

STUDI KOMPARASI ANALISA STRUKTUR PELAT KONTINUM MENGGUNAKAN METODE ELEMEN HINGGA, MEKANIKA KONTINUM DAN PENDEKATAN PRAKTIS

¹Michael Matasik Paembonan, ²Masykur Kimsan
^{1, 2, 3}Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Universitas Halu Oleo

Koresponden Author : masykur.kimsan@uho.ac.id

ABSTRAK

Penelitian ini menganalisis struktur pelat dua arah menggunakan Metode Perencanaan Langsung, Metode Elemen Hingga dan Metode Mekanika Kontinum untuk mengetahui tingkat keakuratan serta efisiensi tiap metode. Dalam Metode Perencanaan Langsung digunakan koefisien-koefisien momen dalam proses analisisnya, kemudian untuk Metode Elemen Hingga analisisnya dibagi kedalam beberapa bagian elemen, sedangkan Metode Mekanika Kontinum menggunakan titik koordinat.

Metode analisis pelat tersebut didasarkan pada aturan ataupun teori. Analisis menggunakan Metode Perencanaan Langsung didasarkan pada SNI 2847:2013 tentang tata cara perhitungan struktur beton untuk bangunan gedung dan memakai program *Microsoft Excel*, untuk Metode Elemen Hingga memakai program *SAFE* yang didalam program ini menggunakan teori Kirchoff-Love dan teori kekakuan pelat, sedangkan Metode Mekanika Kontinum di analisis menggunakan teori Galerkin serta memakai program *MATLAB* untuk menyusun rumusnya dan *SURFER* untuk menggambarkan kontur pelat.

Dari analisis struktur pelat yang dilakukan diperoleh hasil yang bervariasi. Metode Perencanaan Langsung menghasilkan nilai momen lebih besar dari metode lainnya, Metode Elemen Hingga menghasilkan nilai momen yang lebih akurat serta efisien dalam penggunaannya, sedangkan Metode Mekanika Kontinum menghasilkan nilai momen lebih kecil dari metode lainnya serta kurang efisien dalam penggunaannya.

Kata Kunci : Pelat dua arah, Metode Perencanaan Langsung, Metode Elemen Hingga, Metode Mekanika Kontinum, *SAFE*

PENDAHULUAN

Latar Belakang

Perkembangan pembangunan infrastruktur di Indonesia saat ini sudah mulai berkembang dengan pesat, sehingga dalam pembangunan juga perlu pekerjaan dengan disiplin ilmu, cepat, tepat, akurat dan efisien. Dalam perencanaan tersebut diinginkan hasil yang maksimal, sehingga perlu diperhitungkan komponen dan metode yang akan dilakukan tanpa mengesampingkan kekuatan bangunan, kesetabilan bangunan, dan efisiensi dari bangunan itu sendiri.

Dalam hal konstruksi tidak terlepas dari elemen-elemen seperti balok, kolom, dan pelat yang tiap elemennya memikul gaya momen, lintang dan normal, meskipun persentase gaya yang diterima oleh tiap elemennya berbeda antara satu dengan yang lainnya. Penyaluran beban pada suatu infrastuktur umumnya dimulai dari bagian pelat kemudian disalurkan ke bagian balok, dan selanjutnya ke bagian kolom.

Pelat sebagai salah satu komponen elemen memiliki bentuk penampang yang luas dan ketebalan yang kecil dibandingkan elemen

struktur lainnya. Selain dalam ukuran, dalam pembangunan pelat sangat penting karena merupakan bagian yang dipergunakan manusia secara langsung untuk melakukan segala aktivitas di atasnya sehingga beban hidup yang diterima oleh pelat lebih besar dibandingkan elemen struktur lainnya. Oleh karena besarnya beban yang diterima dari beban dan ukuran ketebalan pelat yang kecil menyebabkan pelat mudah mengalami lendutan, sehingga jika dalam pelaksanaan pembuatannya tidak diperhitungkan secara teliti akan dapat menyebabkan kegagalan struktur.

Oleh karena itu, dalam penelitian ini dalam proses analisis pelat menggunakan beberapa metode untuk membandingkan hasil yang diperoleh sehingga dapat diperoleh tingkat keakuratan dan ketelitian yang baik, sehingga kecenderungan pelat mengalami kegagalan struktur dapat diatasi.

