

Perencanaan Ulang Struktur Rangka Atap Baja Truss pada Bangunan Industri

AGUNG BUDI PRASETYO¹, NESSA VALIANTINE DIREDDA^{2*}

¹Mahasiswa Program Studi Teknik Sipil, Institut Teknologi Nasional Bandung, Indonesia

²Dosen Program Studi Teknik Sipil, Institut Teknologi Nasional Bandung, Indonesia

Email: agung.budi@mhs.itenas.ac.id

ABSTRAK

Bangunan Industri adalah struktur fisik yang dirancang dan digunakan untuk memfasilitasi proses produksi, penyimpanan, dan distribusi produk dalam skala industri, salah satunya adalah gudang. Pada bangunan industri, terdapat salah satu jenis rangka atap yang umum digunakan, yaitu truss, suatu sistem rangka dari elemen struktural lurus yang saling terhubung dan membentuk segitiga-segitiga tertutup. Perencanaan rangka atap perlu mempertimbangkan efisiensi penggunaan material, karena baja merupakan material yang mahal. Penelitian ini bertujuan untuk melakukan perencanaan ulang struktur atap Gudang Bahan Baku PT Petrokimia Gresik dengan menggunakan beban angin berdasarkan peraturan beban minimum untuk perencanaan gedung yaitu SNI 1727:2020 yang pada perencanaan awalnya menggunakan SNI 1727:1989. Hasil menunjukkan bahwa dengan pemodelan analisis struktur tiga dimensi dengan software SAP2000, didapatkan profil atap gudang dengan perencanaan ulang adalah 2L 250x250x25 dengan hasil lendutan bertambah sebesar 59,82% dan berat struktur bertambah 86,76% lebih berat daripada perencanaan awal yang menggunakan profil 2L 150x150x15.

Kata kunci: perencanaan ulang, gudang, baja, truss, SAP2000

ABSTRACT

An Industrial Building is a physical structure designed and used to facilitate the production, storage, and distribution of products on an industrial scale, such as a warehouse. One common type of roof frame used in industrial buildings is the truss, a frame system made of straight structural elements connected to form closed triangles. Roof frame planning must consider material efficiency since steel is an expensive material. This study aims to redesign the roof structure of the Raw Material Warehouse at PT Petrokimia Gresik using wind loads based on the minimum load regulations for building structure planning, specifically SNI 1727:2020, as opposed to the original plan that used SNI 1727:1989. The results show that with the three-dimensional structural analysis modeling using SAP2000 software, the redesigned warehouse roof profile is 2L 250x250x25, resulting in a deflection increase of 59.82% and the structural weight increasing by 86.76% compared to the original plan using the 2L 150x150x15 profile.

Keywords: redesign, warehouse, steel, truss, SAP2000

1. PENDAHULUAN

Bangunan industri adalah struktur fisik yang dirancang dan digunakan untuk memfasilitasi proses produksi, penyimpanan, dan distribusi produk dalam skala industri. Salah satu bangunan industri yang menggunakan struktur baja adalah gudang. Untuk kebutuhan industri, penting untuk membangun gudang dengan luas area yang besar untuk menampung volume dan jumlah barang yang besar [7-9]. Selain itu pembangunan gudang juga harus mempertimbangkan efisiensi biaya dan waktu konstruksi agar tidak terjadi pemborosan dan bisa dimulainya proses produksi dapat segera dimulai secepat mungkin.

Pada bangunan industri, salah satu bentuk rangka atap yang sering digunakan adalah *truss*. *Truss* merupakan sistem rangka yang terdiri dari elemen struktural lurus yang saling terhubung membentuk segitiga-segitiga tertutup [1] [5-6]. Elemen-elemen ini dapat dimodelkan sebagai elemen 1 dimensi dalam analisis, yang mana gabungan elemen-elemen tersebut dapat membentuk elemen 2 dimensi atau 3 dimensi (*space*). Jika semua elemen dan gaya yang diterapkan berada pada bidang yang sama, sistem ini disebut *truss* 2D. Struktur disebut *truss* jika gaya-gaya luar yang diterima dialihkan melalui perilaku aksial pada elemen 1D tersebut. Pemilihan rangka atap harus mempertimbangkan efisiensi penggunaan material karena baja merupakan material yang mahal. Dengan memilih sistem rangka atap yang mampu menahan berbagai beban seperti berat sendiri dan beban angin, akan didapat sistem rangka atap yang efisien.

