

SURAT - TUGAS

Nomor: 062-D/346/FT-UNTAR/I/2021

Dekan Fakultas Teknik Universitas Tarumanagara, dengan ini menugaskan kepada Saudara:

- 1. Ir. Fannywati Itang, M.M.**
- 2. Ir. Sunarjo Leman, M.T.**

Untuk melaksanakan kegiatan **Penelitian Mandiri** dengan data sebagai berikut:

Judul Penelitian : Deformasi Gaya Lintang
Waktu Pelaksanaan : 15 Desember 2020 – 15 Januari 2021
Biaya : Rp. 3.000.000,-

Demikian Surat Tugas ini dibuat, untuk dilaksanakan dengan sebaik-baiknya dan melaporkan hasil penugasan tersebut kepada Dekan Fakultas Teknik Universitas Tarumanagara.

20 Januari 2021

Dekan



Harto Tanujaya, S.T., M.T., Ph.D.

Tembusan:

1. Kaprodi. Sarjana Teknik Sipil
2. Kasubag. Personalia
3. Arsip

PROGRAM STUDI :

- Sarjana Arsitektur, Magister Arsitektur, Sarjana Perencanaan Wilayah dan Kota, Magister Perencanaan Wilayah dan Kota
- Sarjana Teknik Sipil, Magister Teknik Sipil, Doktor Teknik Sipil
- Sarjana Teknik Mesin, Sarjana Teknik Industri, Sarjana Teknik Elektro

Jl. Letjen. S. Parman No.1 - Jakarta 11440

P : (021) 5663124 - 5672548 - 5638335

MPWK : (021) 56967322, MTS : (021) 5655801 - 5655802, DTS : (021) 56967015 - 5645907

F : (021) 5663277, MTS : (021) 5655805, MPWK : (021) 5645956

E : ft@untar.ac.id

SURAT KETERANGAN
No. 002 - Perpust TDI/UNTAR/I/2021

Kepala Perpustakaan Teknik, Desain dan Informatika Universitas Tarumanagara menerangkan bahwa buku dengan Judul:

Deformasi Gaya Lintang, Januari 2021

Oleh : Ir. Fannywati Itang, M.M. dan Ir. Sunarjo Leman, M.T.
Staf Pengajar Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik
Universitas Tarumanagara

Disimpan sebagai Koleksi Perpustakaan TDI Universitas Tarumanagara Jakarta.
Demikian Surat Keterangan ini dibuat, agar dapat digunakan sesuai dengan keperluannya.

Jakarta, 17 Januari 2021

Kepala Perpustakaan,



Dr. Harsiti, M.Si.

DEFORMASI GAYA LINTANG



Oleh:

Ir. Fannywati Itang, M.M.

Ir. Sunarjo Leman, M.T.

Program Studi Sarjana Teknik Sipil

Fakultas Teknik

Universitas Tarumanagara

Jakarta

Januari

2021

DAFTAR ISI

DAFTAR ISI.....	ii
DAFTAR TABEL.....	iii
DAFTAR GAMBAR	iv
ABSTRAK	v
BAB I	1
PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Rumusan Masalah	1
1.3. Tujuan Penelitian.....	2
1.4. Kegunaan Penelitian.....	2
BAB II.....	3
KAJIAN PUSTAKA.....	3
2.1. Beberapa langkah untuk mendapatkan rumus singkat lendutan akibat momen:	3
2.2. ... Beberapa langkah untuk mendapatkan rumus singkat akibat lendutan geser	7
BAB III	10
METODE PENELITIAN.....	10
BAB IV	11
DATA DAN HASIL PENELITIAN.....	11
4.1. Perbandingan lendutan momen terhadap geser dengan Beban P di Ujung	11
4.2. Perbandingan lendutan momen terhadap geser dengan Beban Merata Q	11
BAB V.....	13
PENUTUP.....	13
DAFTAR PUSTAKA	14

