

CONCENTRATED LOAD BEAM DEFLECTION TEST WITH SIMPLE PEDESTAL

Uji Defleksi Balok Beban Terkonsentrasi Dengan Tumpuan Sederhana

Musa B. Palungan¹, Disabella Dayera^{2✉}, Abdul Kadir²,

¹ Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Kristen Indonesia Paulus, Kota Makassar, Sulawesi Selatan, Indonesia.

² Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Kristen Papua, Kota Sorong, Papua Barat, Indonesia

Informasi Artikel

Riwayat Artikel

Diserahkan : 19-01-2023

Direvisi : 11-02-2023

Diterima : 21-03-2023

Kata Kunci:

Defleksi, beban, Tumpuan,
Slope, Lendutan

Keywords :

*Deflection, Load, Pedestal,
Slope, Deflection*

ABSTRAK

Defleksi adalah perubahan bentuk pada balok atau batang dalam arah sumbu y akibat pembebanan vertikal yang diberikan. Deformasi pada balok dapat dijelaskan berdasarkan defleksi balok dari posisinya sebelum mengalami pembebanan. Adapun tujuan dari penelitian ini, untuk mengetahui perputaran sudut atau *slope* balok akibat pengaruh beban terkonsentrasi dengan tumpuan sederhana dan mengetahui lendutan/defleksi balok akibat pengaruh beban terkonsentrasi dengan tumpuan sederhana. Metode yang dipakai dalam pengujian yaitu metode luas diagram momen lentur untuk uji lendutan/defleksi dan perputaran sudut/slope balok beban terkonsentrasi dengan tumpuan sederhana serta pengaruh dan besar pembebanan yang diberikan pada benda. Berdasarkan hasil penelitian ini yaitu hubungan beban dengan defleksi/lendutan di mana beban berbanding lurus dengan defleksi/lendutan. Semakin besar beban yang diberikan pada balok dengan panjang (L) = 650 mm, semakin besar defleksi/lendutan yang diperoleh yaitu bila beban (P) = 250 gr ditengah-tengah balok, maka defleksi/lendutan (Y) = 0,47 mm secara aktual dan (Y) = 0,45 mm secara teoritis, dan untuk beban (P) = 1000 gr diperoleh defleksi atau lendutan (Y) = 1,85 mm secara aktual dan (Y) = 1,82 mm secara teoritis. Demikian pula hubungan beban dengan perputaran sudut/slope yang diperoleh seperti Grafik 4.2. Untuk beban (P) = 250 gr diperoleh perputaran sudut di titik A dan titik B = $0,12^\circ$ dan untuk beban (P) = 1000 gr diperoleh perputaran sudut di titik A dan titik B = $0,48^\circ$.

ABSTRACT

Deflection is a change in shape in a beam or rod in the direction of the y-axis due to a given vertical loading. Deformation in the beam can be explained based on the deflection of the beam from its position before loading. The purpose of this study is to determine the angular rotation or slope of the beam due to the influence of concentrated loads with a simple pedestal and to determine the deflection / deflection of the beam due to the influence of concentrated loads with a simple pedestal. The method used in testing is the broad method of bending moment diagrams for deflection/deflection and rotation of the angle/slope of concentrated load beams with a simple pedestal and the influence and amount of loading exerted on the object. The method used in the test in this research is the area of the bending moment diagram for the deflection/deflection and angle rotation/slope test of concentrated load beams with a simple pedestal, and the influence and magnitude of the load given are the to the object. Based on the result of this study are the relationship between the load and the deflection

where the load is directly proportional to the deflection. The greater the load given to the beam with a length (l) = 650 mm, the greater the deflection/deflection obtained, i.e., if the load (p) = 250 gr in the middle of the beam, the actual deflection/deflection (y) = 0,47 mm and (y) 0,45 theoretically, and for load (p) = 1000 obtained deflection/deflection (y) = 1,85 mm in actual and (y) = 1,82 mm theoretically. Likewise, the relationship between load and angular rotation, where the greater the load, the greater the angular rotation/slope. For the load (p) = 250 gr, the angular rotation at point a and point b = 0,12° and for the load (p) = 1000 gr, the angular rotation at point a and point b = 0,48°.

Corresponding Author :

Disabella Dayera

Teknik Mesin, Teknik, Universitas Kristen Papua

Jl. F. Kalasuut, Malanu, Kota Sorong

Email: disabella.dayera@ukip.ac.id

PENDAHULUAN

Seiring dengan perkembangan ilmu pengetahuan dan teknologi yang semakin berkembang, dan kebutuhan manusia yang semakin kompleks tersebut serta kemauan untuk memperoleh kemudahan-kemudahan dalam hidupnya, maka manusia senantiasa berpikir untuk terus mengembangkan dan menemukan teknologi terbaru yang bermanfaat bagi kehidupan manusia. ([Mustopa & Naharuddin, 2005](#))

Seperti pada bidang industri merupakan salah satu sasaran pembangunan jangka panjang yang meliputi beberapa sektor yang luas, di antara bidang konstruksi, perencanaan elemen mesin, perencanaan pesawat pengangkat, struktur rangka kendaraan dan sebagainya.

