

**TINJAUAN MOMEN LENTUR PELAT DUA ARAH
DENGAN METODE PERENCANAAN LANGSUNG
DAN METODE ELEMEN HINGGA**

(Skripsi)

**Oleh
MUHAMMAD FAHRI**



**FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDARLAMPUNG
2016**

ABSTRACT

The Review of Bending Moment Two Way Slab by Using Direct Design Method and Finite Element Method

By

MUHAMMAD FAHRI

This research conducted to study and determine the bending moment plate by using the Direct Design Method and Finite Element Method. In the procedure of calculation of concrete structures for buildings, namely SNI 2847 2013 has been set up several plates planning methods one of which is a method of using the Direct Design Method analysis. Finite element method (FEM) is dividing a complex problem into small parts or elements where a simpler solution can be easily obtained.

The theory used in plate analysis with the Finite Element Method is Kirchhoff-Love theory in which the limits are used specifically for the analysis of thin plates with small deflections by ignoring the transverse shear forces. The program is used by applying the Finite Element Method in this study is a Microsoft Excel as a tool for calculations and modeling program SAP 2000 as a plate structure.

From the calculations have been done that the value of deflection and the bending moment on the plate two directions with varying results. From the results obtained show that the static moments of total factored Direct Planning Method and the Finite Element Method approach each show results. Distribution moments on the foundation and interior plate field differently due to direct Planning Method using a great moment coefficients ditumpuan while using the Finite Element Method transition stiffness matrix. Direct Design method shows deflection value is smaller than the Finite Element Method for the pedestal receive static torque distribution is greater than the total factored in the Finite Element Method, in order to obtain higher security than the Finite Element Method.

Keywords: *Direct Design Method, Finite Element Method, Two way slab, SAP 2000*

ABSTRAK

TINJAUAN MOMEN LENTUR PELAT DUA ARAH DENGAN METODE PERENCANAAN LANGSUNG DAN METODE ELEMEN HINGGA

Oleh

MUHAMMAD FAHRI

Penelitian ini dilakukan untuk mempelajari dan mengetahui momen lentur pelat dua arah dengan menggunakan Metode Perencanaan Langsung (DDM) dan Metode Elemen Hingga. Pada tata cara perhitungan struktur beton untuk bangunan gedung yaitu SNI 2847 2013 telah diatur beberapa metode perencanaan pelat salah satunya adalah Metode Perencanaan Langsung (DDM) dengan menggunakan koefisien momen dalam analisisnya, sedangkan pada Metode elemen hingga (MEH) masalah yang kompleks dibagi menjadi bagian-bagian kecil atau elemen-elemen dimana solusi yang lebih sederhana dapat dengan mudah diperoleh.

Teori yang dipakai pada analisis pelat dengan Metode Elemen Hingga adalah Teori Kirchoff-Love dimana batasan-batasan yang dipakai adalah khusus untuk analisis pelat tipis dengan defleksi kecil dengan mengabaikan gaya geser transversal. Program yang dipakai Metode Elemen Hingga pada penelitian ini adalah *Microsoft Excel* dan program SAP 2000 sebagai pemodelan struktur pelat.

Dari perhitungan yang telah dilakukan diperoleh nilai lendutan dan momen lentur pada pelat dua arah dengan hasil yang bervariasi. Dari hasil yang didapatkan menunjukkan bahwa momen statis total terfaktor dari Metode Perencanaan Langsung dan Metode Elemen Hingga menunjukkan hasil yang saling mendekati. Distribusi momen pada tumpuan dan lapangan pelat interior berbeda dikarenakan Metode Perencanaan langsung menggunakan koefisien momen yang besar ditumpuan sedangkan Metode Elemen Hingga menggunakan peralihan matriks kekakuan. Metode Perencanaan Langsung menunjukkan nilai lendutan lebih kecil daripada Metode Elemen Hingga karena tumpuan menerima distribusi momen statis total terfaktor lebih besar daripada dalam Metode Elemen Hingga, sehingga diperoleh keamanan yang lebih tinggi dibanding Metode Elemen Hingga.

Kata kunci : Momen Lentur, Metode Perencanaan Langsung, Metode Elemen Hingga, Pelat Dua Arah, SAP 2000

**TINJAUAN MOMEN LENTUR PELAT DUA ARAH
DENGAN METODE ELEMEN HINGGA DAN
METODE PERENCANAAN LANGSUNG**

Oleh

MUHAMMAD FAHRI

Skripsi

Sebagai Salah Satu Syarat untuk Mencapai Gelar

SARJANA TEKNIK

Pada

Jurusan Teknik Sipil

Fakultas Teknik Universitas Lampung



**FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDARLAMPUNG
2016**

Judul Skripsi : **TINJAUAN MOMEN LENTUR PELAT
DUA ARAH DENGAN METODE
PERENCANAAN LANGSUNG DAN
METODE ELEMEN HINGGA**

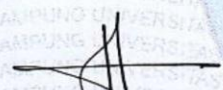
Nama Mahasiswa : **Muhammad Fahri**

Nomor Pokok Mahasiswa : **1115011069**

Program Studi : **Teknik Sipil**

Fakultas : **Teknik**



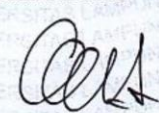


Suyadi, S.T., M.T.
NIP 19741225 200501 1 003



Ir. Eddy Purwanto, M.T.
NIP 19551212 199010 1 001

2. Ketua Jurusan

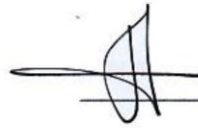


Gatot Eko Susilo, S.T., M.Sc., Ph.D.
NIP 19700915 199503 1 006

MENGESAHKAN

1. Tim Penguji

Ketua : Suyadi, S.T., M.T.



Sekretaris : Ir. Eddy Purwanto, M.T.



Penguji
Bukan Pembimbing : Dr. Ir. C. Niken DWSBU, M.T.



3. Dekan Fakultas Teknik



Prof. Drs. Suharno, M.Sc., Ph.D.
NIP: 1962071711987031002



Tanggal Lulus Ujian Skripsi: 1 Maret 2016

SURAT PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa dalam skripsi ini tidak terdapat karya yang pernah dilakukan orang lain, dan sepanjang pengetahuan saya jugatidak terdapat karya atau pendapat yang dituliskan atau diterbitkan orang lain kecuali yang secara tertulis diacudalam naskah ini sebagaimana disebutkan dalam daftar pustaka. Selain itu saya menyatakan pula, bahwa skripsi ini dibuat oleh saya sendiri.

Apabila pernyataan saya ini tidak benar, maka saya bersedia dikenai sanksi sesuai dengan hukum yang berlaku.

Bandar Lampung, 1 Maret 2016



Muhammad Fahri

RIWAYAT HIDUP PENULIS



Muhammad Fahri dilahirkan di Lahat, pada tanggal 29 Juli 1993. Penulis merupakan anak ketiga dari pasangan Bapak Muhammad Nur dan Ibu Yunizar. Penulis menempuh pendidikan dasar di SD Islam Al-Husna Bekasi Barat dan diselesaikan pada tahun 2005. Pendidikan tingkat pertama ditempuh di SMP Islam An-Nur yang diselesaikan pada tahun 2008. Kemudian melanjutkan pendidikan tingkat atas di SMA Negeri 1 Kota Bekasi yang diselesaikan pada tahun 2011.

Pada tahun 2011, Penulis terdaftar sebagai mahasiswa Fakultas Teknik Jurusan Teknik Sipil Universitas Lampung melalui jalur Ujian Mandiri Lokal (UML). Penulis turut dalam organisasi kemahasiswaan yaitu Himpunan Mahasiswa Teknik Sipil Universitas Lampung pada tahun 2013/2014 sebagai Ketua Bidang Penelitian dan Pengembangan. Selain itu, Penulis juga mendapat kepercayaan menjadi asisten dosen pada mata kuliah Matematika I dan Matematika II pada tahun 2012, Mekanika Bahan dan Pemrograman SAP 2000 pada tahun 2014, Struktur Beton II dan Struktur Baja I tahun 2015. Penulis melakukan Kerja Praktik pada Proyek Perluasan Terminal 3 Ultimate Bandara Soekarno-Hatta. Pada tahun 2015 penulis melakukan Kuliah Kerja Nyata (KKN) di Desa Setiatama, Kecamatan Gedung Aji Baru, Kabupaten Tulang Bawang.

Motto Hidup

" Jangan Khawatir dengan dunia, karena itu milik Allah, Jangan Khawatir pula dengan rezekimu, karena semua itu dari Allah. Tetapi, fokuslah untuk memikirkan satu hal, bagaimana menjadikan Allah ridho kepadamu."

(Ustadz Musyaffa Ad Dariny)

" Semua yang kita lakukan dalam hidup ini harus
Dilandasi rasa sayang, sayang kepada Tuhan, jadi kita
Tidak lupa bersyukur dan malu berdosa, sayang pada diri sendiri
Jadi kita tidak merusak diri dan masa depan "

(Twivortiare2)

" Jangan mengeluh dengan keadaan, tapi berjuanglah dengan keadaan "

(Pak Bambang)

" Kalau kamu tidak pernah mencoba
kamu tidak akan pernah bisa,
Coba terus sampai batas diri kamu "

" Jangan katakan 'Ya Allah, masalah ku sangat Besar !',
tapi katakan 'Hai masalah, Allah itu Maha Besar !'"

" Bukan kesibukan yang mengontrol saya,tapi saya yang mengendalikannya "

(Indra Pradaya)

" You see, You forget "

" You hear, You remember "

" You do, You understand "

(Berliana Naibaho)

" Latihan-lah seolah - olah kamu sedang tampil,
jika sudah, maka Tampil-lah kamu
seolah - olah kamu sedang latihan "

(Mr. Andhika)

SANWACANA

Puji Syukur Penulis ucapkan kehadiran Allah SWT, atas segala rahmat dan hidayah-Nya skripsi ini dapat diselesaikan.

Skripsi dengan judul “*Tinjauan Momen Lentur Pelat Dua arah dengan Metode Perencanaan Langsung dan Metode Elemen Hingga.*” adalah salah satu syarat untuk memperoleh gelar sarjana Teknik Sipil di Universitas Lampung.

Dalam kesempatan ini penulis mengucapkan banyak terima kasih kepada :

1. Bapak Prof. Drs. Suharno, M.Sc., Ph.D., selaku Dekan Fakultas Teknik, Universitas Lampung;
2. Bapak Gatot Eko Susilo, S.T., M.Sc. Ph.D., selaku Ketua Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Lampung;
3. Bapak Suyadi, S.T. M.T., selaku Pembimbing Utama terima kasih atas kesediaannya untuk memberikan bimbingan, saran dan kritik dalam proses penyelesaian skripsi ini;
4. Bapak Ir. Eddy Purwanto M.T., selaku Pembimbing Kedua terima kasih atas kesediaannya dalam memberikan bimbingan, saran dan kritik dalam proses penyelesaian skripsi ini;
5. Ibu Dr. Ir. C. Niken DWSBU M.T. selaku Penguji Utama pada ujian skripsi. Terimakasih untuk masukan dan saran-saran untuk penelitian ini;

6. Bapak Sasana Putra ST. MT. selaku Pembimbing Akademik yang telah membimbing Penulis dengan sangat baik dan bijak sejak awal masuk perkuliahan;
7. Seluruh Dosen Jurusan Teknik Sipil yang telah membimbing dan memberikan ilmu yang bermanfaat;
8. Bapak dan Ibu Staf Administrasi Fakultas Teknik Unila yang telah membantu Penulis dalam mengurus administrasi selama perkuliahan;
9. Ayahku tersayang, H. M. Nur S.H. yang selalu memberikan semangat, doa, dukungan materi dan moril sehingga Penulis dapat menyelesaikan skripsi ini dengan baik;
10. Ibuku tersayang, Hj. Yunizar S.H. yang selalu memberikan doa-doa terbaiknya, semangat, dan dukungan sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini dengan baik;
11. Kedua Kakak dan adikku yang aku banggakan, Rizal Mukmin, Marini Nur Fauziah dan Muhammad Fuad Hasan yang telah memberikan doanya, dukungan, semangat, sehingga Penulis dapat menyelesaikan skripsi ini dengan baik;
12. Teman-teman serta adik-adik, Anggarani, Vivi, Ira, Septian, Prayoga, Ekanto, Salman, Fajar, Dio, Krisna, Trinovita, Yohana, Yuntares, Indah, Nyoman, Galuh, dan Ira yang telah meluangkan waktu untuk membantu memberikan semangat sehingga Penulis dapat menyelesaikan skripsi ini dengan lancar dan mudah;

13. Teman, sahabat bahkan keluarga baru seluruh teman seperjuangan Teknik Sipil 2011 yang telah mengisi hari-hari dengan semangat dan senantiasa menjadi inspirasi bagi penulis;
14. Sahabat sepermainan dari Gimi-gimi, The Big bang Theory, Dawiels Cafe, *Gogo Course*, dan Anemon Diving Club;
15. Semua pihak terkait dalam penyusunan skripsi ini yang tidak dapat penulis sebutkan satu per satu.

Akhir kata, Penulis menyadari bahwa skripsi ini masih jauh dari kesempurnaan, akan tetapi sedikit harapan semoga skripsi yang sederhana ini dapat berguna dan bermanfaat bagi kita semua. Amin.

