

Perencanaan Struktur Baja Pabrik Kimia Ukuran 45x95 m dengan Aplikasi SAP 2000

Edison Hatoguan Manurung¹, Budi Harta Winata², Riza Fahlevi³, Rachmaiyanti⁴

¹⁻⁴Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Mpu Tantular, Jakarta, Indonesia

email: edisonmanurung2010@yahoo.com, budihartawinata1@gmail.com, rizal.arthamas@gmail.com, rachmaiyanti8@gmail.com

Article Info

Article history:

Received June 20, 2026

Revised July 11, 2026

Accepted July 16, 2026

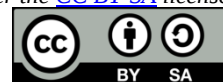
Keywords:

Chemical Plant, Kaolin, Steel Structure, SAP 2000, Steel Portal Frame.

ABSTRACT

The construction of a chemical plant requires a structure capable of ensuring safety, strength, and efficiency throughout the building's service life. This study aims to design a steel structure for the 45 × 95 m Kaolin Chemical Plant using SAP2000 software. The structural system employed is a wide-span steel portal frame to provide a production space free of column obstructions in the process area. The structural analysis was performed based on loading criteria in accordance with SNI 1727:2020, which includes dead loads, live loads, wind loads, and seismic loads. Seismic loads were determined in accordance with SNI 1726:2019 based on the project site's seismic hazard parameters, while the design of steel members followed SNI 1729:2020. Three-dimensional modelling in SAP2000 was used to determine internal forces, structural displacements, member strength ratios, and to evaluate the structural performance under applicable load combinations. The analysis results are expected to demonstrate that the structure meets the requirements for strength, stiffness, stability, and deflection limits in accordance with applicable design standards. This study is expected to serve as a reference for the design of wide-span industrial buildings with safe, economical, and efficient steel structures.

This is an open access article under the [CC BY-SA](https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/) license.



Article Info

Article history:

Received June 20, 2026

Revised July 11, 2026

Accepted July 16, 2026

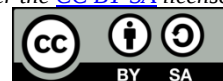
Kata Kunci:

Pabrik Kimia, Kaolin, Struktur Baja, SAP2000, Portal Baja.

ABSTRAK

Pembangunan pabrik kimia memerlukan struktur yang mampu menjamin keamanan, kekuatan, dan efisiensi selama umur layan bangunan. Penelitian ini bertujuan merencanakan struktur baja pada bangunan Pabrik Kimia Kaolin berukuran 45 × 95 m menggunakan perangkat lunak SAP2000. Sistem struktur yang digunakan berupa portal baja dengan bentang lebar untuk memperoleh ruang produksi yang bebas dari hambatan kolom di area proses. Analisis struktur dilakukan berdasarkan pembebanan sesuai SNI 1727:2020 yang meliputi beban mati, beban hidup, beban angin, dan beban gempa. Beban gempa ditentukan mengacu pada SNI 1726:2019 berdasarkan parameter bahaya gempa lokasi proyek, sedangkan desain elemen baja mengacu pada SNI 1729:2020. Pemodelan tiga dimensi pada SAP2000 digunakan untuk memperoleh gaya dalam, perpindahan struktur, rasio kekuatan elemen, serta mengevaluasi kinerja struktur terhadap kombinasi pembebanan yang berlaku. Hasil analisis diharapkan menunjukkan bahwa struktur memenuhi persyaratan kekuatan, kekakuan, stabilitas, dan batas lendutan sesuai standar perencanaan yang berlaku. Penelitian ini diharapkan dapat menjadi referensi dalam perencanaan bangunan industri bentang lebar dengan struktur baja yang aman, ekonomis, dan efisien.

This is an open access article under the [CC BY-SA](https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/) license.



Corresponding Author:

Edison Hatoguan Manurung

Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Mpu Tantular, Jakarta, Indonesia

email: edisonmanurung2010@yahoo.com

PENDAHULUAN

Peningkatan kebutuhan kaolin sebagai bahan baku industri keramik, kertas, cat, dan kosmetik mendorong pembangunan fasilitas produksi yang aman, efisien, dan andal. Salah satu aspek penting dalam pembangunan pabrik adalah perencanaan struktur yang mampu menahan beban operasional, beban angin, dan beban gempa sesuai standar yang berlaku.

Struktur baja banyak digunakan pada bangunan pabrik karena memiliki kekuatan tinggi, mampu mengakomodasi bentang lebar, serta memberikan fleksibilitas tata letak ruang produksi. Dalam penelitian ini, direncanakan struktur baja untuk Pabrik Kimia Kaolin berukuran 45×95 m menggunakan perangkat lunak SAP2000. Analisis dilakukan berdasarkan pembebanan sesuai SNI 1727:2020, ketahanan gempa berdasarkan SNI 1726:2019, serta desain elemen baja mengacu pada SNI 1729:2020[1], [2].

Penelitian ini bertujuan memperoleh desain struktur baja yang memenuhi persyaratan kekuatan, kekakuan, dan stabilitas sehingga dapat digunakan sebagai acuan dalam perencanaan bangunan pabrik bentang lebar yang aman dan ekonomis[3].

METODE

Penelitian ini menggunakan metode kuantitatif dengan pendekatan analisis struktur. Objek penelitian adalah bangunan Pabrik Kimia Kaolin berukuran 45×95 m yang direncanakan menggunakan sistem struktur baja. Tahapan penelitian meliputi pengumpulan data geometri bangunan, penentuan mutu material, serta pembebanan yang terdiri atas beban mati, beban hidup, beban angin, dan beban gempa sesuai SNI 1727:2020 dan SNI 1726:2019[4]. Selanjutnya dilakukan pemodelan struktur tiga dimensi menggunakan perangkat lunak SAP2000, kemudian dianalisis untuk memperoleh gaya dalam, perpindahan struktur, dan rasio kekuatan elemen. Desain elemen baja dievaluasi berdasarkan SNI 1729:2020 untuk memastikan struktur memenuhi persyaratan kekuatan, kekakuan, stabilitas, dan batas layan[5], [6].

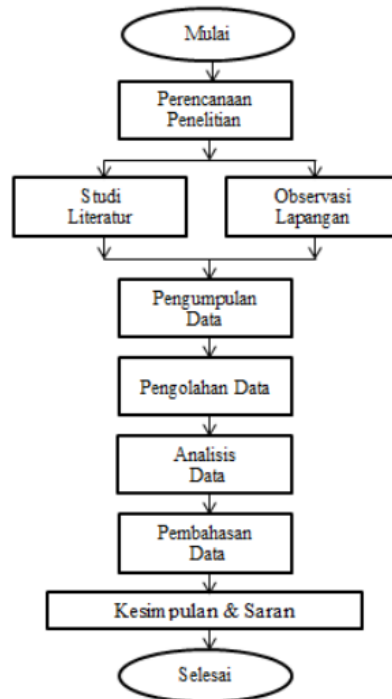
Data penelitian yang digunakan berupa data tanah, material, dan pembebanan. Model sambungan terdiri atas kolom profil H $400 \times 400 \times 18 \times 28$ mm dan balok profil Hollow double CNP $100 \times 50 \times 20 \times 2.3$ mm yang menggunakan material baja SS400 dengan tegangan leleh (F_y) sebesar 245 MPa. Seluruh pemodelan dan analisis dilakukan menggunakan perangkat lunak SAP 2000[7], [8][9]. Metode penelitian yang digunakan meliputi:

- a) Studi literatur untuk membangun landasan teori
- b) Pemodelan pabrik kimia dengan SAP2000
- c) Input material dan pembebanan
- d) Input parameter gempa
- e) Input kombinasi pembebanan
- f) Analisis hasil

Data Penelitian yang digunakan meliputi:

- a) Mutu baja $f_y = 245$ MPa
- b) F_u baja = 400 MPa
- c) Modulus elastisitas. $E = 200.000$ MPa

Penelitian ini memiliki alur seperti pada Gambar 4.

