

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Perkembangan industri manufaktur di Indonesia telah mendorong peningkatan pembangunan fasilitas industri yang menuntut struktur bangunan dengan tingkat keamanan, efisiensi, dan keandalan yang semakin tinggi. Berbeda dengan bangunan gedung konvensional, bangunan industri harus mampu menahan kombinasi beban statis dan beban dinamis yang berasal dari pengoperasian mesin produksi, *crane*, maupun peralatan mekanis lainnya. Kondisi tersebut menyebabkan sistem struktur tidak hanya dituntut memiliki kapasitas kekuatan, tetapi juga kekakuan, kelenturan, dan ketahanan terhadap pembebanan berulang. Oleh karena itu, penggunaan struktur komposit baja–beton semakin banyak diterapkan pada bangunan industri modern karena mampu menggabungkan keunggulan baja yang memiliki kuat tarik tinggi dengan beton yang mempunyai kapasitas tekan yang besar sehingga menghasilkan struktur yang lebih efisien, ekonomis, dan memiliki kemampuan fungsi struktur yang lebih baik dibandingkan sistem struktur konvensional. Penelitian terbaru menunjukkan bahwa struktur komposit memiliki kapasitas menahan beban yang lebih tinggi, kekakuan yang lebih baik, serta deformasi yang lebih kecil dibandingkan struktur beton bertulang biasa sehingga semakin banyak digunakan pada bangunan bertingkat maupun fasilitas industri. (Kencanawati et al., 2023).

Dalam bangunan industri, sumber pembebanan tidak hanya berasal dari berat sendiri struktur (*dead load*) dan beban hidup (*live load*), tetapi juga berasal dari beban dinamis atau getaran mesin yang bekerja secara berkala maupun terus - menerus selama proses produksi berlangsung. Getaran tersebut menghasilkan gaya dinamis yang diteruskan melalui rantai menuju balok, kolom, dan sambungan struktur. Jika frekuensi getaran yang dihasilkan mesin mendekati frekuensi alami struktur, maka resonansi berpotensi terjadi, yang menyebabkan peningkatan amplitudo getaran, percepatan kerusakan material, penurunan kenyamanan kerja, hingga potensi kegagalan struktur apabila tidak diperhitungkan secara memadai pada tahap desain. Kajian mengenai

perilaku dinamis struktur komposit menunjukkan bahwa analisis vibrasi menjadi salah satu aspek penting dalam menjamin keamanan bangunan yang menerima pembebanan berulang selama masa fungsi struktur. (NAZIR, 2026)

Salah satu elemen yang paling menentukan keberhasilan sistem struktur adalah sambungan balok–kolom. Sambungan merupakan zona kritis yang berfungsi mentransfer gaya aksial, gaya geser, dan momen lentur dari balok menuju kolom sehingga kegagalan pada daerah ini dapat mengakibatkan terganggunya stabilitas struktur secara keseluruhan. Pada struktur komposit baja–beton, perilaku sambungan menjadi lebih kompleks karena melibatkan interaksi antara profil baja, pelat sambung, baut, pengelasan, beton, tulangan, serta penghubung geser. Kompleksitas tersebut menyebabkan distribusi tegangan dan regangan tidak lagi dapat diprediksi secara sederhana menggunakan pendekatan analitis konvensional. Perilaku sambungan komposit sangat dipengaruhi oleh konfigurasi sambungan, kekakuan komponen penyusun, serta mekanisme transfer gaya yang terjadi pada daerah kontak antara baja dan beton. (Anwar, 2025)

Kabupaten Sidoarjo merupakan salah satu kawasan industri di Provinsi Jawa Timur yang menampung berbagai perusahaan manufaktur berskala nasional maupun internasional. Salah satu perusahaan yang beroperasi di kawasan tersebut adalah PT TKM Sidoarjo, yang dalam aktivitas produksinya memanfaatkan berbagai mesin industri dengan kapasitas operasi tinggi. Operasi mesin secara terus - menerus menghasilkan pembebanan dinamis yang diteruskan ke sistem struktur bangunan. Walaupun bangunan telah dirancang berdasarkan ketentuan pembebanan dalam SNI 1727:2020, evaluasi terhadap respons sambungan balok–kolom akibat beban dinamis aktual tetap diperlukan karena karakteristik getaran mesin sering kali berbeda dengan asumsi pembebanan statis yang digunakan dalam perencanaan awal. Evaluasi ini menjadi semakin penting untuk memastikan bahwa struktur tetap memenuhi persyaratan kekuatan maupun kinerja fungsi struktur selama umur rencana bangunan. (Soesanto & Soegiarso, 2026).

