

E-ISSN : 2715-842X



# Jurnal TeKLA

Jurnal Inovtek seri Teknik Sipil dan Aplikasi (TeKLA)

PUSAT PENELITIAN DAN PENGABDIAN KEPADA MASYARAKAT  
POLITEKNIK NEGERI BENGKALIS

<b>Vol.6</b>	<b>No.1</b>	<b>Halaman 01 – 75</b>	<b>Juli 2024</b>
--------------	-------------	----------------------------	----------------------



9 772715 842015

**Dewan Redaksi:**

**Redaktur :**

Indriyani Puluhulawa

**Tim Editor/ penyunting :**

Zev Al Jauhari

Zulkarnain

Lizar

Tira Roesdiana

Dian Eksana Wibowo

**Mitra Bestari:**

Ir. Ahmad Zaki, ST, M.Sc, Ph.D (Jurusan Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Yogyakarta)

Putera Agung Maha Agung (Jurusan Teknik Sipil Politeknik Negeri Jakarta)

Yayan Adi Saputro (Universitas Islam Nahdlatul Ulama Jepara)

Sigit Sutikno (Jurusan Teknik Sipil Universitas Riau)

**Administrasi/ Sirkulasi:**

Supianto

**Alamat Redaksi/ Penerbit:**

Jurusan Teknik Sipil Politeknik Negeri Bengkalis

Jl. Bathin Alam, Sungai Alam, Bengkalis, Riau 28711

email: [tekla@polbeng.ac.id](mailto:tekla@polbeng.ac.id)

website: <http://ejournal.polbeng.ac.id/index.php/tekla>

**Terbit pada Bulan:**

Juli dan Desember

**Penanggung jawab:**

Ketua Pusat Penelitian dan Pengabdian Masyarakat (P3M) Politeknik Negeri Bengkalis

**Jurnal Inovtek seri Teknik Sipil dan Aplikasi (TekLA)** merupakan publikasi ilmiah online berkala yang diperuntukkan bagi peneliti yang hendak mempublikasikan hasil penelitiannya dalam bentuk studi literatur, penelitian, pengembangan, dan aplikasi teknologi. Jurnal TekLA memuat artikel terkait dengan ilmu rekayasa struktur dan material, ilmu pondasi dan tanah pendukung, rekayasa transportasi dan perkerasan jalan, rekayasa hidro dan bangunan air, manajemen konstruksi serta ilmu pengukuran dan pemetaan.

## EDITORIAL

*Bismillahirrahmanirrahiim,*

Segala puji bagi Allah SWT yang telah memberikan anugerah iman dan ilmu kepada hamba-Nya. Tak terasa tim editor Jurnal TekLA telah menuntaskan proses review dan penerbitan Volume 6 Edisi 1 di Bulan Juli 2024 ini. Tim Editor menerima beberapa makalah dari dalam dan luar Polbeng. Namun dari jumlah tersebut, hanya 9 naskah yang diterima pada edisi ini.

Dalam edisi ini, topik naskah yang ditampilkan meliputi beberapa fokus keilmuan Teknik Sipil. Secara kuantitas, minat publikasi di kalangan civitas akademik bidang ilmu Teknik Sipil semakin meningkat. Hal ini dibuktikan dengan jumlah naskah yang diterbitkan pada edisi kali ini sebanyak enam naskah. Meskipun demikian, Tim Editorial Jurnal TekLA bertekad meningkatkan kualitas naskah yang diterima dan menjaga proses review yang independen terhadap naskah-naskah tersebut. Lebih lanjut, tim Editorial juga menerapkan pemeriksaan kemiripan (*similarity*) terhadap seluruh naskah sebelum dilakukan proses review.

Tim Editorial berterimakasih kepada para reviewer eksternal yang berasal dari berbagai Perguruan Tinggi di Indonesia. Berkat saran koreksi dan review yang dijalankan oleh para reviewer tersebut, maka tim dapat menuntaskan penerbitan edisi ini.

Bengkalis, 30 Juli 2024

Indriyani Puluhulawa, S.T., M. Eng  
Editor-in-Chief Jurnal TekLA  
email: [indriyani\\_p@polbeng.ac.id](mailto:indriyani_p@polbeng.ac.id)

## DAFTAR ISI

Inventarisasi Kerusakan Jalan SDN 04 Damon Bengkalis Dengan Metode PCI Menggunakan ArcGIS 10.8 Yogi Andri Saputra, Hendra Saputra	1-10
Studi Komparasi Eksperimental Balok Beton Bertulang Dengan Menggunakan Abaqus CAE Sebagai Perbandingan Nilai Beban Dan Lendutan Nofri Bernando, Zev Al Jauhari, Muhammad Gala Garcya	11-19
Analisis Biaya Perawatan Dan Pemeliharaan Jalan Perkerasan Lentur Di Kabupaten Bengkalis Fifi Mulya Putri, Gunawan, Mutia Lisya	20-29
Analisis Biaya Perawatan Dan Perbaikan Jembatan Baja Jembatan Sungai Kembang Luar Syamsuriyadi, Gunawan	30-36
Optimasi Kinerja Pelabuhan Roro Air Putih Bengkalis Aidil Riswanda, Hendra Saputra, Mutia Lisya	37-46
Analisis Biaya Perawatan Dan Pemeliharaan Jalan Perkerasan Kaku Di Kabupaten Bengkalis Sri Wahyuni, Gunawan	47-57
Analisis Faktor Penyebab Kerusakan Jalan Menggunakan Pemetaan Sistem Informasi Geografis (Studi Kasus: Jalan Jenderal Sudirman Dumai) Mutia Lisya, Aidil Abrar, Nurhidayah	58-65
Studi Perbandingan Nilai Beban Dan Lendutan Eksperimental Balok Beton Bertulang Dengan Tambahan Sikacim Concrete Additive Menggunakan Abaqus Cae Septian Rizki Andi, Zev Al Jauhari, M.Gala Garcya	66-75