Tujuan Penelitian

Adapun tujuan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Untuk mengetahui besaran gaya momen pada struktur pelat menggunakan metode analisis elemen hingga.
2. Untuk mengetahui besaran gaya momen pada struktur pelat menggunakan metode perencanaan langsung.
3. Untuk mengetahui besaran gaya momen pada struktur pelat menggunakan metode analisis pelat kontinu.
4. Untuk membandingkan besaran gaya momen antara metode elemen hingga, perencanaan langsung dan mekanika kontinum.

Manfaat Penelitian

Adapun manfaat penulisan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Dapat menganalisis struktur pelat menggunakan metode elemen hingga.
2. Dapat menganalisis struktur pelat menggunakan metode Perencanaan langsung.
3. Dapat menganalisis struktur pelat menggunakan metode mekanika kontinum
4. Dapat membandingkan antara metode elemen hingga, perencanaan langsung dan mekanika kontinum.

Batasan Masalah

Adapun batasan masalah dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Menggunakan jenis struktur pelat dua arah.
2. Peraturan tentang persyaratan beton struktural untuk bangunan gedung yang mengacu pada SNI-2847-2013.
3. Tidak menghitung secara detail struktur kolom dan balok.
4. Hanya memperhitungkan beban secara statis dan tidak secara dinamis.
5. Penyelesaian matematis struktur dilakukan secara linear.

TINJAUAN PUSTAKA

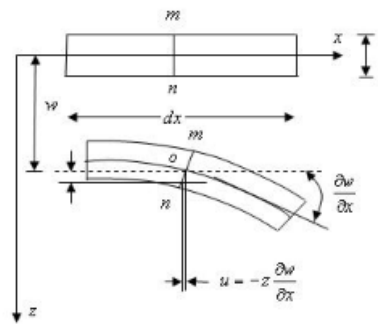
Metode Perencanaan Langsung

Metode ini berdasarkan pada peraturan perhitungan tata cara perhitungan struktur bangunan gedung SNI 2847:2013 dan persamaan statistik yang diturunkan pertama kali oleh J.R Nichols tahun 1914 dan menggunakan koefisien untuk menghitung momen - momen pada pelat baik momen positif maupun momen negatif.

Metode Elemen Hingga

Finite Element Method (FEM) adalah suatu metode yang dirancang untuk menyelesaikan persoalan-persoalan yang rumit persamaan diferensial nonlinier parsial. Konsep dasar dari FEM ini adalah membagi struktur menjadi komponen-komponen dengan geometri yang simpel yang sering disebut *Finite Elements* (struktur kontinu menjadi struktur diskrit).

Pelat adalah suatu elemen struktur yang datar dimana tebalnya jauh lebih kecil dari dimensi yang lain. Kekakuan pelat tipis didasarkan pada teori lentur lendutan kecil dengan bahan homogen, isotropik, elastis (Guntara M. Adityawarman, 2015).



Gambar 1. Pelat lentur

Sumber : Studi Banding Analisis Struktur Pelat dengan Metode Strip, PBI 71 dan FEM, Guntara M. Adityawarman, 2015

Gambar diatas menjelaskan tentang pelat tanpa beban dengan tebal (t) dan bidang x-y merupakan bidang tengahnya, serta arah z sebagai bidang pelat mengalami lendutan. Setelah diterapkan beban maka terjadi perpindahan yang dinotasikan sebagai u, v, dan w, dimana u sebagai perpindahan arah x, v perpindahan arah y, dan w adalah perpindahan arah z (Guntara M. Adityawarman, 2015).

$$u = z \frac{\partial w}{\partial x} \dots\dots\dots (1)$$

$$v = z \frac{\partial w}{\partial y} \dots\dots\dots (2)$$

$$v = z \frac{\partial w}{\partial y} \dots\dots\dots (3)$$

$$M_x = \frac{Et^3}{12(1 - \nu^2)} \left[\frac{\partial^2 w}{\partial x^2} + \nu \frac{\partial^2 w}{\partial y^2} \right] \dots\dots (4)$$

$$M_y = \frac{Et^3}{12(1 - \nu^2)} \left[\nu \frac{\partial^2 w}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 w}{\partial y^2} \right] \dots\dots (5)$$

$$M_x = \frac{Et^3}{12(1 - \nu^2)} (1 - \nu) \left[\frac{\partial^2 w}{\partial x \partial y} \right] \dots (6)$$

dimana *flexural rigidity* (D) dari pelat dapat ditulis sebagai berikut.

