lr terhadap rafter dan purlin disesuaikan tabel 12.

Tabel 12. Batas Defleksi Izin Maksimum

Sumber: ASCE 7-16

Tipe Komponen Struktur	Keadaan	Lendutan Terhitung	Izin Lendutan
Bubungan rata	Tidak ditopang atau dilekatkan pada elemen nonstruktural yang dapat rusak disebabkan defleksi yang tinggi.	Lendutan sesaat efek L_r serta R tertinggi	$l/180$
Lantai		Lendutan sesaat efek L	$l/360$
Bubungan atau Lantai	Terpikul dan dilekatkan pada komponen nonstruktural	Bisa jadi mengalami hancur akibat lendutan yang tinggi	$l/480$
		Tidak mengalami kehancuran penyebab defleksi tinggi	$l/240$

2.7. Pembebanan Struktur Beban Mati

Muatan mati adalah bobot semua bagian struktural dipasang menetap^[26]. Beban mati dibedakan menjadi dua yaitu: beban mati struktural (*self-weight*) yang dihitung

oleh program RSAP ^[16] berdasarkan berat jenis material dan dimensi penampang struktur, seperti; kolom dan balok, adapula beban mati tambahan (*super imposed deadload*) atau disebut muatan non-struktural yang bersifat menetap sampai bangunan itu runtuh, seperti; beban mekanikal, perpipaan, penerangan, atap, *roof ventilator*, dan *thermal insulation*.

Beban Hidup

Beban hidup adalah muatan yang diambil dari maksimal okupansi dalam bangunan ^[28]. Beban hidup penghuni pada lokasi penelitian ialah beban orang yang ditetapkan SNI 1727:2020 yaitu 100 kg, dan beban hidup penggunaan bangunan yaitu; beban *crane* 5 ton dan beban *crane* 10 ton, yang bekerja pada *runway crane*.

Beban Hidup Atap

Muatan hidup atap dalam perencanaan gudang ialah muatan hidup yang bekerja di bubungan. Muatan hidup atap memperhitungkan beban pekerja dalam fase pembangunan dan fase pemeliharaan. Beban pekerja yang ditetapkan SNI 1727:2020 adalah 100 kg.

Beban Hujan

Beban hujan adalah beban yang terjadi pada saat hujan yang diterapkan pada bubungan bangunan. Kedalaman air hujan disesuaikan pada kategori curah hujan yang diambil dari stasiun hujan di daerah lokasi penelitian, Beban hujan yang ditetapkan SNI 1727:2020 dikalkulasi dengan:

$$R = 0,0098 \text{ kN/m}^2 (d_s + d_h),$$

dimana:

R; Bobot air hujan (kN/m²) pada bubungan tanpa mengalami deformasi,

d_s ; kedalaman air dari pipa utama ke pipa sekunder pada bubungan tanpa terjadi deformasi masuk bila pipa utama tertutup/macet (mm),

d_h ; Penambahan jarak tambah rencana kedalaman air yang berada diatas pipa sekunder pada bubungan tak terjadi deformasi (mm).

Beban Angin

Muatan angin dalam perencanaan bangunan gudang ialah beban pengaruh angin pada area sekitar ^[33] lokasi penelitian yang diambil kecepatan maksimal diperoleh dari badan legitimasi negara terkait ^[14]; yaitu 40 m/s. Beban angin dihitung otomatis oleh program RSAP berdasarkan kecepatan maksimum angin yang disesuaikan ASCE 7-16.

2.8. Kombinasi Pembebanan

Berdasarkan SNI 1727:2020, terdapat 2 kondisi dari kombinasi beban yaitu; kombinasi pembebanan desain kekuatan (ULS) dan kombinasi pembebanan desain tegangan izin^[24] (SLS). Setelah itu kombinasi pembebanan pada SNI 1727:2020 diuraikan seperti tabel 13.

Tabel 13. Kombinasi Pembebanan ULS dan SLS
Sumber: SNI 1727:2020

Kombinasi Pembebanan (SNI 1727:2020)	
ULS	SLS
1. 1.4D	1. 1.0D
2. 1.2D+1.6L	2. 1.0D+1.0L

