



<http://jurnal.unpepabri.ac.id/index.php/tekstur>

Jurnal Tekstur Kota Universitas Pepabri Makassar



Analisa Struktur Portal Menggunakan Metode Matriks dan Metode *Slope Deflection*

Andi Ibrahim Yunus, Erniati, Ibrahim Facruddin, Muhammad Dasri DZ

^{1,2} Universitas Fajar

^{3,4} PT. Yodya Karya

andiibrahimyunus@yahoo.com

Keyword:

Portal Structure;
Matrix Method;
Slope Deflection
Method.

Abstract: *The aims of the research are: to find out the calculation results of the matrix method and the slope deflection method on the portal structure and to know the comparison of the calculation results of the two methods. The data/research object are: the matrix method and the slope deflection method. The research method uses analytical methods. The results of the study obtained a comparison of the calculation results of the matrix method which is greater than the slope deflection method. Discussion of the results of the calculation, namely the two methods are based on the principles of compatibility and equilibrium analysis respectively. The conclusions of the research results are: 1) in analyzing a portal structure using the matrix method with the slope deflection method each has the principle that the displacement at a joint point is treated as an unknown part, 2) from the calculation results obtained on both The method shows the principle of providing a force due to shear from each method, 3) in the slope deflection method, the displacement is assumed to be directly = Δ , the value of Δ can be known in real terms. Whereas in the displacement matrix method it is assumed that the value is one unit, the value of one unit cannot be known directly like the slope deflection method. Each of these two methods based on compatibility and equilibrium analysis, 4) the average difference in the calculation results of the two methods is 1.64%, the value of the matrix method is greater than the slope deflection method, and 5) if the portal and the force acting symmetrically with the same EI, then the displacement (Δ) in the slope deflection method does not occur. The researcher's suggestions are: understand matrix operations so as to facilitate the analysis of the portal structure of the two methods and be consistent in giving bar numbers, joint dot letters, and other notations to avoid errors processing data.*

Kata Kunci:

Struktur Portal;
Metode Matriks;
Metode Slope
Deflection.

Abstrak: Tujuan penelitian yaitu: untuk mengetahui hasil perhitungan metode matriks dan metode *slope deflection* pada struktur portal dan untuk mengetahui perbandingan hasil perhitungan kedua metode tersebut. Data/objek penelitian yaitu: metode matriks dan metode *slope deflection*. Metode penelitian menggunakan cara analisa. Hasil penelitian diperoleh perbandingan hasil perhitungan metode matriks lebih besar terhadap metode slope deflection. Pembahasan hasil perhitungan yaitu kedua metode tersebut masing-masing berdasarkan prinsip analisis kompatibiliti dan *equilibrium* (keseimbangan). Kesimpulan hasil penelitian, yaitu: 1) dalam menganalisis suatu struktur portal menggunakan metode matriks dengan

metode *slope deflection* masing-masing memiliki prinsip bahwa perpindahan di suatu titik kumpul (joint) diperlakukan sebagai bagian yang tidak diketahui, 2) dari hasil perhitungan yang diperoleh pada kedua metode tersebut, menunjukkan prinsip pemberian gaya akibat geser dari masing-masing metode, 3) pada metode *slope deflection* perpindahan diasumsikan secara langsung = Δ , nilai Δ dapat diketahui secara riil besarnya. Sedangkan pada metode matriks perpindahan diasumsikan dengan nilai satu satuan, nilai satu satuan tidak dapat diketahui secara langsung seperti metode *slope deflection*. Pada kedua metode tersebut masing-masing mendasarkan analisa kompatibiliti (kesesuaian) dan *equilibrium* (keseimbangan), 4) rata-rata selisih hasil perhitungan dari kedua metode sebesar 1,64%, nilai metode matriks lebih besar dari metode *slope deflection*, dan 5) jika portal dan gaya yang bekerja simetris dengan EI yang sama, maka perpindahan (Δ) pada metode *slope deflection* tidak terjadi. Saran peneliti yaitu: memahami operasi matriks supaya memudahkan penganalisaan struktur portal dari kedua metode tersebut dan konsisten dalam pemberian nomor batang, huruf titik joint, dan notasi lainnya untuk menghindari kesalahan mengolah data.

Informasi Artikel: Diterima: 12-11-2022, Disetujui: 26-12-2022, Dipublikasikan: 15-01-2023

PENDAHULUAN

Struktur pada konstruksi bangunan sipil merupakan sarana untuk menyalurkan beban sampai ke tanah dasar, salah satu jenis struktur yaitu struktur portal. Struktur portal tersusun secara monolit terdiri dari balok dan kolom yang merupakan suatu sistem saling mendukung dalam menerima gaya-gaya yang bekerja akibat beban struktur dan beban luar. Struktur portal sebagai sistem struktur utama untuk menahan gaya lateral terutama pada bangunan gedung bertingkat, berupa pergoyangan akibat momen lentur pada balok dan kolom serta akibat deformasi dari sumbu kolom. Metode dalam menganalisa beragam bentuk struktur portal dan struktur lainnya dilakukan secara komputasi dan kompensional. Metode kompensional yang digunakan seperti: matriks, *slope deflection*, takabeya, dan sebagainya, yang mempunyai sistem dan analisis struktur yang berbeda serta penyelesaian yang bervariasi. Untuk memperoleh hasil perhitungan metode matriks dan metode *slope deflection* pada struktur portal, Untuk mengetahui perbandingan hasil perhitungan metode matriks dengan metode *slope deflection* pada struktur portal.

