



Evaluasi Kinerja Struktur Tower Transmisi 150 kV di Dumai Menggunakan SAP2000

Susy Srihandayani^{1*}, Aidil Abrar², Azwan Aziz³

^{1,2,3)} Program Studi Teknik Sipil, Institut Teknologi dan Bisnis Riau Pesisir

Jl. Utama Karya Bukit Batrem II

*Email: doctorsoil79@gmail.com

ABSTRAK

Keandalan tower transmisi sangat dipengaruhi oleh kemampuan setiap elemen rangka baja dalam menahan beban vertikal, transversal, dan longitudinal yang bekerja selama masa layanan. Penelitian ini bertujuan mengevaluasi respons struktur dan kelangsingan elemen pada tower transmisi 150 kV di Kawasan Industri Dumai menggunakan SAP2000. Objek penelitian berupa tower tipe A (*suspension*) dengan tinggi 33,3 m, lebar dasar 4,96 m, dan lebar atas 1,37 m. Analisis dilakukan melalui pengumpulan data geometri dan pembebanan, pemodelan struktur tiga dimensi, pemberian beban konduktor dan *earth wire*, analisis kombinasi pembebanan, pemeriksaan elemen kritis, serta evaluasi deformasi. Hasil analisis menunjukkan bahwa beberapa batang pada segmen dasar yang menggunakan profil siku L 65x65x5 memiliki nilai kelangsingan KL/r sebesar 213,25, melebihi batas 200 yang digunakan pada evaluasi awal. Profil L 80x80x6 kemudian direkomendasikan untuk elemen tersebut dan perlu diverifikasi kembali pada model hasil revisi. Deformasi maksimum sebesar 99,05 mm terjadi pada elevasi +33,3 m di joint 259 akibat kombinasi beban 1. Hasil ini menunjukkan bahwa penilaian kinerja tower perlu mempertimbangkan respons global sekaligus pemeriksaan lokal setiap elemen rangka.

Kata kunci: tower transmisi, struktur baja, kelangsingan, SAP2000, deformasi



ABSTRACT

The reliability of a transmission tower is strongly influenced by the capacity of each steel lattice member to resist vertical, transverse, and longitudinal loads during service. This study evaluates the structural response and member slenderness of a 150 kV transmission tower in the Dumai Industrial Area using SAP2000. The investigated structure is a type-A suspension tower with a height of 33.3 m, a base width of 4.96 m, and a top width of 1.37 m. The analysis consisted of collecting geometric and loading data, developing a three-dimensional structural model, applying conductor and earth-wire loads, analyzing load combinations, checking critical members, and evaluating deformation. The results indicate that several members in the lower tower segment using L 65x65x5 angle sections have a KL/r slenderness ratio of 213.25, exceeding the limit of 200 adopted in the initial evaluation. An L 80x80x6 angle section is therefore recommended for these members and should be rechecked in the revised model. The maximum deformation is 99.05 mm at elevation +33.3 m at joint 259 under load combination 1. These findings highlight the need to evaluate both global structural response and local member performance when assessing transmission-tower behavior.

Keywords: *transmission tower; steel structure; slenderness; SAP2000; deformation*

Pendahuluan

Saluran transmisi merupakan bagian penting dalam sistem tenaga listrik karena berfungsi menyalurkan energi dari pusat pembangkitan menuju gardu induk dan selanjutnya ke pusat beban (Albayrak & Morshid, 2020). Untuk jaringan tegangan tinggi, menara baja tipe lattice banyak digunakan karena mampu membentuk struktur yang relatif ringan, kaku, dan efisien untuk menopang konduktor pada bentang yang panjang. Pada kondisi operasi, tower tidak hanya menerima berat sendiri, tetapi juga beban dari konduktor, *earth wire*, insulator, serta pengaruh arah transversal dan longitudinal yang dapat menghasilkan respons berbeda pada setiap elemen rangka (Rechtman et al., 2020). Selain beban operasional tersebut, faktor eksternal seperti tekanan angin yang bervariasi dan risiko seismik pada wilayah



tertentu dapat menyebabkan deformasi serta gaya internal yang signifikan, sehingga pemodelan numerik yang akurat sangat krusial untuk mencegah kegagalan struktur (Çarhoğlu, 2020; Mohite, 2019)