DAFTAR TABEL

Tabel 1. Perbandingan Δb dibandingkan dengan Δs 12

Tabel 2. Perbandingan Δb dibandingkan dengan Δs pada $\frac{L}{d}$ sebesar 12 dan 10 13

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. Struktur Jepit Bebas dengan Beban Terpusat di Ujung.....	4
Gambar 2. Bidang Momen dari Struktur Jepit Bebas dengan Beban Terpusat di Ujung	4
Gambar 3. Struktur Jepit Bebas dengan Beban Merata di Sepanjang Bentang L.....	5
Gambar 4. Bidang Momen dari Struktur Jepit Bebas dengan Beban Merata Q di Sepanjang Bentang L	6
Gambar 5. Bidang Lintang dari Struktur Jepit Bebas dengan Beban P Terpusat di Ujung.....	8
Gambar 6. Bidang Lintang dari Struktur Jepit bebas yang di Bebani Beban Merata Sepanjang L.....	8
Gambar 7. Diagram Alir Penelitian	10

ABSTRAK

Pada dunia teknik sipil, ketika sebuah konstruksi dibebani, maka akan terjadi deformasi/lendutan. Lendutan pada struktur umumnya disebabkan oleh gaya dalam seperti momen lentur, gaya lintang, torsi atau gaya normal. Dalam menganalisis lendutan akibat momen, terdapat beberapa metode yang sering digunakan, yaitu *double integral method*, *conjugated beam*, *unit load* dan perkalian dua bidang momen. Namun, lendutan juga terjadi yang diakibatkan gaya lintang nya. Terdapat dua cara yang dapat digunakan, cara pertama yaitu perkalian luas bidang dan konstanta nya, dan cara yang kedua adalah mengintegalkan fungsi lintang akibat beban satu satuan yang diletakan di lokasi yang akan dicari lendutan nya dengan fungsi lintang beban, dari 0 sampai ke L. Seringkali lendutan akibat lintang diabaikan untuk rasio bentang terhadap tinggi balok (L/d) diatas 20, namun jika rasio perbandingan bentang terhadap tinggi dibawah 20 (menuju balok tinggi), maka lendutan akibat gaya lintang tidak boleh diabaikan.

Kata kunci: Lendutan, Gaya Lintang

BAB I

PENDAHULUAN

Defleksi atau lendutan adalah perubahan bentuk dalam arah y, seiring bertambahnya suatu beban pada struktur. Defleksi balok adalah lendutan balok dari posisi awal tanpa pembebanan, semakin besar pembebanan maka akan terjadi lendutan yang semakin besar. Definisi untuk kurva elastis suatu balok adalah rotasi penampang tegak dan lenturannya diakibatkan karena momen lentur.

$$d\theta = \frac{M dx}{EI}$$

1.1. Latar Belakang

Pada bidang teknik sipil, banyak model perletakan konstruksi yang digunakan, Studi kasus yang digunakan pada model ini adalah jepit bebas. Nilai dari lendutan suatu struktur sangat diperlukan untuk analisis struktur, adanya beberapa cara untuk menganalisis lendutan, salah satunya melalui gaya lintang. Analisis gaya lintang cukup jarang digunakan, karena menghasilkan lendutan yang kecil. Adanya dua metode yang ditinjau untuk menyelesaikan lendutan melalui gaya lintang, yang menghasilkan hasil yang sama, salah satunya adalah diperoleh dari pendekatan ujud nyata geometri deformasinya maupun melalui metode beban satuan (Wang, 1952). Namun, ada kalanya lendutan dari gaya lintang tidak boleh diabaikan, oleh karena itu, penelitian ini untuk menganalisis pengaruh lendutan gaya lintang

1.2. Rumusan Masalah

Bagaimana menganalisis lendutan akibat gaya lintang dan perbandingan lendutan akibat gaya lintang (Δ_s) dengan lendutan akibat momen lintang (Δ_b)?

Penelitian ini untuk menganalisis besaran lendutan pada struktur akibat gaya lintang dan gaya momen, serta membandingkan lendutan akibat lintang dengan lendutan akibat momen.