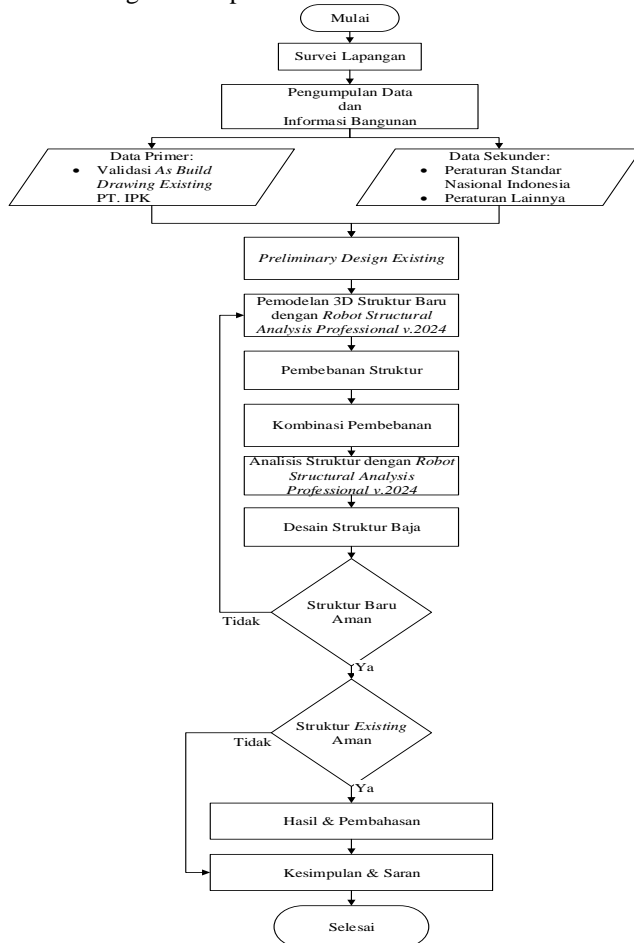
Kombinasi Pembebanan (SNI 1727:2020)	
ULS	SLS
3. 1.2D+1.6L+0.5LR	3. 1.0D+1.0LR
4. 1.2D+1.6L+0.5R	4. 1.0D+1.0R
5. 1.2D+1.6LR+1.0L	5. 1.0D+0.75L+0.75LR
6. 1.2D+1.6R+1.0L	6. 1.0D+0.75L+0.75R
7. 1.2D+1.6LR+0.5WINDX(+)	7. 1.0D+0.6WINDX(+)
8. 1.2D+1.6LR+0.5WINDY(+)	8. 1.0D+0.6WINDY(+)
9. 1.2D+1.6LR+0.5WINDX(-)	9. 1.0D+0.6WINDX(-)
10. 1.2D+1.6LR+0.5WINDY(-)	10. 1.0D+0.6WINDY(-)
11. 1.2D+1.6R+0.5WINDX(+)	11. 1.0D+0.75L+0.45WINDX(+)+0.75LR
12. 1.2D+1.6R+0.5WINDY(+)	12. 1.0D+0.75L+0.45WINDY(+)+0.75LR
13. 1.2D+1.6R+0.5WINDX(-)	13. 1.0D+0.75L+0.45WINDX(-)+0.75LR
14. 1.2D+1.6R+0.5WINDY(-)	14. 1.0D+0.75L+0.45WINDY(-)+0.75LR
15. 1.2D+1.0WINDX(+)+1.0L+0.5LR	15. 1.0D+0.75L+0.45WINDX(+)+0.75R
16. 1.2D+1.0WINDY(+)+1.0L+0.5LR	16. 1.0D+0.75L+0.45WINDY(+)+0.75R
17. 1.2D+1.0WINDX(-)+1.0L+0.5LR	17. 1.0D+0.75L+0.45WINDX(-)+0.75R
18. 1.2D+1.0WINDY(-)+1.0L+0.5LR	18. 1.0D+0.75L+0.45WINDY(-)+0.75R
19. 1.2D+1.0WINDX(+)+1.0L+0.5R	19. 0.6D+0.6WINDX(+)
20. 1.2D+1.0WINDY(+)+1.0L+0.5R	20. 0.6D+0.6WINDY(+)
21. 1.2D+1.0WINDX(-)+1.0L+0.5R	21. 0.6D+0.6WINDX(-)
22. 1.2D+1.0WINDY(-)+1.0L+0.5R	22. 0.6D+0.6WINDY(-)
23. 0.9D+1.0WINDX(+)	23. (1.0+0.14SDS) D+0.7pEQX+0.21pEQY
24. 0.9D+1.0WINDY(+)	24. (1.0+0.14SDS) D+0.7pEQX-0.21pEQY
25. 0.9D+1.0WINDX(-)	25. (1.0+0.14SDS) D-0.7pEQX+0.21pEQY
26. 0.9D+1.0WINDY(-)	26. (1.0+0.14SDS) D-0.7pEQX-0.21pEQY
27. (1.2+0.2SDS) D+1.0L+1pEQX+0.3pEQY	27. (1.0+0.14SDS) D+0.21pEQX+0.7pEQY
28. (1.2+0.2SDS) D+1.0L+1pEQX-0.3pEQY	28. (1.0+0.14SDS) D+0.21pEQX-0.7pEQY
29. (1.2+0.2SDS) D+1.0L-1pEQX+0.3pEQY	29. (1.0+0.14SDS) D-0.21pEQX+0.7pEQY
30. (1.2+0.2SDS) D+1.0L-1pEQX-0.3pEQY	30. (1.0+0.14SDS) D-0.21pEQX-0.7pEQY
31. (1.2+0.2SDS) D+1.0L+0.3pEQX+1.0pEQY	31. (1.0+0.105SDS) D+0.525pEQX+0.1575pEQY+0.75L
32. (1.2+0.2SDS) D+1.0L+0.3pEQX-1.0pEQY	32. (1.0+0.105SDS) D+0.525pEQX-0.1575pEQY+0.75L
33. (1.2+0.2SDS) D+1.0L-0.3pEQX+1.0pEQY	33. (1.0+0.105SDS) D-0.525pEQX+0.1575pEQY+0.75L
34. (1.2+0.2SDS) D+1.0L-0.3pEQX-1.0pEQY	34. (1.0+0.105SDS) D-0.525pEQX-0.1575pEQY+0.75L
35. (0.9-0.2SDS) D+1.0pEQX+0.3pEQY	35. (1.0+0.105SDS) D+0.1575pEQX+0.525pEQY+0.75L
36. (0.9-0.2SDS) D+1.0pEQX-0.3pEQY	36. (1.0+0.105SDS) D+0.1575pEQX-0.525pEQY+0.75L
37. (0.9-0.2SDS) D-1.0pEQX+0.3pEQY	37. (1.0+0.105SDS) D-0.1575pEQX+0.525pEQY+0.75L
38. (0.9-0.2SDS) D-1.0pEQX-0.3pEQY	38. (1.0+0.105SDS) D-0.1575pEQX-0.525pEQY+0.75L
39. (0.9-0.2SDS) D+0.3pEQX+1.0pEQY	39. (0.6-0.14SDS) D+0.7pEQX+0.21pEQY
40. (0.9-0.2SDS) D+0.3pEQX-1.0pEQY	40. (0.6-0.14SDS) D+0.7pEQX-0.21pEQY

Kombinasi Pembebanan (SNI 1727:2020)	
ULS	SLS
41. (0.9-0.2SDS) D-0.3pEQX+1.0pEQY	41. (0.6-0.14SDS) D-0.7pEQX+0.21pEQY
42. (0.9-0.2SDS) D-0.3pEQX-1.0pEQY	42. (0.6-0.14SDS) D-0.7pEQX-0.21pEQY
	43. (0.6-0.14SDS) D+0.21pEQX+0.7pEQY
	44. (0.6-0.14SDS) D+0.21pEQX-0.7pEQY
	45. (0.6-0.14SDS) D-0.21pEQX+0.7pEQY
	46. (0.6-0.14SDS) D-0.21pEQX-0.7pEQY

3. METODE PENELITIAN

3.1. Tahapan Diagram Alir Penelitian

Berikut diagram alir penelitian.



Gambar 2. Diagram Alir Penelitian

3.2. Lokasi Penelitian

Lokasi riset berlangsung pada Area *Gantry Crane* PT IPK yang beralamat pada Jalan Tekno Raya Blok B1F, Kawasan Industri Jababeka III, Pasirgombong, Cikarang Utara, Kabupaten Bekasi, Provinsi Jawa Barat.

3.3. Pemodelan Struktur

Representasi struktur dalam penelitian ini adalah struktur baja yang direncanakan dengan bracing terkekang terhadap tekuk. Adapun deskripsi gedung adalah sebagai berikut:

Fungsi gudang : Gudang Penyimpanan Khusus (Prioritas Tipe I)

Jenis struktur : Struktur Rangka Baja

Sistem struktur : Rangka baja memakai bracing terkekang terhadap tekuk.

Lokasi : Cikarang, Kabupaten Bekasi

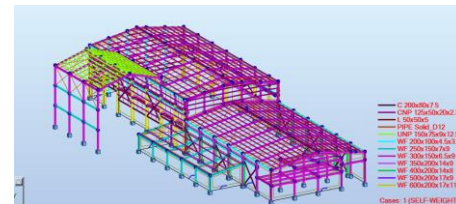
Beban hujan : 50 mm/hari. ^[14]

Kecepatan angin : 40 m/s. ^[14]

Kondisi tanah : Batuan

Data mekanis baja digunakan sesuai SNI 1729:2020:

- Modulus Elastis (E) : 200.000 MPa
- Modulus Geseran (G) : 80.000 MPa.
- Satuan Poisson (μ) : 0,3.
- Faktor Muaian (α) : $14 \times 10^{-6} / ^\circ c$.
- Mutu Baja : BJ 41.
- Minimal tegangan batas tarik (f_u): 410 MPa.
- Minimal tegangan leleh tarik (f_y): 250 MPa.



