

TUGAS AKHIR

**PERBANDINGAN *YIELD LINE THEORY* TERHADAP
METODE DESAIN LANGSUNG DAN METODE PORTAL
EKIVALEN PADA *FLAT PLATE***
(Studi Literatur)

Diajukan Untuk Memenuhi Syarat-Syarat Memperoleh
Gelar Sarjana Teknik Sipil Pada Fakultas Teknik
Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara

Disusun Oleh:
SITI NABILAH
1607210031



UMSU
Unggul | Cerdas | Terpercaya

**FAKULTAS TEKNIK
PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA
MEDAN
2020**



UMSU
Unggul | Cerdas | Terpercaya

**MAJELIS PENDIDIKAN TINGGI PENELITIAN & PENGEMBANGAN
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA**

FAKULTAS TEKNIK

Jalan Kapten Mukhtar Basri No. 3 Medan 20238 Telp. (061) 6622400 – EXT. 12
Website : <http://fatek.umsu.ac.id> Email : fatek@umsu.ac.id

Bila menjawab surat ini agar disebutkan
Nomor dan tanggalnya

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

LEMBAR PERSETUJUAN PEMBIMBING

Tugas Akhir ini diajukan oleh :

Nama : Siti Nabilah
NPM : 1607210031
Program Studi : Teknik Sipil
Judul Tugas Akhir : Perbandingan *Yield Line Theory* Terhadap Metode
Desain Langsung Dan Metode Portal Ekuivalen
Pada *Flat Plate*
Bidang Ilmu : Struktur

DISETUJUI UNTUK DISAMPAIKAN
KEPADA PANITIA UJIAN SKRIPSI

Medan, 19 November 2020

Dosen Pembimbing

Tondi Amirsyah Putera P, S.T, M.T

Unggul | Cerdas | Terpercaya

LEMBAR PENGESAHAN

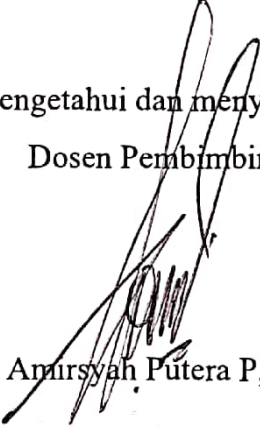
Tugas Akhir ini diajukan oleh:

Nama : Siti Nabilah
NPM : 1607210031
Program Studi : Teknik Sipil
Judul Tugas Akhir : Perbandingan *Yield Line Theory* Terhadap Metode Desain
Langsung Dan Metode Portal Ekuivalen Pada *Flat Plate*
Bidang Ilmu : Struktur

Telah berhasil dipertahankan dihadapan penguji dan diterima sebagai salah satu syarat yang diperlukan untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.

Medan, 19 November 2020

Mengetahui dan menyetujui:
Dosen Pembimbing


Tondi Amirsyah Putera P, S.T, M.T

Dosen Pembanding I



Dr. Ade Faisal, S.T, M.Sc

Dosen Pembanding II



Rizki Efrida, S.T, M.T

Kepala Program Teknik Sipil



Dr. Fahrizal Zulkarnain, S.T, M.Sc

SURAT PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR

Saya yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama Lengkap : Siti Nabilah
Tempat, Tanggal Lahir : Bandar Khalipah, 29 November 1997
NPM : 1607210031
Fakultas : Teknik
Program Studi : Teknik Sipil

Menyatakan dengan sesungguhnya dan sejujurnya, bahwa laporan Tugas Akhir saya yang berjudul:

“Perbandingan *Yield Line Theory* Terhadap Metode Desain Langsung Dan Metode Portal Ekvivalen Pada *Flat Plate*”.

Bukan merupakan plagiarisme, pencurian hasil karya milik orang lain, hasil kerja orang lain untuk kepentingan saya karena/hubungan material dan non-material serta segala kemungkinan lain, yang pada hakekatnya merupakan karya tulis Tugas Akhir saya secara orisinal dan otentik.

Bila kemudian hari diduga kuat ada ketidak sesuaian antara fakta dengan kenyataan ini, saya bersedia diproses oleh Tim Fakultas yang dibentuk untuk melakukan verifikasi, dengan sanksi terberat berupa pembatalan kelulusan/kesarjanaan saya.

Demikian surat pernyataan ini saya buat dengan keadaan sadar dan tidak dalam tekanan ataupun paksaan dari pihak manapun, demi menegakkan integritas Akademik di Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.

Medan, 19 November 2020

Saya yang menyatakan,



Siti Nabilah

ABSTRAK

PERBANDINGAN *YIELD LINE THEORY* TERHADAP METODE DESAIN LANGSUNG DAN METODE PORTAL EKIVALEN PADA *FLAT PLATE*

Siti Nabilah
1607210031

Tondi Amirsyah Putera P, S.T, M.T

Pelat adalah elemen struktur yang dibuat untuk menerima beban mati dan hidup. Sifatnya yang dominan terhadap lentur dengan ketebalan yang kecil dan bentuknya yang lebar. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui hasil momen, defleksi dan *phunching shear* terhadap perbandingan *yield line theory*, metode desain langsung, metode portal ekivalen dan FEM pada *flat plate* yang pada panjang bentang arah x berbeda yaitu 4, 5, dan 6 m. Hasil penelitian ini menunjukkan bila dilihat dari segi momen, nilai m_{ux} positif dan m_{ux} negatif diperoleh oleh *yield line theory* akan lebih besar dari pada metode lainya dikarenakan metode *yield line* pada perhitungan momen menggunakan panjang bentang sedangkan ketiga metode lainnya menggunakan cara dengan membagi panel dalam portal ekivalen pada kedua arah baik x maupun y, m_{uy} negatif pada program FEM menghasilkan nilai yang lebih besar dibandingkan dengan ketiga metode yang lain hal ini dikarenakan metode lain memproporsikan beban sedikit pada bentang pendeknya, dan m_{uy} positif akan mengalami kenaikan yang lebih besar pada *yield line theory*. Dari segi defleksi yang dihasilkan, maka *yield line theory* akan menghasilkan nilai yang jauh besar, dikarenakan momen yang dihasilkan lebih besar sehingga nilai defleksi akan besar juga dan dari segi *phunching shear* yang dihasilkan, bahwa FEM memberikan nilai *phunching shear* yang lebih besar dari pada metode lain. Dapat dilihat bahwa terjadi peningkatan nilai V_u apabila bentang panjang ditingkatkan sehingga dibutuhkan kekuatan yang cukup dari beton untuk dapat menahan besaran nilai V_u agar tidak terjadi kegagalan geser pada pelat dan pada kolom interior lebih besar dari pada kolom sudut dan kolom eksterior, hal ini dikarenakan bidang geser jauh lebih luas.

Kata kunci: pelat, *flat plate*, momen, defleksi, *phunching shear*

ABSTRACT

COMPARISON OF YIELD LINE THEORY TO DIRECT DESIGN METHODS AND EQUIVALENT PORTAL METHODS ON FLAT PLATES

Siti Nabilah
1607210031

Tondi Amirsyah Putera P, S.T, M.T

Plates are structural elements built to accept live and live loads. Its dominant characteristic bending with a small thickness and wide shape. This study aims to determine the results of the moment, deflection and punching shear on the comparison of yield line theory, direct design method, equivalent portal method and FEM on a flat plates with different x-direction spans lengths of 4, 5, and 6 m. The results of this study indicate that when viewed in terms of moments, the positive and negative m_{ux} values obtained by the yield line theory will be greater than the other methods because the yield line method in calculating moments uses span length while the other three methods use the method of dividing panels in the equivalent portal. in both x and y directions, the negative m_{uy} in the FEM program produces a greater value compared to the other three methods, this is because other methods proportionate the load slightly in its short span, and positive m_{uy} will experience a greater increase in yield line theory. In terms of the resulting deflection, the yield line theory will produce a much larger value, because the resulting moment is greater so that the deflection value will be large too and in terms of the resulting punching shear, the FEM provides a greater value of punching shear than other method. It can be seen that there is an increase in the V_u value if the long span is increased so that sufficient strength of the concrete is needed to be able to withstand the magnitude of the V_u value so that there is no shear failure on the plate and the interior column is greater than the corner column and exterior column, this is due to the shear plane much wider.

Key words: plate, flat plate, moment, deflection, punching shear

KATA PENGANTAR

Assalamu'alaikum Wr. Wb.

Dengan nama Allah Yang Maha Pengasih lagi Maha Penyayang. Segala puji dan syukur penulis ucapkan kehadirat Allah SWT yang telah memberikan karunia dan nikmat yang tiada terkira. Salah satu dari nikmat tersebut penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini yang berjudul “Perbandingan *Yield Line Theory* Terhadap Metode Desain Langsung Dan Metode Portal Ekuivalen Pada *Flat Plate*” sebagai syarat untuk meraih gelar akademik Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara (UMSU), Medan.

Banyak pihak telah membantu dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini, untuk itu penulis menghaturkan rasa terimakasih yang tulus dan dalam kepada:

1. Bapak Tondi Amirsyah Putera P, S.T, M.T selaku Dosen Pembimbing yang telah banyak membimbing dan mengarahkan penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.
2. Bapak Dr. Ade Faisal S.T, MSc selaku Pembimbing Satu yang telah memberi masukan dan saran-saran dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.
3. Bapak Rizki Efrida, S.T, M.T selaku Pembimbing Kedua yang telah memberi masukan dan saran-saran dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.
4. Bapak Munawar Alfansury Siregar, S.T, M.T selaku Dekan Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
5. Bapak Dr. Fahrizal Zulkarnain selaku Ketua Program Studi Teknik Sipil, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
6. Ibu Hj. Irma Dewi S.T, M.Si selaku Sekretaris Program Studi Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
7. Seluruh Bapak/Ibu Dosen di Program Studi Teknik Sipil, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara yang telah banyak memberikan ilmu yang bermanfaat.
8. Bapak/Ibu Staff Administrasi di Biro Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.

9. Kedua orang tua saya Bapak Misriadi, Ibuku tercinta Nurlia, dan adik saya Suci Saairin, yang sudah menjadi *charger* dalam mengisi semangat saya.
10. Ridho Al Fandi, Tanyo Adhytia Pratama, Mawar Tirana dan semua teman saya lainnya yang tidak dapat saya sebut satu per satu.
11. Teman-teman seperjuangan Teknik Sipil 2016 khususnya kelas A1 yang telah mengisi hari-hari dengan semangat.

Tugas Akhir ini tentunya masih jauh dari kesempurnaan, untuk itu penulis berharap kritik dan masukan yang konstruktif untuk menjadi bahan pembelajaran berkesinambungan penulis di masa depan. Semoga Tugas Akhir ini dapat bermanfaat bagi dunia konstruksi teknik sipil.

Wasalamu'alaikum Wr.Wb.

Medan, November 2020

Siti Nabilah

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN	i
LEMBAR KEASLIAN TUGAS AKHIR	ii
ABSTRAK	iii
<i>ABSTRACT</i>	iv
KATA PENGANTAR	v
DAFTAR ISI	vii
DAFTAR TABEL	xi
DAFTAR GAMBAR	xiii
DAFTAR SIMBOL DAN SINGKATAN	xvii
BAB 1 PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Ruang Lingkup Pembahasan	2
1.4 Tujuan Penelitian	2
1.5 Manfaat Penelitian	3
1.6 Sistematika Penulisan	3
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA	4
2.1 Pelat	4
2.2 Pelat Dua Arah (<i>Two Way Slab</i>)	4
2.3 Pelat Datar (<i>Flat Plate</i>)	5
2.4 Ketebalan Minimum Untuk Pelat Dua Arah	6
2.4.1 Pelat Tanpa Balok Interior	6
2.4.2 Pelat Dengan Balok Interior	6
2.5 Metode Untuk Menganalisis Pelat Dua Arah	7
2.5.1 <i>Yield Line Theory</i> (Teori Garis Leleh)	7
2.5.1.1 Pelat Datar (Pada Kolom Berbentuk Persegi Panjang)	7
2.5.1.2 Metode Kegagalan	7
2.6 Metode Desain Langsung (<i>Direct Design Method</i>)	8

2.6.1	Penentuan Momen Statis Total Berfaktor Mo	9
2.6.2	Distribusi Momen Rencana	10
2.6.2.1	Distribusi Momen Statis Total Terfaktor	10
2.6.3	Distribusi Momen Rencana Pada Strip Kolom dan Strip Tengah	10
2.6.3.1	Momen Rencana Negatif Interior	10
2.6.3.2	Momen Negatif Panel Eksterior	11
2.6.3.3	Momen Positif Jalur Kolom	11
2.6.3.4	Momen Berfaktor Pada Strip Tengah	12
2.6.4	Transfer Momen Geser Ke Kolom	12
2.6.4.1	Kolom Eksterior	12
2.6.4.2	Kolom Interior	12
2.7	Metode Portal Ekuivalen (<i>Equivalen Frame Method</i>)	12
2.7.1	Perhitungan Kekakuan (k), <i>Carryover</i> (COF), dan <i>Fixed End-Moment</i> (FEM)	13
2.7.2	Propertis Penampang Kolom	15
2.7.3	Penentuan Momen Statis Total Berfaktor Mo dengan Metode <i>Hardy Cross</i>	16
2.8	<i>Punching Shear</i> (Geser Dua Arah)	17
2.9	<i>Punching Shear</i> Pada <i>Yield Line Theory</i>	18
2.9.1	Tegangan Geser Pada Sambungan Kolom Internal Dalam Pelat Datar	18
2.9.2	Tegangan Geser Pada Sambungan Kolom Pelat Lain	18
2.10	Defleksi	19
2.10.1	<i>Yield Line Theory</i> Dalam Memperhitungkan Defleksi	19
2.10.2	Metode Langsung Dalam Memperhitungkan Defleksi	20
BAB 3 METODE PENELITIAN		22
3.1	Bagan Alir Penelitian	22
3.2	Data-data Perencanaan	24
3.2.1	Permodelan Struktur	24
3.2.2	Propertis Material	24
3.2.3	Perencanaan Penampang	25

3.2.3.1	Pelat	25
3.2.3.2	Kolom	25
3.2.4	Analisis Pembebanan	25
3.2.4.1	Beban Mati	25
3.2.4.2	Beban hidup	25
3.3	Permodelan Menggunakan FEM (<i>Finite Element Method</i>)	26
BAB 4	HASIL DAN PEMBAHASAN	36
4.1	Hasil Analisis Perhitungan Momen Ultimate	36
4.1.1	Teori Garis Leleh (<i>Yield Line Theory</i>)	37
4.1.1.1	Momen Ultimate <i>Yield Line Theory</i> Arah x Pada Panel Tipikal Untuk Setiap Kenaikan Panjang Arah x	36
4.1.1.2	Momen Ultimate <i>Yield Line Theory</i> Arah y Pada Panel Tipikal Untuk Setiap Kenaikan Panjang Arah x	37
4.1.2	Metode Desain Langsung (<i>Direct Design Method</i>)	39
4.1.2.1	Momen Ultimate Metode Desain Langsung Arah x Pada Panel Tipikal Untuk Setiap Kenaikan Panjang Bentang Arah x	39
4.1.2.2	Momen Ultimate Metode Desain Langsung Arah y Pada Panel Tipikal Untuk Setiap Kenaikan Panjang Bentang Arah x	41
4.1.3	Metode Portal Ekuivalen (<i>Equivalent Frame Method</i>)	42
4.1.3.1	Momen Ultimate Metode Portal Ekuivalen Arah x Pada Panel Tipikal Untuk Setiap Kenaikan Panjang Bentang Arah x	42
4.1.3.2	Momen Ultimate Metode Portal Ekuivalen Arah y Pada Panel Tipikal Untuk Setiap Kenaikan Panjang Bentang Arah x	44
4.1.4	Hasil Analisa Menggunakan FEM (<i>Finite Element Method</i>)	46

