

## Analisis Tegangan Lentur pada Balok Beton Bertulang Dengan Beban Terpusat

Liani Santa Nofiyanti Hutaajulu<sup>1</sup>  
Email:lianisanta.2021@student.uny.ac.id

Diterima : 8 Desember 2023  
Disetujui : 30 Desember 2023  
Terbit : 31 Desember 2023

**Abstrak:** Balok Beton bertulang merupakan salah satu elemen struktur yang sangat sering digunakan pada suatu konstruksi bangunan. Elemen ini terdiri dari baja tulangan yang berfungsi sebagai perkuatan dan juga beton. Beton cenderung lebih kuat terhadap gaya tekan yang tinggi sedangkan tulangan baja cenderung lebih tahan terhadap kuat Tarik yang tinggi. Kedua kombinasi ini yang membuat balok beton bertulang menjadi salah satu elemen yang dapat menahan beban lentur yang besar. Saat balok beton bertulang mengalami beban lentur, beton akan mengalami tegangan tarik dan baja tulangan akan mengalami tegangan tekan. Jika tegangan tarik beton melebihi kekuatan tarik beton, maka beton akan retak. Retak, hancurnya, dan luluhnya balok beton bertulang dapat diselidiki dengan teknik elemen hingga. Retak ini akan memindahkan beban dari beton ke baja tulangan. Baja tulangan akan menahan beban tersebut sehingga balok tidak runtuh.

**Kata kunci:** balok; beban terpusat; beton bertulang; *software abaqus*; tegangan lentur

*Abstract:* Reinforced concrete beams are one of the structural elements that are very often used in building construction. This element consists of reinforcing steel which functions as reinforcement and also concrete. Concrete tends to be stronger against high compressive forces while steel reinforcement tends to be more resistant to high tensile strengths. These two combinations make reinforced concrete beams an element that can withstand large bending loads. When reinforced concrete blocks are subjected to bending loads, concrete will experience tensile stress and reinforcing steel will experience compressive stress. If the tensile stress of concrete exceeds the tensile strength of concrete, then the concrete will crack. The cracking, crushing, and melting of reinforced concrete blocks can be investigated by finite element techniques. This crack will transfer the load from the concrete to the reinforcing steel. The reinforcing steel will withstand the load so that the beam does not collapse.

**Keywords:** *abaqus software; beam; bending load; concentrated load; tensile stress*

<sup>1</sup> Fakultas Teknik, Universitas Negeri Yogyakarta

### PENDAHULUAN

Balok beton bertulang adalah struktur yang sangat umum digunakan dalam konstruksi bangunan. Balok ini terdiri dari beton yang diperkuat dengan baja tulangan. Beton adalah material bangunan yang terdiri dari agregat halus, agregat kasar, semen, air, dan zat aditif yang mengeras akibat adanya reaksi kimia antara semen dan air yang dapat dicetak sesuai dengan dimensi dan bentuk yang dibutuhkan. Beton memiliki kemampuan untuk menahan kekuatan tekan yang tinggi. Baja sebagai komponen kedua

yang umumnya berfungsi untuk meningkatkan kuat tarik pada beton. Oleh karena itu kombinasi dari kedua bahan ini membuat balok beton bertulang mampu menahan beban lentur yang besar.

Pada saat balok beton bertulang mengalami beban lentur, beton akan mengalami tegangan tarik dan baja tulangan akan mengalami tegangan tekan. Jika tegangan tarik beton melebihi kekuatan tarik beton, maka beton akan retak. Retak ini akan memindahkan beban dari beton ke baja tulangan. Baja tulangan akan menahan beban tersebut sehingga balok tidak runtuh

(Wahyuningtyas, 2021).