Seiring berkembangnya teknologi komputasi, analisis struktur saat ini banyak dilakukan menggunakan Metode Elemen Hingga (*Finite Element Method*) yang mampu memberikan hasil lebih rinci dibandingkan metode analisis klasik. Melalui pemodelan numerik tiga dimensi, distribusi tegangan (*von Mises stress*), regangan (*strain*), perpindahan (*displacement*), konsentrasi tegangan (*stress concentration*), hingga pola keruntuhan lokal dapat diamati secara lebih akurat. (Manurung & Winata, 2026). Berbagai penelitian menunjukkan bahwa pemodelan menggunakan perangkat lunak berbasis *FEM*, seperti ABAQUS, mampu merepresentasikan perilaku sambungan komposit dengan tingkat akurasi yang tinggi dan menjadi pendekatan yang banyak digunakan dalam penelitian struktur modern.

Meskipun penelitian mengenai sambungan balok–kolom telah berkembang pesat, sebagian besar kajian masih berfokus pada perilaku akibat beban gempa, beban siklik, maupun beban statis. Kajian yang secara spesifik menginvestigasi respons sambungan balok–kolom struktur komposit akibat beban dinamis mesin industri pada bangunan manufaktur di Indonesia masih relatif terbatas. Penelitian terbaru oleh (Am & Am, 2024) juga menegaskan bahwa pengembangan sambungan komposit berbasis metode elemen hingga masih membuka peluang penelitian, khususnya pada variasi jenis pembebanan dan kondisi operasional bangunan industri.

Berdasarkan kondisi tersebut, penelitian ini dilakukan untuk menganalisis kinerja sambungan balok–kolom struktur komposit baja–beton pada bangunan industri PT TKM Sidoarjo akibat pengaruh beban mesin menggunakan Metode Elemen Hingga. Analisis difokuskan pada distribusi tegangan, deformasi, dan tingkat kekakuan sambungan sehingga dapat diketahui tingkat keamanan struktur terhadap pembebanan dinamis aktual. Hasil penelitian diharapkan dapat memberikan kontribusi ilmiah dalam pengembangan desain struktur komposit berbasis *performance-based design*, sekaligus menjadi referensi bagi praktisi dan perencana struktur industri dalam meningkatkan keandalan bangunan terhadap pengaruh getaran mesin.

1.2 Rumusan Masalah

1. Bagaimana respons struktural sambungan balok–kolom pada struktur komposit baja–beton akibat beban mesin industri berdasarkan hasil analisis menggunakan perangkat lunak SAP2000?
2. Bagaimana distribusi tegangan (*stress*), deformasi (*displacement*), dan regangan (*strain*) yang terjadi pada daerah sambungan balok–kolom struktur komposit baja–beton akibat pembebanan mesin industri menggunakan metode elemen hingga dengan perangkat lunak ABAQUS?
3. Bagaimana tingkat kinerja dan keamanan sambungan balok–kolom struktur komposit baja–beton pada bangunan industri PT TKM Sidoarjo berdasarkan hasil analisis elemen hingga dan ketentuan standar perencanaan struktur yang berlaku?

1.3 Tujuan Penelitian

1. Menganalisis respons struktural sambungan balok–kolom pada struktur komposit baja–beton akibat beban mesin industri menggunakan perangkat lunak SAP2000.
2. Mengidentifikasi distribusi tegangan (*stress*), regangan (*strain*), dan deformasi (*displacement*) yang terjadi pada daerah sambungan balok–kolom struktur komposit baja beton akibat pembebanan mesin industri menggunakan metode elemen hingga dengan perangkat lunak ABAQUS.
3. Evaluasi tingkat kinerja dan keamanan sambungan balok–kolom struktur komposit baja– beton pada bangunan industri PT TKM Sidoarjo berdasarkan hasil analisis elemen hingga serta membandingkannya dengan ketentuan standar perencanaan struktur yang berlaku.