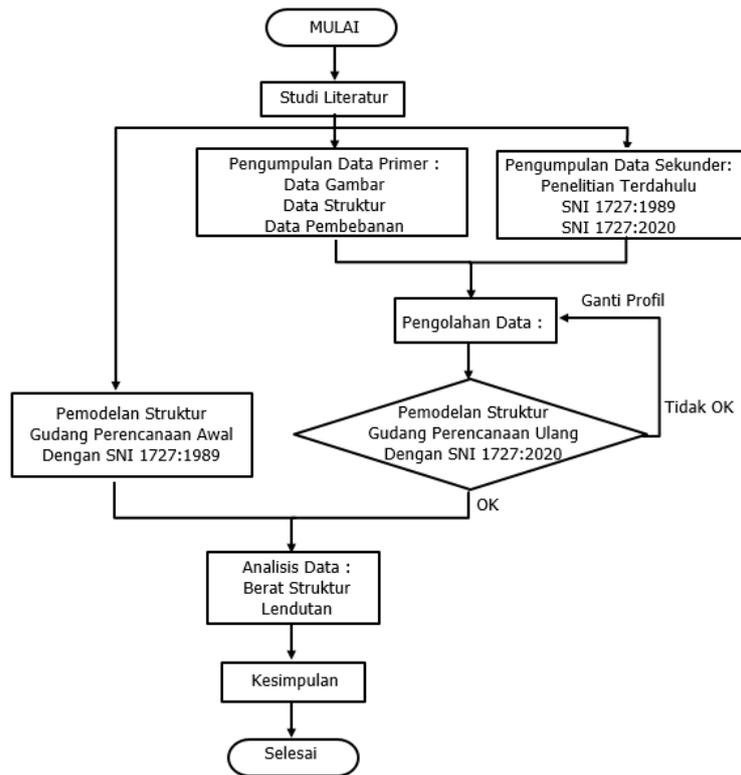
Perbedaan konsep penggunaan beban, khususnya beban angin pada Peraturan SNI 1727 tahun 2020 dengan SNI tahun 1989 akan mempengaruhi hasil analisa dan desain struktur pada suatu gedung atau struktur lain seperti gudang. Perbedaan nilai beban angin yang digunakan akan menyebabkan perbedaan pada nilai-nilai gaya dalam yang dihasilkan dalam analisa struktur. Perbedaan gaya dalam ini akan mempengaruhi dimensi profil yang digunakan pada rangka atap baja pada gudang. Untuk itu, perlu dilakukan penelitian mengenai analisa perbandingan struktur rangka atap baja gudang dengan pembebanan beban angin berdasarkan SNI 1727:2020 dan SNI 1727:1989. Analisa ini akan menentukan apakah dengan perencanaan ulang berdasarkan peraturan SNI 1727:2020, akan menghasilkan struktur atap baja yang lebih efektif dari segi berat struktur yang lebih ringan, serta apakah struktur atap gudang masih aman dari segi lendutan apabila beban angin berubah.

Berdasarkan latar belakang tersebut, penelitian ini menganalisis efisiensi penggunaan baja pada rangka atap gudang dengan membandingkan dua peraturan yang digunakan: gudang eksisting menggunakan SNI 1727:1989, dan gudang redesain menggunakan SNI 1727:2020. Efisiensi baja dievaluasi dengan membandingkan persentase perbedaan berat struktur dan nilai lendutan antara SNI 1727:1989 dan SNI 1727:2020 menggunakan *software* SAP2000.

