

## Perancangan *Flat Plate* dengan Metode Portal Ekuivalen dan Metode Elemen Hingga

Fajar Putra Sanjaya<sup>1)</sup>  
Bayzoni<sup>2)</sup>  
Eddy Purwanto<sup>3)</sup>

### Abstract

*The flat plate is a thick, evenly solid concrete plate that transfers the load directly to the support column without the aid of a beam or shear head or drop panel. This type of plate can be made quickly because of the formwork and simple reinforcement arrangement.*

*The flat plate is planned to be uniform with dimensions of 5000x4000 mm as many as 9 panels, plate thickness of 150 mm with 25 MPa concrete quality, quality of reinforcement 280 MPa and based on the provisions of SNI 1727; 2013 and SNI 2847; 2013. Flat plate analysis uses the equivalent frame design method, finite element method and SAP 2000 and Microsoft Excel programs.*

*Based of the results of the analysis, the comparison value of moments between the portal method equivalent to SAP 2000 is equal to, whereas between finite element methods and SAP2000 is equal to. In the reinforcement plan, the number and diameter of the reinforcement were obtained in terms of the greatest moment value resulting from the analysis of the equivalent frame design method*

*Keywords: Flat plate, Equivalent Frame Design Method, Finite Element Method*

### Abstrak

*Flat plate* adalah pelat beton pejal dengan tebal merata yang mentransfer beban secara langsung ke kolom pendukung tanpa bantuan balok atau kepala kolom atau drop panel. Pelat jenis ini dapat dibuat dengan cepat karena bekisting dan susunan tulangan yang sederhana.

*Flat plate* direncanakan seragam dengan dimensi 5000x4000 mm sebanyak 9 panel, ketebalan pelat 150 mm dengan mutu beton 25 MPa, mutu tulangan 280 MPa dan berdasarkan ketentuan pada SNI 1727;2013 dan SNI 2847;2013. Analisis *flat plate* menggunakan metode portal ekuivalen, metode elemen hingga dan program SAP 2000 dan Microsoft Excel.

Berdasarkan hasil analisis diperoleh nilai koreksi perbandingan momen antara metode portal ekuivalen dengan SAP 2000 sebesar, sedangkan antar metode elemen hingga dengan SAP2000 sebesar. Dalam perencanaan penulangan diperoleh jumlah dan diameter tulangan ditinjau dari nilai momen terbesar hasil analisis metode portal ekuivalen.

Kata kunci: *Flat plate*, Metode Portal Ekuivalen, Metode Elemen Hingga

---

<sup>1)</sup> Mahasiswa pada Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Lampung. Surel : fajar.ptrsnjy@outlook.com

<sup>2)</sup> Staf pengajar pada Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Lampung. Jalan Prof. Sumantri Brojonegoro 1. Gedung Meneng Bandar Lampung. 35145. Surel : bayzoni@gmail.com

<sup>3)</sup> Staf pengajar pada Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Lampung. Jalan Prof. Sumantri Brojonegoro 1. Gedung Meneng Bandar Lampung. 35145. Surel : eddypurwanto55@gmail.com



## 1. PENDAHULUAN

Struktur bangunan gedung terdiri dari beberapa komponen meliputi pelat, balok anak, balok induk, kolom dan pondasi. Struktur pelat merupakan salah satu elemen penting dalam suatu struktur bangunan. Realisasi struktur pelat dapat dijumpai dalam gedung berupa pelat lantai ataupun pelat atap, jembatan dan pelabuhan.

Pelat merupakan struktur bidang yang lurus (datar atau tidak melengkung) yang tebalnya jauh lebih kecil dibanding dengan dimensinya yang lain. Ditinjau dari segi statika, kondisi tepi pelat bias bebas (*free*), bertumpuan sederhana (*simply supported*) dan jepit, termasuk tumpuan elastis dan jepit elastis atau dalam beberapa hal dapat berupa tumpuan titik/ terpusat. Beban statis atau dinamis yang dipikul oleh pelat umumnya tegak lurus permukaan pelat.