4.1.4.1	Momen Ultimate Analisa FEM Arah x Pada Panel Tipikal Untuk Setiap Kenaikan Panjang Arah x	46
4.1.4.2	Momen Ultimate Analisa FEM Arah y Pada Panel Tipikal Untuk Setiap Kenaikan Panjang Arah x	48
4.1.5	Perbandingan Hasil Analisis <i>Yield Line Theory</i> , Metode Desain Langsung, Metode Portal Ekuivalen, dan FEM	50
4.1.5.1	Perbandingan Momen Tipikal Arah x	50
4.1.5.2	Perbandingan Momen Tipikal Arah y	55
4.2	Perbandingan Defleksi Maksimum <i>Yield Line Theory</i> , Metode Desain Langsung, Metode Portal Ekuivalen dan hasil dengan FEM Pada Panel Tipikal	59
4.3	Perbandingan Analisa <i>Punching Shear Yield Line Theory</i> , Metode Desain Langsung, Metode Portal Ekuivalen dan hasil dengan FEM	60
BAB 5 PENUTUP		63
5.1	Kesimpulan	63
5.2	Saran	64
DAFTAR PUSTAKA		
LAMPIRAN		
DAFTAR RIWAYAT HIDUP		

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1	Ketebalan minimum pelat dua arah nonprategang tanpa balok interior (mm) SNI 2847 (2019).	6
Tabel 2.2	Ketebalan minimum pelat dua arah nonprategang dengan balok di antara tumpuan pada semua sisinya SNI 2847 (2019).	6
Tabel 2.3	Koefisien distribusi untuk bentang ujung SNI 2847 (2019).	10
Tabel 2.4	Bagian momen negatif interior μ di lajur kolom SNI 2847 (2019).	10
Tabel 2.5	Bagian momen negatif eksterior μ di ajur kolom SNI 2847 (2019).	11
Tabel 2.6	Bagian momen positif μ di lajur kolom SNI 2847 (2019).	11
Tabel 2.7	Faktor distribusi momen untuk pelat tanpa <i>drop panel</i> (Wight dan James, 2012).	14
Tabel 2.8	Kekakuan dan COF pada kolom (Wight dan James, 2012).	15
Tabel 4.1	Momen negatif dan positif <i>yield line theory</i> arah x pada perubahan bentang x setiap panel tipikal.	36
Tabel 4.2	Momen negatif dan positif <i>yield line theory</i> arah y pada perubahan bentang x setiap panel tipikal.	38
Tabel 4.3	Momen negatif dan positif metode desain langsung arah x pada perubahan bentang x setiap panel tipikal.	39
Tabel 4.4	Momen negatif dan positif metode desain langsung arah y pada perubahan bentang x setiap panel tipikal.	41
Tabel 4.5	Momen negatif dan positif metode portal ekuivalen arah x pada perubahan bentang x setiap panel tipikal.	43
Tabel 4.6	Momen negatif dan positif metode portal ekuivalen arah y pada perubahan bentang x setiap panel tipikal.	45
Tabel 4.7	Momen negatif dan positif FEM arah x pada perubahan bentang x setiap panel tipikal.	47
Tabel 4.8	Momen negatif dan positif FEM arah y pada perubahan bentang x setiap panel tipikal.	49

Tabel 4.9	Hasil analisa defleksi maksimum pelat untuk setiap kenaikan bentang x .	59
Tabel 4.10	Hasil analisis <i>phunching Shear</i> sntuk setiap kenaikan bentang x .	60

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Jenis-jenis pelat dua arah: (a) flat plate. (b) waffle plate. (c) pelat dengn balok. (d) flat slab (Wight dan James, 2012).	5
Gambar 2.2	Pola garis leleh lempengan persegi (Kennedy dan Goodchild, 2004)	8
Gambar 2.3	Desinisi rangka ekuivalen SNI 2847 (2019).	13
Gambar 2.4	Portal ekuivalen pada <i>flat plate</i> pembagian C1,C2, L1,L2 (Wight dan James, 2012).	14
Gambar 2.5	Pembagian penampang untuk menghitung C (Wight dan James, 2012).	16
Gambar 2.6	Penampang kritis pada geser dua arah (Wight dan James, 2012).	17
Gambar 2.7	Aplikasi dari 2.9.1 dan 2.9.2(BSI, 1997).	19
Gambar 2.8	Metode portal ekuivalen untuk anlisis defleksi: (a) Panel pelat ditransfer menjadi portal ekuivalen; (b) bentuk terdefleksi dibidang tengah pelat; (c) bentuk panel terdefleksi (Nawy, 1998).	20
Gambar 3.1	Bagan alir penelitian.	22
Gambar 3.2	Layout permodelan (a) tipe 1, (b) tipe 2, dan (c) tipe 3.	24
Gambar 3.3	Box tip of the day.	26
Gambar 3.4	Data desain menggunakan ACI 318-14.	26
Gambar 3.5	Tampilan <i>coordinate system</i> .	27
Gambar 3.6	Input koordinat x dan y dan tinggi kolom.	27
Gambar 3.7	Layout tipe 1.	28
Gambar 3.8	Input material $f_c' 20$ MPa dan $f_y 250$ MPa.	28
Gambar 3.9	Tampilan <i>slab propertise</i> .	29
Gambar 3.10	Input data properti slab.	29

Gambar 3.11	Tampilan <i>column</i> propertise.	30
Gambar 3.12	Input data properti kolom K600.	30
Gambar 3.13	Tampilan <i>load patten</i> .	31
Gambar 3.14	Tampilan <i>load combinations</i> .	31
Gambar 3.15	Input kombinasi 1,2 D + 1,6 L.	32
Gambar 3.16	<i>Layout</i> yang telah di draw.	32
Gambar 3.17	Kolom yang telah di draw.	33
Gambar 3.18	Desain strip.	33
Gambar 3.19	Defleksi yang terjadi pada pelat.	34
Gambar 3.20	<i>Show strip force</i> .	34
Gambar 3.21	Momen yang terjadi pada arah x dan y.	35
Gambar 3.22	<i>Phunching shear</i> yang terjadi pada setiap kolom.	35
Gambar 4.1	Grafik perbandingan momen positif dan negatif arah x pada metode <i>yield line</i> .	37
Gambar 4.2	Grafik perbandingan momen positif dan negatif arah y pada metode <i>yield line</i> .	38
Gambar 4.3	Grafik perbandingan momen positif arah x pada metode desain langsung.	40
Gambar 4.4	Grafik perbandingan momen negatif arah x pada metode desain langsung.	40
Gambar 4.5	Grafik perbandingan momen positif arah y pada metode desain langsung.	41
Gambar 4.6	Grafik perbandingan momen negatif arah y pada metode desain langsung.	42
Gambar 4.7	Grafik perbandingan momen positif arah x pada metode portal ekivalen.	43
Gambar 4.8	Grafik perbandingan momen negatif arah x pada metode portal ekivalen	44

Gambar 4.9	Grafik perbandingan momen positif arah y pada metode portal ekivalen.	45
Gambar 4.10	Grafik perbandingan momen negatif arah y pada metode portal ekivalen.	46
Gambar 4.11	Grafik perbandingan momen positif arah x pada FEM.	47
Gambar 4.12	Grafik perbandingan momen negatif arah x pada FEM.	48
Gambar 4.13	Grafik perbandingan momen positif arah y pada FEM.	49
Gambar 4.14	Grafik perbandingan momen negatif arah y pada FEM.	50
Gambar 4.15	Grafik perbandingan mux positif metode <i>yield line</i> , desain langsung, portal ekivalen dan FEM pada tipikal 1.	51
Gambar 4.16	Grafik perbandingan mux negatif metode <i>yield line</i> , desain langsung, portal ekivalen dan FEM pada tipikal 1.	51
Gambar 4.17	Grafik perbandingan mux positif metode <i>yield line</i> , desain langsung, portal ekivalen dan FEM pada tipikal 2.	52
Gambar 4.18	Grafik perbandingan mux negatif metode <i>yield line</i> , desain langsung, portal ekivalen dan FEM pada tipikal 2.	52
Gambar 4.19	Grafik perbandingan mux positif metode <i>yield line</i> , desain langsung, portal ekivalen dan FEM pada tipikal 3.	53
Gambar 4.20	Grafik perbandingan mux negatif metode <i>yield line</i> , desain langsung, portal ekivalen dan FEM pada tipikal 3.	53
Gambar 4.21	Grafik perbandingan mux positif metode <i>yield line</i> , desain langsung, portal ekivalen dan FEM pada tipikal 4.	54
Gambar 4.22	Grafik perbandingan mux negatif metode <i>yield line</i> , desain langsung, portal ekivalen dan FEM pada tipikal 4.	54
Gambar 4.23	Grafik perbandingan muy positif metode <i>yield line</i> , desain langsung, portal ekivalen dan FEM pada tipikal 1.	55
Gambar 4.24	Grafik perbandingan muy negatif metode <i>yield line</i> , desain langsung, portal ekivalen dan FEM pada tipikal 1.	55
Gambar 4.25	Grafik perbandingan muy positif metode <i>yield line</i> , desain langsung, portal ekivalen dan FEM pada tipikal 2.	56

Gambar 4.26	Grafik perbandingan my negatif metode <i>yield line</i> , desain langsung, portal ekivalen dan FEM pada tipikal 2.	56
Gambar 4.27	Grafik perbandingan my positif metode <i>yield line</i> , desain langsung, portal ekivalen dan FEM pada tipikal 3.	57
Gambar 4.28	Grafik perbandingan my negatif metode <i>yield line</i> , desain langsung, portal ekivalen dan FEM pada tipikal 3.	57
Gambar 4.29	Grafik perbandingan my positif metode <i>yield line</i> , desain langsung, portal ekivalen dan FEM pada tipikal 4.	58
Gambar 4.30	Grafik perbandingan my negatif metode <i>yield line</i> , desain langsung, portal ekivalen dan FEM pada tipikal 4	58
Gambar 4.31	Perbandingan defleksi maksimum pada setiap kenaikan bentang x pada setiap metode.	59
Gambar 4.32	Perbandingan <i>phunching shear</i> dengan metode desain langsung dan metode portal ekivalen untuk setiap panjang bentang x.	61
Gambar 4.33	Perbandingan <i>phunching shear</i> dengan FEM untuk setiap panjang bentang x.	61
Gambar 4.34	Perbandingan <i>phunching shear</i> dengan <i>yield line theory</i> untuk setiap panjang bentang x .	62

DAFTAR SIMBOL DAN SINGKATAN

A_c	= Luas penampang kritis
b_o	= Perimeter penampang kritis
c	= Jari-jari kolom
COF	= <i>Carry over factor</i>
c_1	= Panjang kolom
c_2	= Lebar kolom
D	= Beban mati
D`	= Beban mati tambahan
E_c	= Modulus elastisitas beton
E_{cb}	= Modulus elastisitas balok
E_{cs}	= Modulus elastisitas pelat
E_y	= Modulus elastisitas baja
f_c	= Mutu beton
FEM	= <i>Fixed and moment</i>
f_y	= Jumlahangkur
h	= Tebal pelat
I	= Inersia pelat
I_b	= Momen inersia bruto terhadap sumbu penampang
I_s	= Momen inersia bruto penampang pelat
K	= Kekakuan lentur
K_c	= Kekakuan Kolom
K_{ec}	= Kekakuan kolom ekuivalen
K_t	= kekakuan torsi
L	= Beban hidup
L_o	= Jarak bebas antar kolom
m	= Momen
m'	= Momen negatif
M_o	= Momen statis
Mt	= Momen desain dari pelat ke kolom

n	= Beban ultimate
q_{Du}	= Beban mati berfaktor
q_{Lu}	= Beban hidup berfaktor
V_c	= Tahanan geser pada beton
V_n	= Tahanan geser nominal
V_u	= Gaya geser terfaktor
w_u	= Beban ultimate berfaktor
α_f	= rasio kekakuan lentur
α_{fm}	= nilai rata-rata α_f
β	= rasio bentang bersih
β_t	= Kekakuan torsional
l_1	= Panjang pelat
l_2	= Lebar pelat
l_n	= Bentang bersih
\emptyset	= Faktor reduksi

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Struktur bangunan merupakan komponen utama yang menunjang berdirinya suatu bangunan dan konstruksi bangunan pada saat ini merupakan suatu objek yang kompleks, dimana didalam bangunan tersebut diperlukan analisis. Selama ini analisis dan desain komponen struktur bangunan dilakukan dengan cara-cara yang kompleks, misalnya saja untuk analisis dan desain pondasi yang pada umumnya menggunakan prinsip-prinsip kekuatan.

Akan tetapi lain halnya dengan analisis dan desain pada pelat, untuk menganalisis dan mendesain suatu pelat. Peneliti sebelumnya Ramadhan, Rian, dkk (2015) menggunakan metode *westergrand*, serta menggunakan metode desain langsung dan metode portal ekuivalen.

Pelat adalah elemen struktur yang dibuat untuk menerima beban mati dan hidup. Sifatnya yang dominan terhadap lentur dengan ketebalan yang kecil dan bentuknya yang lebar. Pada umumnya pelat dikasifikasikan dalam pelat satu arah (*one way slab*) dan pelat dua arah (*two way slab*).

Yeild line theory adalah teori garis leleh yang konsepnya disajikan untuk membantu dalam memahami perilaku pelat antara beban layan dan kegagalan. Oleh karena itu penelitian ini memberikan gambaran mengenai perbandingan *yeild line theory* terhadap metode desain langsung dan metode portal ekuivalen dan FEM (*Finite Element Method*), terutama apabila diterapkan pada pelat yang tidak menggunakan balok seperti pada *flat plate* untuk melihat seberapa optimalkah metode ini dari segi cara perhitungan hasil momen, defleksi dan *phunching shear* serta untuk dapat mengetahui bagaimanakah perilaku *flat plate* seandainya perbandingan antara bentang panjang ditingkatkan apabila dianalisis dengan menggunakan metode tersebut.

1.2 Rumusan Masalah

Permasalahan yang akan dibahas dalam Tugas Akhir ini adalah:

1. Bagaimana pengaruh mu positif dan mu negatif dengan metode yang berbeda?
2. Bagaimana perilaku defleksi dengan metode yang berbeda?
3. Bagaimana perilaku *phunching shear* dengan metode yang berbeda?

1.3 Ruang Lingkup

Berdasarkan latar belakang masalah yang telah dijelaskan diatas maka ruang lingkup dalam Tugas Akhir ini adalah:

1. Metode perencanaan yang dibahas dalam metode desain langsung dan metode portal ekivalen menggunakan SNI 2847:2019.
2. Analisis menggunakan bantuan dari FEM.
3. Mutu beton (f_c') 20 MPa dan mutu baja (f_y) 250 Mpa.
4. Jenis pelat yang digunakan adalah pelat dua arah (*two way slab*), dengan tipe *flat plate*.
5. Perbandingan bentang panjang dan bentang pendek akan divariasikan menjadi 1:1, 1:1,25, dan 1:1,5 dimana bentang pendeklah yang menjadi patokannya dengan ukuran 4 m dan bentang panjang 4 m - 6 m, dengan kenaikan 1 m.
6. Kombinasi pembebanan yang digunakan adalah 1.2 D + 1.6 L.
7. Bentuk yang digunakan pada *yield line theory* adalah segiempat.

1.4 Tujuan Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah diatas adapun tujuan yang ingin dicapai dari Tugas Akhir ini adalah:

1. Untuk mengetahui pengaruh mu positif dan mu negatif metode yang berbeda.
2. Untuk mengetahui perilaku defleksi dengan metode yang berbeda.
3. Untuk mengetahui perilaku *phunching shear* dengan metode yang berbeda.

1.5 Manfaat Penelitian

Manfaat dari Tugas Akhir ini adalah mengaplikasikan ilmu pengetahuan di bidang Teknik Sipil. Selain itu, hasil dari penelitian ini sebagai masukan dan bahan pertimbangan pemilihan metode pengerjaan *flat plate* apabila menggunakan *yield line theory*.

1.6 Sistematika Penulisan

Adapun sistematika penulisan Tugas Akhir ini adalah sebagai berikut:

BAB 1 PENDAHULUAN

Bab ini terdiri dari latar belakang, rumusan masalah, ruang lingkup, tujuan dan manfaat penelitian, dan sistematika penulisan.

BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA

Bab ini menguraikan tinjauan pustaka atau landasan teori yang mendasari penelitian yang diambil dari berbagai sumber literatur yang membantu dalam penelitian yang dilakukan.