2. METODOLOGI

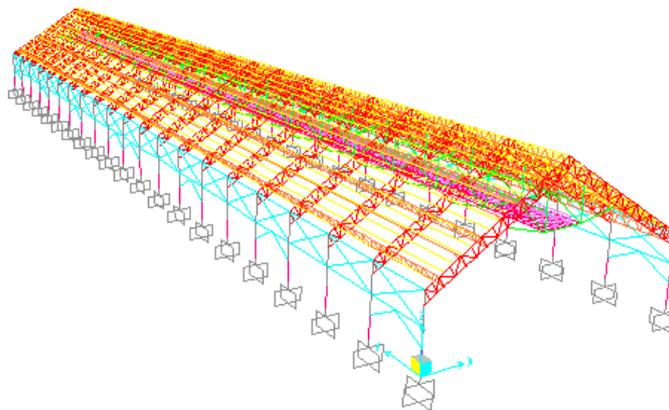
Penelitian ini memerlukan data-data, baik data primer maupun data sekunder. Untuk memberikan rincian lebih lanjut, berikut pada **Gambar 1** adalah diagram alir metode penelitian.

Metodologi penelitian ini adalah studi literatur dengan mencari data struktur gudang eksisting, kemudian memodelkan ulang gudang tersebut dengan beban angin menggunakan SNI 1727:2020 [3]. Gudang yang dianalisis dalam penelitian ini adalah gudang bahan baku yang terletak di Gresik, Jawa Timur. Untuk pemodelan struktur, digunakan *software* SAP2000 Versi 14, yang umum dipakai dalam pemodelan struktur bangunan industri.



Gambar 1. Diagram alir penelitian

Metode analisis beban angin yang digunakan adalah Sistem Penahan Gaya Angin Utama (SPGAU) berdasarkan Pasal 27: Prosedur Terarah untuk Bangunan Gedung Seluruh Ketinggian. SPGAU terdiri dari elemen-elemen struktur yang berfungsi menahan dan memberikan stabilitas keseluruhan struktur, biasanya menerima beban angin dari lebih dari satu permukaan. Pasal 27 digunakan untuk menentukan beban angin pada SPGAU untuk bangunan gedung tertutup, tertutup sebagian, dan terbuka dari segala ketinggian dengan prosedur terarah. Beban angin disesuaikan dengan tipe dan lokasi bangunan yang diteliti. Setelah memodelkan gudang menggunakan profil yang sesuai, dilakukan pemeriksaan terhadap berat struktur dan lendutan. Jika hasil pemeriksaan belum memenuhi ketentuan, dilakukan redesain hingga semua ketentuan terpenuhi. Tampak 3 Dimensi Struktur Gudang dapat dilihat pada **Gambar 2** berikut.



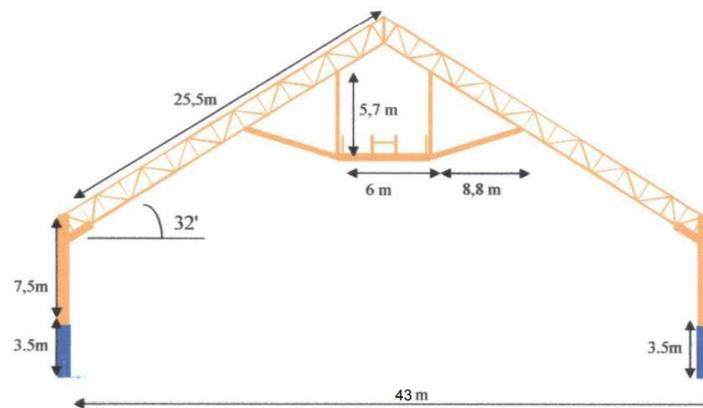
Gambar 2. Tampak 3 dimensi struktur gudang

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Data Teknis

Gambar 3 menunjukkan tampak depan struktur gudang, dengan data teknis yang digunakan pada penelitian ini:

1. Bentang kuda-kuda = 43 m.
2. Jenis kuda-kuda = Pratt truss.
3. Jarak antar kuda-kuda (bay) = 10 m.
4. Tinggi kolom = 11 m.
5. Kemiringan atap = 32° .
6. Jenis bangunan = gudang bahan baku pupuk curah.
7. Kapasitas = 50.000 ton.