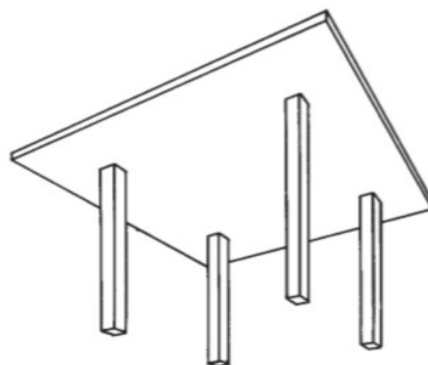
*Flat plate* (pelat datar) adalah pelat beton pejal dengan tebal merata yang mentransfer beban secara langsung ke kolom pendukung tanpa bantuan balok atau kepala kolom atau drop panel. *Flat plate* dapat dibuat dengan cepat karena bekisting dan susunan tulangan yang sederhana. Pelat ini memerlukan tinggi lantai terkecil untuk memberikan persyaratan tinggi ruangan dan memberikan fleksibilitas terbaik dalam susunan kolom dan partisi. Pelat ini juga memberikan sedikit penghalang untuk pencahayaan dan ketahanan api yang tinggi karena hanya ada sedikit sudut-sudut tajam dimana pengelupasan beton dapat terjadi. *Flat plate* mungkin merupakan sistem pelat yang paling umum dipakai saat ini untuk hotel beton bertulang bertingkat banyak, motel, apartemen, rumah sakit, dan asrama. Terdapat beberapa metode dasar untuk menganalisis pelat, salah satunya yaitu Metode Portal Ekuivalen.

## II. TINJAUAN PUSTAKA

### A. Tinjauan Umum Pelat

Pelat adalah elemen struktur datar yang memiliki ketebalan yang lebih kecil dari dimensi lainnya. Pelat berdasarkan mekanisme transfer beban terdiri dari pelat satu arah dan pelat dua arah.

*Flat slab* merupakan sistem pelat beton bertulang yang strukturnya ditumpu langsung oleh kolom-kolom tanpa apa adanya balok induk dan balok anak. Untuk memperkuat pelat terhadap gaya geser, pons dan lentur dapat diberikan penebalan pada daerah penumpu kolom terhadap pelat yang disebut *drop panel*. *Flat slab* yang tidak diberi *drop panel* disebut *flat plate*.



Gambar 1. Flat plate.

(Sumber : Reinforced Concrete Mechanics and Design 6<sup>th</sup> Edition, Macgregor, Wight)

**a. Beban Hidup**

Beban hidup merupakan beban yang diakibatkan oleh pengguna atau struktur lain yang tidak termasuk beban konstruksi dan beban lingkungan, seperti beban angin, beban hujan, beban gempa, beban banjir atau beban mati.

Beban hidup yang digunakan dalam perancangan bangunan gedung dan struktur lain harus beban maksimum yang diharapkan terjadi akibat penghunian dan penggunaan bangunan gedung, akan tetapi tidak boleh kurang dari beban merata minimum yang ditetapkan dalam peraturan pembebanan minimum bangunan gedung SNI 1727 2013.

**b. Beban Mati**

Beban mati merupakan berat seluruh bahan konstruksi bangunan gedung yang terpasang, termasuk dinding, lantai, atap, plafon, tangga, dinding partisi tetap, *finishing*, klading gedung, komponen arsitektural dan struktur lainnya serta peralatan layan yang terpasang lain termasuk berat keran berdasarkan Pedoman Perencanaan Pembebanan untuk Rumah dan Gedung 1998.