Secara ideal, struktur rangka bekerja melalui elemen–elemen yang dominan menerima gaya aksial tarik atau tekan. Oleh karena itu, evaluasi tower tidak cukup hanya melihat kestabilan model secara keseluruhan. Batang tekan yang terlalu langsing dapat menjadi elemen kritis walaupun respons global struktur masih menunjukkan perilaku yang tampak memadai. Pemeriksaan kelangsingan, gaya aksial, dan deformasi menjadi bagian penting untuk memastikan bahwa setiap elemen mampu bekerja sesuai fungsi yang direncanakan (Chai, 2026; Khan et al., 2023; Manggapis & Cruz, 2024).

Pemodelan numerik dengan SAP2000 dapat digunakan untuk membangun geometri tiga dimensi, mendefinisikan material dan profil, memberikan pembebanan, serta memperoleh gaya dalam dan deformasi struktur (Saptaryani et al., 2025; Zega et al., 2022) . Pada struktur tower yang terdiri atas banyak batang, penggunaan perangkat lunak membantu mengidentifikasi elemen dengan respons paling kritis sehingga evaluasi dapat difokuskan pada lokasi yang membutuhkan penyesuaian profil (Indrawan et al., 2025; Warman & Arifuddin, 2024).

Menganalisis dan mendesain menara listrik tegangan tinggi menggunakan SAP2000 serta melakukan kontrol elemen dengan pendekatan LRFD untuk menahan beban yang bekerja (Besra et al., 2023) . Sementara itu, menggunakan SAP2000 untuk menganalisis struktur rangka rambu suar dan menghubungkan hasil struktur atas dengan kebutuhan perencanaan struktur bawah. Kedua studi tersebut menunjukkan bahwa pemodelan numerik dapat membantu proses evaluasi struktur rangka, tetapi pemeriksaan elemen lokal tetap diperlukan agar hasil analisis tidak hanya berhenti pada respons global model (Yuliawana & Ali, 2024). Penelitian terkait struktur menara transmisi serupa menunjukkan bahwa pemodelan menggunakan metode elemen hingga sangat krusial dalam mendistribusikan beban aksial serta memprediksi defleksi pada titik–titik kritis akibat beban lingkungan (Erinofiardi & Hendra, 2012; Nainggolan et al., 2012). Selain itu, faktor geometri konstruksi, seperti



konfigurasi penampang persegi empat maupun segitiga, memainkan peran penting dalam menentukan respon struktur terhadap beban angin yang fluktuatif (Siagian et al., 2012).

Objek pada penelitian ini adalah tower transmisi 150 kV pada proyek pembangunan jaringan transmisi di Kawasan Industri Dumai. Naskah awal menunjukkan adanya beberapa batang pada segmen dasar yang tidak memenuhi kriteria kelangsingan yang digunakan, meskipun model struktur secara umum dapat dianalisis terhadap beban kerja. Kondisi ini menjadi dasar dilakukannya evaluasi kembali terhadap elemen kritis, rekomendasi perubahan profil, dan pembacaan deformasi maksimum struktur (Hartono et al., 2026; Stevens & Tediando, 2018).

Penelitian ini bertujuan mengevaluasi kinerja struktur tower transmisi 150 kV menggunakan SAP2000 dengan menitikberatkan pada karakteristik pembebanan, kelangsingan elemen kritis, rekomendasi perubahan profil, dan deformasi maksimum. Hasil penelitian diharapkan memberikan gambaran yang lebih jelas mengenai pentingnya pemeriksaan elemen lokal dalam proses evaluasi struktur tower baja.

Metode Penelitian

Penelitian menggunakan pendekatan analitis berbasis pemodelan numerik. Data diperoleh dari dokumen perencanaan tower transmisi 150 kV yang mencakup geometri, jenis struktur, profil elemen, serta pembebanan konduktor dan earth wire. Seluruh data tersebut kemudian digunakan untuk membangun model struktur tiga dimensi pada SAP2000. Tahapan analisis meliputi pemodelan geometri, pendefinisian material dan penampang, pemberian beban, analisis kombinasi pembebanan, pemeriksaan elemen kritis, dan evaluasi deformasi (Farhani et al., 2024).