Gambar 3. Pemodelan Struktur Tampak 3D

Sumber: Hasil Pemodelan RSAP versi 2024, 2023

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Analisis Partisipasi Massa Mode

Tabel 14. Partisipasi Mode

Sumber: Perhitungan penulis

Case/ Mode	Freq uency (Hz)	Perio de (sec)	Rel.M as.Ux (%)	Rel.M as.Uy (%)	Cur. Mas .Ux (%)	Cur. Mas .Uy (%)	Total Mass Ux (kg)	Total Mass Uy (kg)
10/ 125	7.45	0.13	88.77	94.39	0	0	3023 68.7 8	3023 68.7 8
10/ 126	7.47	0.13	88.77	94.41	0	0.02	3023 68.7 8	3023 68.7 8
10/ 127	7.49	0.13	88.77	94.41	0	0.01	3023 68.7 8	3023 68.7 8
10/ 128	7.5	0.13	88.78	94.41	0.01	0	3023 68.7 8	3023 68.7 8
10/ 129	7.51	0.13	88.84	94.42	0.06	0.01	3023 68.7 8	3023 68.7 8
10/ 130	7.52	0.13	88.84	94.42	0	0	3023 68.7 8	3023 68.7 8
10/ 131	7.52	0.13	88.99	94.45	0.14	0.03	3023 68.7 8	3023 68.7 8
10/ 132	7.52	0.13	88.99	94.45	0	0	3023 68.7 8	3023 68.7 8

Case/ Mode	Freq uency (Hz)	Perio de (sec)	Rel.M as.Ux (%)	Rel.M as.Uy (%)	Cur. Mas .Ux (%)	Cur. Mas .Uy (%)	Total Mass Ux (kg)	Total Mass Uy (kg)
10/133	7.53	0.13	88.99	94.45	0	0	3023 68.7 8	3023 68.7 8
10/134	7.53	0.13	88.99	94.46	0	0.01	3023 68.7 8	3023 68.7 8
10/135	7.54	0.13	88.99	94.46	0	0	3023 68.7 8	3023 68.7 8
10/136	7.54	0.13	89	94.46	0	0	3023 68.7 8	3023 68.7 8
10/137	7.55	0.13	89	94.46	0	0	3023 68.7 8	3023 68.7 8
10/138	7.55	0.13	89	94.46	0	0	3023 68.7 8	3023 68.7 8
10/139	7.57	0.13	89.02	94.47	0.02	0.01	3023 68.7 8	3023 68.7 8
10/140	7.57	0.13	89.21	94.67	0.19	0.2	3023 68.7 8	3023 68.7 8
10/141	7.58	0.13	89.21	94.69	0	0.02	3023 68.7 8	3023 68.7 8
10/142	7.64	0.13	89.24	94.74	0.03	0.04	3023 68.7 8	3023 68.7 8
10/143	7.67	0.13	89.59	94.74	0.35	0	3023 68.7 8	3023 68.7 8
10/144	7.69	0.13	89.64	94.76	0.05	0.02	3023 68.7 8	3023 68.7 8
10/145	7.74	0.13	90.67	94.79	1.03	0.02	3023 68.7 8	3023 68.7 8

4.2. Analisis Gaya Geeser Dasar Struktur

Tabel 15. Partisipasi Mode

Sumber: Perhitungan penulis

	Vdynamic	100% V static	Remarks
Xdirection	33836.001	27343	OK
Ydirection	33836.001	27401.81	OK

4.3. Analisis Simpang Antar Lantai

Untuk kepentingan analisis data simpang antar nilai, didapatkan nilai sebagai berikut:

- Batas izin simpangan antar tingkat, (Δ_a) = 0,02h. (indeks 10)
- Faktor Redudansi (ρ) = 1,3. (SNI 1726:2019 poin 7.3.4.2)
- Story Drift
Inelastik Izin (Δ_{maks}) = $\frac{\Delta_a}{\rho} = 0,0154h$.
- Faktor Penguat Defleksi, (C_d) = 3
- Faktor Prioritas Gempa, $I_e = 1$

Didapatkan 4 hasil analisis simpang antar lantai yang dikalkulasikan pada tabel 16,17,18, dan19.

Tabel 16. Analisis Simpang Antar Lantai Akibat Gempa Statik Arah-X

Sumber: Perhitungan penulis

Story Drift X						
Level	Tinggi Tingkat	Perpindahan Elastis	Story Drift	Perkuatan Defleksi	Batas Izin Perpindahan	Remarks
	hsx (mm)	δ_{ex} (mm)	Δx (mm)	δx (mm)	Δa (mm) (koef.batasan xHx)	
3500	3500	29.81	29.8	89.43	53.8	NOT OK
4800	1300	1.49	28.3	84.96	20.0	NOT OK
5410	610	1.7	0.2	0.63	9.4	OK
5760	350	0.8	0.9	2.70	5.4	OK
8500	2740	3.42	2.6	7.86	42.2	OK
9500	1000	5.14	1.7	5.16	15.4	OK
11530	2030	11.11	6.0	17.91	31.2	OK
11592.23	62.23	11.62	0.5	1.53	1.0	NOT OK
12310	717.7	17.72	6.1	18.30	11.0	NOT OK
13090	780	18.94	1.2	3.66	12.0	OK
13500	410	9.69	9.3	27.75	6.3	NOT OK

Tabel 17. Analisis Simpang Antar Lantai Akibat Gempa Statik Arah-Y

Sumber: Perhitungan penulis

Story Drift Y						
Level	Tinggi Tingkat	Perpindahan Elastis	Story Drift	Perkuatan Defleksi	Batas Izin Perpindahan	Remarks
	hsy (mili meter)	δ_{ey} (mili meter)	Δy (mili meter)	δy (mili meter)	Δa (milimeter) (koef. batasan x Hx)	
3500	3500	4.39	4.39	13.17	53.8	OK
4800	1300	6.80	2.41	7.23	20.0	OK
5410	610	8.45	1.65	4.95	9.4	OK
5760	350	6.56	1.89	5.67	5.4	NOT OK
8500	2740	17.61	11.1	33.15	42.2	OK
9500	1000	46.41	28.8	86.40	15.4	NOT OK
11530	2030	23.84	22.6	67.71	31.2	NOT OK
11592.23	62.23	12.55	11.3	33.87	1.0	NOT OK
12310	717.7	12.65	0.1	0.30	11.0	OK
13090	780	12.58	0.1	0.21	12.0	OK
13500	410	26	13.4	40.26	6.3	NOT OK

Tabel 18. Analisis Simpang Antar Lantai Akibat Gempa Dinamik Arah-X

Sumber: Perhitungan penulis

Story Drift X					
Level	Height Level	Amplified Displacement	Defleksi	Batas Izin Perpindahan	Remarks
	hsx (mili meter)	δx (milimeter)	Δx (mili meter)	Δa (mm) (Coeff.batasan x Hx)	

