G-Tech : Jurnal Teknologi Terapan
Volume 6, No. 2, Oktober 2022, hal. 324-332
E-ISSN: 2623-064x | P-ISSN: 2580-8737

Analisis Balok Kantilever dengan Beban Terbagi Merata

Disabella Dayera[1], Musa Bondaris Palungan[2]✉, Febrian Ohello[3]

[1,3] Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Kristen Papua, Sorong, Indonesia
[2] Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Kristen Indonesia Paulus Makasar, Indonesia

Informasi Artikel

Riwayat Artikel

Diserahkan : 27-09-2022
Direvisi : 01-10-2022
Diterima : 05-10-2022

Kata Kunci:

Defleksi, Balok Kantilever, Slope, Baja, Alumunium

Keywords **:**

Deflection, Cantilever Beam, Slope, Steel, Aluminum

ABSTRAK

Penelitian ini dilakukan untuk menyelidiki pengaruh beban yang terbagi secara merata terhadap deformasi yang terjadi pada sebuah balok kantiliver dengan melihat nilai slope dan defleksinya pada dua jenis material yaitu baja dan alumunium. Metode penelitian yang digunakan dalam penelitian ini yaitu metode integral ganda. Adapun hasil penelitian terhadap balok kantilever (baja dan aluminium) yang diberi beban terbagi secara merata yaitu untuk beban yang sama (6 N/m), perputaran sudut material baja (0,04°) lebih kecil dari perputaran sudut Alumunium (0,10°), sehingga memperlihatkan hubungan *slope* dan beban yang diberikan bersifat linier. Sedangkan, untuk nilai defleksi pada beban yang sama (6 N/m), nilai defleksi material Alumunium (0,82 mm) lebih besar dari defleksi atau lendutan material baja (0,29 mm), disebabkan karena elestitsitas material Alumunium (E_{Al} = 70 GPa) lebih kecil dari elastisitas baja (E_{St} = 200 GPa).

ABSTRACT

This study was conducted to investigate the influence of evenly divided loads on the deformation that occurs in a cantilever beam by looking at the slope and deflection values on two types of materials, namely steel and Aluminum. The research method used in this study is the double integral method. The results of the study on cantilever beams (steel and Aluminum) that were evenly divided, namely for the same load (6 N/m), the angular rotation of the steel material (0,04°) was smaller than the angular rotation of Aluminum (0,10°), thus showing the relationship of slope and the load given was linear. Meanwhile, for the deflection value at the same gear (6 N/m), the deflection value of the Aluminum material (0.82 mm) is greater than the deflection or deflection of the steel material (0.29 mm) due to the elasticity of the Aluminum material (EAl = 70 GPa) smaller than the elasticity of the steel (ESt = 200 GPa).

Corresponding Author **:**
Musa Bondaris Palungan
Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Kristen Indonesia Paulus Makasar
Jl. Perintis Kemerdekaan, Makassar Sulawesi Selatan
Email: musa_ukip@yahoo.com

PENDAHULUAN

Penggunaan material di bidang infrastruktur harus memiliki keunggulan yang sesuai dengan kebutuhan bahan yang digunakan; ini karena material dalam infrastruktur harus mampu menahan beban besar dengan dimensi penampang yang cukup efisien, dan kekuatannya tidak terlalu terpengaruh oleh perubahan sifat atau durasi tanpa material yang digunakan. Oleh karena itu, bahan yang digunakan dalam bangunan harus memahami sifat-sifat material, seperti

This is an open access article under the CC BY license

kekuatannya, dimana perlu dipastikan kualitas bahan yang akan digunakan yang diproduksi dari pabrik.