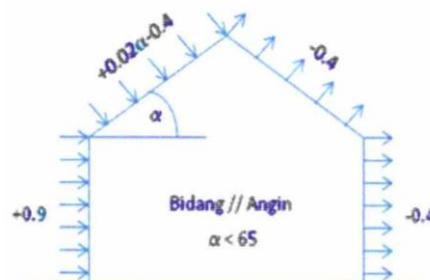
Gambar 3. Tampak depan struktur gudang

3.2 Pembebanan Struktur

Sebelum pemodelan dengan SAP2000 dilakukan, maka perlu diketahui terlebih dahulu besarnya beban yang akan membebani gudang bahan baku [2] [4]. Besarnya pembebanan sesuai dengan fungsi bangunan, dan diatur pada SNI 1727:2020 tentang beban desain minimum dan kriteria terkait untuk bangunan gedung dan struktur lain.

3.2.1 Pembebanan pada struktur eksisting

Beban angin yang digunakan dalam kajian ini menggunakan peraturan yaitu SNI 1727:1989 PPURG (Pedoman Perencanaan Pembebanan Untuk Rumah dan Gedung), beban angin yang digunakan dalam peraturan tersebut sebesar 40 kg/m^2 . Tetapi berdasarkan data-data yang ada dikarenakan adanya peningkatan kecepatan angin akhir-akhir ini maka beban angin yang digunakan sebesar 70 kg/m^2 . Perhitungan koefisien pembebanan angin dapat dilihat pada **Gambar 4** berikut.



Gambar 4. Koefisien pembebanan angin berdasarkan SNI 1727:1989

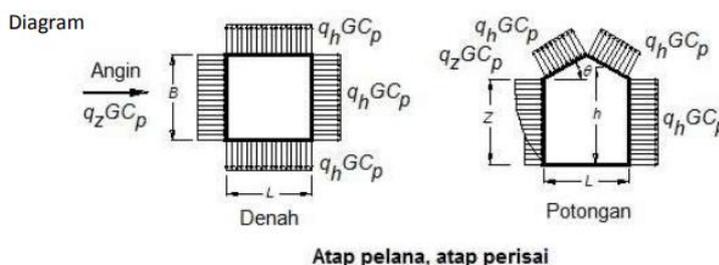
Berikut ini pada **Tabel 1**, merupakan tabel perhitungan beban angin dengan koefisien beban angin berdasarkan SNI 1727:1989 menggunakan jenis gedung yaitu gedung tertutup dan dengan kemiringan atap, $\alpha < 65^\circ$.

Tabel 1. Perhitungan Beban Angin Struktur Gudang Asli berdasarkan SNI 1727:1989

Posisi	C	V [kg/m ²]	V [kN/m ²]	Q [kN/m ²]
Tekanan Angin pada Dinding				
1. Dinding Angin Tekan	0,632	70	0,7	0,442
2. Dinding Angin Hisap	-0,4	70	0,7	-0,280
Tekanan Angin pada Atap				
4. Atap Angin Tekan	0,9	70	0,7	0,630
5. Atap Angin Hisap	-0,4	70	0,7	-0,280

3.2.2 Pembebanan pada struktur redesain

Beban angin yang digunakan pada struktur gudang redesain menggunakan Pasal 27 Beban Angin dengan prosedur terarah untuk bangunan gedung seluruh ketinggian. Adapun perhitungan koefisien tekanan eksternal dapat dilihat pada **Gambar 5** berikut.



Gambar 5. Koefisien tekanan eksternal, Cp, untuk bangunan tertutup dan bangunan tertutup sebagian dinding dan atap

Berikut pada **Tabel 2** merupakan tabel perhitungan beban angin dengan koefisien beban angin (Cp) berdasarkan SNI 1727:2020 menggunakan jenis gedung yaitu bangunan tertutup dan bangunan tertutup sebagian dinding dan atap.

