

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Seiring dengan perkembangan zaman dan teknologi pada saat ini, kuantitas dari sumber daya manusia di Indonesia pun meningkat. Begitu pula dengan mobilitas di Indonesia yang sudah sangat tinggi. Hal ini terjadi karena adanya tuntutan pekerjaan ataupun kegiatan sehari-hari yang mengharuskan untuk berpindah-pindah tempat dengan jarak tempuh yang relatif jauh. Untuk menghadapi tuntutan mobilitas ini, mayoritas masyarakat Indonesia lebih memilih menggunakan kendaraan pribadi seperti mobil dan sepeda motor. Namun solusi tersebut dapat memicu kemacetan, seperti yang sering terjadi di beberapa kota di Indonesia.

Transportasi memiliki peranan penting dan strategi untuk mencapai tujuan yaitu dalam pembangunan nasional, sarana untuk memperlancar roda perekonomian, memperkuat persatuan, dan kesatuan, serta mempengaruhi hampir semua aspek kehidupan. Banyak strategi yang telah diusahakan dan diterapkan pemerintah untuk mengatasi kebutuhan akan transportasi salah satunya pada perkeretaapian di Indonesia. Perkembangan teknologi menjadi faktor penting dalam sejarah transportasi kereta api. Pada awalnya, kereta api menggunakan tenaga uap yang dihasilkan oleh mesin uap. Namun, pada abad ke-20 kereta api beralih menggunakan tenaga diesel dan listrik. Kereta api modern menggunakan sistem kelistrikan yang canggih dan bahan bakar yang lebih ramah lingkungan.

Transportasi kereta api memiliki beberapa keunggulan dibandingkan dengan moda transportasi lainnya. Kereta api dapat mengangkut banyak penumpang dan barang dalam satu perjalanan, sehingga efisien untuk pengangkutan massal. Perkembangan dari kereta api ke kereta *Light Rail Transit* (LRT) adalah respon terhadap kebutuhan transportasi perkotaan yang terus berkembang, dengan fokus pada efisiensi, kecepatan, kepuasan penumpang, dan dampak lingkungan yang lebih rendah. LRT (*Light Rail Transit*) adalah sistem transportasi perkotaan yang menggunakan rel dan kereta ringan untuk mengangkut penumpang dalam jarak pendek hingga menengah didalam kota atau antara kota-kota terdekat.

Bogie frame pada kereta LRT (*Light Rail Transit*) merupakan salah satu komponen penting dalam sistem perkeretaapian tersebut. *Bogie* adalah rangkaian roda yang mendukung dan memungkinkan gerakan suatu kendaraan rel. Pada LRT, *bogie* bertanggung jawab dalam mendistribusikan beban dari kereta ke rel, memberikan stabilitas, dan mengurangi getaran saat kereta bergerak. *Bogie frame* LRT juga harus memenuhi standar keamanan dan ketahanan yang tinggi. *Bogie* harus mampu menahan beban yang diberikan oleh kereta dan memberikan keamanan yang optimal selama operasional. Selain itu, desain *bogie frame* LRT juga mempertimbangkan kebutuhan perawatan dan kemudahan aksesibilitas untuk memudahkan inspeksi dan perawatan rutin. Maka pada kesempatan kali ini judul penelitian yang dipilih ialah Optimalisasi Struktur *Bogie Light Rail Transit* (LRT) Dengan Komparasi Hasil Uji Statis Menggunakan *Finite Element Method* (FEM). Untuk mengetahui material yang digunakan mempunyai keunggulan seperti kekuatan dan ketangguhan. Sehingga, perlu dilakukan uji stasis pada komponen tersebut agar dapat diprediksi umurnya.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang pada penelitian ini, adapun rumusan masalah yang akan dibahas adalah:

- 1) Bagaimana letak titik kritis dan nilai dari von mises *stress* akibat beban statis?
- 2) Bagaimana besar angka faktor keamanan *bogie* saat sedang beroperasi?