Kekuatan, kekakuan, dan elastisitas bahan yang digunakan harus diperhatikan saat merancang komponen mesin dalam suatu struktur. Untuk menentukan kualitas suatu material, mekanika struktural harus ditingkatkan dalam studi yang terkait dengan gaya yang bekerja pada sistem struktural yang berada dalam keadaan stasioner, keadaan bergerak, atau keadaan statis dan kesetimbangan; detail yang diperhitungkan atau yang bertindak atas materi adalah kekuatan materi itu sendiri dan juga saat yang diberikan.(Negara & Komaladewi, 2009)

Pada prinsipnya, konsep dasar mekanika struktural adalah keseimbangan gaya yang bekerja pada suatu struktur, dalam arti bahwa semua gaya yang bekerja pada suatu sistem berada dalam keadaan kesetimbangan, terlepas dari apakah desain material dievaluasi secara keseluruhan atau dalam beberapa bagian, sehingga jumlah gaya yang bekerja adalah nol. (ELEMEN, n.d.)

Penelitian struktur kantilever adalah salah satu bagian dalam penelitian mekanika struktural; penelitian ini dilakukan dengan menggunakan salah satu ujung material Dario yang dijepit, dan ujung lainnya bebas, kemudian diberikan beban yang batas kekuatannya paling signifikan dari ukuran beban yang ditawarkan, dimana perhitungan dan pemilihan material yang akan digunakan adalah material yang kaku.

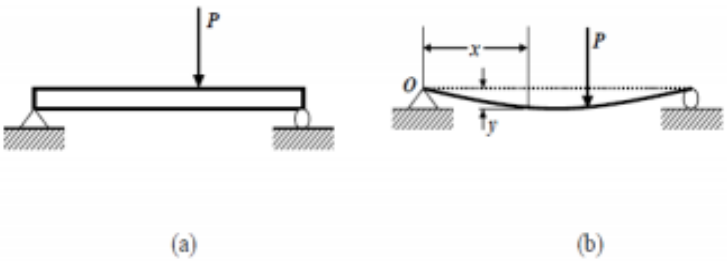
Berdasarkan uraian di atas, penulis akan melakukan penelitian untuk menyelidiki jumlah tegangan yang diberikan dan deformasi balok kantilever ketika diberikan beban yang didistribusikan secara merata. Oleh karena itu, penulis membuat penelitian yang berjudul Analisis Balok Kantilever dengan Beban Terbagi Merata.

A. Pengertian Defleksi

Balok kantilever atau batang tekuk merupan struktur yang bekerja berdasarkan momen batang. Setiap bagian balok akan menekuk atau adanya defleksi karena pembebanan di atasnya. Dengan memiliki defleksi yang tidak sama di setiap bagian balok, maka akan terjadi adanya perputaran sudut atau *slope*. Analisis balok digunakan untuk mengetahui defleksi dan kemiringan balok. Dengan dua besaran ini, dapat diketahui seberapa tinggi tegangan pada balok tersebut.(ELEMEN, n.d.)

Besarnya defleksi bergantung pada banyak parameter, yaitu sebagai berikut(Yusuf et al., 2020):

1. Karakteristik kekakuan batang (Elastisitas modulus)
2. Lokasi batang dalam kaitannya dengan beban dan ukuran batang, yang biasanya dilambangkan dengan jumlah momen inersia batang.
3. Jumlah beban yang diterima

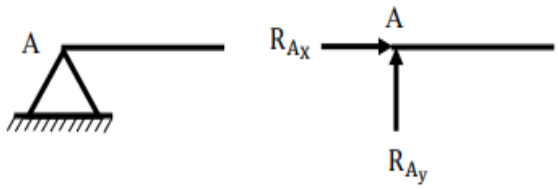


Gambar 1. **(a) Balok sebelum terjadi defleksi, (b) Balok setelah terjadi defleksi**(Basori et al., n.d.)

