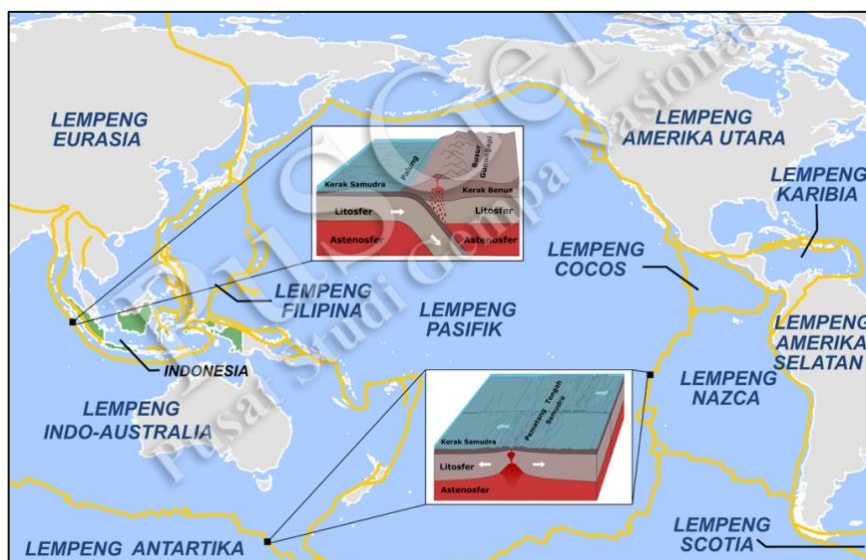


BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

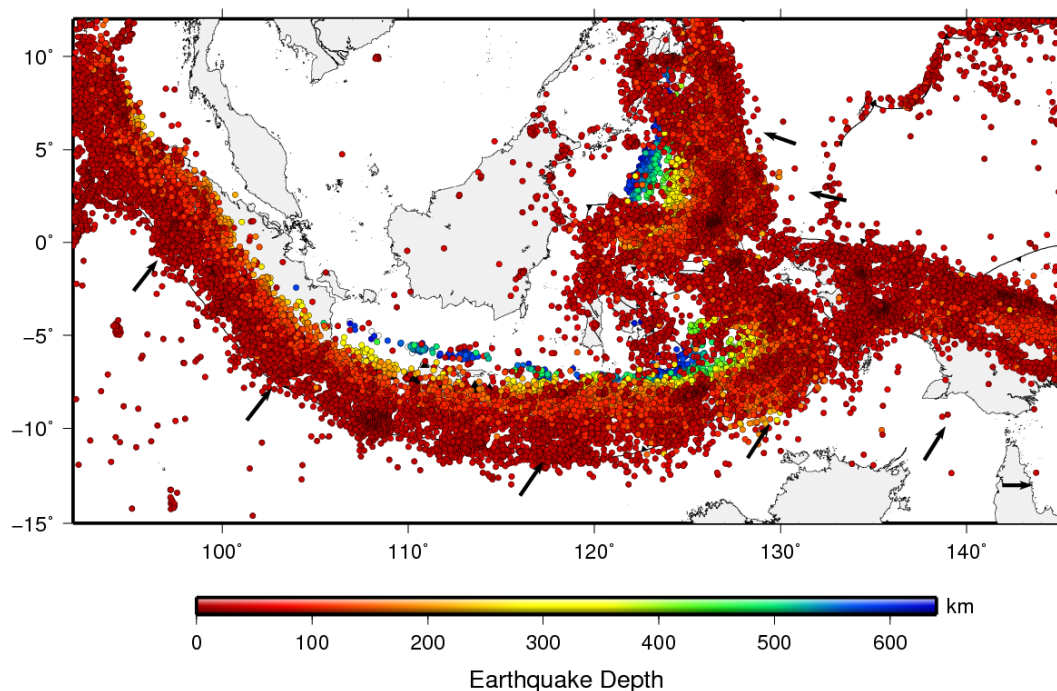
Wilayah Indonesia merupakan wilayah yang rawan terjadi gempa bumi. Tingginya potensi gempa bumi disebabkan letak geografis Indonesia yang berada pada pertemuan tiga lempeng tektonik utama, yaitu lempeng Eurasia, Pasifik, dan Indo-Australia. Dalam beberapa tahun terakhir telah tercatat berbagai aktifitas gempa besar di Indonesia, seperti gempa Pasaman dengan magnitudo 6.1 pada tahun 2022, gempa Mamuju dengan magnitudo 6.2 pada tahun 2021, gempa Maluku dengan magnitudo 6.5 pada tahun 2019, dan gempa Palu dengan magnitudo 7.4 pada tahun 2018.



