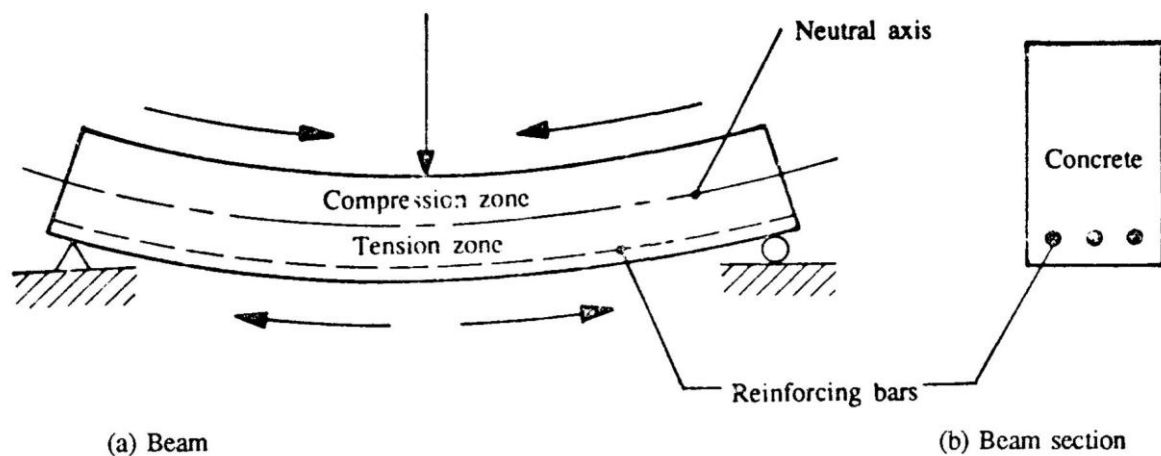


BAB 1. PENDAHULUAN

1.1. LATAR BELAKANG

Beton bertulang merupakan material utama dalam konstruksi struktur karena memiliki keunggulan berupa kekuatan tekan yang tinggi, kemudahan pelaksanaan, serta ketersediaan material yang luas. Kelemahan beton dalam menahan gaya tarik diatasi dengan penggunaan tulangan baja yang memiliki kuat tarik dan daktilitas tinggi, sehingga kombinasi keduanya membentuk sistem komposit yang mampu bekerja secara efektif dalam menahan beban, khususnya pada elemen lentur seperti balok. Pada kondisi lentur, beton berperan menahan gaya tekan pada bagian atas penampang, sedangkan tulangan baja menahan gaya tarik pada bagian bawah, sebagaimana ditunjukkan pada **Gambar 1.1** (MacGregor & Wight, 2012; Nilson et al., 2010; SNI 2847-2019, 2019).

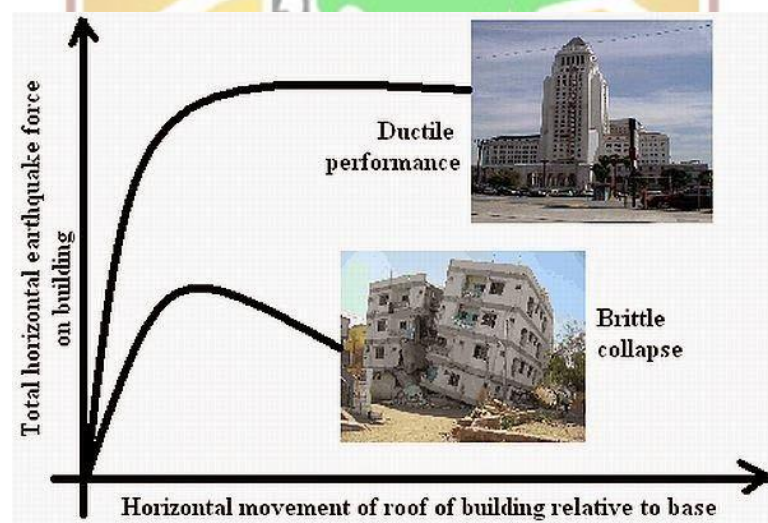


Gambar 1.1 Zona tekan dan tarik pada balok beton bertulang tipikal.

