

## BAB 5. KESIMPULAN DAN SARAN

### 5.1. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil dan pembahasan dari penelitian balok beton bertulang menggunakan nanosilika maupun tanpa nanosilika akibat beban monotonik dengan metode analisa menggunakan software Response 2000, maka didapat kesimpulan sebagai berikut

1. Hasil validasi menunjukkan *response-2000* mampu merepresentasikan perilaku balok secara umum dengan baik, karena dapat mengikuti tren kurva beban–defleksi hasil eksperimen pada seluruh sampel. Meskipun pada tahap awal pembebanan masih terdapat selisih yang relatif lebih besar, model menunjukkan peningkatan akurasi pada tahap pembebanan menengah, di mana nilai selisih menjadi lebih kecil. Sehingga dapat digunakan untuk analisis lebih lanjut meskipun masih memiliki keterbatasan dalam merepresentasikan perilaku awal pembebanan.
2. Dari analisis kurva momen kurvatur didapatkan :
  - Perubahan dimensi penampang merupakan faktor yang paling dominan dalam meningkatkan kinerja balok, di mana peningkatan dimensi menghasilkan kenaikan kekuatan sekitar 21%–43% dan kekakuan sekitar 42%–71%, sementara daktilitas bervariasi antara -14% hingga 45% dan tidak menunjukkan kecenderungan yang konsisten; sebaliknya, penambahan nanosilika hanya memberikan pengaruh yang relatif kecil, dengan peningkatan kekuatan sekitar 0.06%–2.04%, kekakuan sekitar 0.18%–9.78%, serta daktilitas sekitar 0%–21% yang cenderung fluktuatif, sehingga dapat disimpulkan bahwa pengaruh dimensi penampang jauh lebih signifikan dibandingkan nanosilika terhadap kinerja balok beton bertulang.
  - Rasio tulangan tarik memiliki pengaruh yang signifikan terhadap kinerja balok, di mana peningkatan rasio tulangan dari 2Ø12 ke 3Ø12 menghasilkan kenaikan kekuatan sekitar 32%–34% dan kekakuan sekitar 43%–45%, serta dari 3Ø12 ke 4Ø12 meningkat lagi sebesar 18%–20% untuk kekuatan dan sekitar 15% untuk kekakuan. Namun, peningkatan rasio tulangan menyebabkan penurunan daktilitas dengan kisaran sekitar -13% hingga -31%. Di sisi lain, penambahan nanosilika hanya memberikan pengaruh yang relatif kecil, dengan peningkatan kekuatan sekitar 0.49%–2.51%, kekakuan sekitar 0.16%–0.83%, serta daktilitas sekitar 0%–8.17% yang cenderung tidak konsisten.

3. Dari analisis kurva beban-perpindahan didapatkan :

- Perubahan dimensi penampang memiliki pengaruh yang sangat signifikan terhadap kinerja balok, dengan peningkatan kekuatan ( $P_{max}$ ) berkisar 19%–38% pada dimensi 200×300 mm, 19%–24% pada 200×350 mm, dan 31%–34% pada 350×400 mm, serta kekakuan ( $P/\Delta$ ) meningkat secara dominan hingga 32%–169%, sementara daktilitas ( $\Delta u/\Delta y$ ) menunjukkan variasi yang tidak konsisten antara -19% hingga 95%. Sebaliknya, penambahan nanosilika hanya memberikan pengaruh yang relatif kecil dan tidak konsisten, dengan peningkatan kekuatan umumnya sekitar 0.24%–1.55%, kekakuan sekitar 0.19%–13.02%, dan daktilitas berkisar 0%–19.24%, bahkan cenderung semakin kecil pada dimensi yang lebih besar.
- Rasio tulangan bawah memiliki pengaruh yang sangat signifikan terhadap kinerja balok, di mana peningkatan dari 2Ø12 ke 3Ø12 menghasilkan kenaikan kekuatan ( $P_{max}$ ) sekitar 36%–39% dan kekakuan ( $P/\Delta$ ) sekitar 59%–62%, serta dari 3Ø12 ke 4Ø12 meningkat lagi sebesar 15%–20% untuk kekuatan dan 11%–13% untuk kekakuan. Namun, peningkatan rasio tulangan cenderung menyebabkan penurunan daktilitas ( $\Delta u/\Delta y$ ) dengan kisaran sekitar -2% hingga -18%, meskipun pada beberapa kondisi terdapat sedikit peningkatan. Sebaliknya, penambahan nanosilika memberikan pengaruh yang relatif kecil dan tidak konsisten, dengan peningkatan kekuatan sekitar 0.14%–3.79%, kekakuan sekitar 1.68%–3.55%, serta daktilitas sekitar 0.17%–5.41%. Rasio tulangan jauh lebih dominan dibandingkan nanosilika dalam mempengaruhi kekuatan dan kekakuan balok, sementara pengaruh terhadap daktilitas cenderung berlawanan dan fluktuatif.

4. Perbandingan hasil menunjukkan bahwa kurva momen–kurvatur dan beban–perpindahan memiliki tren yang sama terhadap pengaruh nanosilika, dimensi penampang, dan rasio tulangan tarik, namun dengan tingkat respons yang berbeda. Kurva momen–kurvatur menunjukkan perubahan kapasitas, kekakuan, dan daktilitas yang lebih jelas karena merepresentasikan perilaku lentur pada tingkat penampang, sedangkan kurva beban–perpindahan menggambarkan respons global balok sehingga peningkatannya tidak terlihat sebesar pada momen–kurvatur. Secara umum, momen–kurvatur lebih sensitif dalam menunjukkan perubahan sifat material, sedangkan beban–perpindahan menggambarkan perilaku struktur secara keseluruhan.

## 5.2. SARAN

1. Pada penelitian selanjutnya disarankan menggunakan model material beton yang lebih detail dan menggunakan perangkat lunak atau metode numerik lain sebagai pembanding karena pada validasi *response* 2000 masih terdapat deviasi pada tahap awal pembebanan dan mendekati kondisi ultimit, yang menunjukkan keterbatasan dalam merepresentasikan perilaku nonlinier secara akurat.
2. Pada penelitian selanjutnya disarankan untuk menggunakan pembebanan siklik (berulang) sebagai variasi tambahan dalam pembebanan.
3. Penelitian berikutnya juga disarankan untuk melakukan pengujian eksperimental sebagai pembanding terhadap hasil analisis numerik, sehingga diperoleh validasi yang lebih akurat terhadap kinerja struktur yang ditinjau.
4. Selain itu, penelitian selanjutnya disarankan menggunakan variasi data yang lebih beragam dan jumlah sampel yang lebih banyak agar hasil analisis yang diperoleh menjadi lebih akurat.