3500	3500	81.13	81.13	53.85	NOT OK
4800	1300	3.68	77.45	20.00	NOT OK
5410	610	2.22	1.46	9.38	OK
5760	350	1.13	1.09	5.38	OK
8500	2740	3.81	2.68	42.15	OK
9500	1000	7.28	3.47	15.38	OK
11530	2030	23.31	16.03	31.23	OK
11592.23	62.23	24.5	1.19	0.96	NOT OK
12310	717.77	30	5.5	11.04	OK
13090	780	29.92	0.08	12.00	OK
13500	410	51.4	21.48	6.31	NOT OK

Tabel 19. Analisis Simpang Antar Lantai Akibat Gempa Dinamik Arah-X

Sumber: Perhitungan penulis

Story Drift Y					
Level	Height Level	Amplified Displacement	Defleksi	Batas Izin Perpindahan	Remarks
	hsy (mili meter)	δy (milimeter)	Δy (mili meter)	Δa (mm) (Coeff. batasan x Hx)	
3500	3500	33.26	33.26	53.85	OK
4800	1300	6.8	26.46	20.00	NOT OK
5410	610	10.87	4.07	9.38	OK
5760	350	9.85	1.02	5.38	OK
8500	2740	23.09	13.24	42.15	OK
9500	1000	27.77	4.68	15.38	OK
11530	2030	36.7	8.93	31.23	OK
11592.23	62.23	8.81	27.89	0.96	NOT OK
12310	717.77	15.35	6.54	11.04	OK
13090	780	15.35	0	12.00	OK
13500	410	52.62	37.27	6.31	NOT OK

4.4. Pengaruh P-Delta

Untuk penentuan nilai P_x (kN) diambil dari kombinasi beban 1.0D + 1.0L seperti tabel 20, selanjutnya dikalkulasikan sehingga didapat hasil perhitungan efek p-delta akibat gempa; statik arah-x (tabel 21), statik arah-y (tabel 22), dinamik arah-x (tabel 23), serta dinamik arah-y (tabel 24).

Tabel 20. Nilai P_x (kN) Dari Kombinasi Beban 1.0D+1.0L

Sumber: Perhitungan penulis

Tingkat (hsx, mm)	Hight Level (hsx, mm)	P (kN)
3500	3500	-1887.81
4800	1300	-72.39
5410	610	-327.96
5760	350	-1184.86
8500	2740	-519.2
9500	1000	-657.27
11530	2030	-570.16
11592.2	62.23	-0.07

12310	717.77	-420.47
13090	780	-54.29
13500	410	-51.44

Tabel 21. Hasil Perhitungan P Delta Akibat Gempa Statik Arah-X

Sumber: Perhitungan penulis

X Direction								
Tingkat (hsx, mm)	Hight Level (hsx, mm)	P (kN)	Δx (mm)	V_x (kN)	θ_x	θ_{max}	Kondisi Efek P-Delta	
3500	3500	-1887.81	89.43	76.00	-	0.211562	0.17	Tidak Perlu
4800	1300	-72.39	84.96	0.73	-	2.160258	0.17	Tidak Perlu
5410	610	-327.96	0.63	-19.92	-	0.005668	0.17	Tidak Perlu
5760	350	-1184.86	2.70	47.85	-	0.063674	0.17	Tidak Perlu
8500	2740	-519.2	7.86	5.49	-	0.090430	0.17	Tidak Perlu
9500	1000	-657.27	5.16	115.68	-	0.009773	0.17	Tidak Perlu
11530	2030	-570.16	17.91	94.09	-	0.017821	0.17	Tidak Perlu
11592.23	62.23	-0.07	1.53	0.01	-	0.057368	0.17	Tidak Perlu
12310	717.77	-420.47	18.30	6.95	-	0.514156	0.17	Tidak Perlu
13090	780	-54.29	3.66	-10.41	-	0.008157	0.17	Tidak Perlu
13500	410	-51.44	27.75	-5.25	-	0.221055	0.17	redesign

Tabel 22. Hasil Perhitungan P Delta Akibat Gempa Statik Arah-Y

Sumber: Perhitungan penulis

Y Direction								
Tingkat (hsy, mm)	Hight Level (hsx, mm)	P (kN)	Δy (mm)	V_y (kN)	θ_y	θ_{max}	Kondisi Efek P-Delta	
3500	3500	-1887.81	13.17	110.49	-	0.021430	0.17	Tidak Perlu
4800	1300	-72.39	7.23	22.82	-	0.005881	0.17	Tidak Perlu
5410	610	-327.96	4.95	50.12	-	0.017700	0.17	Tidak Perlu
5760	350	-1184.86	5.67	100.89	-	0.063418	0.17	Tidak Perlu
8500	2740	-519.20	33.15	7.92	-	0.264376	0.17	Tidak Perlu
9500	1000	-657.27	86.40	94.39	-	0.200544	0.17	Tidak Perlu
11530	2030	-570.16	67.71	4.88	-	1.299010	0.17	Tidak Perlu
11592.23	62.23	-0.07	33.87	-2.73	-	0.004652	0.17	Tidak Perlu
12310	717.77	-420.47	0.30	17.89	-	0.003274	0.17	Tidak Perlu
13090	780	-54.29	0.21	35.79	-	0.000136	0.17	Tidak Perlu
13500	410	-51.44	40.26	-6.07	-	0.277384	0.17	redesign

Tabel 23. Hasil Perhitungan P Delta Akibat Gempa Dinamik Arah-X

Sumber: Perhitungan penulis

X Direction							
Tingkat (hsx, mm)	Height Level (hsx, mm)	P (kN)	Δx (m)	V_x (kN)	θ_x	θ_{max}	Kondisi Efek P-Delta
3500	3500	1887.81	81.13	100.41	0.145269	0.17	Tidak Perlu
4800	1300	-72.39	77.45	3.42	0.420348	0.17	Tidak Perlu
5410	610	-327.96	1.46	26.42	0.009904	0.17	Tidak Perlu
5760	350	-1184.86	1.09	108.37	0.011350	0.17	Tidak Perlu
8500	2740	-519.20	2.68	112.38	0.001506	0.17	Tidak Perlu
9500	1000	-657.27	3.47	179.70	0.004231	0.17	Tidak Perlu
11530	2030	-570.16	16.03	179.27	0.008372	0.17	Tidak Perlu
11592.23	62.23	-0.07	1.19	0.01	0.044619	0.17	Tidak Perlu
12310	717.77	-420.47	5.50	27.25	0.039412	0.17	Tidak Perlu
13090	780	-54.29	0.08	6.14	0.000302	0.17	Tidak Perlu
13500	410	-51.44	21.48	3.16	0.284278	0.17	Tidak Perlu

Tabel 24. Hasil Perhitungan P Delta Akibat Gempa Dinamik Arah-Y

Sumber: Perhitungan penulis

Y Direction							
Tingkat (hsy, mm)	Height Level (hsy, mm)	P (kN)	Δy (m)	V_y (kN)	θ_y	θ_{max}	Kondisi Efek P-Delta
3500	3500	1887.81	33.26	184.67	0.032381	0.17	Tidak Perlu
4800	1300	-72.39	26.46	39.92	0.012303	0.17	Tidak Perlu
5410	610	-327.96	4.07	27.48	0.026543	0.17	Tidak Perlu
5760	350	-1184.86	1.02	93.58	0.012300	0.17	Tidak Perlu
8500	2740	-519.20	13.24	111.93	0.007471	0.17	Tidak Perlu
9500	1000	-657.27	4.68	107.06	0.009577	0.17	Tidak Perlu
11530	2030	-570.16	8.93	66.79	0.012518	0.17	Tidak Perlu
11592.23	62.23	-0.07	27.89	0.89	0.011750	0.17	Tidak Perlu
12310	717.77	-420.47	6.54	44.65	0.028601	0.17	Tidak Perlu
13090	780	-54.29	0.00	27.44	0.000000	0.17	Tidak Perlu

Y Direction							
Tingkat (hsy, mm)	Height Level (hsy, mm)	P (kN)	Δy (m)	V_y (kN)	θ_y	θ_{max}	Kondisi Efek P-Delta
13500	410	-51.44	37.27	4.67	0.333763	0.17	Tidak Perlu

4.5. Analisis Defleksi Lateral Akibat Angin

Diambil nilai H/150 sebagai batas defleksi lateral akibat angin yang diaplikasikan pada seluruh bangunan.