Adapun kontribusi dari hasil penelitian ini sebagai berikut: Sebagai masukan kepada peneliti dalam mengembangkan penelitian selanjutnya, Sebagai masukan kepada penyedia jasa konstruksi dalam memperoleh informasi dan solusi yang tepat terhadap masalah yang akan dihadapi. Dari hasil penelitian diperoleh perbandingan hasil perhitungan metode matriks lebih besar terhadap metode *slope deflection* dengan nilai rata-rata sebesar 1,64%. Adapun pernyataan peneliti, berdasarkan hasil penelitian yang akan diperoleh, yaitu jika diperoleh hasil

perhitungan metode matriks dan metode *slope deflection* pada struktur portal, maka dapat diketahui perbandingan hasil perhitungan metode matriks dengan metode *slope deflection* pada struktur portal.

1. Struktur Portal

Struktur portal merupakan kerangka kaku yang dapat memberikan kekuatan pada bangunan gedung bertingkat, sehingga berdiri kokoh dan stabil dalam menerima dan menyalurkan beban yang bekerja.

2. Metode Perhitungan Momen pada Struktur Portal

Metode perhitungan momen yang digunakan dalam menganalisis struktur portal, yaitu: metode matriks, metode *slope deflection*, metode *cross*, metode kani, dan metode takabeya.

3. Persamaan Linier Simultan

Beberapa metode yang digunakan untuk menghitung suatu persamaan linier simultan yang non-homogen, yaitu: metode eliminasi *gauss*, metode *gauss jourdan*, metode *cramer*, dan metode invers matriks.

4. Metode *Slope Deflection*

Metode *slope deflection* digunakan untuk menganalisa semua tipe balok dan portal statis tertentu.

5. Metode Matriks Kekakuan

Metode matriks merupakan hasil pemikiran pada analisis struktur untuk menyelesaikan operasi perhitungan dan pengolahan data dengan cepat, tepat dan akurat dengan menggunakan *software* komputer.

Tiga garis besar urutan kerja dari metode matriks kekakuan, yaitu: kompatibility, persamaan hubungan *stress* dan *strain*, dan keseimbangan.

6. Dasar Perhitungan Metode Matriks Kekakuan

- a. Langkah pertama yaitu menyelidiki kompatibility dari struktur yang akan dianalisa.
- b. Langkah kedua yaitu menyelidiki hubungan gaya dalam dan deformasi.
- c. Langkah ketiga yaitu menyelidiki keseimbangan gaya luar [Q] dengan gaya dalam [H].

7. Penyusunan Matriks Kekakuan

Adapun urutan penyusunan matriks kekakuan, sebagai berikut:

- a. Matriks Deformasi [A]
- b. Matriks Kekokohan Interen Elemen [S]

- c. Matriks Statis [B]
- d. Matriks Kekakuan [K]
8. Penurunan Persamaan *Slope Deflection*

Adapun cara penurunan persamaan *slope deflection*, sebagai berikut:

- a. Tanpa rotasi sumbu batang.
- b. Dengan rotasi sumbu batang.
9. Penerapan Metode *slope deflection* Pada Analisa Kerangka Kaku.

Adapun bentuk penerapan metode *slope deflection* pada analisa kerangka kaku, sebagai berikut:

- a. Statis tak tentu tanpa pergoyangan.
- b. Statis tak tentu dengan pergoyangan.

Pengembangan Hipotesis.

Berdasarkan literatur dan hasil penelitian terdahulu, adapun proposisi diperoleh perbandingan hasil perhitungan metode matriks lebih besar terhadap metode *slope deflection*.

Permasalahan Penelitian.

Berdasarkan latar belakang di atas, adapun rumusan masalah penelitian sebagai berikut:

1. Berapa hasil perhitungan metode matriks dengan metode *slope deflection* pada struktur portal?
2. Bagaimana perbandingan hasil perhitungan metode matriks dengan metode *slope deflection* pada struktur portal?

Penelitian Terdahulu.

Adapun beberapa hasil penelitian terdahulu yang terkait dengan penelitian ini sebagai berikut:

1. Jemy Wijaya dan Fanywati Itang (2014), Penggunaan Metode *Slope Deflection* Pada Struktur Statis Tak Tentu Dengan Kekakuan Yang Tidak Merata Dalam Satu Balok. Hasil penelitian yaitu metode *slope deflection* bisa digunakan pada balok dengan kekakuan yang berbeda dalam satu balok.
2. Jemy Wijaya dan Fanywati Itang (2015), Penggunaan Metode *Slope Deflection* Pada Struktur Portal Bergoyang Statis Tak Tentu Dengan Kekakuan Yang Tidak Merata Dalam Satu Balok dan Kolom. Hasil penelitian yaitu hasil yang didapat dengan metode *slope deflection* ini