# ANALISIS PERBANDINGAN LENDUTAN BALOK BERTULANG METODE EKSPERIMENTAL DAN PEMODELAN MENGGUNAKAN ABAQUS CAE

Nofri Bernardo<sup>1</sup>, Zev Al Jauhari<sup>2</sup>, Muhammad Gala Garcya<sup>3</sup>

<sup>1,2,3</sup> Jurusan Teknik Sipil Politeknik Negeri Bengkalis

*nofribernando2019@gmail.com*<sup>1</sup>, *zevaljauhari@polbeng.ac.id*<sup>2</sup>, *galagarcya@polbeng.ac.id*<sup>3</sup>

## Abstrak

Keadaan lapangan seringkali tidak sesuai dengan perencanaan hal ini disebabkan tidak dapat dipastikannya campuran beton akan tepat saat uji coba dan pengaplikasian dilapangan. Sehingga untuk dari hal tersebut perlu dilakukannya pengujian trial mix yang berulang kali untuk memperkecil nilai galat yang terjadi. Pengujian berulang ini menyebabkan banyak kerugian waktu, biaya dan tenaga sehingga digunakan pemodelan berbasis elemen hingga untuk mendapatkan nilai pendekatan. Software abaqus CAE merupakan sebuah aplikasi pemodelan yang termasuk kedalam Finite Element. Pemodelan balok beton bertulang pada aplikasi abaqus untuk penelitian ini diharapkan mendapatkan hasil yang mendekati dengan uji eksperimental di lapangan. yaitu perbandingan antara hasil uji eksperimental balok beton bertulang dengan hasil analisis di software abaqus CAE. Hasil pengujian lentur balok beton bertulang dilapangan diperoleh nilai beban maksimum sebesar 106,22 KN dengan lendutan 1,126 mm. Sedangkan pemodelan balok beton bertulang pada aplikasi abaqus diperoleh nilai beban maksimum sebesar 146,203 KN dengan lendutan 4,83 mm.

**Kata Kunci:** Beton Bertulang, Element Hingga, Lendutan.

## Abstract

*Field conditions are often not by the design, this is because it is not certain that the concrete mixture will be right during the trial and application in the field. So for this reason, repeated trial mix testing is needed to reduce the error value. This repeated testing causes a lot of loss of time, cost, and energy so finite element-based modeling is used to obtain an approximate value. ABAQUS CAE software is a modeling application included in the Finite Element. Modeling reinforced concrete beams in the ABAQUS application for this study is expected to get results close to experimental tests in the field, namely a comparison between the results of experimental tests of reinforced concrete beams with the results of the analysis in the ABAQUS CAE software. The results of bending tests on reinforced concrete beams in the field obtained a maximum load value of 106.22 KN with a deflection of 1.126 mm. Meanwhile, modeling reinforced concrete beams using the Abaqus application resulted in a maximum load value of 146.203 KN with a deflection of 4.83 mm.*

**Keywords:** Reinforced Concrete, Finite Element, Deflection

## 1. PENDAHULUAN

Pengujian lapangan yang efektif terhadap struktur beton memerlukan akurasi tinggi dan pemahaman tentang respons dan perilaku beban. Pendekatan struktural yang konkrit diperlukan untuk mendapat karakteristiknya seperti numerikal, eksperimental, teoritisnya dan lain sebagainya. Untuk mencegah salahnya pada struktur beton atau pada saat rekonstruksi serta kesalahan perencanaan, maka perlu dipahami karakteristik beton.[1].

Menurut Dipohusodo, kuat tarik beton hanya berkisar 9 hingga 15 persen dari kuat tekannya. Seringkali, ketika merencanakan, besaran tarik beton sebesar nol maka terjadilah lemahnya beton terhadap gaya tarik. Maka disana peran tulangan yang diharapkan memodifikasi sifat beton sehingga disebut beton bertulang [2].

Beton bertulang merupakan susunan dua jenis bahan, yaitu beton biasa yang mempunyai kuat tarik rendah namun kuat tekannya tinggi, dan tulangan baja yang dipasang pada beton yang dapat memberikan kuat tarik yang diperlukan [3]. Beton bertulang apa pun yang digunakan dalam konstruksi pasti akan retak. Oleh karena itu perlu dipertanyakan apakah retakan tersebut dapat ditoleransi karena masih aman atau membahayakan seluruh struktur bangunan [4].

Konstruksi beton bertulang memiliki keunggulan yaitu pada kombinasi beton dan baja tulangan sehingga beton tahanterhadap tekan dan tarik yang tinggi. Perpaduan antar kedua material ini juga mendukung beton lebih kuat terhadap gaya lainnya seperti tarik dan geser, maka dari itu beton bertulang menjadi pilihan utama dan sangat populer [5].



Pemilihan material dan pencampuran beton sangat berpengaruh terhadap mutu beton sehingga pemilihan kualitas yang tepat untuk meminimalkan biaya [6].

## 2. METODOLOGI

### A. Tempat dan Waktu Pelaksanaan

Penelitian ini dilakukan di Laboratorium Uji Bahan Politeknik Negeri Bengkalis, Kabupaten Bengkalis, waktu penelitian dilakukan pada tanggal 01 Mei 2023 s/d 06 Juni 2023.

