

Perencanaan Struktur Baja Pada Bangunan Warehouse Shoppe Demak dengan Software SAP2000V22

Didi Mulyadi¹, Roby Syafi'i², Pandya Fadil Mulpintoro³,
Edison Hatoguan Manurung⁴

¹⁻⁴Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Mpu Tantular, Indonesia
Email: mulyadi0926@gmail.com¹, robysyafi9@gmail.com², Pandyafadil11@gmail.com³,
edisonmanurung2010@yahoo.com⁴

Article Info

Article history:

Received June 20, 2026
Revised July 09, 2026
Accepted July 14, 2026

Keywords:

Steel Structure Design,
Warehouse Building, SAP
2000v22.

ABSTRACT

Structural Analysis of a 90-Meter Span Warehouse Shoppe with Non-Prismatic Steel Profiles in Demak. The warehouse structure demands accurate steel structure design to ensure stability and operational safety. This study aims to validate the structural safety of the building based on SNI 1729:2020 and SNI 1727:2020 standards. The research method is carried out through a quantitative approach with numerical simulations using SAP 2000v22. Technical data from the working drawings are converted into finite element models using non-prismatic Built-Up (WH) steel profiles and fixed support assumptions. The analysis is carried out under a Combo 4 load combination (1.2 DL + 0.5 LL + 1.0 WL). The analysis results show that the structure has optimal mechanical performance with a maximum vertical deflection of 167.15 mm, which meets the serviceability criteria (L/360). The distribution of internal forces, such as a maximum moment of 107.411 kNm, is efficiently damped by the non-prismatic profile at the knee joint point. The inspection results (Steel Code Check) indicated a very safe profile utilization level with a maximum stress ratio of 0.050. It was concluded that the structural design met all safety criteria and had significant reserve capacity. Therefore, it was recommended that profile cross-section optimization be implemented in the steel structure design for further construction cost efficiency.

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 09, 2026
Accepted July 14, 2026

Kata Kunci:

Perencanaan Struktur Baja,
Bangunan Warehouse, SAP
2000v22.

ABSTRAK

Analisis Struktural Warehouse Shoppe Bentang 90 Meter dengan Profil Baja Non-Prismatic di Wilayah Demak. Struktur warehouse menuntut perencanaan struktur baja yang akurat untuk memastikan stabilitas dan keamanan operasional. Penelitian ini bertujuan untuk memvalidasi keamanan struktural gedung berdasarkan standar SNI 1729:2020 dan SNI 1727:2020. Metode penelitian dilakukan melalui pendekatan kuantitatif dengan simulasi numerik menggunakan SAP 2000v22. Data teknis dari gambar kerja dikonversi menjadi model elemen hingga dengan menggunakan profil baja Built-Up (WH) non-prismatic dan asumsi tumpuan jepit (fixed support). Analisis dilakukan di bawah kombinasi beban Combo 4 (1.2 DL + 0.5 LL + 1.0 WL). Hasil analisis menunjukkan bahwa struktur memiliki kinerja mekanis yang optimal dengan lendutan vertikal maksimum sebesar 167,15 mm, yang memenuhi kriteria serviceability (L/360). Distribusi gaya dalam, seperti momen maksimum 107,411 kNm, diredam secara efisien oleh profil non-prismatic pada titik knee joint. Hasil pemeriksaan (Steel Code Check) menunjukkan tingkat utilitas profil yang sangat aman dengan stress ratio maksimum sebesar 0,050. Disimpulkan bahwa desain struktur telah memenuhi seluruh kriteria keamanan dan memiliki kapasitas cadangan yang signifikan, sehingga direkomendasikan adanya optimasi penampang profil pada perencanaan struktur baja untuk efisiensi biaya konstruksi lebih lanjut.