Tabel 25. Hasil Perhitungan Defleksi Lateral Angin
Sumber: Analisis penulis

Level	Angin X+		Angin Y+		Angin X-		Angin Y-	
	Maks U_x	Min. U_x	Maks U_y	Min. U_y	Maks U_x	Min. U_x	Max U_y	Max U_y
3500	9.7	1.38	10.51	-1.63	-0.96	46.09	9.72	9.72
4800	1.59	0.5	10.58	3.33	-0.72	-1.83	9.99	9.99
5410	1.52	0.17	14.99	-	-0.04	-1.09	11.56	11.56
5760	0.56	0.17	11.2	17.91	-0.29	-0.6	12.28	12.28
6500	13.22	11.8	3.93	-3.11	-56	62.98	3.24	3.24
7000	1.44	0.79	12.47	-	-1.3	-2.39	13.66	13.66
8500	5.6	1.71	29.75	-5.9	-0.99	-2.88	11.98	11.98
9500	5.68	1.1	36.59	-6.64	-1.74	-3.67	13.81	13.81
11530	12.04	7.73	38.46	-4.61	-5.2	-8.65	9.98	9.98
11592.23	11.89	8.5	4.39	1.03	-5.74	-8.24	-6.29	-6.29
12310	10.72	46.83	8.39	2.17	26.49	-9.33	-7.86	-7.86
13090	8.1	-87.6	7.71	2.69	50.29	-9.76	-8.64	-8.64
13500	10.23	8.46	74.55	40.26	-5.9	-6.8	-2.15	-2.15

Tabel 26. Analisis Defleksi Lateral Angin Pada Existing A

Sumber: Analisis penulis

Lateral Wind Deflection					
	Ketinggian (mm)	Batas	Lendutan Izin	Maksimal Lendutan	Keterangan
H/150					
Arah X+	7000	150	46.67	1.44	OK
Arah X-	7000	150	46.67	2.39	OK
Arah Y+	7000	150	46.67	20.66	OK
Arah Y-	7000	150	46.67	13.66	OK

Tabel 27. Analisis Defleksi Lateral Angin Pada Existing B

Sumber: Analisis penulis

Lateral Wind Deflection					
	Ketinggian	Batas	Lendutan Izin	Maksimal Lendutan	Keterangan
H/150					
Arah X+	11530	150	76.87	12.04	OK
Arah X-	11530	150	76.87	8.65	OK
Arah Y+	11530	150	76.87	38.46	OK
Arah Y-	11530	150	76.87	9.98	OK

Tabel 28. Analisis Defleksi *Lateral* Angin Pada Existing C

Sumber: Analisis penulis

Lateral Wind Deflection					
	Ketinggian	Batas	Lendutan Izin	Maksimal Lendutan	Keterangan
H/150					
Arah X+	4800	150	32.00	1.59	OK
Arah X-	4800	150	32.00	1.83	OK
Arah Y+	4800	150	32.00	10.58	OK
Arah Y-	4800	150	32.00	9.99	OK

Tabel 29. Analisis Defleksi *Lateral* Angin Pada Struktur Baru

Sumber: Analisis penulis

Lateral Wind Deflection					
	Ketinggian	Batas	Lendutan Izin	Maksimal Lendutan	Keterangan
H/150					
Arah X+	13500	150	90.00	10.23	OK
Arah X-	13500	150	90.00	6.8	OK
Arah Y+	13500	150	90.00	74.55	OK
Arah Y-	13500	150	90.00	2.15	OK

4.6. Analisis Defleksi Vertikal

Untuk memudahkan perhitungan dibuat parameter analisis defleksi vertikal di tabel 30, lalu dianalisis tiap bangunan (tabel 31, 32, 33, dan 34).

Tabel 30. Kategori Pengaruh Defleksi Kombinasi Pembebanan

Sumber: Analisis penulis

Arah Defleksi	Item	Value	Load Conditions
Vertikal	Purlin	L / 180	SLS D + Lr
	Rafter	L / 180	SLS D + Lr
	Balok	L / 360	SLS D + L

Tabel 31. Maksimum Lendutan pada Existing A

Sumber: Analisis penulis

Vertical Deflection Existing A							
Loa d Case	Part Memb er	Profil	Len g t h (mm)	Rul es (l/ ...)	Permis sible Deflect ion	Maxi mum Deflec tion	Rema rks
D+ Lr	Purlin	CNP 125x50x20x2,3	6000	180	33.33	3.27	OK
D+ Lr	Rafter	WF 300x150x6,5x9	1167	180	64.85	17.61	OK
D+ L	Balok Crane 5 Ton	WF 350x200x14x9	6000	360	16.67	0.80	OK
D+ L	Balok Belakang Crane	WF 200x100x4,5x3,2	6000	360	16.67	0.70	OK

Vertical Deflection Existing A							
Loa d Case	Part Memb er	Profil	Len g t h (mm)	Rul es (l/ ...)	Permis sible Deflect ion	Maxi mum Deflec tion	Rema rks
	5 Ton						
D+ L	Balok Antar Kolom	WF 200x100x4,5x3,2	6000	360	16.67	1.45	OK
D+ L	Balok Mezzanine	WF 300x150x6,5x9	5750	360	15.97	14.54	OK

Tabel 32. Maksimum Lendutan pada Existing B

Sumber: Analisis penulis

Vertical Deflection Existing B							
Loa d Case	Part Memb er	Profil	Len g t h (mm)	Rul es (l/ ...)	Permis sible Deflect ion	Maxim um Deflect ion	Remar ks
D+ Lx	Purlin	CNP 125x50x20x2,3	6000	180	33.33	5.76	OK
D+ Lx	Rafter	WF 300x150x6,5x9	11664.15	180	64.80	26.83	OK
D+ L	Balok Antar Kolom	WF 200x100x4,5x3,2	6000	360	16.67	0.36	OK
D+ L	Balok Crane 5Ton	WF 350x200x14x9	6000	360	16.67	0.92	OK
D+ L	Balok Crane 10Ton	WF 500x200x17x9	6000	360	16.67	0.69	OK
D+ L	Balok Belakang Crane 10Ton	WF 200x100x4,5x3,2	6000	360	16.67	0.39	OK

