

Analisis Struktur Baja Portal *Gable* pada Bangunan Bentang Lebar di TPST Bali

Rio Yulianto, Talitha Zhafira*, Sutarno & Viriya Sasana

Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Semarang

Email: thalita@usm.ac.id

Dikirim: 2 Juli 2026

Direvisi: 24 Juli 2026

Diterima: 26 Juli 2026

ABSTRAK

Perencanaan struktur baja pada bangunan bentang lebar memerlukan analisis yang komprehensif untuk menjamin keamanan, stabilitas, dan efisiensi struktur sesuai ketentuan yang berlaku. Penelitian ini bertujuan menganalisis dan merencanakan struktur baja portal *gable* pada bangunan TPST di Bali dengan bentang 40 m. Perencanaan dilakukan menggunakan metode *Load and Resistance Factor Design* (LRFD) berdasarkan SNI 1727:2020 untuk pembebanan, SNI 1726:2019 untuk ketahanan gempa, dan SNI 1729:2020 untuk desain struktur baja. Tahapan penelitian meliputi analisis pembebanan, pemodelan struktur menggunakan SAP2000, serta perancangan elemen utama yang terdiri atas gording, batang tarik, ikatan angin, balok *gable*, kolom, *base plate*, dan sambungan. Hasil analisis menunjukkan bahwa seluruh elemen struktur memenuhi persyaratan batas layan, di mana lendutan gording sebesar 0,06 cm dan 0,04 cm masih di bawah batas izin, serta pemeriksaan simpangan struktur secara keseluruhan (drift) dinyatakan aman dan memenuhi standar SNI 1726:2019. Dimensi profil yang digunakan meliputi CNP 150.50.20.2,3 untuk gording, balok IWF 250.125.6.9, dan kolom WF 125.125.6,5.9. Secara keseluruhan, struktur mampu menahan kombinasi beban yang bekerja sehingga sistem portal *gable* menjadi alternatif yang efektif untuk fasilitas pengolahan sampah bentang lebar.

Kata kunci: bentang lebar, LRFD, portal *gable*, struktur baja, TPST

1. PENDAHULUAN

Pertumbuhan jumlah penduduk, urbanisasi, dan peningkatan aktivitas ekonomi telah menyebabkan volume timbunan sampah di Indonesia terus meningkat dari tahun ke tahun. Kondisi ini menuntut tersedianya sistem pengelolaan sampah yang terintegrasi dan berkelanjutan melalui pembangunan fasilitas Tempat Pengolahan Sampah Terpadu (TPST). Sebagai salah satu destinasi pariwisata utama di Indonesia, Bali menghadapi tantangan yang cukup besar dalam pengelolaan sampah akibat tingginya aktivitas wisata dan pertumbuhan kawasan perkotaan. Oleh karena itu, pembangunan TPST menjadi bagian penting dalam mendukung pengelolaan lingkungan yang berkelanjutan sekaligus mengurangi dampak pencemaran yang ditimbulkan oleh akumulasi sampah. Fasilitas TPST umumnya memerlukan bangunan dengan ruang operasional yang luas, bebas kolom di area kerja, serta mampu mengakomodasi peralatan dan aktivitas pengolahan sampah secara efektif. Kebutuhan tersebut menjadikan struktur bentang lebar sebagai salah satu aspek utama yang harus diperhatikan dalam perencanaan bangunan TPST (Alifah, 2021).

Struktur baja tipe portal *gable* banyak digunakan pada bangunan industri dan gudang bentang lebar karena memiliki rasio kekuatan terhadap berat yang tinggi, proses konstruksi yang relatif cepat, serta kemampuan membentuk ruang bebas kolom yang luas. Material baja juga memiliki sifat daktilitas dan elastisitas yang baik sehingga mampu merespons beban secara efektif tanpa mengalami deformasi permanen selama masih berada dalam batas elastis material (Ampangallo, 2023). Selain memberikan efisiensi konstruksi, penggunaan portal *gable* memungkinkan optimalisasi penggunaan material melalui pemilihan profil yang sesuai dengan kebutuhan kapasitas struktur.