Corresponding Author:

Didi Mulyadi

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

Email: mulyadi0926@gmail.com

PENDAHULUAN

Pertumbuhan industri yang pesat, diperlukan ketersediaan fasilitas bangunan gudang yang memenuhi standar keamanan struktural yang ketat. perkembangan sektor industri menuntut ketersediaan fasilitas bangunan warehouse dengan bentang lebar yang memenuhi kriteria keamanan struktural yang ketat.[1] Struktur Gudang Pabrik yang memiliki bentang utama sembilan puluh meter, merupakan masalah teknik sipil yang signifikan, terutama dalam hal mengatasi beban angin yang ekstrim. [2] dan mengendalikan lendutan atap.[3]

Untuk mendistribusikan momen lentur secara efektif, profil built-up (WH) non-prismatic sangat penting selama proses perencanaan struktur baja. Ini terutama berlaku pada titik pertemuan kolom dan rafter, yang dikenal sebagai joint knee.[4] Untuk menjamin kekakuan portal, desain struktur dirancang dengan detail sambungan yang ketat, menurut dokumen gambar kerja teknis.[5] Akibatnya, validasi numerik yang tepat harus dilakukan menggunakan perangkat lunak SAP 2000v22 untuk memastikan bahwa semua asumsi perancangan dalam gambar kerja memenuhi standar keamanan yang diatur dalam SNI 1729:2020 (Struktur Baja) dan SNI 1727:2020 (Beban Minimum).

Rumusan Masalah penelitian ini antara lain: 1) Bagaimana distribusi gaya dalam (Momen, Geser, dan Aksial) pada portal *non-prismatic* bentang 90 meter di bawah skenario beban kombinasi terberat (Combo 4) yang dimodelkan dalam SAP 2000v22. 2) Apakah dimensi profil baja dan detail sambungan yang tertera pada gambar kerja telah memenuhi persyaratan *serviceability* (lendutan) dan *strength* (kapasitas penampang) dalam perencanaan struktur baja tersebut. 3) Sejauh mana efektivitas sistem tumpuan jepit (*fixed support*) pada bangunan warehouse tersebut dalam menjaga stabilitas global terhadap beban angin rencana.

Tujuan Penelitian ini adalah Melakukan validasi keamanan struktural terhadap desain bangunan warehouse dengan bantuan SAP 2000v22. Menganalisis perilaku deformasi struktur untuk memastikan integritas sistem atap tetap terjaga sesuai batas izin ($L/360$) dalam standar perencanaan struktur baja, dan Memberikan rekomendasi teknis berdasarkan rasio tegangan (*stress ratio*) untuk memastikan bahwa desain telah optimal secara struktural maupun operasional. Batasan Masalah penelitian ini adalah menganalisis struktural difokuskan pada portal utama (*main frame*) bentang 90 meter dengan pemodelan elemen hingga pada SAP 2000v22.

METODE

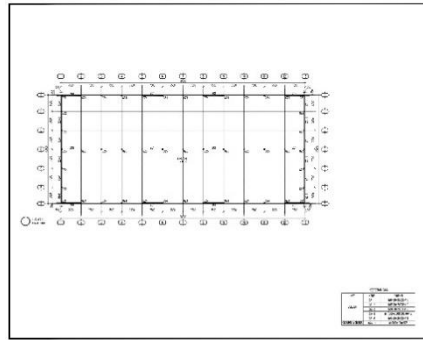
1. Alur Penelitian

Penelitian ini menggunakan pendekatan kuantitatif melalui simulasi numerik. Alur kerja disusun secara sistematis untuk menjawab rumusan masalah dalam perencanaan struktur baja, dimulai dari pengumpulan data teknis, pemodelan pada SAP 2000v22, analisis pembebanan, hingga verifikasi kriteria keamanan struktur.