**c. Penulangan Pelat**

Dalam perencanaan penulangan pelat dua arah yang tercantum pada SNI 2847:2013 pasal 7.12.2.1 bahwa tulangan pelat ditentukan oleh momen-momen pada penampang kritis, tapi tidak boleh dari yang disyaratkan yaitu luasan tulangan susut dan suhu harus menyediakan paling sedikit memiliki rasio luas tulangan terhadap luas bruto penampang beton sebagai berikut, tetapi tidak kurang dari 0,0014:

- (a) Slab yang menggunakan batang tulangan ulir Mutu 280 atau 350 sebesar 0,0020.
- (b) Slab yang menggunakan batang tulangan ulir atau tulangan kawat las Mutu 420 sebesar 0,0018.
- (c) Slab yang menggunakan tulangan dengan tegangan leleh melebihi 420 MPa yang diukur pada regangan leleh sebesar 0,35 persen :

$$\frac{(0,0018 \times 420)}{f_y} \tag{1}$$

Spasi tulangan pada penampang kritis tidak boleh melebihi dua kali tebal slab, kecuali untuk bagian luas slab konstruksi sel atau berusuk. Pada slab yang melintasi ruang sel, tulangan harus disediakan seperti disyaratkan oleh pasal 7.12.

Perhitungan area yang membutuhkan tulangan berdasarkan pada persamaan berikut :

$$A_s = \frac{M_u}{\phi \cdot f_y \cdot j \cdot d} \tag{2}$$

**B. Metode Elemen Hingga**

Menurut *Szillard* (1974), Metode elemen hingga (*finite element*) memperluas metode matriks perpindahan ke analitis kontinum struktural. Kontinum elastis suatu pelat diganti dengan struktur pengganti, yang terdiri dari elemen-elemen diskrit yang saling berhubungan hanya dititik-titik simpul. Hubungan ini bersifat sedemikian rupa hingga kontinuitas tegangan dan perpindahan yang sebenarnya pada pelat bisa didekati oleh perpindahan titik simpul elemen tersebut. Pada masalah pelat, dilakukan dengan membagi kontinum asli menjadi sejumlah elemen pelat, yang dibatasi oleh garis-garis pertemuan yang lurus atau lengkung dan memiliki semua sifat bahan yang sama seperti pelat semula.

### C. Metode Portal Ekuivalen

Metode ini mengasumsikan pelat lantai dan balok-balok pemikul beban bekerja sama dalam memikul beban. Masing-masing rangka terdiri dari sebaris kolom atau tumpuan dan lajur pelat-balok, dibatasi dalam arah lateral oleh garis tengah panel pada masing-masing sisi dari sumbu kolom atau tumpuan.

## III. METODE PENELITIAN

### A. Umum

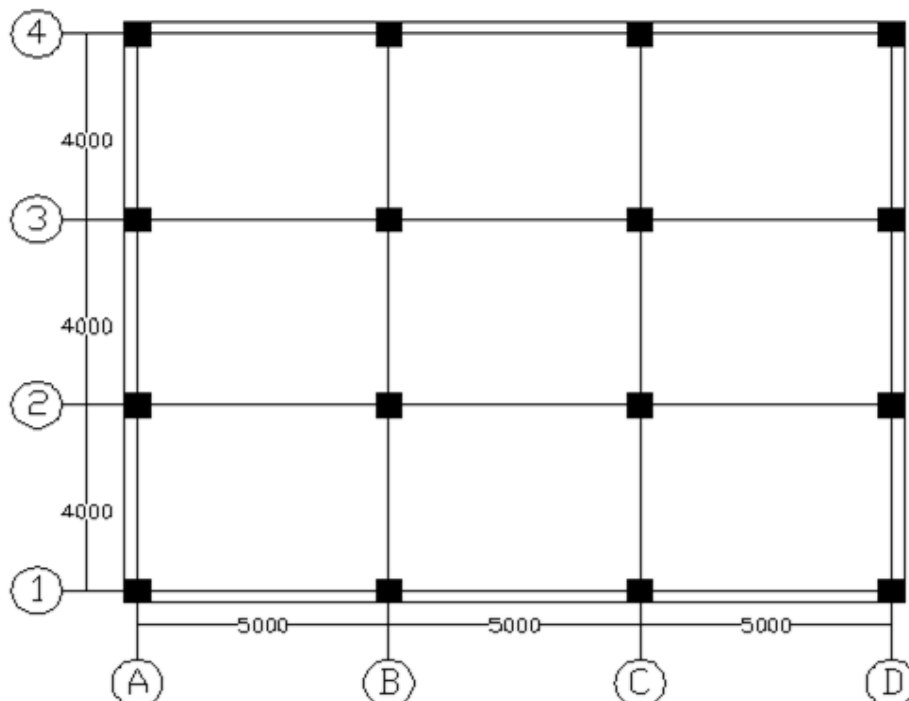
Metodologi penelitian ini bertujuan untuk mempermudah pelaksanaan dalam melakukan penelitian guna memperoleh pemecahan masalah dengan maksud dan tujuan yang telah ditetapkan secara sistematis.