BAB 3 METODE PENELITIAN

Bab ini mengandung uraian tentang jalan penelitian, variable dan data yang akan dikumpulkan, dan analisis hasil.

BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN

Bab ini menguraikan hasil dan pembahasan analisis yang dilakukan untuk memperoleh jawaban yang sesuai dengan permasalahan.

BAB 5 KESIMPULAN

Bab ini menjelaskan kesimpulan yang didapat dari hasil dan menjawab permasalahan yang sesuai serta saran untuk pengembangan lebih lanjut di masa yang akan datang.

BAB 2

TINJAUAN PUSTAKA

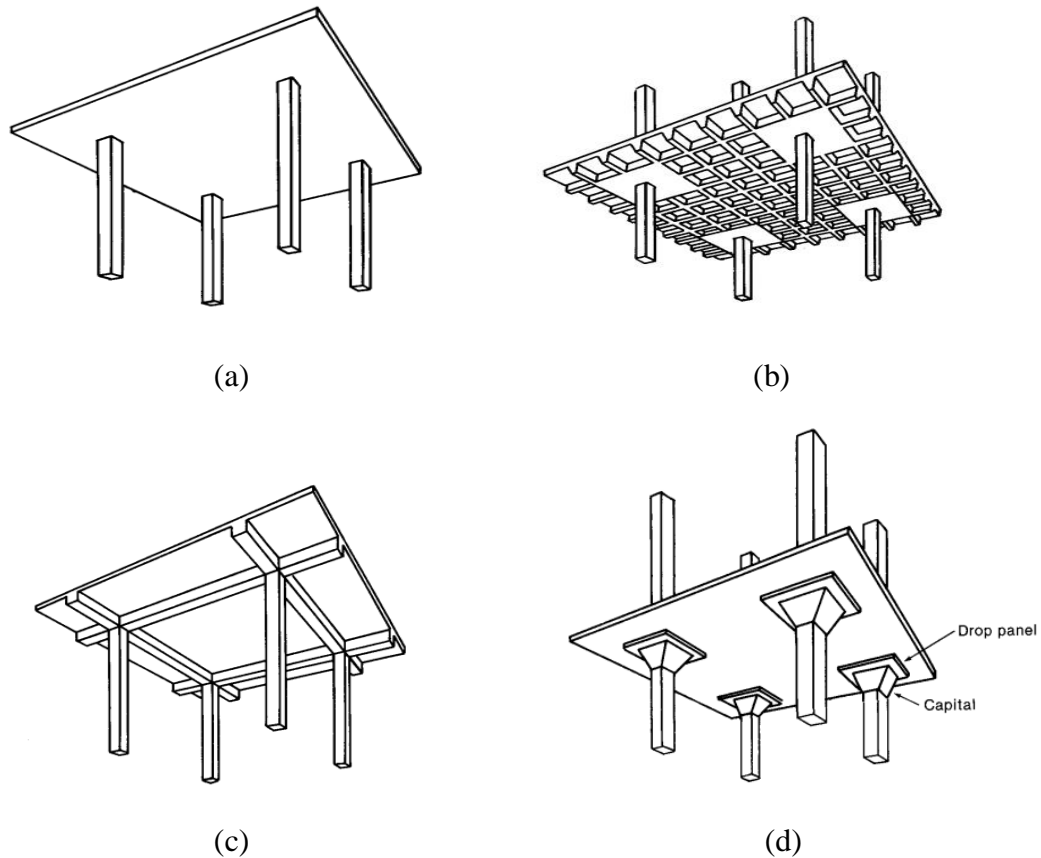
2.1 Tinjauan Pelat

Menurut Gusmareta, dkk (2017), Pelat merupakan elemen bidang tipis yang menahan beban-beban transversal melalui aksi lentur ke masing-masing tumpuan dan ditransfer ke balok anak, balok induk dan kolom yang termasuk komponen dari struktur beton bertulang yang mana $h < b$ (tinggi penampang struktur lebih kecil dari lebar penampangnya). Pada umumnya pelat dapat dibagi atas dua macam strukturnya pelat satu arah (*one way slab*) dan pelat dua arah (*two way slab*). Dimana pelat satu arah didukung pada dua tepi yang berhadapan sedemikian rupa sehingga lenturan yang timbul hanya dalam satu arah saja yaitu pada arah yang tegak lurus terhadap posisi balok tumpu. Rasio perbandingan bentang yang panjang dengan bentang yang pendek lebih dari dua atau $l_y/l_x > 2$. Karna pada penelitian ini lebih mengarah kedalam pelat dua arah, maka pembahasan selanjutnya akan lebih terpusat kedalam pelat dua arah.

2.2 Pelat Dua Arah (Two Way Slab)

Menurut Gusmareta dkk, (2017), Pelat dua arah adalah pelat yang ditumpu keempat sisinya atau dibatasi oleh balok anak pada kedua sisi panjang, dan oleh balok induk pada kedua sisi pendek. Lenturan akan timbul pada dua arah yang saling tegak lurus. Perbandingan bentangan pendek berkisar antara 1 hingga 2 atau $l_y/l_x < 2$. Ada beberapa tipe dari pelat yang sering digunakan dalam suatu struktur apabila dibedakan berdasarkan penguat atau pengaku yang digunakan pada pelat tersebut, yaitu pelat datar (*flat plate*), *waffle plate*, *flat slab*, pelat dua arah dengan balok.

Berikut ini adalah beberapa tipe pelat dua arah:



Gambar 2.1: Jenis-jenis pelat dua arah: (a) *flat plate*. (b) *waffle plate*. (c) pelat dengan balok. (d) *flat slab* (Wight dan James, 2012).

2.3 Pelat Datar (*Flat Plate*)

Menurut (Constantine dkk, 2019). *Flat plate* (pelat datar) adalah pelat beton pejal dengan tebal merata yang mentransfer beban secara langsung ke kolom pendukung tanpa bantuan balok, kepala kolom atau drop panel. Pelat datar dapat dibuat dengan cepat karena bekisting dan susunan tulangan yang sederhana yang dapat mempermudah pengerjaannya. Pelat ini memerlukan tinggi lantai terkecil untuk memberikan persyaratan tinggi ruangan dan memberikan fleksibilitas terbaik dalam susunan kolom dan partisi. (Mc. Cormac, 2003).

2.4 Ketebalan Minimum Untuk Pelat Dua Arah

2.4.1 Pelat Tanpa Balok Interior

Ketebalan pelat keseluruhan h tidak boleh kurang dari batasan pada Tabel 2.1 berdasarkan peraturan SNI 2847 (2019), dan memiliki nilai terkecil antara a) atau b), kecuali batasan lendutan yang dihitung dari SNI 8.3.2 dipenuhi:

- a) Pelat tanpa drop panel sesuai 125 mm
- b) Pelat dengan drop panel sesuai 100 mm

Tabel 2.1: Ketebalan minimum pelat dua arah nonprategang tanpa balok interior (mm) SNI 2847 (2019).

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	$l_n/28$	$l_n/31$	$l_n/31$	$l_n/31$	$l_n/34$	$l_n/34$

* l_n adalah jarak bersih ke arah memanjang, diukur dari muka ke muka tumpuan (mm)
 *Untuk f_y antara nilai yang diberikan dalam tabel, tabel minimum harus ditentukan dengan interpolasi linier.
 *Drop panel sesuai 8.2.4
 *Pelat dengan balok diantara kolom sepanjang tepi eksterior. Panel eksterior harus dianggap tanpa balok pinggir jika α_f kurang dari 0,8. Nilai α_f untuk balok tepi harus dihitung sesuai 8.10.2.7

2.4.2 Pelat Dengan Balok Interior

ketebalan pelat keseluruhan h harus memenuhi batasan pada Tabel 2.2, kecuali batas lendutan yang dihitung dengan SNI 2847 (2019) persamaan 8.3.2.

Tabel 2.2: Ketebalan minimum pelat dua arah nonprategang dengan balok di antara tumpuan pada semua sisinya SNI 2847 (2019).

α_{fm}	h minimum, mm	
$\alpha_{fm} \leq 2,0$	Tabel 2.1 berlaku (a)	
$0,2 \leq \alpha_{fm} \leq 2,0$	terbesar dari	(b)
		(c)
$\alpha_{fm} > 2,0$	terbesar dari	(d)
		(e)

Untuk panel dengan tepi yang tidak menerus, peraturan SNI 2847 (2019) persamaan 8.3.1.2 mensyaratkan bahwa balok tepi harus digunakan, dengan rasio kekakuan minimum $\alpha_f \geq 0.80$, atau tebal pelat minimum harus memenuhi (b) atau (d) pada Tabel 2.2 dan harus diperbesar paling sedikit 10 % pada panel tepi yang tidak menerus.

2.5 Metode Untuk Menganalisis Pelat Dua Arah

2.5.1 Yield Line Theory (Teori Garis Leleh)

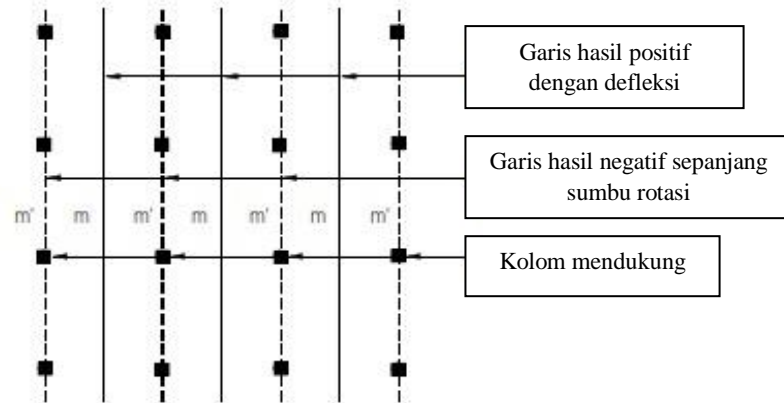
Yeild line theory adalah teori garis leleh yang menghasilkan solusi batas atas pada masalah pelat. Menurut (Kader, dkk 2016). Satu keuntungan utama dari teori garis leleh ini adalah solusinya dapat diperoleh untuk berbagai bentuk pelat, sementara kebanyakan teori lainnya hanya dapat digunakan untuk segiempat disertai perhitungan kasar mengenai efek tumpuan. Dengan teori ini momen kapasitas dapat dengan mudah diperoleh untuk bentuk segitiga, segiempat, lingkaran, maupun bentuk-bentuk lainnya apabila mekanisme kegagalannya dapat diketahui atau diprediksi.

2.5.1.1 Pelat Datar (Pada Kolom Berbentuk Persegi Panjang)

Menurut (Kennedy dan Goodchild, 2004). Pelat datar sangat mudah untuk dianalisis dan dirancang menggunakan *yield line theory*. Pelat datar pada kolom berbentuk persegi panjang pada dasarnya lempengan kontinu satu arah dan dua arah karenanya dianalisis dan dirancang secara terpisah di kedua arah. Mode kegagalan yang paling mungkin adalah mekanisme pelat terlipat di mana pelat berjalan di salah satu arah.

2.5.1.2 Mode Kegagalan

Mode runtuh yang terkait dengan pelat datar pada kolom berbentuk persegi panjang ditampilkan dalam Gambar 2.2.



Gambar 2.2: Pelat datar mode keruntuhan pelat terlipat (Kennedy dan Goodchild, 2004).

Pada Gambar 2.2 pola garis terdiri dari momen positif dan negatif paralel garis dengan garis hasil negatif yang terbentuk disepanjang sumbu rotasi yang melewati garis kolom, ini membentuk jenis pelat mode runtuh dengan eflaksi maksimum yang diambil sebagai kesatuan yang terjadi di sepanjang garis hasil positif. Pola yang sesuai bisa terjadi disudut kanan.

Rumus untuk pelat persegi panjang:

$$m = \frac{n \times a \times b}{4 + 1,5 \frac{a}{b}} \quad (2.1)$$

$$m = \frac{n \times a \times b}{6 \left(\frac{a}{b} + \frac{b}{a} \right)} \quad (2.2)$$

2.6 Metode Desain Langsung (*Direct Design Method*)

Metode langsung merupakan metode pendekatan untuk mengevaluasi dan mendistribusikan momen total pada panel slab dua arah. Dengan metode ini diupayakan slab dapat dihitung sebagai bagian dari balok pada suatu portal. (Burhanuddin ddk, 2019).

Agar dapat menerapkan koefisien momen yang ditentukan dengan metode desain langsung, peraturan SNI 2847 (2019) persamaan 8.10.2 menyatakan bahwa batasan-batasan berikut ini harus dipenuhi:

1. Sedikitnya harus terdapat tiga bentang menerus dalam masing-masing arah.

2. Panjang bentang berurutan yang diukur dari pusat ke pusat tumpuan dalam masing-masing arah harus tidak boleh berbeda lebih dari sepertiga bentang terpanjang.
3. Panel harus berbentuk persegi, dengan rasio dimensi terpanjang terhadap dimensi terpendek yang diukur dari pusat ke pusat tumpuan, tidak melebihi 2.
4. Posisi kolom boleh menyimpang tidak lebih dari 10 % dari bentang dari arah pergeseran masing-masing sumbu diantara titik pusat kolom yang berurutan.
5. Semua beban yang diperhitungkan hanya akibat beban gravitasi dan terdistribusi merata di seluruh panel.
6. Beban hidup tak terfaktor tidak boleh melebihi dua kali beban mati tak terfaktor.
7. Jika panel tersebut terdukung oleh balok-balok pada semua sisinya, kekakuan relatif balok-balok tersebut dalam dua arah tegak lurus harus tidak kurang dari 0,2 dan juga tidak lebih besar dari 5,0.

2.6.1 Penentuan Momen Statis Total Berfaktor M_o

Menurut (Nawy, 1998). Penentuan momen yang akan didistribusikan merupakan hal yang paling utama. Panel interior yang mempunyai dimensi garis pusatnya l_1 dalam arah momen yang ditinjau dan l_2 dalam arah tegak lurus l_1 . Bentang bersih l_n adalah jarak dari muka kolom ke muka kolom lainnya, kepala kolom, atau dinding. Bentang bersih tidak boleh kurang dari $0,65l_1$. Momen statis total untuk balok ditumpu sederhana adalah $M_o = wl^2/8$. Pada panel slab dua arah (yaitu elemen struktur dua dimensi), dengan mengidealisasikan struktur menjadi portal ekuivalen, memungkinkan untuk menghitung M_o secara langsung dalam arah x dan y.

$$M_o = \frac{w_u \cdot l_2 \cdot l_{n1}}{2} \cdot \frac{l_{n1}}{2} - \frac{w_u \cdot l_2 \cdot l_{n1}}{2} \cdot \frac{l_{n1}}{4} = \frac{w_u \cdot l_2 \cdot (l_{n1}^2)}{8} \quad (2.3)$$

2.6.2 Distribusi Momen Rencanan

2.6.2.1 Distribusi Momen Statis Total Terfaktor

Pada metode desain langsung, momen total pada bentang interior yang didapat pada setiap portal ekuivalen akan didistribusikan sebesar 65% pada momen berfaktor negatif dan 35% pada momen berfaktor positif. Sedangkan pada bentang eksterior pendistribusian momen total dapat menggunakan koefisien-koefisien yang diberikan pada Tabel 2.3.

Tabel 2.3: Koefisien distribusi untuk bentang ujung SNI 2847 (2019).

	Tepi Eksterior Tak terkekang	Pelat dengan balok antara semua tumpuan	Pelat tanpa balok antara tumpuan interior		Tepi eksterior terkekang penuh
			Tanpa Balok Tepi	Dengan Balok Tepi	
Negatif interior	0,75	0,70	0,70	0,70	0,65
<i>Positif</i>	0,63	0,57	0,52	0,50	0,35
Negatif eksterior	0	0,16	0,26	0,30	0,65

2.6.3 Distribusi Momen Rencana Pada Strip Kolom dan Strip Tengah

2.6.3.1 Momen Rencana Negatif Interior

Untuk momen negatif interior, strip kolom haruslah diproporsikan untuk menahan porsi-porsi berikut dalam persen momen-momen berfaktor negatif *interior*, dengan interpolasi linier dibuat untuk harga-harga antaranya.