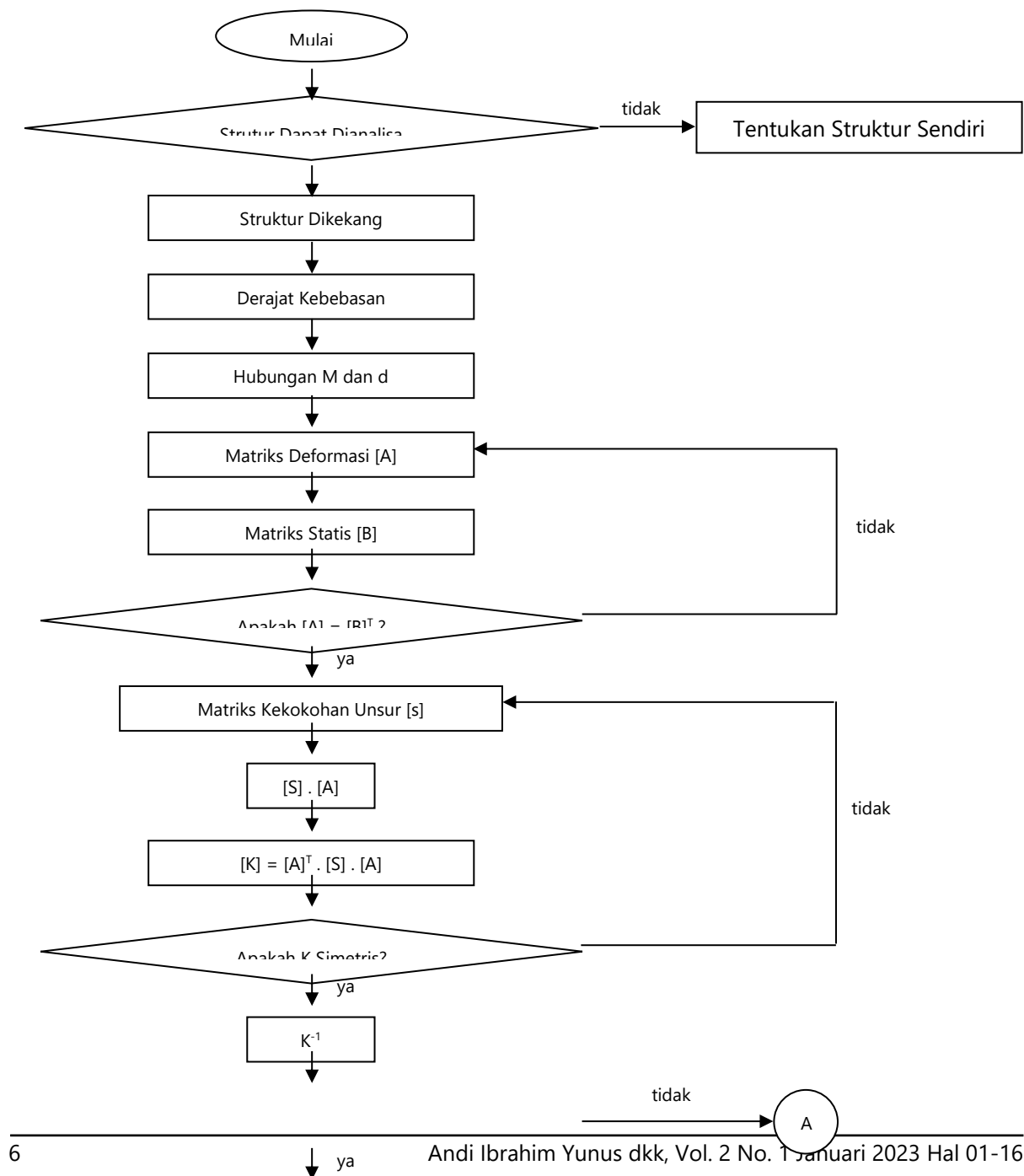
sangat akurat dan metode *slope deflection* bisa digunakan pada struktur portal bergoyang dengan kekakuan yang berbeda dalam satu balok dan kolom.

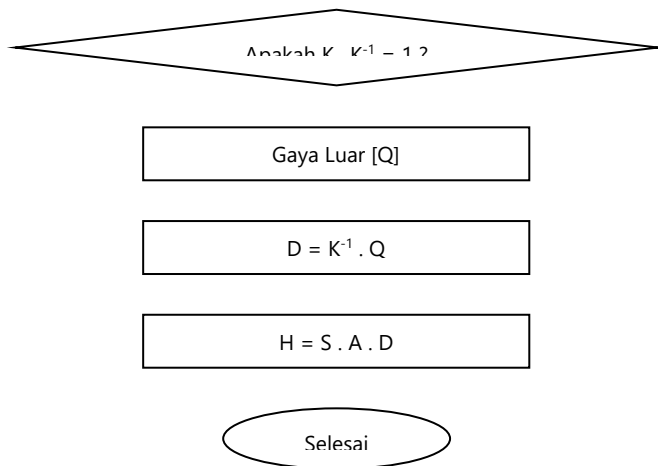
3. Johny Theodorus Harahap, M.D.J Sumajouw, dan S.E. Wallah (2016), Analisis Struktur Rangka Cara Kekakuan: Sebagai Alat Bantu Alternatif Dalam Perhitungan Struktur. Hasil penelitian yaitu Metode kekakuan berbantuan excel dengan penggunaan yang efektif dapat digunakan menghitung struktur portal bidang. Keuntungan tambahan, secara otomatis menampilkan tahapan perhitungan .
4. Chandra Hansun Tanudjaja, S.E. Wallah, R.S. Windah, W. J. Tamboto (2013), Analisa Portal Gable Menggunakan Metode *Consistent Deformation*, *Slope Deflection*, dan *Moment Distribution*. Hasil penelitian yaitu cara menganalisa portal gable dengan menggunakan CDM dan SDM pakai bantuan program matematika Maple dan dengan menggunakan MDM pakai spreadsheet microsoft excel, menghasilkn momen, gaya vertikal, dan gaya horisontal, serta rotasi dan translasi di titik simpul (cara perhitungan rotasi dan translasi tidak tersedia dalam MDM).
5. Dwi deshariyanto dan Ach. Desmantri Rahmanto (2021), Perbandingan Gaya Dalam Struktur Statis Tertentu Menggunakan Metode Manual dan Program (SAP 2000). Hasil penelitian yaitu penyelesaian struktur statis tertentu dengan menggunakan metode manual dengan program (sSAP) 2000 menghasilkan adanya perbedaan besaran reaksi dan gaya dalam, perbedaan tersebut disebabkan adanya perbedaan tingkat ketelitian dan cara penyelesaian, sedangkan adanya perbedaan tanda gaya pada reaksi dan gaya dalam disebabkan cara penggambaran diagram gaya dalam yang berbeda. reaksi, gaya normal, gaya lintang dan momen menggunakan manual dengan program dengan menggunakan uji t menghasilkan reaksi, gaya normal, gaya lintang dan momen mempunyai varian yang sama dan tidak ada perbedaan antara rata-rata besar gaya yang dihasilkan.
6. Stefani Virgin, Ferdiana Soekresno, Wong Foek Tjong, dan Liliانا. Pengembangan Website Untuk Pembelajaran Analisis Struktur Rangka dengan Metode Kekakuan Langsung. Hasil penelitian yaitu: 1) program pada website ini pada sudah dapat membantu dalam perhitungan analisis struktur rangka pada ruang lingkupnya, 2) hasil perhitungan program yang dibuat telah menunjukkan hasil yang sama dengan hasil Program SAP 2000, pada rangka batang tidak stabil dapat dideteksi dengan hasil displacement yang sangat besar dan nilai diagonal utama eliminasi *gauss* yang mendekati nol, dan 3) penggunaan website ini akan sangat membantu proses pembelajaran materi analisa struktur ril dan metode

elemen hingga, karena terdapat langkah-langkah yang perhitungan yang jelas yang tidak dimiliki website lainnya, seperti perhitungan matriks, diagram gaya, serta fitur *theory, how to use, dan verification*.