$$D = \frac{Et^3}{12(1 - \nu^2)} \dots (7)$$

Persamaan di atas dapat dituliskan dalam bentuk matrix.

$$\begin{Bmatrix} M_x \\ M_y \\ M_{xy} \end{Bmatrix} = \begin{bmatrix} D & D \cdot \nu & 0 \\ D \cdot \nu & D & 0 \\ 0 & 0 & D \left(\frac{1 - \nu}{2} \right) \end{bmatrix} \begin{Bmatrix} \frac{\partial^2 w}{\partial x^2} \\ \frac{\partial^2 w}{\partial y^2} \\ 2 \frac{\partial^2 w}{\partial x \partial y} \end{Bmatrix} \dots (8)$$

Metode Galerkin

Metode Galerkin dapat diterapkan pada berbagai jenis masalah seperti teori lendutan kecil dan besar getaran linear dan tak linear, serta masalah stabilitas pelat dan struktur selaput (shell), asalkan persamaan diferensial masalah yang dihadapi telah diketahui walaupun teori matematis di balik metode Galerkin cukup rumit, interpretasi fisisnya relatif sederhana.

Secara khusus pendekatan lendutan pelat dengan metode Galerkin untuk himpunan fungsi kontinu independen (yang bisa mewakili lendutan lateral)

$$w(x, y) = \sum_{i=1}^n c_i f_i(x, y) \dots (9)$$

Setiap suku dalam persamaan ini harus memenuhi semua kondisi tepi masalah yang dihadapi, tetapi tidak perlu memenuhi persamaan diferensial pelat. Karena persamaan diferensial pelat didasarkan pada keseimbangan gaya dalam dan gaya luar. Kerja total yang dilakukan oleh semua gaya ini selama perpindahan maya yang kecil dapat dituliskan sebagai:

$$\iint_{(A)} [D \nabla^2 \nabla^2 w - p_z(x, y)] (\delta w) dx dy \dots (10)$$

Persamaan ini merupakan persamaan variasional dasar untuk lendutan pelat. Substitusi persamaan deret perpindahan lateral ke persamaan variasional dasar untuk lendutan pelat sehingga menghasilkan:

$$\sum_{i=1}^n \delta c_i \iint_{(A)} [D \nabla^2 \nabla^2 w(x, y) - p_z(x, y)] f_i(x, y) dx dy \dots (11)$$

Setelah persamaan disubstitusi, selanjutnya diintegrasikan untuk seluruh permukaan pelat. Dengan cara ini akan digunakan kembali penyelesaian persamaan diferensial pelat yang direduksi ke penilaian integral batas dari fungsi-fungsi sederhana yang dipilih.

Oleh karena kerja maya, gaya dalam diperoleh langsung dari persamaan diferensial pelat (tanpa menentukan energi regangan terlebih dahulu, metode Galerkin nampaknya bersifat lebih umum daripada metode Ritz. Pemakaian metode Galerkin terutama disarankan untuk penyelesaian persamaan diferensial dengan koefisien yang variabel.

Ketepatan metode ini terutama bergantung pada fungsi bentuk yang dipilih, yang merupakan ciri-ciri dari semua cara energi. Persamaan deret lendutan hanya memenuhi kondisi tepi geometris juga bisa digunakan dalam metode Galerkin, yang jika pusat sistem koordinat berimpit dengan pusat pelat dan kondisi tepinya adalah jepit maka persamaan lendutannya sebagai

$$w(x, y) = \sum_m \sum_n W_{mn} \frac{1}{4} \left(1 - \cos \frac{2m\pi x}{a} \right) \left(1 - \cos \frac{2n\pi y}{b} \right) \dots (12)$$

Pada kasus ini gaya tepi bisa menimbulkan kerja maya tambahan yang harus diperhitungkan. Namun penyelesaian akan konvergen jauh lebih cepat bila semua kondisi tepi dipenuhi.

