

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Kota Lhokseumawe merupakan salah satu pusat kegiatan industri, perdagangan, dan jasa di wilayah pesisir utara Provinsi Aceh yang memiliki peran strategis dalam mendukung aktivitas ekonomi regional. Perkembangan sektor industri dan jasa dalam beberapa tahun terakhir menunjukkan tren peningkatan yang berdampak pada pertumbuhan ekonomi daerah. Data [\(BPS, 2024\)](#) menunjukkan bahwa laju pertumbuhan ekonomi Kota Lhokseumawe berada pada kisaran 4,2%-5,1% per tahun dalam periode 2018-2013. Pertumbuhan tersebut berimplikasi pada meningkatnya mobilitas penduduk serta distribusi barang. Kualitas serta kapasitas infrastruktur jalan menjadi faktor penting dalam menjamin kelancaran sistem transportasi, meningkatkan konektivitas wilayah, dan mendukung aktivitas ekonomi [\(Liza et al., 2026\)](#). Menurut [\(Rodrigue et al., 2016\)](#) menyatakan bahwa pertumbuhan ekonomi memiliki keterkaitan erat dengan peningkatan permintaan transportasi. Sejalan dengan hal tersebut, [\(Andi Ibrahim Yunus et al., 2026\)](#) dalam buku Manajemen Transportasi menjelaskan bahwa urbanisasi yang berlangsung masif di kota-kota besar mendorong peningkatan kebutuhan mobilitas harian secara signifikan, sehingga tanpa perencanaan infrastruktur yang terintegrasi, tekanan terhadap jaringan jalan akan terus meningkat dan memicu kemacetan yang bersifat kronis. Kondisi ini mendorong peningkatan volume lalu lintas pada koridor utama, khususnya ruas Jalan Medan-Banda Aceh yang berfungsi sebagai jalan arteri nasional dan memiliki peran penting dalam konektivitas antarwilayah.

Ruas Jalan Medan-Banda Aceh melayani pergerakan kendaraan dalam kota maupun antarwilayah serta distribusi logistik regional. Pada kondisi padat, volume lalu lintas harian rata-rata pada jalan arteri di kawasan perkotaan Indonesia dapat mencapai lebih dari 20.000 kendaraan per u Peningkatan volume kendaraan yang tidak diimbangi dengan kapasitas jalan menyebabkan rasio volume terhadap kapasitas (*V/C ratio*) meningkat hingga melebihi 0,85 pada jam puncak.

Fenomena serupa juga ditemukan pada penelitian (Zulfhazli, 2014) yang mengevaluasi kinerja simpang tak bersinyal di Kota Lhokseumawe, di mana pertambahan volume kendaraan yang melebihi kapasitas ruas jalan menimbulkan konflik lalu lintas pada titik-titik pertemuan jalan Banda Aceh-Medan dan Lhokseumawe, sehingga diperlukan penanganan melalui peningkatan jaringan jalan dan perencanaan persimpangan yang lebih baik. Fenomena kemacetan ini tidak hanya menghambat mobilitas, tetapi juga mengikuti pola spasial-temporal tertentu yang jika tidak diintervensi akan memperburuk aksesibilitas kota secara permanen (Zhao & Hu, 2019). Selain itu, kondisi lalu lintas yang jenuh berkontribusi signifikan terhadap peningkatan emisi gas buang kendaraan, sehingga diperlukan solusi infrastruktur yang sejalan dengan upaya mitigasi dampak lingkungan dan kebijakan transportasi rendah karbon (De Gennaro et al., 2016). Menurut (Susilo & Imanuel, 2018) menjelaskan bahwa nilai *V/C ratio* di atas 0,80 dapat menurunkan kecepatan kendaraan hingga 30% dari kondisi normal. Kondisi tersebut teridentifikasi pada ruas Jalan Medan-Banda Aceh di Kota Lhokseumawe yang ditandai dengan kemacetan yang terjadi secara periodik, peningkatan tundaan perjalanan, serta penurunan kecepatan kendaraan hingga di bawah 30 km/jam pada jam sibuk.

