

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Seiring dengan meningkatnya jumlah penduduk dan aktivitas di wilayah perkotaan, khususnya di DKI Jakarta, volume limbah domestik yang dihasilkan juga semakin bertambah. Dalam kondisi ini, perbaikan lingkungan air di Jakarta menjadi sangat mendesak, sehingga pengembangan sistem saluran pembuangan, termasuk saluran pipa dan fasilitas pengolahan air limbah, menjadi suatu keharusan. Salah satu upaya yang dilakukan adalah melalui pembangunan Jakarta *Sewerage Development Project Zone 1 Package 1* yang bertujuan untuk meningkatkan kualitas sistem pengolahan air limbah di Jakarta.

Jakarta *Sewerage Development Project* (Zona 1) adalah proyek yang didanai oleh *Official Development Assistance* (ODA) dari *Japan International Cooperation Agency* (JICA), dengan jumlah total 57.061 juta JPY. Proyek ini bertujuan untuk meningkatkan pengolahan air limbah dan akses sanitasi di Daerah Khusus Ibu Kota Jakarta. Sistem pembuangan limbah yang kemudian diperkenalkan di bawah proyek ini, yang terdiri dari jaringan saluran pembuangan dan Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL), diharapkan dapat berkontribusi pada perbaikan lingkungan air Jakarta, kondisi kehidupan warganya, dan pembangunan perkotaan (Japan International Cooperation Agency, 2023).

Salah satu fasilitas yang terdapat dalam proyek tersebut adalah *Sludge Treatment Building* (STB), yaitu fasilitas bangunan yang memiliki peran untuk pengolahan hasil lumpur (*sludge*) lalu akan diproses lebih lanjut agar aman dan tidak mencemari lingkungan. STB memiliki peran yang cukup vital karena di dalamnya terdapat berbagai peralatan serta aktivitas operasional yang menghasilkan beban cukup besar. Oleh karena itu, struktur bangunan harus direncanakan dengan baik agar mampu menahan beban yang bekerja secara aman. Umumnya, struktur yang digunakan adalah beton bertulang karena memiliki kekuatan dan ketahanan yang baik serta telah banyak diterapkan pada berbagai jenis konstruksi.

Di sisi lain, Jakarta merupakan salah satu wilayah di Indonesia yang memiliki potensi bahaya gempa akibat pengaruh zona subduksi di Selatan Pulau Jawa serta keberadaan sesar aktif seperti Jakarta Fault. Penelitian terbaru menunjukkan bahwa sesar tersebut masih mengalami deformasi aktif dan berpotensi menghasilkan gempa dengan magnitudo mencapai 6,49-6,54, sehingga risiko kegempaan di wilayah Jakarta perlu menjadi perhatian dalam perencanaan dan evaluasi bangunan (Gunawan et al., 2025). Mengingat STB merupakan fasilitas infrastruktur penting yang berlokasi di Jakarta Utara, evaluasi kinerja struktur terhadap pengaruh beban gempa menjadi hal yang perlu dilakukan untuk menjamin keamanan dan keandalan bangunan selama masa layan.

Salah satu metode yang umum digunakan untuk menganalisis respons struktur terhadap beban gempa adalah *Response Spectrum Analysis (RSA)*. Metode ini merupakan metode analisis linear yang digunakan untuk memperkirakan respons struktur akibat eksitasi dinamik dengan menggabungkan kontribusi dari setiap mode getar struktur. RSA banyak digunakan dalam perencanaan bangunan tahap gempa karena mampu memberikan hasil analisis yang cukup akurat dengan proses yang lebih sederhana dibandingkan metode analisis dinamis yang lebih kompleks (Li & Wang, 2023).

Selain penggunaan beton bertulang konvensional, perkembangan teknologi material mendorong pemanfaatan Glass Fiber Reinforced (GFRP) sebagai alternatif tulangan pada struktur beton. Material ini memiliki beberapa keunggulan, seperti berat yang lebih ringan, ketahanan korosi yang baik, serta kekuatan tarik yang tinggi. Penelitian oleh (Mincigrucci et al., 2023) menunjukkan bahwa struktur berbahan GFRP menghasilkan gaya geser dasar (*base shear*) yang lebih kecil dibandingkan struktur beton bertulang konvensional akibat massa struktur yang lebih rendah. Selain itu, struktur GFRP menunjukkan perilaku respons yang berada di antara beton bertulang dan baja dalam hal perpindahan dan distribusi tegangan selama pembebanan gempa.