Untuk menentukan kapasitas sebuah beban maksimum dari konstruksi, merupakan hal yang penting, maka dari itu faktor ekonomis dan teknis salah satu hal yang sangat perlu di perhatikan dalam sebuah besaran defleksi yang diakibatkan oleh beban eksternal maupun beban internal. Untuk sebuah kendaraan yang mengangkut benda-benda besar, batang pada *chassis* kendaraan akan mengalami lendutan atau defleksi. ([Pah, 2011](#))

Pada poros transmisi, jika defleksi yang terjadi cukup besar, maka akan mengakibatkan amplitudo getaran yang semakin besar hingga terjadi resonansi dan mengakibatkan bunyi serta getaran yang kasar pada sistem transmisi atau bahkan dapat merusak poros itu sendiri, maka yang akan terjadi ialah menyebabkan keausan yang cepat pada sisi bantalan yang menumpu poros serta kerusakan gigi-gigi dari gear tersebut. Oleh sebab itu semakin menarik untuk diteliti, dikarenakan hal ini bertujuan agar di minimalisir kegagalan struktur yang dapat menimbulkan korban jiwa serta kerugian material yang terjadi.

Dalam aplikasi, misalnya pada *chassis* kendaraan, defleksi yang terjadi akibat pembebanan harus kecil yang artinya kelengkungan kurva defleksi hampir mendatar. Hal ini berlaku untuk kondisi statis maupun kondisi dinamis. Untuk kondisi dinamis misalnya pada poros transmisi atau rotor suatu konstruksi mesin di mana putaran kritis yang terjadi tergantung pada nilai perputaran sudut/slope dan lendutan/defleksi maksimum yang diperoleh. Dari uraian di atas maka penulis tertarik untuk melakukan penelitian dengan judul "Uji Defleksi Balok Beban Terkonsentrasi Dengan Tumpuan Sederhana".

Pada konstruksi teknik, misalnya pada sebuah mesin harus mempunyai ukuran yang memadai untuk dapat menahan tekanan yang terjadi dan hampir dipastikan semuanya memerlukan perhitungan-perhitungan yang baik agar desain yang dibangun dan saat diaplikasikan benar-benar kuat dan berfungsi. Hal-hal tersebut berkaitan dengan gaya-gaya yang menjadi tanggungan dalam melakukan suatu desain konstruksi tersebut. Saat menerima gaya, konstruksi

akan mengalami defleksi sesuai dengan gaya yang diterima dan jenis material yang digunakan untuk konstruksi tersebut.

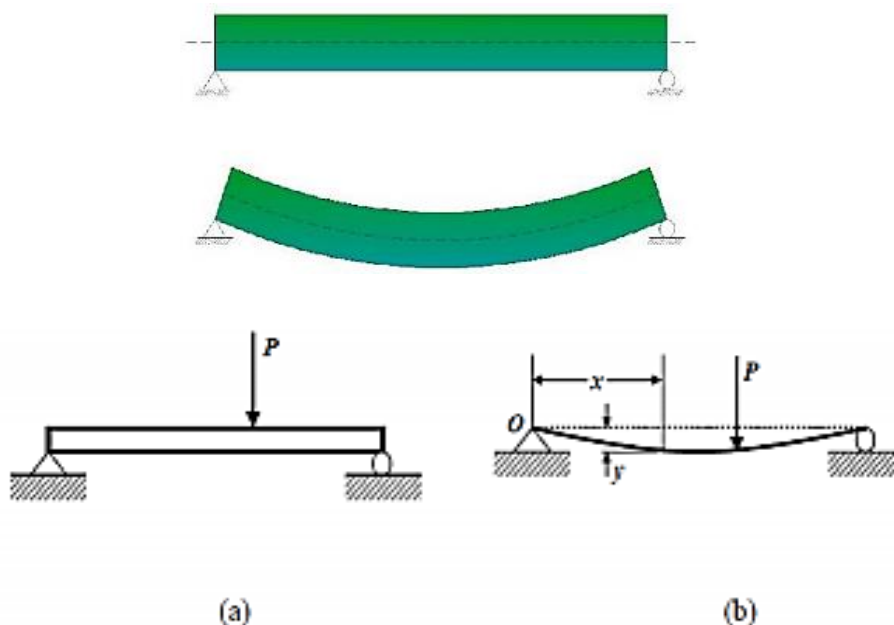
Dalam aplikasi keteknikan, kebutuhan tersebut haruslah disesuaikan dengan pertimbangan ekonomi dan pertimbangan teknis. Dari segi teknis seperti kekuatan (*strenght*), kekakuan (*stiffness*) dan kestabilan (*stability*) ([Haryanto et al., 2013](#)).

Suatu batang jika diberi beban pada batang tersebut akan mengalami defleksi atau lendutan yang mana defleksi dapat terjadi tergantung dari beberapa faktor berikut antara lain :

- a. Besar dan jenis pembebanan
- b. Jenis batang (bentuk batang)
- c. Kekakuan batang
- d. Jenis tumpuan

A. Defleksi

Defleksi adalah perubahan bentuk pada balok atau batang dalam arah sumbu y akibat pembebanan vertikal yang diberikan. Deformasi pada balok dapat dijelaskan berdasarkan defleksi balok dari posisinya sebelum mengalami pembebanan. Defleksi diukur dari sumbu netral balok awal ke posisi netral setelah terjadi deformasi. Defleksi diukur dari permukaan netral awal ke posisi netral setelah terjadi performansi. *Konfigurasi* yang diasumsikan dengan deformasi permukaan netral dikenal sebagai kurva elastis dari balok. Suatu batang akan mengalami pembebanan *transversal* baik itu beban terpusat maupun terbagi merata akan mengalami defleksi. ([Sigarlaki et al., 2015](#)). Proses ini dapat dilihat pada [gambar 1](#).