### B. Langkah Peneliiian

Langkah awal ialah melakukan analisis untuk menentukan berapa dimensi balok dan jumlah tulangan yang akan digunakan untuk balok beton bertulang sebagai berikut [7]:

#### a. Penentuan Dimensi Tulangan

$$P = 80 \text{ KN}$$

$$F'c = 25 \text{ MPa}$$

$$Fy = 240 \text{ MPa}$$

$$\beta_1 = 0,85$$

$$M = 1/8 \times P \times L^2$$

$$= 1/8 \times 80 \times (1,5\text{m})^2$$

$$= 22,5 \text{ KN.m}$$

$\rho$  diasumsikan dari tabel dengan data  $F'c$  dan  $Fy$ , umumnya nilai  $\rho$  diambil antara 0,50  $\rho_{max}$  dan 0,50  $\rho_b$

$$\rho_{max} = 0,02822 \times 0,5 = 0,01411$$

$$\rho_b = 0,05376 \times 0,5 = 0,02688$$

$$\text{ambil } \rho = 0,015$$

$$R_u = \theta \times \rho \times Fy (1 - \rho/Fy)$$

$$0,9 \times 0,015 \times 240 (1 - (0,015 \times 240)/(1,7 \times 25)) = 2,965 \text{ Mpa}$$

Cari b dan d

$$(bd)^2 = M_u/R_u = (22,5 \times (10)^6)/2,965$$

$$= 7588532,88 \text{ mm}^3$$

Jika b 150 mm – d<sup>2</sup>

$$= (7588532,88)/150$$

$$= 50590,219$$

$$h = d + 65 = 300 \text{ mm}, d = \sqrt{50590,219}$$

$$= 224,92$$

$$A_s = \rho \times b \times d = 0,015 \times 150 \times$$

$$224,92 = 506,07 \text{ (mm)}^2$$

$$5D12 = 565 \text{ (mm)}^2$$

Periksa Lapis Tulangan

$$b_{min} = (n \times d \times b + C_n - 1) 5 + 100$$

$$= 5 \times 12 + 4 \times 25 + 100$$

$$= 260 > 150$$

Tulangan diletakkan 3 lapis

$$h_{min} = d + db/2$$

$$= 224,92 + 6 + 50$$

$$= 2890,92, \text{ ambil } h$$

$$= 300 \text{ mm}$$

$$d = 300 - 6 - 40$$

$$= 254 \text{ mm}$$

Hitung Ab

$$A_b = \beta_1 \times (600 \times d)/(600+Fy)$$

$$= (600 \times 254 \text{ mm})/(600+240) \times$$

$$0,85 = 181,428 \text{ mm}$$

$$a = (A_s \times Fy)/(0,85 \times F'c \times b)$$

$$= (565 \text{ (mm)}^2 \times 240)/(0,85 \times 25$$

$$\times 150 \text{ mm}) = 42,5411$$

$$a < a_b \text{ liat/ ductile}$$

$$= \text{OK}$$

$$M_n = 0,85 \times F'c \times b \times a \times (d - 1/2a)$$

$$= 0,85 \times 25 \times 150 \times 42,54 (254 -$$

$$1/2 \times 42,54)$$

$$= 31557315,26 \text{ Nmm}$$

$$= 31,55 \text{ KN.M}$$

$$\phi M_n = 0,8 \times 31,55 \text{ KN.M}$$

$$M_n = 25,24 \text{ KN.}$$

Dari hasil perhitungan penentuan dimensi tulangan diatas yang sesuai dengan dimensi balok, maka didapat hasil  $M_n = 25,24 \text{ KN}$  dan cocok dengan perhitungan yang telah dibuat.

#### b. Penentuan Tulangan Geser

$$M_u = 1/2 P < V_n = \text{Lentur}$$

$$V_c = 1/6 \sqrt{F'c \times 6 \times 254}$$

$$= 31750 \text{ N}$$

$$= 31,7 \text{ KN}$$

$$M_u = 1/2 > V_n = \text{Geser}$$

$$= 1/6 \sqrt{(25 \times 150 \times 254)}$$

Dicoba D8 mm – 230 mm

$$A_v = 2 \times \text{Luas Tulangan}$$

$$= 2 \times 1/4 \times \phi \times 8^2$$

$$= 100,53 \text{ (mm)}^2$$

$$V_5 = (A_v \times Fy \times d)/5$$

$$= (100,53 \times 240 \times 300)/230$$

$$= 31470,26 \text{ N}$$

$$= 31,47 \text{ KN}$$

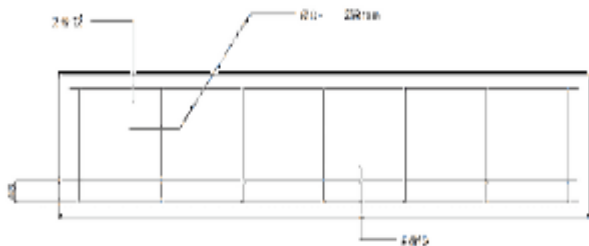
$$V_n = V_c + V_5$$

$$= 31,7 + 31,47$$

$$= 63,17 \text{ KN}$$

$$\begin{aligned}
 q &= b \times h \times B_j \text{ Beton} \\
 &= 150 \times 300 \times 24 \\
 &= 1.080.000 \text{ (Nm)}^2 \\
 M_q &= 1/8 \times q \times L^2 \\
 &= 1/8 \times 1.080.000 \times (1,5)^2 \\
 &= 0,303 \text{ KN} \\
 M_u &= 25,24 \text{ KN} \\
 25,24 &= M_p + 0,303 \\
 M_p &= 25,24 - 0,303 \\
 &= 24,937 \text{ KN.M} \\
 M_p &= 1/4 \times D \times L \\
 24,93 \times (10)^6 &= 1/4 \times P \times 1,5 = 375 \\
 P &= (24,93 \times (10)^6)/375 \\
 &= 64.000 \text{ N} = 64,0 \text{ KN} \\
 1/2 P &= 1/2 \times 64,0 = 32 \text{ KN.}
 \end{aligned}$$

Dari hasil perhitungan penentuan tulangan geser, maka didapat  $1/p > V_n$ , yang artinya kerusakan yang terjadi adalah kerusakan geser.