2. Pengumpulan dan Ekstraksi Data

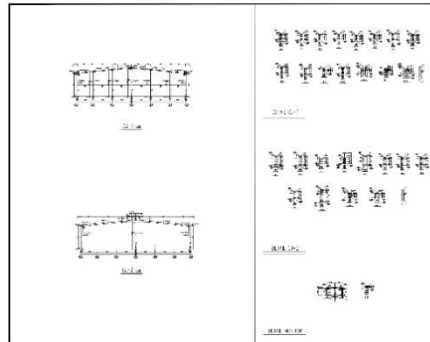
Data utama penelitian bersumber dari dokumen teknis Pabrik G.36. Tahap ini mengonversi data visual menjadi parameter input model:

- Denah: Penentuan *grid* portal dan bentang bersih (*clear span*) 90 meter pada bangunan warehouse.



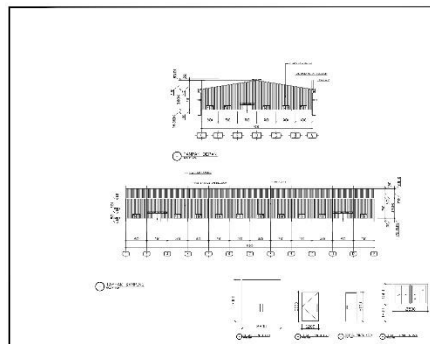
Gambar 1. Denah pabrik
(Sumber: Gambar Pribadi)

- Potongan (Section): Ekstraksi dimensi profil baja *Built-Up* (WH) *non-prismatic*. Variasi kedalaman profil diinput ke dalam SAP 2000v22 sebagai *Frame Section* dengan sifat variabel (*tapered*).



Gambar 2. Potongan pabrik
(Sumber: Gambar Pribadi)

- Tampak: Identifikasi sistem ikatan angin (*bracing*) untuk menentukan asumsi panjang tekuk (*unbraced length*) kolom dan rafter.



Gambar 3. Tampak pabrik
(Sumber: Gambar Pribadi)

3. Pemodelan Numerik (Finite Element Modeling)

Pemodelan dilakukan dengan langkah-langkah teknis berikut:

- Input Geometri: Untuk memastikan model elemen hingga tepat, koordinasi simpul (*joint*) ditentukan berdasarkan skala gambar kerja. Pada titik ini, pemodelan *non-prismatic* pada profil *Built-Up* juga dilakukan. Ini dilakukan dengan membagi elemen *frame* menjadi beberapa bagian, yang memungkinkan untuk menangkap perubahan inersia yang berbeda sepanjang bentang.[4] Untuk memastikan distribusi kekakuan struktur mencerminkan keadaan lapangan sebenarnya, data geometri dimasukkan

dengan cermat.[6]

- b) Kondisi Batas (*Boundary Conditions*): Pada dasar kolom terletak asumsi tumpuan jepit yang tetap.[7] Sambungan plat dasar dan sistem angkur M24 yang rigid dalam gaya geser dan menahan momen menunjukkan bahwa ini benar.[8]
- c) Material: Parameter material baja dihitung menggunakan spesifikasi teknis (BJ 41) yang disesuaikan dengan standar nasional.[7]

4. Pemodelan Beban dan Kombinasi

Pembebanan mengacu pada SNI 1727:2020 dengan asumsi bangunan sebagian tertutup $GC_{PI} = \pm 0.55$. Beban dikombinasikan dalam Combo 4 (1.2 DL + 0.5 LL + 1.0 WL):[9]

- Beban Mati (DL): Berat sendiri struktur profil WH dan beban penutup atap.[10]
- Beban Hidup (LL): Beban terbagi rata pada rafter.[11]
- Beban Angin (WL): Beban tekan/isap pada permukaan atap.[12]

5. Prosedur Verifikasi Keamanan

Hasil simulasi diuji melalui parameter teknis dalam perencanaan struktur baja:

- a) Uji *Serviceability*: *Joint displacement* (lendutan) maksimum tidak boleh melebihi batas izin ($L/360$).[13]
- b) Uji *Strength*: Analisis rasio tegangan, juga dikenal sebagai Kode Kode Besi, harus menghasilkan nilai kurang dari 1,0. Nilai ini menunjukkan bahwa penampang aman terhadap tekuk dan pecah.[14]
- c) Uji Distribusi Gaya: Untuk memastikan stabilitas portal secara keseluruhan, lakukan evaluasi Diagram Momen, Gaya Geser, dan Aksial.[15]