Tabel 1. Data utama struktur tower

Parameter	Data
Fungsi struktur	Tower listrik SUTT 150 kV
Jenis struktur	Rangka baja <i>lattice</i>

Parameter	Data
Lokasi	Kawasan Industri Dumai
Tinggi tower	33,3 m
Lebar dasar tower	4,96 m
Lebar atas tower	1,37 m
Tipe tower	Tipe A (suspension)



Gambar 1. Menara transmisi baja sebagai representasi struktur *lattice tower*

Pembebanan yang digunakan dalam model terdiri atas beban vertikal, transversal, dan longitudinal dari konduktor dan *earth wire*. Selain itu, data perencanaan awal juga mempertimbangkan beban angin pada komponen tower, konduktor, *earth wire*, dan insulator. Nilai beban yang tersedia pada naskah awal digunakan sebagai input analisis tanpa melakukan perubahan terhadap besarnya beban proyek.

Tabel 2. Beban konduktor dan *earth wire* pada model

Komponen	Vertikal (kN)	Transversal (kN)	Longitudinal (kN)
Konduktor	8,451	8,399	2,049
Earth wire	3,425	4,079	1,330

Kontrol utama difokuskan pada elemen rangka yang teridentifikasi kritis pada hasil desain baja. Parameter kelangsingan dinyatakan sebagai perbandingan panjang efektif batang terhadap radius girasi penampang. Pada evaluasi awal, batas



kelangsingan yang digunakan adalah $KL/r \leq 200$. Secara ringkas, parameter tersebut dapat dituliskan sebagai:

$$KL/r \leq 200 \quad (1)$$

dengan K dan L mewakili parameter panjang efektif batang, sedangkan r adalah radius girasi penampang. Elemen yang melampaui kriteria tersebut ditinjau untuk perubahan dimensi profil. Setelah itu model dijalankan kembali untuk melihat respons struktur hasil revisi. Deformasi maksimum diperoleh dari output displacement pada joint yang paling kritis.

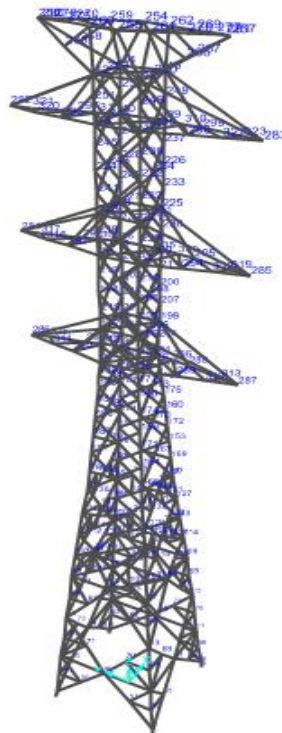
Hasil dan Pembahasan

Pemodelan struktur tower

Geometri tower dimodelkan sebagai rangka tiga dimensi dengan batang-batang baja yang saling terhubung pada joint. Bentuk tower mengecil dari lebar dasar 4,96 m menjadi 1,37 m pada bagian atas dan memiliki beberapa cross arm untuk penempatan konduktor serta earth wire. Model numerik digunakan untuk mengamati distribusi respons pada seluruh elemen dan mempermudah identifikasi batang yang berada pada kondisi paling kritis.

Evaluasi elemen kritis dan kelangsingan

Hasil pemeriksaan desain menunjukkan adanya beberapa elemen pada segmen dasar tower yang ditandai sebagai elemen tidak memenuhi kriteria pada output SAP2000. Elemen-elemen tersebut menggunakan profil siku L 65×65×5. Pemeriksaan terhadap parameter kelangsingan menghasilkan nilai KL/r sebesar 213,25. Nilai tersebut lebih besar dari batas 200 yang digunakan pada evaluasi awal sehingga batang perlu ditinjau kembali, terutama karena segmen dasar tower menerima akumulasi respons dari bagian struktur di atasnya.