**Gambar 1** Penulangan Dimensi  
Sumber: Penulis 2023

### c. Uji Propertis Agregat

Pengujian agregat bertujuan untuk mengetahui sifat atau karakteristik agregat yang diperoleh dari hasil pemecahan stone crusher (mesin pemecah batu). Pemeriksaan ini dimaksudkan untuk menentukan pembagian butiran (gradasi) agregat halus dan agregat kasar dengan menggunakan saringan.

Pengujian propertis agregat bertujuan untuk mendapatkan angka untuk berat jenis agregat, berat volume agregat, kadar air agregat, kadar lumpur agregat, dan juga gradasi (saringan) agregat [8].

### d. Pencampuran *Job Mix Design*

Pencampuran (*mix design*) mengacu pada Metode ACI 211.1-91, yang bertujuan untuk menentukan jumlah bagian dari semen, pasir dan kerikil. Ditahap ini akan dibuat silinder

beton dengan dimensi diameter 100 mm x tinggi 210 mm untuk diuji kuat tekan beton nya sebanyak 5 sampel dan juga balok beton bertulang dengan dimensi 1500 x 300 x 150 mm sebanyak 1 sampel.

Pembuatan benda uji dimulai dengan membuat cetakan untuk silinder beton sesuai ukuran yang telah ditentukan dan juga perakitan dan pembuatan bekisting untuk cetakan balok beton bertulang, setelah itu dilakukan perakitan tulangan. Selanjutnya, dilakukan pengadukan campuran beton [9].

Pencampuran *job mix* yang dilakukan didapat berdasarkan hasil pengolahan data yaitu:

**Tabel 1** Hasil Perencanaan *Job Mix*

NO	Material	Komposisi Per M <sup>3</sup>
1	Semen	292,79
2	Air	164,65
3	Agregat Kasar	1073,86
4	Agregat Halus	735,28

Sumber: Olahan Data 2023

**Tabel 2** *Job Mix* Kebutuhan Balok Beton

Air	Semen	Pasir	Kerikil
11,11	19,76	49,63	72,49

Sumber: Olahan Data 2023

**Tabel 3** *Job Mix* Kebutuhan Beton Silinder

Air	Semen	Pasir	Kerikil
1,82	3,24	8,13	11,88

Sumber: Olahan Data 2023

### e. Pengujian Benda Uji

Pengujian ini dilakukan pada umur 28 hari dan menggunakan benda uji berbentuk silinder dengan diameter 100 mm dan tinggi 210 mm dengan jumlah benda uji sebanyak 5 sampel. Tujuan dari pengujian kuat tekan ini yaitu untuk mengetahui kekuatan tekan beton dari hasil *mix design* atau campuran yang telah dibuat sesuai dengan yang telah direncanakan.



**Gambar 2** Silinder Beton  
Sumber: Dokumentasi 2023

Pengujian kedua yaitu uji kuat lentur beton, dimana Pengujian dilakukan pada umur 28 hari dengan diameter 1500 x 300 x 150 mm dengan jumlah benda uji sebanyak 1 sampel. Metode pengujian kuat lentur beton dengan balok uji sederhana yang dibebani beban terpusat langsung ini dimaksud untuk memperoleh kuat lentur beton untuk keperluan perencanaan struktur.



**Gambar 3** Balok Beton  
Sumber: Dokumentasi 2023

f. Pemodelan dengan Menggunakan Aplikasi Abaqus CAE

Data-data yang diinput pada *property module* yaitu seperti pada Tabel 4 sampai Tabel 6.

**Tabel 4** Input Nilai Plastisitas Beton

Dilation Angle	Eccentricity	fb0/fc0	K	Viscosity Parameter
31	0.1	1.16	0.667	0

Sumber: Pemodelan Abaqus 2023

Untuk membuka program Abaqus CAE, dapat dibuka langsung melalui desktop atau *panel start*, kemudian klik *icon* Abaqus CAE selanjutnya akan muncul tampilan kemudian pilih *create model database with standard/explicit model* [10].