1.4 Manfaat Penelitian

1.4.1 Manfaat bagi Perusahaan (PT. TKM)

- Peningkatan Keamanan Operasional.
Memberikan informasi yang komprehensif mengenai kondisi dan kinerja struktur bangunan sehingga keselamatan tenaga kerja serta keberlangsungan operasional mesin dapat terjamin.
- Dasar Pemeliharaan Preventif.
Menjadi landasan dalam pengambilan keputusan terkait penjadwalan perawatan maupun perkuatan struktur guna mencegah terjadinya kegagalan struktur yang berpotensi menimbulkan kerusakan serius.
- Efisiensi dan Optimasi Biaya.
Membantu perusahaan meminimalkan potensi kerugian finansial akibat kerusakan mendadak pada bangunan pabrik melalui pendekatan analisis dan deteksi dini berbasis numerik.

1.4.2 Manfaat Akademis (Pengembangan Ilmu Pengetahuan)

- Aplikasi Metode Elemen Hingga.
Menjadi referensi ilmiah mengenai penerapan dan efektivitas Metode Elemen Hingga (*Finite Element Method/FEM*) dengan bantuan perangkat lunak Abaqus dalam menganalisis permasalahan getaran yang kompleks pada bangunan industri.
- Implementasi Standar Nasional.
Memberikan contoh penerapan SNI 1726:2019 dan SNI 1729:2020 dalam proses evaluasi struktur bangunan eksisting secara sistematis dan terukur.

1.4.3 Manfaat bagi Peneliti

- Mengembangkan kemampuan dalam melakukan pemodelan dan simulasi struktur tingkat lanjut menggunakan perangkat lunak yang sesuai dengan praktik industri.

- Memperdalam pemahaman mengenai keterkaitan antara fenomena fisik berupa getaran mesin dengan pendekatan analisis teoritis dan numerik dalam rekayasa struktur.

1.5 Batasan Masalah

1. Objek penelitian dibatasi pada sambungan balok–kolom struktur komposit baja–beton pada bangunan industri PT TKM Sidoarjo, tanpa menganalisis elemen struktur lainnya secara mendalam, seperti pondasi, dinding, atau struktur atap.
2. Analisis hanya mempertimbangkan pengaruh beban mesin industri yang bekerja pada struktur, dengan kombinasi beban sesuai ketentuan SNI 1727:2020.
3. Analisis struktur dilakukan menggunakan Metode Elemen Hingga (*Finite Element Method/FEM*) melalui perangkat lunak analisis struktur yang sesuai, dengan asumsi sifat material, kondisi batas (*boundary conditions*), dan pemodelan mengikuti standar perencanaan yang berlaku.
4. Parameter yang dianalisis dibatasi pada respons sambungan balok–kolom, meliputi distribusi tegangan (*stress*), regangan (*strain*), deformasi (*displacement*), serta tingkat keamanan sambungan berdasarkan hasil analisis numerik.
5. Penelitian tidak mencakup pengujian eksperimental (*laboratory testing*) maupun monitoring struktur di lapangan, sehingga hasil penelitian didasarkan pada simulasi numerik dan dibandingkan dengan ketentuan standar desain, seperti SNI 1729:2020, SNI 2847:2019, dan referensi teknis yang relevan.

1.6 Sistematika Pembahasan

Sistematika penulisan pada penelitian ini adalah sebagai berikut :

➤ BAB I : PENDAHULUAN

Berisi tentang uraian kajian umum meliputi : Latar belakang, Rumusan masalah, Batasan masalah, Tujuan penelitian, Manfaat penelitian dan sistematika penulisan.

➤ BAB II : KAJIAN PUSTAKA

Berisi tentang dasar analisa dan dasar teori penelitian guna untuk dapat menunjang penelitian.

➤ BAB III : METODE PENELITIAN

Berisi tentang metode penelitian dengan bentuk data pendukung, studi literatur, alir bagan penelitian.

➤ BAB IV : HASIL dan PEMBAHASAN

Berisi tentang hasil dari penelitian dan pembahasan untuk lebih lanjut dari hasil.

➤ BAB V : KESIMPULAN dan SARAN

Berisi tentang kesimpulan dari penelitian dan saran untuk penelitian lebih lanjut.