Tabel 2.4: Bagian momen negatif interior di lajur kolom SNI 2847 (2019).

$\alpha_1(\ell_2/\ell_1)$	ℓ_2/ℓ_1		
	0,5	1,0	2,0
0	0,75	0,75	0,75
$\geq 1,0$	0,90	0,75	0,45

2.6.3.2 Momen Negatif Panel Eksterior

Persentase momen negatif bentang eksterior yang ditahan oleh jalur kolom pada portal ekuivalen dapat ditentukan dengan menggunakan Tabel 2.5 dimana diperlukan interpolasi untuk nilai-nilai diantaranya.

Tabel 2.5: Bagian momen negatif eksterior di lajur kolom SNI 2847 (2019).

$\alpha_{f1}(l_2/l_1)$	β_t	l_2/l_1		
		0,5	1,0	2,0
0	0	1,0	1,0	1,0
	$\geq 2,5$	0,75	0,75	0,75
$\geq 1,0$	0	1,0	1,0	1,0
	$\geq 2,5$	0,90	0,75	0,45

Dimana β_t = Interpolasi linier harus dilakukan antara nilai-nilai yang ditunjukkan, dihitung dengan Pers. 2.4, dan C dihitung dengan Pers. 2.5.

$$\beta_t = \frac{E_{cb} C}{2E_{cs} I_s}, \quad (2.4)$$

$$C = \Sigma(1 - 0,63x/y) \frac{x^3 y}{3} \quad (2.5)$$

2.6.3.3 Momen Positif Jalur Kolom

Untuk momen positif, strip kolom haruslah diproporsikan untuk menahan porsi-porsi berikut dalam persen momen-momen berfaktor positif, dengan interpolasi linier yang dibuat untuk harga-harga antaranya.

Tabel 2.6: Bagian momen positif di lajur kolom SNI 2847 (2019).

$\alpha_{f1}(l_2/l_1)$	l_2/l_1		
	0,5	1,0	2,0
0	0,60	0,60	0,60
$\geq 1,0$	0,90	0,75	0,45

2.6.3.4 Momen Berfaktor Pada Strip Tengah

Porsi momen berfaktor negatif dan positif yang tidak dipikul oleh strip kolom harus secara proporsional diberikan pada strip tengah yang terkait. Karenanya setiap strip tengah harus diproporsikan untuk menahan jumlah momen yang diberikan pada kedua setengah strip tengah pada portal ekuivalen.

2.6.4 Transfer Momen Geser Kekolom

2.6.4.1 Kolom Eksterior

Ketika desain dilaksanakan menggunakan metode desain langsung, peraturan SNI 2847 (2019) persamaan 8.10.7.3 menjelaskan bahwa momen yang ditransfer oleh plat kepada kolom eksterior adalah sebesar $0,3M_o$. Momen inilah yang akan digunakan untuk menghitung besaran tegangan geser yang berkaitan terhadap transfer geser momen pada kolom eksterior.

2.6.4.2 Kolom Interior

Menurut peraturan SNI 2847 (2019) pada kolom interior, elemen penumpu diatas dan dibawah pelat harus menahan momen terfaktor yang diterapkan oleh persamaan 8.10.7.2 dengan proporsi langsung terhadap kekakuannya kecuali jika analisis umum dilakukan.

$$M_{sc} = 0,07[(q_{Du} + 0,5q_{Lu})l_2l_n^2 - q'_{Du}l'_2l'_n{}^2] \quad (2.6)$$

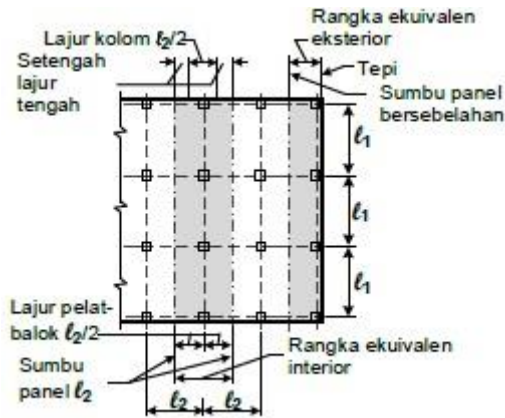
2.7 Metode Portal Ekuivalen (*Equivalent Frame Method*)

Metode portal ekuivalen adalah suatu bentuk metode yang jauh lebih detail dari pada metode desain langsung, karena metode portal ekuivalen melibatkan beberapa siklus distribusi momen normal, sedangkan metode desain langsung hanya melibatkan beberapa siklus saja. (Ramadhan dkk, 2015).

Rangka ekivalen terdiri dari tiga bagian:

1. Lajur pelat horizontal, termasuk setiap balok yang membentang ke arah rangka.

2. Kolom atau tumpuan vertikal lain, yang memanjang di atas dan dibawah pelat.
3. Unsur-unsur struktur yang menghasilkan transfer momen antara struktur horizontal dan vertikal.



Gambar 2.3: Definisi rangka ekuivalen SNI 2847 (2019).

2.7.1 Perhitungan Kekakuan (k), *Carryover* (COF), dan *Fixed End Moment* (FEM)

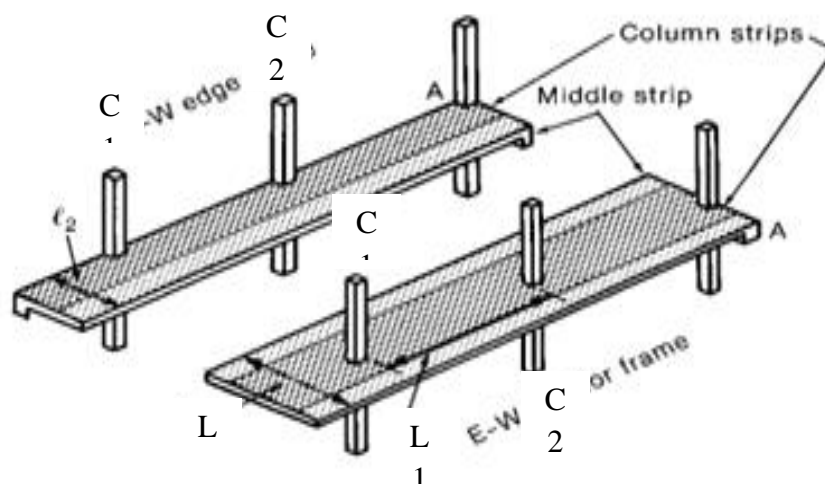
Menurut (Wight dan James, 2012). Pada metode distribusi momen, merupakan suatu hal yang sangat penting untuk menghitung besaran kekakuan lentur (k), *Carryover* (COF), *Distribution Factor* (DF), dan *Fixed End Moment* (FEM) untuk setiap bagian pada suatu struktur.

$$K = \frac{k.E.I}{L} \tag{2.7}$$

Pada umumnya perhitungan distribusi momen seringkali mengasumsikan bahwa nilai dari $k = 4$, $COF = \pm 0,5$, dan $FEM = wl^2/12$, tetapi dalam metode portal ekuivalen nilai-nilai tersebut akan ditentukan berdasarkan geometris dari struktur tersebut dan dicocokkan terhadap Tabel 2.7 dan 2.8, dan setelah itu struktur akan dianalisa untuk menentukan momen-momen ultimate dengan menggunakan metode *Hardy Cross*.

Tabel 2.7: Faktor distribusi momen untuk pelat tanpa *drop panel* (Wight dan James, 2012).

		FEM (uniform load w) = $Mw\ell_2\ell_1^2$		K (stiffness) = $kE\ell_2^3/12\ell_1$		Carryover factor = COF	
		c_2/ℓ_2					
c_1/ℓ_1		0.00	0.05	0.10	0.15	0.20	0.25
0.00	M	0.083	0.083	0.083	0.083	0.083	0.083
	k	4.000	4.000	4.000	4.000	4.000	4.000
	COF	0.500	0.500	0.500	0.500	0.500	0.500
0.05	M	0.083	0.084	0.084	0.084	0.085	0.085
	k	4.000	4.047	4.093	4.138	4.181	4.222
	COF	0.500	0.503	0.507	0.510	0.513	0.516
0.10	M	0.083	0.084	0.085	0.085	0.086	0.087
	k	4.000	4.091	4.182	4.272	4.362	4.449
	COF	0.500	0.506	0.513	0.519	0.524	0.530
0.15	M	0.083	0.084	0.085	0.086	0.087	0.088
	k	4.000	4.132	4.267	4.403	4.541	4.680
	COF	0.500	0.509	0.517	0.526	0.534	0.543
0.20	M	0.083	0.085	0.086	0.087	0.088	0.089
	k	4.000	4.170	4.346	4.529	4.717	4.910
	COF	0.500	0.511	0.522	0.532	0.543	0.554
0.25	M	0.083	0.085	0.086	0.087	0.089	0.090
	k	4.000	4.204	4.420	4.648	4.887	5.138
	COF	0.500	0.512	0.525	0.538	0.550	0.563
$x = (1 - c_2/\ell_2^3)$		1.000	0.856	0.729	0.613	0.512	0.421



Gambar 2.4: Portal ekuivalen pada *flat plate* pembagian C1,C2, L1,L2 (Wight dan James, 2012).

Tabel 2.8: Kekakuan dan COF pada kolom (Wight dan James, 2012).

$$K_c = k \frac{EI_c}{\ell_c}$$

		ℓ_c/ℓ_u									
		1.05	1.10	1.15	1.20	1.25	1.30	1.35	1.40	1.45	
0.00	k_{AB}	4.20	4.40	4.60	4.80	5.00	5.20	5.40	5.60	5.80	
	C_{AB}	0.57	0.65	0.73	0.80	0.87	0.95	1.03	1.10	1.17	
0.2	k_{AB}	4.31	4.62	4.95	5.30	5.65	6.02	6.40	6.79	7.20	
	C_{AB}	0.56	0.62	0.68	0.74	0.80	0.85	0.91	0.96	1.01	
0.4	k_{AB}	4.38	4.79	5.22	5.67	6.15	6.65	7.18	7.74	8.32	
	C_{AB}	0.55	0.60	0.65	0.70	0.74	0.79	0.83	0.87	0.91	
0.6	k_{AB}	4.44	4.91	5.42	5.96	6.54	7.15	7.81	8.50	9.23	
	C_{AB}	0.55	0.59	0.63	0.67	0.70	0.74	0.77	0.80	0.83	
0.8	k_{AB}	4.49	5.01	5.58	6.19	6.85	7.56	8.31	9.12	9.98	
	C_{AB}	0.54	0.58	0.61	0.64	0.67	0.70	0.72	0.75	0.77	
1.0	k_{AB}	4.52	5.09	5.71	6.38	7.11	7.89	8.73	9.63	10.60	
	C_{AB}	0.54	0.57	0.60	0.62	0.65	0.67	0.69	0.71	0.73	
1.2	k_{AB}	4.55	5.16	5.82	6.54	7.32	8.17	9.08	10.07	11.12	
	C_{AB}	0.53	0.56	0.59	0.61	0.63	0.65	0.66	0.68	0.69	
1.4	k_{AB}	4.58	5.21	5.91	6.68	7.51	8.41	9.38	10.43	11.57	
	C_{AB}	0.53	0.55	0.58	0.60	0.61	0.63	0.64	0.65	0.66	
1.6	k_{AB}	4.60	5.26	5.99	6.79	7.66	8.61	9.64	10.75	11.95	
	C_{AB}	0.53	0.55	0.57	0.59	0.60	0.61	0.62	0.63	0.64	
1.8	k_{AB}	4.62	5.30	6.06	6.89	7.80	8.79	9.87	11.03	12.29	
	C_{AB}	0.52	0.55	0.56	0.58	0.59	0.60	0.61	0.61	0.62	
2.0	k_{AB}	4.63	5.34	6.12	6.98	7.92	8.94	10.06	11.27	12.59	
	C_{AB}	0.52	0.54	0.56	0.57	0.58	0.59	0.59	0.60	0.60	
2.2	k_{AB}	4.65	5.37	6.17	7.05	8.02	9.08	10.24	11.49	12.85	
	C_{AB}	0.52	0.54	0.55	0.56	0.57	0.58	0.58	0.59	0.59	
2.4	k_{AB}	4.66	5.40	6.22	7.12	8.11	9.20	10.39	11.68	13.08	
	C_{AB}	0.52	0.53	0.55	0.56	0.56	0.57	0.57	0.58	0.58	
2.6	k_{AB}	4.67	5.42	6.26	7.18	8.20	9.31	10.53	11.86	13.29	
	C_{AB}	0.52	0.53	0.54	0.55	0.56	0.56	0.56	0.57	0.57	
2.8	k_{AB}	4.68	5.44	6.29	7.23	8.27	9.41	10.66	12.01	13.48	
	C_{AB}	0.52	0.53	0.54	0.55	0.55	0.55	0.56	0.56	0.56	
3.0	k_{AB}	4.69	5.46	6.33	7.28	8.34	9.50	10.77	12.15	13.65	
	C_{AB}	0.52	0.53	0.54	0.54	0.55	0.55	0.55	0.55	0.55	
3.5	k_{AB}	4.71	5.50	6.40	7.39	8.48	9.69	11.01	12.46	14.02	
	C_{AB}	0.51	0.52	0.53	0.53	0.54	0.54	0.54	0.53	0.53	
4.0	k_{AB}	4.72	5.54	6.45	7.47	8.60	9.84	11.21	12.70	14.32	
	C_{AB}	0.51	0.52	0.52	0.53	0.53	0.52	0.52	0.52	0.52	
4.5	k_{AB}	4.73	5.56	6.50	7.54	8.69	9.97	11.37	12.89	14.57	
	C_{AB}	0.51	0.52	0.52	0.52	0.52	0.52	0.51	0.51	0.51	
5.0	k_{AB}	4.75	5.59	6.54	7.60	8.78	10.07	11.50	13.07	14.77	
	C_{AB}	0.51	0.51	0.52	0.52	0.51	0.51	0.51	0.50	0.49	
6.0	k_{AB}	4.76	5.63	6.60	7.69	8.90	10.24	11.72	13.33	15.10	
	C_{AB}	0.51	0.51	0.51	0.51	0.50	0.50	0.49	0.49	0.48	
7.0	k_{AB}	4.78	5.66	6.65	7.76	9.00	10.37	11.88	13.54	15.34	
	C_{AB}	0.51	0.51	0.51	0.50	0.50	0.49	0.48	0.48	0.47	
8.0	k_{AB}	4.78	5.68	6.69	7.82	9.07	10.47	12.01	13.70	15.54	
	C_{AB}	0.51	0.51	0.50	0.50	0.49	0.49	0.48	0.47	0.46	
9.0	k_{AB}	4.80	5.71	6.74	7.89	9.18	10.61	12.19	13.93	15.83	
	C_{AB}	0.50	0.50	0.50	0.49	0.48	0.48	0.47	0.46	0.45	

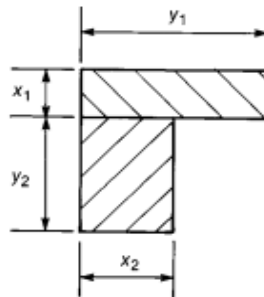
2.7.2 Propertis Penampang Kolom

Menurut (Wight & James, 2012). Nilai K_c ditentukan berdasarkan Tabel 2.8. Kekakuan kolom (K_c) disini meliputi kekakuan kolom atas dan dibawah joint, oleh karena itu $\sum K_c = K_{ct} + K_{cb}$ dimana K_{ct} adalah kekakuan kolom atas dan K_{cb}

adalah kekakuan kolom bawah, dengan cara yang sama, maka kekakuan puntir total diasumsikan sama dengan puntir kedua sisi joint $\sum K_t = K_{t1} + K_{t2}$, sedangkan untuk portal eksterior hanya memiliki satu sisi joint saja. Rumus kekakuan puntir adalah :

$$K_t = \sum \frac{9E_{cs}C}{l_2 \left(1 - \frac{c_2}{l_2}\right)^3} \quad (2.8)$$

$$C = \sum \left[1 - 0,63 \frac{x}{y}\right] \frac{x^3 y}{3} \quad (2.9)$$



Gambar 2.5: Pembagian penampang untuk menghitung C (Wight dan James, 2012).