METODE PENELITIAN

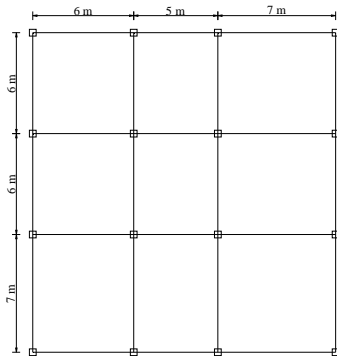
Data Penelitian

Adapun beberapa data spesifikasi teknis pada bangunan yaitu:

- Material : Beton
- Mutu Beton : 30 MPa
- Jenis baja : BJ 41
- Tegangan Putus (fu) : 410 MPa
- Tegangan Minimum (fy) : 250 MPa
- Fungsi Bangunan : Perkantoran

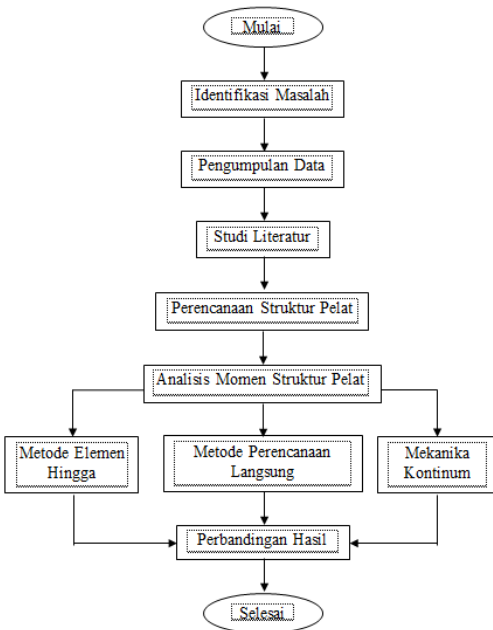
Berat Jenis Beton : 24 kN/m³
 Dimensi Balok : 300 mm × 400 mm
 Dimensi Kolom : 400 mm × 400 mm

Layout Pelat



Gambar 2. Layout pelat rencana

Diagram Alur Penelitian



Gambar 3. Diagram alur penelitian

Prosedur Percobaan

Adapun prosedur percobaan pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Menentukan data-data perencanaan yang dibutuhkan.
2. Menentukan ketebalan pelat minimum, tujuannya agar pelat yang direncanakan ketebalannya sesuai dengan standar.
3. Menghitung pembebanan pelat, pembebanan yang diperhitungkan berupa beban statis.

- a. Metode Perencanaan Langsung
 - 1) Menentukan nilai momen total static
 - 2) Menentukan nilai distribusi momen total static
 - 3) Menentukan nilai faktor distribusi momen
 - 4) Menentukan persentase momen pada lajur
 - 5) Mencari nilai momen distribusi rencana
 - 6) Mencari nilai momen pelat
- b. Metode Elemen Hingga
 - 1) Pilih New Model
 - 2) Pilih satuan Currently Metric → pilih grid only
 - 3) Untuk dimensi pelat, pilih Edit Grid dan masukkan ukuran pelat
 - 4) Untuk data material, pilih Define → Material → Add New Material
 - 5) Untuk data kolom, balok dan slab, pilih Define → Slab Properties → Add New Properties
 - 6) Gambarkan denah pelat, pilih Draw → Draw Slab/Area
 - 7) Masukkan data pembebanan, pilih Assign → Load Data → Surface Load
 - 8) Kemudian analisis pelat, pilih Run → Run Analysis & Design

c. Metode Mekanika Kontinum

- 1) Menentukan nilai ketegaran lentur (*flexural rigidity*)

$$D = \frac{Eh^3}{12(1 - \nu^2)}$$

- 2) Menentukan nilai beban Untuk beban terbagi merata rumusnya adalah sebagai berikut:

$$P_{mn} = \frac{16P_0}{\pi^2 mn}$$

- 3) Menentukan nilai lendutan

$$w(x, y) = \sum_m \sum_n W_{mn} \frac{1}{4} \left(1 - \cos \frac{2m\pi x}{a}\right) \left(1 - \cos \frac{2n\pi y}{b}\right)$$

$$W_{mn} = \frac{P_{mn} a^4}{8D\pi^4}$$

4) Menentukan nilai momen

$$m_x = \pi^2 D \sum_m \sum_n \left(\frac{m}{a}\right) W_{mn} \frac{1}{4} \left(1 - \cos \frac{2m\pi x}{a}\right) \left(1 - \cos \frac{2n\pi y}{b}\right)$$

$$m_y = \pi^2 D \sum_m \sum_n \left(\frac{n}{b}\right) W_{mn} \frac{1}{4} \left(1 - \cos \frac{2m\pi x}{a}\right) \left(1 - \cos \frac{2n\pi y}{b}\right)$$