Gambar 1.1 Pertemuan lempeng tektonik di wilayah Indonesia

(Sumber : PuSGeN, 2022)

Serangkaian kejadian gempa telah menimbulkan permasalahan utama berupa kerugian berupa korban jiwa dan kerusakan ribuan infrastruktur bernilai triliunan dan secara keseluruhan akan mengganggu kehidupan masyarakat pascagempa dalam waktu yang relatif lama dan terus terjadi keberulangan kejadian dalam setiap kurun waktu tertentu.

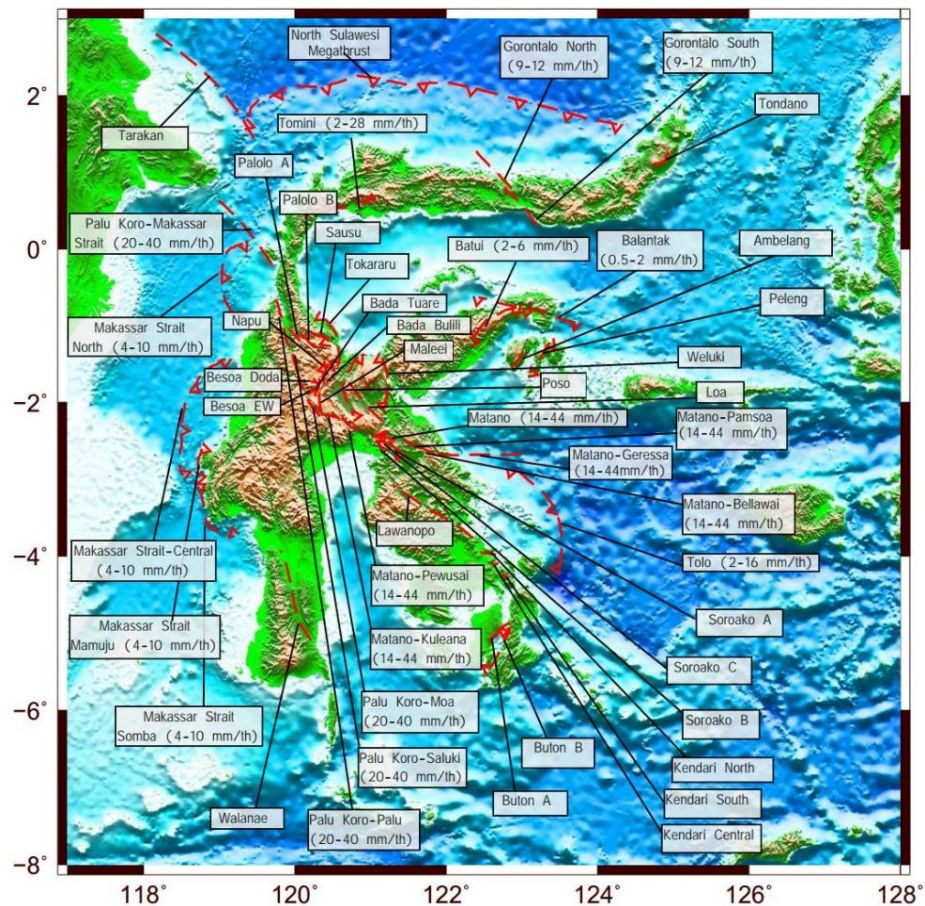


Gambar 1.2 Penyebaran kejadian gempa di wilayah Indonesia

(Sumber : PuSGeN, 2017)

Sulawesi Selatan adalah salah satu provinsi di Indonesia yang terletak di bagian selatan pulau Sulawesi, secara geografis terletak di antara 3°LS - 7°LS dan 118°BT - 122°BT. Dilihat dari tinjauan struktur geologi, seismisitas pulau Sulawesi dipengaruhi oleh beberapa sumber gempa yang berada di sekitaran pulau Sulawesi seperti subduksi Sulawesi Utara yang

berada pada bagian utara Pulau Sulawesi dan sesar-sesar aktif yang tersebar di wilayah Sulawesi (Gambar 1.3).