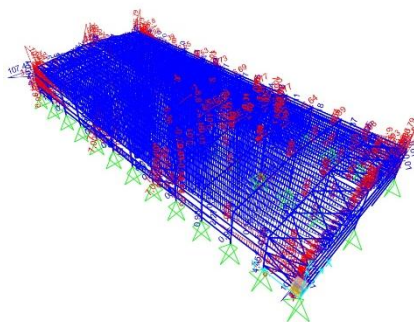
HASIL DAN PEMBAHASAN

Untuk melakukan analisis terhadap bangunan gudang berukuran 90 meter, parameter geometris dari gambar kerja diubah ke dalam model numerik SAP 2000v22. Tujuan utama analisis ini adalah untuk memverifikasi efisiensi profil baja yang digunakan dalam perencanaan struktur untuk skenario beban Combo.

1. Analisis Gaya Dalam (BMD, SFD, NFD)

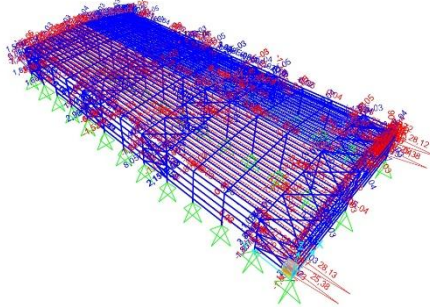
Distribusi gaya dalam merupakan indikator utama efisiensi penampang portal *non-prismatic*:

- Bending Moment (BMD): Hasil analisis M33 menunjukkan momen maksimum sebesar 107,411 kNm yang terkonsentrasi pada *knee joint*. Penggunaan profil *Built-Up* (WH) *non-prismatic* (dimensi membesar pada pertemuan kolom-rafter) terbukti sangat efektif untuk mengoptimalkan distribusi tegangan tersebut.[16]



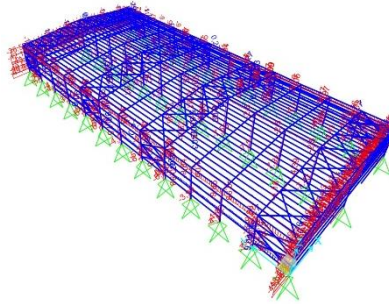
Gambar 4. Moment Maksimum
(Sumber: Gambar Pribadi)

- Shear Force (SFD): Gaya geser maksimum sebesar 48,38 ton pada dasar kolom divalidasi oleh detail sambungan *base plate* dengan angkur M24. Hal ini memastikan stabilitas lateral bangunan warehouse tetap terjaga terhadap beban angin.[17]



Gambar 5. Gaya Geser
(Sumber: Gambar Pribadi)

- Normal Force (NFD): Beban tekan aksial sebesar 53,71 ton pada kolom utama menjadi parameter penentu stabilitas global yang dimodelkan secara presisi menggunakan SAP 2000v22.[15]

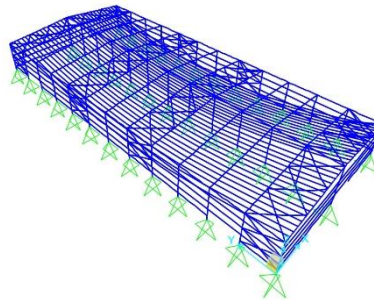


Gambar 6. Gaya Aksial
(Sumber: Gambar Pribadi)

2. Evaluasi Kinerja (Serviceability & Strength)

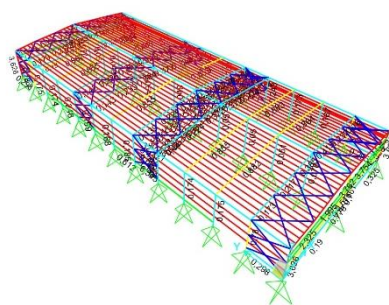
Evaluasi ini mengacu pada kriteria perencanaan struktur baja sesuai SNI 1729:2020:

- Kinerja Lendutan (*Deflection*): Hasil simulasi menunjukkan lendutan vertikal maksimum pada *mid-span* sebesar 167,15 mm. Nilai ini telah diverifikasi terhadap batas izin ($L/360$ untuk bentang 90m) dan dinyatakan Aman.[14]



Gambar 7. Lendutan Vertikal
(Sumber: Gambar Pribadi)

- Rasio Tegangan (*Stress Ratio*): Visualisasi *Steel Code Check* pada SAP 2000v22 memperlihatkan tingkat pemanfaatan kekuatan profil dengan rasio maksimum 0,050. Nilai ini menunjukkan bahwa penampang baja memiliki kapasitas cadangan (*reserve capacity*) yang sangat besar, memberikan tingkat keamanan tinggi bagi operasional gudang.[15]



Gambar 8. Rasio Tegangan
(Sumber: Gambar Pribadi)

3. Korelasi Model Numerik dengan Desain Fisik

Terdapat keselarasan teknis antara detail gambar kerja dengan asumsi permodelan:

1. Geometri: Variasi profil *non-prismatic* yang diinput ke dalam SAP 2000v22 secara akurat merepresentasikan perilaku struktur di lapangan.
2. Stabilitas: Penggunaan *bracing* pada struktur nyata diakomodasi melalui batasan panjang tekuk (*unbraced length*) dalam model, menjaga stabilitas global bangunan di bawah beban rencana.

4. Ringkasan Kinerja Struktural

Tabel 1. Rekapitulasi Akhir Hasil Analisis Struktur

No	Parameter Analisis	Nilai Maksimum	Satuan	Kondisi	Status
1	Lendutan Vertikal	167,15	mm	Combo 4	Aman
2	Reaksi Perletakan	50,13	ton	Combo 4	Aman
3	Momen Maksimum	107,411	kNm	Combo 4	Aman
4	Gaya Geser	48,38	ton	Combo 4	Aman
5	Gaya Aksial	53,71	ton	Combo 4	Aman (Tekan)
6	Rasio Tegangan	0,050	-	Combo 4	Sangat Aman

(Sumber: Gambar Pribadi)

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil analisis numerik menggunakan SAP 2000v22 terhadap bangunan warehouse, dapat disimpulkan sebagai berikut:

- a) Distribusi Gaya Dalam: Analisis terhadap skenario beban Combo 4 menunjukkan bahwa portal *non-prismatic* berhasil mendistribusikan gaya dalam dengan efisien. Momen lentur maksimum sebesar 107,411 kNm terkonsentrasi pada *knee joint*, sementara gaya geser maksimum sebesar 48,38 ton dan gaya aksial sebesar 53,71 ton tersalurkan secara proporsional ke kolom. Penggunaan profil *built-up* dengan variasi dimensi (*tapered*) pada area kritis terbukti mampu mereduksi konsentrasi tegangan yang berlebih pada struktur portal.
- b) Pemenuhan Persyaratan *Serviceability* dan *Strength*: Desain yang tertera pada gambar kerja telah memenuhi standar perencanaan struktur baja (SNI 1729:2020). Dari sisi *serviceability*, lendutan vertikal maksimum sebesar 167,15 mm berada di bawah batas izin $L/360$. Dari sisi *strength*, hasil *Steel Code Check* menunjukkan rasio tegangan maksimum sebesar 0,050, yang menandakan bahwa penampang baja telah memiliki kapasitas kekuatan yang sangat memadai (sangat aman) untuk memikul beban rencana.
- c) Efektivitas Sistem Tumpuan Jepit (*Fixed Support*): Sistem tumpuan jepit (*fixed support*) yang dimodelkan dalam SAP 2000v22 terbukti sangat efektif dalam menjaga stabilitas global bangunan warehouse. Detail sambungan *base plate* dan angkur M24 pada