Keterangan:

- D = ketegaran lentur (*flexural rigidity*)
- E = modulus elastisitas
- h = tebal pelat
- v = poisson ratio
- m_x = momen pelat arah x
- m_y = momen pelat arah y
- P_{mn} = beban terbagi merata
- P_0 = beban total
- x dan y = koordinat titik pelat
- a dan b = panjang dan lebar dari pelat
- m dan n = 1, 3, 5....

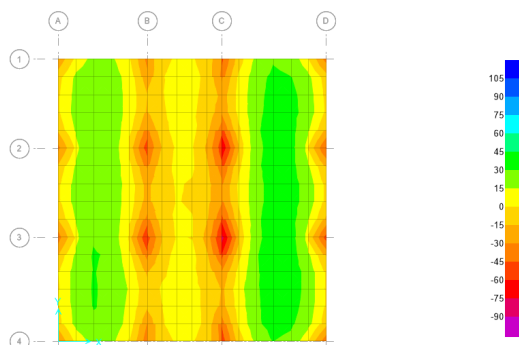
HASIL DAN PEMBAHASAN

Metode Perencanaan Langsung (Metode Pendekatan Praktis)

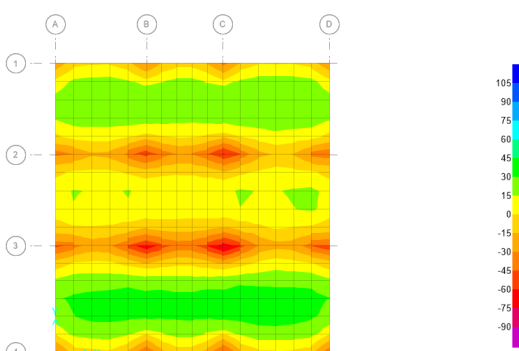
Tabel 1. Rekapitulasi momen pelat metode perencanaan langsung

No. Pelat	Momen (kN.m)			
	Tumpuan		Lapangan	
	Arah x	Arah y	Arah x	Arah y
Pelat 1	-20,50	-20,50	13,35	13,35
Pelat 2	-12,84	-17,08	5,53	11,13
Pelat 3	-28,48	-23,92	18,55	15,58
Pelat 4	-20,50	-19,04	13,35	8,20
Pelat 5	-12,84	-15,86	5,53	6,83
Pelat 6	-28,48	-22,21	18,55	9,57
Pelat 7	-23,92	-28,48	15,58	18,55
Pelat 8	-14,99	-23,73	6,46	15,46
Pelat 9	-33,22	-33,22	21,64	21,64

Metode Elemen Hingga



Gambar 4. Momen arah x



Gambar 5. Momen arah y

Tabel 2. Rekapitulasi momen pelat metode elemen hingga

No. Pelat	Momen (kN.m)			
	Tumpuan		Lapangan	
	Arah x	Arah y	Arah x	Arah y
Pelat 1	-8,85	-9,66	13,50	12,72
Pelat 2	-12,95	-13,79	3,02	11,09
Pelat 3	-12,95	-7,36	16,96	13,73
Pelat 4	-12,48	-13,36	14,96	6,83
Pelat 5	-18,26	-18,85	1,12	13,79
Pelat 6	-18,26	-10,77	19,53	7,89
Pelat 7	-8,53	-13,36	16,87	15,94
Pelat 8	-13,01	-18,85	4,37	14,85
Pelat 9	-13,01	-10,77	21,38	17,16

Metode Mekanika Kontinum

```

1 - clear all
2 - clc
3 - x=3;
4 - y=3;
5 - a=6;
6 - b=6;
7 - p0=11.07;
8 - E=4700.*30.^(1/2).*1000;
9 - h=0.2;
10 - v=0.2;
11 - D=(E.*h.^3)/(12.*(1-v.^2));
12 - w=0;g=0;k=0;l=0;
13 - for m=1
14 -     for n=1
15 -         p=(16.*p0)/(pi.^2.*m.*n);
16 -         W=(p.*a.^4)/(8.*D.*pi.^4);
17 -         c=(W./4).*cos(2.*m.*pi.*x./a).*cos(2.*n.*pi.*y./b);
18 -         w=w+c;
19 -         d=(m./a).*c;
20 -         e=(n./b).*c;
21 -         k=k+d;
22 -         l=l+e;
23 -     end
24 - end
25 - W
26 - Mx=pi.^2.*D.*k
27 - My=pi.^2.*D.*l
    
```

