

Analisis Pengaruh Dimensi Balok Anak Terhadap Momen Lentur pada Pelat dengan Metode Amplop Dan Metode Elemen Hingga

Audy Nadyaputri Majid¹⁾
Bayzoni²⁾
Eddy Purwanto³⁾

Abstract

Plates are rigid planar structures with thin elements typically made of monolith material that are smaller in height compared to other dimensions and hold the transverse load through the flexural action of each support. This analysis aims to determine the effect of the dimensions of the secondary beam on the bending direction of two-way plates using the Amplop Method and the Finite Element Method.

The data analysis was obtained from Radiotherapy Building of Abdoel Muluk Hospital in Bandar Lampung. Analysis of Amplop Method uses moment coefficient table and Finite Element Method plates are divided into smaller elements so the results are simpler and easier to obtain. The programs used in this analysis are Microsoft Excel and SAP2000 programs as modeling comparative structures.

The results of the analysis show the moment value of the Amplop Method which does not include the dimensions of secondary beam is smaller than moment value using the finite Element Method which is the analysis using Finite Element Method is safer to use for analysis the plate structure.

Keywords : Amplop Method, Finite Element Method, Two way slab.

Abstrak

Pelat adalah struktur planar kaku dengan elemen tipis yang secara khas terbuat dari material monolit yang tingginya lebih kecil dibandingkan dengan dimensi lain dan menahan beban transversal melalui aksi lentur masing-masing tumpuan. Analisis ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh dimensi balok anak terhadap momen lentur pelat dua arah dengan menggunakan Metode Amplop dan Metode Elemen Hingga.

Data struktur pelat dan balok didapatkan dari Pembangunan Gedung Radioterapi Rumah Sakit Umum Abdoel Muluk Bandar Lampung. Perhitungan Metode Amplop menggunakan tabel koefisien momen dan pada Metode Elemen Hingga pelat dibagi menjadi elemen – elemen yang lebih kecil agar hasil yang didapat menjadi lebih sederhana dan mudah diperoleh. Program yang dipakai dalam analisis ini adalah *Microsoft Excel* dan program SAP2000 sebagai pemodelan struktur pembandingan.

Hasil analisis menunjukkan bahwa nilai momen pada Metode Amplop yang tidak memasukkan dimensi balok anak lebih kecil dibandingkan dengan nilai momen menggunakan Metode Elemen hingga sehingga penggunaan Metode Elemen Hingga lebih aman digunakan dalam perhitungan struktur.

Kata kunci : Metode Amplop, Metode Elemen Hingga, Pelat Dua Arah.

¹⁾ Mahasiswa pada Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Lampung. surel:

²⁾ Staf pengajar pada Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Lampung. Jalan. Prof. Sumantri Brojonegoro 1. Gedong Meneng Bandar Lampung. 35145.

³⁾ Staf pengajar pada Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Universitas Lampung. Jalan Prof. Sumantri Brojonegoro 1. Gedong Meneng Bandar Lampung.

1. PENDAHULUAN

Pelat adalah struktur planar kaku dengan elemen tipis yang secara khas terbuat dari material monolit yang tingginya lebih kecil dibandingkan dengan dimensi lain dan menahan beban transversal melalui aksi lentur masing-masing tumpuan. Pelat merupakan struktur bidang (permukaan) yang lurus (datar atau tidak melengkung) yang tebalnya jauh lebih kecil dibandingkan dengan dimensinya yang lain. Pelat dapat ditumpu di seluruh tepinya, atau hanya pada titik-titik tertentu (misalnya oleh kolom-kolom), atau campuran antara tumpuan menerus dan titik. Kondisi tumpuan dapat berbentuk sederhana atau jepit. Beban statis atau dinamis yang dapat dipikul pelat umumnya tegak lurus permukaan pelat.

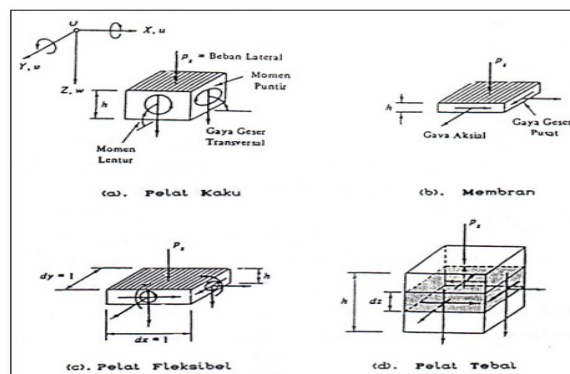
Pelat beton bertulang adalah struktur tipis yang dibuat dari beton bertulang dengan bidang yang arahnya horizontal, dan beban yang bekerja tegak lurus pada bidang struktur tersebut. Sistem perancangan tulangan pelat beton pada dibagi menjadi 2 yaitu : sistem perancangan pelat dengan tulangan pokok satu arah (arah x) dapat disebut dengan pelat satu arah / *one way slab* dan sistem perancangan pelat dengan tulangan pokok dua arah (arah x dan arah y) disebut pelat dua arah / *two way slab*.

