

KINERJA STRUKTURAL DAN KEBERLANJUTAN BANGUNAN PABRIK SIGARET DI BAWAH BEBAN DINAMIS : ANALISIS BERBASIS ETABS PADA SISTEM RANGKA BAJA

Heru Setiyo Cahyono (heruse180@gmail.com)¹

Annisa' Carina (annisacarina@unisda.ac.id)²

Khoirina Putri Izza Rohmah (khoirinaputri64@gmail.com)³

Eka Yudha Kurniawan (ekurniawan759@yahoo.com)⁴

Melnýi Ehonía Timu ((melnýitimu@yahoo.com)⁵

**Universitas Modern Al-Rifa'ie Indonesia¹, Universitas Darul 'Ulum Lamongan²,
Universitas Bondowoso³, Universitas Negeri Malang⁴. Department of Computer Science -
Dili Institute of Technology, Timor Leste⁵**

ABSTRAK

Analisis struktur bangunan pabrik sigaret konstruksi baja menggunakan ETABS bertujuan mengevaluasi kekuatan dan kinerja struktur dalam menahan beban statis (material, peralatan) dan dinamis (getaran mesin, angin, gempa). Hasil analisis menunjukkan struktur memenuhi kriteria keamanan berdasarkan SNI 1726 : 2019, dengan simpangan antar lantai pada lantai 2 akibat gempa arah X dan Y tidak terdeteksi, mengindikasikan stabilitas struktur yang baik dan kemampuan mempertahankan posisi tegak selama gempa. Analisis kombinasi beban gravitasi dan lateral menggunakan ETABS juga membuktikan struktur mampu menahan beban geser maksimum tanpa risiko kegagalan atau kerusakan signifikan.

Validasi melalui metode analisis manual dan perangkat lunak memperkuat konsistensi hasil, terutama dalam respons dinamik (*spektrum respons dan time history*). Temuan kunci menyatakan struktur baja pabrik telah memenuhi syarat ketahanan gempa dan distribusi beban optimal, dengan tahanan struktur yang melebihi beban kerja. Namun, rekomendasi utama penelitian mencakup: (1) pemantauan berkala terhadap sambungan baja dan elemen penahan getaran mesin untuk memastikan durabilitas jangka panjang; (2) analisis lanjutan menggunakan input gempa riil (*time history*) guna mengantisipasi variasi beban dinamis ekstrem; (3) optimalisasi desain kolom dan balok pada area dengan konsentrasi beban mesin tinggi untuk mengurangi potensi *fatigue*.

Hasil analisis tidak ditemukan Simpangan Antar Lantai pada gempa arah X dan Y Untuk lantai 2. Penelitian menekankan pentingnya kesesuaian antara kapasitas tahanan struktur dan beban eksternal, serta penerapan protokol pemeliharaan preventif sesuai standar nasional. Hasil ini menjadi dasar rekomendasi desain struktur baja sejenis yang efisien, aman, dan berkelanjutan di wilayah rawan gempa.

Kata Kunci: Baja, Beban, Gaya, Struktur, Tahanan.

ABSTRACT

The structural analysis of a steel-constructed cigarette factory building using ETABS aimed to evaluate the structure's strength and performance in resisting static loads (materials, equipment) and dynamic loads (machine vibrations, wind, earthquakes). The analysis results demonstrate that the structure meets safety criteria according to SNI 1726 : 2019 (Indonesian National Standard for Seismic Design), with no detectable inter-story drift on the second floor under seismic loads in the X and Y directions, indicating excellent structural stability and the ability to maintain an upright position during earthquakes. The combination of gravity and lateral load analyses using ETABS further confirmed the structure's capacity to withstand maximum shear loads without significant risk of failure or damage.

Validation through manual analysis and software methods reinforced the consistency of results, particularly in dynamic responses (response spectrum and time history). Key findings affirm that the steel structure satisfies seismic resistance requirements and optimal load distribution, with structural resistance exceeding operational loads. However, the study's primary recommendations include: (1) periodic monitoring of steel joints and machine vibration-damping elements to ensure long-term durability; (2) advanced analysis using real earthquake inputs (time history) to anticipate extreme dynamic load variations; and (3) optimization of column and beam designs in areas with high machine load concentrations to mitigate fatigue potential.

The absence of inter-story drift under X and Y seismic directions for the second floor underscores the structure's robustness. The research emphasizes the critical alignment between structural resistance capacity and external loads, alongside the implementation of preventive maintenance protocols adhering to national standards. These findings provide a foundation for recommending efficient, safe, and sustainable steel structure designs for similar buildings in earthquake-prone regions.

Key Words: *Force, Load, Resistance, Steel, Structure.*

PENDAHULUAN

Analisis struktur pada bangunan pabrik sigaret dengan konstruksi baja memiliki beberapa kepentingan utama, yang bertujuan untuk memastikan keamanan, efisiensi, dan keberlanjutan operasional bangunan tersebut (Almufid & Santoso, 2021). Berikut adalah beberapa aspek pentingnya analisis struktur pada jenis bangunan ini:

1.1. Keamanan Struktural

Beban operasional yang dihasilkan pada bangunan industri sigaret dihasilkan dari kegiatan operasional peralatan berat, seperti mesin produksi, serta fasilitas penyimpanan bahan mentah dan produk jadi (Lukmansa, dkk, 2015). Analisis struktur membantu memastikan bahwa konstruksi baja dapat menahan beban ini tanpa mengalami kegagalan struktural. Untuk mencapai ketahanan gempa dan angin di daerah rawan gempa atau angin kencang, analisis struktur diperlukan untuk memastikan bahwa bangunan pabrik sigaret mampu menahan gaya-gaya eksternal yang dapat mengancam stabilitasnya (Baker, et all, 2010). Dalam mendukung keandalan dan daya tahanan struktur dari faktor lingkungan, maka konstruksi baja harus dianalisis untuk faktor korosi akibat paparan lingkungan, terutama jika pabrik sigaret berada di daerah dengan kelembaban tinggi atau dekat dengan lingkungan laut (Imriyanti, 2022).