Meskipun demikian, penelitian terkait penerapan GFRP pada bangunan fasilitas pengolahan air seperti *Sludge Treatment Building*, khususnya dengan menggunakan metode Respons Spectrum Analysis, masih terbatas. Oleh karena itu, penelitian ini dilakukan untuk menganalisis dan membandingkan kinerja struktur

atas STB menggunakan sistem beton bertulang konvensional dan GFRP berdasarkan parameter respons struktur, yaitu perpindahan (*displacement*), simpangan (*interstory drift*), gaya geser dasar (*base shear*), dan periode getar struktur serta membandingkan material mana yang lebih efisien untuk digunakan berdasarkan biaya.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang sudah diuraikan pada bagian sebelumnya, dapat dirumuskan masalah sebagai berikut:

Penggunaan sistem tulangan Glass Fiber Reinforced Polymer (GFRP) pada struktur atas Sludge Treatment Building (STB) lebih efisien dibandingkan sistem beton bertulang konvensional, baik dari segi kinerja terhadap beban gempa, kebutuhan desain tulangan, maupun biaya material.

1.3 Pertanyaan Penelitian

Berdasarkan latar belakang dan rumusan masalah, maka pertanyaan penelitian yang diajukan adalah sebagai berikut:

1. Bagaimana evaluasi kinerja struktur atas *Sludge Treatment Building* (STB) menggunakan sistem beton bertulang konvensional dan sistem tulangan *Glass Fiber Reinforced Polymer* (GFRP) berdasarkan metode *Response Spectrum Analysis* (RSA)?
2. Bagaimana perbandingan desain kebutuhan tulangan antara sistem beton bertulang konvensional dan sistem tulangan *Glass Fiber Reinforced Polymer* (GFRP) pada struktur atas *Sludge Treatment Building* (STB)?
3. Bagaimana perbandingan biaya material penulangan antara sistem beton bertulang konvensional dan sistem tulangan *Glass Fiber Reinforced Polymer* (GFRP) pada struktur atas *Sludge Treatment Building* (STB)?

1.4 Tujuan Penelitian

Berdasarkan latar belakang dan rumusan masalah yang telah diuraikan, maka tujuan penelitian ini adalah:

1. Menganalisis kinerja struktur atas *Sludge Treatment Building* (STB) menggunakan sistem beton bertulang konvensional dan sistem tulangan

Glass Fiber Reinforced Polymer (GFRP) terhadap beban gempa berdasarkan metode *Response Spectrum Analysis*.

2. Menganalisis dan membandingkan desain kebutuhan tulangan antara sistem beton bertulang konvensional dan sistem tulangan *Glass Fiber Reinforced Polymer* (GFRP) pada struktur atas *Sludge Treatment Building* (STB).
3. Menganalisis dan membandingkan biaya material antara sistem beton bertulang konvensional dan sistem tulangan *Glass Fiber Reinforced Polymer* (GFRP) pada struktur atas *Sludge Treatment Building* (STB).

1.5 Manfaat Penelitian

Penelitian ini diharapkan dapat memberikan manfaat bagi berbagai pihak. Bagi peneliti, penelitian ini dapat menambah pemahaman dan pengalaman dalam melakukan analisis kinerja struktur atas bangunan terhadap beban gempa menggunakan metode *Response Spectrum Analysis*, serta memahami proses perencanaan kebutuhan tulangan dan evaluasi biaya material pada sistem beton bertulang konvensional dan *Glass Fiber Reinforced Polymer* (GFRP).

Bagi institusi pendidikan, penelitian ini diharapkan dapat menjadi referensi dan bahan kajian dalam pengembangan ilmu teknik sipil, khususnya pada bidang analisis struktur tahan gempa, penerapan material alternatif GFRP sebagai tulangan beton, serta perbandingan kinerja dan aspek ekonomis antara sistem struktur konvensional dan material inovatif.