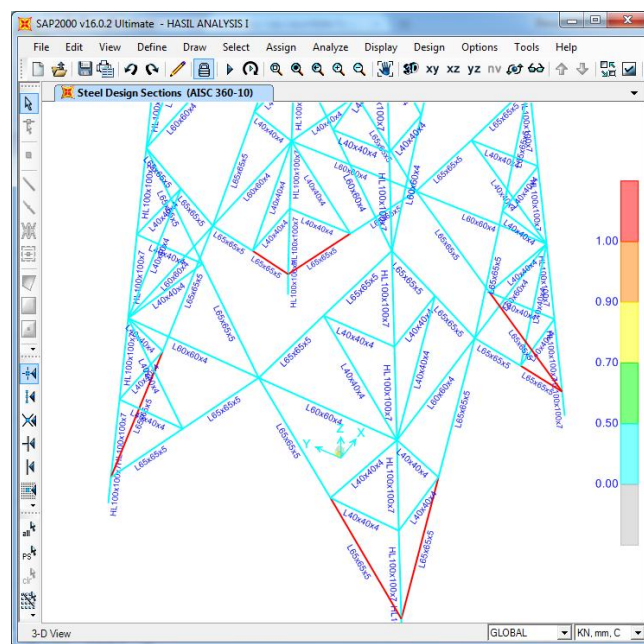
Gambar 2. Model tiga dimensi tower transmisi pada SAP 2000

Tabel 3. Elemen kritis pada segmen dasar tower

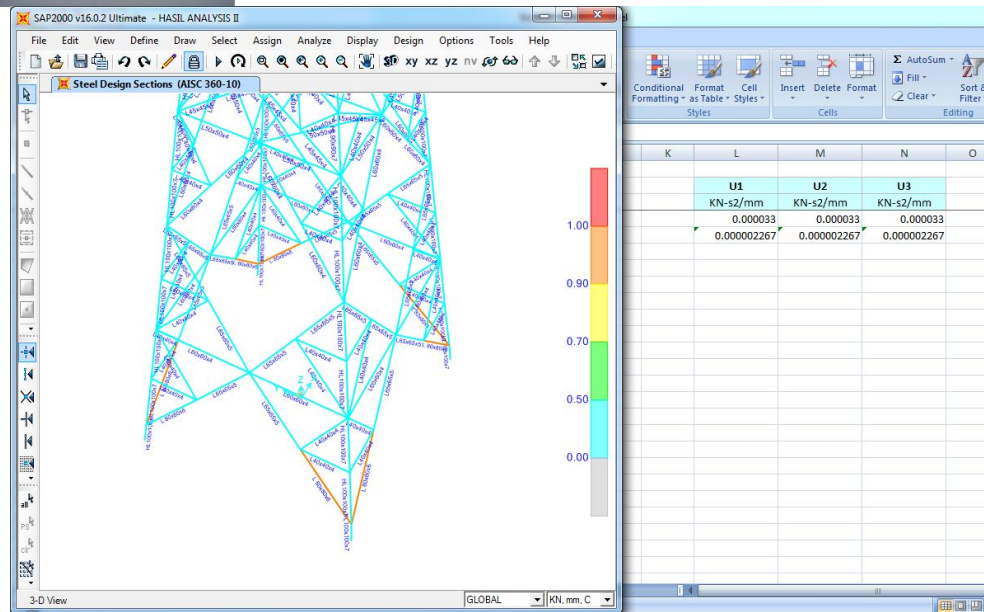
Nomor elemen	Profil awal	KL/r	Evaluasi
107	L 65×65×5	213,25	Perlu revisi profil
113	L 65×65×5	213,25	Perlu revisi profil
139	L 65×65×5	213,25	Perlu revisi profil
133	L 65×65×5	213,25	Perlu revisi profil
127	L 65×65×5	213,25	Perlu revisi profil
123	L 65×65×5	213,25	Perlu revisi profil
117	L 65×65×5	213,25	Perlu revisi profil

Temuan tersebut memperlihatkan perbedaan antara penilaian global dan pemeriksaan lokal. Struktur dapat tetap membentuk sistem rangka yang stabil pada model, namun batang tertentu dapat memiliki kelangsingan yang tidak memenuhi kriteria yang dipakai. Karena itu, kesimpulan mengenai kinerja tower tidak sebaiknya hanya didasarkan pada bentuk deformasi atau keberhasilan running analisis, tetapi juga pada hasil kontrol setiap elemen.

