

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Peningkatan aktivitas ekonomi dan perkembangan kawasan perkotaan menyebabkan kebutuhan terhadap mobilitas serta sistem transportasi semakin tinggi. Pertumbuhan ekonomi suatu wilayah berkaitan erat dengan meningkatnya kebutuhan mobilitas dan sistem transportasi yang memadai (Vlahinić Lenz et al., 2018). Dalam hal ini, kota Lhokseumawe berperan sebagai pusat kegiatan industri, perdagangan, dan jasa di wilayah pesisir utara Provinsi Aceh untuk mendukung aktivitas ekonomi antarwilayah. Kondisi ini berdampak pada peningkatan volume lalu lintas Kota Lhokseumawe sekaligus berfungsi sebagai jalur arteri nasional. Sebagai jalan arteri, ruas tersebut memiliki peran penting dalam mendukung mobilitas antarwilayah serta distribusi logistik antar daerah (Litman & Litman, 2021). Kualitas serta kapasitas infrastruktur jalan menjadi faktor penting dalam menjamin kelancaran sistem transportasi, meningkatkan konektivitas wilayah, dan mendukung aktivitas ekonomi (Liza et al., 2026). Dengan demikian, ketersediaan infrastruktur jalan yang memadai diperlukan untuk mendukung pergerakan manusia dan barang pada skala lokal maupun antarwilayah (Agyemang & Jones, 2021).

Perkembangan kawasan yang pesat sering kali tidak diikuti oleh peningkatan kapasitas infrastruktur jalan yang sebanding. Ketidakseimbangan antara pertumbuhan volume lalu lintas dan kapasitas jalan menyebabkan meningkatnya *Volume to Capacity ratio (V/C ratio)* yang berdampak pada penurunan tingkat pelayanan jalan atau *Level of Service (LOS)* (Irvan et al., 2026). Kondisi ini terlihat pada ruas Jalan Medan–Banda Aceh di Kota Lhokseumawe, dimana peningkatan jumlah kendaraan pada jam puncak menimbulkan kemacetan, tundaan perjalanan, serta penurunan kecepatan kendaraan. Permasalahan tersebut tidak hanya dipengaruhi oleh lalu lintas dalam kota, tetapi juga oleh tingginya arus kendaraan yang keluar dan masuk kota sebagai bagian dari jalur penghubung antarwilayah. Hal ini menunjukkan bahwa kapasitas jalan eksisting belum sepenuhnya mampu

mengakomodasi pertumbuhan lalu lintas yang terus meningkat (Arianta & Widyatami, 2025). Pada penelitian (Zulfhazli, 2014) yang mengevaluasi kinerja simpang tak bersinyal di Kota Lhokseumawe, di mana penambahan 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.

Salah satu solusi yang diusulkan Pemerintah Kota Lhokseumawe adalah perencanaan pembangunan *flyover* atau jalan layang untuk meningkatkan kapasitas jalan dan memperlancar arus kendaraan pada ruas dengan tingkat kepadatan lalu lintas yang tinggi. 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. Dalam perencanaan *flyover* perlu memperhatikan berbagai aspek keselamatan struktur, khususnya pengaruh terhadap beban gempa. Indonesia merupakan salah satu negara yang memiliki tingkat risiko gempa bumi yang tinggi, hal tersebut karena Indonesia sendiri terletak pada zona pertemuan tiga lempeng tektonik utama, yaitu lempeng indo-australia, Eurasia, dan Pasifik (Jarrah Jamal et al., 2017). Salah satu peristiwa gempa besar yang pernah terjadi adalah gempa Aceh tahun 2004 yang disertai tsunami dengan magnitudo 9,3 dan menyebabkan kerusakan signifikan pada berbagai infrastruktur. Kejadian tersebut menunjukkan struktur jembatan dan *flyover* harus direncanakan agar mampu menahan pengaruh gempa sesuai dengan standar yang berlaku. Dalam perencanaan jembatan di Indonesia, ketahanan struktur terhadap gempa diatur dalam Standar Nasional Indonesia (SNI) 2833:2016 tentang perencanaan ketahanan gempa untuk jembatan, yang menekankan bahwa struktur harus dirancang agar tetap berfungsi pada gempa kecil hingga sedang dan tidak mengalami keruntuhan pada gempa besar.