1.2. Efisiensi Dan Ekonomis

Analisis yang tepat dapat membantu mengoptimalkan penggunaan material baja sehingga tidak terjadi pemborosan, yang pada akhirnya mengurangi biaya konstruksi (Andalas & Riakara Husni, 2016). Salah satu keunggulan konstruksi baja sehingga sering digunakan untuk bangunan dengan desain modular adalah memungkinkan fleksibilitas dalam pembangunan dan pengembangan di masa depan (Wardhani, dkk, 2016). Analisis yang baik dapat mendukung desain yang lebih cepat dan efisien.

1.3. Fungsi Dan Operasional Pabrik

Kebutuhan operasional pabrik untuk distribusi beban dan layout bangunan yang luas berdampak pada desain pabrik sigaret dengan area produksi yang luas dan tanpa kolom yang mengganggu, untuk memaksimalkan alur kerja dan efisiensi operasional (Sutanto & Samsurizal, 2018). Analisis struktur baja dapat membantu dalam mendesain ruangan yang bebas hambatan (*open space*) dan memberikan tata letak yang optimal (Surandono, dkk, 2014). Pengendalian getaran dan kebisingan yang diakibatkan oleh mesin pabrik sigaret dapat diakomodasi dengan analisis struktur yang

membantu mengurangi dampak negatif getaran terhadap bangunan, serta mengurangi kebisingan untuk menjaga kondisi kerja yang nyaman (D. et al., 2016).

1.4. Pemenuhan Standar Dan Regulasi

Setiap bangunan pabrik sigaret harus memenuhi standar keselamatan dan regulasi konstruksi yang berlaku. Analisis struktur yang cermat memastikan bahwa bangunan pabrik sigaret sesuai dengan standar yang ditetapkan oleh pihak berwenang terkait keselamatan, kesehatan, dan lingkungan (Setiawan, dkk, 2008). Analisis struktur baja juga mempertimbangkan ketahanan terhadap panas dan api, mengingat bahwa bahan baku sigaret mudah terbakar. Ini penting untuk mengurangi risiko kebakaran dan merancang sistem evakuasi yang aman (Jiba & B, 2010).

1.5. Daya Tahan Dan Umur Bangunan

Konstruksi baja yang dianalisis dengan baik dapat menghasilkan bangunan yang tahan lama, mengurangi frekuensi perbaikan atau perawatan yang mahal di masa depan (Andi et al., 2023). Pabrik sigaret mungkin perlu mengubah atau menambah peralatan seiring waktu. Analisis struktur memungkinkan fleksibilitas dalam menyesuaikan bangunan dengan perubahan beban operasional (Maradhika, dkk, 2016). Analisis struktur yang menyeluruh pada bangunan pabrik sigaret konstruksi baja sangat penting untuk memastikan bahwa bangunan tersebut aman, efisien, sesuai dengan regulasi, dan memiliki umur yang panjang serta biaya pemeliharaan yang rendah (Boake, 2014).

KAJIAN PUSTAKA

Analisis struktur baja bangunan pabrik sigaret menggunakan ETABS (*Extended 3D Analysis of Building Systems*) melibatkan tinjauan dari berbagai aspek yang meliputi metode analisis struktur, penggunaan perangkat lunak ETABS, dan aplikasinya dalam desain bangunan pabrik (Sosiawan et al., 2024).

2.1. Analisis Struktur Baja Pada bangunan Pabrik

Struktur baja yang diaplikasikan pada bangunan telah lama menjadi pilihan utama untuk bangunan industri, termasuk pabrik. Hal ini disebabkan oleh beberapa keunggulannya seperti kekuatan tinggi terhadap beban, fleksibilitas desain, serta waktu konstruksi yang relatif cepat (Alif, 2014). Keunggulan konstruksi baja untuk bangunan pabrik adalah mampu mengakomodasi kebutuhan ruang bebas kolom yang luas untuk meningkatkan efisiensi produksi. Struktur baja memungkinkan terbentuknya bentang panjang tanpa kolom (*clear span*), yang memfasilitasi penataan peralatan dan jalur produksi (Machado, et all, 2014).

2.2. Perangkat Lunak Etabs Dalam Analisis Struktur

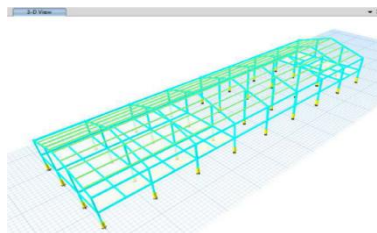
ETABS adalah perangkat lunak analisis dan desain struktur yang dikembangkan oleh *Computers and Structures, Inc. (CSI)* (Baker, et all, 2010). Software ini khusus dirancang untuk menganalisis gedung bertingkat dan bangunan dengan geometri kompleks, termasuk bangunan industri seperti pabrik. ETABS menyediakan fitur analisis elemen hingga (*finite element analysis*) yang memungkinkan perhitungan beban statis dan dinamis pada struktur baja, baik untuk beban gravitasi (beban mati, hidup) maupun beban lateral (angin, gempa) (Sutanto & Samsurizal, 2018). Ini penting dalam desain pabrik sigaret yang sering berada di area rawan gempa (Boake, 2014). ETABS mendukung desain struktur baja berdasarkan berbagai standar internasional, seperti AISC (*American Institute of Steel Construction*) dan *Eurocode*, yang membantu insinyur dalam memastikan bahwa desain mereka memenuhi kriteria kekuatan dan keamanan yang ditetapkan oleh peraturan (Mobley, et all, 1998).