B. Jenis - Jenis Tumpuan

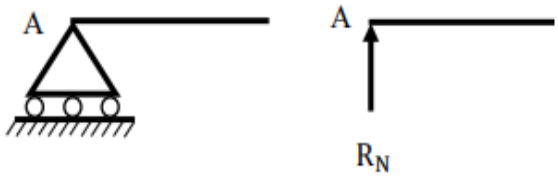
Jenis – jenis tumpuan sebagai berikut:

1. Tumpuan Engsel/Sendi; Tumpuan engsel yaitu suatu tumpuan yang mampu menerima dua jenis gaya reaksi berupa gaya dari arah vertikal dan juga horizontal (Mustopa & Naharuddin, 2005). Perhatikan gambar dibawah ini:



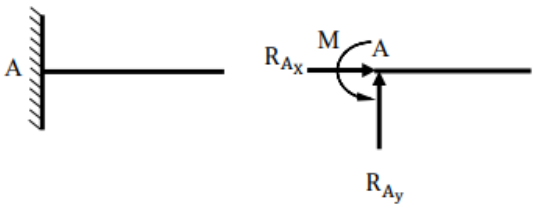
Gambar 2. Tumpuan engsel/sendi(Ortiz & Popov, 1982)

2. Tumpuan Rol; Tumpuan rol merupakan suatu tumpuan yang hanya mampu untuk menerima satu jenis gaya arah vertikal. Perhatikan gambar dibawah ini:



Gambar 3. Tumpuan Rol (Ortiz & Popov, 1982)

3. Tumpuan Jepit; Tumpuan jepit adalah suatu tumpuan yang mampu menerima gaya selain arah vertical dan horizontal juga sebuah momen akibat jepitan dari dua penampang. Perhatikan gambar dibawah ini:



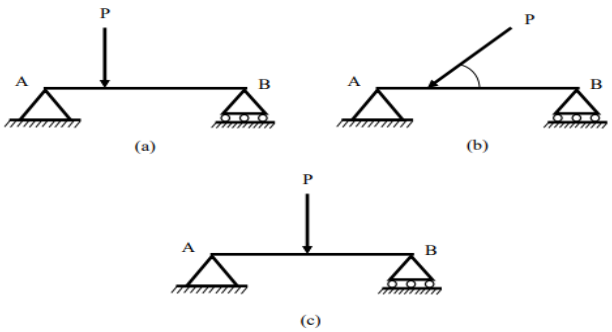
Gambar 4. Tumpuan Jepit (Ortiz & Popov, 1982)

C. Jenis-Jenis Pembebanan

Salah satu factor yang mempengaruhi terjadinya suatu defleksi, disebabkan oleh berbagai jenis pembebanan yang diberikan. Berikut ini berbagai macam pembebanan:

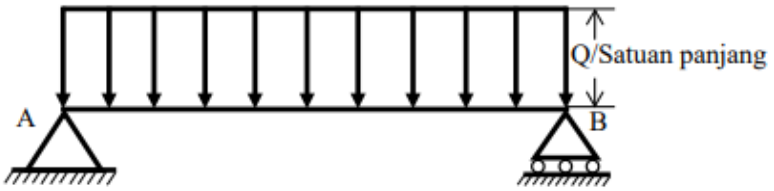
1. Beban Terpusat

   Beban terpusat yaitu suatu pembebanan yang paling sederhana dari jenis pembebanan lainnya. Pembebanan ini hanya mampu bekerja pada satu titik pegang dengan arah dan besar tertentu.



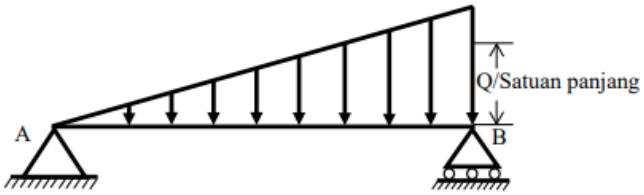
Gambar 5. Pembebanan terpusat (Mulyawan & Laksono, 1999)

2. Beban Terbagi Merata
   Beban terbagi merata merupakan suatu beban yang terbagi secara merata pada suatu balok atau *beam*, yang tersebar secara merata baik kearah luas ataupun kearah memanjang, dimana satuanya dinyatakan dalam qm (kg/m atau KN/m).