Bandar Lampung, Maret 2016

Penulis,

Muhammad Fahri

DAFTAR ISI

	Halaman
DAFTAR GAMBAR	iii
DAFTAR TABEL	vi
I. PENDAHULUAN	
A. Latar Belakang	1
B. Rumusan Masalah	3
C. Batasan Masalah	3
D. Tujuan Penelitian	4
E. Manfaat Penelitian	4
II. TINJAUAN PUSTAKA	
A. Konsep Struktur Pelat	5
1. Definisi Pelat.....	6
2. Perilaku Umum Pelat Datar	7
3. Kondisi Tepi Pelat.....	9
4. Tipe Pelat	12
5. Pembebanan Pelat	16
B. Metode Perencanaan Langsung.....	20
1. Batasan-batasan metode perencanaan langsung berdasarkan SNI 2847 2013 pasal 13.6.11	20
2. Momen Statis Total Terfaktor.....	22
3. Langkah Pengerjaan Metode Perencanaan Langsung.....	25
C. Metode Elemen Hingga	26
1. Konsep Umum Metode Elemen Hingga	26
2. Matriks Kekakuan Elemen Segiempat	28

III. METODOLOGI PENELITIAN

A. Pendekatan Penelitian	33
B. Data Penelitian	33
C. Prosedur Penelitian.....	35
D. Kerangka Penelitian	44

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Analisa Perhitungan Pelat Dua Arah dengan Metode Perencanaan Langsung.....	46
B. Pemodelan Struktur dengan Program SAP 2000	69
C. Analisa Perhitungan Pelat Dua Arah dengan menggunakan Pendekatan Grafik dan SAP 2000.....	79
D. Analisa Perhitungan Pelat Dua Arah menggunakan Metode Elemen Hingga dengan <i>Microsoft Excel</i>	83
E. Hasil Momen Lentur dan Lendutan pada Metode Perencanaan Langsung dan Metode Elemen Hingga.....	92

V. KESIMPULAN DAN SARAN

A. Kesimpulan	96
B. Saran.....	98

DAFTAR PUSTAKA

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 1. Struktur Pelat dengan Balok	6
Gambar 2. Pelat dengan tebal konstan dan sesudah defleksi	7
Gambar 3. Arah momen dan geser pada Pelat	9
Gambar 4. Arah Tegangan pada Pelat	9
Gambar 5. Kondisi tepi Pelat	10
Gambar 6. Tepi pelat arah x sepanjang a.....	11
Gambar 7. Pelat satu arah dan dua arah	12
Gambar 8. Klasifikasi pelat menurut transfer beban.....	13
Gambar 9. Bagian pelat yang disertakan dengan balok.....	16
Gambar 10. Lajur kolom dan lajur portal ideal.	22
Gambar 11. Pendekatan elemen hingga suatu pelat	27
Gambar 12. Derajat kebebasan kinematik elemen segiempat	28
Gambar 13. Denah tampak atas struktur bangunan.....	34
Gambar 14. Denah tampak tiga dimensi struktur bangunan	35
Gambar 15. Kotak <i>New Model</i>	37
Gambar 16. Sistem koordinat baru	37
Gambar 17. Garis grid dan pelat.....	38
Gambar 18. Melakukan <i>Set Select Mode</i> pada SAP 2000.....	38
Gambar 19. Membagi area menjadi beberapa jaringan.....	39
Gambar 20. Hasil <i>divide selected areas</i>	39
Gambar 21. Memeriksa material	40
Gambar 22. Memeriksa <i>area sections</i>	40
Gambar 23. Memasukan material pada pelat	41
Gambar 24. Kotak <i>Area Uniform Shells</i> untuk beban pelat	41
Gambar 25. Memasukan beban merata pada pelat.....	42

Gambar 26. <i>Set Analysis Options</i>	42
Gambar 27. Deformasi pelat pada SAP 2000.....	43
Gambar 28. Momen pelat M11 dan M22 pada SAP 2000	43
Gambar 29. Diagram alir penelitian	44
Gambar 30. Denah pelat lantai	46
Gambar 31. Balok dan pelat interior	50
Gambar 32. Perhitungan dan harga-harga α balok T	51
Gambar 33. Balok dan pelat eksterior	58
Gambar 34. Perhitungan dan harga-harga α balok L	60
Gambar 35. Balok L tetapan torsi tipe 1	61
Gambar 36. Balok L tetapan torsi tipe 2.....	62
Gambar 37. Momen lentur bentang memanjang jalur tengah	67
Gambar 38. Momen lentur bentang melebar jalur tengah	67
Gambar 39. Momen lentur bentang memanjang jalur kolom.....	68
Gambar 40. Momen lentur bentang melebar jalur kolom	68
Gambar 41. <i>New Model</i> perencanaan struktur.....	69
Gambar 42. Tampak struktur sebelum diberi <i>line</i>	69
Gambar 43. <i>Material property</i> data beton dan pelat	70
Gambar 44. Data balok dan kolom struktur	70
Gambar 45. Kombinasi pembebanan dan besaran sendiri struktur	71
Gambar 46. Input elemen kolom dan balok struktur	71
Gambar 47. Input elemen pelat struktur	72
Gambar 48. Membagi area pelat menjadi banyak <i>mesh</i>	72
Gambar 49. Hasil <i>meshing</i> area struktur pelat.....	73
Gambar 50. Pembebanan merata pada pelat struktur	73
Gambar 51. Pilihan analisis hasil SAP 2000	74
Gambar 52. Hasil deformasi struktur dari SAP 2000	74
Gambar 53. Hasil momen lentur M11 struktur pelat SAP 2000	75
Gambar 54. Hasil momen lentur M22 struktur pelat SAP 2000	75
Gambar 55. Struktur panel 4.....	79
Gambar 56. Grafik konstanta $c_1 - c_5$ pelat tumpuan jepit	80
Gambar 57. Rumus konstanta w dan m	81

Gambar 58. Momen lentur dan lendutan pelat elemen segiempat	82
Gambar 59. Berbagai jenis geometri elemen kuadrilateral	84
Gambar 60. Dimensi dan kondisi tepi analisis elemen hingga.....	85
Gambar 61. Jaring 2 x 2 denah kuadran kiri atas dari pelat	85
Gambar 62. Momen lentur pelat memanjang Metode Elemen Hingga.....	91
Gambar 63. Momen lentur pelat melebar Metode Elemen Hingga.....	91
Gambar 64. Tampak atas momen lentur pelat memanjang Metode Elemen Hingga.....	94
Gambar 65. Tampak atas momen lentur pelat melebar Metode Perencanaan Langsung.....	94
Gambar 66. Tampak atas momen lentur pelat melebar Metode Elemen Hingga.....	95
Gambar 67. Tampak atas momen lentur pelat melebar Metode Perencanaan Langsung.....	95

DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 1. Tebal minimum pelat tanpa balok interior	14
Tabel 2. Besarnya beban mati	17
Tabel 3. Besarnya beban hidup.	18
Tabel 4. Faktor distribusi Momen M_0 positif dan negatif	23
Tabel 5. Distribusi Momen Negatif Interior pada lajur kolom.....	24
Tabel 6. Distribusi Momen Negatif Eksterior pada lajur kolom	24
Tabel 7. Distribusi nilai α_c untuk momen positif bentang lapangan.	24
Tabel 8. Distribusi momen pelat balok T.	57
Tabel 9. Distribusi momen pelat balok L	66
Tabel 10. Perbandingan momen pelat untuk portal B dan D	76
Tabel 11. Perbandingan momen pelat untuk portal A dan C	77
Tabel 12. Nilai lendutan elemen segiempat	82
Tabel 13. Nilai momen lentur tengah bentang elemen segiempat.....	82
Tabel 14. Perbandingan lendutan 4 elemen segiempat dan grafik	93
Tabel 15. Perbandingan Momen lentur 4 elemen segiempat dan grafik	93

I. PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Struktur bangunan merupakan sebuah sistem kesatuan bangunan yang bekerja untuk menyalurkan beban bangunan ke dalam tanah. Kebutuhan akan bangunan untuk kehidupan peradaban manusia dewasa ini telah berkembang seiring waktu. Dengan berkembangnya zaman maka bermunculan metode-metode analisis struktur untuk menghitung gaya-gaya dalam pada konstruksi beton bertulang. Elemen struktur utama pada bangunan yang digunakan salah satunya adalah pelat.

Struktur pelat merupakan struktur planar kaku yang secara khas terbuat dari material monolit yang tebalnya kecil dibandingkan dengan dimensi-dimensi lainnya. Beban yang umum bekerja pada pelat mempunyai sifat tegak lurus pada permukaan pelat. Ketika pelat diberikan tegangan yang berasal dari pembebanan maka akan menghasilkan lendutan dan nilai momen lentur. Momen lentur pada pelat diperlukan untuk menentukan tebal pelat dan ukuran tulangan yang dapat dicari dengan menggunakan metode-metode perencanaan pelat yang sudah banyak dipakai sekarang ini.

Pada tata cara perhitungan struktur beton untuk bangunan gedung yaitu SNI 2847 2013 telah diatur beberapa metode perencanaan pelat salah satunya adalah Metode Perencanaan Langsung dengan menggunakan koefisien momen dalam analisisnya. Metode ini sering dipakai pada perencanaan struktur pelat di Indonesia dikarenakan jenis pelat yang dipakai lebih banyak memenuhi persyaratan dari metode ini.

Metode elemen hingga (MEH) adalah membagi masalah yang kompleks menjadi bagian-bagian kecil atau elemen-elemen dimana solusi yang lebih sederhana dapat dengan mudah diperoleh. Salah satu penerapan MEH adalah analisis benda pejal yang dalam hal ini berkaitan dengan perencanaan struktur pelat. Adapun program yang dipakai dengan menerapkan Metode Elemen Hingga adalah program SAP 2000 dan *Microsoft Excel*.

Pada masalah pelat, idealisasi-nya dilakukan dengan membagi kontinum asli menjadi sejumlah elemen pelat, yang dibatasi oleh garis-garis pertemuan yang lurus atau lengkung dan memiliki semua sifat bahan seperti pelat semula. Ketepatan Metode Elemen Hingga dipengaruhi oleh parameter-parameter seperti pola perpindahan yang ditetapkan untuk elemen, jumlah elemen, teknik penyajian beban, kondisi tepi masalah tertentu dan program komputer yang digunakan. Walaupun metode elemen hingga masih terus dalam tahap pengembangan, metode ini akan banyak dipakai dikemudian hari dalam banyak bidang mekanika struktur dan kontinum.

B. Rumusan Masalah

Rumusan masalah yang akan dibahas dalam tugas akhir ini adalah membandingkan Metode Perencanaan Langsung (*Direct Design Method*), Metode Elemen Hingga (*Finite Element Method*) dengan menggunakan bantuan *Microsoft Excel* sebagai alat bantu perhitungan, dan analisis program SAP 2000 untuk mengetahui lendutan dan momen lentur pada struktur pelat dua arah.

C. Batasan Masalah

Pengerjaan tugas akhir ini dalam batasan-batasan sebagai berikut :

1. Struktur pelat yang ditinjau adalah struktur pelat datar sistem dua arah dengan menggunakan tumpuan balok.
2. Analisis struktur pelat menggunakan Metode Perencanaan Langsung sesuai dengan SNI 2847 2013.
3. Pembebanan struktur pada pelat sesuai dengan SNI 1727 2013 dan tidak menghitung pembebanan akibat gempa.
4. Analisis pelat menggunakan teori *Khirchoff-Love* pada analisis FEM.
5. Pengaruh vibrasi pada pelat tidak diperhitungkan.
6. Metode Elemen Hingga menggunakan elemen kuadrilateral.
7. *Microsoft Excel* pada perhitungan lendutan dan momen lentur dengan metode elemen hingga untuk elemen segiempat digunakan.
8. Program SAP 2000 versi 14 untuk pemodelan struktur dan analisis gaya pelat yang ditinjau dengan elemen segiempat digunakan.

D. Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah :

1. Menganalisis struktur pelat datar dengan sistem dua arah.
2. Mengetahui momen lentur pada pelat dua arah dengan metode perencanaan langsung sesuai dengan SNI 2847 2013.
3. Mengetahui lendutan, tegangan dan momen lentur pada pelat dua arah yang ditinjau dengan metode elemen hingga dengan elemen segiempat menggunakan *Microsoft Excel*.
4. Mengetahui lendutan dan momen lentur dari pemodelan struktur pelat menggunakan program SAP 2000 versi 14.

E. Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian ini adalah :

1. Memberikan referensi mengenai analisis struktur pelat datar dengan sistem dua arah.
2. Memberikan referensi mengenai momen lentur pada pelat datar sistem dua arah dengan menggunakan Metode Perencanaan Langsung sesuai dengan SNI 2847 2013.
3. Memberikan referensi mengenai penggunaan Metode Elemen Hingga dengan elemen segiempat dengan menggunakan *Microsoft Excel*.
4. Memberikan referensi mengenai penggunaan program SAP 2000 versi 14 pada permodelan struktur pelat.

II. TINJAUAN PUSTAKA

A. Konsep Struktur Pelat

Pertama kali perlakuan yang penting pada pelat terjadi pada tahun 1800 dan semenjak itu kasus besar pada persoalan lentur pelat dipelajari. Teori pokok fundamental dikembangkan oleh Navier (1785-1836), Kirchoff (1824-1887) serta pendekatan numerik oleh Galerkin, Wahl dan lainnya. Ilmuan bernama Love telah mengaplikasikan analisis klasik Kirchoff defleksi besar pada pelat tebal, Prescott telah mengajukan teori yang lebih akurat untuk pembengkokan pelat dengan mempertimbangkan regangan pada tengah bidang (*midplane*). Teori pelat yang lebih rinci memperhitungkan transfer gaya geser yang diperkenalkan oleh Reissner.

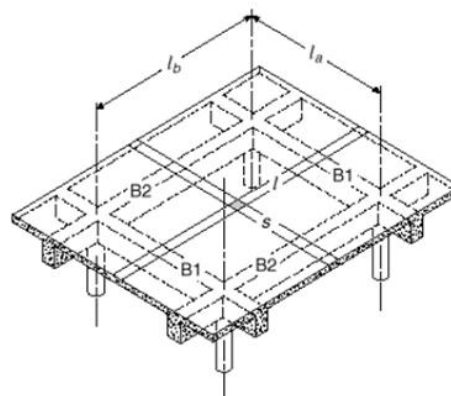
Pada tahun 1956, telah diperkenalkan metode elemen hingga oleh Turner, Clough, Martin dan Topp dimana diperbolehkan untuk menggunakan solusi numerik pada permasalahan pelat dan cangkang yang kompleks. Kecenderungan sekarang pada perkembangan teori pelat adalah digolongkan oleh kepercayaan yang besar terhadap kecepatan yang tinggi pada komputer dan oleh pengenalan yang lebih rinci pada teori pelat. (Ugural, C.A. 1999)

1. Definisi Pelat

Pelat adalah elemen struktur datar yang memiliki ketebalan yang lebih kecil dari dimensi lainnya. Pelat diklasifikasikan menjadi tiga tipe yaitu pelat dengan defleksi kecil, pelat dengan defleksi besar dan pelat tebal. (Ugural, Ansel C. 1999).

Menurut *Scholdek* (1998) dalam bukunya berjudul *Structure* mendefinisikan pelat yaitu struktur planar kaku yang secara khas terbuat dari material monolit yang tingginya kecil dibandingkan dengan dimensi-dimensi lainnya. Beban yang umum bekerja pada pelat mempunyai sifat banyak arah dan tersebar.

Pelat diklasifikasikan menjadi tiga kelompok yaitu pelat tipis dengan defleksi kecil, pelat tipis dengan defleksi besar dan pelat tebal. Menurut kriteria pelat tipis yang sering didefinisikan sebagai pelat dengan perbandingan ketebalan dengan panjang bentang terpendek kurang dari $1/20$. Secara relatif pelat dengan defleksi kecil adalah apabila besar lendutan kurang dari tebal pelat. (Ugural, A.C. 1999).