1.3. Tujuan Penelitian

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis lendutan yang diakibatkan oleh lintang dan momen serta perbandingannya (Δ_s) dengan (Δ_b)

1.4. Kegunaan Penelitian

Membuktikan bahwa ada kalanya lendutan dari gaya lintang tidak boleh diabaikan pada balok tinggi ($L/H < 20$).

BAB II

KAJIAN PUSTAKA

2.1. Beberapa langkah untuk mendapatkan rumus singkat lendutan akibat momen:

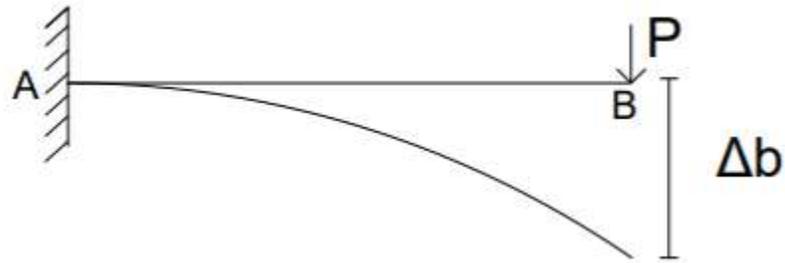
1. Tentukan struktur terlebih dahulu, pada penelitian ini menggunakan jepit bebas.
2. Menentukan beban yang akan bekerja pada struktur.
3. Menentukan fungsi momen dari struktur yang telah diberi beban.
4. Tentukan lendutan yang terjadi, dengan cara persamaan diferensial.

Langkah ke 4 berkaitan dengan teori *double integral method*.

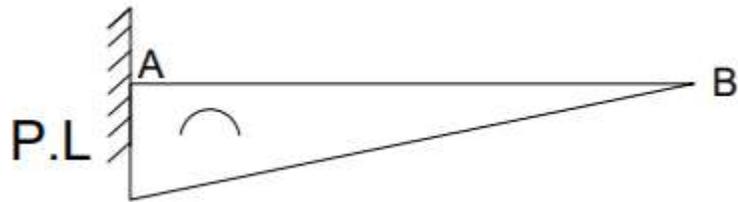
Untuk menghitung lendutan, ada beberapa metode yang digunakan, seperti *double integral method*, *momen area method* dan yang lain nya. Lendutan sepanjang bentang dan variabel saja yang diketahui, lebih cocok untuk menggunakan *double integral method*, dengan asal muasal rumus dari $dx = r \tan d\phi$, lalu diubah menjadi $-\left(\frac{d^2y}{dx^2}\right) = \frac{M}{EI}$

Persamaan $EI \left(\frac{d^2y}{dx^2}\right) = -M$, diintegrasikan sekali bisa didapatkan lintang (v) persamaannya yaitu $EI \left(\frac{dy}{dx}\right) = \frac{dM}{dx} = V$. Dari persamaan lintang, jika diturunkan sekali akan menghasilkan $EI(y) = \frac{dV}{dx} = q$.