Kelenturan kolom ekuivalen sama dengan resiprokal (kebalikan) kekakuannya, seperti yang berikut ini:

$$\frac{1}{K_{ec}} = \frac{1}{\sum K_c} + \frac{1}{\sum K_t} \quad (2.10)$$

Setelah nilai K_{ec} diperoleh, factor distribusi (DF) dapat dihitung sebagai berikut:

$$DF = \frac{K}{\sum K} \quad (2.11)$$

2.7.3 Penentuan Momen Statis Total Berfaktor M_o dengan Metode *Hardy Cross*

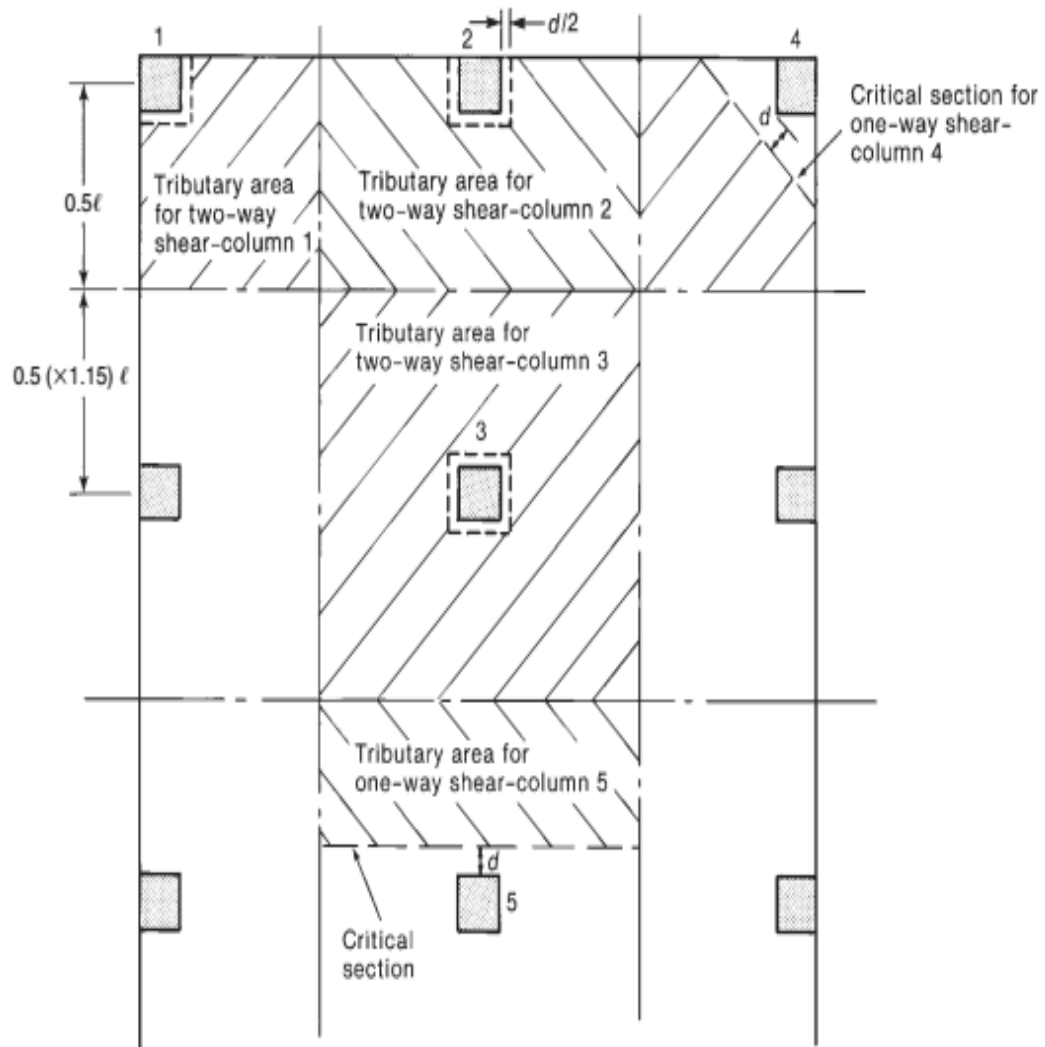
Pada metode portal ekuivalen ini peneliti menggunakan metode *Hardy Cross* untuk menentukan momen-momen (M_o) yang terjadi pada pelat lalu momen-momen yang didapat dari metode *Hardy Cross* ini akan didistribusikan kestrip-strip kolom dan tengah menggunakan koefisien yang ada pada Tabel 2.4 - 2.6 yang ada pada metode desain langsung.

2.8 *Phunching Shear* (Geser Dua Arah)

Menurut (Wight dan James, 2012). Desain untuk geser dua arah tanpa perpindahan momen dilakukan dengan menggunakan kuat geser.

$$\phi V_n \geq V_u \quad (2.12)$$

Dimana V_u adalah gaya geser faktor akibat beban dan V_n tahanan geser nomina. Untuk geser, faktor reduksi kekuatan ϕ 0,75.



Gambar 2.6: Penampang kritis pada geser dua arah (Wight & James, 2012)

SNI (Anonim, 2019) memberikan kekuatan geser tahanan nominal tanpa tulangan geser khusus dari penampang sebagai berikut :

$$V_c = \frac{1}{12} \left[2 + \frac{4}{\beta} \right] \cdot \sqrt{f'_c} \cdot b_o \cdot d \quad (2.13)$$

$$V_c = \frac{1}{12} \left[2 + \frac{4}{\beta} \right] \cdot \sqrt{f'_c} \cdot b_o \cdot d \quad (2.14)$$

$$V_c = \frac{4}{12} \cdot \sqrt{f'_c} \cdot b_o \cdot d \quad (2.15)$$

Nilai diatas harus diambil berdasarkan nilai terendah dari nilai-nilai tersebut.

2.9 Phunching Shear Pada Yield Line Theory

Menurut (Kennedy dan Goodchild, 2004). *Phunching shear* dilakukan pada semua penyangga kolom dengan cara konvensional untuk desain beban geser efektif sesuai dengan (BSI, 1997) pers 3.7.6.

2.9.1 Tegangan Geser Pada Sambungan Kolom Internal Dalam Pelat Datar

Dalam peraturan (BSI, 1997). Setelah perhitungan momen desain ditransmisikan oleh koneksi desain gaya geser efektif pada parameter V_{eff} harus diambil sebagai:

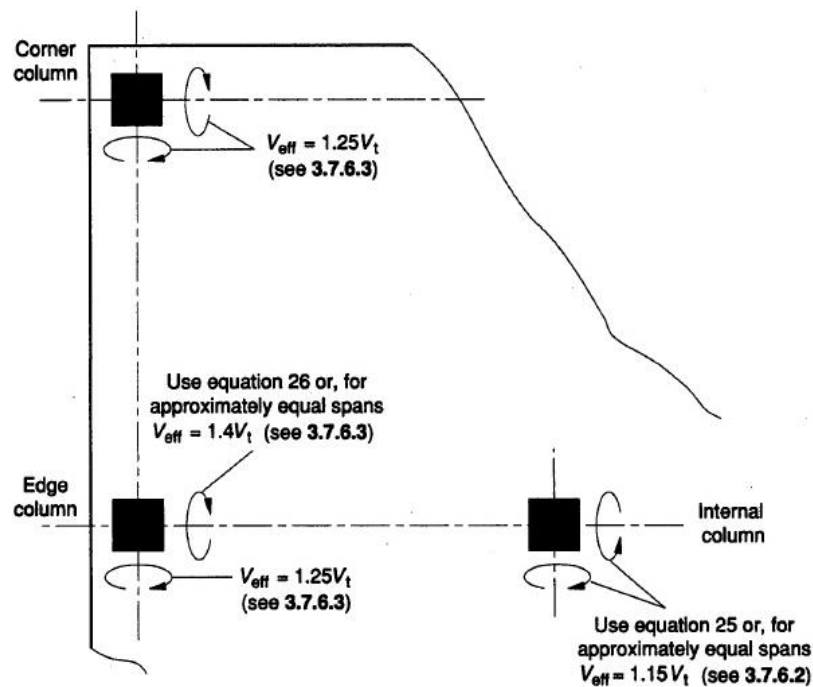
$$V_{eff} = V_t \left(1 + \frac{1,5 M_t}{V_t x} \right) \quad (2.16)$$

2.9.2 Tegangan Geser Pada Sambungan Kolom Pelat Lain

Dikolom sudut dan kolom tepi dimana pembengkokan tentang sumbu sejajar dengan tepi bebas sedang dianggap, geser efektif desain dihitung dari $V_{eff} = 1,25V_t$. Untuk kolom tepi tempat lentur tentang sumbu, tegak lurus ke tepi sedangkan dipertimbangkan, geser efektif desain harus dihitung menggunakan persamaan 2.17 dalam peraturan (BSI, 1997):

$$V_{eff} = V_t \left(1,25 + \frac{1,5 M_t}{V_t x} \right) \quad (2.17)$$

Atau, V_{eff} dapat diambil sebagai $1,4 V_t$ untuk rentang kira-kira sama.



Gambar 2.7: Aplikasi dari 2.9.1 dan 2.9.2 (BSI, 1997).

2.10 Defleksi

2.10.1 Yield Line Theory Dalam Memperhitungkan Defleksi

Menurut (Kennedy dan Goodchild, 2004). Pelat dua arah harus dianggap sebagai tipe struktur yang agak fleksibel dan slab restrainde khususnya, sering kali sangat tipis. Oleh karena itu, dalam banyak kasus di mana kekakuan penting, perlu untuk memiliki pelat yang lebih tebal dari pada yang sebenarnya diperlukan untuk kapasitas bantalan.

Johansen, melihat tidak ada gunanya membuat perhitungan defleksi yang sangat akurat - ia merasa lebih penting untuk memahami urutan besarnya. Salah satu alasan ia mengutip variasi modulus elastisitas beton. Johansen menyatakan bahwa defleksi ,U.

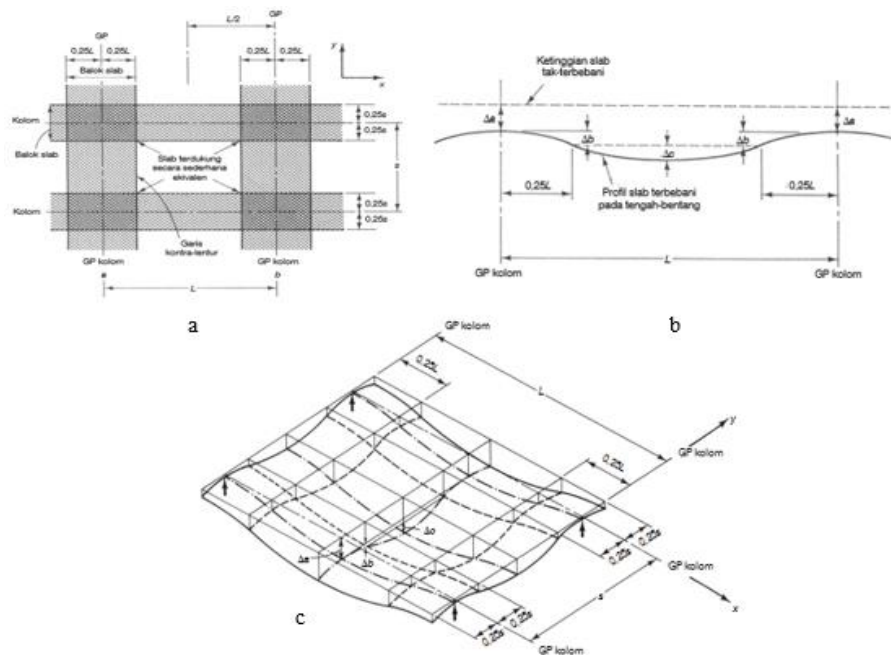
$$u = \frac{m_s l^2 o}{8EI} = \frac{m_s}{8EI} (\sqrt{(L^2 x + L^2 y)} - 2c)^2 \quad (2.18)$$

$$c = \sqrt{\frac{a \times b}{\pi}} \quad (2.19)$$

2.10.2 Metode Langsung Untuk Menghitung Defleksi

Menurut (Nawy, 1998). Berdasarkan statika, beban yang berkerja diperhitungkan untuk dua arah yang saling tegak lurus. Untuk memperhitungkan deformasi torsional balok tumpuan, dipakai kolom ekuivalen yang felsibilitasnya merupakan jumlah dari fleksibilitas kolom aktual dari fleksibilitas torsional balok transversal atau jalur slab. Ingat bahwa kekakuan merupakan kebalikan dari fleksibilitas. Untuk dapat menghitung defleksi dengan pendekatan ekuivalen, besar K_{ec} harus diketahui terlebih dahulu.

$$\frac{1}{K_{ec}} = \frac{1}{\Sigma K_c} + \frac{1}{K_t} \quad (2.20)$$



Gambar 2.8: Metode portal ekuivalen untuk analisis defleksi: (a) Panel pelat ditransfer menjadi portal ekuivalen; (b) bentuk terdefleksi dibidang tengah pelat; (c) bentuk panel terdefleksi (Nawy, 1998).

Defleksi setiap panel dapat dianggap sebagai jumlah dari tiga komponen berikut :

1. Defleksi bentang tengah dasar panel, diasumsikan terjepit pada kedua ujungnya:

$$\delta' = \frac{w\ell^4}{384 E_c I_{rangka}} \quad (2.21)$$

Hubungan antara defleksi ini dengan defleksi jalur kolom δ_c dan jalur tengah δ_s harus memenuhi:

$$\delta_c = \delta' \frac{M_{strip\ kolom}}{M_{rangka}} \frac{E_c I_{CS}}{E_c I_c} \quad (2.22)$$

$$\delta_s = \delta' \frac{M_{strip\ kolom}}{M_{rangka}} \frac{E_c I_{CS}}{E_c I_c} \quad (2.23)$$

dimana I_{CS} adalah momen inersia rangka total, I_c momen inersia strip kolom, dan I_s momen inersia strip tengah.