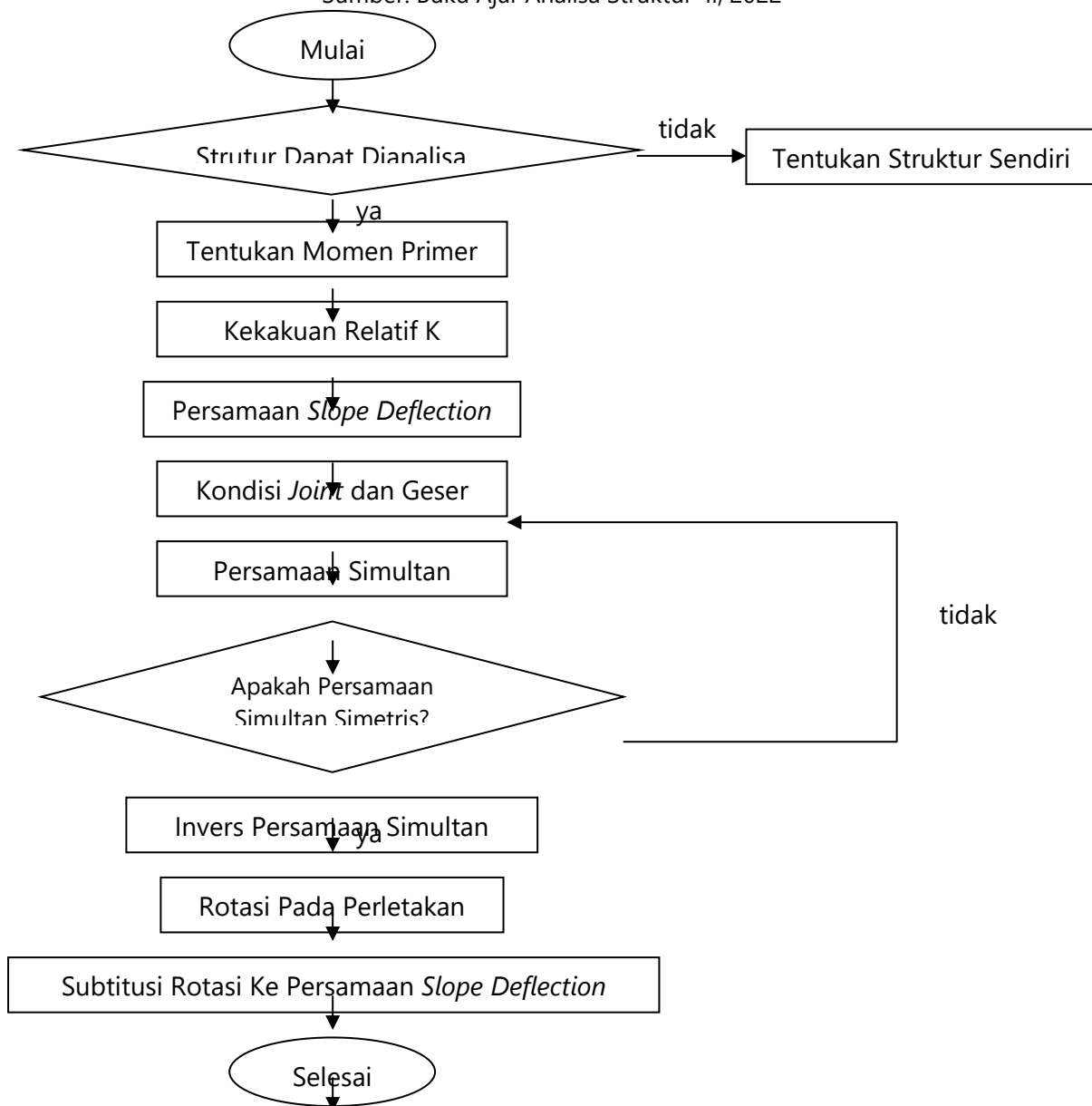
7. Agus Setiawan (2011), Analisis Struktur Balok Non Prismatis Menggunakan Metode Persamaan *Slope – Deflection*. Hasil penelitian yaitu menyatakan bahwa *slope-deflection* dapat digunakan untuk menganalisis suatu balok non prismatis statis tak tentu menggunakan beberapa faktor modifikasi. Hasil yang diberikan cukup mendekati hasil yang diperoleh menggunakan program komersial.

METODE PENELITIAN





Gambar. 1
 Flow Chart (Bagan Alir) Perhitungan Struktur Portal Dengan Metode Matriks
 Sumber: Buku Ajar Analisa Struktur-II, 2022



Gambar. 2

Flow Chart (Bagan Alir) Perhitungan Struktur Portal Dengan Metode *Slope Deflection*
Sumber: Buku Ajar Analisa Struktur-II, 2022

Subyek/Obyek/Sampel Penelitian.

Subjek penelitian berupa struktur portal. Objek penelitian berupa metode matriks dan metode *slope deflection*. Sampel penelitian berupa gaya-gaya dalam (momen (M), lintang (D), dan normal (N)) yang bekerja pada struktur portal.