2.1.1. Lendutan pada jepit bebas dengan beban terpusat di ujung



Gambar 1. Struktur Jepit Bebas dengan Beban Terpusat di Ujung



Gambar 2. Bidang Momen dari Struktur Jepit Bebas dengan Beban Terpusat di Ujung

$$M = -P \cdot x$$

$$EI \left(\frac{d^2y}{dx^2} \right) = -M$$

$$EI \left(\frac{d^2y}{dx^2} \right) = -P \cdot x$$

Diintegrasikan terhadap x

$$\int EI \left(\frac{d^2y}{dx^2} \right) = \int P \cdot x$$

$$EI \left(\frac{dy}{dx} \right) = \frac{Px^2}{2} + C1$$

Momen max terjadi pada kondisi $x = L$, tidak terjadi lendutan di A, maka

$$C1 = -\frac{PL^2}{2}$$

Kemudian persamaan di integralkan kembali

$$\int EI \left(\frac{dy}{dx}\right) = \int \frac{Px^2}{2} - \frac{PL^2}{2} dx$$

$$EIy = \frac{Px}{6}(x^2 - 3L^2) + C2$$

Pada $x = L$, lendutan = 0, maka

$$C2 = \frac{PL^3}{3}$$

Substitusi C2, sehingga persaman nya menjadi =

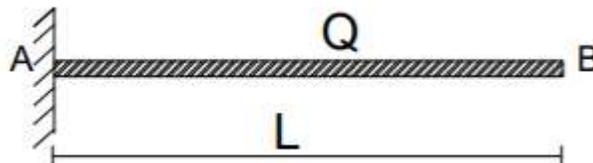
$$EIy = \frac{P}{6}(x^3 - 3xL^2 + 2L^3)$$

$$y = \frac{P}{6EI}(x^3 - 3xL^2 + 2L^3)$$

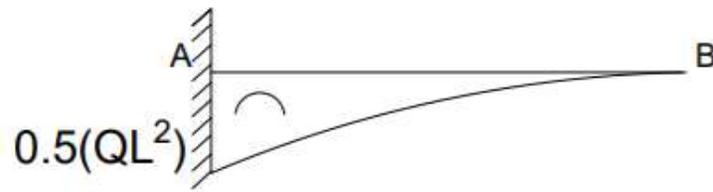
Lendutan maksimum saat $x = 0$

$$y = \Delta b = \frac{2PL^3}{6EI} = \frac{PL^3}{3EI} \quad (1)$$

2.1.2. Lendutan pada Jepit Bebas dengan Beban Merata disepanjang Bentang



Gambar 3. Struktur Jepit Bebas dengan Beban Merata di Sepanjang Bentang L



Gambar 4. Bidang Momen dari Struktur Jepit Bebas dengan Beban Merata Q di Sepanjang Bentang L

$$M = -0.5Qx^2$$

$$EI \left(\frac{d^2y}{dx^2} \right) = -M$$

$$EI \left(\frac{d^2y}{dx^2} \right) = 0.5Qx^2$$

Diintegrasikan terhadap x

$$\int EI \left(\frac{d^2y}{dx^2} \right) = \int 0.5Qx^2$$

$$EI \left(\frac{dy}{dx} \right) = \frac{Qx^3}{6} + C1$$

Momen max terjadi pada kondisi $x = L$, tidak terjadi lendutan di A, maka

$$C1 = -\frac{QL^3}{6}$$

Kemudian persamaan di integrasikan kembali

$$\int EI \left(\frac{dy}{dx} \right) = \int \frac{Qx^3}{6} - \frac{QL^3}{6} dx$$

$$EIy = \frac{Qx^4}{24} - \frac{QL^3x}{6} + C2$$

Pada $x = L$, lendutan = 0, maka

$$C2 = \frac{QL^4}{8}$$

Substitusi C2, sehingga persamaannya menjadi =

$$Ely = \frac{Qx^4}{24} - \frac{QL^3x}{6} + \frac{QL^4}{8}$$
$$y = \frac{Q}{24EI}(x^4 - 4xL^3 + 3L^4)$$

Lendutan maksimum saat $x = 0$

$$y = \Delta b = \frac{3QL^4}{24EI} = \frac{QL^4}{8EI} \quad (2)$$

2.2. Beberapa langkah untuk mendapatkan rumus singkat akibat lendutan geser

Terdapat dua rumus Δs ; yaitu

$$\Delta s = \frac{\alpha}{GA} \int V_v dx$$

Atau

$$\Delta s = \frac{\alpha}{GA} (\text{luas bidang lintang})$$

Dimana

V = fungsi lintang akibat beban;

v = fungsi lintang akibat beban satu satuan yang diletakkan yang akan dicari di lendutan

A = Luas;

α = koefisien/faktor bentuk penampang;

G = modulus geser;

2.2.1. Lendutan pada jepit bebas dengan beban terpusat di ujung



Gambar 5. Bidang Lintang dari Struktur Jepit Bebas dengan Beban P Terpusat di Ujung