2. Defleksi pusat, $\delta''_{\theta L} = 1/8\theta L$, akibat rotasi di ujung kiri sementara ujung kanan dianggap terjepit, dimana $\theta_L = M_{neto}/K_{ec}$ kiri dan K_{ec} adalah kekakuan lentur kolom ekuivalen (momen persatuan rotasi).
3. Defleksi pusat, $\delta''_{\theta R} = 1/8\theta L$, akibat rotasi di ujung kanan, sementara ujung kiri dianggap terjepit, dimana $\theta_R = M_{neto}/K_{ec}$ kanan. Karenanya:

$$\delta_{cx} \text{ atau } \delta_{cy} = \delta_c + \delta''_{\theta L} + \delta''_{\theta R} \quad (2.24)$$

$$\delta_{sx} \text{ atau } \delta_{sy} = \delta_s + \delta''_{\theta L} + \delta''_{\theta R} \quad (2.25)$$

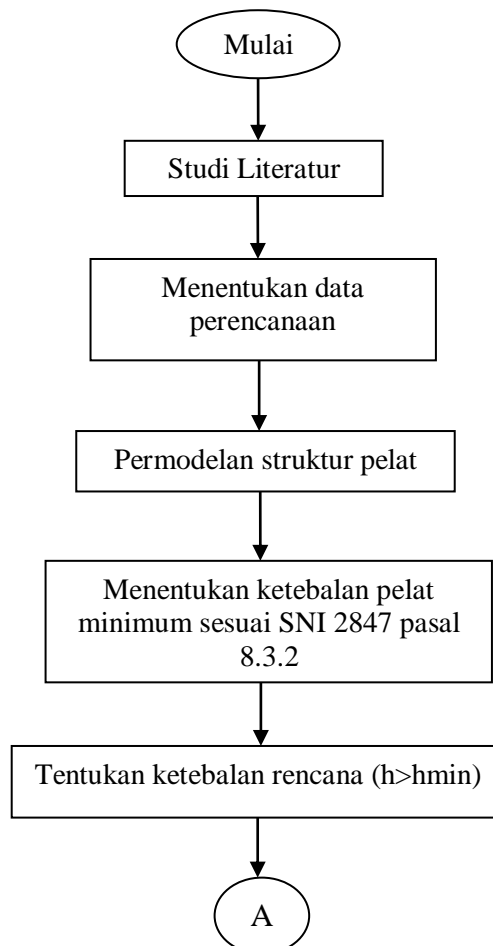
$$\text{Maka : } \Delta = \delta_{sx} + \delta_{cy} = \delta_{sy} + \delta_{cx} \quad (2.26)$$

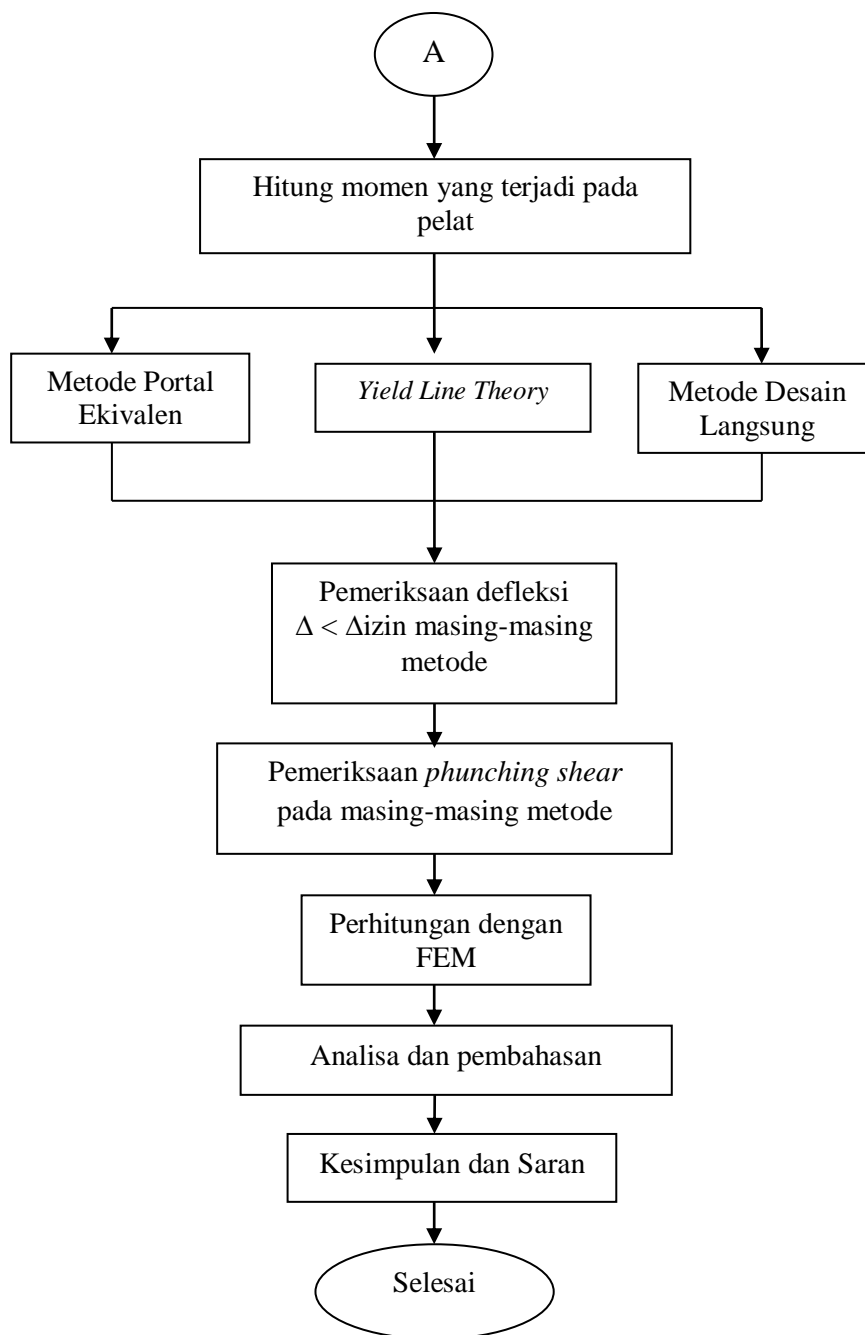
BAB 3

METODE PENELITIAN

3.1 Bagan Alir Penelitian

Adapun langkah-langkah penelitian pelaksanaan yang dilakukan dalam penelitian ini dapat dilihat pada Gambar 3.1.



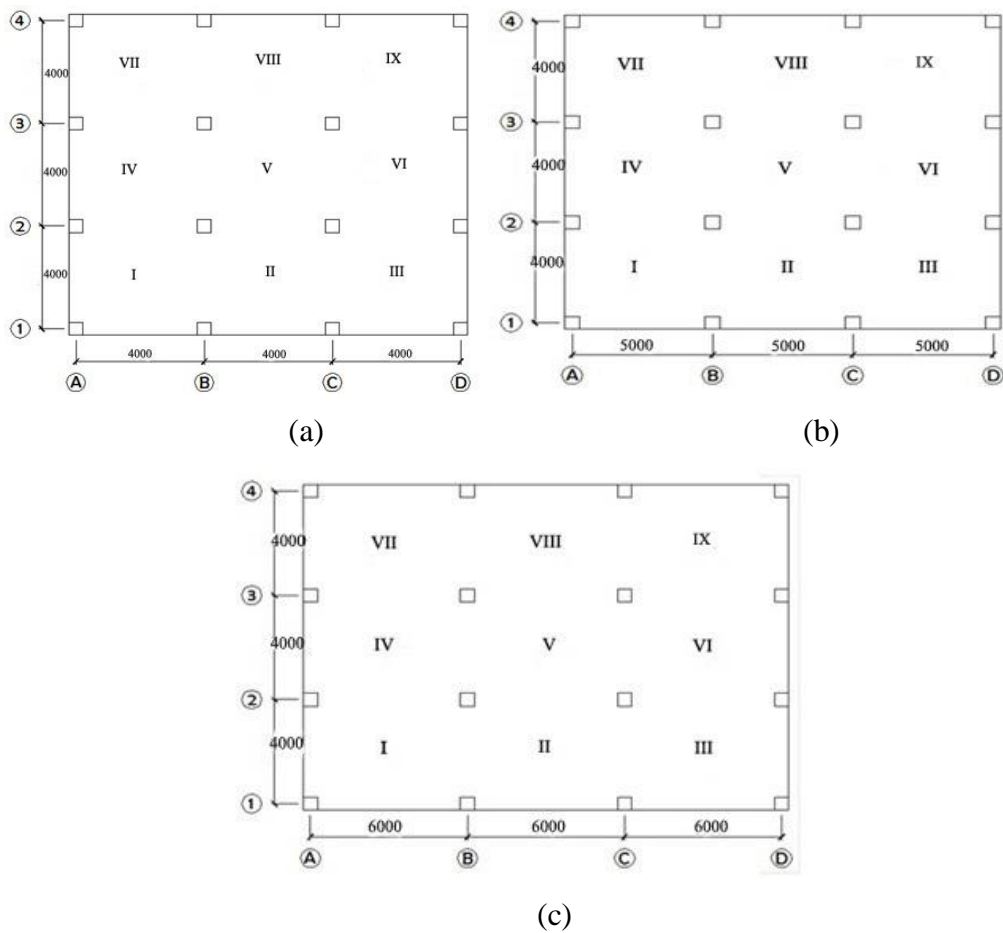


Gambar 3.1: Bagan alir penelitian.

3.2 Data-data Perencanaan

3.2.1 Pemodelan Struktur

Pada penelitian ini pelat yang akan diteliti memiliki 3 tipikal yang berbeda terutama pada panjang dan lebar pelat memiliki perbandingan sisi panjang (l_y) dan sisi pendek (l_x) adalah tipe 1 = 1:1, tipe 2 = 1:1,25, dan tipe 3 = 1:1,5.



Gambar 3.2: Layout permodelan (a) tipe 1, (b) tipe 2, dan (c) tipe 3.

3.2.2 Propertis Material

Struktur yang akan diteliti merupakan struktur pelat bertulang yang memiliki kolom-kolom interior dan exterior, dengan mutu sebagai berikut:

- Mutu Beton (f_c') = 20 Mpa
- Mutu Baja (f_y) = 250 Mpa
- Modulus Elastisitas Beton = 21019,04 Mpa

d. Modulus Elastisitas Baja = 200000 Mpa

3.2.3 Perencanaan Penampang

3.2.3.1 Pelat

Perencanaan penampang pelat pada setiap variasi bentang akan menggunakan peraturan SNI 2847 (2019) pasal 8.3.2 yang menyediakan tebal minimum pelat tanpa balok interior seperti pada Tabel 2.1 pada penelitian ini, dimana akan digunakan In maksimum dari masing-masing tipe untuk menentukan satu tebal pelat maksimum yang akan digunakan oleh semua tipe untuk menentukan satu tebal pelat maksimum yang akan digunakan oleh semua tipe permodelan struktur yang direncanakan.

3.2.3.2 Kolom

Pada penelitian ini dimensi kolom yang digunakan adalah kolom dengan dimensi 600 x 600 mm² dengan tinggi 3,8 m untuk setiap variasi bentang.

3.2.4 Analisis Pembebanan

Pembebanan yang digunakan pada penelitian adalah:

3.2.4.1 Beban Mati

Beban mati yang dianalisa pada penelitian ini adalah pengaruh dari berat sendiri pelat serta akan ditambah dengan pengaruh beban mati tambahan seperti berat langit-langit dan penggantung, serta berat MEP mengacu pada peraturan (PU, 1987).

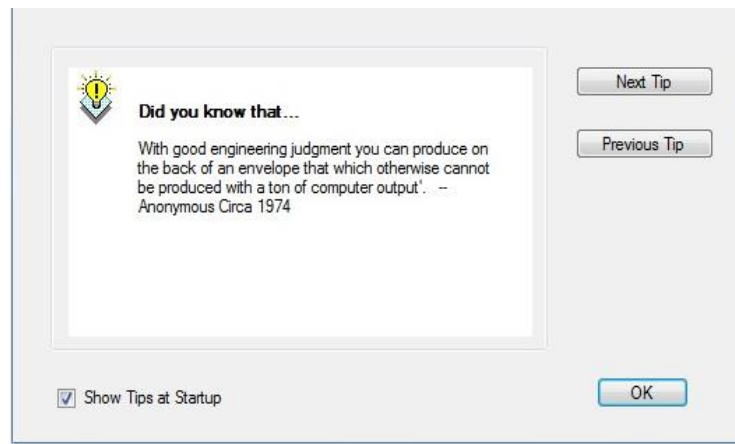
3.2.4.2 Beban Hidup

Beban hidup pada penelitian ini mengacu kepada peraturan SNI 1727 (2018), dimana beban hidup akan ditransfer merata pada setiap pelat dengan besaran yang sama yaitu sebesar 2,5 kN/m² dengan asumsi pelat yang direncanakan bukanlah pelat atap.

3.3 Permodelan Menggunakan FEM (*Finite Element Method*)

Adapun permodelan yang dilakukan pada studi literatur ini dilakukan dengan menggunakan metode FEM (*Finite Element Method*), langkah-langkah menggunakan FEM:

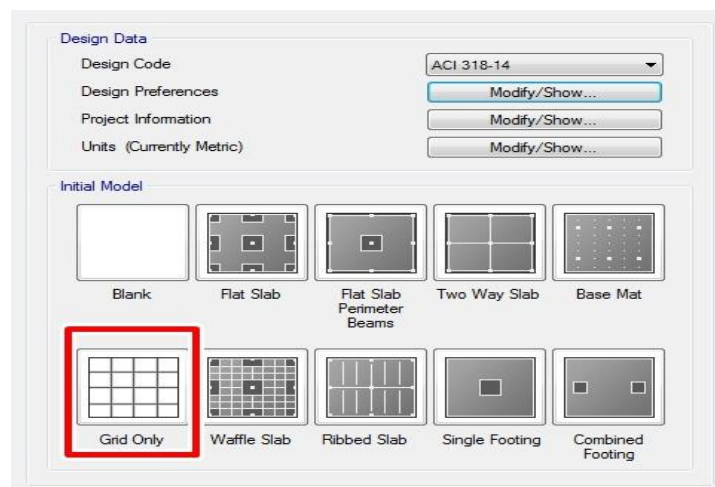
1. Menjalankan program , dengan mengklik *icon*. Lalu akan timbul box *tip of the day* seperti berikut ini:



Gambar 3.3: *Box tip of the day*.

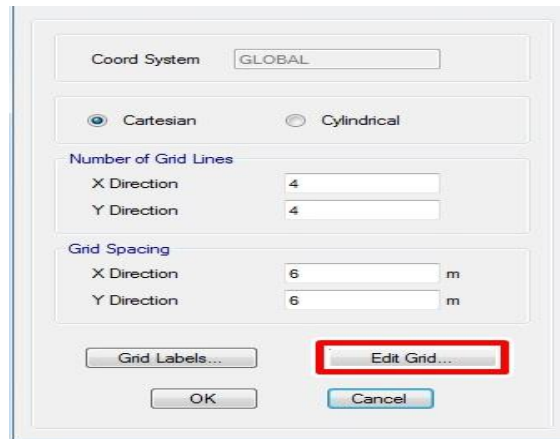
Maka pilih option close untuk menutup box dan untuk membuka lembaran baru.

2. Kemudian pilih *file > new model* maka akan muncul *new model initialization* yang berisikan deskripsi kegiatan, data desain dan *intial model*, pada kolom *intial model* pilih *grid only*.



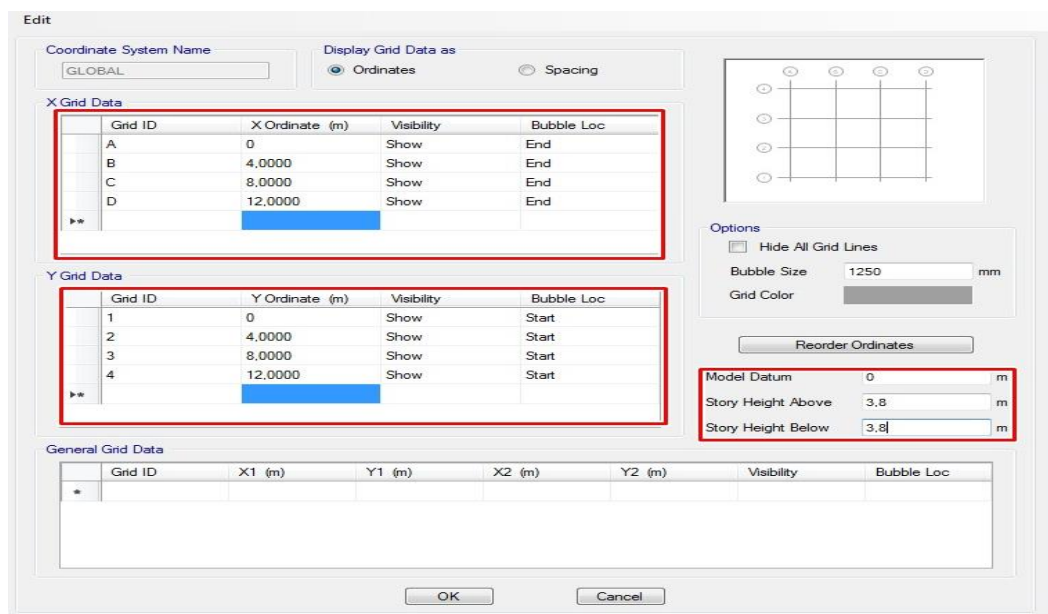
Gambar 3.4: Data desain menggunakan ACI 318-14.