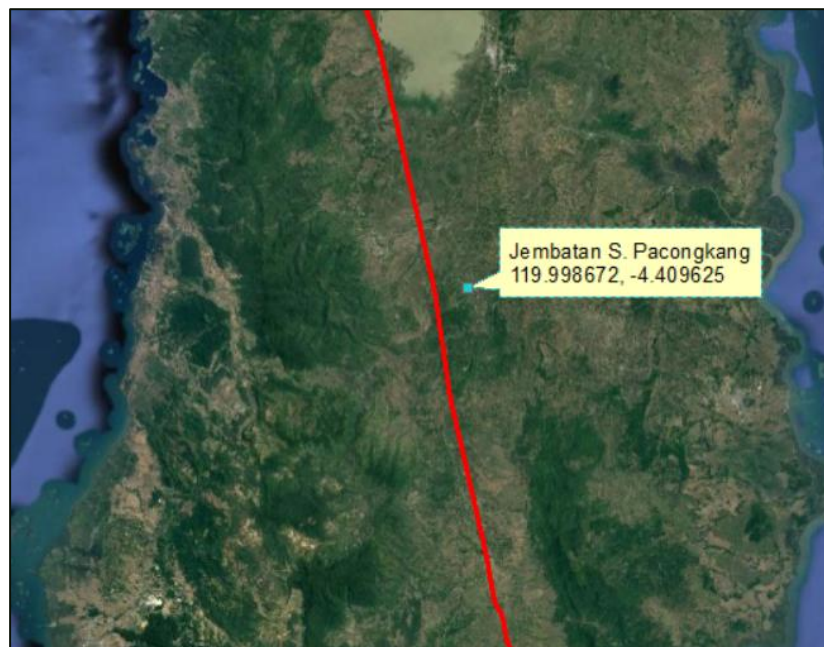


Gambar 1.3 Sumber gempa di Pulau Sulawesi

(Sumber : PuSGeN, 2017)

Di Sulawesi Selatan terdapat Sesar Walanae yang merupakan sesar yang menjadi salah satu sumber gempa yang sangat mempengaruhi seismisitas Sulawesi Selatan sekaligus menjadi ancaman terjadinya korban jiwa dan kerusakan infrastruktur. Setelah gempa Donggala-Palu mengguncang pulau Sulawesi, sesar walanae menjadi aktif kembali (Asri Jaya et al, 2023). Secara historis, tercatat pernah menghasilkan gempa

yang merusak pada tahun 1997 dengan magnitudo 6.0 di Kab. Pinrang dan magnitudo 5.5 di Kab. Bone. Menurut PuSGeN (2017), Sesar Walanae mempunyai panjang 130 km dan mempunyai sliprate 0.50 mm/tahun dengan mekanisme pergerakan *Strike-Slip*, serta berpotensi mengeluarkan gempa besar dengan magnitudo 7.1. Sesar ini membagi wilayah Sulawesi selatan menjadi 2 bagian yang ditandai oleh 2 barisan pegunungan bagian barat dan timur.



Gambar 1.4 Lokasi jembatan terhadap jalur sesar walanae

(Sumber : Google Earth, 2024)

Sebagai wilayah yang strategis di pulau Sulawesi, tentunya provinsi ini mempunyai beberapa infrastruktur yang penting namun berpotensi mengalami kerusakan apabila terjadi gempa besar yang diakibatkan oleh pergerakan sesar walanae terutama pada infrastruktur yang berada di dekat jalur sesar walanae.

Salah satunya adalah Jembatan Sungai Pacongkang. Jembatan ini berada kurang dari 5 km dari jalur sesar walanae sehingga termasuk dalam kriteria situs dekat sesar berdasarkan SNI 1726:2019. Menurut Asrurifak (2021), situs yang dekat dengan sumber gempa dapat menggunakan pendekatan *Deterministic Seismic Hazard Analysis (DSHA)* dalam mengkuantifikasi guncangan gempa.

Jembatan Sungai Pacongkang terletak di Kecamatan Citta Kabupaten Soppeng pada Ruas Jalan Lajoa-Citta-Tobenteng. Jembatan ini merupakan jembatan dengan struktur pelengkung baja dengan bentang bentang utama 128 m. Berdasarkan PermenPUPR No.10 Tahun 2022 Tentang Penyelenggaraan Keamanan Jembatan dan Terowongan Jalan, jembatan ini termasuk sebagai jembatan khusus karena memenuhi kriteria jembatan dengan bentang paling sedikit 100 m sekaligus sebagai jembatan pelengkung dengan bentang paling sedikit 60 m.