Dalam beberapa penelitian sebelumnya, analisis struktur jembatan terhadap beban gempa umumnya menggunakan metode *response spectrum* karena relatif lebih sederhana dan efisien dalam proses analisis. Metode menggunakan spektrum respon desain digunakan untuk memperoleh respon maksimum struktur tanpa mempertimbangkan secara langsung riwayat percepatan gempa terhadap waktu. Namun demikian, metode ini memiliki keterbatasan dalam menggambarkan respon dinamik struktur secara lebih rinci selama kejadian gempa berlangsung. Berbeda dengan metode tersebut, analisis *time history* menggunakan data riwayat percepatan gempa secara langsung sehingga respon struktur terhadap perubahan waktu dapat dianalisis secara lebih realistis dan menyeluruh (Brinissat et al., 2021).

Berdasarkan pertimbangan tersebut, perencanaan *flyover* pada ruas Jalan Medan–Banda Aceh di Kota Lhokseumawe memerlukan analisis struktur yang mampu menggambarkan perilaku struktur secara lebih realistis terhadap pengaruh gempa. Oleh karena itu, penelitian ini menggunakan metode analisis *time history*. Proses perencanaan struktur *flyover* pada penelitian ini dilakukan secara kolaboratif, dimana perancangan dimensi dan elemen struktur dilakukan pada tahap desain struktur, sedangkan penelitian ini secara khusus berfokus pada analisis respon struktur atas *flyover* terhadap beban gempa dinamik menggunakan metode *Linear Time History Analysis*. Pendekatan ini diharapkan dapat memberikan gambaran yang lebih mendalam mengenai perilaku struktur terhadap pengaruh gempa serta menjadi referensi dalam perencanaan *flyover* yang aman dan andal di wilayah yang memiliki potensi gempa.

1.2 Rumusan Masalah

Dari latar belakang di atas, maka ditemukan permasalahan yang akan dibahas dalam penelitian adalah sebagai berikut :

1. Seberapa besar nilai respon struktur pada perencanaan yang meliputi perpindahan (*displacement*), kecepatan (*velocity*), dan percepatan (*acceleration*) pada struktur atas *flyover* akibat beban gempa dinamis?

2. Seberapa besar nilai gaya dalam yang meliputi gaya aksial, gaya geser, dan momen lentur yang terjadi pada elemen struktur atas flyover akibat beban gempa dinamis?
3. Apakah kapasitas penampang elemen struktur atas yang telah direncanakan mampu memikul beban gempa secara aman berdasarkan hasil analisis dari data *time history* yang digunakan?

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian yang dapat diambil berdasarkan rumusan masalah yang telah ditetapkan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Untuk mengetahui nilai respon struktur yang meliputi perpindahan (*displacement*), kecepatan (*velocity*), dan percepatan (*acceleration*) pada struktur atas flyover akibat beban gempa dinamis.
2. Untuk mengetahui nilai gaya dalam yang meliputi gaya aksial, gaya geser, dan momen lentur yang terjadi pada elemen struktur atas flyover akibat beban gempa dinamis.
3. Untuk mengetahui apakah kapasitas penampang elemen struktur yang direncanakan mampu memikul beban gempa secara aman berdasarkan data *time history* yang digunakan.

1.4 Manfaat Penelitian

Hasil dari penelitian ini diharapkan dapat memberikan manfaat, baik secara teoritis maupun praktis, sebagai berikut:

1. Penelitian ini diharapkan dapat memperkaya kajian ilmiah dalam bidang teknik sipil, khususnya pada analisis struktur jembatan/flyover terhadap beban gempa menggunakan metode *Linear Time History Analysis*. Selain itu, hasil penelitian ini dapat menjadi referensi bagi mahasiswa dalam memahami perilaku dinamik struktur akibat gempa.
2. Penelitian ini diharapkan dapat memberikan gambaran teknis mengenai respon struktur atas flyover terhadap beban gempa dinamis, sehingga dapat menjadi pertimbangan bagi perencana (*engineer*) dalam merancang struktur flyover yang lebih aman, efisien, dan sesuai dengan standar yang berlaku.

3. Hasil penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi bagi pemerintah dan instansi terkait dalam perencanaan pembangunan infrastruktur yang lebih tahan gempa, sehingga dapat meningkatkan keselamatan masyarakat serta meminimalkan risiko kerusakan dan korban akibat bencana gempa bumi.