3. Pada menu *grid only* masukkanlah grid struktur yang telah direncanakan dengan mengklik *edit grid*.



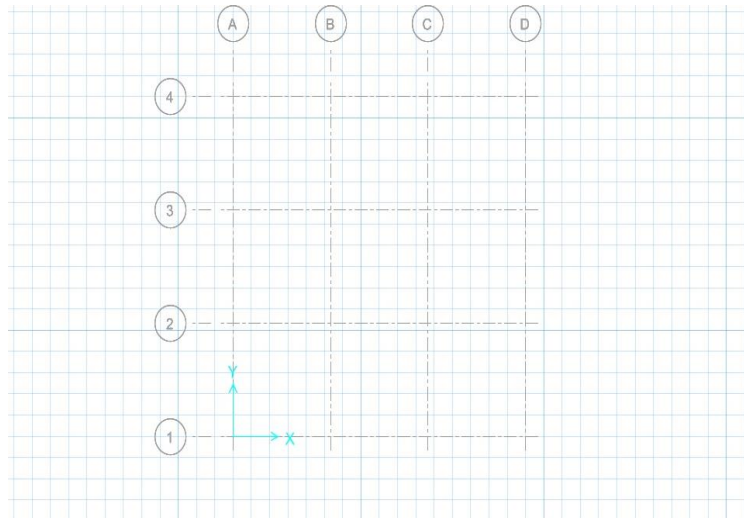
Gambar 3.5: Tampilan *coordinate system*.

Setelah itu maka akan muncul menu *coordinate system*, isikanlah koordinat pelat yang telah direncanakan pada kolom koordinat x dan y, lalu tentukan tinggi kolom atas dan bawah pada *story height above* dan *story height below* pada gambar dibawah ini:



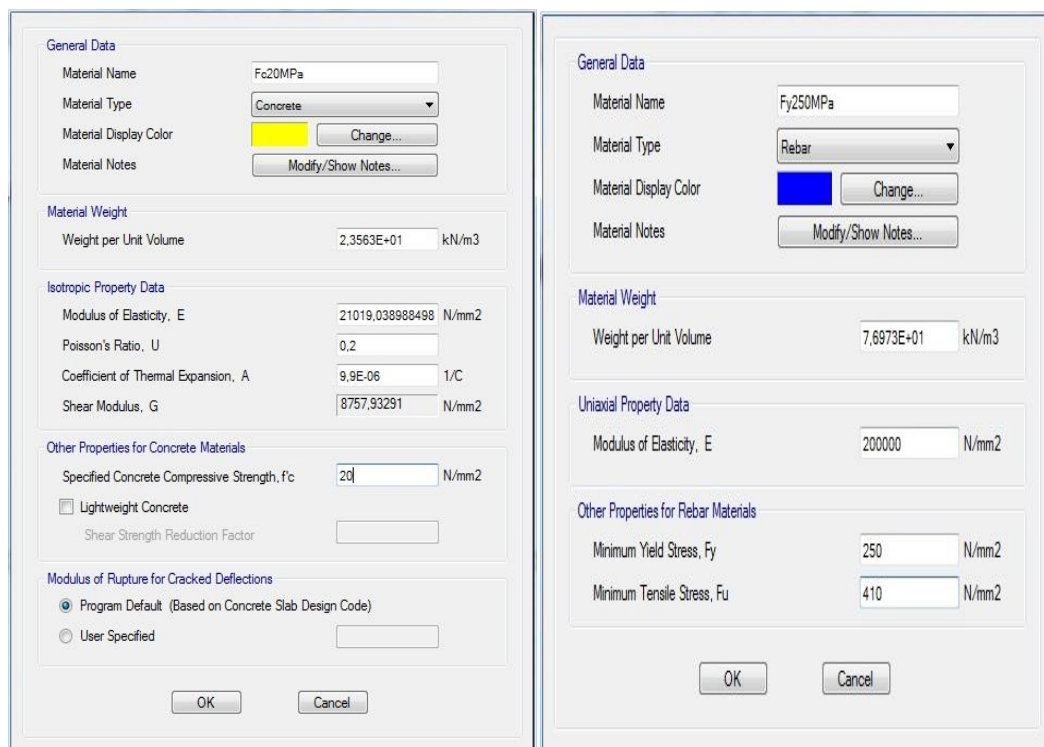
Gambar 3.6: Input koordinat x dan y dan tinggi kolom.

Kemudian, setelah data-data koordinat dimasukkan maka klik OK dan akan muncul tampilan grid untuk pemodelan struktur seperti ini:



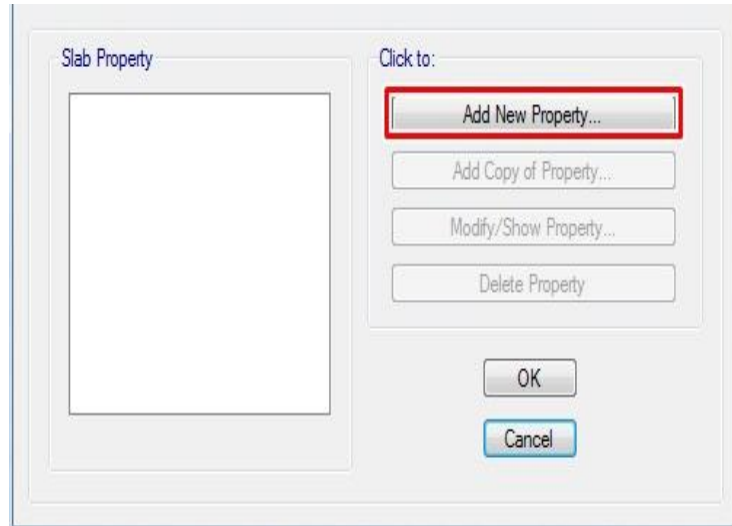
Gambar 3.7: Layout tipe 1.

4. Setelah itu, lakukan pendeskripsian material struktur dengan cara klik *define* > *material* > *add new material* untuk memasukan material baru.



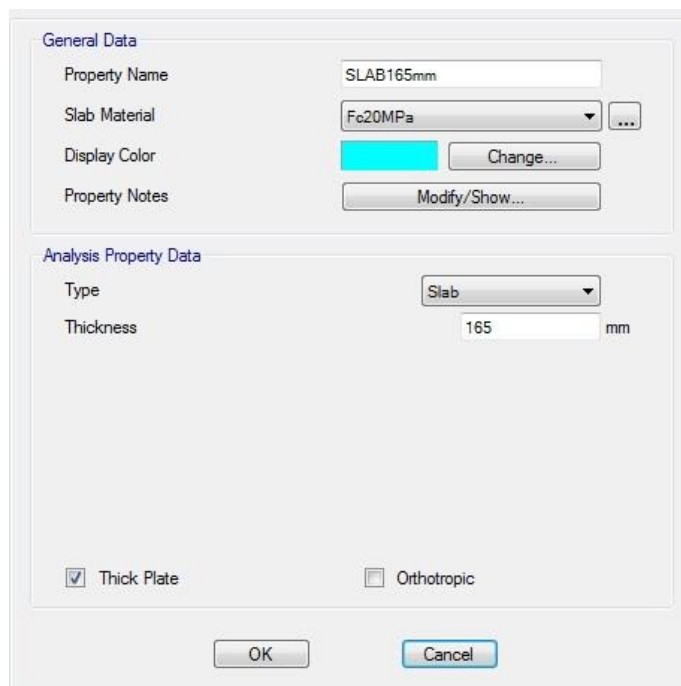
Gambar 3.8: Input material f_c' 20 MPa dan f_y 250 MPa.

5. Lalu setelah mendeskripsikan material struktur maka lakukan penentuan penampang dengan cara *define > slab propertise > add new property*.



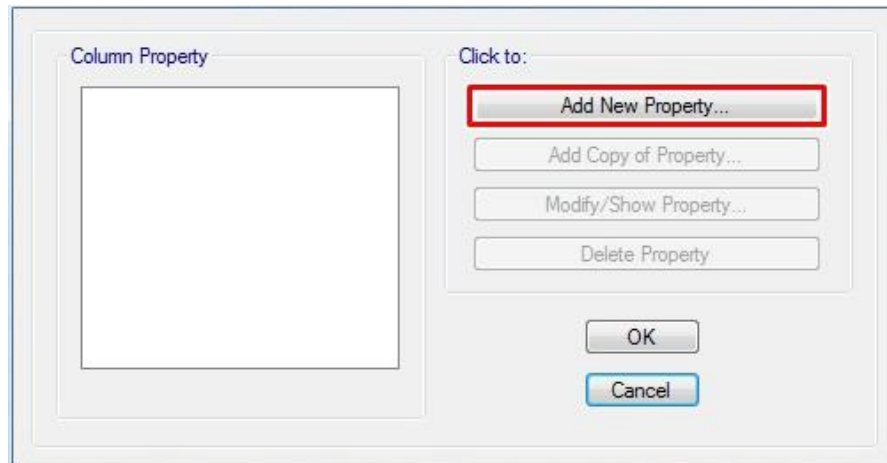
Gambar 3.9: Tampilan *slab propertise*.

Kemudian masukkan property penampang pelat tipe 1 yang telah direncanakan pada tampilan dibawah ini:



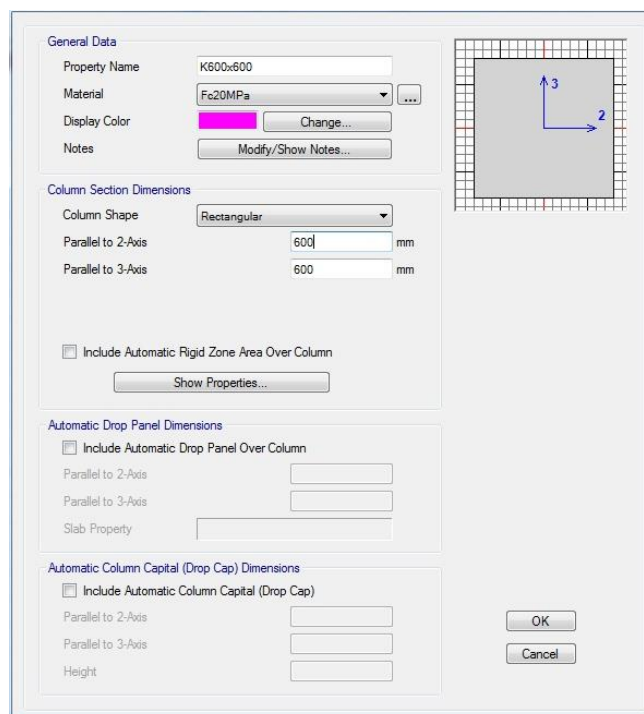
Gambar 3.10: Input data properti slab.

6. Setelah itu lakukan penentuan penampang kolom dengan cara *define > column propertise > add new property* lalu masukkan property penampang kolom yang telah direncanakan seperti dibawah ini:



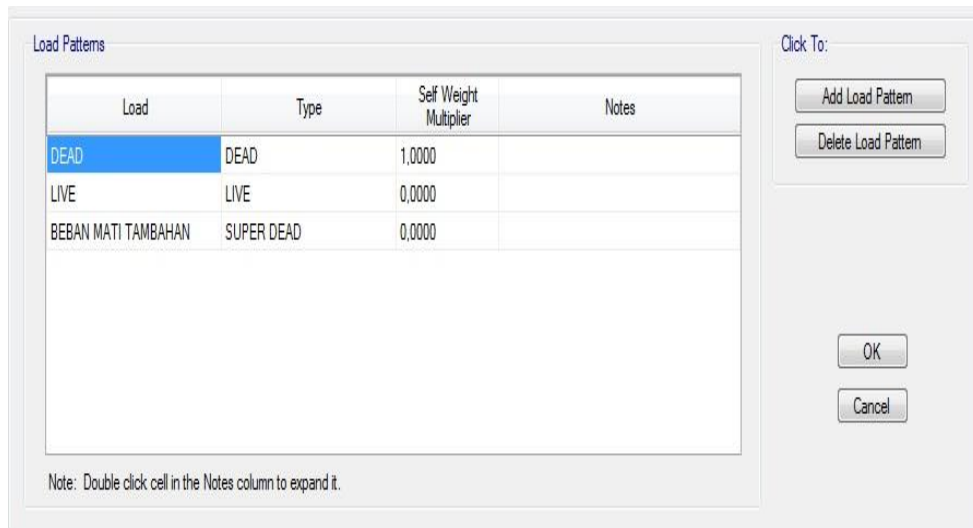
Gambar 3.11: Tampilan *column propertise*.

Kemudian masukkan property penampang kolom yang telah direncanakan pada tampilan dibawah ini:



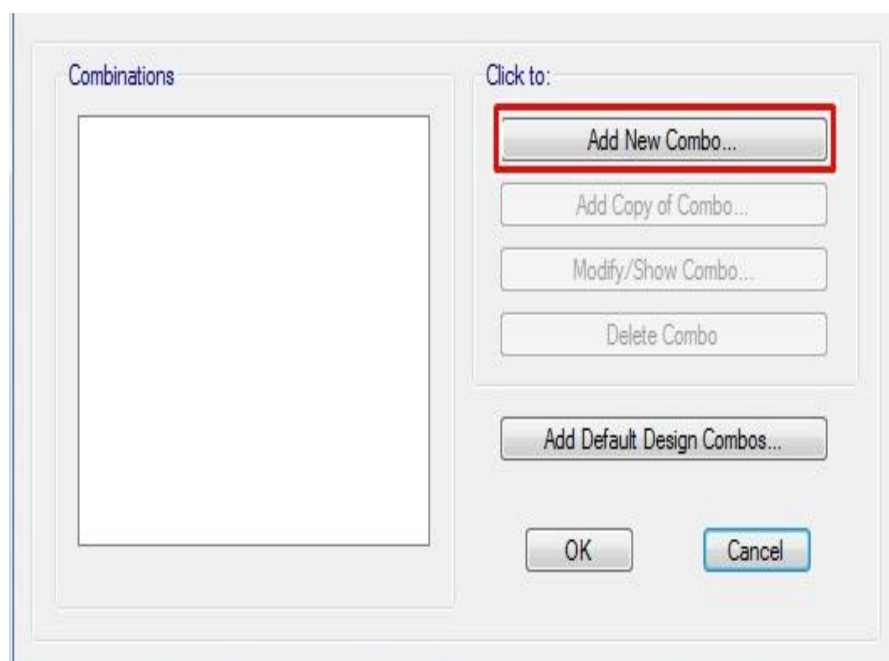
Gambar 3.12: Input data properti kolom K600.

7. Setelah properti penampang dimasukkan, dilanjutkan *load patten* > *add load patten* > masukkan *super dead*.



Gambar 3.13: Tampilan *load patten*.

8. dilanjutkan dengan memasukan kombinasi pembebanan yang akan digunakan yaitu $1,2 D + 1,6 L$ dengan cara *define* > *load combinations* > *add new combo*.



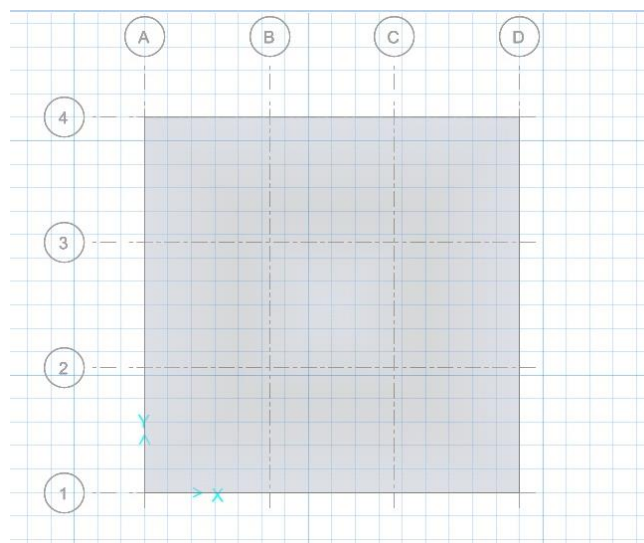
Gambar 3.14: Tampilan *load combinations*.