Gambar 1. (a) Balok sebelum terjadi defleksi, (b) Balok setelah terjadi defleksi ([Mohammed, 2017](#))

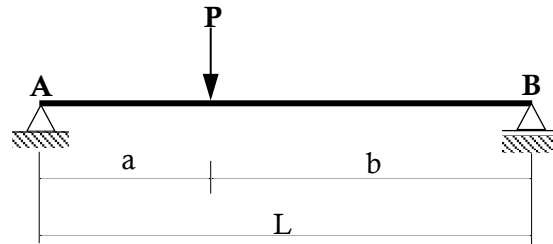
B. Jenis - Jenis Tumpuan

Jenis dan banyaknya tumpuan pada sepanjang balok akan sangat mempengaruhi uji dari balok tersebut. Tumpuan dikenal ada 3 jenis tumpuan yaitu tumpuan yaitu engsel, rol, dan jepit. Jenis – jenis tumpuan yaitu sebagai berikut ([Jasron, 2015](#)):

- 1) Tumpuan Engsel/Sendi
- 2) Tumpuan Rol
- 3) Tumpuan Jepit

E. Analisa Defleksi Lenturan Batang

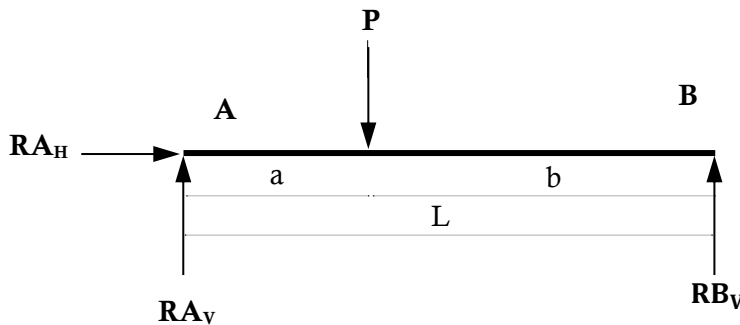
Pengujian defleksi sangat penting dilakukan pada material guna untuk mengetahui kelenturan benda uji ketika mengalami suatu pembebanan, karena defleksi atau kelenturan merupakan salah satu faktor penting dalam suatu perancangan konstruksi mesin (Basori et al., 2015). Bentuk struktur adalah balok dengan beban terkonsentrasi (P) dan tumpuan sederhana yang terdiri dari engsel atau sendi dan rol. [Gambar 2](#).



Gambar 2. Konstruksi balok beban terkonsentrasi dengan tumpuan (Mohammed, 2017)

1) Menentukan Reaksi Pada Tumpuan

Jumlah reaksi dan arah pada jenis tumpuan berbeda-beda. Oleh karena itu besarnya defleksi pada penggunaan tumpuan yang berbeda-beda tidaklah sama. Semakin banyak reaksi dari tumpuan yang melawan gaya dari beban maka defleksi yang terjadi pada tumpuan rol lebih besar dari tumpuan jepit dan defleksi yang terjadi pada tumpuan lebih besar terhadap tumpuan lainnya (Ningsih et al., 2023). berikut Diagram Benda Bebas (DBB) dapat dilihat pada [gambar 3](#) di bawah ini:



Gambar 3. Diagram benda bebas (DBB). (Mohammed, 2017)

$$\eta_{th} = \frac{Q_{out}}{Q_{in}} \times 100\%$$

$$\Sigma M_A = 0$$

$$P(a) - RB_V(L) = 0$$

$$RB_V =$$

$$\Sigma F_V = 0$$

$$RA_V +$$

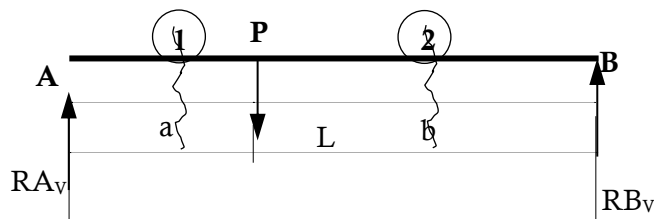
$$RA_V = \frac{P \cdot b}{L} \quad (1)$$

$$\Sigma F_H = 0$$

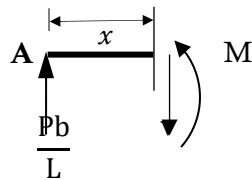
$$R_{A_H} = 0$$

2) Menentukan Diagram Gaya Geser dan Momen Lentur

Saat suatu balok dibebani oleh gaya atau kopel, tegangan dan regangan akan terjadi di seluruh bagian interior balok. Untuk menentukan besarnya tegangan dan regangan, harus ditentukan gaya internal dan kopel internal yang bekerja pada balok. Untuk diagram gaya geser dan momen lentur dapat ditentukan sebagai berikut (Todaro, 2014):