Pertumbuhan jumlah kendaraan bermotor di Indonesia mencapai rata-rata 5%-7% per tahun (BPS, 2024). Peningkatan ini tidak selalu diikuti oleh pengembangan kapasitas infrastruktur jalan yang memadai. Ketidakseimbangan antara pertumbuhan kendaraan dan kapasitas jalan mengakibatkan penurunan kinerja jaringan transportasi secara signifikan. Menurut (Octaviani et al., 2021) mencatat bahwa peningkatan volume lalu lintas tanpa peningkatan kapasitas dapat meningkatkan tundaan perjalanan hingga 40%. Keterbatasan ruang di kawasan perkotaan menjadi kendala utama dalam upaya pelebaran jalan secara horizontal sehingga diperlukan alternatif solusi yang lebih efektif.

Salah satu solusi yang dapat diterapkan adalah pembangunan struktur tidak sebidang berupa *flyover*. *Flyover* berfungsi untuk memisahkan arus lalu lintas secara vertikal sehingga dapat mengurangi titik konflik kendaraan dan meningkatkan kapasitas jalan. (Adanu et al., 2023) melaporkan bahwa

pembangunan *flyover* mampu meningkatkan kapasitas jalan hingga 35% serta menurunkan tundaan rata-rata sebesar 25%. Studi lain menunjukkan peningkatan tingkat pelayanan jalan dari kategori E menjadi C setelah penerapan *flyover* pada simpang dengan volume lalu lintas tinggi (G. Zhang et al., 2019). Pemerintah Kota Lhokseumawe merencanakan pembangunan *flyover* pada ruas Jalan Medan-Banda Aceh sebagai upaya meningkatkan kelancaran arus kendaraan serta mendukung mobilitas regional.

Perencanaan *flyover* membutuhkan kajian struktur mendalam pada elemen *superstructure* (*girder* dan pelat lantai) untuk menjamin keamanan jangka panjang. Sesuai (SNI 1725-2016) dan (SNI 2847-2019), struktur harus mampu menyalurkan beban mati, lalu lintas, dinamis, hingga lingkungan melalui kombinasi beban ultimit dan layanan. Pada kelas jalan tertentu, beban kendaraan rencana bahkan dapat melebihi 70 kN per sumbu. (Yoo & Yoon, 2016) menyatakan bahwa kesalahan dalam perencanaan struktur atas dapat menyebabkan penurunan kapasitas struktur hingga 20% dari nilai rencana.

Penelitian *flyover* umumnya berfokus pada kinerja lalu lintas, sementara kajian struktur atas yang mendetail sesuai standar (SNI 1725-2016) dan (SNI 2847-2019) masih terbatas. Sebagai contoh, penelitian (Asria Nanda et al., 2020) yang mengevaluasi kinerja ruas Jalan Sisingamangaraja pasca beroperasinya *Flyover* Amplas Kota Medan menggunakan Pedoman Kapasitas Jalan Indonesia (PKJI) 2023 menunjukkan bahwa keberadaan *flyover* berhasil mengurangi kemacetan di beberapa titik, namun ruas jalan tersebut masih menghadapi tantangan pada jam puncak, dan proyeksi kinerja lima tahun ke depan mengindikasikan perlunya perencanaan tambahan untuk mengantisipasi peningkatan volume kendaraan yang signifikan. Hal ini menegaskan bahwa penelitian pasca-operasional *flyover* yang ada masih berorientasi pada aspek lalu lintas, sehingga kajian struktur atas untuk kasus serupa tetap relevan untuk dikaji lebih lanjut. Secara spesifik, belum ada studi struktur atas *flyover* di ruas Jalan Medan-Banda Aceh, Lhokseumawe, dengan kondisi lalu lintas eksisting, sehingga terdapat kesenjangan penelitian yang perlu dikaji lebih lanjut. Terlebih lagi, integrasi teknologi pemantauan lalu lintas modern

seperti sensor cerdas di masa depan memerlukan perencanaan struktur fisik yang presisi agar sistem transportasi cerdas terwujud (Tang et al., 2022).

Penelitian ini difokuskan pada analisis dan perancangan struktur atas *flyover* yang meliputi girder dan pelat lantai kendaraan dengan mengacu pada standar nasional yang berlaku. Hasil penelitian diharapkan dapat memberikan alternatif desain struktur yang aman, efisien, serta mampu mendukung peningkatan kinerja lalu lintas di Kota Lhokseumawe.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah diuraikan, maka rumusan masalah dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Bagaimana dimensi penampang *box girder* prategang sebagai komponen utama struktur atas pada *Flyover* Jalan Medan-Banda Aceh Kota Lhokseumawe?
2. Bagaimana jumlah tendon prategang, konfigurasi tendon, serta kebutuhan penulangan pada *box girder*?