Luasan bidang lintang adalah $= P \times L$

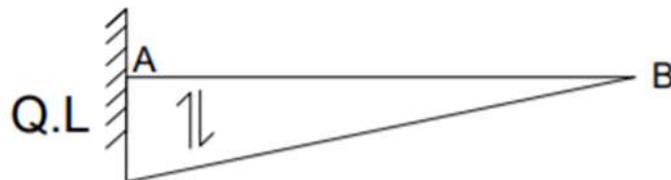
Maka untuk rumus pertama $\Delta s = \frac{PL\alpha}{GA}$ (3)

Rumus kedua $\Delta s = \frac{\alpha}{GA} \int_0^L P dx$

$$\Delta s = \frac{\alpha}{GA} [Px]_0^L$$

$$\Delta s = \frac{\alpha}{GA} PL \text{ (cocok)}$$

2.2.2. Lendutan pada jepit bebas dengan beban merata disepanjang bentang L



Gambar 6. Bidang Lintang dari Struktur Jepit bebas yang di bebani Beban Merata Sepanjang L

Luasan bidang lintang adalah $= \frac{Q \times L^2}{2}$

Maka untuk rumus pertama $\Delta s = \frac{QL^2\alpha}{2GA}$ (4)

Rumus kedua $\Delta s = \frac{\alpha}{GA} \int_0^L (QL - Qx) dx$

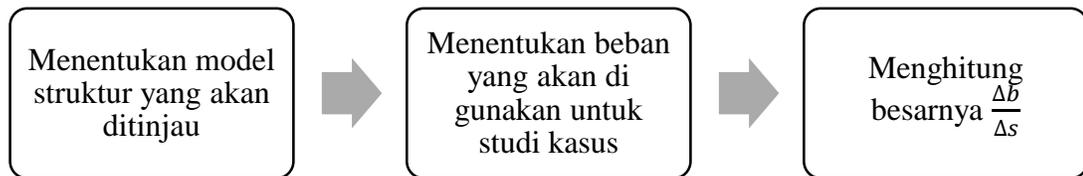
$$\Delta s = \frac{\alpha}{GA} \left[QLx - \frac{1}{2} Qx^2 \right]_0^L$$

$$\Delta s = \frac{\alpha}{GA} \frac{1}{2} QL^2 \text{ (cocok)}$$

BAB III

METODE PENELITIAN

Penelitian ini dilakukan untuk dua studi kasus, dimana kasus pertama dengan jepit bebas, yang memiliki beban terpusat diujung bebasnya, dan kasus kedua masih sama dengan jepit bebas, sementara beban yang digunakan adalah beban merata. Selanjutnya adalah menganalisis lendutan akibat momen dan lendutan akibat gesernya dan membandingkan antara lendutan akibat momen dan akibat geser. Sehingga didapatkan persamaan yang mengandung variabel $\frac{L}{d}$, lalu variabel $\frac{L}{d}$ divariasikan.



Gambar 7. Diagram Alir Penelitian

BAB IV

DATA DAN HASIL PENELITIAN

Pada penelitian ini, hasil analisis perbandingan Δs dan Δb dengan dua studi kasus beban untuk struktur yang sama, yaitu jepit bebas.

4.1. Perbandingan lendutan geser terhadap momen dengan Beban P di Ujung

$$\Delta b = \frac{PL^3}{3EI}; \Delta s = \frac{PL\alpha}{GA}$$

$$\frac{\Delta s}{\Delta b} = \frac{PL\alpha}{GA} \times \frac{3EI}{PL^3} = \frac{3EI\alpha}{L^2GA}$$