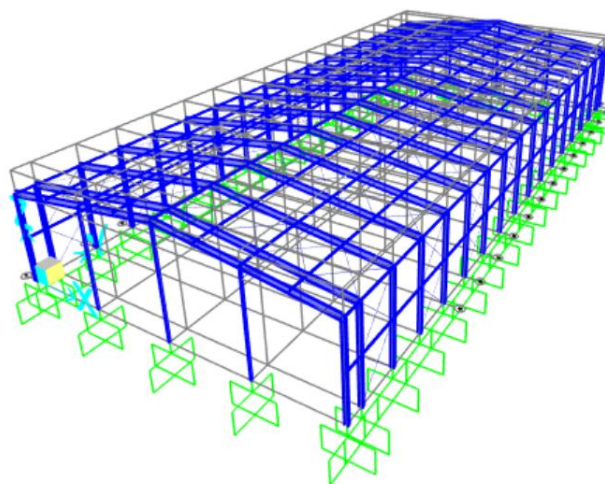


Gambar 1. Flowchart Penelitian

Data Teknis Bangunan

- Fungsi bangunan : Pabrik Kimia
- Lokasi bangunan : Jakarta
- Jenis tanah : lunak
- Tinggi bangunan : 15 m
- Lebar bangunan : 45 m
- Panjang bangunan : 95 m

Pemodelan Struktur



Gambar 2. Pemodelan Struktur Pabrik Kimia 45x95 m

Pembebanan

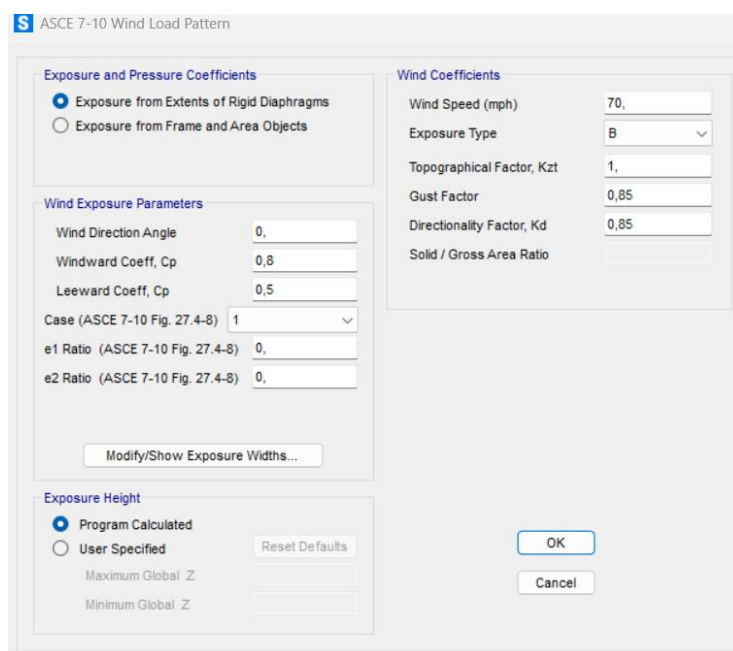
Beban-beban yang digunakan dapat dilihat pada tabel di bawah ini:

Tabel 1. Pembebanan Struktur

Beban	Nama	Nomer Beban	Keterangan
Beban Gempa	EQX	1 & 2	Gempa pada arah x
	EQZ	3 & 4	Gempa pada arah z
Beban Mati	DL	5	Berat Sendiri struktur
			Beban mati Lantai beton
			Beban mati Atap
Beban Hidup	LL	6	Beban Hidup Lantai beton
	LLR	7	Beban Hidup Atap

Beban Mati dan Hidup yang diinput

- ❖ Berat sendiri struktur
 - ❖ Beban mati atap : 15 kg/m².
 - Beban atap metal 0.40TCT : 4 kg/m²
 - Beban Purlin : 4.5 kg/m²
 - Beban tambahan : 6.5 kg/m²
 - ❖ Beban hidup Atap : Beban hidup atap 58 kg/m² (SNI 1727 : 2020)
 - ❖ Kecepatan Angin Rencana : 70 mph
- Koefisien beban angin diambil berdasarkan SNI 1727-2020, Beban Minimum Untuk Perancangan Bangunan Gedung dan Struktur Lain.



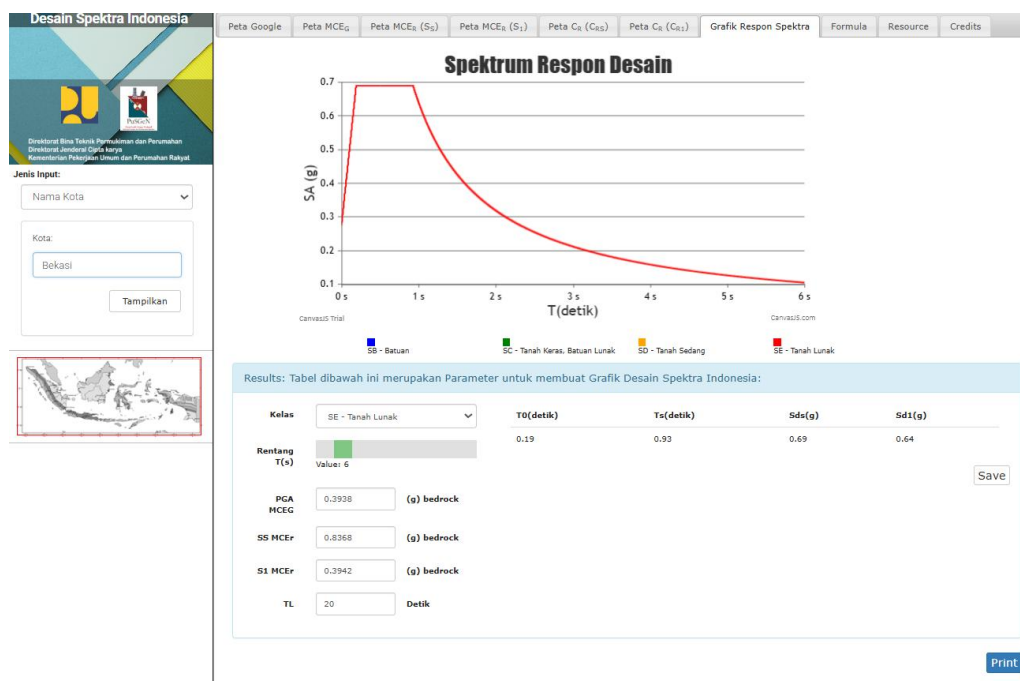
The screenshot shows the 'ASCE 7-10 Wind Load Pattern' dialog box. It contains several sections for inputting wind load parameters:

- Exposure and Pressure Coefficients:** Includes radio buttons for 'Exposure from Extents of Rigid Diaphragms' (selected) and 'Exposure from Frame and Area Objects'.
- Wind Exposure Parameters:** Includes input fields for 'Wind Direction Angle' (0), 'Windward Coeff, Cp' (0.8), 'Leeward Coeff, Cp' (0.5), 'Case (ASCE 7-10 Fig. 27.4-8)' (1), 'e1 Ratio (ASCE 7-10 Fig. 27.4-8)' (0), and 'e2 Ratio (ASCE 7-10 Fig. 27.4-8)' (0). There is a 'Modify/Show Exposure Widths...' button.
- Wind Coefficients:** Includes input fields for 'Wind Speed (mph)' (70), 'Exposure Type' (B), 'Topographical Factor, Kzt' (1), 'Gust Factor' (0.85), 'Directionality Factor, Kd' (0.85), and 'Solid / Gross Area Ratio'.
- Exposure Height:** Includes radio buttons for 'Program Calculated' (selected) and 'User Specified'. There are also 'Reset Defaults', 'OK', and 'Cancel' buttons.