Beton bertulang umumnya digunakan pada konstruksi bangunan karena karakteristiknya yang mampu mendukung ketahanan dari sebuah bangunan. Dengan penyusun beton dan tulangan baja, suatu elemen struktur dengan bahan beton bertulang tentunya memiliki karakteristik antara lain:

1. Tahan terhadap gaya Tarik  
Secara alamiah diketahui bahwa beton lemah terhadap gaya Tarik namun karena adanya penambahan tulangan maka dapat mengatasi dan memberikan dukungan tambahan pada titik-titik yang mungkin mengalami tarikan.
2. Memiliki daya tahan terhadap deformasi, tulangan baja berfungsi untuk membantu balok dalam mencegah terjadi retakan yang berlebihan pada struktur. Oleh karena itu penggunaan beton bertulang dapat meningkatkan masa pakai struktur dan mengurangi biaya perawatan.
3. Dengan penggunaan beton bertulang lebih memungkinkan bagi perencana untuk mendesain suatu bangunan dengan bentuk yang lebih *kompleks*

Pola retak balok beton bertulang akibat beban lentur dapat diprediksi menggunakan metode elemen hingga. Metode ini merupakan metode numerik yang digunakan untuk memecahkan masalah teknik. Metode ini menggunakan elemen-elemen kecil untuk mewakili struktur yang dianalisis.

Pola retak balok beton bertulang akibat beban lentur dipengaruhi oleh berbagai faktor, yaitu bentuk dan dimensi balok, beban yang bekerja pada balok, kekuatan beton dan baja tulangan.

Pembahasan mengenai analisis terhadap pola retak pada suatu balok beton bertulang merupakan salah satu topik penting dalam ilmu rekayasa Teknik sipil dan konstruksi. Retakan yang terjadi pada suatu balok beton bertulang dapat mengindikasikan berbagai aspek, termasuk ketahanan akibat beban lentur, beban geser, dan pengaruh lingkungan (Wahyuningtyas, 2021).

Penelitian ini dilakukan untuk menjawab dua rumusan masalah berikut ini:

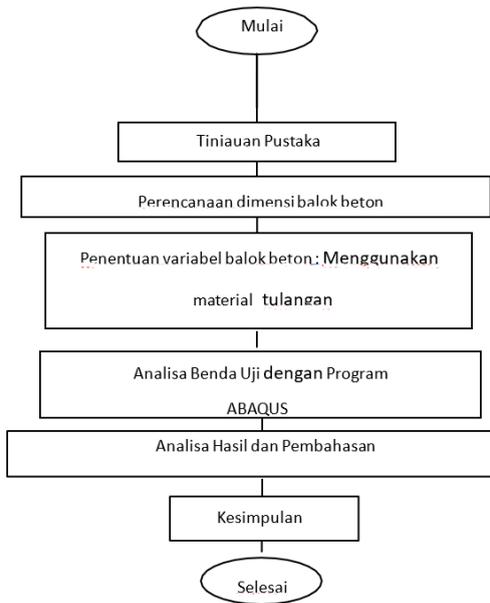
1. Bagaimana perilaku balok beton bertulang terhadap tegangan lentur dengan analisis menggunakan *ABAQUS 2017*?
2. Apakah perbedaan pola grafik tegangan lentur yang dihasilkan akibat perbedaan posisi perletakan beban dalam suatu bentang balok yang sama?

## METODE PENELITIAN

Metode penelitian yang digunakan dalam penelitian ini adalah dengan melakukan analisis menggunakan *software Abaqus*. *Abaqus* adalah perangkat lunak yang dilengkapi dengan berbagai program yang mampu melakukan simulasi dan rekayasa dengan menggunakan Metode Elemen Hingga. Dengan kemampuannya, perangkat ini mampu mengatasi berbagai permasalahan struktur, mulai dari analisis *linier* yang sederhana hingga simulasi *nonlinear* yang rumit. Program ini mampu menggambarkan beragam geometri dan menyediakan beragam model material yang dapat mensimulasikan perilaku berbagai jenis material, seperti karet, logam, *polimer*, beton, serta bahan geoteknik seperti batuan dan tanah (Sulistiyowati et al., 2022).