2.3. Metode Analisis Struktur Pada bangunan Pabrik

Beban yang harus ditanggung oleh bangunan pabrik sigaret tidak hanya berupa beban statis dari berat material dan peralatan, tetapi juga beban dinamis akibat getaran dari mesin produksi atau beban angin dan gempa (Havino et al., 2024). ETABS memungkinkan analisis dinamis melalui spektrum respons atau analisis *time history* (Machado, et all, 2014). ETABS memungkinkan untuk melakukan analisis berbagai kombinasi beban, seperti kombinasi beban gravitasi dan lateral. Ini berguna untuk memeriksa bagaimana struktur baja pada pabrik sigaret berperilaku ketika terkena beban gabungan dari mesin dan faktor eksternal (Jiba & B, 2010). Pada bangunan pabrik, sambungan (*connections*) antara elemen baja sangat penting karena harus mampu menahan gaya-gaya yang muncul akibat beban dinamis dan perubahan suhu (Dia, 2001). ETABS memungkinkan desain sambungan yang memenuhi standar keamanan melalui integrasi dengan perangkat lunak lain seperti SAP2000 atau STATPRO.

2.4. Studi Kasus Penggunaan Etabs Untuk Analisis Pabrik

Ada berbagai studi kasus yang telah dilakukan untuk membuktikan kehandalan ETABS dalam mendesain struktur baja pada bangunan industri, termasuk pabrik sigaret, pabrik sigaret kimia, atau gudang besar (Setiawan, dkk, 2008). Dalam kajian pustaka ini, studi kasus dapat diambil dari jurnal teknik sipil yang relevan. Dalam beberapa proyek, ETABS juga diintegrasikan dengan teknologi BIM (*Building Information Modeling*) untuk menghasilkan model tiga dimensi yang dapat membantu dalam memvisualisasikan struktur, mendeteksi bentrokan desain (*clash detection*), dan memudahkan koordinasi antara berbagai disiplin ilmu (Wardhani, dkk, 2016). Contoh tampilan analisis struktur baja dengan ETABS ditunjukkan pada Gambar 1 berikut :



Gambar 1. Analisis Struktur Baja dengan ETABS
Sumber: Analisis Data

Gambar 1 menunjukkan metode analisis yang dijalankan menggunakan beberapa variabel analisis dan beberapa tinjauan yang telah ditetapkan dalam standar analisis struktur baja, sehingga dapat disimpulkan bahwa analisis struktur baja pada bangunan pabrik sigaret menggunakan ETABS adalah metode yang sangat efektif dalam proses perencanaan dan desain bangunan secara modern (Alif, 2014). Perangkat lunak ini menawarkan berbagai fitur untuk menganalisis beban, memodelkan perilaku dinamis, serta memvalidasi desain terhadap standar keselamatan internasional. Kelebihan ETABS dalam menangani struktur baja dengan geometri kompleks membuatnya menjadi pilihan utama dalam proyek-proyek pabrik sigaret skala menengah sampai besar (Dewi, dkk, 2018).

METODOLOGI PENELITIAN

Dalam penelitian ini untuk mengetahui kelayakan struktur baja pada bangunan pabrik sigaret dilakukan analisis menggunakan Software ETABS Versi 18.1.1. dengan langkah-langkah sebagai berikut (Hikmawan & Firmanto, 2020):

3.1. Persiapan Data

Kumpulkan data awal, termasuk rencana bangunan, beban yang akan diterapkan, dan spesifikasi material. Tentukan jenis struktur dan konfigurasi yang akan dianalisis .

3.2. Membuat Model Geometri

Buka software ETABS dan buat proyek baru. Buat model geometri bangunan sesuai dengan rencana, termasuk lantai, kolom, dan balok. Atur tinggi lantai dan jumlah lantai.

3.3. Definisi Material

Tentukan sifat material yang digunakan (misalnya, baja, beton). Masukkan data material ke dalam ETABS, termasuk modulus elastisitas, kekuatan, dan densitas.

3.4. Definisi Bagian Profil

Tentukan profil baja (seperti I-beam, H-beam) yang digunakan dalam struktur. Masukkan dimensi dan spesifikasi profil ke dalam software.

3.5. Penerapan Beban

Definisikan berbagai jenis beban, seperti beban mati, beban hidup, beban angin, dan beban gempa. Terapkan beban ke elemen struktur (kolom, balok, dan pelat).

3.6. Pengaturan Analisis

Pilih metode analisis yang sesuai, seperti analisis statis atau dinamis. Atur parameter analisis, seperti jenis elemen dan metode penyelesaian.

3.7. Menjalankan Analisis

Jalankan analisis struktur untuk mendapatkan respon dari bangunan terhadap beban yang diterapkan. ETABS akan menghitung gaya dalam, momen, dan defleksi untuk setiap elemen.

3.8. Memeriksa Hasil Analisis

Tinjau hasil analisis, termasuk diagram gaya dalam, momen, dan defleksi. Pastikan semua hasil sesuai dengan standar dan kode yang berlaku.

3.9. Desain Elemen Struktur

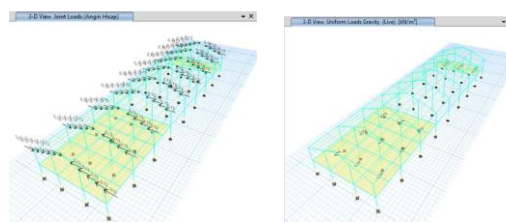
Lakukan desain elemen struktur (kolom, balok, dan sambungan) berdasarkan hasil analisis. Gunakan modul desain ETABS untuk menghitung ukuran dan spesifikasi yang diperlukan.