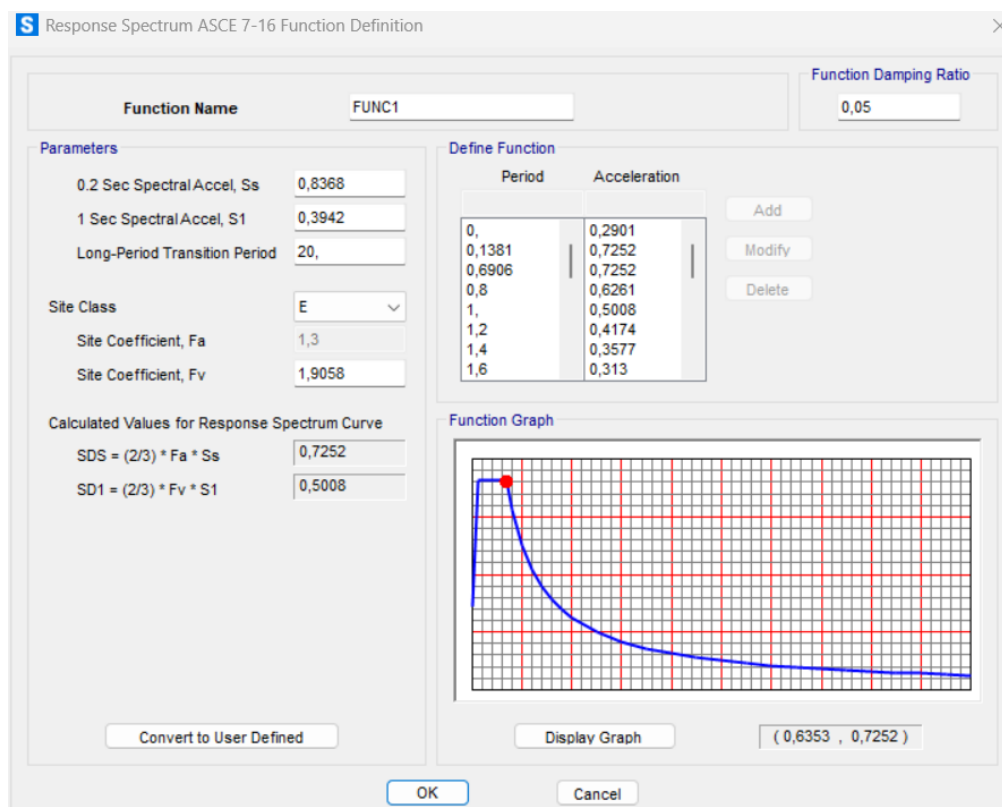
Gambar 3. Parameter Beban Angin

Beban Gempa

- ❖ Lokasi Bangunan : Jakarta
- ❖ Faktor Importance, I : II
- ❖ Faktor Ductility, R : 3.5 (Struktur baja penahan momen biasa tabel 12 SNI 1726:2019)
- ❖ Jenis Tanah : Tanah lunak (Asumsi)
- ❖ Ref seismic :
 - ❖ SNI 1726 : 2019
 - ❖ PUSKIM-Respon Spektrum Analisis 2019



Gambar 4. Respon Spektrum Desain



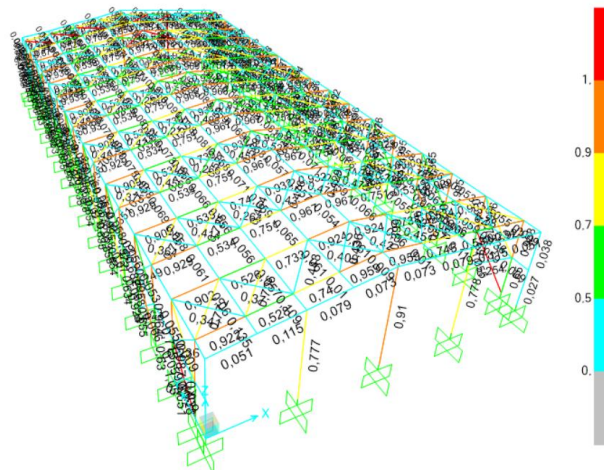
Gambar 5. Parameter respon spektrum di SAP2000

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pemodelan struktur Pabrik Kimia Kaolin berukuran 45×95 m dilakukan menggunakan SAP2000 dengan sistem portal baja tiga dimensi. Struktur dianalisis terhadap kombinasi beban mati, beban hidup, beban angin, dan beban gempa sesuai ketentuan SNI 1727:2020 dan SNI 1726:2019. Hasil analisis menunjukkan distribusi gaya dalam terbesar terjadi pada elemen

kolom dan balok utama akibat kombinasi beban gravitasi dan gempa[10].

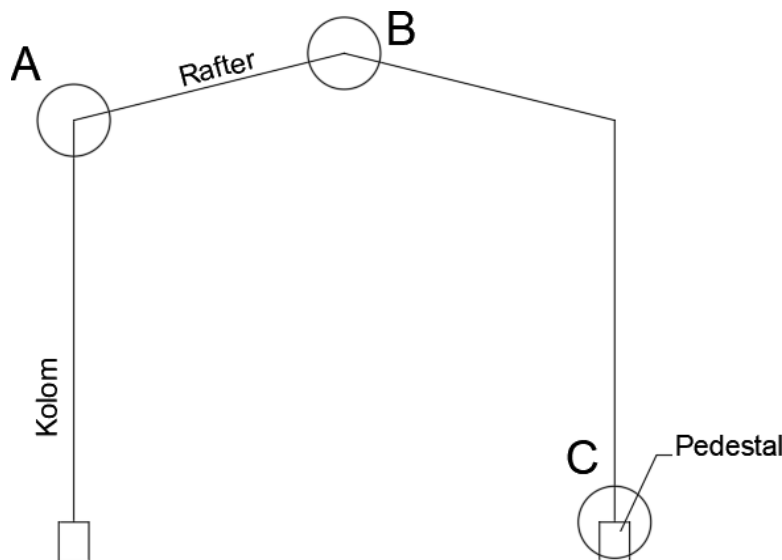
Hasil analisis struktur menunjukkan bahwa perilaku struktur menunjukkan bahwa tidak ada member yang mengalami over stress. Maksimum rasio tegangan pada Struktur Baja Pabrik Kimia Dengan Ukuran 45x95 m adalah:



Gambar 6. Hasil Rasio Struktur Pabrik Kimia

Evaluasi desain berdasarkan SNI 1729:2020 menunjukkan bahwa seluruh elemen struktur memiliki rasio utilisasi kurang dari 1,00 sehingga memenuhi persyaratan kekuatan. Nilai perpindahan (displacement) dan lendutan struktur juga masih berada dalam batas yang diizinkan, sehingga struktur dinilai memiliki kekakuan dan stabilitas yang memadai. Selain itu, penggunaan sistem portal baja memberikan ruang bebas kolom yang luas sehingga sesuai untuk mendukung aktivitas produksi dan penempatan peralatan di dalam pabrik.[11]

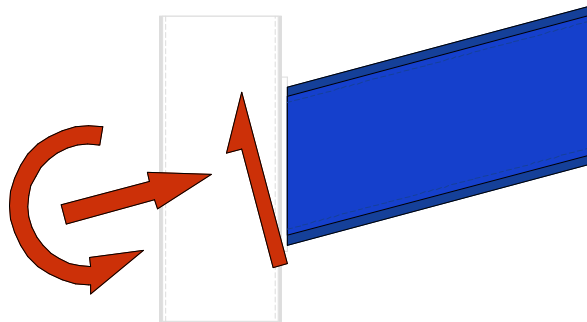
Perhitungan Sambungan



Gambar 7. Posisi sambungan struktur baja

Kolom Baja

Desain kolom yang menggunakan profil baja H Beam (profil balok) adalah balok WF yang berperilaku sebagai kolom yang menerima beban aksial dan gaya momen, dengan kata lain balok H Beam tadi ditempatkan sebagai kolom dalam kondisi struktural[12]. Dengan gaya dalam yang didapat pada pada SAP2000 sebagai berikut.



Gambar 8. Gaya dalam yang Terjadi pada Struktur

Tabel 2. Output Gaya dalam SAP2000

Kombinasi Beban	Gaya Geser (kN)	Gaya Aksial (kN)	Momen (kNm)
1	-12,652	164,556	28,61
2	-1,612	-119,083	-0,539
3	71,014	36,321	22,778
4	-70,094	34,832	-22,923
5	18,44	19,826	31,358
6	-0,103	5,561	-33,425

Kapasitas sambungan las sayap balok

$$F_w = 107.222 \text{ kN}$$

$$R_w = \frac{\phi \cdot F_w \cdot A_w}{1000}$$

$$= \frac{0.75 \times 288 \times 1\,403.812}{1000}$$

$$= 303.223 \text{ kN}$$

Sambungan las sayap balok aman

Kapasitas sambungan las badan balok

$$F_w = 81.011 \text{ kN}$$

$$R_w = \frac{\phi \cdot F_w \cdot A_w}{1000}$$

$$= \frac{0.75 \times 288 \times 6\,347.756}{1000}$$

$$= 1\,371.115 \text{ kN}$$

Sambungan las badan balok aman

Check 3: Kapasitas badan kolom kondisi tarik

Di sayap bagian atas balok:

Beban maksimum terjadi pada kasus beban 2

Ketika $F_n = 53.638 \text{ kN}$

Kapasitas badan yaitu:

$$\begin{aligned} R_n &= \frac{t_w \cdot l_{eff} \cdot f_y}{1000} \\ &= \frac{18 \times 1060.675 \times 245}{1000} \\ &= 4677.577 \text{ kN} \end{aligned}$$

But due to the stiffeners the resistance is :

$$\begin{aligned} R_{eff} &= R_n + R_s \\ &= 4677.577 + 588 \\ &= 5265.577 \text{ kN} \end{aligned}$$

Di sayap bagian bawah balok,

Beban maksimum yang terjadi pada kasus beban 2

Ketika $F_n = 54.969 \text{ kN}$

Kapasitas badan yaitu:

$$\begin{aligned} R_n &= \frac{t_w \cdot l_{eff} \cdot f_y}{1000} \\ &= \frac{18 \times 780.675 \times 245}{1000} \\ &= 3442.777 \text{ kN} \end{aligned}$$

But due to the stiffeners the resistance is :

$$\begin{aligned} R_{eff} &= R_n + R_s \\ &= 3442.777 + 588 \\ &= 4030.777 \text{ kN} \end{aligned}$$

Badan kolom aman terhadap tarik.

Check 4: Kapasitas Web Kolom Terhadap Kerusakan Akibat Tekanan

Sayap bagian atas balok:

Beban maksimum yang terjadi pada kasus beban 6

Ketika $F_n = 43.77 \text{ kN}$

Kapasitas badan yaitu:

$$\begin{aligned} R_n &= \frac{t_w \cdot l_{eff} \cdot f_y}{1000} \\ &= \frac{18 \times 137 \times 245}{1000} \\ &= 604.170 \text{ kN} \end{aligned}$$

But due to the stiffeners the resistance is :

$$\begin{aligned} R_{eff} &= R_n + R_s \\ &= 604.170 + 588 \\ &= 1192.170 \text{ kN} \end{aligned}$$

Sayap bagian bawah balok:

Beban maksimum yang terjadi pada kasus beban 1

Ketika $F_n = 107.222 \text{ kN}$

Kapasitas badan yaitu:

$$R_n = \frac{t_w \cdot l_{eff} \cdot f_y}{1000}$$

$$= \frac{18 \times 262 \times 245}{1000}$$

$$= 1155.420 \text{ kN}$$

But due to the stiffeners the resistance is :

$$R_{eff} = R_n + R_s$$

$$= 1155.420 + 588$$

$$= 1743.420 \text{ kN}$$

Badan kolom aman terhadap kerusakan akibat tekanan

Check 5: Kapasitas buckling pada Badan Kolom akibat tekan

Sayap bagian atas:

Beban maksimum terjadi pada kasus beban 6

Ketika $F_n = 43.77 \text{ kN}$

$$R_n = \frac{\phi \cdot 178.5 \cdot t_w^2 \cdot \left[1 + \frac{3 \cdot N}{d} \cdot \left[\frac{t_w}{t_f} \right]^{1.5} \right] \cdot \sqrt{\frac{f_y \cdot t_f}{t_w}}}{1000}$$

$$= \frac{0.75 \times 178.5 \times 18^2 \times \left[1 + \frac{3 \times 17.654}{400} \times \left[\frac{18}{28} \right]^{1.5} \right] \times \sqrt{\frac{245 \times 28}{18}}}{1000}$$

$$= 904.569 \text{ kN}$$

But due to the stiffeners the resistance is :

$$R_{eff} = R_n + \frac{2 \cdot t \cdot b \cdot f_y}{1000}$$

$$= 904.569 + \frac{2 \times 6 \times 200 \times 245}{1000}$$

$$= 1492.569 \text{ kN}$$

Sayap bagian bawah balok:

Beban maksimum terjadi pada kasus beban 1

Ketika $F_n = 107.222 \text{ kN}$

$$R_n = \frac{\phi \cdot 354.5 \cdot t_w^2 \cdot \left[1 + \frac{3 \cdot N}{d} \cdot \left[\frac{t_w}{t_f} \right]^{1.5} \right] \cdot \sqrt{\frac{f_y \cdot t_f}{t_w}}}{1000}$$

$$= \frac{0.75 \times 354.5 \times 18^2 \times \left[1 + \frac{3 \times 17.654}{400} \times \left[\frac{18}{28} \right]^{1.5} \right] \times \sqrt{\frac{245 \times 28}{18}}}{1000}$$

$$= 1796.468 \text{ kN}$$

But due to the stiffeners the resistance is :

$$R_{eff} = R_n + \frac{2 \cdot t \cdot b \cdot f_y}{1000}$$

$$= 1796.468 + \frac{2 \times 6 \times 200 \times 245}{1000}$$

$$= 2384.468 \text{ kN}$$

Badan kolom aman terhadap tekan saat buckling

Check 6: Kapasitas geser pada badan kolom

Beban maksimum yang terjadi pada kasus beban 1

Ketika $P_v = 107.222 \text{ kN}$

$$\begin{aligned} R_v &= \frac{0.9 \cdot 0.6 \cdot f_y \cdot t_w \cdot d_c}{1000} \\ &= \frac{0.9 \times 0.6 \times 245 \times 18 \times 400}{1000} \\ &= 952.560 \text{ kN} \end{aligned}$$