Gambar 6. Pembebanan terbagi merata(Mulyawan & Laksono, 1999)

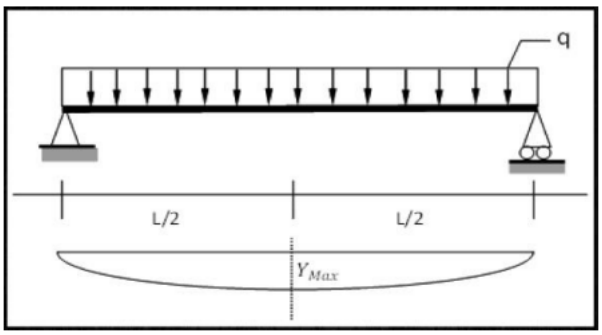
3. Beban Bervariasi Uniform
   Disebut beban bervariasi uniform atau dikenal dengan sebutan beban segitiga, karena hanya terdapat pada sepanjang batang yang memiliki besaran berbeda.



Gambar 7. Pembebanan bervariasi segitiga (Mulyawan & Laksono, 1999)

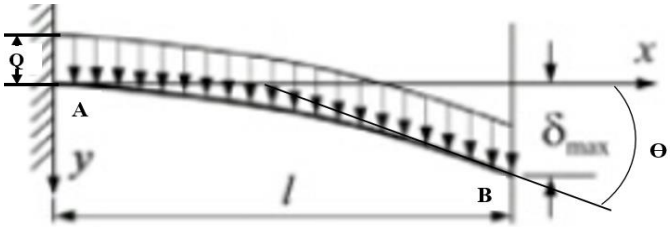
D. Defleksi dan Perputaran Sudut Pada Balok Kantilever, Beban terbagi Merata

Beban yang bekerja pada sebuah balok kantilever AB dikenai beban terbagi merata sebagai berikut :



Gambar 8. Deformasi balok dengan beban merata sepanjang bentang (Tirana, 2022)

Beban yang bekerja pada sebuah balok (beam) menyebabkan beam melentur/bending, hal tersebut menyebabkan deformasi sumbu beam hingga membentuk kurva. Sumbu yang awalnya lurus dan membengkok hingga membentuk kurva yang disebut dengan defleksi sebagai berikut :



Gambar 9. Balok Mengalami Deformasi Akibat Beban Terbagi Merata (Palungan, 2012)

Persamaan yang digunakan untuk menentukan atau menghitung(Ortiz & Popov, 1982) :
Defleksi/lendutan pada setiap titik (y)

$$y = \frac{Q x^2}{24\,E\,I}(x^2 + 6\,l^2 - 4\,l\,x)$$

Defleksi Max (δ_{max}):

$\delta_{max} = \frac{Q\,l^4}{8\,E\,I}$ ……..…….(1)

Perputaran Sudut (θ):

$\theta = \frac{Q\,l^3}{6\,E\,I}$ ……..(2)

Keterangan :

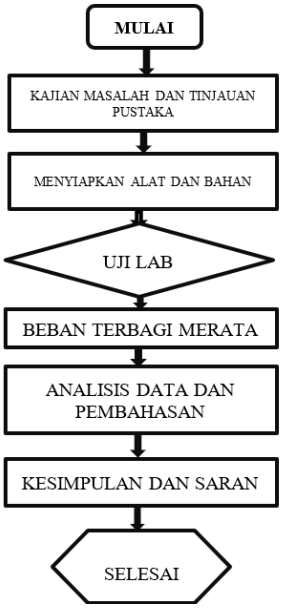
Q = Beban persatuan panjang (N/m)
l = Panjang material/balok (m)
E = Modulus Elastisitas material/balok (N/m^2)
I = Inersia penampang material/balok (m^4)

METODE PENELITIAN

Metode penelitian yang digunakan dalam penelitian ini yaitu metode integral ganda dalam menganalisis defleksi dan slope atau perputaran sudut akibat pengaruh variasi beban yang diberikan secara merata pada batang atau balok kantilever. Adapun teknik pengambilan data yang dilakukan dengan cara melakukan pengukuran terhadap besarnya pembebanan serta akibat dari besarnya pembebanan yang diberikan. Berikut ini adalah peralatan dan bahan yang digunakan dalam pengujian defleksi:

1. Alat
   a. Alat Uji Defleksi
   b. Beban / Massa pemberat
   c. Dial indicator
   d. Jangka sorong
2. Bahan

Pada pengujian ini digunakan material balok jenis baja dan Alumunium, dengan dimensinya: panjang (L = 600 mm) dan lebar material (a = 25 mm) dan tebal material (h = 10 mm). Adapun alur penelitian ini dapat dilihat pada diagram berikut ini:



Gambar 10. Diagram Alir Penelitian

HASIL DAN PEMBAHASAN

Material balok kantilever yang digunakan dalam penelitian ini yaitu baja (St) dan Alumunium (Al), memiliki panjang (L = 600 mm) dan lebar material (a = 25 mm) dan tebal material (h = 10 mm). Balok Kantilever tersebut menerima beban secara merata. Beikut hasil perhitungan nilai slope dna defleksi masing-masing jenis material:

Data Hasil Perhitungan *Slope* $(\boldsymbol{\theta})$

Secara sistematis nilai *slope* dapat dihitung menggunakan persamaan (2), dengan, nilai $I = 1{,}7 \times 10^3 mm^4$; $E_{St} = 200\ GPa = 200 \times 10^3\ N/mm^2$; $E_{Al} = 70\ GPa E_{Cu} = 70 \times 10^3\ N/mm^2$.

1. Slope $(\boldsymbol{\theta})$ Material Baja (St) dengan $\boldsymbol{q = 6\ N/m}$

$$(\theta_B)_{St} = \frac{6 \times 10^{-3} N/mm\ \times (600\ mm)^3}{6 \times (200 \times 10^3\ N/mm^2) \times (1{,}7 \times 10^3 mm^4)}$$
$$(\theta_B)_{St} = \frac{1{,}296 \times 10^6 N/mm^2}{6 \times (200 \times 1{,}7 \times 10^6 N.mm^2)}$$
$$(\theta_B)_{St} = \frac{1{,}296 \times 10^6\ N.mm^2}{2040 \times 10^6\ N.mm^2}$$
$$(\theta_B)_{St} = \frac{1{,}296}{2040} rad$$
$$(\theta_B)_{St} = 0{,}000635\ rad \times \frac{57{,}3^\circ}{rad}$$
$$(\theta_B)_{St} = 0{,}04^\circ$$

2. Slope $(\boldsymbol{\theta})$ Material Alumunium (Al) dengan $\boldsymbol{q = 6\ N/m}$

$$(\theta_B)_{Al} = \frac{6 \times 10^{-3} N/mm\ \times (600\ mm)^3}{6 \times (70 \times 10^3\ N/mm^2) \times (1{,}7 \times 10^3 mm^4)}$$
$$(\theta_B)_{Al} = \frac{1{,}296 \times 10^6 N/mm^2}{6 \times (70 \times 1{,}7 \times 10^6 N.mm^2)}$$
$$(\theta_B)_{Al} = \frac{1{,}296 \times 10^6\ N.mm^2}{714 \times 10^6\ N.mm^2}$$
$$(\theta_B)_{Al} = \frac{1{,}296}{714} rad$$
$$(\theta_B)_{Al} = 0{,}00181\ rad \times \frac{57{,}3^\circ}{rad}$$
$$(\theta_B)_{Al} = 0{,}10^\circ$$