3.10. Pembuatan Laporan

Hasilkan laporan analisis dan desain, termasuk semua grafik, tabel, dan penjelasan hasil. Pastikan laporan memenuhi persyaratan dokumen teknis.

3.11. Validasi Dan Revisi

Validasi hasil dengan metode analisis lain atau analisis manual jika perlu. Lakukan revisi pada model jika ada perubahan yang diperlukan berdasarkan hasil validasi (Almufid & Santoso, 2021). Contoh metode validasi dan revisi pada analisis struktur dengan ETABS ditunjukkan pada Gambar 2 berikut :



Gambar 2. Metode Validasi Dan Revisi pada Analisis Struktur Baja dengan ETABS

Sumber: Analisis Data

Gambar 2 menunjukkan metode validasi berdasarkan langkah-langkah yang didasarkan pada standar analisis dengan variabel yang bervariasi tergantung pada kompleksitas proyek dan persyaratan spesifik, tetapi memberikan gambaran umum tentang proses analisis struktur baja dengan ETABS (Lukmansa, dkk, 2015).

ANALISIS DAN PEMBAHASAN

4.1. Analisis Pembebanan

Dalam tahapan menganalisis pembebanan terlebih dahulu diperhitungkan beban – beban apa saja yang diaplikasikan pada struktur. Dalam perancangan bangunan gedung tahan gempa perlu diperhitungkan beban gravitasi dan beban gempa. Untuk Pembebanan Gravitasi, beban – beban gravitasi yang diaplikasikan pada struktur bangunan didasarkan pada aspek fungsional dari ruang – ruangan yang ada sesuai dengan denah arsitektural yang diperoleh. Beban gravitasi meliputi beban mati berat sendiri (dead load), beban mati tambahan (super imposed dead load), dan beban hidup (live load). Selanjutnya untuk Pembebanan Gempa yang digunakan analisis dengan respon spektra sesuai dengan data pada lokasi struktur bangunan. Analisis ini dilakukan dengan bantuan perangkat lunak serta parameter yang digunakan dalam analisis respon spektra sesuai dengan nama kota atau koordinat lokasi yang diambil.

Analisis Beban Mati Struktur Baja pada bangunan Pabrik Sigaret ditunjukkan sebagai berikut:

1. Beban Mati Struktur

- a. Berat Volume Beton Bertulang = $23,6 \text{ kN/m}^3$ (Sumber: SNI 1727: 2020 Tabel C3.1-2)
(Dihitung otomatis dengan program Etabs)

2. Beban Mati Tambahan

- a. Berat Air hujan = Perkiraan tebal air x berat jenis air = $0,05 \text{ m} \times 9,8 \text{ kN/m}^3 = 0,49 \text{ kN/m}^2$
- b. Berat Plafon + Rangka (Sumber: SNI 1727: 2020 Tabel C3.1-1)
 - Berat Gypsum = $0,008 \text{ kN/m}^2$
 - Berat Hollow = $0,1 \text{ kN/m}^2$
 - Berat Total = Berat gypsum + berat hollow = $0,008 \text{ kN/m}^2 + 0,1 \text{ kN/m}^2 = 0,108 \text{ kN/m}^2$
- c. Berat Penutup Lantai (Sumber: SNI 1727: 2020 Tabel C3.1-1)
 - Berat Keramik + 13mm Spesi = $0,77 \text{ kN/m}^2$
- d. Berat Mekanikal Elektrikal
 - Berat Mekanikal Elektrikal = $0,19 \text{ kN/m}^2$
- e. Berat Bata Ringan
 - Berat Bata Ringan = $1,1 \text{ kN/m}^2$
- f. Berat Spesi Permm Tebal
 - Berat spesi Permm Tebal = $0,023 \text{ kN/m}^2$
- g. Berat Jendela
 - Berat Kaca = $0,38 \text{ kN/m}^2$
- h. Berat Pintu
 - Berat Kayu Plester 2 sisi = $0,96 \text{ kN/m}^2$

3. Beban Mati Atap

- a. Berat Mekanikal Elektrikal = 0,19 kN/m²
- b. Berat Air Hujan = 0,49 kN/m²
- c. Berat Plafon + Rangka = 0,108 kN/m²
- d. Berat Spesi Tebal 5 cm = 1,15 kN/m²
- Total Beban Mati Atap/m² = 1,938 kN/m²

4. Beban Mati Lantai

- a. Berat ME = 0,19 kN/m²
- b. Berat keramik + 13mm Spesi = 0,77 kN/m²
- c. Berat Plafon + Rangka = 0,108 kN/m²
- d. Berat spesi tebal 17mm = 0,391 kN/m²
- Total Beban Mati Lantai/m² = 1,459 kN/m²

5. Berat dinding (tinggi = 2,95 m)

a. Lantai 1 dan Lantai 2

- Pada Balok Total beban/m = Berat bata × (tinggi lantai - tinggi balok)
= 1,1 kN/m² × (2,95 - 0,5) = 2,75 kN/m