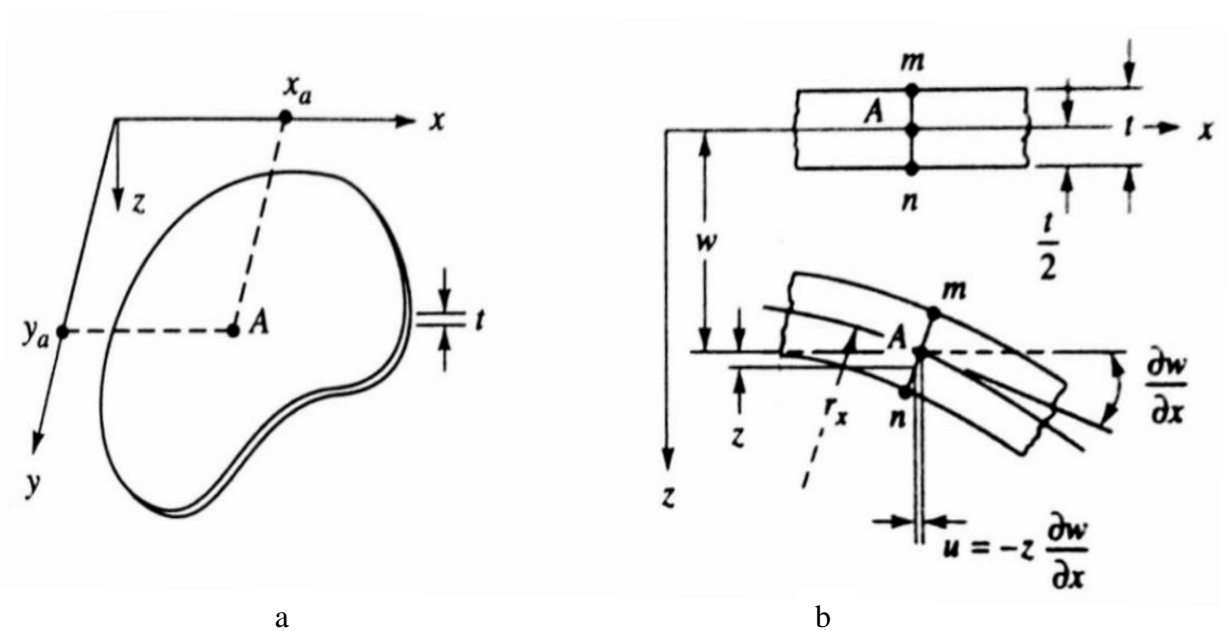


Sumber : *Design of Concre Structures, Nilson, A. H*

Gambar 1. Struktur Pelat dengan Balok

2. Perilaku Umum Pelat Datar

Dengan menganggap sebuah pelat yang tidak dibebani pada Gambar 2.a yaitu bidang x dan y yang bertepatan dengan tengah bidang dan karenanya defleksi bidang z adalah nol. Komponen dari perpindahan dititik A mengakibatkan arah x , y , dan z secara berurutan diberikan notasi menjadi u , v , dan w . Ketika dalam kaitan dengan beban lateral menimbulkan deformasi pada tengah permukaan yaitu titik $A(x_a, y_a)$ mempunyai defleksi w yang terjadi seperti pada Gambar 2.b.



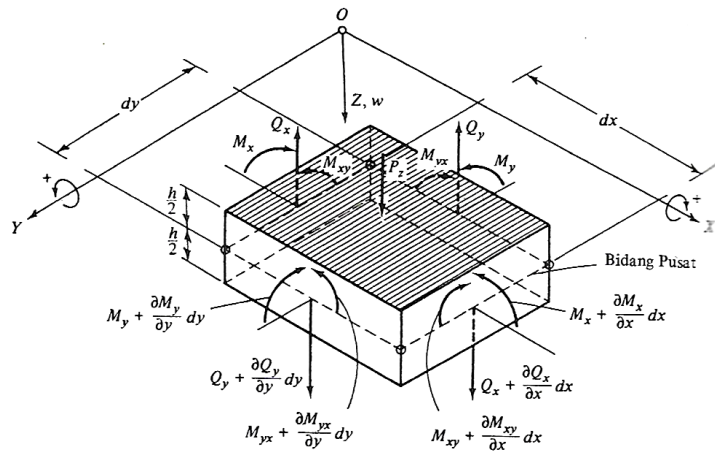
Sumber : *Stresses in Plates and Shells*, Ugural, A.C.

Gambar 2. (a) Pelat dengan tebal konstan ; (b) bagian dari pelat sebelum dan sesudah defleksi

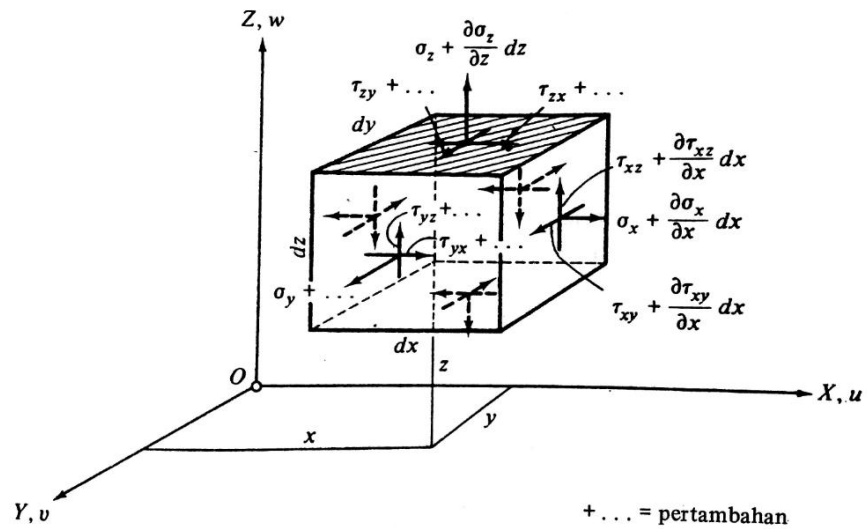
Asumsi dasar dari teori pelat dengan lendutan kecil dalam teori *Kirchhoff* dan *Love* adalah :

1. Bahan pelat bersifat elastis, homogen dan isotropis.
2. Pelat pada mulanya datar.
3. Tebal pelat relatif kecil dibandingkan dengan dimensi lainnya. Dimensi lateral terkecil pada pelat paling sedikit sepuluh kali lebih besar daripada ketebalannya.
4. Lendutan sangat kecil dibandingkan dengan tebal pelat. Lendutan maksimum sebesar sepersepuluh sampai seperlima tebal pelat dianggap sebagai batasan untuk teori lendutan yang kecil. Batasan ini juga dapat dinyatakan dengan panjang pelat.
5. Kemiringan bidang pusat yang melendut jauh lebih kecil dari satu.
6. Perubahan bentuk pelat bersifat sedemikian rupa sehingga garis lurus yang semula tegak lurus bidang pusat pelat, tetap berupa garis lurus dan tetap tegak lurus bidang. Perubahan bentuk gaya geser transversal akan diabaikan.
7. Lendutan pelat diakibatkan oleh perpindahan titik-titik bidang pusat yang tegak lurus awalnya.
8. Besarnya tegangan yang lurus bidang pusat sangat kecil sehingga bisa diabaikan.

Asumsi diatas diketahui sebagai hipotesis *Kirchhoff*, yang berhubungan dengan teori balok sederhana. (Szilard, R. 1974).



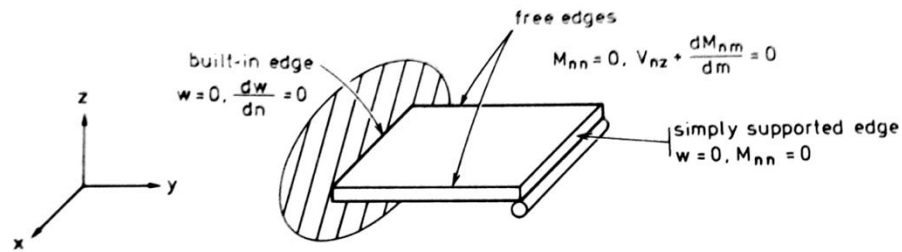
Gambar 3. Arah Momen dan Geser pada Pelat.



Gambar 4. Arah Tegangan pada Pelat.

3. Kondisi Tepi Pelat

Dalam teori lentur pelat terdapat tiga komponen gaya dalam yang harus ditinjau antara lain momen lentur, momen puntir dan gaya geser transversal. Demikian juga komponen perpindahan yaitu lendutan lateral dan perputaran sudut harus dipakai dalam merumuskan kondisi tepi.



Sumber : *Introduction to the Finite Element Method, O. Niels & P. Hans.*

Gambar 5. Kondisi tepi pelat.

Adapun kondisi tepi pada pelat antara lain :

a. Kondisi tepi jepit (*built in edge*).

Jika tepi pada pelat adalah jepit maka defleksi sepanjang tepi adalah nol.

Diasumsikan kondisi tepi jepit adalah $x = a$.

Maka kondisi batasnya adalah,

$$(w)_{x=a} = 0 \quad \dots\dots\dots 2.1$$

$$\left(\frac{\partial w}{\partial x}\right)_{x=a} = 0 \quad \dots\dots\dots 2.2$$

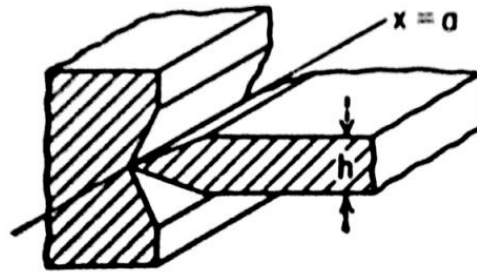
Notasi :

w : Lendutan

$\frac{\partial w}{\partial x}$: Perputaran sudut/ rotasi.

b. Kondisi tepi ditumpu sederhana (*simply supported edge*).

Jika tepi $x = a$, dan pelat ditumpu sederhana maka defleksi sepanjang tepi adalah nol. Pada waktu yang sama tepi dapat berotasi secara bebas dan tidak ada lentur momen sepanjang tepi.



Sumber : *Theory of Plates and Shells. Timoshenko, S. P.*

Gambar 6. Tepi pelat arah x sepanjang a.

Kondisi ini dapat di ekspresikan sebagai berikut,

$$(w)_{x=a} = 0 \dots\dots\dots 2.3$$

$$\left(\frac{\partial^2 w}{\partial x^2} + \nu \frac{\partial^2 w}{\partial y^2}\right)_{x=a} = 0 \dots\dots\dots 2.4$$

mengamati persamaan diatas $\left(\frac{\partial^2 w}{\partial x^2} + \nu \frac{\partial^2 w}{\partial y^2}\right)$ yaitu momen lentur bisa juga disimbolkan sebagai $\Delta w = 0$

c. Kondisi tepi bebas (*free edge*).

Jika tepi pada pelat $x = a$ adalah seluruhnya bebas, secara natural diasumsikan sepanjang tepi tidak ada momen lentur dan momen puntir dan juga tidak ada gaya geser vertikal.

sehingga,

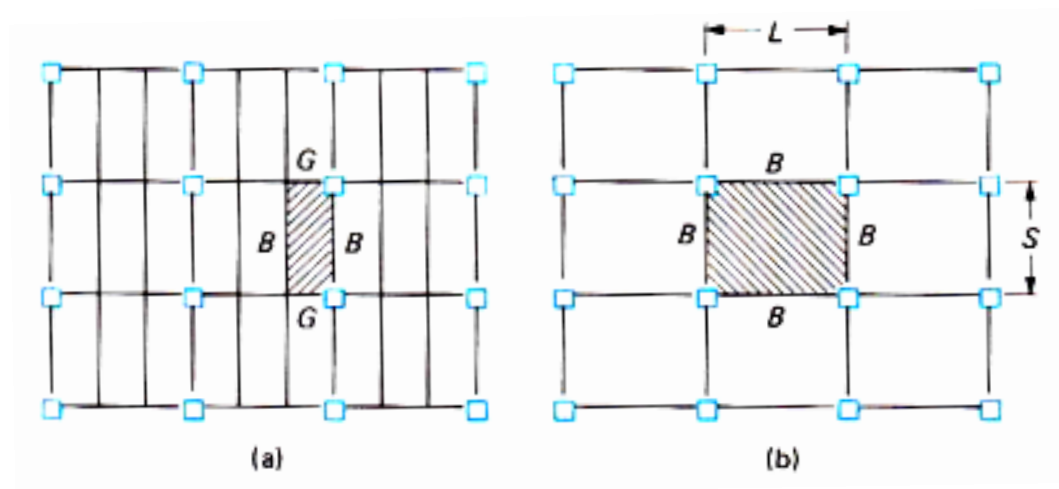
$$(M_x)_{x=a} = 0 \dots\dots\dots 2.5$$

$$(M_{xy})_{x=a} = 0 \dots\dots\dots 2.6$$

$$(Q_x)_{x=a} = 0 \dots\dots\dots 2.7$$

4. Tipe Pelat

Pelat memiliki tipe yang diklasifikasikan berdasarkan rasio bentang terpanjang dan bentang terpendeknya. Seperti terlihat di Gambar 7. permukaan pelat yang diarsir dibatasi oleh dua balok yang bersebelahan pada sisi dan bagian dari dua gelagar pada ujung-ujung.



Sumber : Desain Beton bertulang, Hariandja, B.

Gambar 7. Pelat satu arah (a) & Pelat dua arah (b)

Jika panjang dari permukaan ini besarnya dua kali lebar atau lebih, maka hampir semua beban lantai menuju balok-balok dan hanya sebagian kecil akan menyalur secara langsung ke gelagar. Sehingga pelat dapat direncanakan sebagai pelat satu arah.

$$\frac{B}{G} > 2,0 \dots\dots\dots 2.8$$

Notasi :

B : Lengan pelat (a) bentang terpanjang.

G : Lengan pelat (a) bentang terpendek.

Bila perbandingan dari bentang panjang panjang S terhadap bentang L seperti pada Gambar 7. (b) kurang dari sekitar 2,

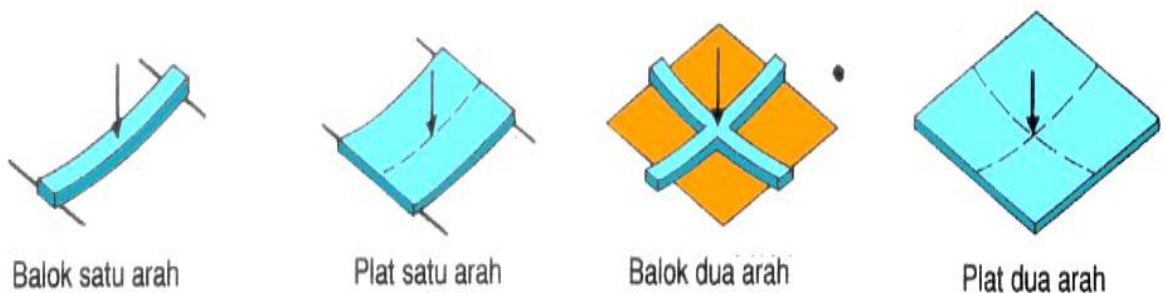
$$\frac{S}{L} < 2,0 \dots\dots\dots 2.9$$

Notasi :

S : Lengan pelat (b) arah terpanjang

L : lengan pelat (b) arah terpendek

permukaan lendutan dari daerah yang diarsir mempunyai kelengkungan ganda. Beban lantai dipikul dalam kedua arah oleh empat balok pendukung sekeliling panel, dengan demikian panel menjadi suatu pelat dua arah. (Hariandja, B. 1986).



Sumber : Struktur, Daniel L. Scholdek

Gambar 8. Klasifikasi pelat menurut mekanisme transfer beban.

Menurut SNI 2847 2013 sistem pelat dua arah harus melingkupi ketentuan sebagai berikut :

a. Tebal minimum pelat yang di desain sesuai dengan Pasal 9.5 harus seperti yang diisyaratkan sebagai berikut :

1) Untuk pelat tanpa balok interior yang membentang di antara tumpuan dan mempunyai rasio bentang panjang terhadap bentang pendek yang tidak lebih dari 2, tebal minimumnya harus memenuhi ketentuan Tabel 1. dan tidak boleh kurang dari nilai berikut :

a) Dengan panel drop (*drop panel*) seperti yang digunakan untuk mengurangi jumlah tulangan momen negatif pada kolom atau tebal pelat perlu minimum maka tebal pelat adalah 100 mm.

b) Sedangkan jika menggunakan tanpa panel drop (*drop panels*) tebal pelat adalah 125 mm.