Jembatan ini mulai dibangun bertahap mulai dari tahun 2020 sampai tahun 2024 kemarin. Karena termasuk dalam kriteria jembatan khusus, maka serangkaian pengujian beban harus dilakukan di jembatan ini untuk memperoleh sertifikat laik fungsi sebelum dinyatakan dapat berfungsi di bulan Oktober tahun 2024 yang lalu. Dari laporan pengujian yang telah dilakukan pada tanggal 23 – 24 Juli 2024 oleh PT. Graha Survei Indonesia menyimpulkan hasil uji beban statik dan dinamik pada jembatan ini cukup baik dengan indikator lendutan dan tegangan yang terjadi masih dibawah

batas maksimum, serta frekuensi aktual masih dalam *range* yang diharapkan sesuai dengan kriteria desain.

Hasil ini tentu cukup memuaskan, namun terbatas pada bangunan atas struktur rangka baja. Oleh karena itu dibutuhkan suatu kajian lebih lanjut pada jembatan ini untuk mengetahui kinerja struktur jembatan ini secara utuh mulai dari struktur atas sampai ke struktur bawah dan fondasi. Hal inilah yang menjadi urgensi penelitian ini dilakukan dalam rangka memastikan kinerja jembatan memenuhi syarat kekuatan dan stabilitas, terutama terhadap beban gempa.



Gambar 1.5 Jembatan S. Pacongkang
(Sumber : Dokumentasi penulis)

Jembatan khusus dianggap memiliki kompleksitas yang lebih tinggi daripada jembatan standar dimulai dari tahapan perencanaan sampai pada

tahapan konstruksi. Maka dari itu dibutuhkan analisis yang lebih komprehensif dengan mempertimbangkan perilaku nonlinearitas geometri, material, dan syarat batas (*boundary condition*) pada sistem struktur. Nonlinearitas syarat batas (*boundary condition*) seperti interaksi tanah-struktur (*Soil-Structure Interaction, SSI*) dan penggunaan sistem isolasi seismik (*seismic isolation*) berupa *Lead Rubber Bearing (LRB)*.

Respon suatu sistem struktur terhadap guncangan gempa dipengaruhi oleh interaksi antara tiga sistem yang saling terkait yaitu struktur atas, fondasi, dan tanah disekitar fondasi (FEMA, 2009). Analisa interaksi tanah-struktur (*Soil-Structure Interaction, SSI*) ini dapat mengevaluasi respon sistem struktur secara utuh terhadap gerakan tanah (*ground motion*) tertentu sehingga prosesnya dapat dilakukan secara bersamaan (*simultaneously*) dengan analisis riwayat waktu nonlinear (*Nonlinear Time History Analysis, NLTHA*).

Selanjutnya berdasarkan Pedoman Pembahasan Penyelenggaraan Keamanan Jembatan Khusus, analisis riwayat waktu nonlinear (*Nonlinear Time History Analysis, NLTHA*) juga harus dilakukan pada sistem struktur yang menggunakan sistem isolasi seismik (*seismic isolation*). Ini bertujuan untuk membuktikan seluruh energi gempa didisipasikan melalui isolasi dasar (*base isolator*) dan tidak menimbulkan plastisitas pada elemen struktur yang tidak diinginkan seperti fondasi agar dapat memenuhi konsep fondasi kuat pier lemah (*strong foundation weak pier*). Plastisitas hanya boleh terjadi pada elemen-elemen struktur yang diizinkan seperti elemen

isolasi dasar (*base isolator*), kolom pier (*pier column*), dan dinding badan abutment (*breast wall*). Tingkat kerusakan yang terjadi pada elemen struktur tersebut dapat diukur sehingga kinerja (*performance*) jembatan terhadap beban dinamik juga dapat diketahui.

B. Rumusan Masalah

Berdasarkan uraian latar belakang yang telah dikemukakan diatas maka dapat dikemukakan rumusan masalah, antara lain :

1. Bagaimana respon dinamik pada sistem isolasi seismik yang digunakan Jembatan Sungai Pacongkang?
2. Bagaimana respon dinamik pada elemen struktur *pier column*, *breast wall*, dan *bored pile* pada Jembatan Sungai Pacongkang?
3. Bagaimana tingkatan kinerja Jembatan Sungai Pacongkang berdasarkan NCHRP Synthesis 440 dengan metode NLTHA yang mempertimbangkan *Soil-Structure Interaction (SSI)*?

C. Tujuan Penelitian

Adapun tujuan yang diharapkan dari penelitian ini, antara lain :

1. Untuk mendapatkan respon dinamik pada sistem isolasi seismik yang digunakan di Jembatan Sungai Pacongkang.
2. Untuk mendapatkan respon dinamik pada elemen struktur *pier column*, *breast wall*, dan *bored pile* pada Jembatan Sungai Pacongkang.