Perencanaan dan analisis pelat dua arah terdapat dua metode perhitungan yang dapat digunakan yaitu metode amplop dan metode elemen hingga. Pada perhitungan struktur beton untuk bangunan gedung digunakan SNI 2847 (2013) dan program yang dipakai adalah SAP 2000 dan *Microsoft Excel*.

2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Pelat

Pelat secara umum berdasarkan aksi strukturnya, dibedakan menjadi empat kategori utama (Szilard, 1974), yaitu : pelat kaku adalah pelat tipis yang memiliki tegangan lentur (flexural rigidity), dan memikul beban dengan aksi dua dimensi, terutama dengan momen dalam (lentur dan puntir) dan gaya geser transversal, yang umumnya sama dengan balok (contoh : Gambar 1.a) , membran adalah pelat tipis tanpa ketegangan lentur dan memikul beban lateral dengan gaya geser aksial dan gaya geser terpusat (contoh : Gambar 1.b): , pelat fleksibel adalah gabungan dari pelat kaku dan membran dan memikul beban luar dengan gabungan aksi momen dalam (contoh : Gambar 1.c), gaya geser transversal dan gaya geser pusat, serta gaya aksial, pelat tebal adalah pelat yang kondisi tegangan dalamnya menyerupai kondisi kontinu tiga dimensi (contoh : Gambar 1.d).



Gambar 1. Gaya geser dalam pada berbagai jenis elemen pelat.

2.2 Balok

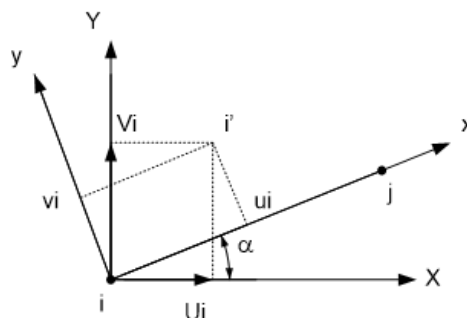
Balok merupakan bagian struktur dari sebuah bangunan yang dirancang dan kaku untuk mentransfer dan menahan beban terhadap elemen – elemen pada bagian kolom. Balok pada konstruksi diletakkan pada ujung – ujung yang terhubung pada kolom dan pelat bangunan dan diaplikasikan sebagai pengaku dan pengikat struktur. Balok induk adalah balok yang berperan sebagai penyangga struktur utama yang mengikat bagian kolom – kolom utama bangunan secara rigid. Balok anak sendiri merupakan balok dengan dimensi yang lebih kecil dari balok induk dan perhitungan struktur dinilai relatif mudah dan sederhana, dikarenakan desain pada balok anak membagi luasan pada pelat agar tidak terjadi lendutan yang berlebih dan juga berkurangnya getaran pada pelat lantai saat terjadi pergerakan di atasnya. Oleh karena itu balok anak didesain tidak di didesain untuk menerima beban gempa, namun cukup untuk menerima beban mati dan hidup. Seluruh gaya-gaya yang bekerja pada balok ini akhirnya didistribusikan ke pondasi melalui kolom bangunan. (Hariandja, B: 135).

Balok memiliki 4 macam vektor gaya dan perpindahan pada struktur ini 2 untuk sebelah kiri (joint i) dan 2 sebelah kanan (joint j). Koordinat balok disebut dengan koordinat global (X-Y), sedangkan setiap elemen mempunyai sumbu koordinat lokal (x-y) seperti pada Gambar 2.



Gambar 2. Koordinat lokal elemen balok.

Berikut merupakan transformasi koordinat (dari lokal ke global atau sebaliknya). Setiap elemen diberi notasi nomer elemen dan nomer joint kiri (i) dan kanan (j). Koordinat struktur secara keseluruhan disebut koordinat global (X-Y), sedangkan setiap elemen mempunyai sumbu koordinat lokal (x-y).



Gambar 3. Transformasi koordinat elemen balok.

2.3 Metode Amplop

Metode Amplop digunakan untuk mencari momen yang bekerja pada arah x dan y, dengan cara penyaluran dan diberikan tabel koefisien momen lentur yang akan menentukan nilai momen-momen dari masing-masing arah. Setiap panel pelat dianalisis tersendiri, berdasarkan kondisi tumpuan bagian tepinya.