Definisi operasional.

Adapun beberapa definisi operasional yang terkait dengan penelitian ini sebagai berikut:

1. Struktur portal, yaitu rangka utama dari gedung yang terdiri atas komponen-komponen balok dan kolom yang saling bertemu pada titik simpul (buhul), dan berfungsi sebagai penahan beban dari gedung.
2. Metode matriks, yaitu suatu pemikiran baru pada analisa struktur, yang berkembang bersamaan dengan populernya penggunaan komputer otomatis untuk operasi perhitungan aritmetika.
3. Metode *slope deflection*, yaitu salah satu metode yang bisa dipakai dalam menganalisis struktur balok dengan kekakuan yang tidak merata.

Variabel Pengukuran.

Variabel pengukuran berupa panjang bentang (L) dan tinggi (h) struktur portal, serta gaya-gaya yang bekerja akibat beban struktur dan beban luar berupa beban titik (P) dan beban merata per meter (q).

Teknik/Instrumen Penelitian.

Adapun instrumen penelitian yang digunakan berupa eksperimen, dengan melakukan percobaan atau uji coba dalam bentuk pertanyaan terhadap beragam bentuk struktur portal.

Analisa Data.

Data yang telah diperoleh di analisa secara komposional menggunakan metode matriks dan metode *slope deflection*.

Pengujian Hipotesis.

Berdasarkan pengembangan hipotesis di atas, dilakukan pengujian hipotesis dengan menyelesaikan pertanyaan berdasarkan beragam bentuk struktur portal dengan mencari nilai gaya-gaya dalam (momen (M), lintang (D), dan normal (N)) yang bekerja pada struktur portal yang terjadi menggunakan metode matriks dengan metode *slope deflection*.

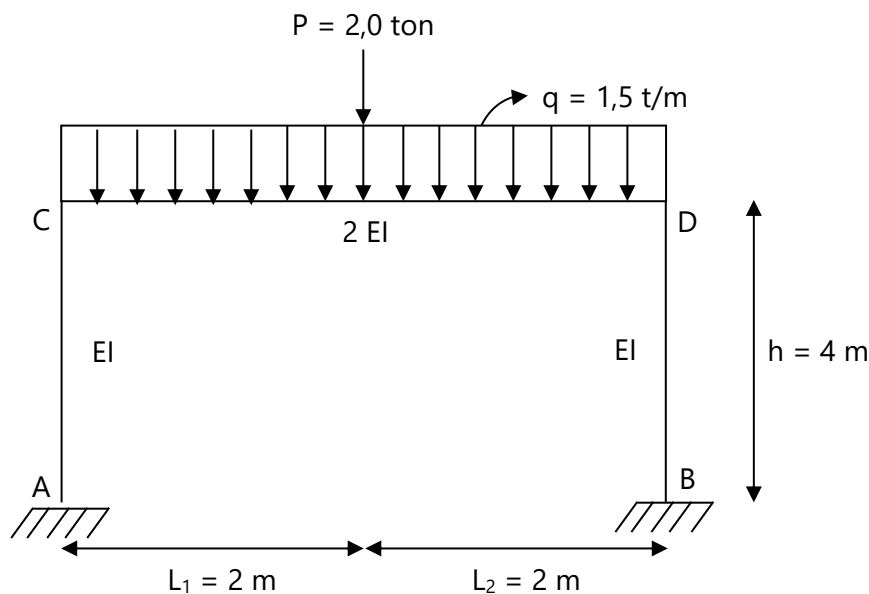
HASIL DAN PEMBAHASAN

Subjek penelitian berupa struktur portal. Objek penelitian berupa metode matriks dan metode *slope deflection*. Sampel penelitian berupa gaya-gaya dalam (momen (M), lintang (D), dan normal (N)) yang bekerja pada struktur portal. Responden penelitian berupa bentuk pertanyaan berdasarkan ragam bentuk struktur portal.

Hasil Analisa Data.

Adapun hasil analisa data struktur portal menggunakan metode matriks dan metode *slope deflection* sesuai dengan tipe struktur portal, sebagai berikut:

1. Struktur Portal Tipe 1



Gambar. 3

Struktur Portal Tipe 1

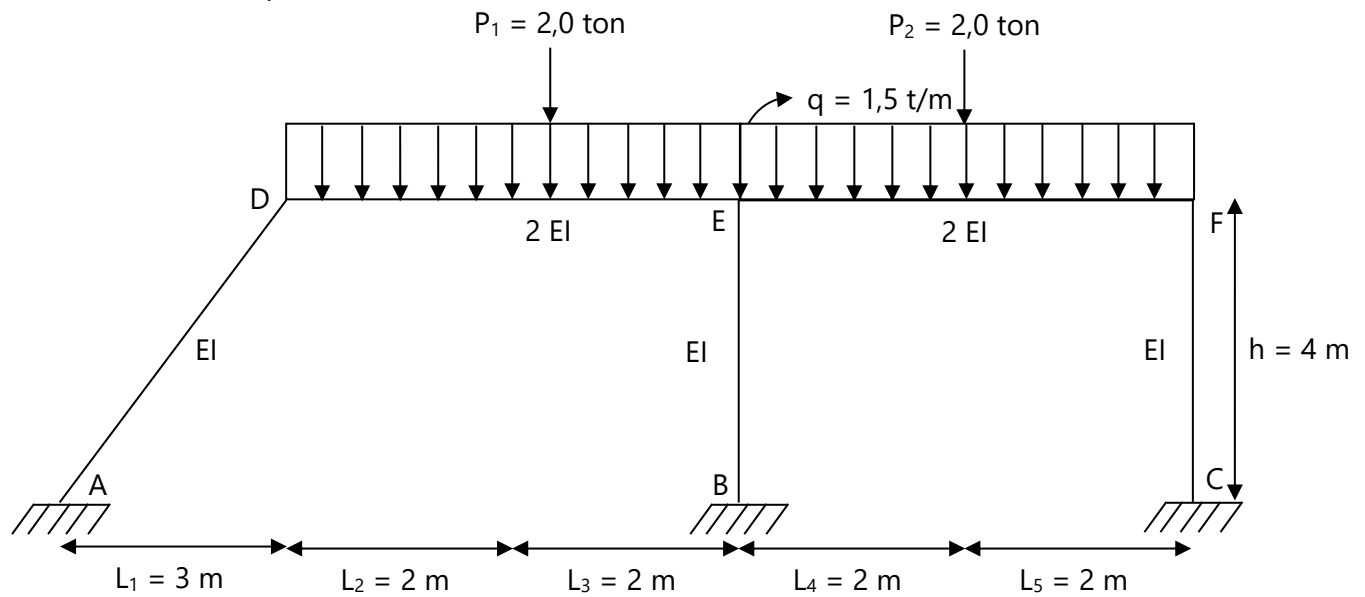
Sumber: Buku Ajar Analisa Struktur-II, 2022