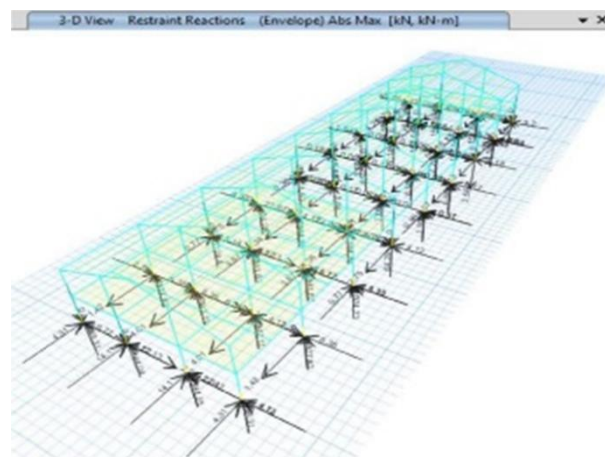
Tabel 1. Hasil Analisis Struktur Baja dengan ETABS

Hunian atau penggunaan	Merata (kN/m ²)
Atap datar, terhubung, dan lengkung	0,96
Toilet/ WC	1,92
Ruang pribadi dan koridornya	1,92
Ruang publik	4,79

Sumber: Analisis Data

Tabel 1 menunjukkan hasil pemodelan dan analisis struktur menggunakan ETABS didapatkan hasil untuk beberapa reaksi dan gaya yang selanjutnya dilakukan validasi untuk mengetahui apakah material yang digunakan serta perencanaan geometri dan pemasangannya dapat memenuhi kebutuhan untuk mengakomodari beban – beban dan kombinasi pembebanan yang terjadi sehingga Bangunan dinyatakan layak dan kuat untuk digunakan dalam kegiatan operasional.

4.2. Reaksi Tumpuan

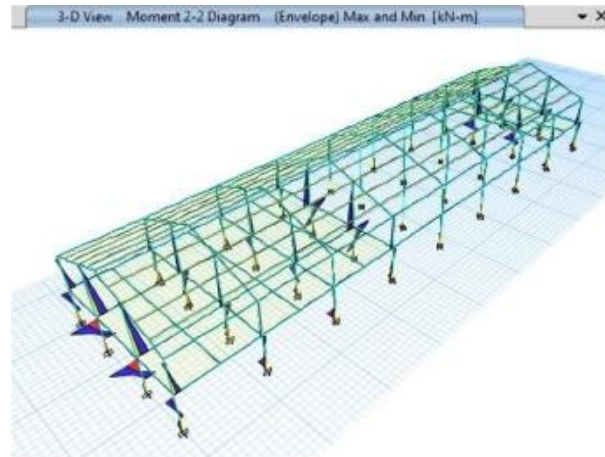


Gambar 3. Reaksi Tumpuan

Sumber: Analisis Data

Gambar 3 menunjukkan reaksi tumpuan yang diberikan oleh tumpuan yaitu: kolom dan balok untuk sudah seimbang dengan beban yang bekerja pada struktur. Sehingga dapat dianalisis bahwa reaksi tumpuan berada dalam batas kapasitas tumpuan dengan reaksi kurang dari kapasitas tumpuan sehingga struktur telah stabil.

4.3. Gaya Momen

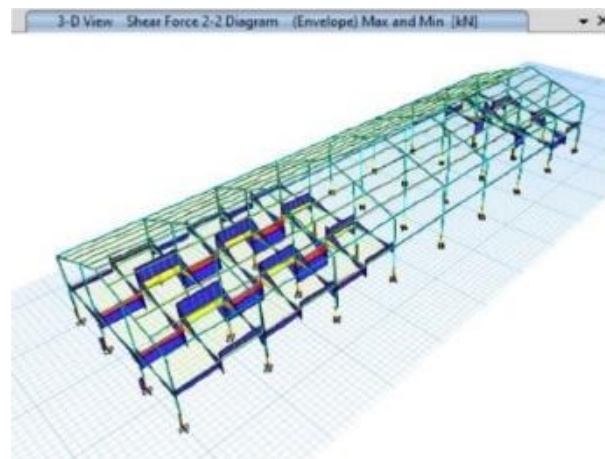


Gambar 4. Gaya Momen

Sumber: Analisis Data

Gambar 4 menunjukkan gaya momen yang diberikan oleh momen lentur yang terjadi pada elemen struktur yaitu: kolom dan balok akibat beban yang bekerja lebih kecil dari pada kekuatan lentur struktur bangunan. Momen yang terjadi sudah lebih kecil dari kapasitas momen ultimit elemen struktur. Sehingga tidak terjadi keruntuhan lentur pada bangunan.

4.4. Gaya Lintang

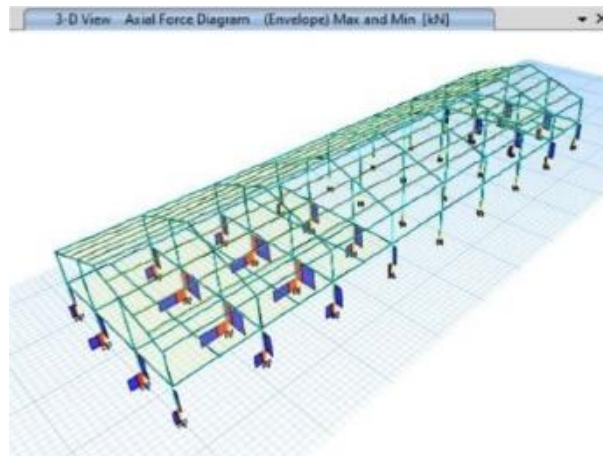


Gambar 5. Gaya Lintang

Sumber: Analisis Data

Gambar 5 menunjukkan gaya lintang yang terjadi berupa gaya geser yang bekerja pada elemen struktur yaitu: kolom dan balok dianalisis berdasarkan kapasitas geser elemen struktur bangunan. Kelayakan Gaya lintang yang terjadi lebih kecil dari pada kapasitas geser elemen struktur. Sehingga gaya lintang bangunan telah layak dan tidak mengalami keruntuhan geser.