Tabel 33. Maksimum Lendutan pada Existing C

Sumber: Analisis penulis

Vertical Deflection Existing C							
Loa d Case	Part Memb er	Profil	Len g t h (mm)	Rul es (l/ ...)	Permis sible Deflect ion	Maxim um Deflect ion	Remar ks
D+ Lr	Purlin	CNP 125x50x20x2,3	6000	180	33.33	0.97	OK
D+ Lr	Rafter	WF 250x150x7x9	8104.94	180	45.03	4.53	OK
D+ L	Balok Antar Kolom	WF 250x150x7x9	6000	360	16.67	0.25	OK

Tabel 34. Maksimum Lendutan pada Struktur Baru

Sumber: Analisis penulis

Vertical Deflection Struktur Baru							
Loa d Case	Part Memb er	Profil	Len g t h (mm)	Rul es (l/ ...)	Permis sible Deflect ion	Maximu m Deflect ion	Remar ks
D+ Lr	Purlin	UNP 150x75x12,5x9	6000	180	33.33	1.43	OK
D+ Lr	Rafter	WF 300x150x6,5x9	8081.82	180	44.90	9.72	OK
D+ L	Balok Antar Kolom	WF 300x150x6,5x9	6000	360	16.67	0.19	OK
D+ L	Balok Pengaku	WF 250x150x7x9	6000	360	16.67	0.22	OK

4.7. Analisis Stress Ratio

Tabel 35. Sampel Stress Ratio

Sumber: Analisis penulis

Num ber Mem ber	Profil	Stre ss Rati o	Ratio Kelangs in gan	Keterang an Terhada p Stress Ratio Izin; <1	Keterang an Terhadap Kelangs in gan Izin; <200
1	WF600x200x1 7x11	1.49	184.52	Ganti Profil	Profil Stabil
2	WF600x200x1 7x11	2.20	184.52	Ganti Profil	Profil Stabil
3263	WF600x200x1 7x11	1.36	184.52	Ganti Profil	Profil Stabil
3264	WF600x200x1 7x11	1.75	184.52	Ganti Profil	Profil Stabil
3266	WF600x200x1 7x11	1.92	184.52	Ganti Profil	Profil Stabil
3267	WF600x200x1 7x11	1.92	184.52	Ganti Profil	Profil Stabil
3268	WF600x200x1 7x11	1.62	184.52	Ganti Profil	Profil Stabil
3269	WF600x200x1 7x11	1.11	184.52	Ganti Profil	Profil Stabil
3270	WF600x200x1 7x11	1.16	184.52	Ganti Profil	Profil Stabil
3271	WF600x200x1 7x11	1.11	184.52	Ganti Profil	Profil Stabil
3272	WF600x200x1 7x11	1.44	184.52	Ganti Profil	Profil Stabil
3273	WF600x200x1 7x11	1.65	184.52	Ganti Profil	Profil Stabil
3274	WF600x200x1 7x11	1.62	184.52	Ganti Profil	Profil Stabil
3275	WF600x200x1 7x11	1.36	184.52	Ganti Profil	Profil Stabil
3276	WF600x200x1 7x11	0.94	184.52	Profil Mampu	Profil Stabil
3277	WF600x200x1 7x11	0.84	184.52	Profil Mampu	Profil Stabil
1301	WF300x150x9 x6,5	3.26	327.09	Ganti Profil	Profil Tidak Stabil
1308	WF300x150x9 x6,5	0.61	59.66	Profil Mampu	Profil Stabil
1309	WF300x150x9 x6,5	3.78	327.09	Ganti Profil	Profil Tidak Stabil
1312	WF300x150x9 x6,5	0.64	59.66	Profil Mampu	Profil Stabil
1313	WF300x150x9 x6,5	3.76	327.09	Ganti Profil	Profil Tidak Stabil
1316	WF300x150x9 x6,5	0.62	59.66	Profil Mampu	Profil Stabil
1317	WF300x150x9 x6,5	3.3	327.09	Ganti Profil	Profil Tidak Stabil
1320	WF300x150x9 x6,5	0.61	59.66	Profil Mampu	Profil Stabil
2827	WF300x150x9 x6,5	0.87	61.48	Profil Mampu	Profil Stabil
2828	WF300x150x9 x6,5	0.77	61.48	Profil Mampu	Profil Stabil
3320	WF300x150x9 x6,5	0.96	61.48	Profil Mampu	Profil Stabil
3321	WF300x150x9 x6,5	0.98	61.48	Profil Mampu	Profil Stabil
3322	WF300x150x9 x6,5	0.94	61.48	Profil Mampu	Profil Stabil
3323	WF300x150x9 x6,5	0.92	61.48	Profil Mampu	Profil Stabil
3324	WF300x150x9 x6,5	0.8	61.48	Profil Mampu	Profil Stabil
3325	WF300x150x9 x6,5	0.4	61.48	Profil Mampu	Profil Stabil
3326	WF300x150x9 x6,5	1.03	61.48	Ganti Profil	Profil Stabil

Num ber Mem ber	Profil	Stre ss Rati o	Ratio Kelangs in gan	Keterang an Terhada p Stress Ratio Izin; <1	Keterang an Terhadap Kelangs in gan Izin; <200
3327	WF300x150x9 x6,5	0.5	61.48	Profil Mampu	Profil Stabil
3328	WF300x150x9 x6,5	1.23	61.48	Ganti Profil	Profil Stabil
3329	WF300x150x9 x6,5	1.25	61.48	Ganti Profil	Profil Stabil
3330	WF300x150x9 x6,5	1.23	61.48	Ganti Profil	Profil Stabil
3331	WF300x150x9 x6,5	1.22	61.48	Ganti Profil	Profil Stabil
3333	WF300x150x9 x6,5	0.97	61.48	Profil Mampu	Profil Stabil
3334	WF300x150x9 x6,5	0.62	61.48	Profil Mampu	Profil Stabil

5. KESIMPULAN

Berasaskan dalam beberapa pengujian metode riset pada “Perencanaan Desain Struktur Atap Area Gantry Crane PT IPK Di Cikarang”, dengan perencanaan struktur atap baru area gantry crane seluas 279 m² yang menumpu kolom *existing* sudah menggunakan pemodelan data primer berupa *as build drawing* dan data sekunder berupa regulasi dari Standar Nasional Indonesia nomor; 1729:2020, 1727:2020, 1726:2019, 2847:2019, dan peraturan lainnya. Selanjutnya pada penelitian ini dapat disimpulkan bahwa, struktur atap baru **tidak mampu** menumpu pada kolom *existing*. Karena sebagai berikut:

1. Pada analisis partisipasi massa, pada vibrasi ragam ke 145 total partisipasi massa arah X sebesar 90,67% dan vibrasi ragam ke 145 total partisipasi massa arah Y terkombinasi 94,79%. Maka, jumlah partisipasi massa **memenuhi syarat** mencapai minimal 90%.
2. Pada analisis gaya geseran dasar konstruksi, melalui perbandingan besarnya gaya geseran dinamik *axis X* minimal \geq besarnya gaya geseran statik 100% *axis X* serta perbandingan besarnya gaya geseran dinamik *axis Y* minimal \geq besarnya gaya geseran statik 100% *axis Y*, **memenuhi syarat**. Dengan besaran gaya geseran dinamik gempa *axis X* sebesar 33836,001 kg \geq besaran gaya geseran statik 100% *axis X* sebesar 27343 kg, dan besaran gaya geser dinamik gempa *axis Y* sebesar 33836,001 kg \geq besaran gaya geser statik 100% *axis Y* sebesar 27401,81 kg.
3. Pada analisis gaya simpang antar lantai disebabkan gempa yang meliputi statik *axis x*, statik *axis y*, dinamik *axis x*, dan dinamik *axis y*. Lendutan yang terjadi banyak yang **tidak memenuhi syarat** dengan batas izin dalam peraturan SNI 1726-2019 poin 7.8.6.
4. Pada analisis pengaruh stabilitas efek P-delta, nilai koefisien stabilitas pada ketinggian bangunan 13,5m melebihi stabilitas maksimum akibat *seismic static*

axis x dan gempa statik *axis y*. Maka struktur memerlukan efek **p-delta**.

5. Pada analisis defleksi *lateral* akibat angin, defleksi semua bangunan yang diteliti dari angin *axis x+*, angin *axis x-*, angin *axis y+*, dan angin *axis y-* masih **memenuhi syarat** yang dikategorikan defleksi yang stabil.
6. Pada analisis defleksi vertikal, peninjauan dari seluruh bangunan dinilai **memenuhi syarat** karena masih berada pada batas izin.
7. Pada analisis *stress ratio*, akibat adanya struktur atap baru menyebabkan gaya aksial dan momen maksimum kolom *existing* melebihi dari *ratio* izin yaitu <1 . Maka, **tidak memenuhi syarat** dan terjadi kegagalan struktur akibat kuat nominal penampang menjadi berlebih dari gaya aksial yang terjadi.

6. UCAPAN TERIMAKASIH

Puji syukur kehadirat Tuhan yang Maha Esa seluas berkat serta rahmat-Nya, hingga kini penulis dapat menyelesaikan tugas akhir dengan judul “PERENCANAAN DESAIN STRUKTUR ATAP AREA GANTRY CRANE PT. IPK DI CIKARANG.”. Tersusunya laporan tugas akhir ini guna memenuhi syarat penyelesaian program Strata-1 di Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik dan Desain, Institut Teknologi Sains Bandung.

Segala kendala yang ada kami atasi berkat dukungan, bimbingan, semangat dan bimbingan pemangku kepentingan. Penulis ingin menggunakan kesempatan ini untuk mengucapkan terima kasih setulus-tulusnya kepada pihak-pihak:

1. Bapak Prof. Dr. Ir. Ari Darmawan Pasek, MSc. Selaku Rektor ITSB.
2. Bapak Asep Irwan, S., Kel., M.T. Selaku Pimpinan Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik dan Desain, di Institut Teknologi Sains Bandung.
3. Bapak Ilham, S.T., M.T. serta Ibu Annisa, S.T., M.T. Sebagai dosen pembimbing tugas akhir, selalu berupaya memberikan waktu serta tenaganya. Serta, bijaksana dalam memberikan arah dan keputusan penting selama konsultasi menyusun tugas akhir ini.
4. Semua Dosen Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik dan Desain, Institut Teknologi Sains Bandung, selalu mencerahkan pikiran serta berbagi ilmu baru terhadap penulis selama masa edukasi ini.
5. PT Intan Prima Kalorindo, dalam pemberian legitimasi izin yang dijadikan judul dipenulisan tugas akhir ini serta dukungan positif kepada penulis.
6. Terima kasih penulis ucapkan kepada Ir. Nur Rizky Aulia. Selaku *Structural Engineer Trainer* dari

software Robot Structural Analyze Professional (RSAP) yang berperan penting memberikan ilmu dan keterampilan baru yang diterapkan penulis pada tugas akhir ini.

7. Semua pihak yang dilibatkan dan mendoakan penulis. Segala ucapan terima kasih penulis ucapkan teruntuk orang yang ikut berbahagia atas tercapainya penulisan Tugas Akhir ini. Senantiasa Tuhan Yang Maha Esa memberkati kita.

7. DAFTAR PUSTAKA

- [1]. Badan Statistik Nasional. (2019). SNI 1726:2019 Tentang Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Bangunan Gedung dan Non Gedung. Jakarta: Badan Statistik Nasional.
- [2]. Badan Statistik Nasional. (2019). SNI 2847:2019 Tentang Persyaratan Beton Struktural untuk Bangunan Gedung. Jakarta: Badan Statistik Nasional.
- [3]. Badan Statistik Nasional. (2002). SNI 03-1729:2002 Tentang Spesifikasi untuk Bangunan Gedung Baja Struktural. Jakarta: Badan Statistik Nasional.
- [4]. Badan Statistik Nasional. (2020). SNI 1729:2020 Tentang Spesifikasi untuk Bangunan Gedung Baja Struktural. Jakarta: Badan Statistik Nasional.
- [5]. Badan Statistik Nasional. (2021). SNI 1727:2020 Peraturan Beban Minimum untuk Perencanaan Bangunan Gedung dan Struktur Lain. Jakarta: Badan Statistik Nasional.
- [6]. ASTM. (2021). *ASTM International*, 2016, 2018a, 2018b, 2019a, 2019b, 2019c, 2021.
- [7]. AISC. (2010). *Specification for Structural Steel Buildings* (ANSI/AISC 360-10) - 2010.
- [8]. AISC (2016). *Specification for Structural Steel Buildings* (ANSI/AISC 360-10) – 2016.
- [9]. ASCE/SEI 7-10. *Minimum Design Loads Associated Criteria for Buildings and Other Structures*. American Society of Civil Engineers, VA. Retrieved April 9, 2023, from: https://www.academia.edu/44745173/7_16_Minimum_Design_Loads_and_Associated_Criteria_for_Buildings_and_Other_Structures
- [10]. IBC (2018). *International Building Code 2018 Edition: Includes Adoption of and Amendments to the 2018 International Existing Building Code and ICC/ANSI A117.1-2009*. Washington DC: International Building Code. Retrieved April 14, 2023, from: <https://codes.iccsafe.org/content/IBC2018P4>