1.3 Tujuan Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah tersebut, maka tujuan penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Untuk mengetahui dimensi penampang *box girder* prategang dan elemen struktur atas lainnya pada *Flyover* Jalan Medan-Banda Aceh Kota Lhokseumawe berdasarkan kriteria perencanaan struktur jembatan.
2. Untuk Menganalisis jumlah dan konfigurasi tendon prategang serta kebutuhan penulangan *box girder*.

1.4 Manfaat Penelitian

Penelitian ini diharapkan tidak hanya memberikan kontribusi secara teoritis dalam pengembangan ilmu pengetahuan, tetapi juga memiliki nilai praktis yang dapat diterapkan dalam perencanaan dan pelaksanaan konstruksi di lapangan. Adapun manfaat yang diharapkan dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Penelitian ini diharapkan dapat memperkaya kajian ilmiah dalam bidang perencanaan struktur jembatan, khususnya pada perencanaan struktur atas *flyover*, serta menjadi referensi bagi mahasiswa teknik sipil dalam memahami penerapan standar pembebanan dan design beton bertulang sesuai ketentuan yang berlaku.
2. Hasil penelitian ini dapat memberikan gambaran teknis mengenai tahapan analisis dan perencanaan struktur atas *flyover* secara sistematis, sehingga dapat dijadikan acuan dalam proses perencanaan infrastruktur sejenis pada ruas jalan perkotaan dengan tingkat lalu lintas yang tinggi.
3. Secara tidak langsung, penelitian ini diharapkan dapat mendukung tersedianya infrastruktur yang lebih aman dan efisien, sehingga mampu meningkatkan kelancaran arus kendaraan serta kenyamanan dan keselamatan masyarakat sebagai pengguna jalan.

1.5 Ruang Lingkup dan Batasan Penelitian

Agar penelitian ini terlebih terarah dan tidak melebar, maka batasan masalah dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Perencanaan hanya difokuskan pada struktur atas (*superstructure*) *flyover* yang meliputi girder.
2. Analisis pembebanan mengacu pada SNI 1725-2016.
3. Perencanaan beton bertulang mengacu pada SNI 2847-2019.
4. Analisis struktur dilakukan menggunakan perangkat lunak *CSI Computers and Structures, Inc. Bridge*.
5. Penelitian ini tidak membahas analisis biaya konstruksi maupun manajemen pelaksanaan proyek.
6. Tidak memperhitungkan alternatif lain dalam perencanaan penelitian ini seperti *underpass* dan pelebaran jalan.

1.6 Metode Penelitian

Penelitian ini menggunakan analisis perencanaan struktur atas *flyover* berbasis pembebanan statik dengan perangkat lunak *CSiBridge*, mencakup beban mati, beban hidup, dan kombinasi pembebanan sesuai sesuai (SNI 1725-2016). Jika

gempa diperhitungkan, analisis spektral multi moda. Penelitian diawali dengan studi literatur terhadap standar (SNI 1725-2016; SNI 2847-2019), dan SNI 2833:2016 untuk memperoleh dasar teori dan metode analisis perencanaan struktur atas.

Selanjutnya dilakukan pengumpulan data sekunder berupa data geometrik rencana *flyover* (panjang bentang, lebar jalur, dan jumlah lajur), data mutu material (mutu beton dan baja tulangan), serta parameter pembebanan sebagai dasar dalam proses analisis. Berdasarkan data tersebut, dilakukan perhitungan dan kombinasi beban (beban sendiri, mati tambahan, lalu lintas, angin, dan gempa) mengacu pada (SNI 1725-2016; SNI 2833-2016; SNI 2847-2019) sebagai dasar dalam penentuan dimensi awal dan pemodelan struktur.

Selanjutnya, model dianalisis untuk mendapatkan gaya dalam (momen lentur dan geser) yang menjadi acuan dalam merencanakan jumlah, gaya, serta konfigurasi tendon prategang. Struktur kemudian dianalisis ulang dan dievaluasi melalui kontrol desain yang ketat meliputi aspek tegangan, lendutan, dan beban ultimit secara iteratif hingga memenuhi standar keamanan. Tahap akhir penelitian ditutup dengan perhitungan penulangan *box girder* serta penyusunan kesimpulan dan saran untuk menghasilkan rancangan struktur *flyover* yang aman, memenuhi syarat teknis, dan layak diterapkan. Tahap akhir dilakukan dengan mengevaluasi hasil perencanaan serta menyusun berdasarkan hasil analisis yang diperoleh.