Tabel 1. Tebal minimum pelat tanpa balok interior

Tegangan leleh f_y MPa	Tanpa penebalan			Dengan Penebalan		
	Panel eksterior		Panel interior	Panel Eksterior		Panel Interior
	Tanpa balok pinggir	Dengan balok pinggir		Tanpa balok pinggir	Dengan balok pinggir	
280	$l_n / 33$	$l_n / 36$	$l_n / 36$	$l_n / 36$	$l_n / 40$	$l_n / 40$
420	$l_n / 30$	$l_n / 33$	$l_n / 33$	$l_n / 33$	$l_n / 36$	$l_n / 36$
520	$l_n / 28$	$l_n / 31$	$l_n / 31$	$l_n / 31$	$l_n / 34$	$l_n / 34$

Sumber : Tata Cara Perhitungan Bangunan Gedung SNI 2847 2013

2) Untuk pelat dengan balok yang membentang di antara tumpuan pada semua sisinya, tebal minimumnya h harus memenuhi ketentuan sebagai berikut :

a) Untuk α_{fm} yang sama atau lebih kecil dari 0,2 harus menggunakan tebal pelat sesuai point (1) yaitu .

b) Untuk α_{fm} lebih besar dari 0,2 tapi tidak lebih dari 2,0 maka h tidak boleh kurang dari

$$h = \frac{l_n(0,8 + \frac{f_y}{1400})}{36 + 5\beta(\alpha_{fm} - 0,2)} \dots\dots\dots 2.10$$

dan pelat tidak boleh kurang dari 125 mm.

c) Untuk α_{fm} lebih besar dari 2,0 ketebalan pelat minimum tidak boleh kurang dari :

$$h = \frac{l_n(0,8 + \frac{f_y}{1400})}{36 + 9\beta} \dots\dots\dots 2.11$$

dan tidak boleh kurang dari 90 mm

Notasi :

h : Tebal pelat

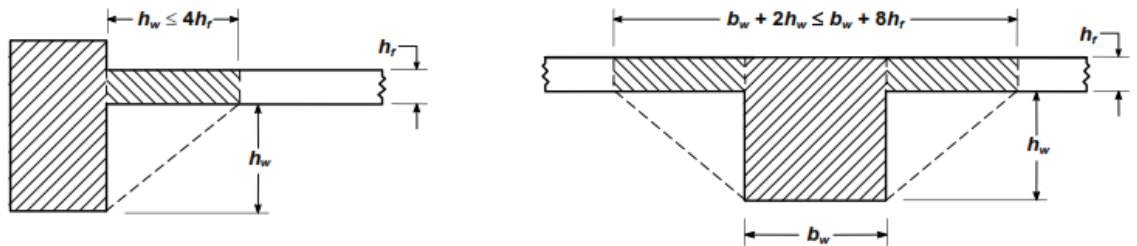
l_n : Panjang bentang bersih diukur muka ke muka tumpuan arah bentang memanjang.

α_{fm} : Nilai rata-rata α_f untuk semua balok tepi panel.

α_f : Rasio kekakuan lentur penampang balok terhadap kekakuan lentur lebar pelat yang dibatasi secara lateral pada setiap sisi balok.

β : Rasio dimensi panjang terhadap pendek pada pelat dua arah

- b. Untuk Konstruksi monolit atau komposit penuh, suatu balok mencangkup bagian pelat pada setiap sisi balok yang membentang dengan jarak yang sama dengan proyeksi balok di atas atau dibawah pelat tersebut, yang mana yang lebih besar tetapi tidak lebih besar dari empat kali tebal pelat.



Sumber : Tata Cara Perhitungan Bangunan Gedung SNI 2847 2013

Gambar 9. Bagian pelat yang disertakan dengan balok.

5. Pembebanan Pelat

Berdasarkan Kamus Besar Bahasa Indonesia, Pembebanan berarti proses, cara, perbuatan membebani atau membebankan. Dalam hal ini yaitu suatu proses atau cara membebankan suatu elemen struktur terhadap tinjauan tertentu. Tinjauan pembebanan dapat dibedakan menjadi:

a. Beban Mati

Beban mati adalah semua beban yang berasal dari berat bangunan, termasuk segala unsur tambahan tetap yang merupakan satu kesatuan dengannya. Dalam hal ini dapat berupa:

1. Beban mati akibat berat sendiri

Beban mati didefinisikan sebagai beban yang ditimbulkan oleh elemen-elemen struktur bangunan; balok, kolom, dan pelat lantai.

Tabel 2. Besarnya beban mati.

Beban Mati	Besar Beban
Batu alam	2600 kg/m ³
Beton Bertulang	2400 kg/m ³
Dinding Pasangan ½ Bata	250 kg/m ³
Langit-langit dan penggantung	18 kg/m ³
Lantai ubin dari semen Portland	24 kg/m ³
Spesi per cm tebal	21 kg/m ³

Sumber : Peraturan Pembebanan Bangunan Gedung SNI 1727 2013

2. Beban mati tambahan

Beban mati tambahan didefinisikan sebagai beban mati yang diakibatkan oleh berat dari elemen-elemen tambahan atau finishing yang bersifat permanen.

b. Beban Hidup

Beban hidup didefinisikan sebagai beban yang terjadi akibat penghuni atau penggunaan suatu gedung dan kedalamannya termasuk beban-beban pada lantai yang berasal dari barang yang dapat berpindah, mesin-mesin serta peralatan yang merupakan bagian gedung yang tidak terpisahkan dari gedung dan dapat diganti selama masa hidup dari gedung itu,

sehingga mengakibatkan perubahan dalam pembebanan lantai dan atap tersebut. Khusus pada atap beban hidup termasuk beban yang berasal dari air hujan, baik akibat genangan maupun akibat tekanan jatuh (energi kinetik) butiran air.

Tabel 3. Besarnya beban hidup.

No	Beban Hidup	Besar Beban
1	Lantai dan tangga rumah tinggal	200kg/m ² (kecuali no2)
2	Lantai dan tangga rumah tinggal sederhana gudang-gudang selain toko, pabrik dan bengkel	125 kg.m ²
3	Sekolah, ruang kuliah Kantor Toko,toserba Hotel, asrama Rumah sakit	250 kg/m ²
4	Ruang olahraga	400 kg/m ²
5	Ruang dansa	500 kg/m ²
6	Lantai dan balok dalam ruang pertemuan	400 kg/m ² (masjid gereja, ruang pegelaran/rapat, bioskop dengan tempat duduk tetap)
7	Panggung penonton	500 kg/m ² (tempat duduk tidak tetap/ tempat penonton berdiri)
8	Tangga, bordes tangga dan gang	300 kg/m ² (no 3)
9	Tangga, bordes tangga dan gang	500 kg/m ² (no 4,5,6,7)
10	Ruang pelengkap	250 kg/m ² (no 3,4,5,6,7)
11	Pabrik, bengkel, gudang Perpustakaan, ruang arsip, toko buku Ruang alat dan mesin	400 kg/m ² (minimum)
12	Gedung parkir bertingkat Lantai bawah Lantai tingkat lainnya	800 kg/m ² 400 kg/m ²
13	Balkon yang menjorok bebas keluar	300 kg/m ² (minimum)

Sumber : Peraturan Pembebanan Bangunan Gedung SNI 1727 2013

c. Kombinasi Pembebanan

Beban Minimum untuk Perencanaan Bangunan Gedung dan Struktur Lain dalam SNI 1727 2013 merupakan konsep kombinasi pembebanan antara lain:

1. Kuat perlu U untuk menahan beban mati D paling tidak harus sama dengan

$$U = 1.4D \dots\dots\dots 2.12$$

2. Kuat perlu U untuk menahan beban mati D, beban hidup L, dan juga beban atap A atau beban hujan R, atau beban salju S paling tidak harus sama dengan

$$U = 1.2D + 1.6L + 0.5 (A \text{ atau } R \text{ atau } S) \dots\dots\dots 2.13$$

3. Bila ketahanan struktur terhadap beban angin W harus diperhitungkan dalam perencanaan, maka pengaruh kombinasi beban D,L,S dan W berikut harus ditinjau untuk menentukan nilai U yang terbesar, yaitu:

$$U = 1.2D + 1,6 (L \text{ atau } S \text{ atau } R) + 0.5 (A \text{ atau } R) \dots\dots\dots 2.14$$

4. Kombinasi beban juga harus memperhitungkan kemungkinan beban hidup L, W ,S atau R yang penuh dan kosong untuk mendapatkan kondisi yang paling berbahaya , yaitu:

$$U = 1,2 D + 1,0 W + L + 0,5 (Lr \text{ atau } S \text{ atau } R) \dots\dots\dots 2.15$$

5. Bila ketahanan struktur terhadap beban gempa E harus diperhitungkan dalam perencanaan, maka nilai kuat perlu U harus diambil sebagai:

$$U = 1.2D + 1.0L + 1.0E + 0.2s \dots\dots\dots 2.16$$

6. Beban gempa harus diperhitungkan sebagai satu kesatuan pembebanan

$$U = 0.9D + 1.0E \dots\dots\dots 2.17$$

7. Beban angin harus diperhitungkan sebagai satu kesatuan pembebanan

$$U = 0.9D + 1.0W \dots\dots\dots 2.18$$

B. Metode Perencanaan langsung

Pada peraturan perhitungan tata cara perhitungan struktur bangunan gedung SNI 2847 2013 memberikan dua alternatif dalam melakukan analisis dan perencanaan sistem pelat dua arah yaitu Metode Perencanaan Langsung (*Direct Design Method*) dan Metode Rangka Ekuivalen (*Equivalent Frame Method*).

1. Batasan-batasan metode perencanaan langsung berdasarkan SNI 2847 2013 pasal 13.6.11 :

- a. Minimum harus ada tiga bentang menerus dalam masing-masing arah.
- b. Panel pelat harus berbentuk persegi dengan rasio antara bentang yang lebih panjang terhadap bentang yang lebih pendek tidak lebih dari 2.
- c. Panjang bentang yang berurutan pusat ke pusat tumpuan dalam masing-masing tidak boleh berbeda dengan lebih dari sepertiga bentang yang lebih panjang.

- d. Pergeseran (*offset*) kolom maksimum sebesar 10 persen dari bentangnya (dalam arah pergeseran) dari sumbu antara garis-garis pusat kolom yang berurutan diizinkan.
- e. Semua beban harus akibat gravitasi saja dan didistribusikan merata pada panel keseluruhan. Beban hidup tak terfaktor tidak boleh melebihi 2 kali beban mati tak terfaktor.
- f. Untuk suatu panel pelat dengan balok di antara tumpuan pada semua sisinya, kekakuan relatif balok dalam dua arah yang tegak lurus,

$$0,2 \leq \frac{\alpha_{f1} l_2^2}{\alpha_{f2} l_1^2} \leq 5,0 \quad \dots\dots\dots 2.19$$

dimana α_{f1} dan α_{f2} dihitung sesuai persamaan

$$\alpha_f = \frac{E_{cb} I_b}{E_{cs} I_s} \quad \dots\dots\dots 2.20$$

Notasi :

α_{f1} : Rasio kekakuan lentur penampang balok terhadap kekakuan lentur lebar pelat dalam arah l_1 .

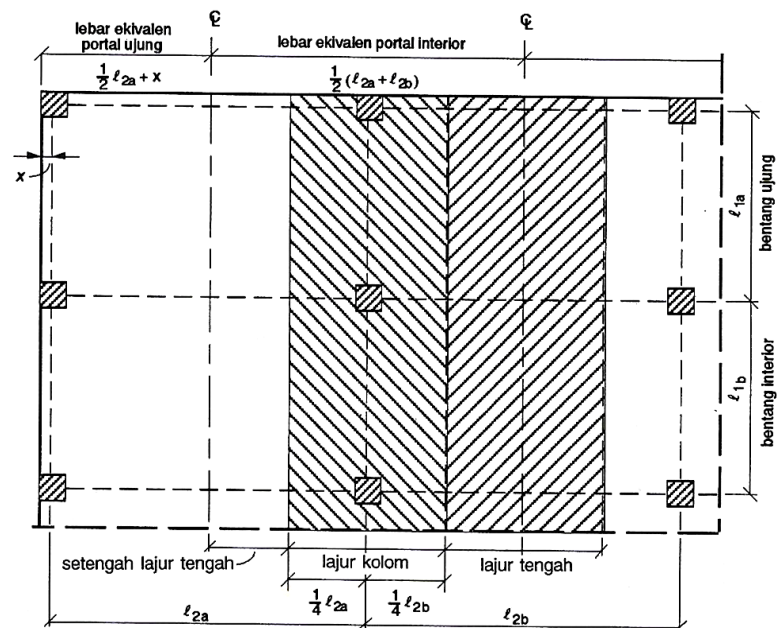
α_{f2} : Rasio kekakuan lentur penampang balok terhadap kekakuan lentur lebar pelat dalam arah l_2 .

E_{cb} : Modulus elastisitas beton.

E_{cs} : Modulus elastisitas pelat beton.

2. Momen Statis Total Terfaktor

Pada balok tumpuan sederhana momen statis total adalah $M_o = 1/8 Wl^2$ sedangkan untuk momen statis total terfaktor (rencana) untuk panel pelat dua arah suatu bentang ditentukan dalam lajur yang dibatasi oleh sumbu-sumbu pelat yang bersebelahan pada tiap sisi dari sumbu tumpuan.



Sumber : Struktur Beton Bertulang, Dipohusodo, Istimawan.

Gambar 10. Lajur Kolom dan Lajur Tengah Portal Ideal.

Pada Gambar 2.13. tampak bahwa l_1 adalah panjang pelat pada arah momen yang ditinjau, sedangkan l_2 ukuran panjang arah tegak lurus padanya. Untuk memperhitungkan bentang bersih l_n yaitu jarak antara muka kolom, kepala kolom, atau dinding, tidak boleh kurang dari $0,65l_1$. Apabila digunakan kolom atau kepala kolom berbentuk bulat harus diekivalensikan menjadi bujur sangkar dengan luas penampang sama. (Dipohusodo, Istimawan. 1996)

Momen ditengah bentang M_0 adalah

$$M_0 = 1/8 W_u l_2 (l_n)^2 \dots\dots\dots 2.21$$

Notasi :

M_0 : Momen total statis terfaktor

W_u : Beban terfaktor per unit panjang balok atau per unit luas pelat

l_2 : Panjang bentang pada arah transversal terhadap l_1 .

l_n : Bentang bersih dalam arah momen yang diukur dari muka ke muka tumpuan

Selanjutnya karena adanya tahanan pada tumpuan, M_0 akan terdistribusi baik ketumpuan maupun lapangan yang nilai banding derajat kekakuannya.

Berikut ini distribusi momen statis total terfaktor sesuai dengan Pasal

13.6.3.3 pada SNI 2847 2013 :

Tabel 4. Faktor Distribusi Momen M_0 positif dan negatif.

	Tepi Eksterior Tak Terkekang	Slab dengan balok diantara semua tumpuan	Slab tanpa balok diantara tumpuan interior		Tepi Eksterior Terkekang Penuh
			Tanpa Balok Tepi	Dengan Balok Tepi	
Momen Terfaktor Negatif Interior	0,75	0,70	0,70	0,70	0,65
Momen Terfaktor Positif	0,63	0,57	0,52	0,50	0,35
Momen Terfaktor Negatif Eksterior	0	0,16	0,26	0,30	0,65

Sumber : Tata Cara Perhitungan Bangunan Gedung SNI 2847 2013

Untuk panel pelat interior, lajur kolom harus direncanakan untuk memikul sebagian momen negatif interior, momen negatif eksterior (dalam persen) dan nilai α_c pada bentang positif sebagai berikut :

Tabel 5. Distribusi Momen Negatif Interior pada Lajur Kolom

l_2/l_1	0,5	1,0	2,0
$\alpha_1 l_2/l_1 = 0$	75	75	75
$\alpha_1 l_2/l_1 \geq 1,0$	90	75	45

Sumber : Tata Cara Perhitungan Bangunan Gedung SNI 2847 2013

Tabel 6. Distribusi Momen Negatif Eksterior pada Lajur Kolom

l_2/l_1		0,5	1,0	2,0
$\alpha_1 l_2/l_1 = 0$	$\beta_t = 0$	100	100	100
	$\beta_t \geq 2,5$	75	75	75
$\alpha_1 l_2/l_1 \geq 1,0$	$\beta_t = 0$	100	100	100
	$\beta_t \geq 2,5$	90	75	45

Sumber : Tata Cara Perhitungan Bangunan Gedung SNI 2847 2013

Tabel 7. Distribusi Nilai α_c untuk momen positif bentang lapangan.