Bagi masyarakat secara umum, penelitian ini diharapkan dapat memberikan informasi mengenai potensi penggunaan GFRP sebagai alternatif material tulangan pada konstruksi beton, sehingga dapat menjadi bahan pertimbangan dalam pembangunan infrastruktur yang aman, andal, serta memiliki ketahanan terhadap kondisi lingkungan dan beban gempa.

1.6 Batasan Penelitian

1.6.1 Lokasi Penelitian

Penelitian ini dibatasi pada objek struktur *Sludge Treatment Building* (STB) pada Proyek Jakarta Sewerage Development Project (JSDP) Zone 1 Package 1 yang berlokasi di Jalan Waduk Pluit Selatan No.11, RT 11/RW 09, Kelurahan Pluit, Kecamatan Penjaringan, Kota Jakarta Utara, Daerah Khusus Ibukota Jakarta 14450. Objek penelitian berupa struktur gedung beton bertulang yang digunakan sebagai

fasilitas pengolahan lumpur (*sludge treatment*) dalam sistem pengelolaan air limbah. Pemodelan struktur dilakukan berdasarkan data perencanaan yang tersedia, meliputi gambar desain, data material, dan data pembebanan struktur. Analisis gempa dalam penelitian ini menggunakan parameter respons spektrum wilayah Jakarta sesuai dengan lokasi proyek.

1.6.2 Substansi

Agar penelitian lebih terarah dan tidak menyimpang dari tujuan yang telah ditetapkan, maka berikut adalah batasan penelitian yang ditetapkan :

1. Objek penelitian yang dianalisis adalah struktur atas *Sludge Treatment Building* pada proyek *Jakarta Sewerage Development Project Zone 1 Package 1*.
2. Struktur dimodelkan dalam dua variasi sistem, yaitu beton bertulang konvensional dan sistem beton bertulang dengan penggunaan tulangan GFRP.
3. Analisis dilakukan menggunakan metode *Respons Spectrum Analysis* (RSA) sebagai analisis dinamik linear.
4. Perencanaan beban gempa mengacu pada *shopdrawing* dan juga SNI 1726:2019 tentang Tata cara perencanaan ketahanan gempa untuk struktur bangunan gedung dan nongedung.
5. Parameter yang dianalisis meliputi perpindahan (*displacement*), simpangan antar lantai (*interstory drift*), gaya geser dasar (*base shear*), dan periode getar struktur.
6. Analisis kebutuhan tulangan dilakukan pada elemen-elemen kritis yang mewakili struktur berdasarkan hasil analisis gaya dalam terbesar.
7. Analisis struktur dilakukan menggunakan *software* ETABS.
8. Untuk desain pelat, digunakan momen hasil perhitungan manual dengan metode koefisien momen, karena lebih sesuai dengan perilaku pelat.
9. Analisis kapasitas penampang kolom dilakukan menggunakan perangkat lunak SPColumn berdasarkan gaya dalam hasil analisis ETABS.
10. Perencanaan dan desain tulangan GFRP pada struktur kolom dan balok mengacu pada SNI 2849:2019 tentang Persyaratan beton struktural untuk

bangunan gedung dan penjelasan karena keterbatasan literatur mengenai perancangan beton bertulang menggunakan GFRP.

11. Nilai ϵ_{ty} untuk material GFRP tidak memiliki makna fisik karena GFRP tidak mengalami fase leleh. Namun, agar memenuhi syarat minimum input pada software SPColumn, nilai ϵ_{ty} dibatasi sebesar 0,0049 sebagai nilai *dummy*.
12. Perbandingan sistem konvensional dan GFRP dibatasi pada aspek biaya material dan kebutuhan tulangan, bukan pada perilaku nonlinier atau durabilitas jangka panjang.
13. Material GFRP yang digunakan merupakan produk dari Kuria Composite, sehingga hasil analisis terbatas pada spesifikasi produk tersebut.
14. Penelitian tidak membahas aspek metode pelaksanaan konstruksi, durabilitas jangka panjang material, maupun analisis fondasi.
15. Perhitungan kinerja struktur terhadap beban gempa menggunakan metode *Response Spectrum Analysis* sesuai kapasitas desain, tanpa memperhitungkan syarat *Strong Column Weak Beam* (SCWB) maupun ketentuan hubungan kolom dan balok lainnya.