Sebagai tindak lanjut, profil elemen kritis direkomendasikan berubah dari L 65×65×5 menjadi L 80×80×6. Perubahan dimensi meningkatkan luas penampang dan karakteristik geometrik elemen, sehingga secara konseptual dapat memperbaiki perilaku batang tekan. Naskah sumber telah menunjukkan adanya pemodelan ulang setelah perubahan profil, tetapi tidak menyajikan nilai KL/r akhir secara numerik. Oleh sebab itu, profil L 80×80×6 pada artikel ini diposisikan sebagai rekomendasi desain yang tetap memerlukan verifikasi akhir melalui output model revisi.



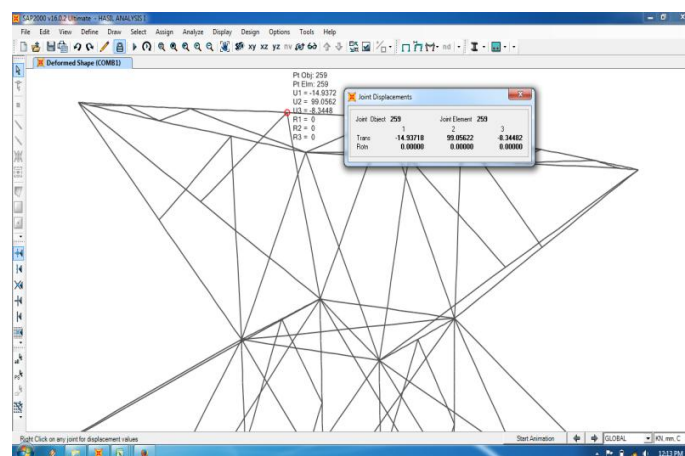
Gambar 3. Detail elemen kritis pada hasil kontrol desain baja



Gambar 4. Pemeriksaan ulang model setelah perubahan profil elemen

Deformasi struktur

Analisis perpindahan menunjukkan deformasi maksimum sebesar 99,05 mm pada joint 259 yang berada pada elevasi +33,3 m akibat kombinasi beban 1. Lokasi deformasi maksimum pada bagian atas tower dapat dipahami karena perpindahan lateral akan terakumulasi sepanjang tinggi struktur. Nilai ini merupakan indikator respons global yang penting, terutama untuk mengevaluasi perubahan bentuk tower di bawah kombinasi beban yang dikaji.



Gambar 5. Titik deformasi maksimum pada elevasi +33,3 m



Data sumber tidak mencantumkan secara eksplisit batas layan deformasi yang digunakan untuk tower ini. Oleh karena itu, nilai 99,05 mm tidak langsung dinyatakan memenuhi atau tidak memenuhi kriteria serviceability dalam artikel revisi. Interpretasi hasil difokuskan pada besarnya respons dan lokasi titik kritis. Untuk keputusan desain akhir, nilai tersebut perlu dibandingkan dengan kriteria simpangan yang digunakan pada spesifikasi proyek atau standar tower yang menjadi acuan.

Implikasi evaluasi struktur

Evaluasi ini menegaskan bahwa pemeriksaan struktur tower perlu dilakukan pada dua tingkat. Tingkat pertama adalah respons global, yang dapat diamati dari pola deformasi dan distribusi gaya pada model. Tingkat kedua adalah respons lokal pada elemen, khususnya batang tekan yang sensitif terhadap kelangsingan. Pada kasus tower 150 kV di Dumai, identifikasi KL/r sebesar 213,25 pada beberapa batang dasar menunjukkan bahwa pemeriksaan lokal mampu menemukan kebutuhan revisi yang tidak selalu terlihat apabila evaluasi hanya didasarkan pada respons struktur secara keseluruhan.