β_a	l_2/l_1	Kekakuan Relatif Balok α				
		0	0,50	1,00	2,00	4,00
2,00	0,50 – 0,20	0	0	0	0	0
1,00	0,50	0,60	0	0	0	0
	0,80	0,70	0	0	0	0
	1,00	0,70	0,10	0	0	0
	1,25	0,80	0,40	0	0	0
	2,00	1,20	0,50	0,20	0	0
0,50	0,50	1,30	0,30	0	0	0
	0,80	1,50	0,50	0,20	0	0
	1,00	1,60	0,60	0,20	0	0
	1,25	1,90	1,00	0,50	0	0
	2,00	4,90	1,60	0,80	0,30	0
0,33	0,50	1,80	0,50	0,10	0	0
	0,80	2,00	0,90	0,10	0	0
	1,00	2,30	0,90	0,40	0	0
	1,25	2,80	1,50	0,80	0,20	0
	2,00	13,00	2,60	1,20	0,30	0,30

Sumber : Struktur Beton Bertulang, Dipohusodo, Istimawan.

Untuk panel pelat eksterior jalur kolom harus direncanakan untuk dapat memikul sebagian momen negatif eksterior.

$$\beta_f = \frac{E_{cb} C}{2 E_{cs} I_s} \dots\dots\dots 2.22$$

$$C = \sum \left(1 - 0,63 \frac{x}{y}\right) \frac{x^3 y}{3} \dots\dots\dots 2.23$$

Notasi :

β_t : Nilai banding kekakuan torsi penampang balok tepi terhadap kekakuan lentur pelat.

E_{cb} : Modulus elastisitas beton.

C : Konstanta penampang untuk menentukan puntir.

E_{cs} : Modulus elastisitas pelat beton.

3. Langkah-langkah Pengerjaan Metode Perencanaan Langsung

Berikut ini langkah-langkah dalam mendesain metode perencanaan langsung yaitu :

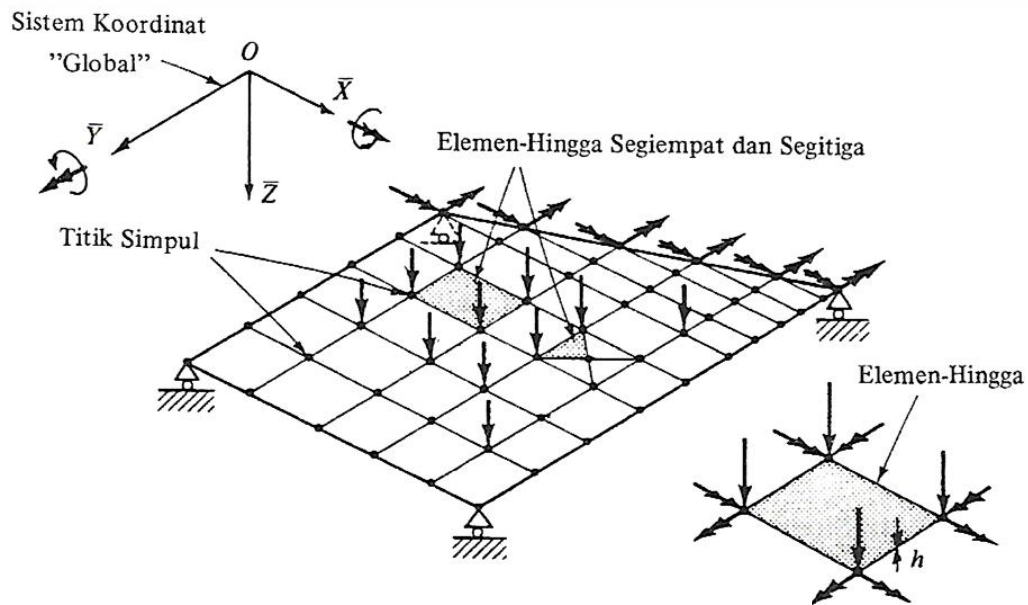
- a. Menentukan beban yang diterima dan geometri pelat pada metode perencanaan langsung.
- b. Memilih ketebalan pelat untuk gaya geser dan penurunan yang diinginkan.
- c. Menghitung total momen statis stotal terfaktor pada pelat dengan persamaan 2.21.

- d. Memilih faktor penyebaran momen negatif dan momen positif pada kolom-kolom dan bentang-bentang didalam dan diluar dari struktur pelat.
- e. Menyebarkan momen ekuivalen terfaktor dari langkah c ke jalur kolom dan jalur tengah.
- f. Merencanakan tulangan-tulangan yang mengalami patahan untuk melawan momen terfaktor pada langkah e.
- g. Memilih ukuran jarak tulangan yang diinginkan untuk mengontrol retakan, pemanjangan batang, penyusutan dan temperatur tekanan.

C. Metode Elemen Hingga (*Finite Element Method*)

1. Konsep Umum Metode Elemen Hingga

Menurut *Slizard* (1974), Metode elemen hingga (*finite element*) memperluas metode matriks perpindahan ke analitis kontinuum struktural. Kontinuum 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 kontinuum 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.



Sumber : *Teori dan Analisis Pelat*. Szilard.

Gambar 11. Pendekatan elemen-hingga suatu pelat.

Energi potensial pada struktur pelat dapat dirumuskan sebagai berikut :

$$\Pi = \frac{1}{2} \int \int_{(V)} \int \{\epsilon\}^T \{\sigma\} dV - \int \int_{(V)} \int \{d\}^T \{P\} dV \dots\dots\dots 2.24$$

Prinsip energi potensial minimum menghasilkan persamaan matriks berikut:

$$[k]\{d\} - \{P\} = \mathbf{0} \dots\dots\dots 2.25$$

yang bisa dituliskan sebagai

$$\{d\} = [k]^{-1}\{P\} \dots\dots\dots 2.26$$

Notasi :

$\{\epsilon\}$: Matriks regangan.

$\{\sigma\}$: Matriks Tegangan.

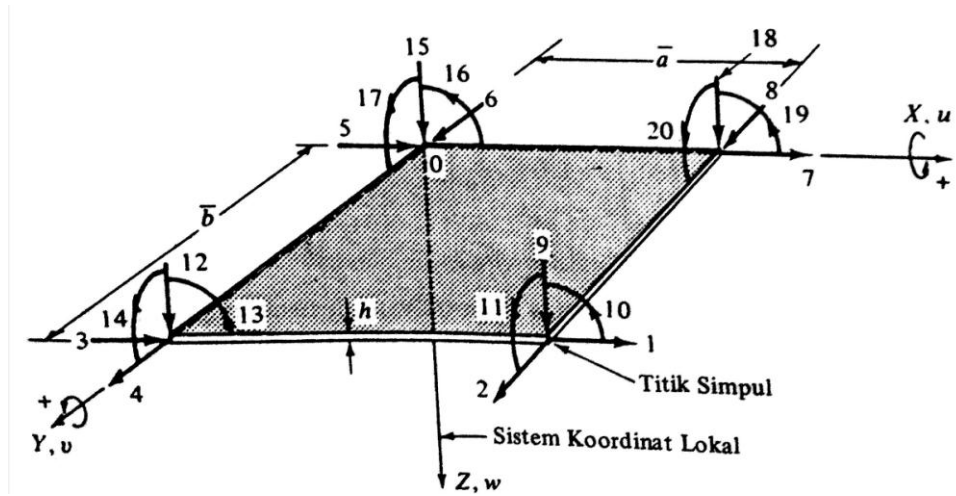
$\{P\}$: Gaya luar.

$\{d\}$: Matriks perpindahan.

$[k]$: Matriks kekakuan pelat total.

2. Matriks Kekakuan Elemen Segiempat

Bila pelat memikul gaya sebidang, maka setiap titik simpul memiliki dua derajat kebebasan kinematik, yakni dua translasi sebidang (u_i dan v_i). Pada kasus lentur setiap titik simpul bisa bertranslasi dalam arah lateral dan berputar terhadap sumbu X dan Y. Dengan menerapkan teori lendutan kecil, pengaruh membran dan lentur dapat dipisahkan.



Sumber : Teori dan Analisis Pelat. .Szilard.

Gambar 12. Derajat kebebasan kinematik di titik simpul elemen segiempat.

Matriks kekakuan yang selaras dengan 12 koordinat simpul dapat dihitung dengan

$$[S^*] = \int_{-b/2}^{b/2} \int_{-c/2}^{c/2} [B]^T [d][B] dx dy \dots\dots\dots 2.27$$

Dalam Buku Analisa Struktur karya A. Ghali, untuk elemen isotropis persamaan ini memberikan

$$[S^*] = \frac{N}{15cb} [T][S^{**}][T] \dots\dots\dots 2.28$$

$$[N] = \frac{Eh^3}{12(1-\nu^2)} \dots\dots\dots 2.29$$

dengan

$$[T] = \begin{bmatrix} [T_s] & & & \\ & [T_s] & \text{Submatriks} & \\ & & [T_s] & \text{lainya nol} \\ & & & [T_s] \end{bmatrix} \dots\dots\dots 2.30$$

$$[T_s] = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & b & 0 \\ 0 & 0 & c \end{bmatrix} \dots\dots\dots 2.31$$

dan $[S^{**}]$ ditentukan oleh persamaan 2.32

Jika elemen memikul beban merata q dalam arah z , maka persamaan untuk vektor beban konsisten menjadi,

$$[Q^*_q] = q \int_{-b/2}^{b/2} \int_{-c/2}^{c/2} [L]^T dx dy \dots\dots\dots 2.33$$

$[Q^*_q]$ adalah dua belas gaya yang selaras dengan parameter perpindahan titik simpul sehingga evaluasi integral dengan persamaan ini menghasilkan,

$$[Q^*_q] = qcb \cdot \begin{Bmatrix} 1/4 \\ b/24 \\ -c/24 \\ 1/4 \\ -b/24 \\ -c/24 \\ 1/4 \\ b/24 \\ c/24 \\ 1/4 \\ -b/24 \\ c/24 \end{Bmatrix} \dots\dots\dots 2.34$$

Komponen [S] Matriks Kekakuan Lentur untuk Elemen Segiempat A Ghali.**

[S**] =

F	H	-G	L	N	M	O	Q	P	I	K	J
	V	-Z	-N	X	0	-Q	Y	0	K	W	0
		R	M	0	T	-P	0	U	J	0	S
			F	-H	-G	I	-K	-J	O	-Q	P
				V	Z	-K	W	0	Q	Y	0
					R	J	0	S	-P	0	U
						F	-H	G	L	-N	-M
							V	-Z	N	X	0
								R	-M	0	T
									F	H	G
										V	Z
											R

Simetri

.....2.32

dimana :

$$I = (42 - 12v - 30p^{-2} - 30p^2)$$

$$p = c/b$$

$$F = (42 - 12v + 60p^2 + 60p^{-2})$$

$$G = (3p^{-2} + 12v + 3)$$

$$H = (30p^2 + 12v + 3)$$

$$L = (-42 + 12v - 60p^2 + 30p^{-2})$$

$$J = (3 - 3v - 15p^{-2})$$

$$K = (15p^2 + 3v - 3)$$

$$S = 0$$

$$M = (12v + 3 - 15p^{-2})$$

$$N = (30p^2 + 3v + 3)$$

$$O = (-42 + 12v + 30p^2 - 60p^{-2})$$

$$P = (-3 + 3v - 30p^{-2})$$

$$Q = (15p^2 - 12v - 3)$$

$$R = (4 - 4v + 20p^{-2})$$

$$Z = 15v$$

$$T = (-4 + 4v + 10p^{-2})$$

$$U = (-1 + v + 10^{-2})$$

$$V = (20p^2 - 4v + 4)$$

$$W = (5p^2 - v + 1)$$

$$X = (10p^2 + v - 1)$$

$$Y = (10p^2 - 4v - 4)$$

Persamaan 2.36. Matrik Tegangan pada Struktur Pelat.

$$\begin{Bmatrix} \{\sigma^*\}_i \\ \{\sigma^*\}_j \\ \{\sigma^*\}_k \\ \{\sigma^*\}_l \end{Bmatrix} = \frac{N}{c b} \begin{bmatrix} 6p^{-1} + 6vp & 4vc & -4b & -6vp & 2vc & 0 & -6p^{-1} & 0 & -2b & 0 & 0 & 0 \\ 6p + 6vp^{-1} & 4c & -4vb & -6p & 2c & 0 & -6vp^{-1} & 0 & -2vb & 0 & 0 & 0 \\ -(1 - \nu) & -(1 - \nu)b & (1 - \nu) & -(1 - \nu) & 0 & -(1 - \nu)c & (1 - \nu) & (1 - \nu)b & 0 & -(1 - \nu) & 0 & 0 \\ -6vp & -2vc & 0 & 6p^{-1} + 6vp & -4vc & -4b & 0 & 0 & 0 & -6p^{-1} & 0 & -2b \\ -6p & -2c & 0 & 6p + 6vp^{-1} & -4c & -4vb & 0 & 0 & 0 & -6vp^{-1} & 0 & -2vb \\ -(1 - \nu) & 0 & (1 - \nu)c & (1 - \nu) & -(1 - \nu)b & -(1 - \nu) & (1 - \nu) & 0 & 0 & -(1 - \nu) & (1 - \nu)b & 0 \\ -6p^{-1} & 0 & 2b & 0 & 0 & 0 & 6p^{-1} + 6vp & 4vc & 4b & -6vp & 2vc & 0 \\ -6vp^{-1} & 0 & 2vb & 0 & 0 & 0 & 6p + 6vp^{-1} & 4c & 4vb & -6p & 2c & 0 \\ -(1 - \nu) & -(1 - \nu)b & 0 & (1 - \nu) & 0 & 0 & (1 - \nu) & (1 - \nu)b & (1 - \nu) & -(1 - \nu) & 0 & -(1 - \nu)c \\ 0 & 0 & 0 & -6p^{-1} & 0 & 2b & -6vp & -2vc & 0 & 6p^{-1} + 6vp & -4vc & 4b \\ 0 & 0 & 0 & -6vp^{-1} & 0 & 2vb & -6p & -2c & 0 & 6p + 6vp^{-1} & -4c & 4vb \\ -(1 - \nu) & 0 & 0 & (1 - \nu) & -(1 - \nu)b & 0 & (1 - \nu) & 0 & (1 - \nu)c & -(1 - \nu) & (1 - \nu)b & -(1 - \nu) \end{bmatrix} \begin{Bmatrix} \{D^*\}_i \\ \{D^*\}_j \\ \{D^*\}_k \\ \{D^*\}_l \end{Bmatrix}$$

dengan $p = c/b$

Persamaan 2.35. Komponen [k] Matriks Kekakuan Lentur untuk Elemen Segiempat Amrinsyah Nasution.