Gambar 6. Susunan program MATLAB untuk pelat

Tabel 3. Rekapitulasi momen lapangan dan tumpuan metode kontinum

No. Pelat	Momen (kN.m)			
	Tumpuan		Lapangan	
	Arah x	Arah y	Arah x	Arah y
Pelat 1	-12,27	-12,27	12,27	12,27
Pelat 2	-7,10	-5,92	7,10	5,92
Pelat 3	-19,49	-22,74	19,49	22,74
Pelat 4	-12,27	-12,27	12,27	12,27
Pelat 5	-7,10	-5,92	7,10	5,92
Pelat 6	-19,49	-22,74	19,49	22,74
Pelat 7	-12,27	-10,52	12,27	10,52
Pelat 8	-7,10	-5,07	7,10	5,07
Pelat 9	-19,49	-19,49	19,49	19,49

Pembahasan

Metode Perencanaan Langsung menghasilkan nilai momen yang lebih tinggi dibandingkan Metode Mekanika Kontinum dan Metode Elemen Hingga, hal ini dikarenakan metode perencanaan langsung dalam analisisnya terdapat koefisien-koefisien selain itu, metode ini masih di sesuaikan dengan standar perencanaan. Metode Elemen Hingga Menggunakan program SAFE memberikan keakuratan yang lebih baik karena dari hasil yang diperoleh menunjukkan bahwa nilai momen tumpuan pada pelat yang saling berdekatan memiliki nilai momen yang sama, selain itu penggunaannya lebih efisien dan Metode Mekanika Kontinum menggunakan program MATLAB akan semakin akurat jika pembagian koordinat-koordinatnya semakin kecil, tetapi tidak efisien dalam penggunaannya serta

tidak akurat jika digunakan pada kondisi tepi yang berbeda-beda.

PENUTUP

Kesimpulan

Adapun kesimpulan terkait dari studi komparasi pelat ini adalah sebagai berikut:

1. Untuk Metode Perencanaan Langsung menghasilkan 3 bentang momen, untuk Metode Elemen Hingga menggunakan program SAFE juga menghasilkan 3 bentang momen dan untuk Metode Mekanika Kontinum menghasilkan 2 momen yaitu pada arah x dan arah y.
2. Metode Perencanaan Langsung menghasilkan nilai momen yang lebih tinggi di dibandingkan Metode Mekanika Kontinum dan Metode Elemen hingga, hal ini dikarenakan metode perencanaan langsung dalam analisisnya terdapat koefisien-koefisien selain itu, metode ini masih di sesuaikan dengan standar perencanaan. Metode Elemen Hingga menggunakan program SAFE memberikan keakuratan yang lebih baik karena dari hasil yang diperoleh menunjukkan bahwa nilai momen tumpuan pada pelat yang saling berdekatan memiliki nilai momen yang sama dan Metode Mekanika Kontinum menggunakan program MATLAB akan semakin akurat jika pembagiannya semakin kecil, tetapi tidak efisien dalam penggunaannya serta tidak akurat jika digunakan pada kondisi tepi yang berbeda-beda.
3. Pada Metode Perencanaan Langsung, nilai momen terbesar ada pada pelat No. 9 dengan nilai momen tumpuan arah x = -33,22 kN.m dan arah y= -33,22 kN.m dan untuk nilai momen lapangan arah x = 21,64 kN.m dan arah y = 21,64 kN.m
4. Pada Metode Elemen Hinagga menggunakan program SAFE, nilai momen tumpuan arah x terbesar ada pada pelat No. 5 dan No. 6 dengan nilai momen -18,26 kN.m, nilai momen tumpuan arah y terbesar ada pada pelat No.5 dan No.8 dengan nilai sebesar -18,85 kN.m dan untuk nilai momen lapangan arah x dan arah y terbesar ada pada pelat No.9 dengan nilai momen masing-masing sebesar 21,38 kN.m dan 17,16 kN.m
5. Pada Metode Mekanika Kontinum, nilai momen terbesar ada pada pelat No. 3 dan 6

dengan nilai momen tumpuan arah $x = -19,49$ kN.m dan arah $y = -22,74$ kN.m dan untuk nilai momen lapangan arah $x = 19,49$ kN.m dan arah $y = 22,74$ kN.m