Tabel 2. Perhitungan Beban Angin Struktur Gudang Perencanaan Ulang berdasarkan SNI 1727:2020

Posisi	Cp	G	Q [kN/m ²]	Qi [kN/m ²]	Gcpi	a		b		Case 1 (-Gcpi)	Case 2 (+Gcpi)
						q.G.Cp [kN/m ²]	qi(Gcpi) [kN/m ²]	p max a+b [kN/m ²]	p min a-b [kN/m ²]		
Tekanan Angin pada Dinding											
1. Dinding Angin Datang	0,80	0,85	0,95	1,092	0,18	0,646	0,197			0,843	0,449
2. Dinding Angin Pergi	-0,20	0,85	1,092	1,092	0,18	-0,186	0,197			0,011	-0,382
3. Dinding Samping	-0,70	0,85	1,092	1,092	0,18	-0,650	0,197			-0,453	-0,846
Tekanan Angin pada Atap											
4. Atap Angin Datang	0,34	0,85	1,092	1,092	0,18	0,316	0,197			0,512	0,119
5. Atap Angin Pergi	-0,60	0,85	1,092	1,092	0,18	-0,557	0,197			-0,360	-0,753

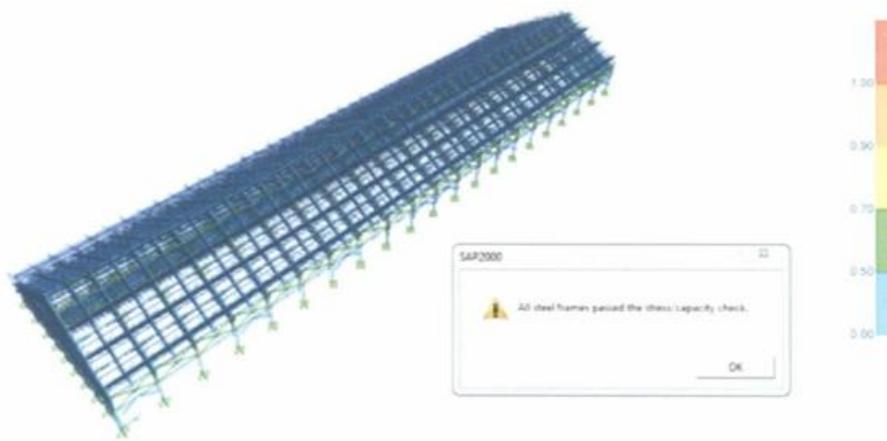
3.3 Analisis Struktur

Pemodelan struktur adalah penyederhanaan bentuk suatu bagian struktur atau bangunan secara keseluruhan menjadi suatu sistem struktur yang lebih sederhana. Pemodelan struktur

dapat dilakukan dengan perangkat lunak (*software*). Salah satu *software* pemodelan struktur yang umum digunakan untuk pemodelan struktur bangunan industri adalah *software* SAP2000.

3.3.1 Pemodelan struktur eksisting

Pemodelan yang dilakukan untuk struktur atap gudang eksisting pada SAP2000 yang sudah aman seperti pada **Gambar 6** sebagai berikut.



Gambar 6. Pemodelan struktur gudang eksisting dengan SAP2000

3.3.2 Pemodelan struktur redesain

Pemodelan yang dilakukan untuk struktur gudang redesain pada SAP2000v14 yang sudah aman seperti pada **Gambar 7** sebagai berikut.



Gambar 7. Pemodelan struktur gudang redesain dengan SAP2000

3.4 Pembahasan

Setelah analisis keseluruhan telah didapatkan, perbandingan dapat dilihat pada **Tabel 3** sebagai berikut.

Tabel 3. Perbandingan Hasil Analisis Gudang Eksisting dan Gudang Redesain

Parameter Perbandingan	Gudang Eksisting	Gudang Redesain	Persentase Selisih [%]
Berat Sendiri Struktur [ton]	105,94	197,85	86,76
Lendutan [cm]	0,056	0,0895	59,82

Pada struktur atap gudang eksisting, profil baja yang digunakan adalah 2L 150x150x15 dengan berat sendiri struktur sebesar 105,94 ton dan lendutan sebesar 0,056 cm. Sedangkan pada struktur atap gudang redesain, profil baja yang digunakan adalah 2L 250x250x25 dengan berat sendiri struktur sebesar 197,85 ton dan lendutan sebesar 0,0895 cm.

Dari **Tabel 3** dapat terlihat struktur yang lebih efisien pada masing-masing parameter perbandingan. Hasil perbandingan dari segi berat sendiri struktur menunjukkan bahwa struktur rangka atap Gudang Redesain lebih berat 86,76% daripada Gudang Eksisting, dan dari parameter lendutan menunjukkan bahwa Gudang Redesain lebih besar 59,82% daripada Gudang Eksisting.