$$[k] = \begin{matrix} & \begin{matrix} \text{A} & \text{B} & \text{C} & \text{D} & \text{E} & \text{F} & \text{G} & \text{H} & \text{I} & \text{J} & \text{K} & \text{L} \end{matrix} \\ \begin{matrix} \text{A} & \text{B} & \text{C} & \text{D} & \text{E} & \text{F} & \text{G} & \text{H} & \text{I} & \text{J} & \text{K} & \text{L} \\ \text{M} & \text{N} & \text{O} & \text{P} & \text{Q} & \text{0} & \text{Q} & \text{R} & \text{0} & \text{S} & \text{T} & \text{0} \\ \text{U} & \text{V} & \text{0} & \text{W} & \text{-I} & \text{0} & \text{X} & \text{Y} & \text{0} & \text{Y} & \text{0} & \text{Z} \\ \text{A} & \text{-B} & \text{C} & \text{D} & \text{S} & \text{I}' & \text{G} & \text{-X} & \text{I} \\ \text{Simetri} & \text{-T} & \text{-N} & \text{K} & \text{T} & \text{0} & \text{X} & \text{H} & \text{0} \\ & \text{M}' & \text{I}' & \text{0} & \text{S} & \text{-P} & \text{0} & \text{0} & \text{U} \\ & & \text{F} & \text{-H} & \text{G} & \text{L} & \text{-N} & \text{-M} \\ & & \text{V} & \text{-Z} & \text{N} & \text{X} & \text{0} \\ & & & \text{R} & \text{-M} & \text{0} & \text{T} \\ & & & & \text{F} & \text{H} & \text{G} \\ & & & & & \text{V} & \text{Z} \\ & & & & & & \text{R} \end{matrix} \end{matrix}$$

dimana :

$$A = \frac{t^3 E (2a^4 + \frac{7a^2 b^2}{5} + 2b^2 - \frac{2}{5} a^2 b^2 v)}{6a^3 b^3 (-1+v^2)} \quad G = \frac{t^3 E (-a^4 + \frac{7a^2 b^2}{5} - b^2 - \frac{2}{5} a^2 b^2 v)}{6a^3 b^3 (-1+v^2)} \quad M = -\frac{t^3 E (\frac{2a^2}{3} - \frac{2b^2}{15} + \frac{2b^2}{15} v)}{6ab(-1+v)(1+v)} \quad S = -\frac{t^3 E (\frac{a^2}{2} - \frac{b^2}{10} - \frac{2b^2}{5} v)}{6ab^2(-1+v^2)} \quad Y = -\frac{t^3 E (\frac{a^2}{2} - \frac{b^2}{10} - \frac{2b^2}{5} v)}{6ab^2(-1+v^2)}$$

$$B = \frac{t^3 E (a^2 + \frac{b^2}{10} + \frac{2b^2}{5} v)}{6ab^2(-1+v^2)} \quad H = \frac{t^3 E (-\frac{a^2}{2} + \frac{b^2}{10} - \frac{b^2}{10} v)}{6ab^2(-1+v^2)} \quad N = \frac{t^3 E v}{12(-1+v^2)} \quad T = \frac{t^3 E (-\frac{2a^2}{3} + \frac{2b^2}{15} - \frac{2b^2}{15} v)}{6ab(-1+v)(1+v)} \quad Z = \frac{t^3 E (\frac{a^2}{30} - \frac{b^2}{3} - \frac{a^2}{30} v)}{6ab(-1+v)(1+v)}$$

$$C = \frac{t^3 E (\frac{a^2}{10} + b^2 + \frac{2a^2}{5} v)}{6a^2 b(-1+v^2)} \quad I = \frac{t^3 E (-\frac{b^2}{2} - \frac{a^2}{10}(-1+v))}{6a^2 b(-1+v^2)} \quad O = -\frac{t^3 E (-a^2 - \frac{b^2}{10} + \frac{b^2}{10} v)}{6ab^2(-1+v^2)} \quad U = -\frac{t^3 E (-\frac{2a^2}{15} - \frac{2b^2}{3} + \frac{2b^2}{15} v)}{6ab(-1+v)(1+v)} \quad I' = \frac{t^3 E (-b^2 - \frac{a^2}{10}(-1+v))}{6a^2 b(-1+v^2)}$$

$$D = \frac{t^3 E (2a^4 + \frac{7a^2 b^2}{5} - b^2 - \frac{2}{5} a^2 b^2 v)}{6a^3 b^3 (-1+v^2)} \quad J = \frac{t^3 E (-a^4 + \frac{7a^2 b^2}{5} - b^2 - \frac{2}{5} a^2 b^2 v)}{6a^3 b^3 (-1+v^2)} \quad P = -\frac{t^3 E (\frac{a^2}{3} - \frac{2b^2}{30} + \frac{2b^2}{30} v)}{6ab(-1+v)(1+v)} \quad V = -\frac{t^3 E (\frac{a^2}{10} - \frac{b^2}{2} + \frac{b^2}{5} v)}{6ab^2(-1+v^2)} \quad M' = -\frac{t^3 E (-\frac{2b^2}{3} + \frac{2b^2}{15}(-1+v))}{6ab(-1+v)(1+v)}$$

$$E = \frac{t^3 E (a^2 + \frac{b^2}{10} - \frac{b^2}{10} v)}{6ab^2(-1+v^2)} \quad K = \frac{t^3 E (-\frac{a^2}{2} + \frac{b^2}{10} + \frac{2b^2}{5} v)}{6ab^2(-1+v^2)} \quad Q = \frac{t^3 E (\frac{a^2}{2} - \frac{b^2}{10} + \frac{b^2}{10} v)}{6ab^2(-1+v^2)} \quad W = -\frac{t^3 E (\frac{b^2}{3} + \frac{2a^2}{15}(-1+v))}{6ab(-1+v)(1+v)}$$

$$F = \frac{t^3 E (\frac{a^2}{10} - \frac{b^2}{2} + \frac{2a^2}{5} v)}{6a^2 b(-1+v^2)} \quad L = \frac{t^3 E (\frac{a^2}{10} + b^2 - \frac{2a^2}{10} v)}{6ab^2(-1+v^2)} \quad R = \frac{t^3 E (-\frac{a^2}{6} - \frac{b^2}{30} - \frac{2b^2}{30} v)}{6ab(-1+v^2)(1+v)} \quad X = -\frac{t^3 E (\frac{b^2}{6} - \frac{a^2}{30}(-1+v))}{6ab(-1+v^2)(1+v)}$$

III. METODOLOGI PENELITIAN

A. Pendekatan Penelitian

Penelitian ini menggunakan pendekatan kuantitatif, karena hasil penelitian yang dilakukan berupa angka atau bilangan yaitu merupakan hasil analisis struktur pelat dengan menggunakan Metode Perencanaan Langsung dan Metode Elemen Hingga (Studi Kasus Pelat Sistem Dua Arah dengan Balok). Pada penelitian analisis pelat ini digunakan program *Microsoft Excel* dan SAP 2000 Versi 14.

B. Data Penelitian

Akan didesain sebuah struktur bangunan yang terdiri atas pelat, balok dan kolom dengan fokus penelitian adalah analisa struktur pelat dengan proses analisa struktur sesuai dengan pedoman SNI 2847 2013.

Adapun spesifikasi bangunan antara lain :

Spesifikasi Teknis Bangunan :

Material = beton

Mutu beton ($f'c$) = 25 MPa (K300)

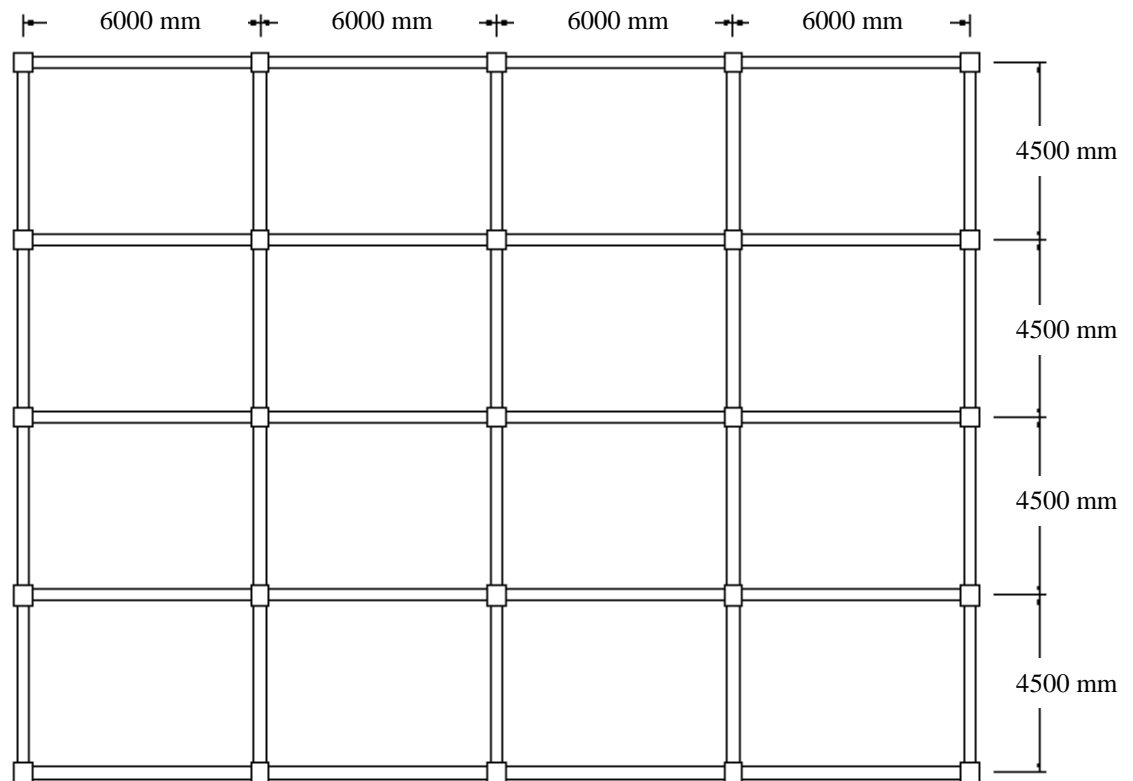
Modulus elastisitas = 23500 MPa

Berat Jenis Beton = 2300 kg/m²

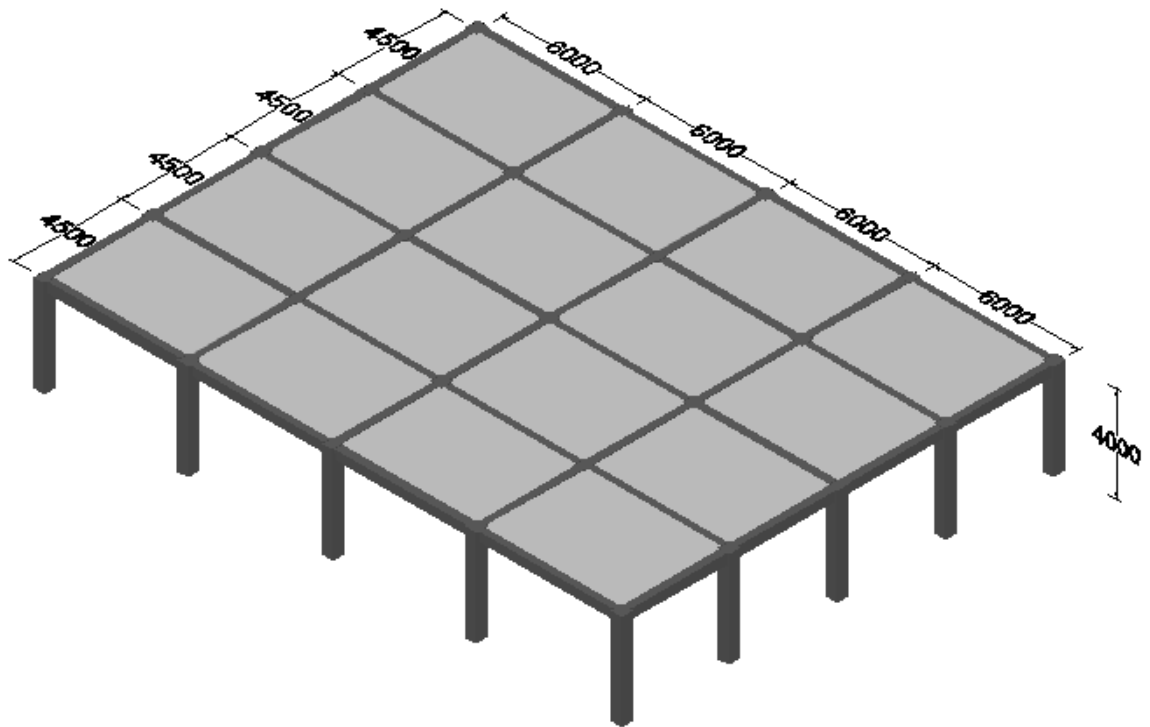
Poisson Ratio = 0,2

Tebal pelat lantai = 120 mm (direncanakan).

Berikut ini denah bangunan yang ditinjau :



Gambar 13. Denah tampak atas struktur bangunan.



Gambar 14. Denah tampak tiga dimensi struktur bangunan.

C. Prosedur Penelitian

Berikut ini prosedur yang dilakukan dalam penelitian ini :

1. Menyiapkan data penelitian.
2. Melakukan studi literatur.
3. Merencanakan data penelitian sesuai dengan metode yang akan dilakukan:
 - a. Metode Perencanaan Langsung.
 - 1) Mengatur panel sesuai dengan dimensi panel.
 - 2) Menghitung pembebanan struktur yaitu beban mati dan beban hidup sesuai SNI 1727 2013.

- 3) Melakukan pemeriksaan geometri sebagai metode perencanaan langsung, meneliti batasan metode perencanaan langsung.
- 4) Mendapatkan tebal minimum untuk lendutan.
- 5) Memeriksa geser dengan tebal yang sudah didapatkan apakah sesuai atau tidak.
- 6) Menghitung momen statis total terfaktor.
- 7) Memilih faktor penyebaran untuk mendapatkan momen kritis positif atau negatif.


b. Metode Elemen Hingga.

- 1) Mendefinisikan permasalahan analisis, memilih model elemen hingga dan merencanakan model *mesh*.
- 2) Memasukan data seperti material, node, kondisi tepi pelat sesuai dengan data yang akan direncanakan pada struktur pelat.
- 3) Menghitung matriks kekakuan lokal menggunakan *Microsoft Excel*.
- 4) Merakit matriks lokal untuk bentuk matriks kekakuan global pada sistem matriks menggunakan bantuan *Microsoft Excel*.
- 5) Menghitung perpindahan dan gaya nodal dengan memasukan beban pada tiap nodal.
- 6) Menghitung nilai tegangan pada elemen pelat.
- 7) Menghitung nilai momen pada elemen pelat.

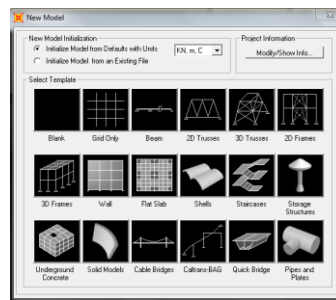
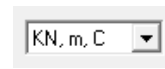
c. Pemodelan struktur dan analisis struktur pelat menggunakan SAP 2000 versi 14.