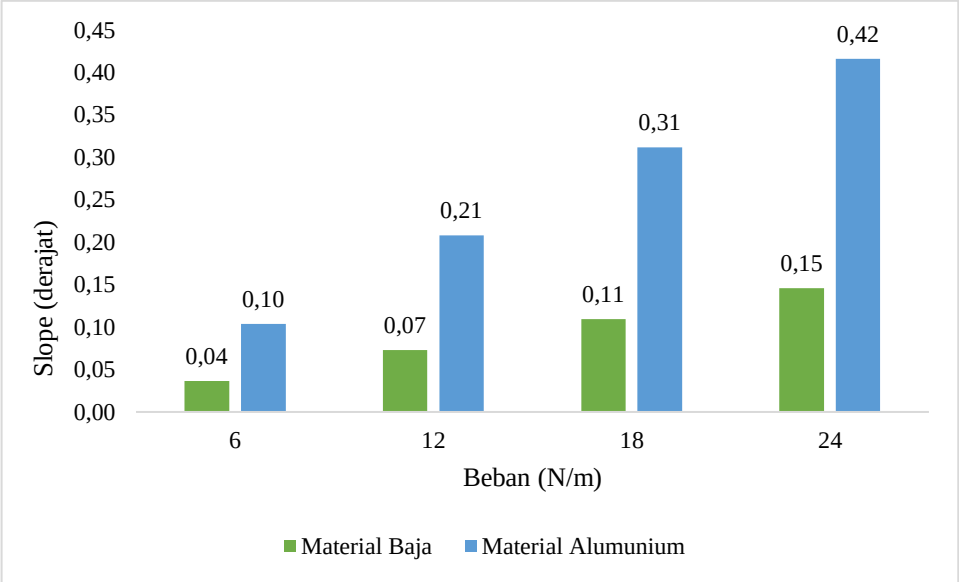
Berikut ini tabel hasil perhitungan nilai *slope* masing-masing material baja dan alumunium dengan variasi beban yang diberikan secara merata sebagai berikut:

Tabel 1. Hasil Perhitungan Nilai Perputaran Sudut atau Slope Material Baja dan Alumunium

No	Beban Q (N/m)	I (mm^4)	Slope	
			$(\boldsymbol{\theta})_{St}$	$(\boldsymbol{\theta})_{Al}$
1	6	$1{,}7 \times 10^3$	0,04	0,10
2	12	$1{,}7 \times 10^3$	0,07	0,21
3	18	$1{,}7 \times 10^3$	0,11	0,31
4	24	$1{,}7 \times 10^3$	0,15	0,42

Berdasarkan hasil perhitungan pada Tabel 1 diatas, dapat dilihat bahwa perolehan nilai *slope* material baja dan alumunium berturut-turut yaitu sebesar 0,04° dan 0,10°, hal ini memperlihatkan bahwa beban yang diberikan secara merata pada balok kantiliver berpengaruh terhadap *slope*

dimana semakin besar beban yang diberikan maka perputaran sudut yang terjadi juga akan semakin besar dan sebaliknya, karena secara sistematis ilia beban berbanding lurus dengan nilai perputaran sudut. Berikut grafik hubungan beban dan *slope* balok kantilever yang dapat dilihat pada gambar dibawah ini:



Gambar 11. Hubungan Slope Vs Beban

Data hasil Perhitungan Defleksi

Secara sistematis nilai defleksi dapat dihitung menggunakan persamaan (1), dengan nilai $I = 1{,}7 \times 10^3 mm^4$; $E_{St} = 200\ GPa = 200 \times 10^3\ N/mm^2$; $E_{Al} = 70\ GPa E_{Cu} = 70 \times 10^3\ N/mm^2$.

1. Untuk Balok Baja $(\delta)_{St}$ dengan nilai $q = 6\ N/m$

$$(\delta)_{St} = \frac{6 \times 10^{-3} N/mm\ (600\ mm)^4}{8 \times (200 \times 10^3\ N/mm^2) \times (1{,}7 \times 10^3 mm^4)}$$

$$(\delta)_{St} = \frac{777{,}6 \times 10^6 N/mm^4}{8 \times (200 \times 1{,}7 \times 10^6 N.mm^2)}$$

$$(\delta)_{St} = \frac{777{,}6 \times 10^6\ N.mm^3}{2720 \times 10^6\ N.mm^2}$$

$$(\delta)_{St} = \frac{777{,}6}{2720} rad$$

$$(\delta)_{St} = 0{,}29\ mm$$

2. Untuk Balok Alumunium $(\delta)_{Al}$ dengan nilai $q = 6\ N/m$

$$(\delta)_{Al} = \frac{6 \times 10^{-3} N/mm\ (600\ mm)^4}{8 \times (70 \times 10^3\ N/mm^2) \times (1{,}7 \times 10^3 mm^4)}$$