### B. Data Penelitian

Akan dirancang *flat plate* yang dianalisis strukturnya berdasarkan SNI 2847 2013 dengan spesifikasi sebagai berikut :

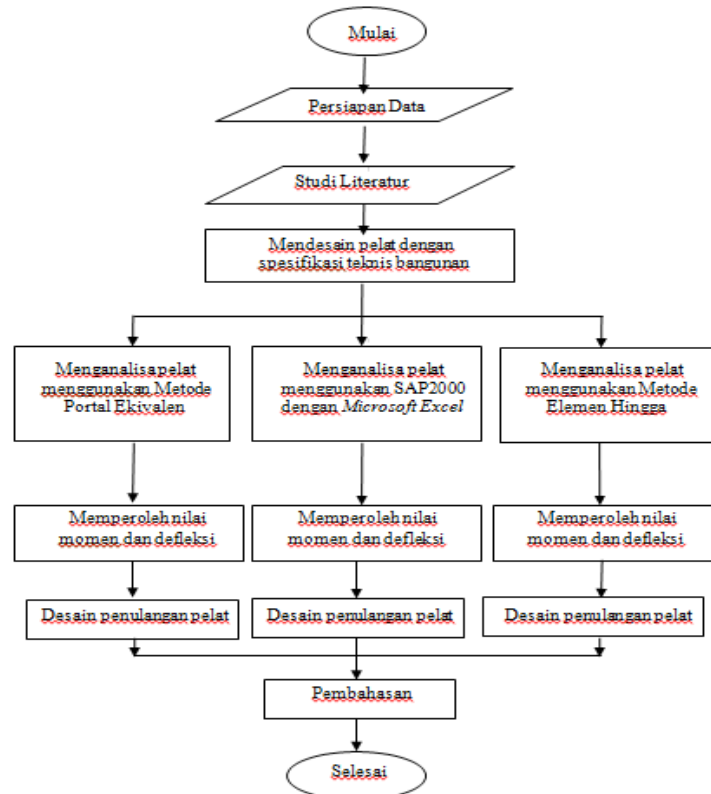
Material	: beton
Mutu beton ( $f'c$ )	: 25 MPa
Mutu baja tulangan ( $f_y$ )	: 280 MPa
Berat jenis beton	: 2400 kg/m <sup>3</sup>
Modulus elastisitas	: 23500 MPa
<i>Poisson ratio</i>	: 0,3

Denah bangunan ditunjukkan pada Gambar 2 berikut ini:



Gambar 2. Bentuk serat kawat bendrat penelitian.

### C. Kerangka Penelitian



Gambar 3. Diagram Alir Penelitian

## IV. PEMBAHASAN

### A. Analisis *flat plate* dengan metode portal ekuivalen

Data-data spesifikasi bangunan sebagai berikut :