Dalam perencanaan struktur portal *gable*, analisis pembebanan merupakan tahapan yang sangat penting karena struktur harus mampu menahan kombinasi beban mati, beban hidup, beban angin, serta beban lingkungan lainnya selama umur layan bangunan. Oleh karena itu, proses perencanaan harus mengacu pada standar yang berlaku, yaitu SNI 1727:2020 mengenai beban minimum untuk perancangan bangunan gedung, SNI 1726:2019 terkait ketahanan gempa, serta SNI 1729:2020 (Badan Standardisasi Nasional, 2020) untuk spesifikasi bangunan gedung baja struktural. Selain itu, elemen-elemen struktur seperti gording, batang tarik (tie rod), ikatan angin, balok *gable*, kolom, *base plate*, dan sambungan harus dirancang agar memiliki kapasitas yang memadai terhadap gaya aksial, lentur, geser, maupun potensi kegagalan akibat tekuk lokal dan tekuk lateral (Al-Thairy, 2018).

Penggunaan sistem ini telah banyak diterapkan pada bangunan industri dan gudang karena mampu memberikan ruang bebas kolom yang luas dengan penggunaan material yang relatif efisien. Penelitian sebelumnya menunjukkan bahwa portal *gable* memiliki kinerja struktur yang baik terhadap kombinasi beban

gravitasi dan beban lateral, serta memungkinkan optimasi dimensi balok dan kolom sehingga lebih ekonomis dibandingkan dengan sistem konvensional (Buwono et al., 2013).

Beberapa penelitian sebelumnya telah membahas perencanaan dan evaluasi struktur portal *gable* pada bangunan industri menggunakan metode *Load and Resistance Factor Design*. Ridwan dan Amal (2021) melakukan perencanaan struktur *gable frame* pada bangunan gudang dengan fokus pada verifikasi kapasitas elemen struktur terhadap beban rencana. Pandaleke dan Handono (2017) mengevaluasi rasio tegangan pada portal *gable* menggunakan metode panjang efektif dan metode perencanaan langsung. Sementara itu, Pang et al. (2025) melakukan optimasi penampang balok dan kolom pada portal *gable* untuk meningkatkan efisiensi penggunaan material. Meskipun demikian, sebagian besar penelitian terdahulu berfokus pada evaluasi kapasitas elemen atau optimasi profil struktur secara umum, sedangkan kajian yang membahas perencanaan menyeluruh bangunan TPST dengan karakteristik bentang dan dimensi spesifik pada lokasi yang sama masih terbatas.

Penelitian ini memiliki kebaruan berupa konfigurasi bentang dan tinggi bangunan yang berbeda dari perencanaan sebelumnya. Meskipun bangunan fasilitas TPST di lokasi tersebut saat ini telah terbangun, penelitian ini dilakukan sebagai bentuk evaluasi dan pengembangan desain melalui perencanaan ulang struktur dengan memodifikasi konfigurasi geometrinya. Perubahan dilakukan pada aspek bentang bangunan yang diperlebar menjadi 40 meter serta penyesuaian tinggi portal guna mengakomodasi kebutuhan ruang operasional yang lebih luas, bebas kolom, serta mampu menampung peralatan pengolahan sampah berkapasitas besar secara lebih efektif. Perubahan geometri yang signifikan ini secara langsung mengubah pola distribusi pembebanan, kebutuhan kapasitas elemen, hingga detail konfigurasi sambungan, sehingga diperlukan evaluasi struktural secara menyeluruh. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis dan merencanakan kembali struktur baja portal *gable* tersebut menggunakan metode *Load and Resistance Factor Design* (LRFD) sesuai standar terbaru, yaitu SNI 1727:2020, SNI 1726:2019, dan SNI 1729:2020, guna menjamin keamanan, stabilitas, dan kelayakan layanan pada konfigurasi struktur yang baru (AISC, 2019).