Perubahan profil pada elemen kritis juga sebaiknya diikuti dengan analisis ulang karena perubahan kekakuan dapat memengaruhi distribusi gaya pada batang di sekitarnya. Dengan demikian, prosedur desain yang lebih kuat adalah melakukan analisis awal, mengidentifikasi batang kritis, memperbaiki profil, kemudian menjalankan ulang model dan memastikan seluruh elemen memenuhi kriteria yang dipakai. Pendekatan ini membuat penggunaan SAP2000 tidak hanya berfungsi sebagai alat pemodelan, tetapi juga sebagai sarana iteratif untuk mengevaluasi dan memperbaiki desain

Simpulan

Pemodelan tower transmisi 150 kV di Kawasan Industri Dumai menggunakan SAP2000 menunjukkan bahwa pemeriksaan kinerja struktur harus dilakukan pada respons global dan elemen lokal secara bersamaan. Beberapa batang pada segmen



dasar dengan profil L 65x65x5 memiliki nilai kelangsingan KL/r sebesar 213,25, lebih besar dari batas 200 yang digunakan pada evaluasi awal, sehingga profil L 80x80x6 direkomendasikan untuk ditinjau sebagai pengganti. Deformasi maksimum struktur sebesar 99,05 mm terjadi pada joint 259 di elevasi +33,3 m akibat kombinasi beban 1. Hasil tersebut menunjukkan bahwa keberhasilan analisis global belum cukup untuk menyatakan seluruh elemen memenuhi kriteria. Verifikasi akhir perlu dilakukan pada model setelah perubahan profil serta dengan membandingkan deformasi terhadap batas layan yang digunakan pada spesifikasi proyek..

Daftar Pustaka

- Albayrak, U., & Morshid, L. A. M. (2020). Evaluation of Seismic Performance of Steel Lattice Transmission Towers. *Civil Engineering Journal*, 6(10), 2024–2044. <https://doi.org/10.28991/cej-2020-03091600>
- Besra, J., Kujur, J., Hadimani, S., Kulkarni, Archana, R., Aswathy, S., Kumar, Rao, G., Sonowal, D., Bharali, J., Reddy, B. B. K., Rasagnya, K., Gokul, V., Sudam, G., Punse, Saurabh, S., Gupta, Samanta, B., Sayed, A., ... Punse. (2023). Analysis and Design of Transmission Tower Using STAAD Pro V8i. *International Research Journal of Modernization in Engineering Technology and Science*. <https://doi.org/10.56726/irjmets45495>
- Çarhoğlu, A. İ. (2020). Evaluation of the Transmission Line Tower Exposed to Artificial Ground Motions and Wind Loads. *DergiPark (Istanbul University)*. <https://dergipark.org.tr/tr/pub/jsr-a/issue/70909/806680>
- Chai, R. (2026). Paper 3_Critical Section Stiffness for Activating Geometric Effects: An Energy-Based Framework. In *Zenodo (CERN European Organization for Nuclear Research)*. European Organization for Nuclear Research. <https://doi.org/10.5281/zenodo.19200487>
- Erinofiardi, E., & Hendra, H. (2012). Analisa Defleksi Struktur Tower Transmisi Menggunakan Metode Elemen Hingga. *University of Bengkulu Scholar Repository (University of Bengkulu)*.
- Farhani, S., Rivana, D., & Tanne, Y. A. (2024). Evaluasi Perubahan Desain Gedung pada Tahap Konstruksi Terhadap Kapasitas Struktural (Studi Kasus Proyek