Nilai-nilai koefisien momen pelat akibat beban merata dapat ditentukan berdasarkan Tabel Koefisien Momen PBI'71 yang parameternya adalah nilai ly/lx dan kondisi tumpuan tepi pelat.

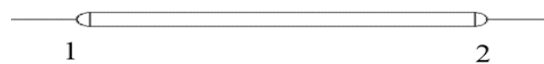
2.4 Metode Elemen Hingga

Konsep dasar dari metode elemen hingga ini adalah bahwa struktur kontinu dapat dimodelisasi secara diskritisasi menjadi struktur diskrit. Struktur diskrit terbentuk dari gabungan elemen yang perilakunya diharapkan mewakili perilaku struktur kontinu. Perilaku masing-masing elemen digambarkan dengan fungsi pendekatan yang mewakili peralihan dan tegangan yang akhirnya dapat dinyatakan dalam bentuk persamaan matriks. (Katili, 2008). Tujuan utama analisis dengan menggunakan metode elemen hingga adalah untuk memperoleh distribusi akibat seperti perubahan bentuk (deformasi), tegangan yang disebabkan oleh gaya-gaya seperti beban atau tekanan. (Charles R. Steele).

a. Tipe-tipe Elemen Hingga

1) Elemen Satu Dimensi

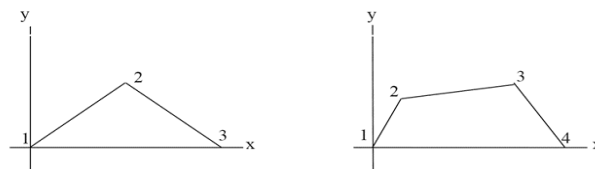
Elemen satu dimensi adalah elemen yang berupa garis lurus (*line*) dan memiliki paling tidak dua buah node pada sumbu koordinatnya.



Gambar 4. Elemen Satu Dimensi.

2) Elemen Dua Dimensi

Contoh dari elemen dua dimensi adalah elemen segitiga (*triangle*) dan elemen segiempat (*quadriateral*).



Gambar 5. Elemen Dua Dimensi

Matrik Kekakuan

$$S^* = \frac{N}{15cb} [T][S^{**}][T] \quad (1)$$

dengan T adalah :

$$[Ts] = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & b & 0 \\ 0 & 0 & c \end{bmatrix} \quad (2)$$

Matriks Kekakuan pada pelat dan balok dapat didefinisikan menjadi Matriks Kekakuan Struktur yaitu:

$$[K_{Struktur}] = [K_{Global\ pelat}] + [K_{Global\ balok}]$$

Matriks [Kglobal] merupakan penjumlahan dari kedua matriks kekakuan pada pelat dan balok sesuai dengan struktur yang telah didefinisikan.

$$[Q^*_q] = q \int_{-b/2}^{b/2} \int_{-c/2}^{c/2} [L]^T dx dy \quad (3)$$

3. METODE PENELITIAN

3.1 Umum

Metodologi penelitian merupakan suatu cara peneliti bekerja untuk memperoleh data yang dibutuhkan yang selanjutnya akan digunakan untuk dianalisa sehingga memperoleh kesimpulan yang ingin dicapai dalam penelitian.

3.2 Data Penelitian

Data penelitian didapatkan dari data pelat lantai Pembangunan Gedung Radioterapi Rumah Sakit Umum Abdoel Muluk Bandar Lampung dengan fokus penelitian adalah analisis struktur pelat dengan proses analisis struktur sesuai dengan pedoman SNI 2847 2013. Spesifikasi Teknis Bangunan :

Material	= beton
Mutu beton (f'c)	= 20,75 MPa (K250)
Modulus elastisitas	= 21409,5189 MPa
Berat Jenis Beton	= 2400 kg/m ³
Poisson Ratio	= 0,2
Tebal Pelat Lantai	= 120 mm

3.3 Pelaksanaan Penelitian

Pelaksanaan penelitian ini yaitu dengan melakukan analisis pelat dengan balok dengan metode amplop dan metode elemen hingga. Dalam menganalisis metode amplop didapatkan koefisien momen tiap bagian dengan menggunakan tabel koefisien momen PBI 1971 dengan cara interpolasi. Perhitungan menggunakan metode elemen hingga dimulai dari mencari nilai kekakuan struktur balok dan pelat, lalu kemudian menghitung *displacement* dan mendapatkan nilai momen tiap tipe pelat Setelah itu mengevaluasi analisis dengan membandingkan nilai momen dari hasil metode amplop dan metode elemen hingga.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Analisis Perhitungan Pelat Dua Arah dengan Metode Amplop

a. Menghitung beban yang bekerja pada pelat lantai

Tabel 1. Beban Mati pada Pelat

Beban Mati (qD)	Perhitungan Pembebanan		
	Tebal (m)	Berat jenis (kN/m ³)	Berat (kN/m ²)
Berat sendiri	0,12	24	2,88