2. METODE PENELITIAN

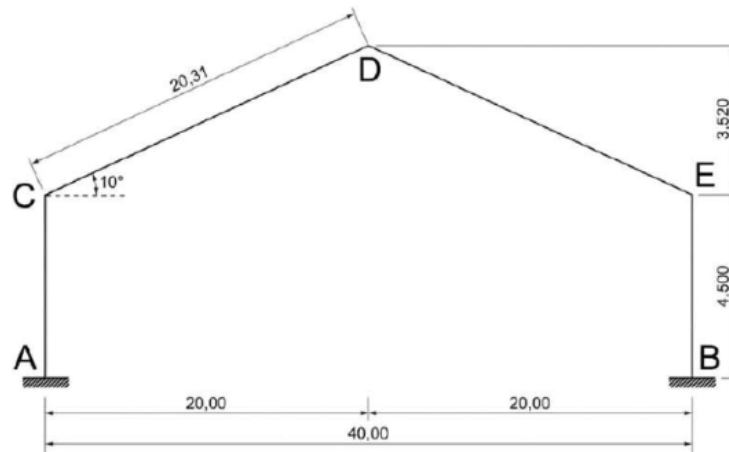
Penelitian ini menggunakan metode perencanaan struktur baja portal *gable* pada bangunan Tempat Pengolahan Sampah Terpadu (TPST) di Bali. Metode pendekatan *Load and Resistance Factor Design* dipilih karena memberikan tingkat keamanan yang memadai melalui penggunaan faktor beban dan faktor reduksi kekuatan sesuai ketentuan perencanaan struktur baja modern (Ridwan et al., 2021). Tahap awal penelitian dilakukan dengan mengumpulkan data geometri bangunan, spesifikasi material, dan data pembebanan. Pembebanan yang digunakan meliputi beban mati, beban hidup, beban angin, dan beban hujan yang mengacu pada SNI 1727:2020, sedangkan perencanaan elemen baja mengacu pada SNI 1729:2020 (BSN, 2020; Badan Standardisasi Nasional, 2020). Sistem struktur yang dipilih berupa portal *gable* karena mampu memberikan ruang bebas kolom yang luas dan efisien untuk bangunan bentang (Aryadhana et al., 2017).

Analisis struktur dilakukan dengan menentukan kombinasi pembebanan sesuai metode LRFD untuk memperoleh gaya dalam berupa momen lentur, gaya geser, dan gaya aksial. Selanjutnya dilakukan pemodelan struktur menggunakan perangkat lunak SAP2000 untuk mengevaluasi respons struktur terhadap beban yang bekerja (Ibrahim et al., 2025). Hasil analisis digunakan sebagai dasar dalam menentukan dimensi elemen struktur yang meliputi gording (*purlin*), batang tarik (*tie rod*), ikatan angin (*wind bracing*), balok *gable* (*rafter*), kolom, *base plate*, baut angkur, serta sambungan baut dan las.

Setiap elemen struktur diperiksa terhadap persyaratan kekuatan, stabilitas, dan batas lendutan yang diizinkan. Pemeriksaan meliputi kapasitas tarik, tekan, lentur, geser, serta potensi kegagalan akibat tekuk lokal maupun tekuk lateral (Phiegiarto et al., 2015). Evaluasi dilakukan dengan membandingkan kapasitas rencana terhadap beban terfaktor yang bekerja sehingga diperoleh profil baja yang aman, efisien, dan memenuhi ketentuan desain yang berlaku (Maizuar et al., 2022). Hasil akhir penelitian berupa dimensi elemen struktur dan detail sambungan yang memenuhi persyaratan kekuatan serta kinerja layan bangunan bentang lebar (Tampubolon, 2021).

2.1 Data objek Penelitian

Objek yang ditinjau dalam penelitian ini adalah gedung fasilitas Tempat Pengolahan Sampah Terpadu (TPST) di Bali dengan sistem portal *gable* bentang lebar. Bangunan ini direncanakan ulang dengan konfigurasi bentang 40 m dan tinggi kolom 4,5 m untuk mengoptimalkan ruang operasional. Geometri portal secara detail ditunjukkan pada Gambar 1.