- Gedung XYZ). *CRANE Civil Engineering Research Journal*, 5(1), 31–40.
<https://doi.org/10.34010/crane.v5i1.12133>
- Hartono, D. D., Haifan, M., Kurniawan, R. R., & Rahman, M. S. (2026). Evaluasi Kegagalan Struktur Tower Rooftop Monopole Ketinggian 15 Meter Pada Bangunan Komersial. *Syntax Literate Jurnal Ilmiah Indonesia*, 11(2).
<https://doi.org/10.36418/syntax-literate.v11i2.63527>
- Indrawan, S. E., Purwanto, L. M. F., Hermawan, H., & Ch'ng, M. (2025). Adaptive Structural Models for Post-Flood Housing Construction on South Kalimantan's Peatland. *Civil Engineering and Architecture*, 13(4), 3129–3143.
<https://doi.org/10.13189/cea.2025.130421>
- Khan, K., Chen, Z., Liu, J., & Tsavdaridis, K. D. (2023). Compressive behaviors of corner-supported modular steel sway frames with rotary inter-modular connections. *Thin-Walled Structures*, 193, 111245.
<https://doi.org/10.1016/j.tws.2023.111245>
- Manggapis, F. F., & Cruz, O. G. Dela. (2024). An In-Depth Review on the Eccentric Compression Performance of Engineered Bamboo Columns. *Civil Engineering Journal*, 10(3), 974–993. <https://doi.org/10.28991/cej-2024-010-03-020>
- Mohite, N. A. (2019). Structural Analysis of Steel Transmission Tower for different Risk Coefficients–A Case Study. *International Journal for Research in Applied Science and Engineering Technology*, 7(7), 1295–1300.
<https://doi.org/10.22214/ijraset.2019.7211>
- Nainggolan, F., Eng, H., & Erinofiardi, E. (2012). *Analisa Defleksi pada Konstruksi Rangka Batang Menara Saluran Udara Tegangan Ekstra Tinggi (Sutet) dengan Menggunakan Metode Elemen Hingga*. <http://repository.unib.ac.id/4242/>
- Rechtman, M. S., Motta, J. N. M., Menezes, A. A., Silva, J. G. S. da, & Longo, O. (2020). Structural Analysis of Steel Transmission Towers for Large River Crossing of Overhead Transmission Lines. *Engineering Technology & Applied Science Research*, 10(6), 6438–6444. <https://doi.org/10.48084/etasr.3735>
- Saptaryani, T. D., Lasiyono, M. M., & Santoso, B. (2025). Workshop Pemahaman Karakteristik Material pada Pemodelan Struktur Dengan SAP2000 untuk Optimalisasi Analisis Konstruksi. *Jurnal Pengabdian Masyarakat Bhinneka*, 4(2), 2656–2664. <https://doi.org/10.58266/jpmb.v4i2.833>
- Siagian, J. T. A., Eng, H., & Zuliantoni, Z. (2012). *Analisis Pemodelan Struktur/ Konstruksi Tower Transmisi Persegi Empat dan Segitiga dengan Metode Elemen Hingga (Finite Element Methode)*. <http://repository.unib.ac.id/4245/>



- Stevens, D., & Tediando, L. S. (2018). Analisis Pengaruh Panjang Elemen Terhadap Kuat Tekan dari Baja Ringan Profil Kanal dengan Metode Elemen Hingga. *JMTS Jurnal Mitra Teknik Sipil*, 1(1), 159. <https://doi.org/10.24912/jmts.v1i1.2253>
- Warman, A., & Arifuddin, M. (2024). Pemodelan Analisis Struktur Menggunakan Aplikasi Berbasis Elemen Hingga: Artikel Review. *Journal of Infrastructure and Construction Technology*, 2(2), 81–89. <https://doi.org/10.56208/jictech.2.2.81-89>
- Yuliawana, E., & Ali, D. F. (2024). Evaluasi Hasil Analisis FEM Manual dan Komputasi pada Struktur Rangka Ruang dan Portal 3D: Studi Literatur. *Journal of Infrastructure and Construction Technology*, 2(2), 73–80. <https://doi.org/10.56208/jictech.2.2.73-80>
- Zega, B. C., Dani, H., Triarso, A., & Zulfikar, A. R. (2022). Pelatihan Analisis Pemodelan Struktur Bangunan dengan Menggunakan Software SAP2000 kepada Guru dan Siswa pada SMK Teknik Bangunan. *Prosiding Seminar Nasional Pengabdian Kepada Masyarakat*, 1(1), 42–48. <https://doi.org/10.33086/snpm.v1i1.775>