Tabel 1. Tabel Hasil Perhitungan metode matriks dan metode *slope deflection* struktur portal Tipe 1.

Momen Akhir	Metode Matriks (ton meter tm)	Metode <i>Slope Deflection</i> (ton meter tm)
M _{AB}	-0,75	-0,75
M _{BA}	-1,50	-1,50
M _{BC}	+1,50	+1,50
M _{CB}	-1,50	-1,50
M _{CD}	+1,50	+1,50
M _{DC}	+0,75	+0,75

Sumber: Analisa Data, 2022

2. Struktur Portal Tipe 2



Gambar. 4

Struktur Portal Tipe 2

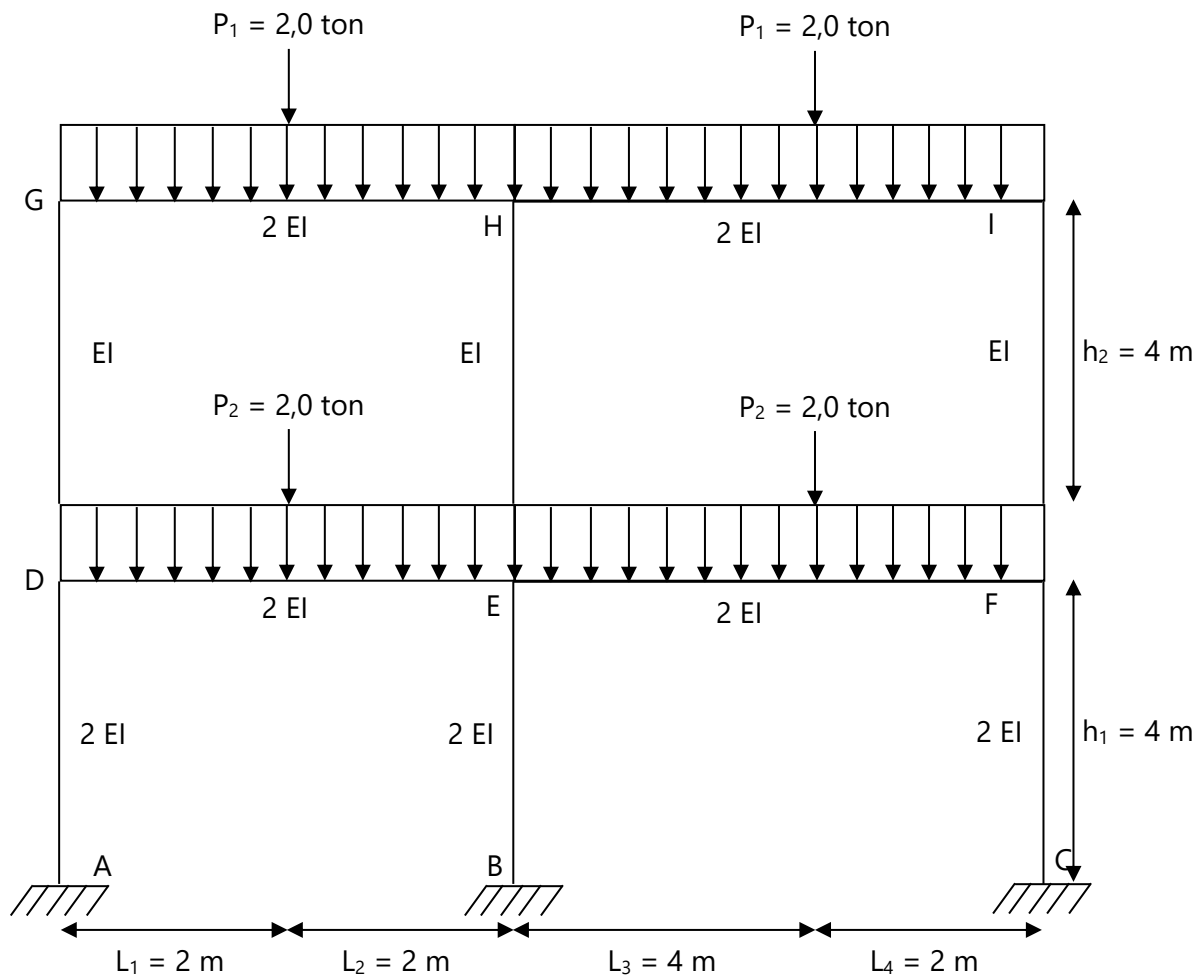
Sumber: Buku Ajar Analisa Struktur-II, 2022

Tabel 2. Tabel Hasil Perhitungan metode matriks dan metode *slope deflection* struktur portal Tipe 2.