Berat spesi	0,03	21	0,63
Berat keramik			0,24
Berat plafond+penggantung			0,18
Berat mekanikal elektrik			0,245
TOTAL			4,175
qD (beban mati)	= 4,175 kN/m ²		
qL (beban hidup)	= Lobi dan koridor lantai		
	= 4,79 kN/m ²		
Beban terfaktor (qu)	= 1,2 D + 1,6 L		
	= 1,2 * 4,175 + 1,6 * 4.79 = 12,674 kN/m ²		
Tebal pelat lantai (h)	= 120 mm		

b. Perhitungan pelat 2 arah pada pelat lantai A.

$$M = 0,001 * W_u * L_x^2 * x \quad (4)$$

Tabel 3. Nilai Momen dengan Menggunakan Metode Amplop

No.	Pelat	Mlx	Mly	Mtx	Mty
1	A	3,6438	1,3466	-6,3370	-4,4359
2	B	2,2180	1,9803	-4,7528	-4,2775
3	C	4,3472	3,8814	-9,3154	-8,3839
4	D	3,6438	1,3466	-6,3370	-4,4359
5	E	4,0493	2,4714	-7,7945	-6,2546
6	F	2,9309	1,6635	-5,5449	-4,3567

4.2. Analisis Perhitungan Pelat Dua Arah dengan Metode Elemen Hingga

Selanjutnya diambil contoh pada pelat a. Pelat a tersebut dibagi menjadi 4 mesh agar hasil yang didapatkan lebih detail, jadi jarak yang digunakan pada perhitungan metode elemen hingga jarak nya dibagi sesuai jumlah mesh.

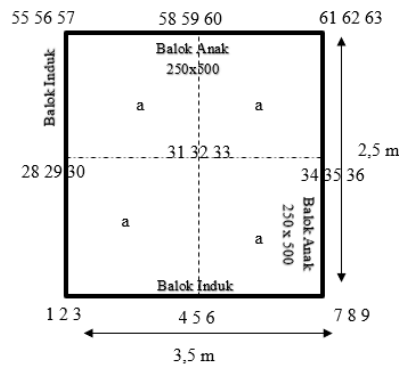
Setelah dilakukan penamaan pada masing-masing pelat dan balok lalu dirakit matriks keseluruhan sehingga membentuk [K] struktur dengan ordo 459 x 459 yang terdiri dari matriks pelat dan balok yang telah didefinisikan.

Matriks K struktur [Kstruktur] didefinisikan menggunakan metode A. Ghali. Setelah itu mendefinisikan matriks beban menggunakan metode A.Ghali dan didapatkan nilai matriks untuk beban mati [Fd] sebesar matriks 1 x 459 dan beban hidup [Fl] sebesar matriks 1 x 459 sesuai dengan struktur yang ada. Setelah didapatkan matriks [Kstruktur] dan [F] maka untuk mendapatkan nilai lendutan [Δd] dan [Δl] dilakukan dengan cara menginverskan matriks [K] menjadi matriks [K]⁻¹ kemudian dikalikan dengan gaya [F] yang telah didistribusikan.

$$[\Delta d] = [K]^{-1} \times [F]$$

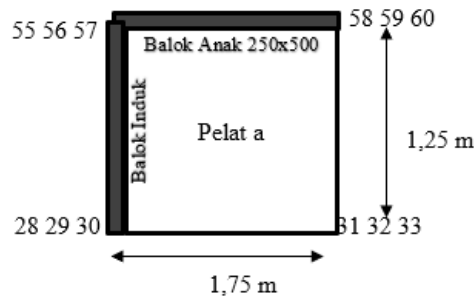
$$[\Delta l] = [K]^{-1} \times [F]$$

Setelah didapatkan nilai masing-masing matriks $[\Delta d]$ dan $[\Delta l]$ selanjutnya yaitu mencari nilai momen sebenarnya dari tiap tipe pelat dengan cara sebagai berikut :



Gambar 6. Dimensi dan kondisi tepi pada pelat yang ditinjau.