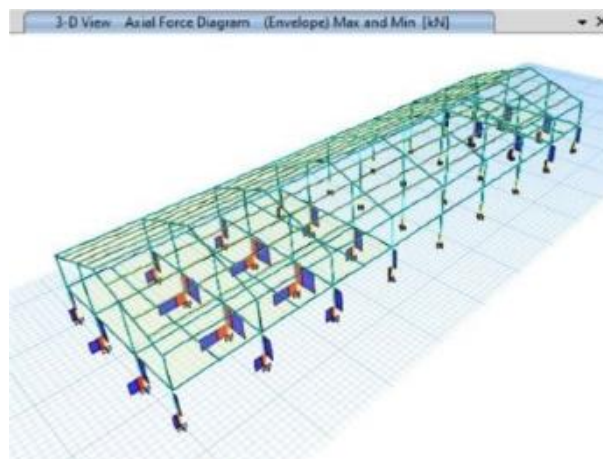
4.5. Gaya Normal



Gambar 6. Gaya Normal
Sumber: Analisis Data

Gambar 6 menunjukkan gaya normal yang terjadi berupa gaya tarik dan gaya tekan yang bekerja sepanjang sumbu elemen struktur, yaitu pada kolom dan balok tarik – tekan. Gaya normal yang terjadi sudah lebih kecil dari kapasitas tarik dan kapasitas tekan elemen struktur. Sehingga elemen struktur memenuhi kapasitas bangunan tidak mengalami keruntuhan tarik atau keruntuhan tekan.

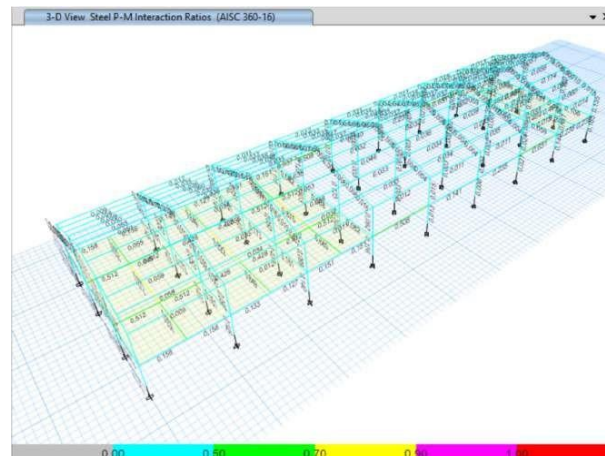
4.6. Gaya Torsi



Gambar 7. Gaya Torsi
Sumber: Analisis Data

Gambar 7 menunjukkan gaya torsi yang terjadi berupa momen puntir bekerja pada elemen struktur yaitu: kolom dan balok dianalisis berdasarkan kapasitas keruntuhan geser elemen struktur bangunan. Kelayakan gaya torsi harus sudah lebih kecil dari pada kapasitas torsi elemen struktur. Sehingga bangunan tidak mengalami keruntuhan torsional.

4.7. Desain Rasio Rangka



Gambar 8. Desain Rasio Rangka

Sumber: Analisis Data

Gambar 8 desain rasio rangka yang terjadi berupa perbandingan antara gaya yang bekerja pada elemen struktur dengan kapasitas elemen tersebut digunakan untuk mengevaluasi keamanan dan efisiensi desain. Rasio rangka yang terjadi pada analisis ini telah sesuai yaitu kurang dari 1,0 dan dapat dipastikan bahwa elemen struktur telah aman dan tidak perlu didesain ulang.

4.8. Struktur Balok

Tahanan lentur pada Balok B1 telah memenuhi persyaratan yang harus dipenuhi atau “Aman” dikarenakan Kekuatan Leleh Tarik (P_n) yaitu 18.072,317 Kg lebih besar daripada Beban Ultimate (P_u) 280,418 Kg, maka kondisi ini menunjukkan bahwa struktur telah mampu menahan gaya geser yang terjadi akibat beban lateral atau horizontal yang bekerja pada struktur tersebut. Jika $P_n > P_u$ atau $V_c > V_u$ berarti gaya geser yang dimiliki oleh struktur melebihi gaya geser yang dihasilkan oleh beban.

4.9. Struktur Rangka Atap

Tahanan lentur pada Rangka Atap telah memenuhi persyaratan yang harus dipenuhi atau “Aman” dikarenakan Kekuatan Leleh Tarik (P_n) yaitu 18.072,317 Kg lebih besar daripada Beban Ultimate (P_u) 604,682 Kg, maka kondisi ini menunjukkan bahwa struktur telah mampu menahan gaya geser yang terjadi akibat beban lateral atau horizontal yang bekerja pada struktur tersebut. Jika $P_n > P_u$ atau $V_c > V_u$ berarti gaya geser yang dimiliki oleh struktur melebihi gaya geser yang dihasilkan oleh beban.

4.10. Nilai Minimum Kapasitas Struktur dalam Menahan Beban Ultimate

Beban ultimate merupakan beban maksimum yang diantisipasi dapat bekerja pada struktur selama masa layannya, yang mencakup kombinasi beban mati (dead load), beban hidup (live load), serta beban lingkungan seperti gempa atau angin. Dari hasil analisis menggunakan perangkat lunak ETABS, diperoleh nilai minimum kapasitas elemen struktur yang diperlukan untuk menahan beban ultimate tersebut. Nilai minimum ini mencakup:

1. Kapasitas Momen Lentur (Moment Capacity):

Nilai minimum momen lentur yang mampu dipikul oleh balok dan kolom telah dihitung berdasarkan dimensi penampang, kekuatan material, dan konfigurasi tulangan. Hasil analisis menunjukkan bahwa elemen-elemen tersebut memiliki kapasitas momen lentur yang melebihi momen ultimate yang terjadi, sehingga memastikan stabilitas struktur terhadap beban lentur.