*Abaqus* memberikan sejumlah keuntungan dalam melakukan simulasi aplikasi, baik yang bersifat *linier* maupun *non linier*. Perangkat ini mampu memodelkan berbagai bagian elemen dengan beragam geometri dan menggunakan model material yang sesuai, serta mengatur interaksi antar elemen tersebut. Dalam analisis nonlinier, *Abaqus* mampu menentukan dengan tepat nilai penjumlahan beban dan toleransi konvergensi, terus menganalisis dan menyesuaikan parameter-parameter ini untuk memastikan bahwa solusi yang akurat dan efisien diperoleh selama proses analisis (Siane et al., 2012).

Secara garis besar prosedur yang dilakukan dalam penelitian ini dituangkan pada diagram. Uraian dari diagram alir tersebut adalah sebagai berikut:



Gambar 1. Diagram Alir Penelitian

**Parameter balok**

Geometri balok yang akan digunakan yakni sebagai berikut:

Tabel 1. Data struktur elemen balok

Data	Balok 1 (B1)
Ukuran Balok (mm)	250 x 500
Panjang Balok (mm)	4500
Diameter Tulangan Utama (mm)	16
Diameter Tulangan Sengkang (mm)	10
Luasan Tulangan (Ast) (mm <sup>2</sup> )	201

Tabel 2. Material beton

Data	Nilai	Satuan
Mutu Beton (fc')	30	mPa
Elastisitas	30300	mPa
Massa Jenis	2.4e-9	kN/m <sup>3</sup>
Poisson Ratio	0,2	
Komponen Geser	0.08	mPa

Tabel 3. Material Tulangan Baja

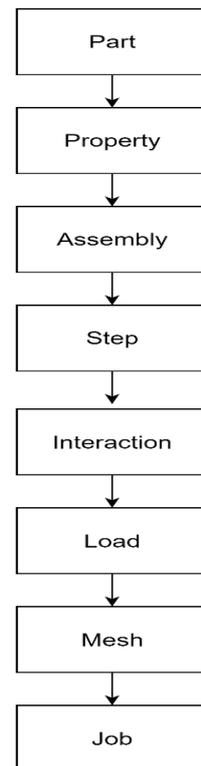
Data	Nilai	Satuan
Elastisitas	200000	mPa

baja		
Tegangan leleh	500	mPa
Massa Jenis	7.85e-9	kN/m <sup>3</sup>
Poisson Ratio	0,3	
Prosesus geser	2.52	mPa

Tabel 4. Perhitungan Pembebanan

No	Beban	N
1	Beban baja	1256,8
2	Beban Balok	1256,8
	Total	2513.6

Dengan proses analisis menggunakan Abaqus dengan format tahapan sebagai berikut:



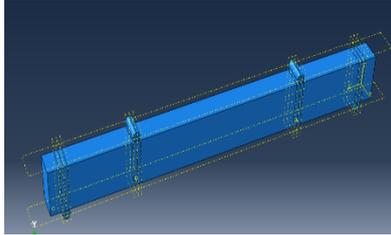
Gambar 2. Diagram Alir Tahapan Abaqus

**HASIL DAN PEMBAHASAN**

1. Pemodelan Balok

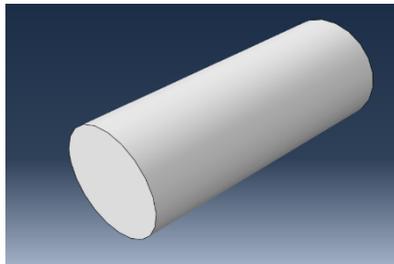
Pemodelan balok beton bertulang menggunakan program bantu elemen

hingga. Benda uji yaitu beton bertulang merupakan susunan yang terbentuk dari beton, besi tulangan, Sengkang.



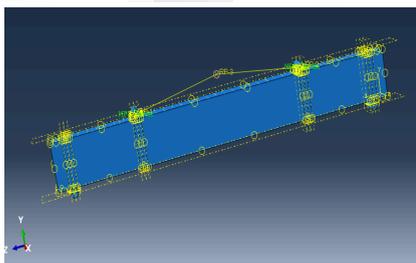
Gambar 3. Modelling Balok

Berdasarkan pada bahan uji yang digunakan sebagai bahan eksperimental untuk acuan, beban diberikan di dua titik pada bentang berupa silinder baja berukuran diameter 10 cm.