$$f'_c = 25 \text{ Mpa}$$

$$f_y = 280 \text{ Mpa}$$

$$E_c = 23500 \text{ Mpa}$$

$$q_d = 24 \text{ kN/m}^3$$

$$q_d' = 3,1 \text{ kN/m}^2 \text{ (beban penggantung dan penutup lantai)}$$

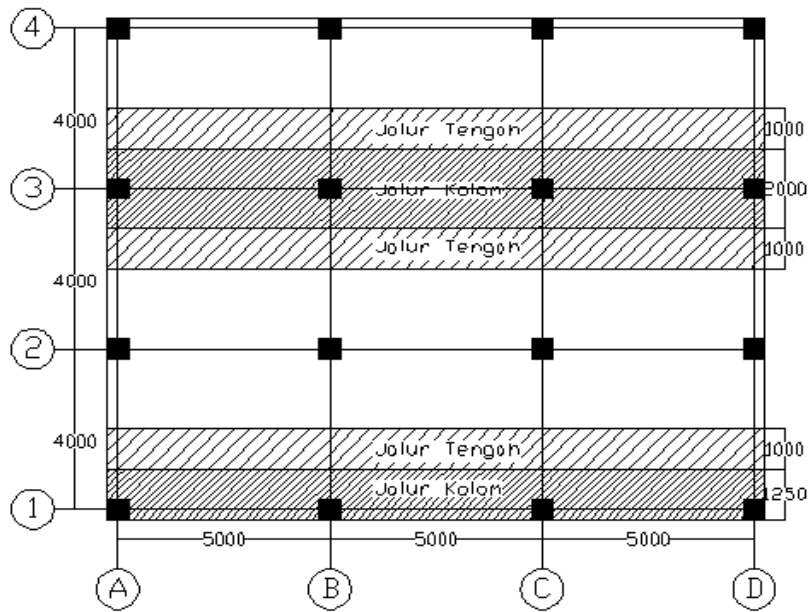
$$L = 2,4 \text{ kN/m}^2 \text{ (ruang kantor)}$$