2. Kapasitas Geser (Shear Capacity):

Kapasitas geser minimum elemen struktur telah dievaluasi untuk memastikan bahwa gaya geser ultimate tidak melebihi kekuatan geser material. Hasil analisis menunjukkan bahwa tulangan geser (sengkang) yang dipasang pada balok dan kolom telah memadai untuk menahan gaya geser ultimate.

3. Kapasitas Aksial (Axial Capacity):

Untuk elemen struktur yang menerima beban aksial, seperti kolom, nilai minimum kapasitas tekan dan tarik telah dihitung. Hasil analisis menunjukkan bahwa kolom mampu menahan beban aksial ultimate tanpa mengalami kegagalan tekuk (buckling) atau keruntuhan material.

4. Kapasitas Torsi (Torsional Capacity):

Pada elemen struktur yang menerima momen puntir, kapasitas torsi minimum telah dihitung untuk memastikan bahwa elemen tersebut mampu menahan torsi ultimate. Hasil analisis menunjukkan bahwa elemen-elemen tersebut memenuhi persyaratan kapasitas torsi.

5. Rasio Kapasitas (Capacity Ratio):

Rasio kapasitas, yaitu perbandingan antara gaya yang bekerja dengan kapasitas elemen struktur, telah dianalisis untuk seluruh elemen. Nilai rasio kapasitas yang kurang dari 1,0 menunjukkan bahwa elemen struktur memiliki kapasitas yang memadai untuk menahan beban ultimate.

Pada Struktur Sambungan Rangka Atap, dari hasil analisis tersebut didapatkan nilai minimum yang mampu menahan beban ultimate pada bangunan yaitu:

1. Luas baut minimum adalah : 2,85 cm²
2. Dengan luas baut minimum tersebut dapat dihitung Kuat Tarik yang dihasilkan adalah : 17.626,85 Kg
3. Dengan luas baut minimum tersebut dapat dihitung Kuat Geser yang dihasilkan adalah : 12.499,04 Kg
4. Kemudian dapat dihitung Kuat Tumpu yang dihasilkan dari desain baut tersebut adalah : 8.138,295 Kg
5. Kemudian dapat dihitung Kuat Nominal yang dihasilkan dari desain baut tersebut adalah : 28.200 Kg
6. Sehingga Kekuatan Nominal tersebut mampu menahan Beban Ultimate Bangunan yaitu: 28.200 Kg > 604,682 Kg
7. Terakhir adalah menentukan Jarak baut ke tepi yaitu dihasilkan: 4 cm dan jarak antar baut yaitu: 8 cm
8. Ketebalan plat yang digunakan adalah 0,8 cm telah sesuai karena berada di atas tebal plat minimum yaitu: 0,01229 cm.

Pada Struktur Sambungan Atap Ke Kolom Dari hasil analisis tersebut didapatkan nilai minimum yang mampu menahan beban ultimate pada bangunan yaitu:

1. Luas baut minimum adalah : 2,85 cm²
2. Dengan luas baut minimum tersebut dapat dihitung Kuat Tarik yang dihasilkan adalah : 17.626,85 Kg
3. Dengan luas baut minimum tersebut dapat dihitung Kuat Geser yang dihasilkan adalah : 12.499,04 Kg
4. Kemudian dapat dihitung Kuat Tumpu yang dihasilkan dari desain baut tersebut adalah : 8.138,295 Kg
5. Kemudian dapat dihitung Kuat Nominal yang dihasilkan dari desain baut tersebut adalah : 28.200 Kg
6. Sehingga Kekuatan Nominal tersebut mampu menahan Beban Ultimate Bangunan yaitu: 28.200 Kg > 323,449 Kg
7. Terakhir adalah menentukan Jarak baut ke tepi yaitu dihasilkan: 4 cm dan jarak antar baut yaitu: 8 cm
8. Ketebalan plat yang digunakan adalah 0,8 cm telah sesuai karena berada di atas tebal plat minimum yaitu: 0,006574 cm.

KESIMPULAN

1. Dari Hasil Pemodelan dan Analisis Pabrik sigaret dengan menggunakan Software ETABS dimensi Frame dan Rangka Atap dimana di dapatkan hasil desain rasio berwarna biru mudah maka dimensi Frame dan Rangka Atap ini dapat diterima (Aman). Bila warna desain rasio besi berwarna kuning dan ping maka dimensi serta mutu bahan konstruksi perlu di pertimbangkan

lagi, bila warna desain rasio besi berwarna merah maka bahan konstruksi tidak bisa digunakan. (Tidak Aman).

2. Pemodelan struktur dilakukan dengan bantuan perangkat lunak, hasil dari analisis perangkat lunak tersebut berupa gaya – gaya dalam (internal forces) yang dilanjutkan dengan pengecekan syarat yang disyaratkan lalu setelahnya akan lanjut ke dalam proses perhitungan atau tahap perancangan elemen struktur.
3. Tidak ditemukan Simpangan Antar Lantai pada gempa arah X dan Y Untuk lantai 2. Hal ini menandakan pada tinjauan simpangan antar lantai tidak menimbulkan kemiringan sehingga kondisi Bangunan akan tetap tegak dan mampu menahan beban pada saat gempa sehingga struktur mampu melayani kelayakan dalam kondisi gempa sesuai dengan SNI 1726: 2019 Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non Gedung.
4. Dari hasil analisis di atas dapat diindikasikan bahwa struktur sudah cukup kuat untuk menahan beban geser yang bekerja, sehingga struktur tidak berada dalam risiko kegagalan atau kerusakan akibat geser. Penting untuk mencapai kesesuaian antara beban yang bekerja dan tahanan struktur untuk memastikan keamanan struktur secara keseluruhan kegagalan atau kerusakan akibat geser.