$$\text{Asumsi } \alpha = 1.2; G = 0.4E; E = 1; I = \frac{1}{12}bd^3; A = bd$$

$$= \alpha \frac{3}{L^2} \frac{E}{G} \frac{I}{A}$$

$$= \frac{3}{L^2} \times 1.2 \times \frac{1}{0.4} \frac{\frac{1}{12}bd^3}{bd}$$

$$\text{Diperoleh persamaan} = 0.75 \left(\frac{d}{L}\right)^2 \quad (5)$$

4.2. Perbandingan lendutan geser terhadap momen dengan Beban Merata Q

$$\Delta b = \frac{QL^4}{18EI}; \Delta s = \frac{QL^2\alpha}{2GA}$$

$$\frac{\Delta s}{\Delta b} = \frac{WL^2\alpha}{2GA} \times \frac{18EI}{QL^4} = \frac{9EI\alpha}{L^2GA}$$

$$\text{Asumsi } \alpha = 1.2; G = 0.4E; E = 1; I = \frac{1}{12}bd^3; A = bd$$

$$= \alpha \frac{9}{L^2} \frac{E}{G} \frac{I}{A}$$

$$= 1.2 \frac{9}{L^2} \frac{1}{0.4} \frac{1}{12} \frac{bd^3}{bd}$$

Diperoleh persamaan = $2.25 \left(\frac{d}{L}\right)^2$ (6)

Dari persamaan kelima dan keenam, diasumsikan perbandingan d adalah $\frac{1}{12}, \frac{1}{10}, \frac{1}{8}, \frac{1}{6}, \frac{1}{4}$ dan $\frac{1}{2}$ kalinya dari L. Sehingga didapatkan perbandingan antara keduanya.

Tabel 1. Perbandingan Δ_s dibandingkan dengan Δ_b

Perbandingan d terhadap L	Beban Terpusat di Ujung	Beban Merata
1/12	0.0052	0.0156
1/10	0.0075	0.0225
1/8	0.0117	0.0352
1/6	0.0208	0.0625
1/4	0.0469	0.1406
1/2	0.1875	0.5625

BAB V

PENUTUP

Berdasarkan analisis perbandingan Δ_s dibandingkan Δ_b , maka dapat disimpulkan :

1. Besarnya lendutan sendiri dipengaruhi oleh bentuk beban, dimana beban merata disepanjang bentang L menghasilkan lendutan yang lebih besar dari beban terpusat di ujung. Hal ini dapat dilihat pada tabel 1.
2. $\frac{d}{L} = \frac{1}{12}$ dapat diartikan L setara dengan 12 kalinya d, semakin pendek L, semakin besar juga Δ_s , hal ini dapat dibuktikan pada:

Tabel 2. Perbandingan Δ_s dibandingkan dengan Δ_b pada $\frac{d}{L}$ sebesar $\frac{1}{12}$ dan $\frac{1}{10}$

Perbandingan d terhadap L	Beban Terpusat di Ujung	Beban Merata
1/12	0.0052	0.0156
1/10	0.0075	0.0225

3. Pada saat d/L makin besar (seperti $\frac{1}{2}$), terlihat bahwa perbandingan lendutan geser terhadap lendutan momen makin besar dan mencapai 18.75% dan ini sudah kategori balok tinggi sehingga Analisa lendutan akibat lintang/geser harus diikutsertakan pada saat analisis lendutan pada struktur.
4. Menurut ACI 314-18, bab 9.9.1.1, balok tinggi juga mempunyai salah syarat yaitu bentang bersih l_n (bentang bersih) sama dengan atau kurang dari empat kali tinggi balok h , maka ketika balok sudah dikatakan balok tinggi, lendutan akibat lintang tidak boleh diabaikan.
5. Mencari lendutan akibat gaya lintang, menggunakan luas lintang dan integral fungsi lintang nya akan menghasilkan nilai yang sama.

DAFTAR PUSTAKA

- A. Ghali, A. M. Neville and T.G. Brown, 2009. *Structural Analysis, A Unified Classical and Matrix Approach*. 6th ed. Abingdon: Taylor & Francis.
- American Concrete Institute, 2015. *Building Code Requirements for Structural Concrete and Commentary*. Skokie, Illinois, USA: PCA.
- Wang, C. K., 1952. *Statically Indeterminate Structures*. Boulder, Colorado: Mc Graw-HILL Kogakusha Ltd.