gambar kerja memberikan kekakuan yang cukup untuk membatasi rotasi dasar kolom, sehingga struktur mampu menahan beban angin ekstrem secara stabil dan mentransfer gaya reaksi perletakan sebesar 50,13 ton ke fondasi dengan aman. Oleh karena itu, meskipun desain saat ini sangat aman, disarankan untuk tetap melakukan monitoring berkala terhadap defleksi dan kondisi sambungan guna memastikan integritas jangka panjang struktur, terutama setelah periode masa layan (*service life*) gedung yang panjang.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Putra, I. G. A., & Santoso, B., “Analisis kinerja struktur gudang bentang lebar dengan sistem rangka baja terhadap standar SNI terbaru,” *J. Tek. Sipil Indones.*, 2023.
- [2] Zhang, L., et al, “Structural performance of long-span industrial steel frames under extreme wind loads,” *Eng. Struct.*, 2024.
- [3] Wang, Y., & Liu, H, “Advanced deflection control methods for large-scale industrial steel roofs,” *Structures*, 2024.
- [4] Al-Nasra, M., & Al-Shami, A., “Behavioral analysis of tapered steel members in long-span industrial portal frames,” *J. Struct. Eng.*, 2024.
- [5] Chen, X., & Nguyen, T. H., “Rigid connection performance in prefabricated steel warehouses: An experimental and numerical study,” *Thin-Walled Struct.*, 2025.
- [6] Hassan, M., et al, “Numerical validation of large-span steel structures using high-performance finite element software,” *J. Build. Eng.*, hlm. 2026.
- [7] Hidayat, R., & Kusuma, A, “Analisis perilaku struktur portal baja bentang lebar dengan variasi kekakuan sambungan,” *J. Tek. Sipil Dan Perenc.*, hlm. 2024.
- [8] Setiawan, B., & Handayani, T, “Studi perbandingan profil built-up non-prismatic pada struktur gudang bentang 90 meter,” *J. Tek. Sipil*, hlm. 2023.
- [9] Putra, A. P., & Utama, B. S, “Analisis distribusi beban lateral pada portal baja gudang bentang lebar dengan sistem tapered frame,” *J. Tek. Sipil Dan Arsit.*, hlm. 2025.
- [10] Dewi, S. K., & Wijaya, H. T, “Pengaruh variasi berat sendiri struktur terhadap kapasitas pikul beban atap bentang lebar,” *J. Ilm. Tek. Sipil*, 2026.
- [11] Suryanto, I., & Raharjo, M. E, “Optimasi kombinasi beban pada struktur baja terhadap pemenuhan syarat batas layan (*serviceability*),” *J. Rekayasa Konstr.*, hlm. 2024.
- [12] Fahmi, R., & Kurniawan, D, “Pemodelan numerik tekanan angin pada atap bangunan industri sesuai standar SNI 1727:2020,” *J. Mek. Strukt.*, 2023.
- [13] Setiadi, R., & Nugroho, A, “Analisis batas layan dan kontrol lendutan pada struktur atap bentang lebar dengan profil built-up,” *J. Konstr. Dan Infrastruktur*, 2026.
- [14] Manurung, E. H, “Evaluasi rasio tegangan dan kapasitas struktur baja pada bangunan industri sesuai SNI 1729:2020,” *J. Rekayasa Konstr.*, hlm. 2025.
- [15] Prasetyo, A., et al, “Stabilitas global portal baja terhadap kombinasi beban ekstrem pada struktur industri,” *J. Mek. Strukt.*, 2023.
- [16] Manurung, E. H, “Studi karakteristik mekanis profil built-up pada struktur gudang bentang lebar,” *Bdg. Penerbit Tek. Sipil Indones.*, hlm. 2023.
- [17] Manurung, E. H., & Pratama, A. B, “Analisis perilaku sambungan rigid pada portal baja bentang lebar,” *J. Tek. Sipil Dan Perenc.*, 2024.