Gambar 1. Struktur rangka portal gable

2.2 Kriteria Desain dan Pembebanan

Perencanaan menggunakan metode *Load and Resistance Factor Design (LRFD)* sesuai SNI 1729:2020. Material baja yang digunakan adalah ST-37 (MPa) dengan modulus elastisitas kg/cm². Analisis pembebanan merujuk pada SNI 1727:2020 dan SNI 1726:2019, dengan rincian sebagai berikut:

- Beban Mati: Berat sendiri profil, gording (4,96 kg/m), dan penutup atap galvalum (5 kg/m²).
- Beban Hidup: Beban terpusat pekerja sebesar 100 kg di tengah bentang gording.
- Beban Angin: Tekanan angin sebesar 30 kg/m² dengan koefisien tekan dan hisap sesuai posisi atap.
- Beban Gempa: Analisis gempa dilakukan berdasarkan peta gempa lokasi Bali dengan parameter percepatan gempa sesuai SNI 1726:2019 seperti pada Tabel 1.

Tabel 1. Parameter Respons Spektrum (Bali)

Parameter Gempa	Simbol	Nilai
Percepatan batuan dasar periode pendek	S_s	1,12 g
Percepatan batuan dasar periode 1 detik	S_1	0,51 g
Parameter percepatan spektral desain periode pendek	S_{Ds}	0,75 g
Parameter percepatan spektral desain periode 1 detik	S_{D1}	0,55 g
Kategori Desain Seismik (KDS)	-	D

2.3 Gaya Geser Dasar

Berdasarkan analisis spektrum respons menggunakan perangkat lunak SAP2000, diperoleh nilai gaya geser dasar (base shear) maksimum pada struktur portal sebesar 5.856,25 kg. Nilai ini didasarkan pada reaksi horizontal maksimum (RAH/RBH) yang dihasilkan dari kombinasi pembebanan gempa pada model struktur sebagaimana disajikan pada Tabel 2.

Tabel 2. Ringkasan Reaksi Tumpuan Maksimum

Jenis Pembebanan	Reaksi Vertikal (kg)	Reaksi Horizontal (V) (kg)
COMB 1 (1,4D)	0,33	3.030,03
COMB 2 (1,2D + 1,6L)	1,76	5.856,25

3. HASIL DAN DISKUSI

3.1 Kontrol Batas Simpangan (Drift)

Sesuai dengan ketentuan SNI 1729:2019 dan SNI 1726:2019, sebelum melakukan perancangan dimensi elemen, dilakukan pemeriksaan terhadap simpangan lateral portal untuk menjamin stabilitas struktur terhadap beban lateral. Batas simpangan izin (Δ_a) ditentukan berdasarkan tinggi kolom ($h = 4,5$ m) dengan rasio ($0,02 \times h$). Hasil pemodelan menunjukkan simpangan lateral maksimum yang terjadi pada puncak portal masih berada di bawah batas izin yang disyaratkan. Hal ini menunjukkan bahwa konfigurasi portal *gable* dengan bentang 40 m memiliki kekakuan lateral yang memadai untuk menahan beban kombinasi gempa dan angin sebelum analisis kapasitas elemen dilakukan. Berdasarkan Tabel 3, nilai simpangan lateral maksimum hasil analisis (18,45 mm) jauh di bawah batas izin yang disyaratkan (90 mm). Dengan demikian, struktur dinyatakan stabil dan memenuhi persyaratan batas layanan sesuai standar yang berlaku.