**Tabel 5** Input Nilai *Compressive Behaviour*

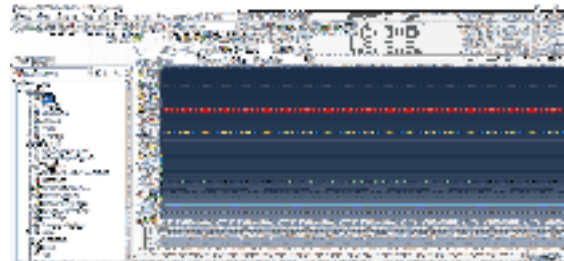
Yield Stress	Inelastic Strain
11	0
25.4224	0.002
24.3913	0.0023
23.178	0.0025

Sumber: Pemodelan Abaqus 2023

**Tabel 6** Input Nilai *Tensile Behaviour*

Yield Stress	Cracking Strain
3.12	0
0.2342	0.0011

Sumber: Pemodelan Abaqus 2023



**Gambar 4** Tampilan Awal Abaqus CAE  
Sumber: Pemodelan Abaqus 2023

### 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

#### A. Pengujian Slump

Tujuan dari uji slump adalah untuk mengetahui perkiraan nilai kekentalan campuran yang akan digunakan, untuk dapat mengetahui kesesuaian material yang digunakan dengan rencana mutu beton. Nilai slump dari campuran adukan beton pada penelitian ini adalah 7 cm dan 8 cm, sehingga di dapat rata-rata nilai slump sebesar 7,5 cm . dengan demikian nilai slump yang diperoleh telah sesuai dengan yang direncanakan yaitu di antara 7,5 – 10 cm.



**Gambar 5** Hasil Uji Slump Beton  
Sumber: Dokumentasi Lapangan 2023



### B. Pengujian Kuat Tekan Beton

Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton Silinder pada umur 28 hari dapat dilihat pada Tabel 7. Dan gambar 6.



Gambar 6 Pengujian Kuat Tekan Beton Silinder

Pada pengujian kuat tekan beton silinder didapatkan hasil rata-rata pengujian yaitu 25,81 MPa. Hasil ini sesuai dengan perencanaan awal job mix 25 Mpa. Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton ini nantinya digunakan sebagai kontrol terhadap kekuatan beton dan juga input nilai *compressive behaviour* untuk material beton pada *software* abaqus CAE.

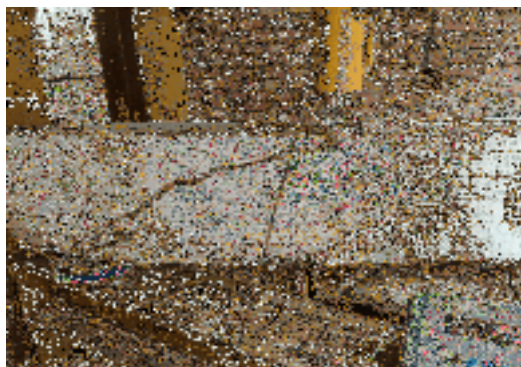
### C. Hasil Pengujian Kuat Lentur Balok

Hasil Pengujian Kuat Lentur Balok Beton Bertulang pada umur 28 hari dapat dilihat pada Gambar 7 dan Tabel 8.

Tabel 7 Hasil Uji Kuat Tekan silinder

Nama sampel	D Atas (mm)	D Bawah (mm)	D Rerata (mm)	Tinggi (mm)	Gaya Tekan (KN)	Kuat Tekan (Mpa)
1	111.6	109.9	110.75	221.5	228.9	23.76
2	111.1	110.7	110.9	219.7	241.8	25.03
3	110.7	112.2	111.45	214.4	217.8	22.33
4	111.5	112.2	111.85	217.3	221	22.49
Rata - Rata Hasil Uji						23,40

Sumber: Olahan Data 2023



Gambar 7 Pengujian Kuat Lentur Balok Beton Bertulang

Sumber: Dokumentasi 2023

Tabel 8 Hasil Pengujian Kuat Lentur Balok

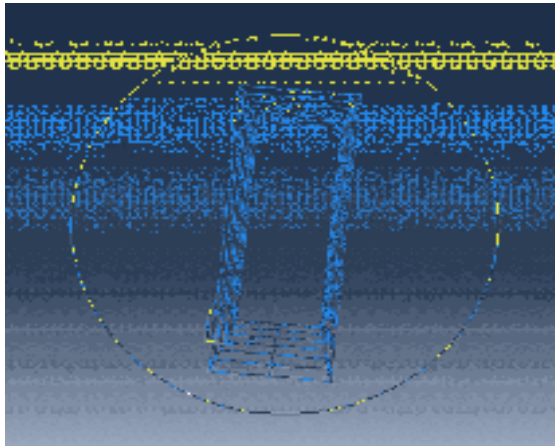
Beban (Kg)	Lendutan (mm)
0	0
331	0,12
675	0,31
817	0,40
1046	0,60
1414	0,77
2235	1,10
3014	1,58
3477	1,85
3881	2,11
4158	2,39

Beban (Kg)	Lendutan (mm)
4533	2,79
4864	2,99
5362	3,26
5783	3,51
6319	4,10
7106	5,27
7888	5,72
8697	6,13
8885	6,40
9266	6,64
9318	7,05
9491	7,24
9603	7,40
9671	7,63
9720	7,73
10186	8,19
10318	9,82
10358	10,19
10622	11,26
10397	11,15
10188	11,00
10083	10,71
9988	10,45
9829	10,01
9708	10,09
9559	9,,60

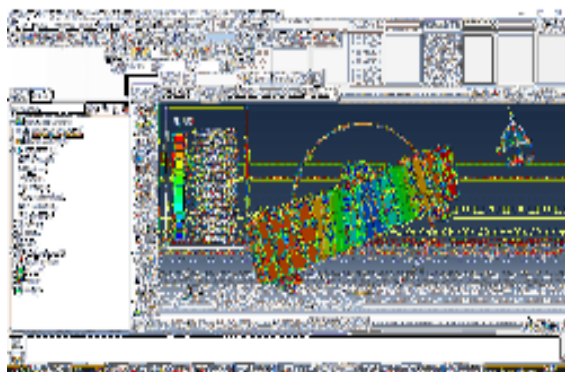
Sumber: Olahan Data 2023

D. Pemodelan Menggunakan *Software* Abaqus CAE

Hasil Pemodelan Balok Beton Bertulang menggunakan *software* abaqus terdapat pada gambar:



**Gambar 8** Letak Penulangan pada *software* abaqus CAE  
Sumber: *Pemodelan Abaqus 2023*



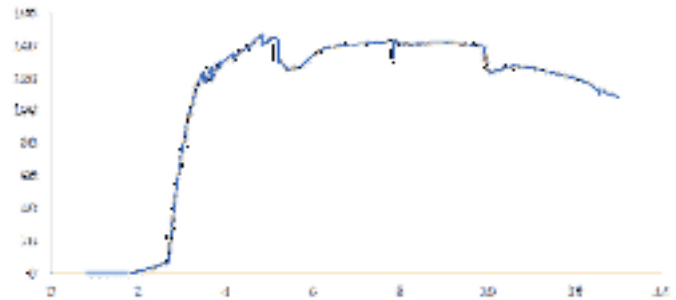
**Gambar 9** Hasil Analisis Menggunakan Abaqus CAE  
Sumber: *Pemodelan Abaqus 2023*

Gambar 9 merupakan hasil pemodelan balok beton bertulang yang mana balok ini dibuat sesuai dengan keadaan eksperimental yang sudah diuji. Input nilai geometri pun juga berdasarkan balok beton eksperimental, sehingga didapatkan hasil beban dan lendutan dengan grafik seperti gambar 10.

Dapat dilihat pada tabel dan grafik, dimana hasil beban maksimum yang terjadi pada balok abaqus yaitu sebesar 146,077 KN dengan lendutan yang terjadi 4,82 mm.

Jadi, pada penelitian ini didapatkan hasil balok eksperimental dengan Lendutan 11,26 mm mampu menahan beban sebesar 106,22 KN, Sedangkan balok pada pemodelan *Software*

abaqus dengan lendutan 4,82 mm mampu menahan beban sebesar 146,077 KN.



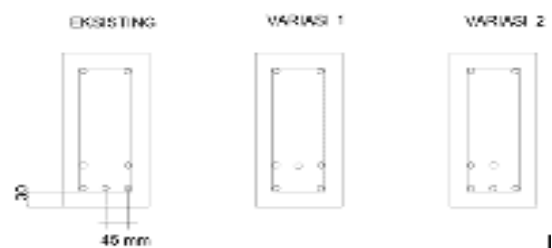
**Gambar 10** Grafik Hasil Balok Pemodelan Abaqus  
Sumber: *Pemodelan Abaqus 2023*

**Tabel 9** Hasil Beban dan Lendutan Balok Pada Abaqus

Lendutan (mm)	Beban (KN)	Beban (N)
4,70463	143,429	143429
4,8064	145,717	145717
4,81594	145,91	145910
4,82548	146,077	146077
4,83502	146,203	146203
4,84933	145,81	145810

Sumber: *Olahan Data 2023*

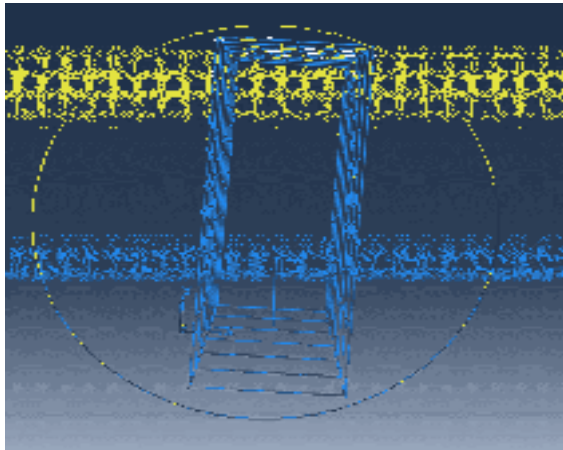
Pada penelitian ini juga dilakukan pembuatan variasi tulangan yang mana tulangan utama pada balok dipindahkan, sehingga nanti diharapkan pada penelitian ini akan mendapatkan hasil yang baik.



**Gambar 11** Variasi Perletakan Tulangan Untuk Pemodelan Selanjutnya di Abaqus

Langkah selanjutnya dilakukan pemodelan abaqus sesuai dengan gambar variasi perletakan tulangan dan didapatkan hasil sesuai gambar:

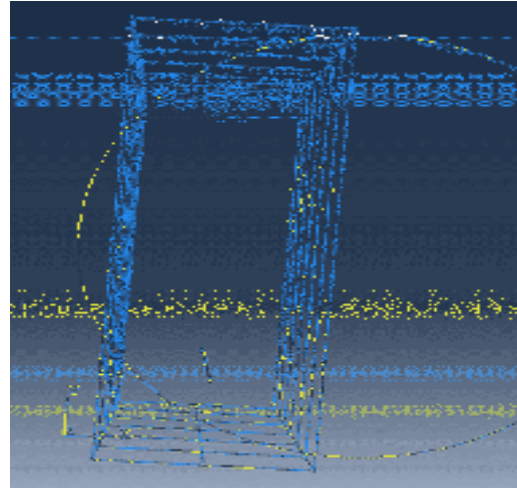
a. Variasi Abaqus 1



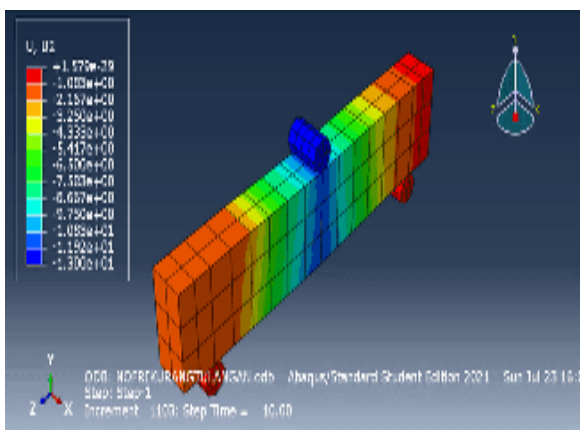
**Gambar 12** Letak Penulangan Variasi 1 Abaqus CAE  
*Sumber: Pemodelan Abaqus 2023*

Didapat hasil penelitian pada balok abaqus variasi 1 dengan lendutan 4,85 mm mampu menahan beban sebesar 141,502 KN.