1.5 Ruang Lingkup dan Batasan Penelitian

Ruang Lingkup dan Batasan Penelitian dengan judul "Analisis Respon Struktur Atas *Flyover* Terhadap Beban Gempa Dinamik Menggunakan Metode *Linear Time History*" sebagai berikut:

1. Penelitian ini hanya difokuskan pada analisis struktur atas *flyover* pada ruas Jalan Medan-Banda Aceh di Kota Lhokseumawe
2. Analisis yang dilakukan hanya berfokus pada pengaruh beban gempa dinamik terhadap struktur atas *flyover* menggunakan metode *Time History*
3. Data gempa yang digunakan adalah 3 data gempa *time history* (gempa yang ingin di gunakan)
4. Pemodelan dan analisis struktur dilakukan menggunakan perangkat lunak analisis struktur jembatan *Computers and Structures, Inc (CSiBridge)*.

1.6 Metode Penelitian

Tahapan awal meliputi pengumpulan data yang diperlukan, seperti data geometri struktur atas, material, serta parameter pembebanan yang mengacu pada standar perencanaan yang berlaku. Selain itu, digunakan data rekaman gempa *time history* yang dipilih berdasarkan kesesuaian karakteristik kondisi tanah dengan lokasi penelitian.

Selanjutnya, pemodelan struktur dilakukan menggunakan perangkat lunak analisis struktur, yaitu *CSiBridge*, dengan fokus pada elemen struktur atas seperti gelagar dan pelat lantai. Struktur bawah tidak dimodelkan secara detail, melainkan direpresentasikan sebagai kondisi perletakan ideal untuk menyederhanakan analisis. Analisis dilakukan secara elastis linier dalam domain waktu untuk memperoleh respon struktur terhadap beban gempa, dengan parameter yang ditinjau meliputi *displacement*, *velocity*, dan *acceleration*.

1.7 Hasil Penelitian

Hasil analisis respon struktur atas *flyover* menggunakan metode *Linear Time History Analysis* dengan tiga rekaman gempa menunjukkan bahwa nilai perpindahan (*displacement*), kecepatan (*velocity*), dan percepatan (*acceleration*) maksimum pada arah *longitudinal* (UX) lebih dominan dibandingkan arah *transversal* (UY) pada seluruh rekaman gempa yang digunakan. Nilai perpindahan maksimum ada pada arah UX diperoleh dari rekaman gempa Jepang sebesar 8,0300 mm, kecepatan maksimum pada Gempa Meksiko sebesar 0,2757 m/s, dan percepatan maksimum pada Gempa Meksiko sebesar 9,8946 m/s².

Hasil analisis gaya dalam struktur atas *flyover* yang meliputi gaya aksial, gaya geser, dan momen lentur menunjukkan bahwa pembebanan gempa pada arah UX menghasilkan gaya dalam yang lebih besar dibandingkan arah UY pada seluruh rekaman gempa yang digunakan. Nilai gaya aksial terbesar diperoleh pada rekaman gempa Amerika Selatan arah UX sebesar 53.308,66 kN (tekan), gaya geser terbesar pada rekaman gempa Jepang arah UX sebesar 9.602,856 kN, dan momen lentur terbesar pada rekaman gempa Jepang arah UX sebesar 95.023,2663 kN-m. Nilai gaya dalam terkecil pada seluruh parameter tersebut diperoleh pada rekaman gempa Jepang arah UY.

Hasil evaluasi kapasitas penampang elemen struktur atas *flyover* menggunakan parameter *Demand/Max. Concrete Shear Capacity Ratio* menunjukkan bahwa seluruh kombinasi pembebanan gempa dari ketiga rekaman yang digunakan menghasilkan nilai rasio di bawah 1,00. Nilai rasio tertinggi diperoleh pada rekaman gempa Meksiko arah UX sebesar 0,6845, sedangkan nilai rasio terendah diperoleh pada rekaman gempa Jepang arah UY sebesar 0,6510. Kondisi ini menunjukkan bahwa seluruh elemen struktur atas *flyover* yang telah direncanakan mampu memikul beban gempa secara aman berdasarkan ketiga rekaman gempa *time history* yang digunakan.