$$h = 3,2 \text{ m}$$

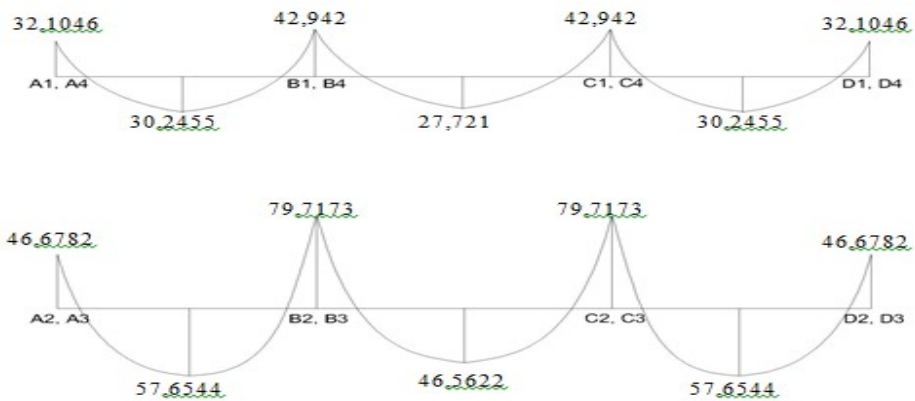
$$U = 1,2.D + 1,6L$$

$$= 1,2 \times (0,15 \times 24 + 3,1) + 1,6 \times 2,4 \text{ kN/m}^2$$

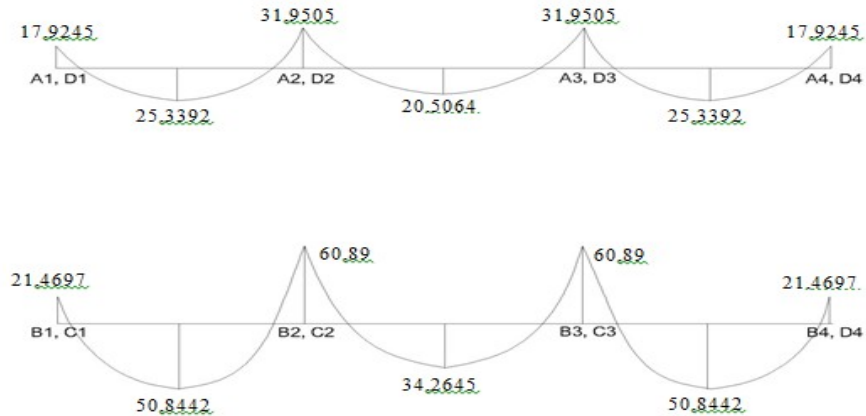
$$= 11,88 \text{ kN/m}^2$$



Gambar 4. Denah jalur-jalur pelat arah x



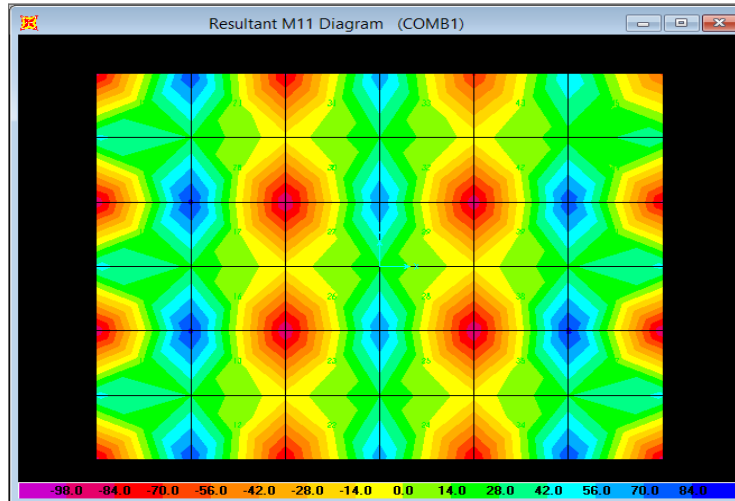
Gambar 5. Bidang momen bentang eksterior dan interior arah x dengan MPE



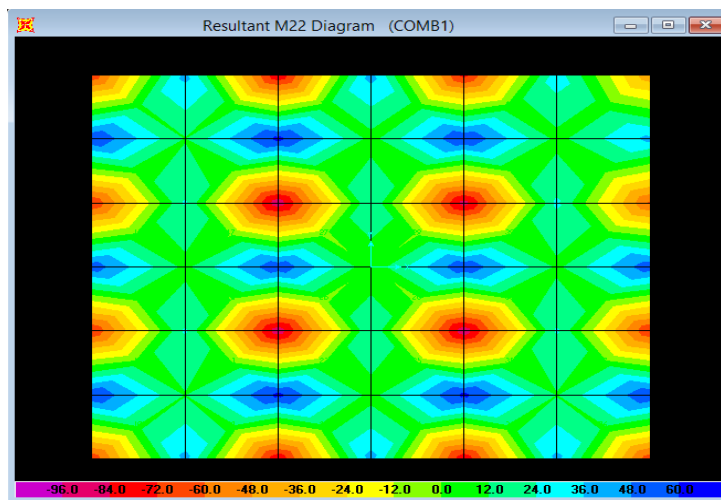
Gambar 6. Bidang momen bentang eksterior dan interior arah y dengan MPE

**B. Permodelan struktur dengan program SAP2000 versi 14**

Berikut ini adalah hasil analisis dengan program SAP 2000 yang terdiri atas M11 yang merupakan momen lentur untuk arah x dan M22 untuk arah y :



Gambar 7. Momen lentur M11 struktur pelat dari program SAP 2000



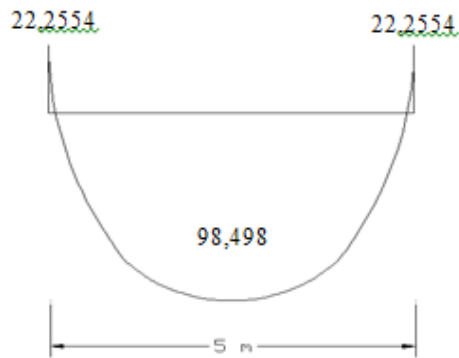
Gambar 8. Momen lentur M22 struktur pelat dari program SAP 2000

**C. Analisis flat plate dengan metode elemen hingga menggunakan elemen segiempat 2D.**

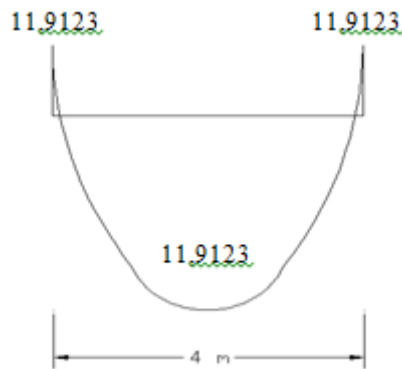
Dalam menganalisis flat plate dengan metode elemen hingga data struktural yang diperlukan sebagai berikut :