1.3 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan dari penelitian tugas akhir ini adalah:

- 1) Mengoptimalkan *bogie frame* LRT dengan melakukan pengujian statis.
- 2) Mengetahui angka faktor keamanan *bogie* saat sedang beroperasi.
- 3) Menentukan batas beban maksimum yang dapat diterima oleh *bogie*.

1.4 Batasan Masalah

Pada penelitian tugas akhir kali ini terdapat batasan masalah diantaranya sebagai berikut:

- 1) Pengoptimalisasi desain dilakukan menggunakan *software* Solidworks 2020.
- 2) Analisa yang dilakukan pada penelitian tugas akhir ini menggunakan *software* Ansys Workbench 2021.
- 3) Pembebanan yang diberikan pada *bogie frame* dengan gaya vertikal, lateral, dan longitudinal.
- 4) Tidak membahas uji *fatigue* dan perhitungan pada rangka *bogie* LRT.
- 5) Data dan hasil dari simulasi *static structural* menggunakan *software* Ansys dijadikan sebagai acuan untuk menarik kesimpulan dari penelitian tersebut.
- 6) Perhitungan matematis *finite element method* sepenuhnya hanya berdasarkan *software* ansys.

1.5 Sistematika Penulisan

Berikut adalah sistem penulisan dalam penyusunan tugas akhir, terbagi dalam lima bab yang saling berhubungan yaitu:

BAB 1 PENDAHULUAN

Pada bab ini berisi tentang latar belakang penelitian, rumusan masalah, tujuan penelitian, batasan masalah, sistematika penulisan, dan *state of the art*.

BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA

Pada bab ini berisikan tentang dasar teori kereta api, *bogie Light Rail Transit* (LRT), *Finite Element Method* (FEM), dan *Finite element Analysis* (FEA).

BAB 3 METODOLOGI PENELITIAN

Pada bab ini berisi tentang diagram alir dari penelitian tugas akhir, serta penjelasan pada diagram alir tersebut.

BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada bab ini berisi tentang hasil dari simulasi, serta pembahasan pada penelitian yang dilakukan.

BAB 5 KESIMPULAN

Pada bab ini berisikan tentang kesimpulan dari hasil penelitian.

1.6 State of the art

Djoko Wahyu Karmiadi, Budi Haryanto, dkk (2021) menyatakan dalam penelitiannya yang berjudul “Evaluasi Struktur Rangka *Bogie* Untuk KA *Light Rail Transit* (LRT): Pengujian Statis”. Penelitian rangka *bogie* baru dari *Light-Rail Transit* (LRT) memiliki kekuatan struktur yang diverifikasi dengan pengujian statis secara eksperimental sesuai dengan standar EN 13749. Pengujian statis struktur rangka bogie LRT dilakukan dengan menggunakan kombinasi tujuh beban tarik dan kompresi yang terdiri dari beban operasional (*normal load*) dan beban berlebih (*exceptional load*). Parameter pengukuran rangka bogie adalah nilai regangan dan defleksi. Data ini kemudian dibandingkan dengan data tegangan analisis elemen hingga untuk memeriksa nilai deviasinya. Hasil pengujian menunjukkan nilai tegangan maksimum sebesar 81,48 MPa pada beban operasional, sedangkan untuk beban luar biasa, tegangan maksimumnya 120,96 MPa dan defleksinya 1,25 mm. Nilai tegangan maksimum masih dibawah kuat luluh material rangka bogie S555J2 ($\sigma_y=355$ MPa). Berdasarkan data pengujian, struktur rangka bogie LRT memenuhi kriteria penerimaan.