Tabel 3. Kontrol *Drift* struktur

Keterangan	Nilai / Hasil Analisis
Tinggi Kolom	4500 mm
Batas Simpangan Izin	90 mm
Simpangan Lateral Maksimum	18,45 mm
Status Keamanan	AMAN

3.2 Analisis Gaya Dalam

Analisis struktur menggunakan perangkat lunak SAP2000 dilakukan untuk menentukan distribusi gaya-gaya dalam setiap elemen portal akibat kombinasi beban terfaktor. Berdasarkan hasil pemodelan, diperoleh ringkasan nilai momen (M_u), gaya aksial (P_u), dan gaya geser (V_u) maksimum untuk setiap batang sebagaimana disajikan pada Tabel 4. Data ini menunjukkan bahwa Batang 3 merupakan titik paling kritis yang akan dijadikan acuan utama dalam perhitungan kapasitas elemen struktur.

Tabel 4. Gaya Dalam

No. Batang	M_{max} (kgm)	N_{max} (kg)	D_{max} (kg)
1	97,20	5.856,25	129,60
2	218,70	5.856,25	291,60
3	1.996,72	9.426,21	3.946,36

3.3 Hasil Desain Elemen Struktur

Penentuan dimensi profil untuk setiap elemen struktur portal *gable*. Setiap elemen dikontrol terhadap kapasitas beban terfaktor (LRFD) serta batas layan (lendutan) sesuai dengan standar SNI 1729:2020. Berdasarkan Tabel 5, seluruh elemen struktur yang direncanakan memiliki kapasitas yang memadai untuk memikul beban kombinasi yang bekerja. Hasil ini menunjukkan bahwa penggunaan profil baja yang dipilih tidak hanya aman secara struktural, tetapi juga memenuhi persyaratan kelayakan layanan (*serviceability*) sesuai standar nasional yang berlaku.

Tabel 5. Desain & Kontrol Kapasitas Elemen Struktur

Elemen Struktur	Profil	Parameter Kontrol	Hasil Analisis vs Batas Izin	Status
Gording	CNP 150.50.20.2,3	Lendutan	0,06 cm < 0,833 cm	AMAN
Batang Tarik	Besi 12 mm	Diameter Minimum	10,63 mm < 12 mm	AMAN
Ikatan Angin	Besi 16 mm	Diameter Minimum	14,7 mm < 16 mm	AMAN
Balok <i>Gable</i>	IWF 250.125.6.9	Tegangan Lentur	616,27 < 1600 kg/cm ²	AMAN
Kolom	WF 125.125.6.5.9	Rasio Interaksi	0,2 < 1,0	AMAN
Base Plate	300 × 200 × 10 mm	Tegangan Tekan	82,26 < 300 kg/cm ²	AMAN
Angkur Baut	4 16 mm	Tegangan Geser	122,7 < 960 kg/cm ²	AMAN

3.4 Visualisasi Gambar Desain

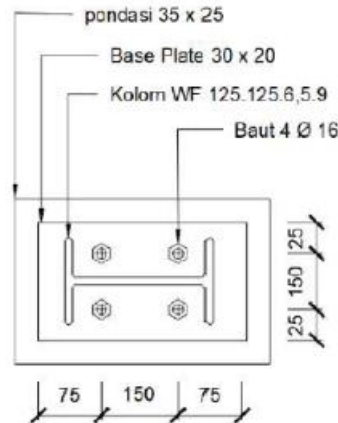
Berdasarkan hasil perhitungan kapasitas pada bagian sebelumnya, berikut adalah representasi visual dari komponen kritis struktur portal *gable*:

a. Detail *Base Plate* dan Perletakan

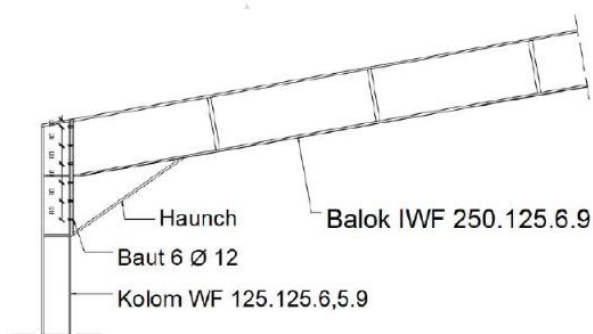
Gambar 2 menunjukkan detail sistem tumpuan yang menghubungkan kolom WF 125.125.6.5.9 dengan fondasi. Untuk mengakomodasi gaya normal sebesar 9.426,21 kg dan momen sebesar 1.996,72 kg·m, digunakan *base plate* berukuran 300 × 200 mm dengan ketebalan pelat 10 mm. Sistem pengankuran menggunakan 4 buah baut 16 mm yang telah dikontrol terhadap tegangan geser dan tarik guna menjamin stabilitas kolom terhadap gaya lateral.

