

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisis dan pembahasan yang telah dilakukan pada penelitian ini, maka dapat disimpulkan bahwa:

1. Penerapan integrasi *Building Information Modeling* (BIM) 3D menggunakan *Autodesk Revit* dan *Robot Structural Analysis Professional* (RSAP) pada Bangunan Administrasi JSDP Zona 1 Paket 1 dapat dilakukan melalui tahapan pemodelan elemen struktur (kolom, balok, dan pelat lantai) pada Revit, dilanjutkan dengan proses ekstraksi model ke RSAP, penyesuaian model, input pembebanan, hingga kombinasi pembebanan. Integrasi kedua software tersebut terbukti mampu menghubungkan proses pemodelan dan analisis struktur secara berkesinambungan tanpa memerlukan input data ulang, sehingga proses analisis kinerja struktur menjadi lebih efisien.
2. Kinerja struktur atas Bangunan Administrasi JSDP Zona 1 Paket 1 terhadap beban gempa dengan metode dinamik respons spektrum menunjukkan hasil yang baik, ditinjau dari empat aspek pengendalian. Partisipasi massa struktur telah melampaui syarat minimum 90% pada arah X (99,823% di mode ke-29) maupun arah Y (98,678% di mode ke-28). Rasio gaya geser dasar dinamik terhadap statik pada kedua arah mencapai 100%, sehingga tidak diperlukan faktor skala tambahan. Simpangan antar lantai pada seluruh tingkat berada di bawah batas izin, dengan rasio tertinggi sebesar 0,881 pada arah X dan 0,857 pada arah Y. Kontrol stabilitas struktur juga menunjukkan nilai koefisien stabilitas (θ_i) yang jauh lebih kecil dibandingkan nilai maksimum yang diizinkan ($\theta_{max} = 0,091$) pada setiap lantai, sehingga struktur dinyatakan stabil dan tidak memerlukan peninjauan efek P-Delta.

Hasil pemeriksaan ketidakberaturan struktur pada Bangunan Administrasi JSDP Zona 1 Paket 1, baik secara horizontal maupun vertikal, menunjukkan bahwa struktur dikategorikan sebagai struktur beraturan. Pada

ketidakberaturan horizontal, struktur tidak mengalami ketidakberaturan torsi (tipe 1a dan 1b), dengan rasio $\Delta_{max}/\Delta_{avg}$ tertinggi sebesar 1,004 pada arah X dan 1,086 pada arah Y, keduanya masih berada di bawah batas 1,2 dan 1,4 yang disyaratkan SNI 1726:2019. Struktur juga tidak memiliki ketidakberaturan sudut dalam (tipe 2), ketidakberaturan diskontinuitas diafragma (tipe 3), ketidakberaturan akibat pergeseran tegak lurus terhadap bidang (tipe 4), maupun ketidakberaturan sistem nonparalel (tipe 5). Pada ketidakberaturan vertikal, struktur tidak mengalami ketidakberaturan kekakuan tingkat lunak (tipe 1a dan 1b), tidak mengalami ketidakberaturan massa (berat), dan tidak ditemukan ketidakberaturan diskontinuitas bidang pada elemen vertikal pemikul gaya lateral. Dengan demikian, struktur Bangunan Administrasi JSDP Zona 1 Paket 1 dinyatakan beraturan pada seluruh tipe ketidakberaturan horizontal maupun vertikal, sehingga penggunaan metode analisis dinamik respons spektrum telah sesuai dengan ketentuan SNI 1726:2019.