Potongan 1 : $0 \leq x \leq a$



$$\Sigma F_V = 0$$

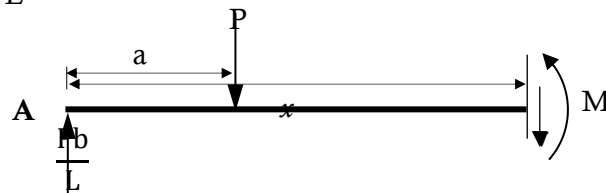
$$\frac{Pb}{L} - V = 0$$

$$V = \frac{Pb}{L}$$

$$\Sigma M = 0$$

$$\frac{Pb}{L}(x) - M = 0, M = \frac{Pbx}{L}$$

Potongan 2: $a \leq x \leq L$



$$\Sigma F_V = 0$$

$$\frac{Pb}{L} - P - V = 0$$

$$\frac{P(L-a)}{L} - P - V = 0$$

$$V = \frac{Pa}{L}$$

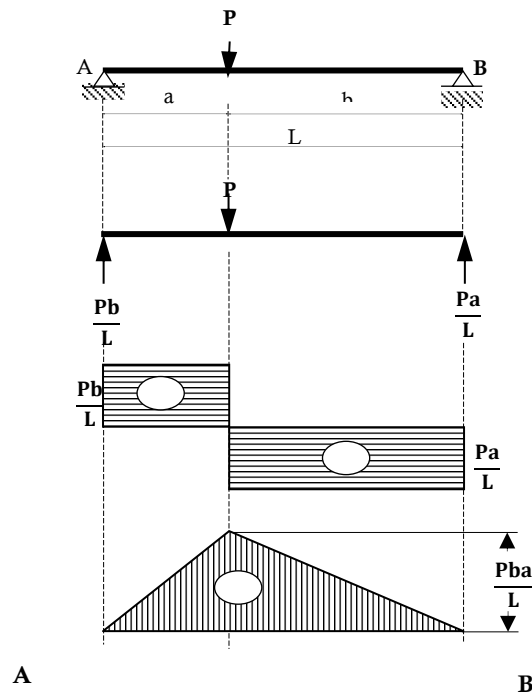
$$\Sigma M = 0$$

$$\frac{Pb}{L}(x) - P(x-a) - M = 0$$

$$M = \frac{Pbx}{L} - Px + Pa$$

3) Gambar Diagram Gaya Geser dan Momen Lentur

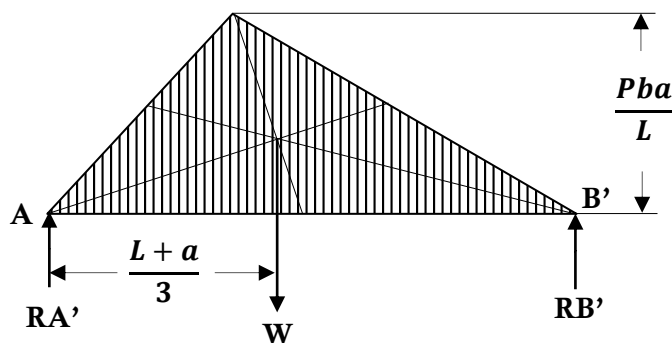
Berdasarkan penurunan persamaan reaksi pada tumpuan dan momen lentur, maka dapat ditentukan diagram gaya geser dan momen lentur sebagai berikut [gambar 4](#):



Gambar 4. Diagram gaya geser dan momen lentur balok tumpuan sederhana dengan beban terkonsentrasi ([Todaro, 2014](#))

4) Persamaan Defleksi

Persamaan defleksi lenturan batang menggunakan metode luas diagram momen lentur sebagai berikut:



Menentukan luas diagram momen lentur

$$W = \frac{1}{2} \times L \times \frac{Pba}{L}$$

$$W = \frac{Pba}{2}$$

Reaksi pada A' dan B'

$$\Sigma M_{A'} = 0$$

$$W \left(\frac{L+a}{3} \right) - R_{B'}(L) = 0$$

$$\frac{Pba}{2} \left(\frac{L+a}{3} \right) - R_{B'}(L) = 0$$

$$\frac{PbaL}{6} + \frac{Pba^2}{6} - RB'(L) = 0$$

$$RB' = \frac{PbaL}{6L} + \frac{Pba^2}{6L}$$

$$RB' = \frac{Pba}{6L}(L + a^2)$$

$$\Sigma F_v = 0$$

$$RA' + RB' - W = 0$$

$$RA' + \frac{Pba}{6L}(L + a^2) - \frac{Pba}{2} = 0$$

$$RA' + \frac{PbaL}{6L} + \frac{Pba^2}{6L} - \frac{Pba}{2} = 0$$

$$RA' + \frac{Pba}{6} + \frac{Pba^2}{6L} - \frac{Pba}{2} = 0$$

$$RA' = \frac{Pba}{3} - \frac{Pba^2}{6L}$$

$$RA' = \frac{Pba}{3} \left(1 - \frac{a}{2L}\right)$$

Persamaan perputaran sudut atau slope (θ) dapat diperoleh dari RA' dan RB' Untuk perputaran sudut atau slope pada tumpuan A (θ_A)

$$\theta_A = \frac{1}{EI} \times RA'$$

$$\theta_A = \frac{1}{EI} \times \frac{Pba}{3} \left(1 - \frac{a}{2L}\right)$$

$$\theta_A = \frac{Pba}{3EI} \left(1 - \frac{a}{2L}\right)$$

$$\text{Jika } a = b = \frac{L}{2} \text{ maka } \theta_A = \frac{P.L^2}{16 EI} \quad (2)$$