b. Sambungan Balok-Kolom

Pertemuan antara kolom dan balok *gable* (rafter) dirancang menggunakan sambungan baut mutu tinggi untuk menahan momen negatif maksimum di sudut portal. Sebagaimana terlihat pada Gambar 3, sambungan diperkuat dengan komponen *haunch* untuk meningkatkan kekakuan rotasi dan memperbesar lengan momen sambungan. Digunakan 6 buah baut Ø 12 mm pada area kritis ini yang telah memenuhi syarat jarak antar baut sesuai standar SNI 1729:2020.



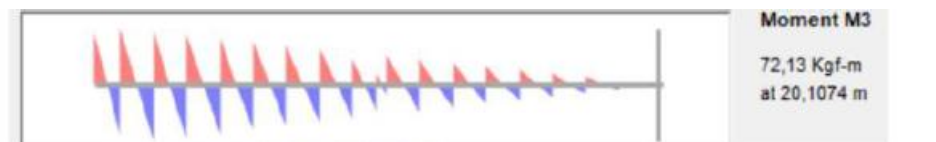
Gambar 2. Detail Base plate



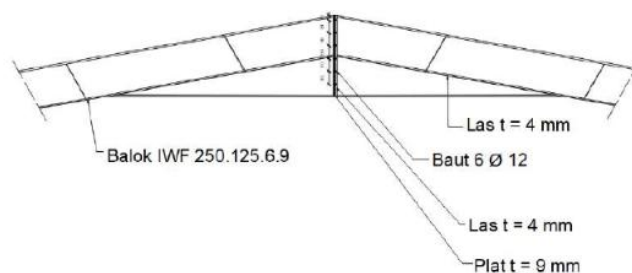
Gambar 3. Sambungan balok dan kolom

c. Sambungan Puncak (Ridge Connection)

Sambungan pada titik puncak portal berfungsi untuk menghubungkan dua balok *gable* dengan kemiringan atap sebesar 10° . Berdasarkan hasil analisis menggunakan SAP2000, diperoleh nilai momen desain (M_c) pada titik ini sebesar 72,13 kg·m, sebagaimana ditunjukkan pada kurva momen pada Gambar 4. Sambungan pada titik puncak portal (titik buhul) berfungsi untuk menghubungkan dua balok *gable* dengan kemiringan atap sebesar 10° . Detail pada Gambar 5 menunjukkan penggunaan pelat sambung (gusset plate) setebal 9 mm. Untuk menjamin kontinuitas struktur dalam memikul beban gravitasi, digunakan kombinasi sambungan baut 6 Ø 12 mm pada tiap sisi serta las sudut (fillet weld) setebal 4 mm. Integrasi baut dan las ini bertujuan untuk mendistribusikan gaya secara merata dan mencegah konsentrasi tegangan pada sambungan puncak.



Gambar 4. Output SAP2000 Gaya Momen pada station 20,1074 m



Gambar 5. Sambungan di Titik Buhul

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil analisis dan evaluasi struktural, perencanaan ulang sistem portal gable baja bentang 40 m pada fasilitas TPST di Bali dinyatakan aman serta memenuhi persyaratan SNI 1726:2019 dan SNI 1729:2020. Hal ini ditunjukkan oleh simpangan lateral sebesar 18,45 mm yang masih berada di bawah batas izin, serta kapasitas seluruh elemen utama dan sambungan yang memadai dalam menahan kombinasi beban rencana sehingga mampu mendukung operasional bangunan secara efektif.