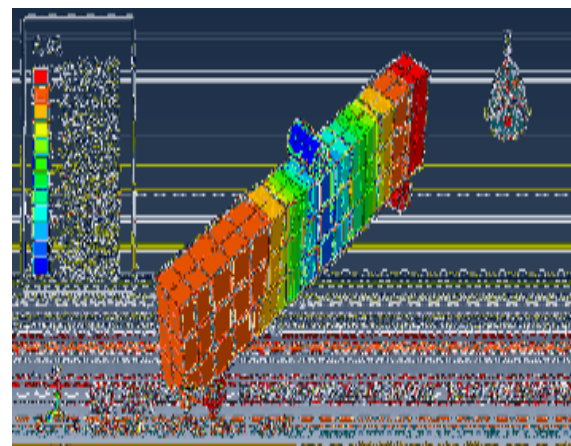
b. Variasi Abaqus 2



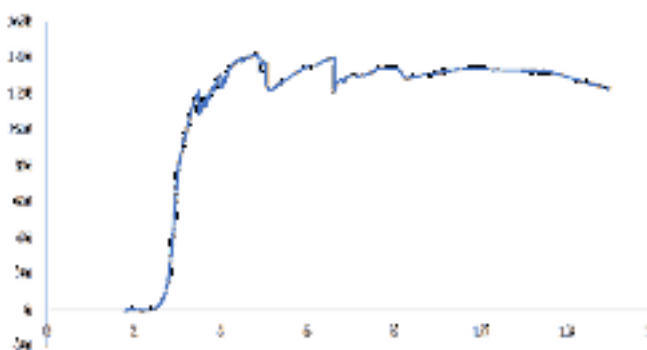
**Gambar 15** Letak Penulangan Variasi 2 Abaqus CAE  
*Sumber: Pemodelan Abaqus CAE*



**Gambar 13** Hasil Pemodelan Abaqus Variasi 1  
*Sumber: Pemodelan Abaqus 2023*



**Gambar 16** Hasil Pemodelan Abaqus Variasi 2  
*Sumber: Pemodelan Abaqus 2023*

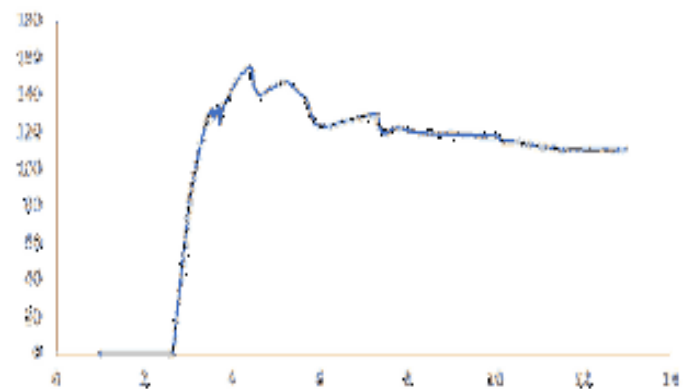


**Gambar 14** Hasil Abaqus Variasi 1  
*Sumber: Pemodelan Abaqus 2023*

**Tabel 10** Hasil Beban dan Lendutan Balok Abaqus Variasi 1

Lendutan (mm)	Beban (KN)	Beban (N)
4,73378	140,758	140758
4,8419	141,47	141470
4,85203	141,502	141502
4,86217	141,494	141494
4,8723	141,323	141323

*Sumber: Olahan Data 2023*



**Gambar 17** Hasil Abaqus Variasi 2  
*Sumber: Pemodelan Abaqus 2023*

**Tabel 11** Hasil Beban dan Lenturan Balok Abaqus Variasi 2

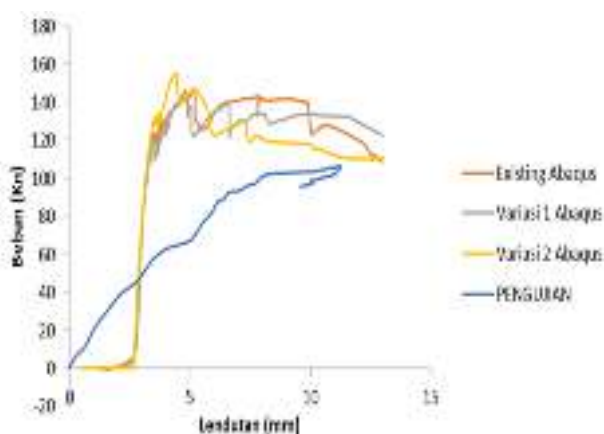
Lenturan (mm)	Beban (KN)	Beban (N)
4,36169	154,474	154474
4,40579	154,954	154954
4,42234	155,054	155054
4,44715	154,735	154735
4,47196	152,972	152972

Sumber: Olahan Data 2023

Setelah data-data balok eksperimental, pemodelan, variasi 1, dan 2 didapat, maka selanjutnya dilakukan perbandingan terhadap nilai-nilai beban dan lenturan yang terdapat pada grafik:

Didapat hasil penelitian pada balok abaqus variasi 1 dengan lenturan 4,42 mm mampu menahan beban sebesar 155,054 KN.