Untuk perputaran sudut atau slope pada tumpuan B (θ_B)

$$\theta_B = \frac{1}{EI} \times RB'$$

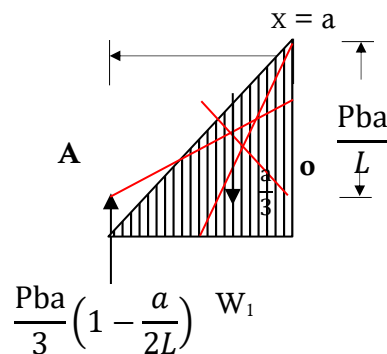
$$\theta_B = \frac{1}{EI} \times \frac{Pba}{6L}(L + a^2)$$

$$\theta_B = \frac{Pba}{6LEI}(L + a^2)$$

$$\text{Jika } a = b = \frac{L}{2} \text{ maka } \theta_B = \frac{-P.L^2}{16 EI} \quad (3)$$

Menentukan persamaan defleksi maksimum (y_{Maks})

Untuk y_{Maks} diperoleh pada bentangan $x = a$



Luas diagram momen lentur

$$W_1 = \frac{1}{2} \times a \times \frac{Pba}{L} \quad W_1 = \frac{Pba^2}{2L}$$

Maka persamaan defleksi akan diperoleh :

$$\begin{aligned} M_O &= \frac{Pba}{3} \left(1 - \frac{a}{2L}\right) (a) - W_1 \left(\frac{a}{3}\right) \\ M_O &= \left(\frac{Pba}{3} - \frac{Pba^2}{6L}\right) (a) - \left(\frac{Pba^2}{2L}\right) \left(\frac{a}{3}\right) \\ M_O &= \frac{Pba^2}{3} \left(1 - \frac{a}{L}\right) \end{aligned}$$

Untuk jarak bentangan jika : $a = b = \frac{L}{2}$

Maka persamaan defleksi maksimum dapat ditentukan

$$\begin{aligned} M_O &= \frac{Pba^2}{3} \left(1 - \frac{a}{L}\right) \\ M_O &= \frac{Pba^2}{3} - \frac{Pba^3}{3L} \\ M_O &= \frac{P \left(\frac{L}{2}\right) \left(\frac{L}{2}\right)^2}{3} - \frac{P \left(\frac{L}{2}\right) \left(\frac{L}{2}\right)^3}{3L} \\ M_O &= \frac{P \left(\frac{L}{2}\right) \left(\frac{L^2}{4}\right)}{3} - \frac{P \left(\frac{L}{2}\right) \left(\frac{L^3}{8}\right)}{3L} \\ M_O &= \frac{PL^3}{24} - \frac{PL^3}{48} \\ M_O &= \frac{PL^3}{48} \end{aligned}$$

Untuk Y_{Max} jika : $a = b = L/2$

$$\begin{aligned} Y_{Maks} &= \frac{1}{EI} \times M_O \\ Y_{Maks} &= \frac{1}{EI} \times \frac{PL^3}{48} \\ Y_{Maks} &= \frac{PL^3}{48 EI} \end{aligned} \tag{4}$$

Di mana :

- P = beban
- L = panjang balok
- I = inersia penampang
- E = elastisitas material uji
- Y = defleksi atau lendutan
- Q = perputaran sudut atau slope
- M = momen lentur
- RA = reaksi pada tumpuan titik A
- RB = reaksi pada tumpuan titik B
- W = beban terpusat

METODOLOGI PENELITIAN

A. Metode Penelitian

Metode penelitian yang digunakan untuk melakukan penelitian ini adalah metode luas diagram momen lentur untuk uji lendutan atau defleksi dan perputaran sudut atau slope balok beban terkonsentrasi dengan tumpuan sederhana serta pengaruh dan besar pembebanan yang diberikan pada benda uji ([Mustopa & Naharuddin, 2005](#)).

B. Alat dan bahan

Alat yang dipakai pada penelitian ini adalah Dial indikator, Mur *Setting* pada tumpuan, Jangka Sorong dan mistar. Sedangkan untuk bahan yang digunakan yaitu balok baja.

C. Prosedur Pengujian

Penelitian ini dilakukan dengan beberapa tingkat pembebanan dengan pembebanan yang berbeda-beda dengan jarak yang tidak berubah. Langkah-langka dalam melakukan percobaan ini adalah sebagai berikut:

- 1) Mempersiapkan bahan dan alat yang akan digunakan
- 2) Spesimen diletakkan pada alat uji defleksi dengan dua tumpuan
- 3) Menentukan posisi jarak spesimen uji yang akan diberikan pembebanan ditempatkan di dial indikator.
- 4) Kemudian kalibrasi pembaca jarum dial indikator
- 5) Berikan pembebanan catat defleksi yang terjadi pada jarum dial indikator
- 6) Lakukan pengambilan data sebanyak 3 kali dengan jarak yang sama dengan pembebanan yang berbeda
- 7) Ukur dan hitung besarnya penampang batang untuk mencari beban terpusat
- 8) Kemudian hasil percobaan catat ke dalam tabel.
- 9) Kemudian cari modulus elastis yang sama dengan data