Badan kolom aman terhadap geser

Check 7: Tegangan Baut dan Pembengkokan sayap Kolom

Beban maksimum yang terjadi pada kasus beban 2

$F_{max} = 27.542 \text{ kN}$

The resistance is the smaller of the 3 possible failure modes :

Mode 1 : Complete yielding of the flange

$$\begin{aligned} R_1 &= \frac{4 \cdot M_{pl} + 2 \cdot M_{bp}}{m} \cdot 1000 \\ &= \frac{4 \times 21.26326 + 2 \times 0}{98.4} \times 1000 \\ &= 864.360 \text{ kN} \end{aligned}$$

Mode 2 : Bolt Failure with yielding of the flange

$$\begin{aligned} R_2 &= \frac{2 \cdot M_{pl} \cdot 1000 + n \cdot 2 \cdot B_t}{m + n} \\ &= \frac{2 \times 21.26326 \times 1000 + 75 \times 2 \times 94.2}{98.4 + 75} \\ &= 326.739 \text{ kN} \end{aligned}$$

Mode 3 : Bolt Failure only

$$\begin{aligned} R_3 &= 2 \cdot B_t \\ &= 2 \times 94.2 \\ &= 188.400 \text{ kN} \end{aligned}$$

Therefore $R = R_3 = 188.4$

Tegangan baut dan pembengkokan sayap kolom aman

Check 8: bearing pada sayap kolom

Terdapat 2 pemeriksaan: Check1: Beban maksimum terjadi pada kasus beban 1

$F_n = 6.751 \text{ kN}$

Kapasitas bearing sayap pada baut adalah

$$\begin{aligned} R_n &= \frac{\phi \cdot 1.5 \cdot F_u \cdot L_c \cdot t}{1000} \\ &= \frac{0.75 \times 1.5 \times 450 \times 50 \times 28}{1000} \\ &= 708.750 \text{ kN} \end{aligned}$$

Check 2: Kapasitas bearing pelat pada baut adalah:

$$\begin{aligned} R_n &= \frac{\phi \cdot 3.0 \cdot F_u \cdot d \cdot t}{1000} \\ &= \frac{0.75 \times 3.0 \times 450 \times 16 \times 28}{1000} \\ &= 453.600 \text{ kN} \end{aligned}$$

Sayap kolom aman terhadap bearing

Check 9: Tegangan baut dan end plate

Beban maksimum yang terjadi pada kasus beban 2

Fmax= 27.542 kN

The resistance is the smaller of the 3 possible failure modes :

Mode 1 : Complete yielding of the End Plate

$$\begin{aligned} R_1 &= \frac{4 \cdot M_{pl}}{m} \cdot 1000 \\ &= \frac{4 \times 1.00019}{25.2} \times 1000 \\ &= 158.760 \text{ kN} \end{aligned}$$

Mode 2 : Bolt Failure with yielding of the End Plate

$$\begin{aligned} R_2 &= \frac{2 \cdot M_{pl} \cdot 1000 + n \cdot 2 \cdot B_t}{m + n} \\ &= \frac{2 \times 1.00019 \times 1000 + 31.5 \times 2 \times 94.2}{25.2 + 31.5} \\ &= 139.947 \text{ kN} \end{aligned}$$

Mode 3 : Bolt Failure only

$$\begin{aligned} R_3 &= 2 \cdot B_t \\ &= 2 \times 94.2 \\ &= 188.400 \text{ kN} \end{aligned}$$

Therefore R = R2 = 139.947

Tegangan baut dan end plate aman

Check 10: bearing pada end plate

Terdapat 2 pemeriksaan: Check1: Beban maksimum terjadi pada kasus beban 1

Fn= 6.751 kN

Kapasitas bearing pelat pada baut:

$$\begin{aligned} R_n &= \frac{\phi \cdot 1.5 \cdot F_u \cdot L_e \cdot t}{1000} \\ &= \frac{0.75 \times 1.5 \times 450 \times 50 \times 12}{1000} \\ &= 303.750 \text{ kN} \end{aligned}$$

Check 2:

Kapasitas bearing pelat pada baut:

$$R_n = \frac{\phi \cdot 3.0 \cdot F_u \cdot d \cdot t}{1000}$$

$$= \frac{0.75 \times 3.0 \times 450 \times 16 \times 12}{1000}$$

$$= 194.400 \text{ kN}$$

End plate bearing aman

Check 11: Kapasitas geser pada baut

Beban maksimum yang terjadi pada kasus beban 1

Ketika $F_n = 6.751 \text{ kN}$

$$F_n = 0.4 \cdot F_u$$

$$= 0.4 \times 800$$

$$= 320.000 \text{ MPa}$$

The resistance of any bolt is :

$$R_{shear} = \frac{n \cdot \phi \cdot F_n \cdot A_b}{1000}$$

$$= \frac{1 \times 0.75 \times 320.000 \times 157}{1000}$$

$$= 37.680 \text{ kN}$$

Geser baut aman.

Check 12: Kapasitas geser dan tarik baut

Beban maksimum terjadi pada kasus pembebanan 2

Ketika $F_n = 13.771 \text{ kN}$

The resistance of any bolt is :

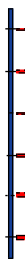
$$R_n = \frac{\phi \cdot F_t \cdot A_b}{1000}$$

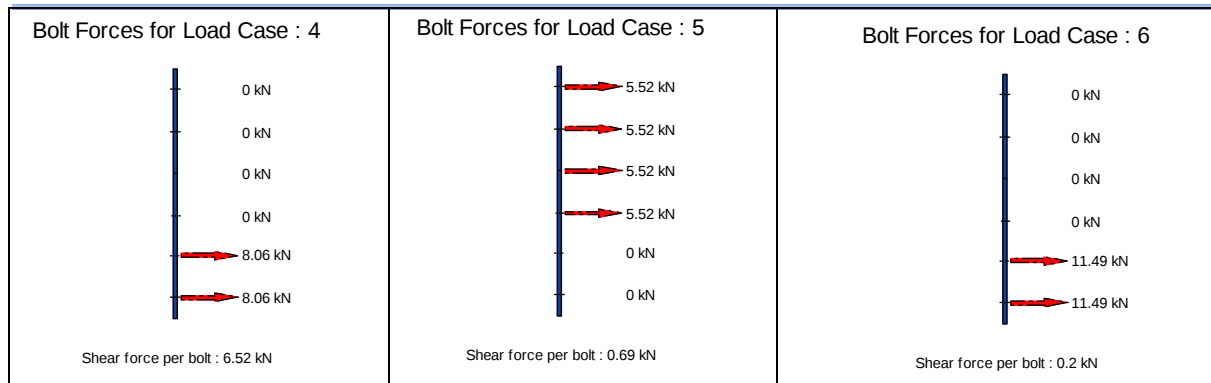
$$= \frac{0.75 \times 598.797 \times 201.062}{1000}$$