Jadi, pada penelitian ini didapatkan hasil variasi 1 abaqus dengan lenturan 4,85 mm beban 141,502 KN dan variasi 2 abaqus dengan lenturan 4,42 mm beban 155,054 KN. Dari penelitian yang dibuat pada variasi 1 dan 2 abaqus ini dapat dilihat bahwa variasi 1 memiliki beban yang lebih kecil dibandingkan variasi 2. Jadi, variasi 2 lebih bagus daripada variasi 1 karena lenturan yang terjadi hanya sekitar 4,42 mm dengan beban yang mampu menahan sebesar 155,054 KN.



**Gambar 18** Grafik Hasil Eksperimental, Existing Abaqus, Variasi 1 Abaqus, Variasi 2 Abaqus

Sumber: Olahan Data 2023

#### 4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian, pembahasan dan analisis data dari permodelan model balok normal uji laboratorium, balok normal abaqus,

maka dapat disimpulkan beberapa hal sebagai berikut:

- Dari hasil pengujian lentur balok beton bertulang dilapangan diperoleh nilai beban maksimum sebesar 106,22 KN dengan lenturan 1,126 mm. Sedangkan pemodelan balok beton bertulang pada aplikasi abaqus diperoleh nilai beban maksimum sebesar 146,203 KN dengan lenturan 4,83 mm.
- Pada variasi pemodelan balok beton bertulang menggunakan aplikasi abaqus, penulis membuat 2 variasi pemodelan yang mana hasil beban dan lenturan pada 2 variasi ini berbeda. Variasi 1 didapat tidak sesuai dengan hasil yang diharapkan, sedangkan variasi kedua mendapatkan hasil yang bagus sesuai yang diharapkan dengan lenturan sebesar 4,52 mm yang sanggup menahan beban sebesar 155,834 KN. Variasi kedua ini akan menjadi sebuah rekomendasi yang lebih baik dibandingkan dengan pengujian di lapangan dan pemodelan abaqus tanpa variasi.

#### UCAPAN TERIMAKASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada orang tua dan semua pihak yang terlibat dalam melakukan penelitian ini. Semoga dengan adanya paper yang telah dibuat ini dapat bermanfaat bagi akademis dan pihak perusahaan.

#### DAFTAR PUSTAKA

- Andre Renaldi Prameswara (2022). *GEDUNG DI KALIMANTAN BARAT Material beton merupakan salah satu material penting yang sering digunakan mengembangkan ilmu dalam pembuatan bulan dan pengujian dilakukan di Sipil Politeknik Negeri Pontianak . Formula ( DMF ) beton K-300 (  $f_c' =$  Pengujian Beton Analisa Data Pengujian Agregat mengetahui kelayakan dari agregat. 4(3).*
- Firman, S. (2019). *BAB I Latar Belakang Instansi. 1–5. <http://repository.stimart-amni.ac.id/613/1/BAB I.pdf>*
- Husni Mubarak. (2019). *Finite Element Analysis Perilaku Beton. Finite Element*



*Analysis Perilaku Beton Bertulang Dan Beton Prategang Menggunakan Software Abaqus 6.14.*

- [4] Malino, L., Wallah, S. E., & Handono, D. B. (2019). Pemeriksaan Kuat Tekan Dan Kuat Tarik Lentur Beton Serat Kawat Bendrat Yang Ditekuk Dengan Variasi Sudut Berbeda. *Jurnal Sipil Statik*, 7(Juni), 711–722.
- [5] Mukrimaa, S. S., Nurdyansyah, Fahyuni, E. F., YULIA CITRA, A., Schulz, N. D., غسان, د, Taniredja, T., Faridli, E. M., & Harmianto, S. (2016). No 主観的健康感を中心とした在宅高齢者における健康関連指標に関する共分散構造分析 Title. *Jurnal Penelitian Pendidikan Guru Sekolah Dasar*, 6(August), 128.
- [6] Pustaka, T., & Landasan, D. A. N. (2014). Bab 2 tinjauan pustaka dan landasan teori 2.1. *Bab Ii*, XI(5), 5–13.
- [7] Putrianti, P. R., & Setiawan, A. A. (2021). Karakteristik Uji Propertis Dan Campuran Beton Normal. *Jurnal Riset Rekayasa Sipil*, 5(1), 1. <https://doi.org/10.20961/jrrs.v5i1.52251>
- [8] Runandhani, V., & Bengkalis, P. N. (2022). *Pengujian lentur balok beton bertulang dengan penambahan baja ringan.*
- [9] SURAHMAN, R. (2020). *ANALISIS ELEMEN HINGGA PADA BALOK BETON BERTULANG DENGAN PERKUATAN GFRP (Glass Fiber Reinforced Polymer) MENGGUNAKAN SOFTWARE.* 8(4), 733–742. <http://digilib.unila.ac.id/61551/>
- [10] Wahyuningtyas, W., Pratama, Y., Krisnamurti, Suyoso, H., & Nurtanto, D. (2021). Modeling Pola Retak Balok Beton Bertulang Akibat Beban Lentur. *Jurnal Teknik Sipil*, 7(1), 53–61. <https://journal.unilak.ac.id/index.php/SIKLUS>