D. Teknik Pengumpulan Data

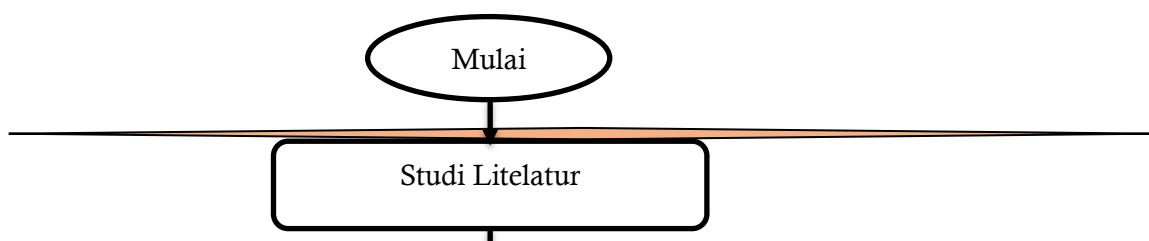
Metode pengumpulan data adalah teknik atau cara-cara yang dapat digunakan oleh peneliti untuk mengumpulkan data. Pengumpulan data dapat dilakukan dalam berbagai *setting*, berbagai sumber, dan berbagai cara ([Kusnadi, 2016](#)). Adapun teknik pengambilan data yang dilakukan oleh peneliti adalah dengan cara pengukuran besarnya pembebanan serta akibat dari besarnya pembebanan yang diberikan terhadap benda uji atau balok sehingga terjadi perputaran sudut atau slope dan lendutan atau defleksi yang ditimbulkan terhadap benda uji atau balok.

E. Analisis Data

Analisis data adalah mengelompokkan data, menguraikannya ke dalam unit-unit, memilih isi yang penting dan akan diteliti, dan menarik kesimpulan agar mudah ditarik kesimpulan, secara sistematis mencari dan menyusun data yang diperoleh dari wawancara, catatan lapangan dan proses dokumen.

Untuk dipahami oleh diri mereka sendiri, oleh diri mereka sendiri, oleh diri mereka sendiri atau oleh orang lain. Data yang diambil dari hasil penelitian kemudian dibuat dalam bentuk perbandingan untuk mendapatkan suatu nilai atau besar dari pada perputaran sudut atau slope dan lendutan atau defleksi akibat pengaruh beban terkonsentrasi dengan tumpuan sederhana. **Bagian Alir Penelitian (*Flow Chart*)**

Rangkaian penelitian yang akan dilalui dalam skripsi ini dinyatakan dengan *flow chart* pada [gambar 5](#):



Gambar 5. Diagram alur penelitian

HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Hasil

Penelitian ini dilakukan untuk beberapa tingkat pembebanan dengan pembebanan yang berbeda-beda dengan jarak yang tidak berubah [gambar 6](#).



Gambar 6. Proses pengambilan data

Hasil pengambilan data Defleksi dapat dilihat pada tabel 1, sebagai berikut :

Tabel 1. Data Defleksi (Aktual)

NO	Beban (gr) P	Panjang Balok Aluminium (L) = 650 (mm)	Reaksi (gr)		Defleksi (mm) y_{P1}
			R_A	R_B	

		A	B			
1	250	325	325	125	125	0,47
2	500	325	325	250	250	0,93
3	750	325	325	375	375	1,38
4	1000	325	325	500	500	1,85

B. Analisa Data

Sebagai contoh Analisa data diambil data pertama pada Tabel 1. sebagai berikut:

Reaksi pada tumpuan titik B

$$RB_V = \frac{P.a}{L}$$

$$RB_V = \frac{250 \times 325}{650}$$

$$RB_V = 125 \text{ gram}$$

Reaksi pada tumpuan titik A

$$RA_V = \frac{P.b}{L}$$

$$RA_V = \frac{250 \times 325}{650}$$

$$= 125 \text{ gram}$$

Ukuran penampang balok aluminium

Lebar (b) = 25 mm

Tebal (h) = 6 mm

Momen inersia penampang balok aluminium adalah :

$$I = \frac{1}{12} b h^3$$

$$= \frac{1}{12} \times 25 (6)^3$$

$$= \frac{1}{12} \times 25 \times 216$$

$$= 450 \text{ mm}^4$$

$$= 0,45 \times 10^3 \text{ mm}^4$$

Modul elastisitas aluminium (E_{Al})

$$E_{Al} = 70 \text{ GPa} = 70 \times 10^9 \text{ Pa}$$

$$= 70 \times 10^9 \frac{\text{N}}{\text{m}^2}$$

$$= 70 \times 10^8 \frac{\text{kg}}{\text{m}^2}$$

$$= 70 \times 10^{11} \frac{\text{gr}}{\text{m}^2}$$

$$= \frac{70 \times 10^{11}}{10^6 \text{ mm}^2}$$

$$= 70 \times 10^5 \frac{\text{gr}}{\text{mm}^2}$$

Perputaran sudut atau slope pada titik A

$$\theta_A = \frac{P.L^2}{16 E I}$$

$$= \frac{250 \text{ gr} \cdot (650 \text{ mm})^2}{16 \times 70 \times 10^5 \frac{\text{gr}}{\text{mm}^2} \cdot 0,45 \times 10^3 \text{ mm}^4}$$

$$= \frac{250 \text{ gr} \cdot 422500 \text{ mm}^2}{16 \times 70 \times 10^5 \frac{\text{gr}}{\text{mm}^2} \cdot 0,45 \times 10^3 \text{ mm}^4}$$