$$= 90.296 \text{ kN}$$

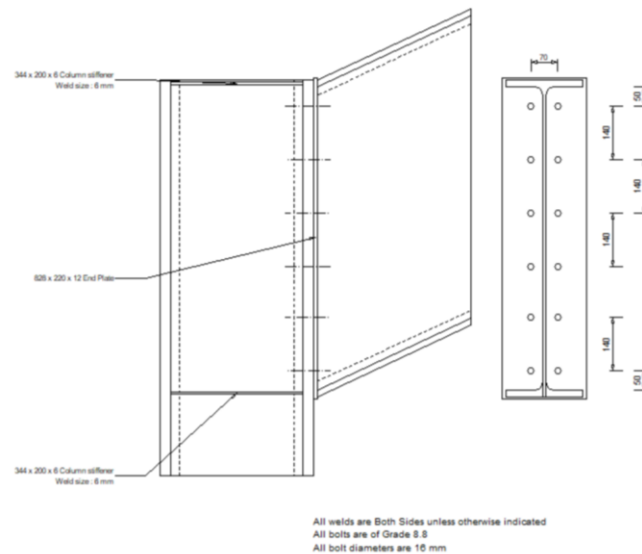
Geser dan tarik baut aman.

Berikut ini merupakan gaya baut yang terjadi pada sambungan.

Bolt Forces for Load Case : 1	Bolt Forces for Load Case : 2	Bolt Forces for Load Case : 3
 0 kN 0 kN 0 kN 0 kN 0 kN 0 kN 0 kN Shear force per bolt : 6.75 kN	 6.79 kN 6.79 kN 6.79 kN 6.79 kN 13.77 kN 13.77 kN Shear force per bolt : 4.07 kN	 1.24 kN 1.24 kN 1.24 kN 1.24 kN 0 kN 0 kN Shear force per bolt : 4.08 kN



Gambar 9. Gaya yang Terjadi pada Baut



Gambar 10. Rencana Sambungan Baut Kolom-Rafter

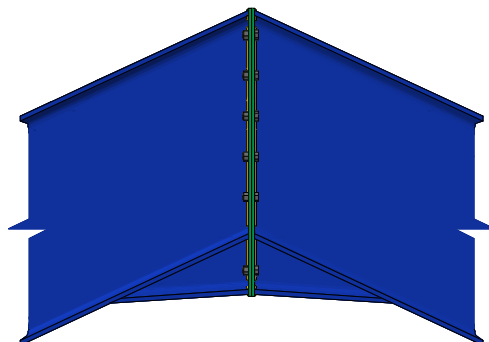
Dengan demikian dapat disimpulkan bahwa sambungan kolom rafter pada Pabrik Kimia Kaolin aman, hal tersebut di rangkum dalam tabel berikut.

Tabel 3. Rangkuman Hasil Sambungan Kolom-Rafter

Summary of Forces and Capacities for Design to AISC - 1993 LRFD								
Check	Member	Type	LC	Applied	Capacity	Units	% of Cap.	?
1	Weld	Flange	1	107.2	303.2	kN	35.4	O.K.
2	Weld	Web	1	81	1371.1	kN	5.9	O.K.
3	Column Web	Tension Yielding	2	55	4030.8	kN	1.4	O.K.
4	Column Web	Compression Crippling	1	107.2	1743.4	kN	6.2	O.K.
5	Column Web	Compression Buckling	1	107.2	2384.5	kN	4.5	O.K.
6	Column Web	Shear	1	107.2	952.6	kN	11.3	O.K.
7	Bolts & Flange	Tension & Bending	2	27.5	188.4	kN	14.6	O.K.
8	Column Flange	Bearing	1	6.8	453.6	kN	1.5	O.K.
9	Bolts & End Plate	Tension & Bending	2	27.5	139.9	kN	19.7	O.K.
10	End Plate	Bearing	1	6.8	194.4	kN	3.5	O.K.
11	Bolts	Shear	1	6.8	37.7	kN	17.9	O.K.
12	Bolts	Shear & Tension	2	13.8	90.3	kN	15.3	O.K.
13	Bolts	Slip	N/A	N/A	N/A	kN	N/A	N/A

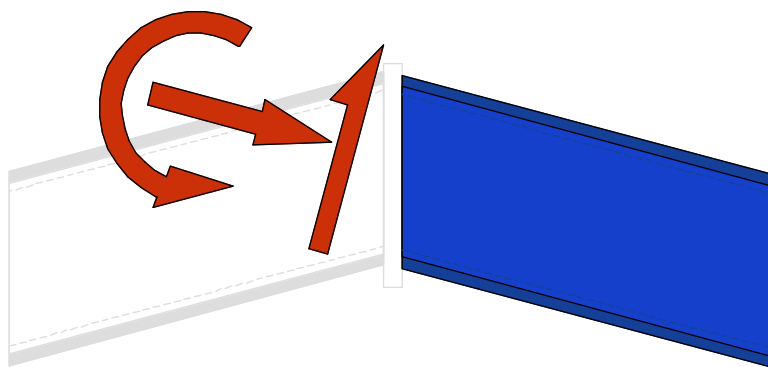
Balok (Rafter) Baja

Suatu penampang harus memiliki kestabilan dalam menghadapi kemungkinan tekuk lokal. Kemampuan suatu balok harus stabilitas tergantung pada ukuran kelangsingan masing-masing elemen pelatnya[13].



Gambar 11. Sambungan Rafter

Dengan gaya dalam yang diperoleh dari SAP2000 sebagai berikut.



Gambar 12. Gaya dalam yang Terjadi pada Rafter

Tabel 4. Output Gaya Dalam SAP2000

Kombinasi Beban	Gaya Geser (kN)	Gaya Aksial (kN)	Momen (kNm)
1	-6,709	0	-3,976
2	-6,709	0	-3,976
3	204,828	0	84,261
4	-223,779	0	61,702
5	-184,404	0	103,228
6	69,781	0	-101,133

Check 1: Kapasitas sambungan las sayap balok

Beban maksimum terjadi pada Kasus beban 5

$F_w = 141.184 \text{ kN}$

$$\begin{aligned} R_w &= \frac{\phi \cdot F_w \cdot A_w}{1000} \\ &= \frac{0.75 \times 288 \times 1\,484.924}{1000} \\ &= 320.744 \text{ kN} \end{aligned}$$

Sambungan las sayap balok aman

Check 2 : Kapasitas sambungan las badan balok

Beban maksimum terjadi pada kasus beban 4

$F_w = 202.813 \text{ kN}$

$$\begin{aligned} R_w &= \frac{\phi \cdot F_w \cdot A_w}{1000} \\ &= \frac{0.75 \times 288 \times 3\,853.882}{1000} \\ &= 832.439 \text{ kN} \end{aligned}$$

Sambungan las badan balok aman

Check 3: Kapasitas geser baut

Beban maksimum terjadi pada kasus beban 4

Ketika $F_n = 202.813 \text{ kN}$

$$\begin{aligned} F_n &= 0.4 \cdot F_u \\ &= 0.4 \times 800 \\ &= 320.000 \text{ MPa} \end{aligned}$$

The resistance of any bolt is :

$$\begin{aligned} R_{shear} &= \frac{n \cdot \phi \cdot F_n \cdot A_b}{1000} \\ &= \frac{2 \times 0.75 \times 320.000 \times 314.159}{1000} \\ &= 150.796 \text{ kN} \end{aligned}$$

Geser baut aman.