- E : 23500 Mpa = 23500000 kN/m<sup>2</sup>
- h : 150 mm = 0,15 m
- v : 0,3
- b : 2,5 m
- c : 2 m
- p : 0,8
- q : 11,88 kN/m<sup>2</sup>
- N : 7263,0495 kNm





Gambar 9. Bidang momen arah x dengan MEH



Gambar 10. Bidang momen arah y dengan MEH

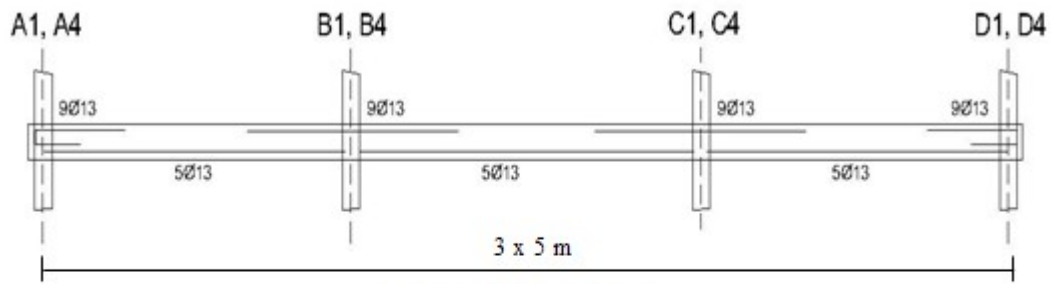
Berikut merupakan nilai persentase koreksi momen yang diperoleh dari metode portal ekvivalen, metode elemen hingga terhadap SAP2000 v14 :

Tabel 1. Persentase koreksi momen MPE, MEH dan SAP2000

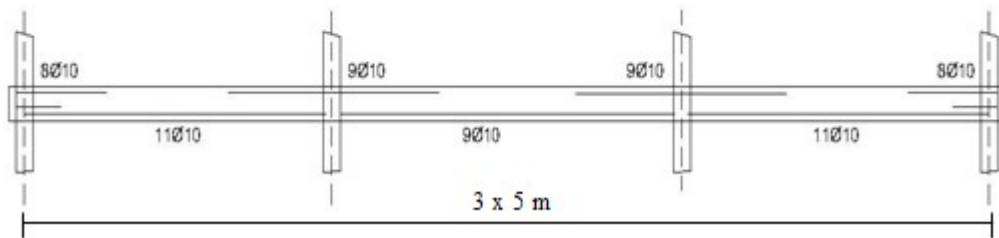
MPE	MEH	SAP2000	Persentase Koreksi MPE/SAP2000 (%)	Persentase Koreksi MEH/SAP2000(%)
31,1046	22,2554	91,7092	39,7620	312,0762
30,2455	98,498	83,88	69,2933	14,8409
42,942	22,2554	87,278	92,9509	292,1655

**D. Perencanaan tulangan pelat**

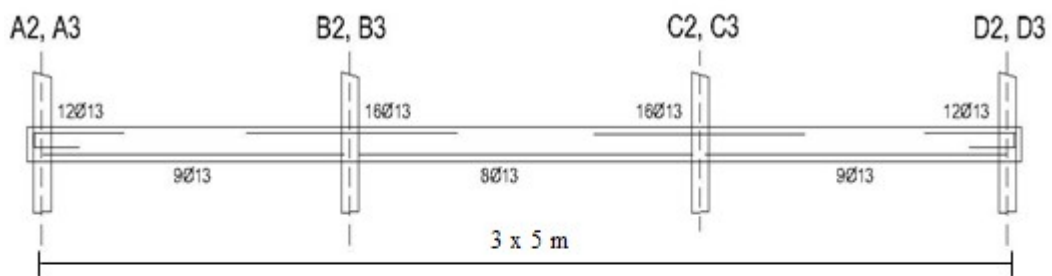
Dalam perencanaan tulangan pelat menggunakan nilai momen yang didapatkan pada metode portal ekvivalen yang sebelumnya telah didistribusikan ke lajur kolom dan lajur tengah. Bagan skematik tulangan pelat sebagai berikut:



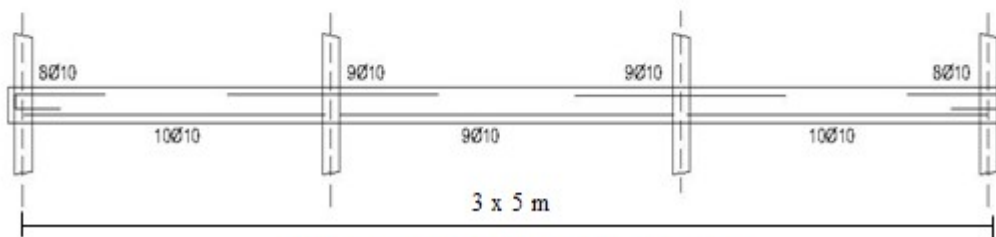
(a) Lajur kolom eksterior



(b) Lajur tengah antara kolom A1-A2, A3-A4



(c) Lajur kolom interior



(d) Lajur tengah antara kolom A2-A3

Gambar 10. Bagan skematik tulangan

## 5. KESIMPULAN DAN SARAN

### A. Kesimpulan

1. Nilai tebal pelat diperoleh sebesar 0,15 m yang digunakan pada analisis tiap metode.
2. Hasil dari analisis *flate plate* menggunakan metode elemen hingga dan metode portal ekuivalen memiliki perbedaan cukup besar. Hal tersebut disebabkan pada analisis menggunakan metode elemen hingga hanya meninjau *flat plate* tanpa mengikutsertakan kolom, sedangkan pada metode portal ekuivalen momen ditransfer menuju kolom.
3. Perencanaan penulangan pelat menggunakan nilai momen yang didapatkan dari metode portal ekuivalen dapat dilihat pada Gambar 59 dan Gambar 60.

### B. Saran

1. Tugas akhir ini penulis hanya membahas gaya akibat beban gravitasi. Untuk penelitian selanjutnya akan lebih baik jika gaya akibat beban lateral seperti beban angin atau beban gempa diperhitungkan.
2. Jenis pelat lantai yang direncanakan hanya satu jenis yaitu *flate plate*. Pembahasan selanjutnya akan lebih baik dibandingkan dengan jenis-jenis pelat lainnya.
3. Diharapkan dalam menganalisis struktur pelat menggunakan metode portal ekuivalen dan metode elemen hingga harus memperhatikan jenis pelat, tumpuan pada pelat, jenis elemen, jumlah elemen berdasarkan pedoman atau aturan yang berlaku.
4. Penelitian selanjutnya diharapkan dapat menggunakan jumlah elemen yang lebih banyak/halus dalam menganalisis menggunakan metode elemen hingga sehingga bisa didapatkan perbandingan dan hasil yang lebih baik.

## DAFTAR PUSTAKA

- \_\_\_\_\_. 1987. *Pedoman Perencanaan Pembebanan untuk Rumah dan Gedung*. Jakarta. Dinas Pekerjaan Umum.
- \_\_\_\_\_. 2013. *SNI 1727 Beban Minimum untuk Perancangan Bangunan Gedung dan Bangunan Lain*. Jakarta. Badan Standarisasi Nasional.
- \_\_\_\_\_. 2013. *SNI 2847 Persyaratan Beton Struktural untuk Bangunan Gedung*, Jakarta. Badan Standarisasi Nasional.
- Ghali, A. 1978. *Analisis Struktur*. Jakarta : Penerbit Erlangga.
- Katili, I. 2003. *Metode Elemen Hingga untuk Pelat Lentur*. Jakarta. Universitas Indonesia (UI-Press)
- Slizard, R. 1974. *Teori dan Analisis Pelat Metode Klasik dan Numerik*. Jakarta. Erlangga.
- Ugural, A.C. 1999. *Stresses in Plates and Shells*. Singapore. The McGraw-Hill Companies, Inc