3. Untuk mengevaluasi tingkatan kinerja Jembatan Sungai Pacongkang berdasarkan NCHRP Synthesis 440 dengan metode NLTHA yang mempertimbangkan *Soil-Structure Interaction (SSI)*.

D. Batasan Masalah

Dari lingkup bahasan diatas, penulis memberikan batasan masalah sebagai berikut :

1. Pemodelan mengikuti geometri, dimensi penampang, dan mutu material yang sesuai dengan gambar terlaksana (*Asbuilt Drawing*).
2. Pemodelan struktur menggunakan program *Midas Civil*.
3. Perhitungan aksi/beban dan kombinasi pembebanan pada jembatan sesuai dengan SNI 1725:2016 Pembebanan untuk Jembatan dan SNI 2833:2016 Perencanaan Jembatan Terhadap Beban Gempa.
4. Memperhitungkan nonlinearitas geometri, nonlinearitas material, dan nonlinearitas syarat batas (*boundary condition*).
5. Jembatan termasuk dalam kategori operasional jembatan lainnya sehingga hanya beban mati dan beban mati tambahan yang akan diperhitungkan sebagai sumber massa akibat beban gravitasi.
6. Respon dinamik yang diperhitungkan pada *Lead Rubber Bearing (LRB)* adalah simpangan maksimum.
7. Respon dinamik yang diperhitungkan pada *pier column*, *breast wall*, dan *bored pile* adalah simpangan, regangan tekan pada beton, dan regangan tarik pada baja tulangan.

8. Sendi plastis pada *pier column*, *breast wall*, dan *bored pile* dimodelkan sebagai *fiber section*.
9. Tingkatan kinerja (*performance*) dinamik jembatan hanya ditinjau pada *pier column*, *breast wall*, dan *bored pile*.
10. Digunakan 7 pasang rekaman gerakan tanah (*ground motion*) berdasarkan SNI 1726:2019 untuk struktur yang menggunakan sistem isolasi seismik.
11. Digunakan periode ulang 1000 tahun (probabilitas terlampaui 7% dalam 75 tahun) pada pemilihan peta deagregasi gempa.

E. Manfaat Penelitian

Hasil penelitian ini diharapkan dapat bermanfaat sebagai berikut :

1. Dapat mengetahui kinerja (*performance*) struktur jembatan untuk memastikan jembatan mempunyai kekuatan dan stabilitas yang memadai untuk terhadap beban gempa.
2. Sebagai bahan masukan atau pertimbangan bagi instansi terkait dalam perencanaan jembatan yang akan dibangun kedepan.

F. Sistematika Penulisan

Untuk memperoleh gambaran umum keseluruhan isi penulisan, maka penulis mengurai ke dalam 6 bab yang terdiri dari :

BAB I : Pendahuluan

Bab ini berisi tentang latar belakang, rumusan masalah, tujuan penelitian, batasan masalah, manfaat penelitian dan sistematika penulisan.

BAB II : Tinjauan Pustaka

Bab ini berisi tentang teori dan tinjauan pustaka terkait kriteria jembatan khusus, *Deterministic Seismic Hazard Analysis (DSHA)*, fungsi atenuasi, interaksi tanah-struktur, *Lead Rubber Bearing (LRB)*, analisa struktur nonlinear, analisis riwayat waktu nonlinear, perencanaan seismik berbasis kinerja, penelitian terdahulu, dan kerangka teori.

BAB III : Metodologi Penelitian

Bab ini berisi tentang gambaran umum lokasi penelitian, jenis penelitian, definisi konseptual dan operasional, data penelitian, rencana kerja dan bagan alir penelitian, dan jadwal pelaksanaan penelitian.

BAB IV : Pemodelan dan Analisa Struktur

Bab ini berisi tentang data teknis jembatan eksisting, pemodelan elemen struktur dan boundary condition, pemodelan material dan penampang inelastik, pembebanan jembatan, penentuan respon spektra target, pemodelan *Soil-Structure Interaction (SSI)*, pemodelan *Lead Rubber Bearing (LRB)*, pemilihan *ground motion*, dan modifikasi *ground motion*.

BAB V : Hasil dan Pembahasan

Bab ini berisi tentang hasil dan pembahasan mengenai respon dinamik pada *Lead Rubber Bearing (LRB)*, *pier column*, *breast wall*, dan *bored pile* berupa simpangan, regangan tarik baja tulangan, dan regangan tekan beton, serta tingkatan kinerja berdasarkan NCHRP Synthesis 440.

BAB VI: Kesimpulan dan Saran

Bab ini berisi tentang Kesimpulan dan saran.

DAFTAR PUSTAKA**LAMPIRAN**