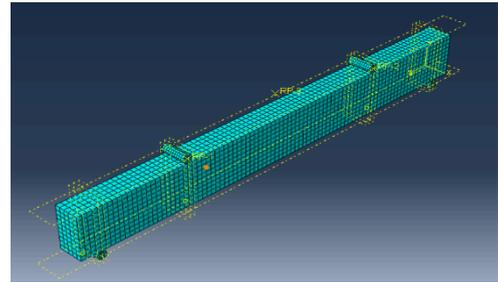
Gambar 4. Beban

Dengan perletakan *reference point* pada tengah jarak antara beban. Dengan tujuan untuk memberi acuan titik beban yang seragam antar baja 1 dan 2. Seperti yang terlihat pada gambar berikut.



Gambar 5. Interaction

Seluruh bahan uji diberikan perlakuan *meshing* dengan tujuan untuk memotong objek menjadi beberapa bagian kecil (Bastian, 2018). Jenis *meshing* yang digunakan pada analisis ini berbentuk persegi dengan ukuran 60 mm.



Gambar 6. Meshing

Setelah melakukan step *meshing* maka modal akan memasuki tahap *running*. Dalam *merunningkan* model opsi akan muncul pada modul *job* dengan tampilan sebagai berikut.

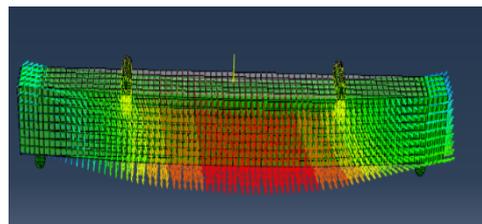
Step	Increment	Att	Severe Discs Iter	Equil Iter	Total Iter	Total Time/Freq	Step Time/LPF	Time/LPF Inc
1	3319	1	0	2	2	0.996226	0.996226	0.000415021
1	3320	1	0	4	4	0.996848	0.996848	0.000622531
1	3321	1	0	3	3	0.997782	0.997782	0.000933797
1	3322	1	0	4	4	0.999183	0.999183	0.0014007
1	3323	1	0	2	2		1	0.000817071

Log Errors Warnings Output Data File Message File Status File

Completed: Analysis Input File Processor  
 Started: Abaqus/Standard  
 Completed: Abaqus/Standard  
 Completed: Fri Nov 3 00:52:55 2023

Gambar 7. Running Analysis

Diperoleh tampilan hasil untuk analisis tegangan lentur pada balok beton bertulang dengan *software abaqus* sebagai berikut:



Gambar 8. Hasil Analisis

Berdasarkan hasil analisis yang dilakukan diketahui bahwa momen lentur yang dihasilkan akibat adanya perletakan beban pada balok dapat mempengaruhi tegangan lentur dari balok beton bertulang yang dianalisis, berdasarkan rumus,

$$\sigma(maks) = \frac{Mmaks}{w x}$$

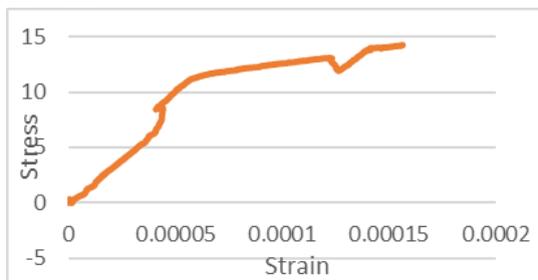
$$Mmaks = -\frac{w \times L^2}{2} + (- PL)$$

$$wx = \frac{b \times h^2}{6}$$

Tabel 3. Hasil analisis menggunakan abaqus

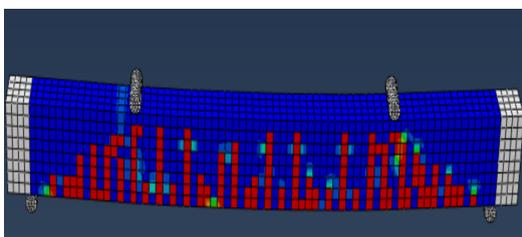
parameter	Hasil analisis
Tegangan lentur maksimum	14,24 Mpa
Regangan maksimum	2,15e-03 cm