Berikut merupakan pemodelan beban pada pelat yang telah didefinisikan pada pelat a :



Gambar 7. Jaringan 2x2 denah kuadran kiri atas dari pelat.

Sesuai dengan persamaan 2.4 menurut A.Ghali maka didapatkan nilai matriks kekakuan untuk balok induk 300 x 600 mm :

$$f_c' = 20,750 \text{ mPa}$$

$$EI/L = 92,489$$

$$L = 1,25 \text{ m}$$

$$K = \begin{vmatrix} 710,316 & 443,948 & -710,316 & 443,948 \\ 443,948 & 369,956 & -443,948 & 184,978 \\ -710,316 & -443,948 & 710,316 & -443,948 \\ 443,948 & 184,978 & -443,948 & 369,956 \end{vmatrix}$$

Setelah semua matriks dirakit satu persatu dengan cara dijumlahkan sesuai titik nodal perpindahan pada balok dan pelat lalu dicari nilai dua belas beban yang selaras dengan parameter perpindahan titik simpul pada balok dan pelat.

Tabel 4. Hasil Perhitungan nilai momen metode elemen hingga

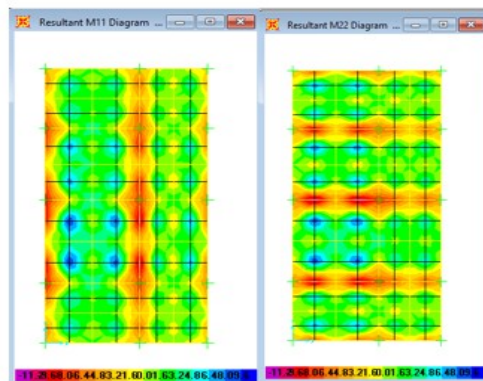
PELAT A	Mlx	5,7807	Mtx	-1,6891
	Mly	6,2019	Mty	-6,0108
	Mlx	3,7042	Mtx	3,9293

PELAT B	Mly	4,3686	Mty	-1,3437
PELAT C	Mlx	9,3358	Mtx	-1,2496
	Mly	9,2134	Mty	-0,6259
PELAT D	Mlx	6,1220	Mtx	-2,1495
	Mly	5,6830	Mty	0,8023
PELAT E	Mlx	8,3364	Mtx	-7,2316
	Mly	8,9869	Mty	2,8422
PELAT F	Mlx	1,1885	Mtx	-2,2429
	Mly	4,0598	Mty	0,7413

4.3 Permodelan Struktur Pelat dengan Aplikasi SAP2000

Aplikasi digunakan sebagai bahan perbandingan perhitungan yang telah dilakukan pada Metode Amplop dan Metode Elemen Hingga

Berikut ini merupakan hasil analisis program SAP2000 yang terdiri dari M11 yaitu momen lentur bentang melebar dan M22 yaitu momen lentur bentang memanjang pada struktur :



Gambar 8. Gambar momen M11 dan M22

5. KESIMPULAN

- Pemodelan struktur menggunakan aplikasi SAP2000 memiliki hasil yang paling mendekati kondisi struktur sebenarnya dikarenakan struktur pelat yang dihitung dibagi menjadi elemen-elemen kecil dan juga faktor pembulatan angka desimal sangat mempengaruhi dalam perhitungan momen yang menyebabkan faktor kesalahan menjadi semakin kecil dan mendekati struktur aslinya.
- Pada analisis pelat dengan menggunakan Metode Elemen Hingga dan Metode SAP2000 pelat dibagi menjadi 4 elemen kuadrilateral sedangkan pada Metode Amplop pelat dihitung sesuai jarak aslinya.
- Pada analisis dengan Metode Amplop tidak diperhitungkan dimensi balok induk dan balok anak sehingga hasil yang didapatkan tidak bervariasi seperti Metode Elemen Hingga

6. DAFTAR PUSTAKA

- Ghali, A., 1978, *Analisis Struktur*, Penerbit Erlangga, Jakarta.
- Hariandja, B., 2010, *Desain Beton Bertulang*, Penerbit PT.Gramedia Pustaka Utama, Jakarta.
- Katili, I., 2003, *Metode Elemen Hingga untuk Pelat Lentur*, Penerbit Universitas Indonesia (UI-Press), Jakarta.
- Slizard, R., 1974, *Teori dan Analisis Pelat Metode Klasik dan Numerik* , Penerbit Erlangga, Jakarta.
- Steele, Charles R., 2009, *Teori Metode Elemen Hingga*, The Mcgraw Hill Companies, Singapore.
- SNI 2847, 2013, *Tata Cara Perhitungan Struktur Beton untuk Bangunan Gedung*, Jakarta.