- [11]. ACI Commite 318 (2014). *Building Code Requirements for Structural Concrete and Commentary* (ACI 318-14), American Concrete Institute. Retrieved April 9, 2023, from: <http://aghababaie.usc.ac.ir/files/1506505203365.pdf>
- [12]. Annisa, A., Wiradinata, I., & Ilham, I. (2023). Perencanaan Berkelanjutan pada Desain Struktur Atap PT IPK. *Structure*, 5(1), 1. <https://doi.org/10.31000/civil.v5i1.7819>
- [13]. Arifi, E., & Setyowulan, D. (2021). Perencanaan Struktur Baja (Berdasarkan SNI 1729:2020) / Eva Arifi, Desy Setyowulan | Dinas Perpustakaan dan Kearsipan Provinsi Jawa Timur. <http://118.97.240.83:5758/inlislite3/opac/detail-opac?id=106750>
- [14]. BMKG. (2023). Probabilistik Curah Hujan 20 mm (tiap 24 jam) | BMKG. BMKG | Badan Meteorologi, Klimatologi, dan Geofisika. Retrieved April 23, 2023, from: <https://www.bmkg.go.id/cuaca/probabilistik-curah-hujan.bmkg>
- [15]. Bossa, M. R. V. (2014). Perencanaan Struktur Atap *Gable Frame* dengan Menggunakan Profil Baja WF Dengan Metode LRFD pada Proyek *Balroom Ijen Padjadjaran Suits Resorts and Convention Hall* Malang.
- [16]. Chetroiu, G. (2023). *Robot verification Manual Eurocodes*. Retrieved April 9, 2023, from: https://www.academia.edu/36655039/Robot_verification_Manual_Eurocodes
- [17]. Dewobroto, Wiryanto. (2016). Struktur Baja Perilaku, Analisis dan Desain AISC 2010 (Edisi ke-2). Jakarta: Jurusan Teknik Sipil UPH
- [18]. Fahri, M., Arnandha, Y., Yuwana, D. S. A., & Wicaksono, T. M. (2022). Evaluasi Struktur Rangka Baja pada Gedung Parkir Universitas TIDAR Berdasarkan SNI-1729-2015.
- [19]. Gunawan, R. (2002). Tabel Profil Konstruksi Baja. Perpustakaan Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat. Diakses pada: <https://pu.go.id/pustaka/biblio/tabel-profil-konstruksi-baja/46KD3>
- [20]. Harahap, M. F. (2019). Perilaku Dinamik pada Struktur *Apartement Metro Galaxy Park* terhadap Beban Gempa. 04(03).
- [21]. Syarif, Harriad Akbar., Djauhari, Zulfikar., Ridwan. (2020). Pengaruh P-Delta pada Struktur Sistem *Flat Slab-Drop Panel* pada Gedung Bertingkat Tidak Beraturan. *Prosiding Seminar Nasional Riset Teknologi Terapan*. Universitas Riau. Retrieved April 9, 2023, from: <https://jurnal.untidar.ac.id/index.php/senaster/article/download/2512/1689>
- [22]. Harsoyo, Y. A., Saifunuha, A. H., Wibowo, M. A., & Dwi Hatmoko, J. U. (2022). Beban Maksimum, Tegangan, Lendutan dan Momen *Curvatur* pada Variasi Jembatan Beton Balok T dengan Menggunakan *Software Response 2000*. *Konstruksia*, 13(1), 113. <https://doi.org/10.24853/jk.13.1.113-127>
- [23]. Husnah, H., Darfia, N. E., & Hidayat, F. (2019). Analisis Struktur Rangka Baja Ringan dan Baja Berat (WF) dengan Metode *Bricscad* dan Metode Elemen Hingga. *Siklus: Jurnal Teknik Sipil*, 5(2), 87–96. <https://doi.org/10.31849/siklus.v5i2.3232>
- [24]. Mansur, M. S., & Dewi, A. H. (2017). Gedung Perkuliahan di Surabaya dengan Metode Sistem Rangka Pemikul Momen Menengah (SRPMM).
- [25]. Mentari, S. (2020). Respon Struktur Gedung Bertingkat Banyak dengan *Layout* Persegi Panjang Menggunakan Dinding Geser di Perimeter Bagian Luar dan di Bagian Dalam. 16.
- [26]. Mukhlis, A. (2018). Perbandingan Perencanaan Portal Baja dengan SAP 2000 dan ETABS. *Jurnal Teknik Sipil dan Teknologi Konstruksi*, 2(2), Article 2. <https://doi.org/10.35308/jts-utu.v2i2.346>
- [27]. Nurrochmat, C., Soelarso, S., & Darwis, Z. (2023). *Static Behavior of Steel Frame Bridge (Case Study of Citanduy Bridge, Tasikmalaya Regency)*. *Fondasi: Jurnal Teknik Sipil*, 12(1), 32. <https://doi.org/10.36055/fondasi.v12i1.19600>
- [28]. P, J. I. W. A. W., Indra, S., & Santosa, A. (2020). Perencanaan Portal Baja Menggunakan Metode LRFD pada Gedung Fakultas Ilmu Keolahragaan Universitas Negeri Malang. *Student Journal Gelar*, 2(1), Article 1.
- [29]. Pratama, M. M. A., Putri, S. D. S., & Santoso, E. (2021). Analisis Kinerja Bangunan Gedung Tinggi Dengan Penambahan Dinding Geser (Studi Kasus: Bangunan 8 Lantai). *Siklus: Jurnal Teknik Sipil*, 7(2), 119–130. <https://doi.org/10.31849/siklus.v7i2.6922>
- [30]. Shany, S. A., Santosa, A. A., & Erfan, M. (n.d.). Analisa Perbandingan Simpangan pada Sistem Rangka Pemikul Momen dan Sistem Ganda.
- [31]. Suhajri, A., & Dewi, S. H. (2016). Evaluasi Perencanaan Struktur Kuda-Kuda Baja Gedung

- Kargo Bandar Udara Sultan Syarif Kasim II Pekanbaru. *Jurnal Saintis*, 16(1), *Article 1*.
- [32]. Taqiya, A., Aenin, I. N., Antonius, A., & Fitriyana, L. (2022a). Perencanaan Bangunan Gudang dengan Struktur Baja pada Tanah Lunak. *Prosiding Konstelasi Ilmiah Mahasiswa UNISSULA (KIMU) Klaster Engineering*, 0, *Article 0*.
<http://jurnal.unissula.ac.id/index.php/kimueng/article/view/20576>
- [33]. Taqiya, A., Aenin, I. N., Antonius, A., & Fitriyana, L. (2022b). Perencanaan Bangunan Gudang dengan Struktur Baja pada Tanah Lunak. *Prosiding Konstelasi Ilmiah Mahasiswa UNISSULA (KIMU) Klaster Engineering*, 0, *Article 0*.
<https://jurnal.unissula.ac.id/index.php/kimueng/article/view/20576>
- [34]. Tumurang, O. M., Dapas, S. O., & Windah, R. S. (2016). Analisis Tata Letak *Stiffener* terhadap Tekuk Lokal Baja.
- [35]. Utomo, S. (2012). Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Negeri Yogyakarta 2012.
- [36]. Yoppy Soleman. (2006). Kajian Parameter dalam Beberapa Prosedur Desain Metoda Perpindahan untuk Struktur Beton Bertulang.
<https://doi.org/10.13140/RG.2.1.3264.1128>
- [37]. Desain Spektra Gempa Indonesia. Diperoleh dari *Website Resmi Kementerian Dinas Pekerjaan Umum Penataan Ruang (PUPR)*. Diakses pada 9 April 2023 pukul 22.31, dengan laman:
<https://rsa.ciptakarya.pu.go.id/2021/index.php?pga=0.3700&ss=0.7823&s1=0.3735&tl=20&kelas=2#grafik>