Daftar Pustaka

- Alif Firman, 2014, Perencanaan Konstruksi Baja Tipe Gable Frame Pada Bangunan Pabrik, *Jurnal*.
- Almufid, & Santoso, E. (2021). Struktur SRPMK DAN SRPMM Pada Bangunan Tinggi. *Journal GEEJ*, 10(2), 24–34.
- Andalas, G., & Riakara Husni, H. (2016). Analisis Layout *Shearwall* Terhadap Perilaku Struktur Gedung. *JRSDD*, 1(1), 2303–2314.
- Andi, A., Mahendra, B., & Ridwan, M. (2023). Perencanaan Konstruksi Bangunan Gedung Enam Lantai. *Akselerasi: Jurnal Ilmiah Teknik Sipil*, 5(1), 66–73.
- Baker, W., Besjak C., Sarkisian, M., Lee P., Doo, C. S. 2010. *Proposed Methodology to Determine Seismic Performance Factors for Steel Diagrid Framed Sistem*. Council on Tall Building and Urban Habitat.
- Boake, T.M. 2014. *Diagrid Structures: Systems, Connections, Details*. Birkhauser. Basel.
- D., N. Fahria. R., Lestari, I. P., Indarto, H., & Indrastono. D. A. (2016). Evaluasi Kekuatan Struktur Gedung H Universitas Dian Nuswantoro Semarang. *Jurnal Karya Teknik Sipil*, 5(2), 75–86. <http://ejournal-s1.undip.ac.id/index.php/jkts>
- Dewi Sari Utama & Pratama M Iqbal. 2018. Analisa Perencanaan Struktur Beton Gedung Kuliah Kampus 2 IAIN Kota Metro Menggunakan Program ETABS (*Extended Three Analysis Building Systems*). TAPAK (Teknologi Aolikasi Konstruksi)
- Dia, H. (2001). *An Object-Oriented Neural Network Approach to Short-Term Traffic Forcasting*. *European Journal of Operation Research*, 253-261.
- Havino, A., Prativi, A., Sutra, N., & Dewi, P. (2024). Perencanaan Struktur Bawah Jembatan Kereta Api di Politeknik Perkeretaapian Indonesia Madiun. *Jurnal Perkeretaapian Indonesia (Indonesian Railway Journal)*, 8(2), 8–13.
- Hikmawan, F., & Firmanto, A. (2020). Analisis Struktur Pembangunan Rumah Susun Sewa Kabupaten Sukoharjo Provinsi Jawa Tengah. *JURNAL KONSTRUKSI*, IX(1), 13–24.

- Imriyanti, I. (2022). Kajian Sistem Struktur dan Konstruksi Rumah Panggung di Kawasan Permukiman Pesisir Pantai (Kelurahan Cambaya Kecamatan Ujung Tanah Kota Makassar). *Jurnal Linears*, 4(2), 85–92. <https://doi.org/10.26618/j-linears.v4i2.5884>
- Jiba, A., & B, R. (2010). Perkembangan Struktur Dan Konstruksi Rumah Tradisional Suku Bajo Di Pesisir Pantai Parigi Moutong. *Fakultas Teknik Jurusan Arsitektur Universitas Tadulako*, 2(1), 31–38. <https://media.neliti.com/media/publications/221034-perkembangan-struktur-dan-konstruksi-rum.pdf>
- Lukmansa, Indra. 2015. Studi Perbandingan Perencanaan Struktur Baja Menggunakan Profil Biasa dan Profil Kastela Pada Proyek Gedung PGN Di Surabaya. *Jurnal Teknik Sipil Untag Surabaya* Vol.8, N0.2.
- Machado Roque Viana Bossa, 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, *Skripsi ITN Bandung*.
- Maradhika Fauzy , 2016. Perencanaan Struktur Baja Gedung Hotel NEO. *Under Graduates thesis, Universitas Negeri Semarang*.
- Mobley, A. V., Carroll, M. P., & Canann, S. A. (1998). *An Object-Oriented Approach to Geometry Defeaturing for Finite Element Meshing*. Canonsburg PA: ANSYS Inc.
- Setiawan, Agus. 2008. Perencanaan Struktur Baja dengan Metode LRFD. Semarang: Erlangga
- Sosiawan, R. D., Purnamasari, E., & Fathurrahman. (2024). Perencanaan Konstruksi Bangunan Bawah (Sub Structure) Jembatan Desa Kuala Tambangan Pada Ruas Batakan. *Fakultas Teknik, Universitas Islam Kalimantan*, 2004, 1–16.
- Surandono Agus & Desmawan. 2014. Analisa Kolom Struktur Pada Pekerjaan Pembangunan Lantai 1 Kampus II SD Muhammadiyah Metro Pusat Kota Metro. TAPAK (Teknologi Aplikasi Konstruksi) *Jurnal Program Studi Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Metro*, Volume 4 Nomor 1. Hal 6-10
- Sutanto, F., & Samsurizal, E. (2018). Analisa Perhitungan Struktur Bangunan Gedung Head Office Dan Showroom Yamaha Pontianak. *Jurnal Mahasiswa Teknik Sipil Universitas Tanjungpura*, 3(2), 1–9.
- Wardhani. Inees Kusuma. 2016. Perencanaan Ulang Struktur Baja Menggunakan Spesifikasi Bangunan Gedung Baja Struktural. (*Tugas Akhir*): Universitas Muhammadiyah Yogyakarta.