Sebagai elemen struktur utama, balok beton bertulang berfungsi menahan gaya lentur dan geser, sehingga kinerjanya sangat dipengaruhi oleh berbagai parameter desain, seperti dimensi penampang, rasio tulangan longitudinal (tarik dan tekan), konfigurasi tulangan, serta mutu material. Di antara parameter tersebut, rasio tulangan longitudinal dan mutu baja tulangan memiliki pengaruh dominan terhadap kapasitas lentur dan perilaku deformasi struktur. Selain itu, model hubungan tegangan–regangan baja juga berperan penting dalam menentukan respons struktur, terutama dalam hal kapasitas ultimit dan daktilitas (Ardho et al., 2025; Park & Paulay, 1975).

Dalam praktik rekayasa, peningkatan kapasitas struktur sering dilakukan dengan menambah jumlah tulangan atau menggunakan baja mutu tinggi. Namun, pendekatan ini tidak selalu menghasilkan kinerja struktur yang lebih baik secara keseluruhan. Sejumlah penelitian menunjukkan bahwa peningkatan rasio tulangan longitudinal dan mutu baja dapat meningkatkan kapasitas lentur secara signifikan, tetapi pada saat yang sama dapat menurunkan daktilitas struktur secara drastis (Park & Paulay, 1975; Yastari, Guci, et al., 2025). Fenomena ini menunjukkan adanya hubungan trade-off antara kekuatan dan daktilitas, yang menjadi isu penting dalam desain struktur, khususnya untuk kondisi pembebanan ekstrem seperti gempa.

Daktilitas merupakan parameter kunci dalam desain struktur tahan gempa karena mencerminkan kemampuan struktur untuk menyerap energi melalui deformasi plastis tanpa mengalami keruntuhan mendadak. Hal ini menjadi sangat relevan di wilayah Sumatera Barat yang memiliki tingkat kegempaan tinggi, sehingga desain struktur harus mampu menjamin perilaku daktail. Daktilitas kurvatur ($\mu\phi$), yang didefinisikan sebagai perbandingan antara kurvatur ultimit (ϕ_u) dan kurvatur saat leleh (ϕ_y), sering digunakan sebagai indikator kinerja deformasi struktur (Priestley et al., 2007; SNI 2847-2019, 2019; Trian et al., 2015). Perbandingan keruntuhan struktur daktail dan getas seperti pada **Gambar 1.2**



Gambar 1.2 Perbandingan Perilaku Daktail dan Getas pada Struktur.

Selain rasio tulangan tarik, keberadaan tulangan tekan juga mempengaruhi perilaku struktur, meskipun kontribusinya terhadap kapasitas lentur relatif kecil. Penelitian menunjukkan bahwa tulangan tekan dapat meningkatkan daktilitas hingga batas tertentu melalui mekanisme redistribusi tegangan dalam penampang (Fithrah Nur, 2009). Di sisilain,

penggunaan baja mutu tinggi ($f_y > 400$ MPa) cenderung menghasilkan perilaku yang lebih getas akibat berkurangnya kemampuan deformasi plastis (Thamrin, 2015a).

Perkembangan teknologi analisis numerik, seperti RCCSA (Reinforced Concrete Cross Section Analysis) dan ATENA 2D, memungkinkan evaluasi perilaku struktur secara lebih komprehensif melalui analisis kurva momen–kurvatur, distribusi tegangan, dan perubahan garis netral. Pendekatan ini memberikan peluang untuk melakukan studi parametrik secara sistematis dalam memahami pengaruh berbagai variabel desain terhadap kinerja struktur (Dewi et al., 2024; Thamrin, 2014, 2015b).

Meskipun telah banyak penelitian yang membahas pengaruh rasio tulangan terhadap kapasitas lentur, masih terbatas kajian yang mengintegrasikan secara simultan variasi rasio tulangan tarik dan tekan, mutu baja tulangan, serta model tegangan–regangan baja dalam satu kerangka analisis yang komprehensif. Padahal, dalam praktik keinsinyuran, ketiga parameter tersebut sangat menentukan hasil desain, khususnya dalam mencapai keseimbangan antara kekuatan dan daktilitas.

Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk melakukan kajian parametrik terhadap balok beton bertulang dengan mempertimbangkan variasi rasio tulangan tarik (0,5%–3,0%), rasio tulangan tekan (0,3%–2,0%), mutu baja (300–550 MPa), serta model tegangan–regangan baja (bi-linear dan strain hardening). Hasil penelitian ini diharapkan dapat memberikan rekomendasi desain yang aplikatif bagi praktisi teknik sipil, khususnya dalam merancang balok beton bertulang yang tidak hanya memiliki kapasitas yang memadai, tetapi juga daktilitas yang cukup sesuai dengan ketentuan SNI 2847:2019 dan kebutuhan struktur tahan gempa.

1.2. TUJUAN PENELITIAN

Berdasarkan latar belakang yang telah diuraikan, tujuan dari penyusunan laporan ini adalah sebagai berikut:

1. Menganalisis pengaruh variasi rasio tulangan tarik (ρ) terhadap kapasitas lentur, daktilitas, dan kedalaman garis netral pada balok beton bertulang.
2. Mengevaluasi pengaruh rasio tulangan tekan (ρ') terhadap peningkatan kapasitas lentur dan daktilitas serta perannya dalam distribusi tegangan pada penampang.
3. Mengkaji pengaruh mutu baja tulangan (f_y) dan model hubungan tegangan–regangan (bi-linear dan strain hardening) terhadap respons momen–kurvatur, kapasitas lentur, dan daktilitas struktur.

4. Menganalisis hubungan antara kedalaman garis netral relatif (c/d) dengan daktilitas kurvatur ($\mu\phi$) sebagai parameter kinerja struktur.
5. Membandingkan hasil analisis menggunakan metode penampang (RCCSA) dan metode elemen hingga (ATENA) dalam memprediksi perilaku lentur balok beton bertulang.

1.3. MANFAAT PENELITIAN

Adapun manfaat yang diharapkan dari penyusunan laporan ini adalah sebagai berikut:

1. Manfaat Akademis

Memberikan kontribusi terhadap pengembangan ilmu pengetahuan di bidang rekayasa struktur, khususnya dalam memahami perilaku lentur balok beton bertulang melalui pendekatan analisis parametrik.

2. Manfaat Praktis

Memberikan panduan bagi insinyur sipil dalam memilih rasio tulangan tarik dan tekan yang optimal pada balok beton bertulang, sehingga struktur lebih aman terhadap beban gempa dan efisien dalam penggunaan material.

3. Manfaat Kebijakan

Penelitian ini diharapkan dapat memberikan masukan bagi pengembangan dan penyempurnaan standar perencanaan struktur, khususnya yang berkaitan dengan batasan rasio tulangan dan kriteria daktilitas pada struktur beton bertulang sesuai dengan ketentuan yang berlaku, seperti SNI 2847.

1.4. BATASAN MASALAH

Agar penelitian ini lebih terarah, maka ditetapkan beberapa batasan sebagai berikut:

1. Benda uji berupa balok beton bertulang dengan penampang persegi (lebar 150 mm, tinggi 300-400 mm) dan panjang 2000 mm (bentang geser 800 mm).
2. Kuat tekan beton (f_c') ditetapkan 25 MPa dan 30 MPa (konstan untuk setiap kelompok variasi).
3. Tulangan menggunakan diameter 13 mm, 16 mm, dan 19 mm dengan mutu baja f_y 400 MPa (untuk variasi rasio) dan 300–550 MPa (untuk variasi mutu).
4. Model hubungan tegangan–regangan baja yang digunakan adalah bi-linear dan strain hardening
5. Analisis dilakukan secara numerik menggunakan RCCSA v4.3 dan ATENA 2D, tanpa pengujian laboratorium.

6. Pembebanan yang ditinjau adalah beban lentur 4 titik (four-point bending test).
7. Parameter daktilitas dihitung berdasarkan kurva momen-kurvatur (daktilitas kurvatur).
8. Tidak meninjau pengaruh tulangan geser (sengkang) dan beban aksial.
9. Pengaruh kondisi lapangan, seperti variasi mutu material aktual dan faktor konstruksi, tidak dipertimbangkan dalam penelitian ini.