$$(\delta)_{Al} = \frac{777{,}6 \times 10^6 N/mm^4}{8 \times (70 \times 1{,}7 \times 10^6 N.mm^2)}$$

$$(\delta)_{Al} = \frac{777{,}6 \times 10^6\ N.mm^3}{952 \times 10^6\ N.mm^2}$$

$$(\delta)_{Al} = \frac{777{,}6}{952} rad$$

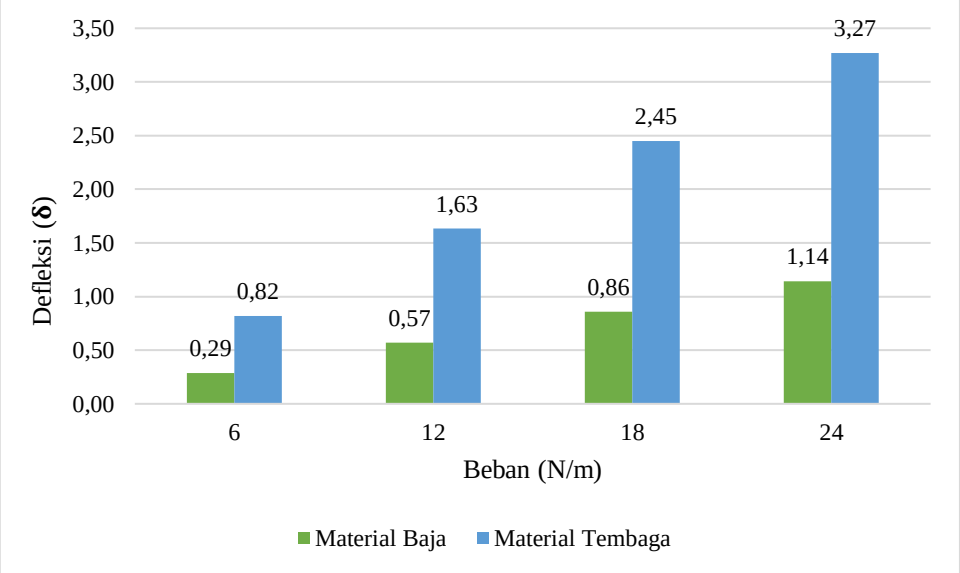
$$(\delta)_{Al} = 0{,}82\ mm$$

Berikut ini tabel hasil perhitungan nilai defleksi masing-masing material baja dan alumunium dengan variasi beban yang diberikan secara merata sebagai berikut:

Tabel 2.Hasil Perhitungan Nilai Perputaran Sudut atau Slope Material Baja dan Alumunium

No	Beban Q (N/m)	I (mm^4)	Defleksi	
			$(\delta)_{St}$	$(\delta)_{Al}$
1	6	$1{,}7 \times 10^3$	0,29	0,82
2	12	$1{,}7 \times 10^3$	0,57	1,63
3	18	$1{,}7 \times 10^3$	0,86	2,45
4	24	$1{,}7 \times 10^3$	1,14	3,27

Berdasarkan hasil perhitungan nilai defleksi untuk material baja dan alumunium pada Tabel 2, dapat dilihat bahwa nilai defleksi untuk material baja dan alumunium berbanding lurus terhadap beban yang diberikan, hal ini dapat dilihat bahwa dengan semakin besarnya beban yang diberikan pada material baja ataupun alumunium maka pada balok atau *beam* tersebut akan mengalami defleksi atau lendutan.(Amin, 2014) Hal ini dapat dilihat untuk beban yang sama (6 N/m), nilai defleksi atau lendutan yang diperoleh material alumunium (0,82 mm) lebih besar dari material baja (0,29 mm) karena elastisitas material alumunium (E_{Al} = 70 GPa) lebih kecil dari elastisitas baja (E_{St} = 200 GPa). Berikut grafik hubungan defleksi dan beban yang dapat dilihat pada gambar dibawah ini:



Gambar 12. Hubungan Defleksi Vs Beban

KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian terhadap balok kantilever (baja dan aluminium) yang diberi beban terbagi secara merata maka dapat ditarik suatu kesimpulan sebagai berikut:

1. Beban terbagi secara merata berpengaruh terhadap perputaran sudut balok kantilever. Semakin besar beban yang diberikan maka perputaran sudut yang terjadi semakin besar atau perputaran sudut berbanding lurus terhadap beban yang diberikan. Untuk beban yang sama (6 N/m), perputaran sudut material baja $(0{,}04^{\circ})$ lebih kecil dari perputaran sudut Alumunium $(0{,}10^{\circ})$, sehingga memperlihatkan hubungan *slope* dan beban yang diberikan bersifat linier.

2. Beban terbagi secara merata berpengaruh terhadap defleksi pada balok kantilever dengan material baja dan Alumunium. Semakin besar beban yang diberikan pada material baja dan Alumunium, semakin besar pula defleksi atau lendutan pada material. Untuk beban yang sama (6 N/m), defleksi atau lendutan material Alumunium (0,82 mm) lebih besar dari defleksi atau lendutan material baja (0,29 mm), disebabkan karena elestitsitas material Alumunium (E_{Al} = 70 GPa) lebih kecil dari elastisitas baja (E_{St} = 200 GPa).

Saran

Penelitian lebih lanjut dapat menggunakan jenis material-material lainnya seperti tembaga dalam melihat kekuatan terhadap beban dan kualitas bahan atau material yang akan digunakan dalam konstruksi suatu bangunan.

REFERENSI

Amin, D. K. (2014). Perhitungan Beban Aksial Kritis Pada Kolom Baja Dalam Sebuah Struktur Portal Baja. *Jurnal Teknik Sipil USU*, *3*(1).

Basori, B., Syafrizal, S., & Suharwanto, S. (n.d.). Analisis Defleksi Batang Lenturmenggunakan Tumpuan Jepit Dan Rolpada Material Aluminium 6063 Profil U Dengan Beban Terdistribusi. *Jurnal Konversi Energi Dan Manufaktur*, *2*(1), 354312.

Elemen, M. E. H. B. (N.D.). *Metoda Elemen Hingga Berbasis Elemen Beam Untuk Analisis Defleksi Poros Turbin*.

Mulyawan, P. A., & Laksono, B. (1999). *Analisis Kapasitas Lentur dan Geser Profil Castella dengan Menggunakan Profil-1 Sayap Lebar (Wide Flange)*.

Mustopa, M., & Naharuddin, N. (2005). Analisis Teoritis Dan Eksperimental Lendutan Batang Pada Balok Segiempat Dengan Variasi Tumpuan. *MEKTEK*, *7*(3).

Negara, D. N. K. P., & Komaladewi, A. A. I. A. S. (2009). Simulasi, Studi Eksperimen dan Analisis Defleksi pada Ujung Bebas Curved Beam Akibat Beban Terkonsentrasi Tunggal. *Jurnal Ilmiah Teknik Mesin CakraM Vol*, *3*(1), 6–10.

Ortiz, M., & Popov, E. P. (1982). Plain concrete as a composite material. *Mechanics of Materials*, *1*(2), 139–150.

Palungan, M. B. (2012). *No TitleDiktat Mekanika Kekuatan Material II*.

Tirana, M. (2022). Analisa Tegangan Dan Deformasi Pada Balok Profil Iwf Dengan Balok Profil Kanal Ganda Dan Profil Siku Tersusun. *Jurnal Ilmiah Mahasiswa Teknik [JIMT]*, *2*(5).

Yusuf, N., Hariadi, H., & Tawar, A. S. A. (2020). Perbandingan Eksperimen Defleksi Batang Kantilever Berprofil Strip Terhadap Persamaan Teoritis Untuk Bahan Fe DAN Al. *Rang Teknik Journal*, *3*(1), 89–93.