$$\begin{aligned}
 &= \frac{25 \text{ gr} \times 422,5 \text{ mm}^2}{16 \times 7 \times 0,45 \times 10^5 \text{ mm}^2} \\
 &= \frac{10562,5}{1007,5} \\
 &= \frac{1007,5}{5040000} \\
 &= 0,002 \text{ rad} \times \frac{57,3^\circ}{\text{rad}} \\
 &= 0,12^\circ \\
 &\text{Perputaran sudut atau slope pada titik B} \\
 \theta_B &= -\frac{P.L^2}{16EI} \\
 &= -\frac{250 \text{ gr} \cdot (650 \text{ mm})^2}{16 \times 70 \times 10^5 \frac{\text{gr}}{\text{mm}^2} \cdot 0,45 \times 10^3 \text{ mm}^4} \\
 &= -\frac{250 \text{ gr} \cdot 422500 \text{ mm}^2}{16 \times 70 \times 10^5 \frac{\text{gr}}{\text{mm}^2} \cdot 0,45 \times 10^3 \text{ mm}^4} \\
 &= -\frac{25 \text{ gr} \times 422,5 \text{ mm}^2}{16 \times 7 \times 0,45 \times 10^5 \text{ mm}^2} \\
 &= -\frac{10562,5}{1007,5} \\
 &= -\frac{1007,5}{5040000} \\
 &= -0,002 \text{ rad} \times \frac{57,3^\circ}{\text{rad}} \\
 &= -0,12^\circ
 \end{aligned}$$

Defleksi atau lendutan pada balok aluminium adalah:

$$\begin{aligned}
 y_p &= \frac{P.L^3}{48EI} \\
 &= \frac{250 \text{ gr} \cdot (650 \text{ mm})^3}{48 \times 70 \times 10^5 \frac{\text{gr}}{\text{mm}^2} \cdot 0,45 \times 10^3 \text{ mm}^4} \\
 &= \frac{250 \text{ gr} \cdot 274625000 \text{ mm}^3}{48 \times 70 \times 10^5 \frac{\text{gr}}{\text{mm}^2} \cdot 0,45 \times 10^3 \text{ mm}^4} \\
 &= \frac{250 \times 274625 \text{ mm}^3}{48 \times 70 \times 0,45 \times 10^5 \text{ mm}^2} \\
 &= \frac{25 \times 2,74625}{48 \times 7 \times 0,45} \\
 &= \frac{68,655}{151,2} \\
 &= 0,45 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

Untuk data lainnya dihitung dengan cara yang sama dan hasilnya seperti pada Tabel 2. sebagai berikut :

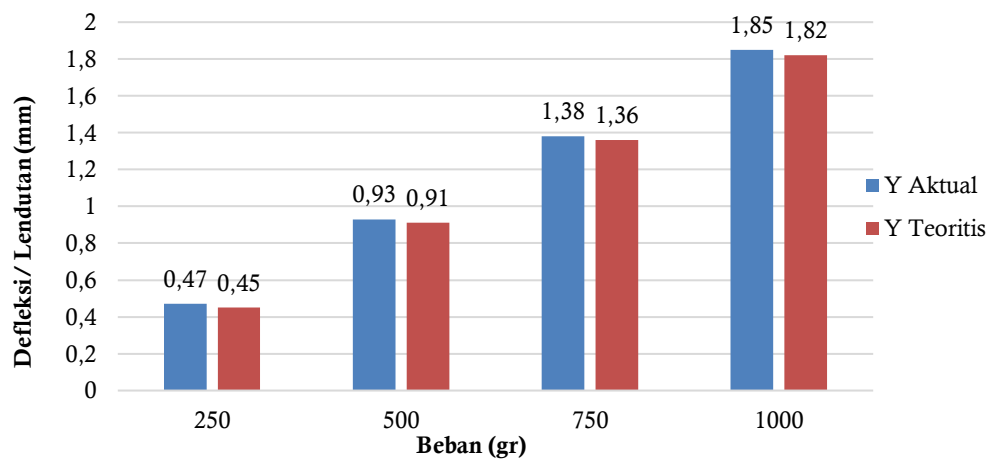
Tabel 2I. Data Hasil Perhitungan Defleksi secara Teoritis

No .	Beban (P) gr	Panjang Balok Aluminium (L) = 650 mm	Reaksi Pada Tumpuan A dan B (gr)	Defleksi /Lendutan (mm)	Perputaran Sudut/Slope (Derajat)
------	--------------	--------------------------------------	----------------------------------	-------------------------	----------------------------------