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil analisis penelitian ini, dapat disimpulkan bahwa pada perencanaan ulang struktur atap Gudang Bahan Baku PT Petrokimia Gresik dengan membandingkan antara perencanaan awal dengan beban angin SNI 1727:1989, dan dengan perencanaan ulang dengan beban angin SNI 1727:2020, didapatkan kenaikan dimensi profil baja 2L 250x250x25 dari yang sebelumnya 2L 150x150x15. Dengan perubahan profil ini, didapatkan beban struktur sebesar 197,85 ton yang membuat struktur lebih berat 86,76% dari perencanaan awal yaitu 105,94 ton. Adapun untuk nilai lendutan pada perencanaan ulang struktur atap dengan SAP2000 didapatkan sebesar 0,0895 cm yang naik sebesar 59,82% dari perencanaan awal sebesar 0,056 cm. Besarnya lendutan dan berat struktur pada perencanaan ulang yang bertambah daripada perencanaan awal salah satunya dipengaruhi oleh beban angin yang cukup besar, karena perbedaan perhitungan beban angin pada SNI 1727:1989 yang sederhana dan bisa digunakan secara universal, sedangkan pada SNI 1727:2020, besarnya beban angin disesuaikan dengan banyak parameter yang disesuaikan dengan kondisi di lingkungan dimana lokasi bangunan akan dibangun.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Ajaje, O. (2020). *Cost Saving Analysis Between Portal Frame and Truss Systems. Thesis Report*. Queensland: Griffith School of Engineering Griffith University.
- [2] Alatas, I. P. (2023). Studi Perbandingan Rasio Berat Portal Gable Struktur Baja Bentang 30 meter dan 50 meter terhadap SNI 1729:2002 dengan SNI 1729:2020. *C-Line Jurnal Teknik Sipil, XII(2)*, 31-41.
- [3] Badan Standardisasi Nasional. (2020). *SNI 1727:2020 tentang Beban desain minimum dan kriteria terkait untuk bangunan gedung dan struktur lain*. Jakarta: Badan Standardisasi Nasional.
- [4] Badan Standardisasi Nasional. (2020). *SNI 1729:2020 tentang Spesifikasi untuk bangunan gedung baja struktural*. Jakarta: Badan Standardisasi Nasional.
- [5] Badaruddin, P. A. (2021). Perbandingan Antara Konstruksi Kayu dengan Baja sebagai Rangka Atap. *Jurnal SainTekA, 2(1)*, 22-27.
- [6] Diredja, N. D. (2023). Studi Perbandingan Respon Struktur pada Gerdung Menggunakan Profil Baja Kastel dan WF. *RekaRacana: Jurnal Teknik Sipil, 9(1)*, 240-245.
- [7] Hardiman, Z. S. (2007). The Application of Value Management in Construction Industry - A Case Study on the Cost Effectiveness of Portal Frame Structures in Factory Projects. *EACEF - The 1st International Conference of European Asian Civil Engineering Forum* (pp. E1-E8). Tangerang: Universitas Pelita Harapan.
- [8] Lumbatoruan, R. (2020). *Analisis Perbandingan Metode Konvensional, Metode Pre-Engineering Building, dan Metode Truss pada Bentang Pendek dan Bentang Panjang Sistem Struktur Konstruksi Warehouse. Tugas Akhir*. Lampung Selatan: Program Studi

Teknik Sipil Jurusan Teknologi Infrastruktur dan Kewilyahan Institut Teknologi Sumatera.

- [9] Moura, T. (2016). *Comparisson of Steel Structural Systems in a Manufacturing Unit in Barreiro*. Lisboa: Instituto Superior Tecnico.
- [10] Putra, R. E. (2015). Analisa Perbandingan Biaya dan Waktu Bangunan Konstruksi Baja Menggunakan Sistem Pre-Engineering Building dan Sistem Konvensional pada Proyek Pabrik Fober Cement Boards Mojosari. *Jurnal Teknik ITS*, 4(1), __-__.