Adapun tahapan pemodelan analisis struktur pelat menggunakan SAP 2000 versi 14 antara lain :

1. Garis Grid dan Gambar Model Struktur

a. Klik menu *FILE*, *New Model* atau klik tombol  *New Model*.

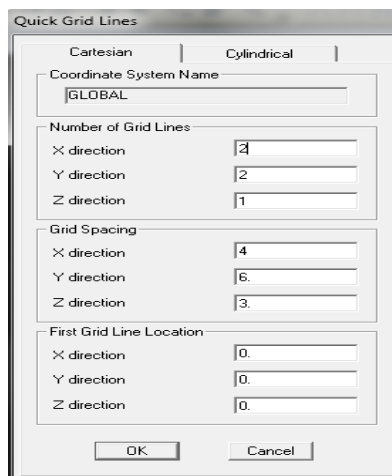
b. Klik drop-down untuk menentukan satuan



Gambar 15. Kotak *New Model*.

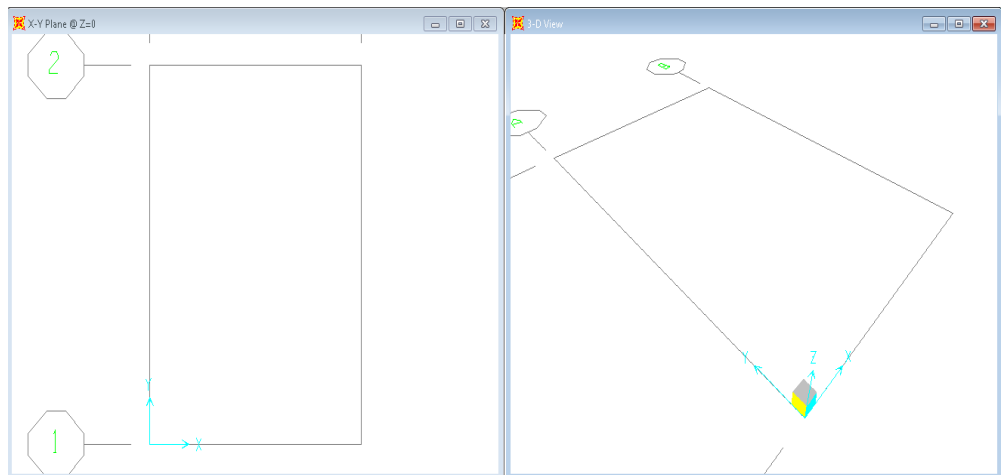
c. Kemudian memilih *Grid Only* sehingga tampil kotak *New Coord/Grid System*

d. Pada kotak *New Coord/Grid System*:






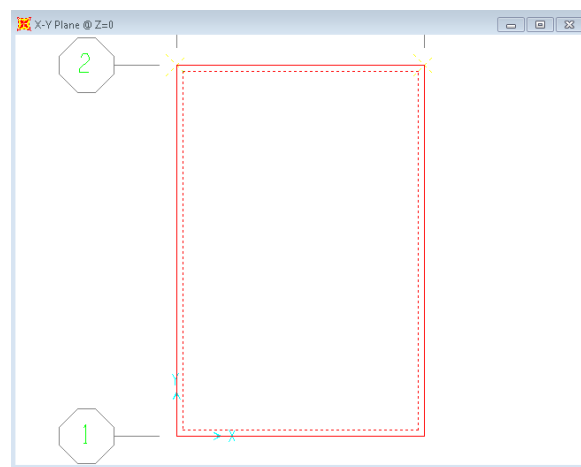
- Klik tab Cartesian
- Karena model adalah bidang XY maka pada kotak *Number of grid Lines*:
 - Isi *X direction* dengan 2.
 - Isi *Y direction* dengan 2.
 - Isi *Z direction* dengan 1.
- Pada kotak *Grid Spacing*:
 - Isi *X direction* dengan 4.
 - Isi *Y direction* dengan 6.
- Klik OK.

Gambar 16. Sistem koordinat baru.



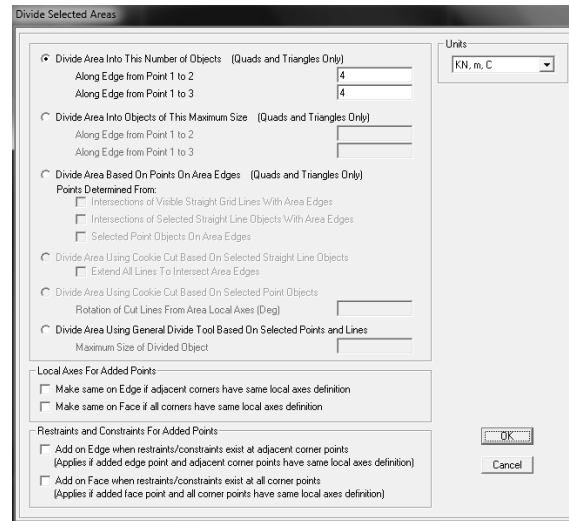
Gambar 17. Garis grid dan pelat.

- e. Pastikan tombol  *Snap to Points and Grid Intersections* di toolbar samping kiri aktif.
- f. Klik tombol *Draw Rectangular Area*  di toolbar samping kiri dan kemudian klik pada pelat.
- g. Klik tombol  *Set Select Mode* dan kemudian klik area yang baru saja digambar.

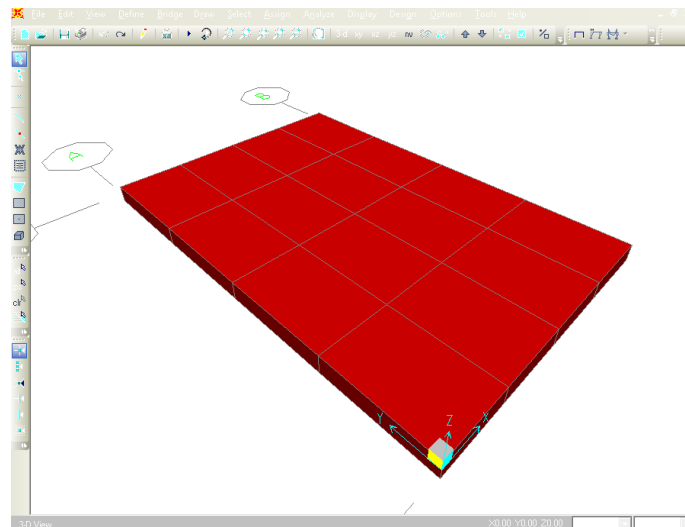


Gambar 18. Melakukan *Set Select Mode* pada SAP 2000.

- h. Klik *Edit* menu, *Edit Area* dan kemudian *Divide Area*. Selanjutnya akan muncul kotak *Divide Selected Areas*.



Gambar 19. Membagi area menjadi beberapa jaringan.

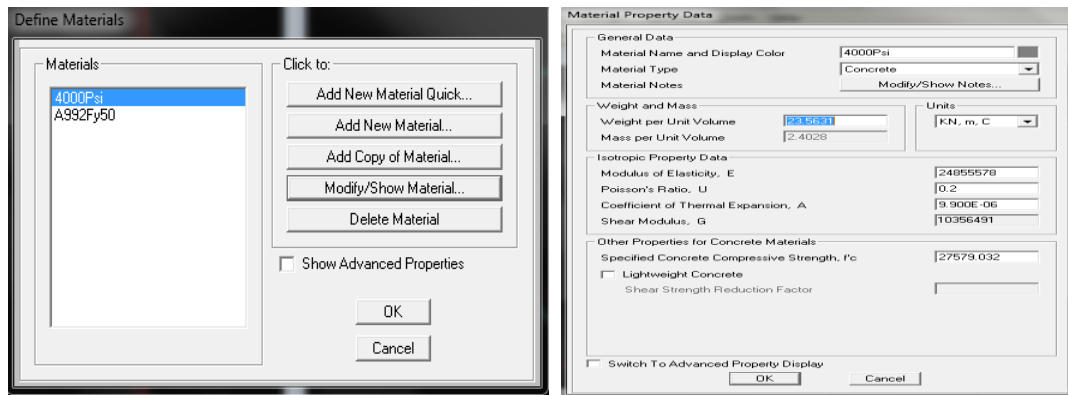


Gambar 20. Hasil *divide selected areas*.

- i. Klik tepi dari pelat untuk memberikan tumpuan yaitu dengan memilih menu *Assign > Joint > Restraints >* (pilih jenis tumpuan).

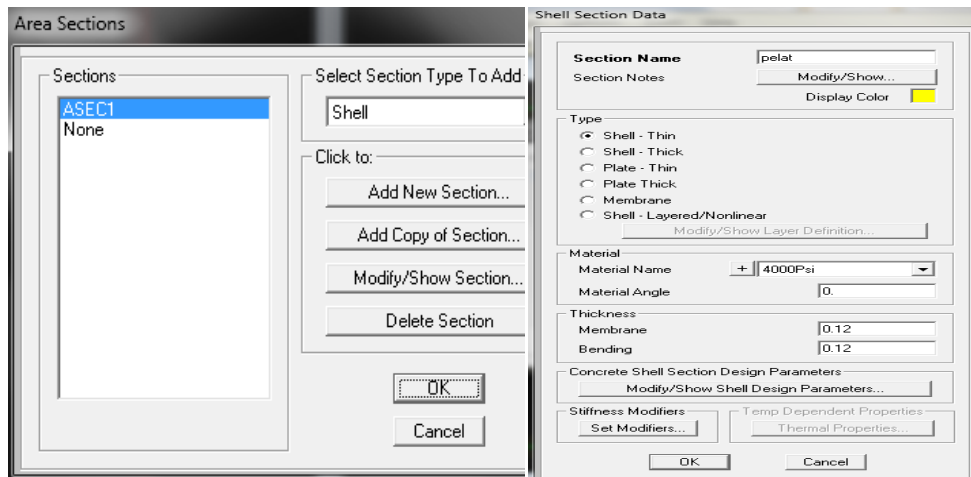
2. Material dan Penampang Pelat

- a. Klik menu *Define* > *Materials*.
- b. Pilih jenis bahan dan klik *Modify/Show* Material dan terbuka kotak *Material Property Data*.

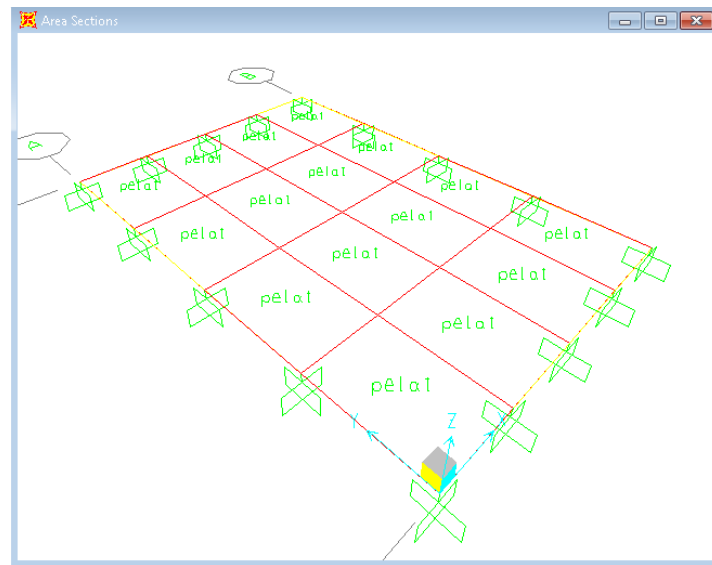


Gambar 21. Memeriksa material.

- c. Klik menu *Define* > *Area Sections*, kemudian klik tombol *Modify/Show Sections* untuk menampilkan kotak *Area Sections Data*.

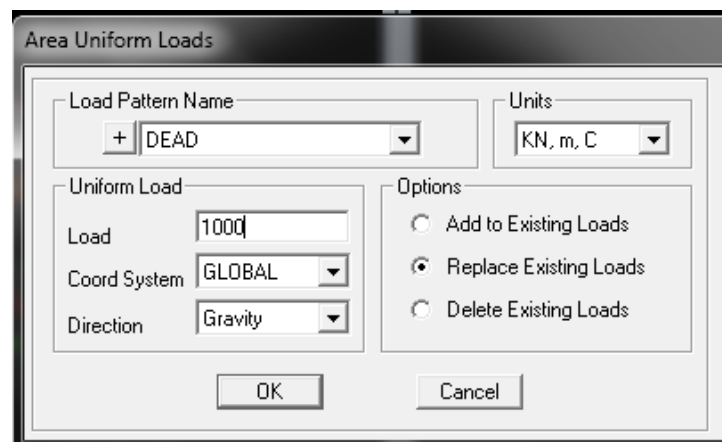


Gambar 22. Memeriksa area sections.

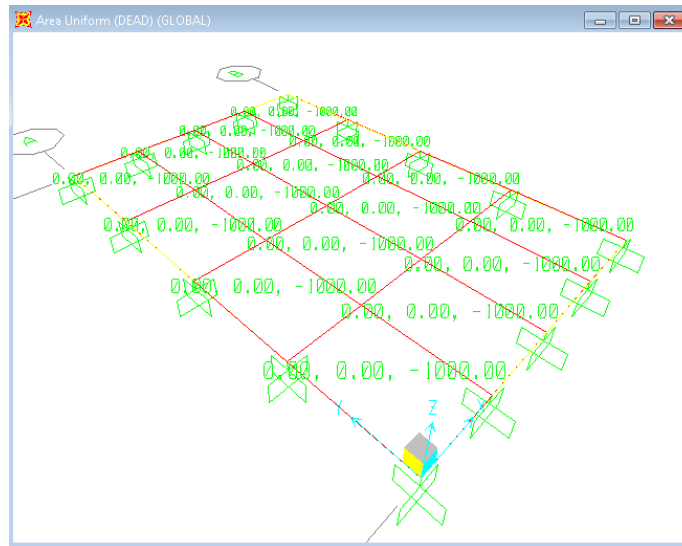


Gambar 23. Memasukan material pada pelat.

- d. Untuk memasukan pembebanan pada pelat adalah dengan memilih *Assign > Area Loads > Uniform Shells* (untuk beban merata pada pelat).

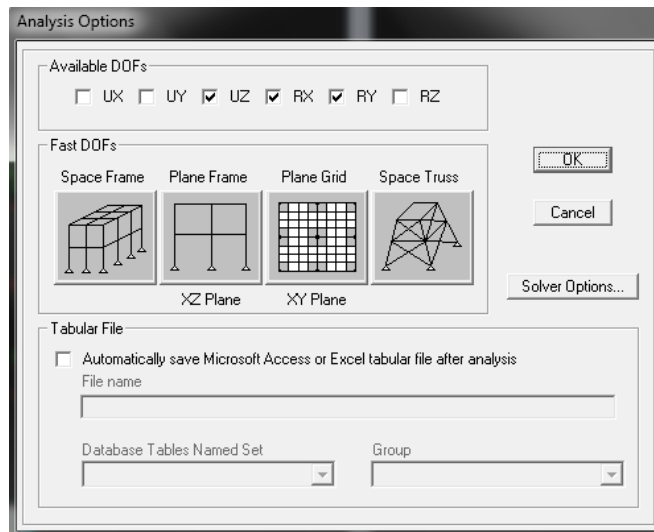


Gambar 24. Kotak *Area Uniform Shells* untuk pembebanan merata pelat.