Saran

Adapun saran terkait dari studi komparasi pelat ini adalah sebagai berikut:

1. Untuk penelitian selanjutnya dapat di analisis menggunakan beban dinamis.
2. Untuk penelitian selanjutnya dapat di analisis menggunakan persamaan non linear.
3. Dalam analisis struktur pelat dapat menggunakan metode analisis yang terbaru dan lebih efisien.

DAFTAR PUSTAKA

- Adityawarman, Guntara M. 2015. *Studi Banding Analisis Struktur Pelat dengan Metode Strip, PBI 71 dan FEM*. Jurnal Teknik dan Ilmu Komputer. Universitas Kristen Krida Wacana.
- Asroni, A., 2010. *Balok Pelat Beton Bertulang*. Yogyakarta : Penerbit Graha Ilmu.
- Badan Standardisasi Nasional. *Beban Minimum untuk Perancangan Bangunan Gedung dan Struktur lain (SNI 1727-2013)*. Jakarta : BSN.
- Badan Standardisasi Nasional., 2013. *Persyaratan Beton Struktural Untuk Bangunan Gedung SNI 2847:2013*. BSN, Jakarta.
- Bangun, Masana. 2008. *Program Analisis Grid Pelat Lantai Menggunakan Elemen Hingga dengan MATLAB Versus SAP 2000*. Medan: Universiatas Sumatera Utara.
- Dipohusodo, I. 1996. *Struktur Beton Bertulang Berdasarkan SK SNI T-15-1991-03 Departemen Pekerjaan Umum RI*. Jakarta : Penerbit PT Gramedia Pustaka Utama.
- Fahri, Muhammad, dkk. 2016. *Tinjauan Momen Lentur Pelat Dua Arah Dengan Metode Perencanaan Langsung Dan Metode Elemen Hingga*. Universitas Lampung.
- Ghali, A. 1978. *Analisis Struktur*. Jakarta : Penerbit Erlangga.
- Huda, Gabriel. 2012. *Studi Daktilitas Struktur Composite Flat Slab Steel-Concrete-Steel pada Bangunan Bertingkat Rendah*. Universitas Indonesia.
- Ibnu Syamsi, Muhammad. 2015. *Perbandingan Analisis Two Way Slab With Beam dengan Flat Slab (Studi Kasus: Coal Yard PLTU Kalimantan Barat)*.
- Kriswanto, Dikyipan. 2015. *Perencanaan Struktur Pelat Beton Bertulang Untuk Rumah Tinggal 3 Lantai*. Semarang : Universitas Negeri Semarang.
- Mac Gregor, J.G. 1997. *Reinforced Concrete : Mechanics and Design*. 3th Ed. New Jersey. Prentice Hall.
- Nasution, Amrinsyah. 2009. *Analisis dan desain struktur beton bertulang*. Bandung : Penerbit ITB
- Nawy, E.G. 1998. *Reinforced Concrete : A Fundamental Approach*. 2th Ed. New Jersey. Prentice Hall.
- Nirkhe, S. P., dkk. 2016. *Design of Flat Slab with Matlab*. Department of Civil Engineering, Peoples Education Society's College of Engineering, Aurangabad, Maharashtra, India.
- Slizard, R. 1974. *Teori dan Analisis Pelat Metode Klasik dan Numerik*. Jakarta : Penerbit Erlangga.
- Tande, S. N. dan Gaurav Ravindra Chavan. 2016. *Analysis and Design of Flat Slab*. Walchand College Of Engineering, Sangli, Maharashtra, India.
- Timoshenko, S.P dan J.N Goodier. 1986. *Teori Elastisitas*. Jakarta : Penerbit Erlangga
- Ugural, A.C. 1999. *Stresses in Plates and Shells*. Singapore : The McGraw-Hill Companies, Inc.
- Wijaya, Muliadi Halim. 2011. *Evaluasi Kinerja Half-Slab Akibat Pembebanan Gravitasi dan Gempa Bumi*. Universitas Indonesia.

Halaman ini sengaja di kosongkan