Dengan demikian grafik hubungan antara tegangan yang terjadi terhadap regangan maksimum yang timbul akibat momen lentur dapat diperoleh sebagai berikut:

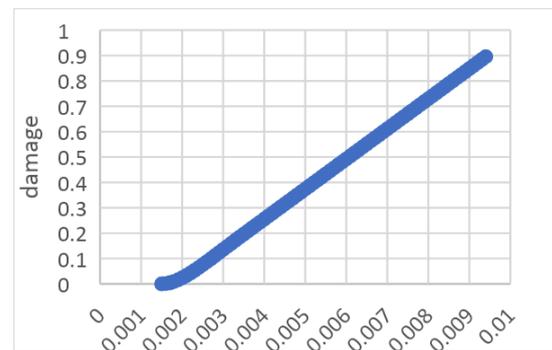


Gambar 9. Grafik Hubungan Tegangan Regangan

Pada saat balok beton bertulang tersebut berada pada tegangan lentur maksimum, akan muncul retakan-retakan yang kemudian dianalisis sebagai parameter *damage* yang kemudian dibandingkan dengan regangan yang terjadi pada saat tegangan lentur maksimum. Dengan visualisasi pada abaqus tampak pada gambar 10.



Gambar 10. Pola Retakan Balok



Gambar 11. Grafik Hubungan Perbandingan  
Berdasarkan grafik yang terlihat diketahui bahwa hubungan perbandingan antara retakan yang terjadi berbanding lurus dengan regangan pada puncak tegangan lentur yang dianalisis.

## KESIMPULAN

Dari hasil perhitungan tegangan lentur yang terjadi pada analisis balok beton bertulang dengan menggunakan metode elemen hingga, maka penulis dapat menyimpulkan sebagai berikut:

1. Metode Elemen Hingga cukup valid penggunaannya dalam menghitung tegangan lentur yang terjadi pada balok beton bertulang yang dianalisis
2. Ketelitian perhitungan sangat tergantung kepada pengambilan jumlah elemen dari suatu struktur. Makin banyak elemen yang digunakan tingkat ketelitian makin besar.
3. Diperoleh hasil tegangan lentur maksimum yang terjadi pada balok yang dianalisis sebesar 14,2 Mpa, jika melihat dari beban yang diberikan maka hasil dari tegangan lentur yang dikeluarkan oleh *software abaqus* adalah *valid*.
4. Berdasarkan grafik hubungan antara kerusakan yang terjadi dengan regangan pada tegangan lentur adalah berbanding lurus.

## DAFTAR PUSTAKA

- Bastian, E. (2018). Pengaruh jenis Tulangan terhadap Efektifitas kinerja balok beton bertulang. *Rang Teknik Jurnal*, 1(2).
- Siane, H., Shariati, M., Abna, A.H. Shariati, A., (2012). Evaluation of reinforced

- concrete beam behavior using finite element analysis by ABAQUS. *Scientific Research and Essays*, 7(21)
- Sulistyowati, T., Agustawijaya DS., Muchtaranda, I.H., Prabowo, A., Muhajirah, Ngudiyono. (2022). Simulasi beban runtuh lereng dengan metode Elemen Hingga menggunakan program Abaqus SE (studi kasus lereng Villa Senggigi). *Jurnal Konstruksia*, 13 (2).
- Wahyuningtyas W.T., Pratama, Y.T.. (2021). *Modelling* pola retak balok beton bertulang akibat beban lentur. *Jurnal Ilmiah Dosen Universitas Jember*, 7144