Momen Akhir	Metode Matriks (ton meter tm)	Metode <i>Slope Deflection</i> (ton meter tm)
M _{AD}	+0,7678	+0,7559
M _{DA}	+0,4986	+0,4334
M _{DE}	-0,4986	-0,4334
M _{ED}	-5,4078	-5,4290
M _{EB}	+1,5835	+1,5470
M _{BE}	+1,4062	+1,4467
M _{EF}	+3,8183	+3,8820
M _{FE}	-1,8191	-1,8324
M _{FC}	+1,8191	+1,8324
M _{CF}	+1,5089	+1,5895

Sumber: Analisa Data, 2022

3. Struktur Portal Tipe 3



Gambar. 5

Struktur Portal Tipe 3

Sumber: Buku Ajar Analisa Struktur-II, 2022

Tabel 3. Tabel Hasil Perhitungan metode matriks dan metode *slope deflection* struktur portal Tipe 3.

Momen Akhir	Metode Matriks (ton meter tm)	Metode <i>Slope Deflection</i> (ton meter tm)
M_{AD}	-0,5530	-0,5627
M_{DA}	-0,7670	-0,7987
M_{DE}	+1,9150	+1,8842
M_{ED}	-3,4190	-3,4418
M_{DG}	-1,1480	-1,0855
M_{GD}	-1,1730	-1,1491
M_{GH}	+1,1730	+1,1491
M_{HG}	-5,4901	-5,4347
M_{HE}	-0,5762	-0,5642

M_{EH}	-2,3690	-2,5171
M_{EB}	-0,8210	-0,7682
M_{BE}	-0,5800	-0,5470
M_{EF}	+6,7059	+6,7268
M_{FE}	-4,1458	-4,1667
M_{FC}	+1,9265	+1,8937
M_{CF}	+0,7936	+0,7834
M_{FI}	+2,2193	+2,2729
M_{IF}	+2,9371	+3,0430
M_{HI}	+6,0663	+5,9989
M_{IH}	-2,9371	-3,0430

Sumber: Analisa Data, 2022

Analisa Hasil Perhitungan.

Perhitungan momen pada portal dengan menggunakan metode matriks dan *slope deflection*, menunjukkan cara analisa dan prosedur yang berbeda.

Pada metode matriks ada tiga hal pokok yang mendasar untuk analisa dengan metode matriks kekakuan, hal tersebut yaitu sebagai berikut:

1. Kompabiliti, yaitu mencari hubungan antara deformasi dan lendutan, atau akibat dari lendutan pada titik-titik diskrit, maka timbul deformasi.
2. *Equilibrium*, yaitu keseimbangan antar gaya luar dan gaya dalam atau mencari besaran gaya luar di ujung elemen yang dapat diimbangi oleh gaya dalam elemen titik diskrit.
3. Hubungan *strees* dan *strain*.

Untuk memberikan hubungan antaran kompabiliti dan *equilibrium* maka dibutuhkan matriks [K].

$[Q]=[K] \cdot [D]$, hal ini mendasari analisis dari metode matriks kekakuan.

Metode *slope deflection* dalam menganalisa portal mempunyai prinsip analisa sebagai berikut:

Metode *slope deflection* dalam menganalisa portal mempunyai prinsip Analisa sebagai berikut:

1. Kompabiliti.

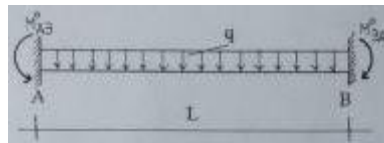
Dianggap titik-titik pertemuan antar balok dan kolom untuk suatu portal adalah kaku, sehingga sudut-sudut antar bagian struktur yang bertemu, tidak berubah pada saat struktur di bebani.

2. Keseimbangan (*equilibrium*).

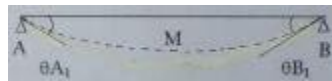
Jumlah momen-momen akhir pada suatu titik pertemuan sama dengan nol.

Analisa pada metode *slope deflection* ialah mencari putaran sudut $\theta = f(V)$ dan perpindahan $\Delta = f(m)$.

a. Batang AB



b. Akibat beban luar



c. Akibat momen (MA)



d. Akibat momen (MB)



Instrumen Pengujian.

Adapun instrumen pengujian yang digunakan berupa eksperimen, dengan melakukan percobaan atau uji coba dalam bentuk pertanyaan dengan membandingkan hasil perhitungan metode matriks dengan metode *slope deflection* terhadap beragam bentuk struktur portal.

Hipotesis.

Adapun proposisi diperoleh perbandingan hasil perhitungan metode matriks lebih besar terhadap metode *slope deflection*.

Temuan.

Adapun temuan yang ditargetkan pada penelitian ini yaitu memperoleh dan membandingkan hasil perhitungan metode matriks dengan metode *slope deflection*.

Interpretasi Temuan.

Berdasarkan temuan di atas diperoleh hasil perhitungan gaya-gaya dalam (momen (M), lintang (D), dan normal (N)) yang bekerja pada struktur portal yang digambarkan dalam bentuk gambar bidang momen (M), lintang (D), dan normal (N).

Hasil penelitian.

Adapun hasil penelitian yang diperoleh yaitu analisa gaya-gaya dalam (momen (M), lintang (D), dan normal (N)) yang bekerja pada struktur portal menggunakan metode matriks dan metode *slope deflection*, menunjukkan sistem dan analisis struktur yang berbeda serta hasil perhitungan yang bervariasi.