1.7 Hasil Penelitian

Hasil penelitian menyajikan keluaran perencanaan struktur atas *flyover* Jalan Medan-Banda Aceh Kota Lhokseumawe berdasarkan analisis seluruh bentang representatif sepanjang 960 m dari total 24 bentang pada model, menggunakan pemodelan *CSiBridge* yang didukung oleh perhitungan pada lembar kerja terintegrasi. Bentuk penampang yang dipilih adalah *single-cell box girder* berukuran lebar total 10,00 m, lebar lantai kendaraan 8,50 m, dan tinggi 2,50 m. Susunan penampangnya mencakup pelat bagian tengah setebal 0,35 m dengan lebar 7,50 m, kantilever pada masing-masing sisi selebar 1,25 m dan tebal ujung 0,20 m,

dinding tepi setebal 0,55 m, serta pelat bawah dengan lebar 5,50 m dan tebal 0,40 m.

Pembebanan struktur mengacu pada SNI 1725-2016 dan mencakup berat sendiri, beban mati tambahan, beban lalu lintas berupa beban terbagi rata dan beban garis terpusat lajur “D”, beban truk “T”, gaya rem, beban pejalan kaki, beban angin, temperatur, dan gempa, yang dikombinasikan melalui kombinasi Kuat I-A, Kuat I-B, Kuat V-A, Kuat V-B, Ekstrem I, Layan III-A, dan Layan III-B. Hasil analisis menunjukkan kombinasi Kuat I-A menghasilkan momen lentur kritis sebesar 63.117,941 kNm pada posisi 16 m, sedangkan gaya geser maksimum sebesar 11.925,483 kN terjadi pada posisi 40 m di daerah dekat tumpuan, sehingga kombinasi ini digunakan sebagai kondisi pengendali dalam pemeriksaan kapasitas struktur.

Sistem prategang menggunakan 24 tendon yang tersusun dalam empat lapisan, dengan enam tendon pada setiap lapisan. Setiap tendon terdiri atas 30 *strand multistrand post-tensioning system internal bonded post tensioning anchorage type SC 0.5 ASTM A416 Grade 270* berdiameter 12,7 mm, sehingga jumlah keseluruhan mencapai 720 *strand*. Tendon direncanakan dengan lintasan parabola yang berada pada posisi lebih tinggi di daerah tumpuan dan menurun ke bagian bawah penampang pada tengah bentang. Gaya *jacking* yang digunakan dalam perhitungan kehilangan prategang sebesar 67.255,19 kN, dan setelah memperhitungkan kehilangan gaya prategang sebesar 29%, diperoleh gaya prategang efektif sebesar 27.520,182 kN.

Hasil kontrol struktur menunjukkan tegangan tekan beton sebesar 14.964,07 kN/m² dengan rasio 0,748 terhadap batas 20.000 kN/m², dan tegangan tarik beton sebesar 4.011,4978 kN/m² dengan rasio 0,945 terhadap batas 4.243 kN/m², keduanya masih berada di bawah batas izin. Lendutan *box girder* sebesar 20,595 mm dengan rasio 0,411 juga lebih kecil dari pada batas izin 50 mm, sedangkan kapasitas momen penampang sebesar 106.292,263 kNm dengan rasio 0,473 lebih besar daripada kebutuhan momen ultimit sebesar 50.305,8354 kNm. Seluruh rasio kontrol berada di bawah 1,00 sehingga struktur dinyatakan aman.

Penulangan dinding tepi, pelat atas, dan pelat bawah masing-masing menggunakan D16-120, D16-220, dan D16-200 sebagai tulangan susut dan distribusi, sedangkan pelat lantai kendaraan menggunakan tulangan lentur utama D16-150. Zona angkur pada arah vertikal dan horizontal diperkuat dengan lima sengkang tertutup 2D13 per kabel untuk menahan gaya *bursting*, sedangkan tulangan geser *box girder* menggunakan sengkang D16 berkaki enam. Hasil tersebut menunjukkan bahwa *box girder*, sistem tendon, dan penulangan yang direncanakan telah memenuhi persyaratan kekuatan, keamanan, dan kemampuan layan.