3. Hasil analisis struktur atas Bangunan Administrasi JSDP Zona 1 Paket 1 telah memenuhi seluruh ketentuan yang disyaratkan dalam SNI 1726:2019, yang meliputi: (1) ketentuan partisipasi massa struktur, yaitu jumlah massa struktur yang tergerakkan pada ragam getar yang ditinjau harus mencapai sekurang-kurangnya 90% dari massa aktual pada masing-masing arah X dan Y; (2) ketentuan gaya geser dasar, yaitu nilai gaya geser dasar hasil analisis dinamik tidak boleh kurang dari 100% gaya geser dasar hasil analisis statik ekuivalen; (3) ketentuan simpangan antar lantai (*story drift*), yaitu simpangan antar lantai tingkat desain (Δ) pada setiap lantai tidak boleh melampaui simpangan antar lantai izin (Δ_a) yang ditetapkan berdasarkan kategori risiko dan sistem penahan gaya gempa bangunan; dan (4) ketentuan stabilitas struktur, yaitu nilai koefisien stabilitas (θ) pada setiap lantai tidak boleh melebihi nilai koefisien stabilitas maksimum (θ_{max}) agar pengaruh P-Delta tidak perlu diperhitungkan. Berdasarkan hasil analisis, keempat ketentuan tersebut seluruhnya terpenuhi, sehingga struktur bangunan dinyatakan aman dan layak terhadap beban gempa yang diperhitungkan.

4. Desain tulangan struktur atas Bangunan Administrasi JSDP Zona 1 Paket 1 yang dihasilkan melalui *Robot Structural Analysis Professional* (RSAP) mencakup elemen balok, kolom, dan pelat lantai. Pada elemen balok induk B2G8 (bentang 6 m, lantai 2) diperoleh tulangan longitudinal diameter 22 mm dengan konfigurasi 6 buah tulangan atas dan 3 buah tulangan bawah pada daerah tumpuan, serta masing-masing 3 buah tulangan atas dan bawah pada daerah lapangan, ditambah tulangan *transversal* 4 kaki diameter 10 mm dengan jarak spasi 300 mm, sehingga total kebutuhan tulangan balok tersebut sebesar 214,443 kg. Pada elemen kolom C1 (700 mm x 700 mm) diperoleh tulangan longitudinal diameter 22 mm sebanyak 20 batang, tulangan *transversal* (sengkang) diameter 10 mm sebanyak 60 batang sebagai sengkang utama dan 10 batang sebagai tie bar, dengan total kebutuhan tulangan sebesar 373,516 kg, serta hasil kontrol rasio kapasitas (S_n , M_n , dan P_n) menyatakan desain telah memenuhi syarat keamanan (OK) sesuai SNI 2847:2019. Pada elemen pelat lantai S3 (lantai 2) diperoleh tulangan lentur dua arah berupa tulangan ulir *Grade* 420 diameter 10 mm, terdiri dari 76 batang sepanjang 5,950 m dan 60 batang sepanjang 7,450 m yang dipasang saling tegak lurus membentuk pola grid. Seluruh konfigurasi tulangan pada ketiga elemen tersebut merupakan keluaran otomatis program berdasarkan gaya dalam hasil analisis yang telah memenuhi syarat kekuatan (*ultimate limit state*) sesuai kombinasi pembebanan yang ditetapkan.

5.2 Saran

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, saran yang dapat diajukan adalah sebagai berikut:

1. Bagi peneliti selanjutnya yang akan melakukan analisis struktur berbasis integrasi Revit dan RSAP, perlu memperhatikan dengan cermat kesesuaian penggambaran model pada Revit, khususnya memastikan setiap elemen struktur saling bertemu pada titik simpul (*node*) yang sama serta penempatan level lantai (*story level*) yang tepat, agar pada saat model diekstraksi dan dijalankan analisisnya di RSAP tidak menimbulkan banyak error akibat model yang tidak menyatu dengan baik.

2. Bagi pihak pengelola proyek JSDP Zona 1 Paket 1, hasil analisis ini dapat dijadikan salah satu bahan pertimbangan teknis dalam memastikan bahwa bangunan administrasi telah memenuhi ketentuan ketahanan gempa yang berlaku.
3. Bagi institusi pendidikan, khususnya Politeknik Pekerjaan Umum, hasil integrasi BIM Revit-RSAP pada penelitian ini dapat dijadikan referensi dalam pengembangan materi pembelajaran terkait penerapan teknologi BIM untuk analisis struktur, mengingat efisiensi proses yang ditunjukkan dibandingkan metode analisis konvensional.