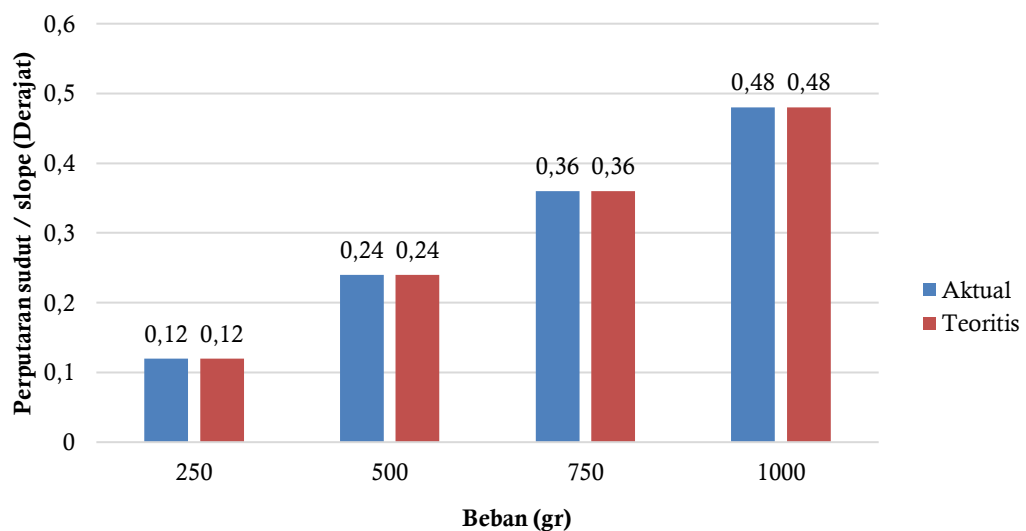
		a	b	Aktual		Teoritis		Aktual	Teoritis	θ_A	θ_B
				R_A	R_B	R_A	R_B	y_{p_2}	y_{pt}		
1	250	325	325	125	125	125	125	0,47	0,45	0,12°	-0,12°
2	500	325	325	250	250	250	250	0,93	0,91	0,24°	-0,24°
3	750	325	325	375	375	375	375	1,38	1,34	0,36°	-0,36°
4	1000	325	325	500	500	500	500	1,85	1,82	0,48°	-0,48°

C. Pembahasan

Berdasarkan data aktual dan teoritis dapat disajikan dalam grafik hubungan defleksi atau lendutan dengan beban dan perputaran sudut atau slope dengan beban pada [gambar 7](#) dan [gambar 8](#) sebagai berikut:



Gambar 7. Grafik Defleksi atau Lendutan (y) vs Beban (P)



Gambar 8. Grafik Perputaran Sudut (θ) vs Beban (P)

KESIMPULAN

Dari hasil analisis data penelitian dan pembahasan maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut :

1. Hubungan beban dengan perputaran sudut, diperoleh semakin besar beban semakin besar pula perputaran sudut atau slope yang diperoleh. Hal ini dapat dilihat bahwa untuk beban (P) = 250 gr diperoleh perputaran sudut di titik A dan titik B = $0,12^\circ$ dan untuk beban (P) = 1000 gr diperoleh perputaran sudut di titik A dan titik B = $0,48^\circ$.
2. Hubungan beban dengan defleksi atau lendutan diperoleh bahwa di mana beban berbanding lurus dengan defleksi atau lendutan. Semakin besar beban yang diberikan pada balok dengan panjang (L) = 650 mm, semakin besar defleksi atau lendutan yang diperoleh yaitu bila beban (P) = 250 gr ditengah-tengah balok, maka defleksi atau lendutan (Y) = 0,47 mm secara aktual dan (Y) = 0,45 mm secara teoritis, dan untuk beban (P) = 1000 gr diperoleh defleksi atau lendutan (Y) = 1,85 mm secara aktual dan (Y) = 1,82 mm secara teoritis.

REFERENSI

- Basori, B., Syafrizal, S., & Suharwanto, S. (2015). Analisis Defleksi Batang Lenturmenggunakan Tumpuan Jepit Dan Rolpada Material Aluminium 6063 Profil U Dengan Beban Terdistribusi. *Jurnal Konversi Energi dan Manufaktur*, 2(1), 354312.
<https://doi.org/10.21009/JKEM.2.1.8>
- Haryanto, I., Prabowo, P. A., Widodo, A., & Prahasto, T. (2013). *Simulasi Numerik Perilaku Tumbukan Pelat Baja Terhadap Proyektil*. 23–24.
- Jasron, J. U. (2015). Analisis Pengaruh Letak Bahan terhadap Defleksi Balok Segi Empat dengan Tumpuan Engsel-Roll-Roll. *Jurnal Rekayasa Mesin*, 6(3), 167–170.
- Kusnadi, Y. (2016). Pengaruh Pendaftaran Online Terhadap Jumlah Pendaftar Di Sekolah Dasar Negeri Jakarta. *Paradigma*, 18(2), 89–101.
- Mohammed, S. (2017). *Béton Précontraint, Cours et applications*. Université de M'sila.
- Mustopa, M., & Naharuddin, N. (2005). Analisis Teoritis Dan Eksperimental Lendutan Batang Pada Balok Segiempat Dengan Variasi Tumpuan. *MEKTEK*, 7(3).
- Ningsih, T. H., Fiveriati, A., & Irfani, F. W. (2023). KEKUATAN DAN MOMEN BENDING SERTA ENERGI IMPAK KOMPOSIT SERAT KULIT KERSEN AKIBAT VARIASI FRAKSI VOLUME. *Jurnal Inovasi Teknologi Manufaktur, Energi dan Otomotif*, 1(2), 95–104.
- Pah, J. J. S. (2011). Object-oriented Approach for the Assessment of Momentcurvature Relationship of a Varying-widht and Multi-material Beam Cross Section. *Jurnal Teknik Sipil*, 1(2), 18–31.
- Sigarlaki, H. H., Tangkuman, S., & Arungpadang, T. A. R. (2015). Aplikasi Metode Elemen Hingga Pada Perancangan Poros Belakang Gokar Listrik. *JURNAL POROS TEKNIK MESIN UNSRAT*, 4(2).
- Todaro, M. (2014). *Pembuatan Diagram Gaya Geser Dan Momen Lentur Pada Beam Dengan Program Komputasi*.