Khairul Anam Basyar, Alfi Tranggono Agus Salim, dkk (2022) menyatakan dalam penelitiannya yang berjudul “Analisis Kekuatan Desain Struktur *Bogie Frame* Kereta Ukur Pada Kondisi Beban *Normal Service* Dengan Metode Elemen Hingga” Tujuan penelitian menganalisis tegangan objek penelitian akibat pembebanan normal service dan memastikan nilai tegangan hasil simulasi memenuhi kriteria keberterimaan standar EN 13749. Nilai tegangan hasil simulasi dianalisis dengan goodman diagram. Data pendukung dan parameter penelitian hasil survei dan wawancara di PT INKA (Persero). Hasil penelitian yaitu: lokasi element kritis objek penelitian, nilai tegangan element kritis tiap load case, dan plot nilai tegangan element. Objek penelitian belum memenuhi kriteria keberterimaan EN 13749. Satu element kritis pada bracket gearbox melebihi batas keberterimaan akibat load case longitudinal. Nilai amplitudo tegangan element 2,09 MPa diatas batas keberterimaan 155 MPa.

Mustasyar Perkasa, dan Wahyu Sulistiyo (2019) menyatakan dalam penelitiannya yang berjudul “Optimalisasi Desain Struktur Bogie Las Light Rail Transit (LRT) Menggunakan Perhitungan Finite Element Method (FEM)”. Penelitian ini bertujuan

untuk meningkatkan faktor keamanan bogie las LRT yang telah ada. Metode yang dilakukan dalam penelitian ini adalah melakukan optimalisasi desain bogie las LRT dengan cara rekayasa geometri dan struktur rangka bogie sehingga didapatkan hasil yang terbaik dari penambahan penguatan pada bogie LRT. Dari hasil pengujian struktur bogie las LRT, struktur rangka bogie masih perlu dilakukan penguatan karena pada saat pengujian statis tegangan maksimum yang terjadi hampir mendekati tegangan luluh materialnya. Untuk itu perlu dilakukan redesain untuk bogie frame dengan rekayasa geometri dalam bentuk penguatan pada struktur framenya. Penambahan penguatan ini akan disimulasikan dengan menggunakan software finite element method (FEM). Software FEM digunakan untuk melakukan analisa kekuatan struktur bogie las LRT sehingga dipastikan desain bogie las memenuhi standar keamanan sebelum melalui proses pengujian, atau sering disebut sebagai tahap verifikasi desain yang selanjutnya desain bogie frame ini dijadikan sebagai salah satu alternatif desain.

Alkaliafa Mustafa Kaniago (2018) Menyatakan dalam penelitiannya yang berjudul “Analisis Ketahanan *Fatigue* Sambungan Las Pada *Bogie Light Rail Transit* (LRT) Menggunakan Metode Elemen Hingga”. Pada penelitian ini, digunakan perangkat lunak CATIA Simulia V6 untuk membangun model solid geometri rangka bogi skala penuh dan geometri potongan bogi tanpa las maupun dengan las. Lalu pada perangkat lunak ANSYS Workbench 2018 dilakukan simulasi statik dan transien pada geometri potongan rangka bogi tanpa las dan dengan las. Tipe analisis yang digunakan berupa analisis statik dan analisis kelelahan (*fatigue*). Analisis statik dilakukan untuk menemukan titik kritis pada rangka bogi skala penuh, sedangkan analisis kelelahan (*fatigue*) dilakukan untuk mengetahui umur siklus sambungan las yang digunakan sampai terjadi kegagalan pada sambungan las. Metode pembebanan ini merujuk pada standar EN 13749. Simulasi statis rangka bogi skala penuh didapatkan nilai tegangan von mises maksimum sebesar 236 MPa yang berada di bagian side frame dekat dudukan first spring. Lalu hasil simulasi statis potongan rangka bogi tanpa las didapatkan tegangan von mises maksimum 225,36 MPa. Lalu didapatkan umur siklus untuk potongan rangka bogi tanpa las sebesar 3688 jam operasional, sedangkan potongan rangka bogi dengan las sebesar 2777 jam operasional.