PENUTUP

1. Dalam menganalisis suatu struktur portal menggunakan metode matriks dengan metode *slope deflection* masing-masing memiliki prinsip bahwa perpindahan di suatu titik kumpul (*joint*) diperlakukan sebagai bagian yang tidak diketahui.
2. Dari hasil perhitungan yang diperoleh pada kedua metode tersebut, menunjukkan prinsip pemberian gaya akibat geser dari masing-masing metode.
3. Pada metode *slope deflection* perpindahan diasumsikan secara langsung = Δ , nilai Δ dapat diketahui secara riil besarnya. Sedangkan pada metode matriks perpindahan diasumsikan dengan nilai satu satuan, nilai satu satuan tidak dapat diketahui secara langsung seperti metode *slope deflection*.
4. Pada kedua metode tersebut masing-masing mendasarkan analisa kompatibilitas (kesesuaian) dan ekuilibrium (keseimbangan).
5. Rata-rata selisih hasil perhitungan dari kedua metode sebesar 1,64%, nilai metode matriks lebih besar dari metode *slope deflection*.
6. Jika portal dan gaya yang bekerja simetris dengan EI yang sama, maka perpindahan (Δ) pada metode *slope deflection* tidak terjadi.

Implikasi.

Ada beberapa hal yang berhubungan dengan penelitian ini, antara lain: gaya-gaya dalam (momen (M), lintang (D), dan normal (N)) yang bekerja pada struktur portal dan prinsip analisa kompatibilitas (kesesuaian) dan ekuilibrium (keseimbangan).

Batasan Penelitian.

Adapun batasan masalah dari penelitian ini sebagai berikut:

1. Objek penelitian ini yaitu metode matriks dan metode *slope deflection*.

2. Subjek penelitian yaitu struktur portal.
3. Metode penelitian berupa analisis data secara komposisional.
4. Hasil penelitian berupa nilai dan gambar gaya-gaya dalam (momen (M), lintang (D), dan normal (N)) yang bekerja pada struktur portal.

Saran.

Adapun saran berdasarkan hasil penelitian yang diperoleh sebagai berikut:

1. Untuk memudahkan penganalisaan struktur portal dari kedua metode tersebut, perlu memahami operasi matriks.
2. Untuk menghindari kesalahan dalam mengolah data, perlu konsisten dalam pemberian nomor batang, huruf titik joint, dan notasi lainnya pada struktur portal.

DAFTAR PUSTAKA

Sumber Buku

- Bobby. 1986. Penyelesaian Soal-Soal Latihan *Statically Indeterminate*. Cetakan Pertama. Offset. Surabaya.
- Deskarta, P. 2016. Analisis Struktur 2 (Slope Deflection). Buku Diktat. Universitas Udayana.
<https://simdos.unud.ac.id>
- Hsieh, Y.Y. 1985. Teori Dasar *Structure*. Erlangga. Jakarta.
- Nasution, A. 2009. Metode Matriks Kekakuan Analisis Struktur. Penerbit ITB. Bandung.
- Suparto, FX. dan Teddy Boen. 1980. Analisa Struktur dengan Metode Matriks. Universitas Indonesia. Jakarta.
- Tjitradi, D. 2022. Buku Ajar Analisa Struktur – II. Lambung Mangkurat University Press. Kalimantan Selatan.
<https://ft.ulm.ac.id>
- Wang, C.K. 1983. *Statically Indeterminate Structure* (Terjemahan Lengkap). Surabaya.
- Wang, C.K, dkk. 1987. Analisa Struktur Lanjutan. Jilid I. Erlangga. Jakarta.
- William, W. 1989. Analisa Matriks Untuk Struktur Rangka. Edisi Kedua. Universitas Kristen Indonesia. Jakarta.

Sumber Jurnal Nasional

- Deshariyanto, D. dan Ach. Desmantri Rahmanto. Perbandingan Gaya Dalam Struktur Statis Tertentu Menggunakan Metode Manual dan Program (SAP 2000). Jurnal Media Informasi Teknik Sipil Unija Volume 9 Nomor 1 April, 21-29. e-ISSN 2685-9173.
<https://e-pdfs.hu>
- Harahap, J.T. dkk. (2016). Analisis Struktur Rangka Cara Kekakuan: Sebagai Alat Bantu Alternatif Dalam Perhitungan Struktur. Jurnal Ilmiah Media Engineering Volume 6 Nomor 3 September, 529-534. ISSN: 2087-9334.
<https://media.neliti.com>
- Tanudjaja, C. H. dkk. (2013). Analisa Portal Gable Menggunakan Menggunakan Metode *Consistent Deformation, Slope Deflection, dan Moment Distribution*. Jurnal Sipil Statik Volume 1 Nomor 2 Januari, 90-94.
<https://ejournal.unsrat.ac.id>
- Setiawan, A. (2011). Analisis Struktur Balok Non Prismatis Menggunakan Metode Persamaan Slope Deflection. ComTech Volume 2 Nomor 2 Desember, 1004-1012.
<https://journal.binus.ac.id>

Virgin, S. dkk. Pengembangan Wisute Untuk Pembelajaran Analisis Struktur Rangka Dengan Metode Kekakuan Langsung.

<https://media.niliti.com>

Wijaya, J. dan Fabywati Itang. (2014). Penggunaan Metode *Slope Deflection* Pada Strktur Portal Bergoyang Statis Tak Tentu dengan Kekakuan yang Tidak Merata Dalam Satu Balok. Jurnal Kajian Teknologi Volume 10 Nomor 2 Juli, 93-100.

<https://journal.untar.ac.id>

Wijaya, J. dan Fabywati Itang. (2015). Penggunaan Metode *Slope Deflection* Pada Strktur Portal Bergoyang Statis Tak Tentu dengan Kekakuan yang Tidak Merata Dalam Satu Balok dan Kolom. Jurnal Kajian Teknologi Volume 11 Nomor 1 Maret, 1-7.

<https://journal.untar.ac.id>

Sumber Website

Analisa Struktur Dengan Metode Matriks. Dokumen.Tips

<https://dokumen.tips>

Analisis Struktur Metode Matrix Stiffness Menggunakan MS. Excel.

<https://kirana125.wordpress.com>

Sinau Sipil. 2022. Rumus Metode *Slope Deflection*. YouTube

<https://m.youtube.com>