Check 4: Kapasitas geser dan tarik baut

Beban maksimum yang terjadi pada kasus beban 6

Ketika $F_n = 45.862 \text{ kN}$

Kapasitas badan yaitu:

The resistance of any bolt is :

$$\begin{aligned} R_n &= \frac{\phi \cdot F_t \cdot A_b}{1000} \\ &= \frac{0.75 \times 599.175 \times 314.159}{1000} \\ &= 141.177 \text{ kN} \end{aligned}$$

Geser dan tarik baut aman.

Check 5: Tarik baut dan End plate bending

Beban maksimum terjadi pada kasus beban 6

Ketika $F_{max} = 91.724 \text{ kN}$

The resistance is the smaller of the 3 possible failure modes :

Mode 1 : Complete yielding of the End Plate

$$\begin{aligned} R_1 &= \frac{4 \cdot M_{pl}}{m} \cdot 1000 \\ &= \frac{4 \times 1.19864}{30.2} \times 1000 \\ &= 158.760 \text{ kN} \end{aligned}$$

Mode 2 : Bolt Failure with yielding of the End Plate

$$\begin{aligned} R_2 &= \frac{2 \cdot M_{pl} \cdot 1000 + n \cdot 2 \cdot B_t}{m + n} \\ &= \frac{2 \times 1.19864 \times 1000 + 37.75 \times 2 \times 147}{30.2 + 37.75} \\ &= 198.613 \text{ kN} \end{aligned}$$

Mode 3 : Bolt Failure only

$$\begin{aligned} R_3 &= 2 \cdot B_t \\ &= 2 \times 147 \\ &= 294.000 \text{ kN} \end{aligned}$$

Therefore $R = R_1 = 158.76$

Tarik baut dan end plate bending aman.

Check 6: Bearing end plate

Terdapat 2 pemeriksaan, Check 1:

Beban maksimum yang terjadi pada kasus beban 4

Ketika $F_n = 16.901 \text{ kN}$

Kapasitas bearing pelat pada baut adalah:

$$\begin{aligned} R_n &= \frac{\phi \cdot 1.5 \cdot F_u \cdot L_c \cdot t}{1000} \\ &= \frac{0.75 \times 1.5 \times 450 \times 60 \times 12}{1000} \\ &= 364.500 \text{ kN} \end{aligned}$$

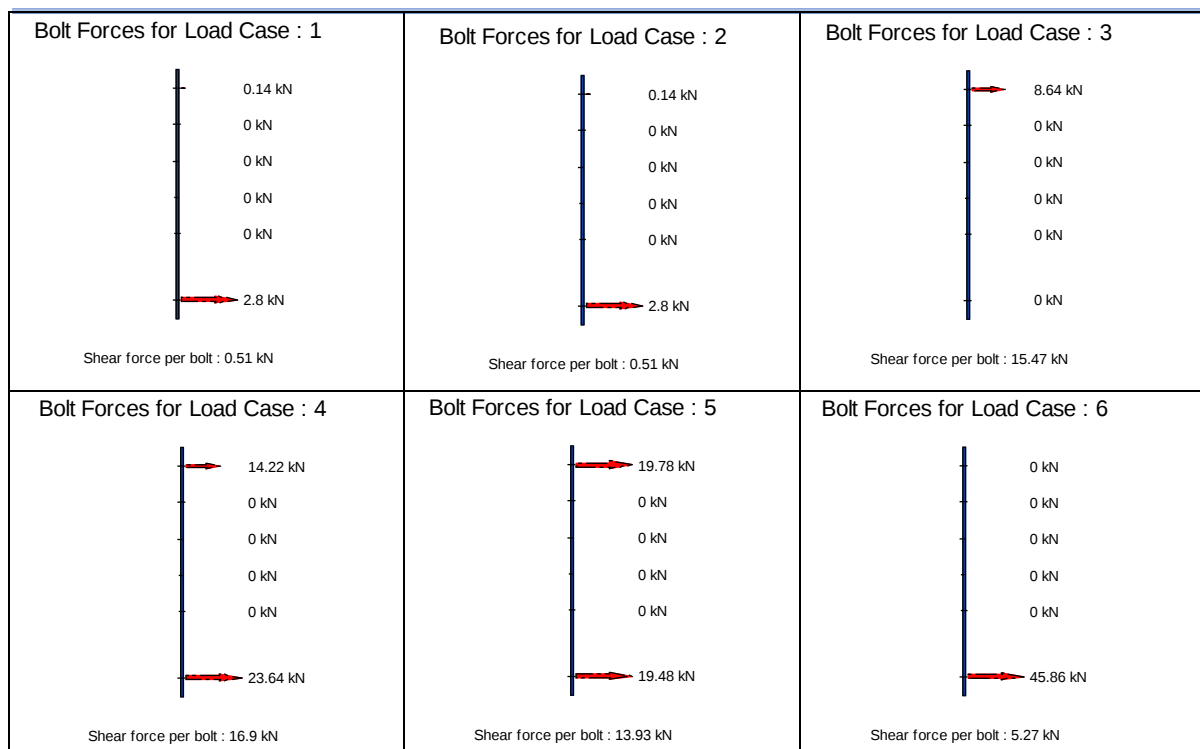
Check 2:

Kapasitas bearing pelat pada baut yaitu:

$$\begin{aligned} R_n &= \frac{\phi \cdot 3.0 \cdot F_u \cdot d \cdot t}{1000} \\ &= \frac{0.75 \times 3.0 \times 450 \times 20 \times 12}{1000} \\ &= 243.000 \text{ kN} \end{aligned}$$

End plate bearing aman.

Dengan gaya baut seperti pada gambar berikut.



Gambar 13. Gaya yang Terjadi pada Baut Rafter

Maka, dapat disimpulkan bahwa sambungan pada rafter aman, seperti pada tabel berikut.

Tabel 5. Rangkuman Hasil Sambungan Rafter

Summary of Forces and Capacities for Design to AISC - 1993 LRFD								
Check	Member	Type	LC	Applied	Capacity	Units	% of Cap.	?
1	Weld	Flange	5	141.2	303.2	kN	46.6	O.K.
2	Weld	Web	4	202.8	1664.9	kN	12.2	O.K.
3	Bolts	Shear	4	16.9	78.4	kN	21.6	O.K.
3b	Bolts	Slip	N/A	N/A	N/A	kN	N/A	N/A
4	Bolts	Combined	6	45.9	141.2	kN	32.5	O.K.
5	Bolts & Plate	Tension & Bending	6	91.7	158.8	kN	57.8	O.K.
6	Plate	Bearing	4	16.9	324	kN	5.2	O.K.

Base Plate dan Angkur

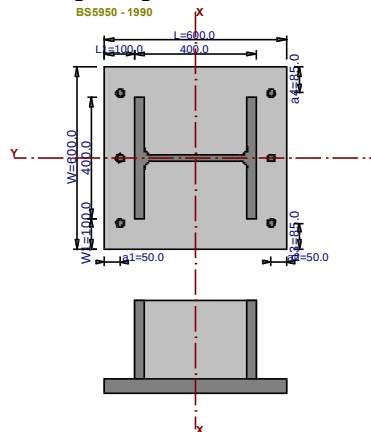
Sambungan harus direncanakan memikul beban yang lebih besar dari yang direncanakan dalam pemakaian normal. Berikut merupakan gaya dalam yang diperoleh dari SAP2000.