Gambar 25. Memasukan beban merata pada pelat pada SAP 2000.

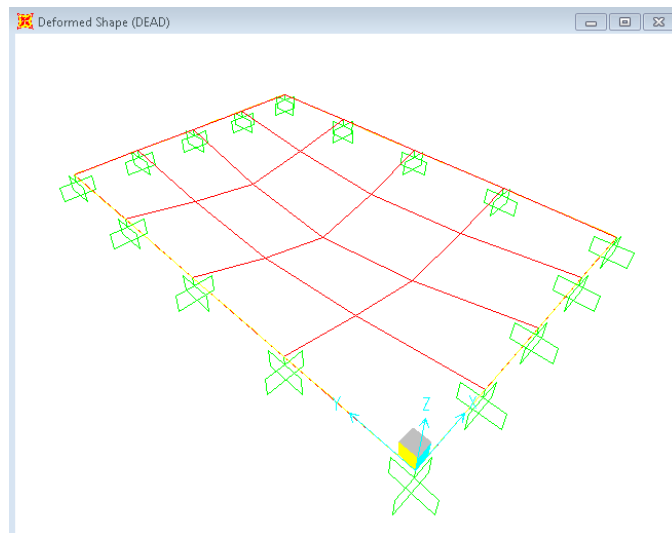
- e. Memilih *Set Analysis Options* dengan memilih XY Plane karena struktur adalah pelat.



Gambar 26. *Set Analysis Options*.

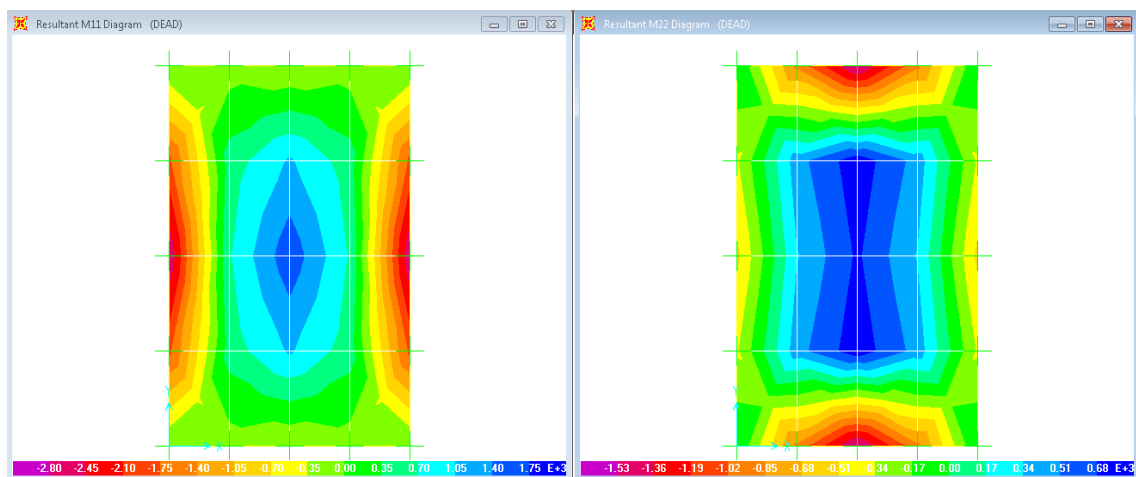
3. Analisis Pelat

- a. Melakukan analisis struktur dengan *Analyze > Run Analyze > Run Now*. Untuk mengetahui hasil deformasi dari struktur pelat yang ditinjau adalah *Display > Show Deformed Shape > OK*.



Gambar 27. Deformasi pelat pada SAP 2000.

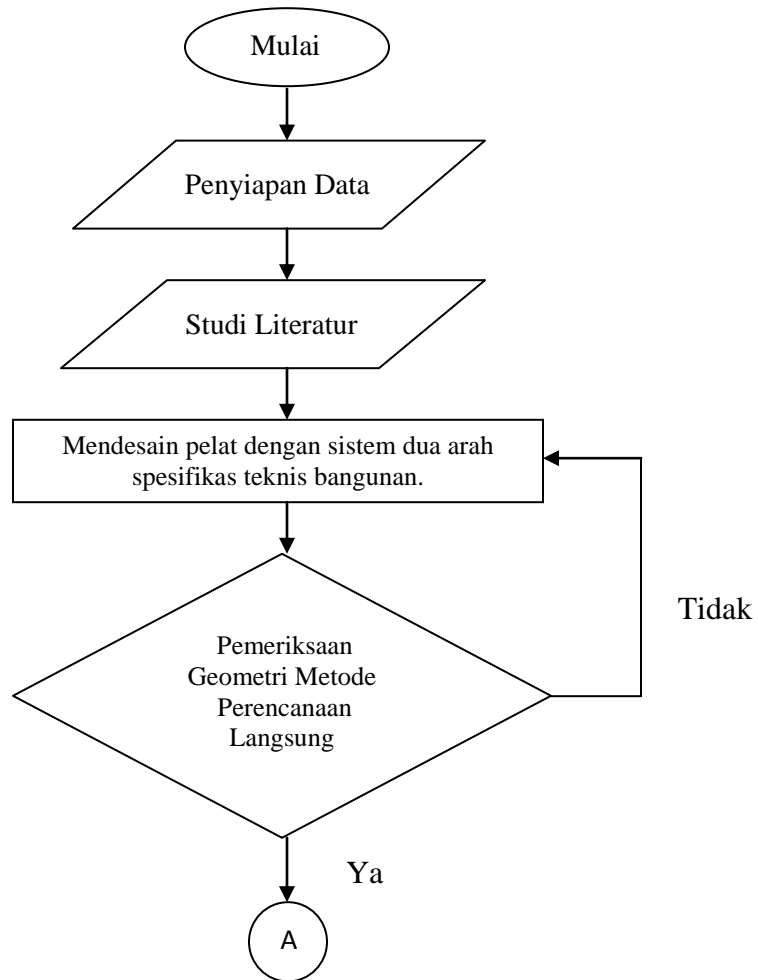
- b. Momen struktur pelat pada SAP 2000 adalah M11 (momen arah memanjang) dan M22 (momen arah memendek).



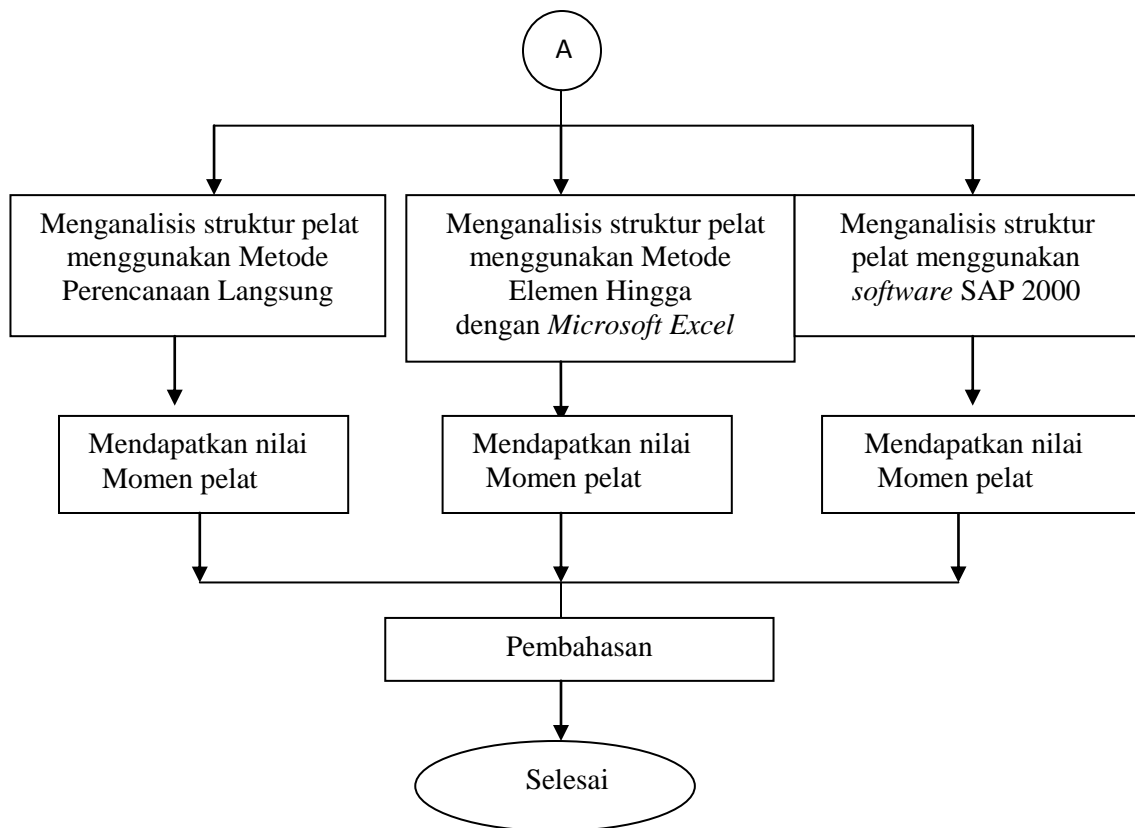
Gambar 28. Momen pelat M11 dan M22 pada SAP 200

E. Kerangka Penelitian

Adapun langkah-langkah dalam penelitian ini dapat dilihat pada *flow chart* berikut :



Gambar 29.a. Diagram alir penelitian.



Gambar 29.b. Diagram alir penelitian.

V. KESIMPULAN DAN SARAN

A. Kesimpulan

Setelah dilakukan pembahasan untuk menganalisis pelat dua arah dengan Metode Perencanaan Langsung dan Metode Elemen Hingga menggunakan program SAP2000 dan *Microsoft Excel* maka dapat diambil beberapa kesimpulan sebagai berikut :

1. Nilai momen statis total terfaktor struktur pelat pada Metode Elemen Hingga dan Metode Perencanaan Langsung memiliki nilai yang tidak berbeda jauh pada arah memanjang sebesar 9,1818 % dan arah melebar sebesar 28,5417 %. Distribusi momen pada tumpuan dan lapangan pelat berbeda dikarenakan Metode Perencanaan Langsung memiliki koefisien momen yang besar dibagian tumpuan sedangkan Metode Elemen Hingga menggunakan peralihan matriks kekakuan.
2. Metode Perencanaan Langsung menunjukkan nilai lendutan lebih kecil dari pada Metode Elemen Hingga karena tumpuan menerima distribusi momen statis total terfaktor lebih besar dari pada Metode Elemen Hingga, sehingga diperoleh keamanan yang lebih tinggi dibanding Metode Elemen Hingga.
3. Pada analisis pelat dengan menggunakan Metode Perencanaan Langsung, Metode Elemen Hingga dengan 4 elemen kuadrilateral, pada program SAP

2000 memiliki nilai momen lentur dapat dilihat pada Tabel 14 dan lendutan pada tabel 15.

4. Nilai-nilai lendutan dan momen lentur bisa berbeda pada setiap metode dikarenakan pada Metode Elemen Hingga menerapkan teori *Kirchhoff-Love* dimana hanya berlaku untuk pelat tipis dan mengabaikan deformasi geser transversal disemua sumbu, deformasi lendutan w dan rotasi β dianggap linier, tidak ada pengaruh vibrasi pada pelat.
5. Perencanaan momen lentur pelat dengan menggunakan Metode Perencanaan Langsung akan menghasilkan momen lentur yang cukup besar dibandingkan dengan program SAP 2000, sehingga dalam pelaksanaannya menjadi tidak efisien dan ekonomis. Perhitungan dengan menggunakan Metode Perencanaan Langsung tidak memperhatikan kondisi struktur secara keseluruhan tetapi lantai perantai, sehingga menghasilkan gaya dalam yang kurang memadai dan semakin menjauhi hasil nilai aslinya. Pada program SAP2000 perencanaan konstruksi dengan melihat kondisi struktur secara keseluruhan sesuai dengan keadaan sebenarnya sehingga mendekati nilai eksaknya.
6. Dalam menentukan banyaknya *mesh* pada struktur pelat dua arah dengan program SAP 2000 minimal memiliki 64 elemen segiempat agar pada setiap pelat agar kesalahan yang terjadi dibawah 5 %.
7. Penggunaan program SAP 2000 akan lebih baik karena didalam penggunaannya struktur pelat yang dihitung dibagi menjadi elemen-elemen kecil yang mendekati struktur aslinya, sehingga faktor kesalahan yang terjadi menjadi sangat kecil, dibanding terhadap Metode Perencanaan Langsung yang

menggunakan koefisien momen dimana faktor pembulatan angka desimal sangat mempengaruhi dalam perhitungan momen yang menyebabkan faktor kesalahan menjadi semakin besar.

B. Saran

1. Dalam mengerjakan Metode Perencanaan Langsung harus memperhatikan batasan-batasan kriteria yang sesuai dengan metode tersebut, notasi-notasi pada struktur agar tidak terjadi kesalahan dalam memasukan data struktur dalam perhitungan.
2. Dalam menganalisis dengan Metode Elemen Hingga untuk struktur pelat harus memperhatikan jenis pelat, tumpuan pada pelat, teknik penyajian pada beban, jenis elemen, jumlah elemen dan program komputer yang dipakai.
3. Didalam pemakaian program SAP 2000 ini batasan-batasan struktur sangat berpengaruh terhadap gaya dalam yang akan dihasilkan. Untuk itu para pemakai program yang bergerak pada bidang sipil agar memperhatikan pada bidang-bidang tersebut.
4. Hasil skripsi ini bukanlah sesuatu yang final, karena dalam skripsi ini penulis hanya merencanakan momen lentur pelat yang terjadi, sehingga karya tulis ini dapat ditindaklanjuti menjadi bahasan yang bisa dikembangkan dalam setiap metodenya dan menjadi struktur yang layak pakai dan mempunyai tingkat keamanan yang tinggi.

DAFTAR PUSTAKA

- Badan Standardisasi Nasional , “*Beban Minimum untuk Perancangan Bangunan Gedung dan Struktur lain (SNI 1727-2013)*”. Jakarta : BSN.
- Departemen Pekerjaan Umum. 2002. *Tata Cara Perhitungan Struktur Beton Untuk Bangunan Gedung*, SNI-03-2847-2002.
- Desai, C.S. 1988. “*Dasar-dasar Metode elemen Hingga*”. Jakarta : Penerbit Erlangga.
- Dipohusodo, I. 1996. “*Struktur Beton Bertulang Berdasarkan SK SNI T-15-1991-03 Departemen Pekerjaan Umum RP*”. Jakarta : Penerbit PT Gramedia Pustaka Utama.
- Ghali, A. 1978. “*Analisis Struktur*”. Jakarta : Penerbit Erlangga.
- Katili, I. 2003. “*Metode Elemen Hingga untuk Pelat Lentur*”. Jakarta : Penerbit Universitas Indonesia (UI-Press).
- Pramono, H. 2007. “*Desain Konstruksi Plat dan Rangka Beton Bertulang dengan SAP 2000 versi 9*”. Yogyakarta : Penerbit Andi.
- Slizard, R. 1974. “*Teori dan Analisis Pelat Metode Klasik dan Numerik*”. Jakarta : Penerbit Erlangga.
- Ugural, A.C. 1999. “*Stresses in Plates and Shells*”. Singapore : The McGraw-Hill Companies, Inc.
- Universitas Lampung. 2013. *Pedoman Penulisan Karya Ilmiah Universitas Lampung*. Unila Offset. Bandar Lampung.