UCAPAN TERIMA KASIH

Terimakasih kepada Bapak ibu dosen pembimbing dalam penelitian ini dan jurusan Teknik sipil universitas semarang yang telah membimbing kami dalam menyelesaikan penelitian.

DAFTAR PUSTAKA

- American Institute of Steel Construction (AISC). (2019). Companion to the AISC Steel Construction Manual (15th ed.), Volume 2: Design Tables.
- Al-Thairy, H. (2018). *Behaviour and Failure of Steel Columns Subjected to Blast Loads: Numerical Study and Analytical Approach*. In *Advances in Materials Science and Engineering* (Vol. 2018). <https://doi.org/10.1155/2018/1591384>
- Alifah, R., Empung, E., & Nursani, R. (2021). *Perencanaan Struktur Baja Pada Gedung 5 Lantai Kantor Kesehatan Pelabuhan Probolinggo*. *Akselerasi: Jurnal Ilmiah Teknik Sipil*, 3(1), 88–102. <https://doi.org/10.37058/aks.v3i1.3563>
- Ampangallo, B. A. (2023). Alternatif Perencanaan Struktur Gedung Perpustakaan Daerah Kabupaten Tana Toraja dengan Menggunakan Portal Baja. *Jurnal Pendidikan Tambusai*, 7(1), 3339–3351. <https://doi.org/10.31004/jptam.v7i1.5725>
- Aryadhana Sugawa Ronny Pandaleke, A., & Dwi Handono, B. (2017). Evaluasi Stress Ratio Dengan Metode Panjang Efektif Dan Metode Perencanaan Langsung Pada Portal Gable. *Jurnal Sipil Statik*, 5(8), 485–493.
- Badan Standardisasi Nasional (BSN). (2020). SNI 1729:2020 Spesifikasi untuk bangunan gedung baja struktural.
- Badan Standardisasi Nasional (BSN). (2020). SNI 1727:2020 Beban desain minimum dan kriteria terkait untuk bangunan gedung dan struktur lain.
- Buwono, H. K., & Ihsanuddin. (2013). Analisis Konstruksi Gable Dengan Rafter Menggunakan Profil Baja Honeycomb Dan Truss. *Jurnal Konstruksia*, 4(2 Juni 2013), 77–89.
- Ibrahim, Y., Suprihatin, H., & Agustiar, I. (2025). *J-Sipil : Jurnal Teknologi dan Ilmiah Teknik Sipil dan Sains Perencanaan Atap Gudang Material PT. uxxx dengan struktur baja metode Load and Resistance Factor Design (LRFD) BERDASARKAN SNI 1729 : 2020*. 2(1), 21–36.
- Maizuar, M., Indah, S. R., Mudi Hafli, T., & Burhanuddin, B. (2022). *Studi Desain Elemen Struktur Baja Berdasarkan SNI 1729: 2015 dan SNI 1729: 2020*. *Malikussaleh Journal of Mechanical Science and Technology*, 6(2), 6. <https://doi.org/10.29103/mjmst.v6i2.7079>
- Pang, E. B. B., Windah, R. S., & Pandaleke, R. E. (2025). Optimasi Penampang Balok Kolom pada Portal Gable. *Tekno*, 23(91), 35–44.
- Phiegiarto, F., Tjanniadi, J. E., Santoso, H., & Muljati, I. (2015). Perencanaan Elemen Struktur Baja Berdasarkan SNI 1729:2015. *Jurnal Dimensi Pratama Teknik Sipil*, 4(2), 1–8.
- Ridwan, A., & Amal, A. S. (2021). *Perencanaan Struktur Gable Frame Menggunakan Metode LRFD Pada Proyek Gudang Pabrik Pamekasan*. *Seminar Keinsinyuran Program Studi Program Profesi Insinyur*, 1(1), 1–7. <https://doi.org/10.22219/skpsppi.v1i0.4174>
- Tampubolon, S. P. (2021). *Buku Materi Pembelajaran Struktur Baja I*. Universitas Kristen Indonesia.