Tabel 6. Output Gaya Dalam SAP2000

Kombinasi Beban	P (kN)	Mx (kN)
1	513,764	-68,128
2	328,221	66,362

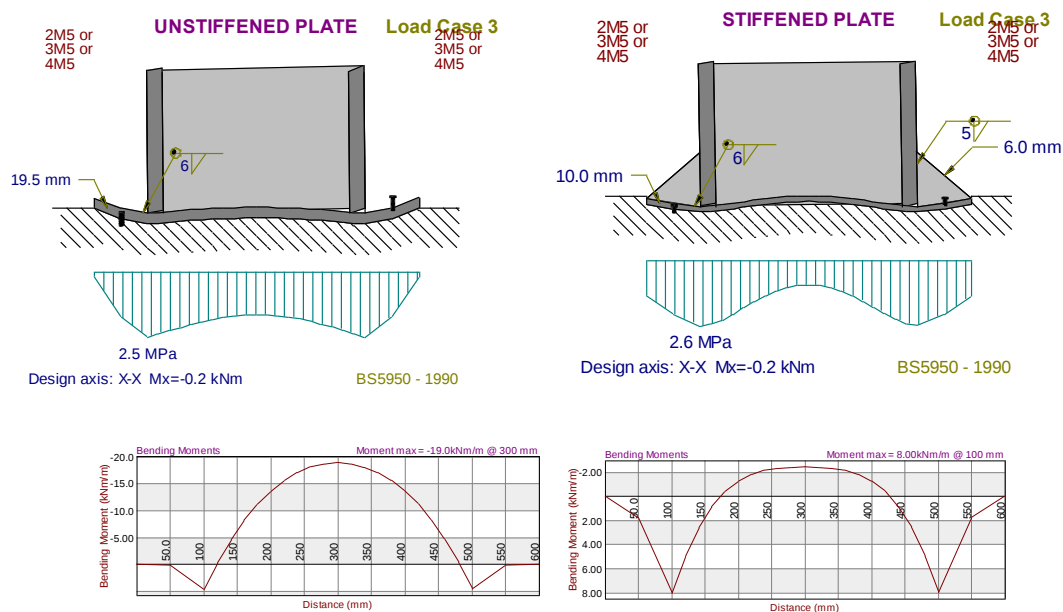
3	653,74	-0,17
4	170,984	-22,101
5	328,221	66,362
6	513,764	-68,128

Dengan ukuran base plate 600x600 seperti pada Gambar.



Gambar 14. Rencana Base Plate Kolom

Digunakan angkur 8D22 dengan analisis angkur baut seperti pada gambar berikut.



Gambar 15. Hasil Analisis Angkur Baseplate dengan Pengaku dan Tanpa Pengaku

Secara keseluruhan, hasil analisis menunjukkan bahwa struktur baja yang direncanakan mampu menahan beban rencana dan memenuhi persyaratan keamanan serta kelayakan berdasarkan standar yang digunakan.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil analisis struktur yang dimodelkan menggunakan SAP2000, diperoleh bahwa seluruh elemen struktur memiliki nilai rasio (unity check) kurang dari 1,00, sehingga memenuhi persyaratan kekuatan dan stabilitas sesuai kriteria desain yang digunakan. Selanjutnya, hasil pemeriksaan terhadap sambungan menunjukkan bahwa:

- Sambungan kolom-rafter memiliki kapasitas yang mencukupi dan dinyatakan aman.
- Sambungan rafter-rafter memiliki kapasitas yang mencukupi dan dinyatakan aman.
- Base plate memenuhi persyaratan terhadap beban yang bekerja dan dinyatakan aman untuk digunakan dengan konfigurasi 8 angkur D22 (8D22).

Dengan demikian, struktur baja pabrik kaolin berukuran 45×95 m, beserta sambungan kolom-rafter, sambungan rafter-rafter, dan base plate menggunakan 8D22, dinyatakan aman karena seluruh hasil pemeriksaan menunjukkan nilai rasio berada di bawah batas yang diizinkan (rasio $< 1,00$) dan memenuhi persyaratan desain yang berlaku.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] BSN, "SNI 1729:2020 Tentang Spesifikasi Untuk Bangunan Gedung Baja Struktural," *Badan Standardisasi Nasional*, no. 8, p. 311, 2020.
- [2] Badan Standarisasi Indonesia, "Sni 1727:2020," *Jakarta*, no. 8, pp. 1–336, 2020.
- [3] R. G. Gwain and E. W. J. Troup, "Structural Steel Buildings ABSTRACT," *AISC Engineering Journal*, pp. 78–89, 2001.
- [4] E. H. Manurung, "Perencanaan Struktur Bangunan Ruko 7 Lantai," *Jurnal Ilmiah Research Student*, vol. 2, no. 2, pp. 811–823, 2025, doi: 10.61722/jirs.v2i2.5844.
- [5] M. Septiani Amalia, D. Agustine, and H. Abdillah, "Perencanaan Konstruksi Baja Struktur Atas Pada Bangunan Gudang Tahan Gempa (Studi Kasus Bangunan Gudang Penyimpanan Barang Casing Elektronik)."
- [6] F. I. Harahap, T. Hayati, and N. Atikah, "Perencanaan dan Analisis Struktur Rangka Baja pada Gedung 3 Lantai Menggunakan SAP2000 1," *Public Health and Safety International Journal*, vol. 5, no. 01, pp. 2715–5854, 2025, doi: 10.55642.
- [7] A. A. Saputra, S. Winarto, and A. Ridwan, "Perencanaan Struktur Baja Pada Konstruksi Empat Lantai Pada Hotel Jaya Baya," 2018.
- [8] J. Suwa Mudal and M. Sang Gumilar2, "Perencanaan Struktur Gedung Kantor Dishub Kota Pagar Alam Berbasis Program SAP 2000."
- [9] E. H. Manurung and R. Syafi, "Perencanaan Desain Struktur Baja Pada Gedung Parkir Menggunakan Struktur Gable Frame dengan Software SAP2000," *JIMU: Jurnal Ilmiah Multidisipliner*, vol. 04, no. 02, 2026.
- [10] I. Hamzah, E. Susanti, dan Jaka Propika, and P. Studi Teknik Sipil, "The major column included floors 1-2 (Hbeam 500.500.20.30), floors 1-2 lobby entrance."
- [11] C. Amalia Puspita Sari, M. Taufiq, H. Pramono, and A. Khamid, "Analisis Perhitungan Struktur Kolom dengan Menggunakan Program SAP 2000 (Studi Kasus Pondok Pesantren Assalafiyah 05 Kaligangsa Kulon Kabupaten Brebes)," 2024.
- [12] Y. Prima and A. Rumbyarso, "Analisis Perkuatan Rangka Atap Baja Pada Bangunan Gedung Heritage 1921 Menggunakan Software SAP 2000," 2022. [Online]. Available: <https://jti.rivierapublishing.id/index.php/rp>
- [13] R. Amalia, I. H. B. Drs, and S. T. Sabariman, "Studi Pengaruh Penambahan Tie Beam Terhadap Kekakuan Portal Gedung Bertingkat Struktur Beton Bertulang Dengan Analisa Program SAP 2000."