Kemudian masukkan nilai kombinasi pada kolom *define combination of load case/combo results* pada tampilan dibawah ini:

Load Name	Scale Factor
DEAD	1,2000
LIVE	1,6000

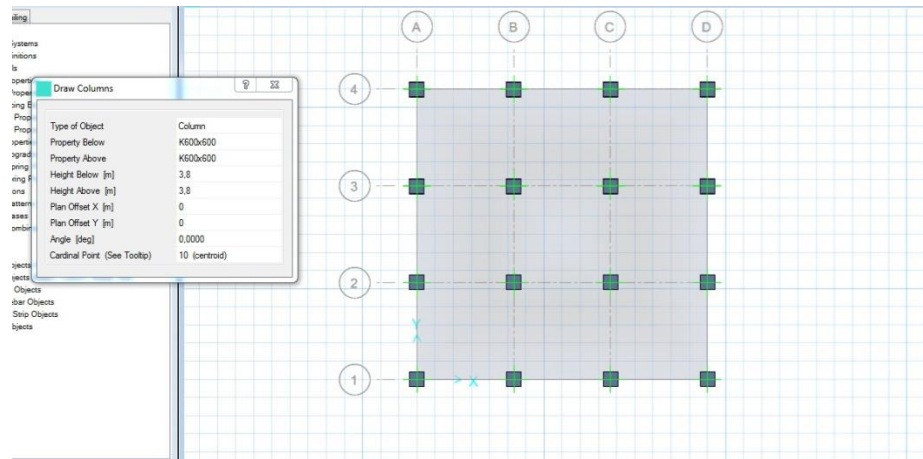
Gambar 3.15: Input kombinasi 1,2 D + 1,6 L.

9. Setelah material, penampang dan beban dilakukan maka penggambaran model struktur pun dapat dilakukan dengan memilih icon atau dapat dengan cara *draw > draw rectangular slab* dan akan muncul box *draw rectangular slab*, seperti pada gambar berikut ini:



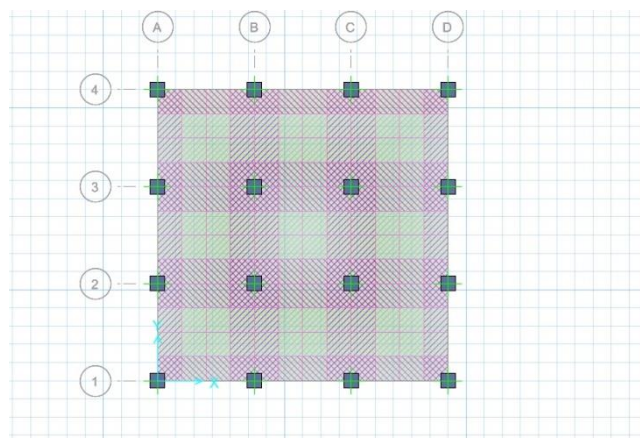
Gambar 3.16: *Layout* yang telah di *draw*.

10. Setelah *layout* pelat, maka tempatkan kolom sesuai as yang telah direncanakan dengan cara memilih *icon* atau dengan cara *draw > draw column* dan akan muncul box *draw column* dan input data propertis kolom pada box tersebut, seperti gambar dibawah ini:



Gambar 3.17: Kolom yang telah di draw.

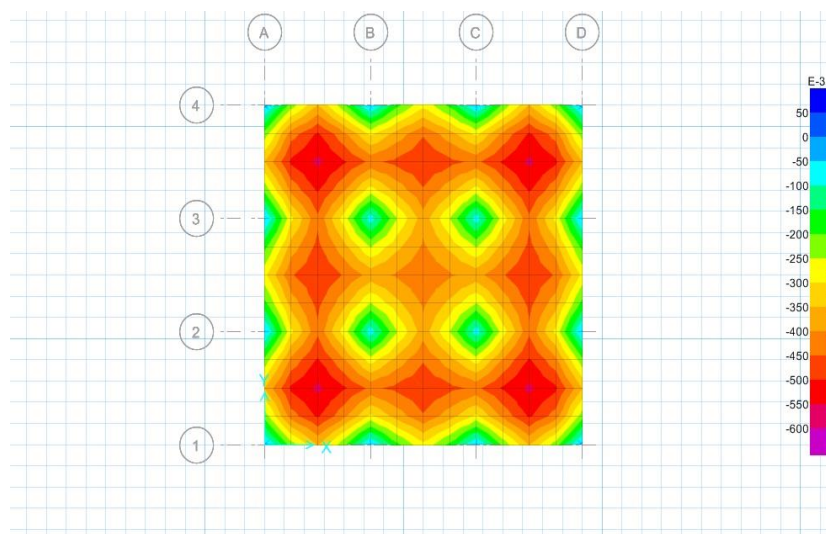
11. Setelah itu, dilanjutkan dengan pendefinisian dan penggambaran *design strip* dengan cara memilih icon atau dengan cara memilih menu *draw > design strip*, lalu akan muncul box *draw design strip*, pada box ini masukkanlah lebar strip kiri dan kanan serta awal strip dan akhir dan tentukan layer dan arah penggambaran strip, seperti dibawah ini:



Gambar 3.18: Desain strip.

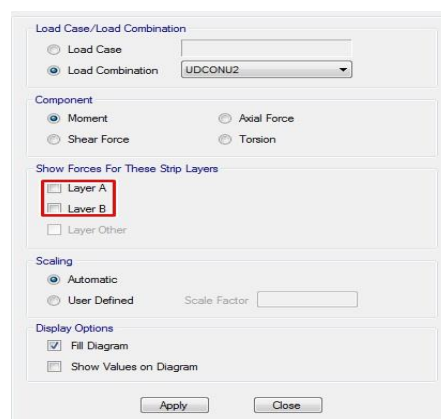
12. Setelah desain Strip arah x dan y, maka dilanjutkan dengan memasukkan beban-beban rencana pada pelat yaitu beban mati tambahan 0,34 kN/m² dan beban hidup 2,5 kN/m², sedangkan untuk berat sendiri sudah dapat dihitung sendiri oleh *software*, dengan cara *block penampang* kemudian, *assign > load data > surface loads*.

13. Setelah semua diinput maka program dapat dirunning dengan cara *run > run analysis and design* dan akan tampil gambar defleksi pelat sebagai berikut:



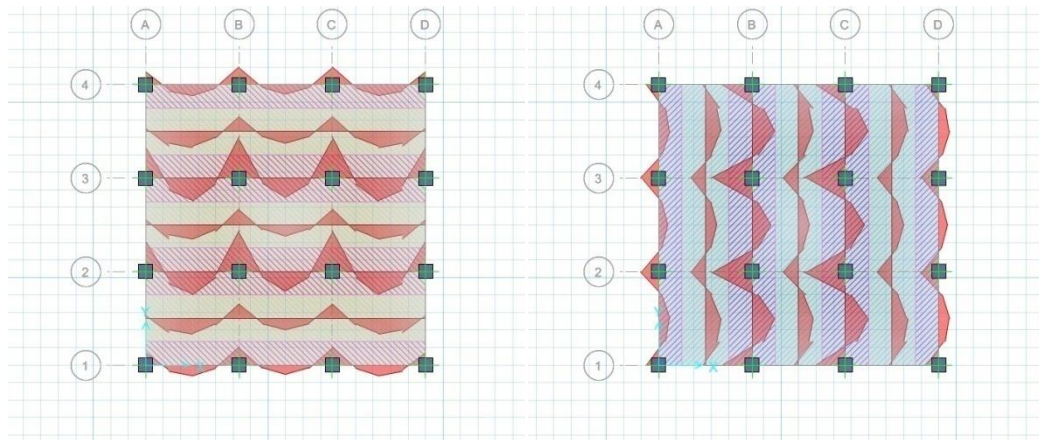
Gambar 3.19: Defleksi yang terjadi pada pelat.

14. Untuk melihat analisa momen yang dapat dilakukan dengan cara *display > show strip force* lalu tentukan arah momen strip yang ingin dilihat:



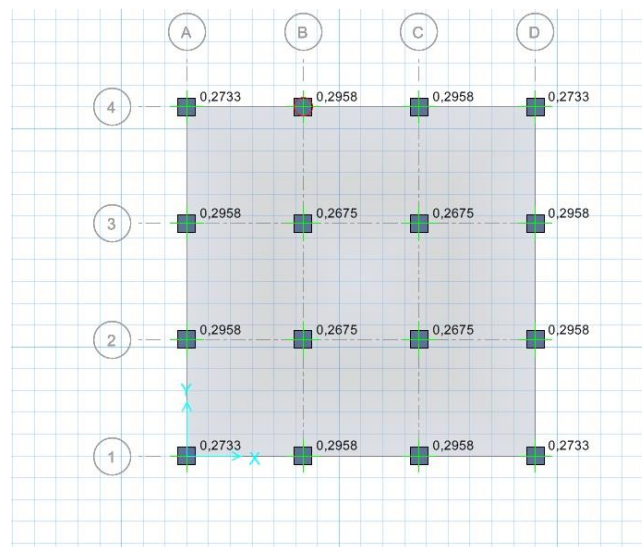
Gambar 3.20: *Show strip force*.

Maka hasil analisa pun dapat dilihat:



Gambar 3.21: Momen yang terjadi pada arah x dan y.

15. Kemudian, untuk mengecek *punching shear*, dapat dilakukan dengan cara `display > show punching shear design`, maka akan muncul seperti gambar dibawah ini:



Gambar 3.22: *Punching shear* yang terjadi pada setiap kolom.

BAB 4

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil dan pembahasan disini meliputi hasil pengolahan data dan analisis hasil *yield line theory*, metode desain langsung, metode portal ekuivalen dan hasil dengan FEM.

4.1 Hasil Analisis Perhitungan Momen Ultimate

Analisis momen dan penulangan pada pelat untuk masing-masing tipe permodelan strukrut pelat yang dilakukan dengan menggunakan tiga metode pendekatan yaitu *yield line theory*, metode desain langsung, metode portal ekuivalendan hasil dengan FEM.

4.1.1 Teori Garis Leleh (*Yield Line Theory*)

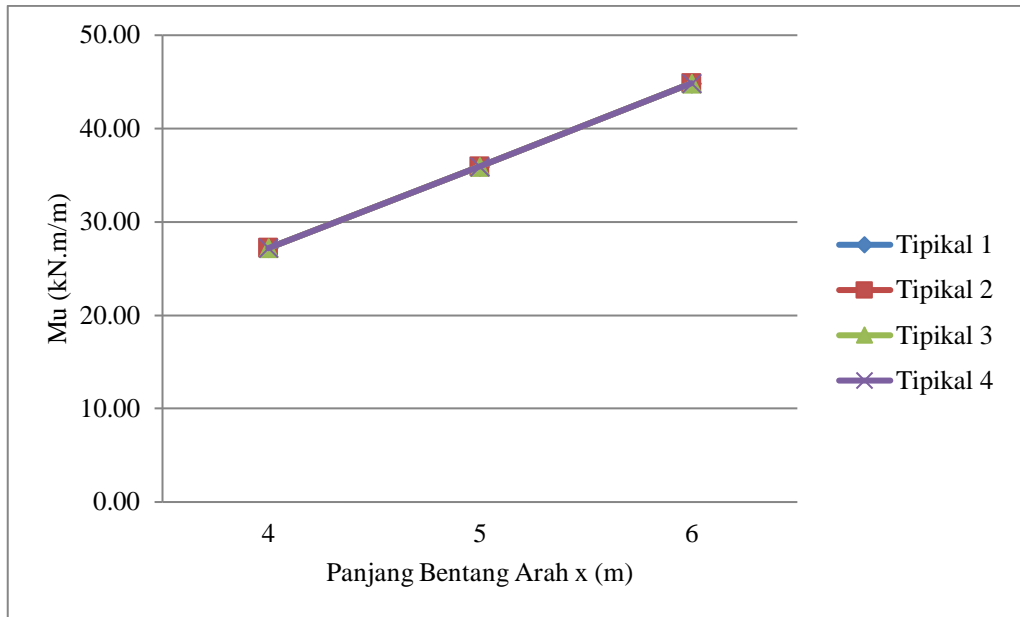
4.1.1.1 Momen Ultimate *Yield Line Theory* Arah x Pada Panel Tipikal Untuk Setiap Kenaikan Panjang Arah x

Tabel 4.1 dan Gambar 4.3 menggambarkan hasil grafik hubungan antara kenaikan momen ultimate seiring bertambahnya bentang arah x untuk masing-masing tipikal seperti berikut ini:

Tabel 4.1: Rekapitulasi momen negatif dan positif *yield line theory* arah x pada perubahan bentang x setiap panel tipikal.

No.	Panjang Bentang x (m)	Momen Panel Tipikal, Mu (kN.m/m)			
		Tipikal 1		Tipikal 2	
		Mu (+)	Mu (-)	Mu (+)	Mu (-)
1	4	27,19	27,19	27,19	27,19
2	5	35,95	35,95	35,95	35,95
3	6	44,86	44,86	44,86	44,86

No.	Panjang Bentang x (m)	Momen Panel Tipikal, Mu (kN.m/m)			
		Tipikal 3		Tipikal 4	
		Mu (+)	Mu (-)	Mu (+)	Mu (-)
1	4	27,19	27,19	27,19	27,19
2	5	35,95	35,95	35,95	35,95
3	6	44,86	44,86	44,86	44,86



Gambar 4.1: Grafik perbandingan momen positif dan negatif arah x pada *yield line theory*.

Dapat dilihat dari Tabel 4.1 dan Gambar 4.1 bahwa momen positif dan negatif memiliki nilai yang sama pada setiap tipikal dan mengalami kenaikan momen seiring bertambah panjang bentang arah x, hal ini menandakan bahwa momen pada arah sejajar terhadap bentang panjangnya akan mengalami peningkatan.

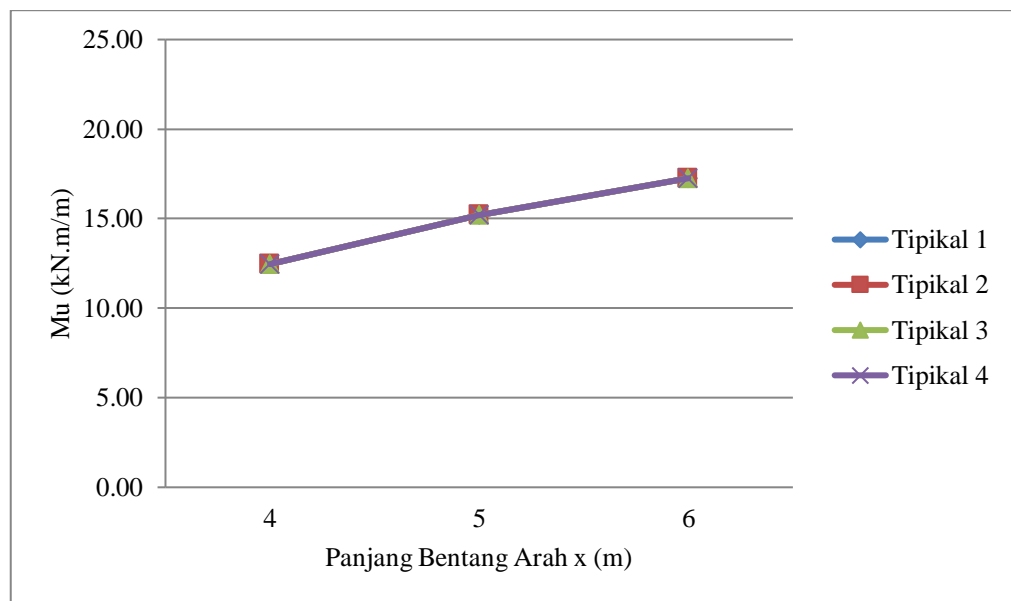
4.1.1.2 Momen Ultimate *Yield Line Theory* Arah y Pada Panel Tipikal Untuk Setiap Kenaikan Panjang Arah x

Tabel 4.2 dan Gambar 4.2 menggambarkan hasil grafik hubungan antara kenaikan momen ultimate seiring bertambahnya bentang arah x untuk masing-masing tipikal seperti berikut ini:

Tabel 4.2: Rekapitulasi momen negatif dan positif *yield line theory* arah y pada perubahan bentang x setiap panel tipikal.

No.	Panjang Bentang x (m)	Momen Panel Tipikal, Mu (kN.m/m)			
		Tipikal 1		Tipikal 2	
		Mu (+)	Mu (-)	Mu (+)	Mu (-)
1	4	12,46	12,46	12,46	12,46
2	5	15,20	15,20	15,20	15,20
3	6	17,25	17,25	17,25	17,25

No.	Panjang Bentang x (m)	Momen Panel Tipikal, Mu (kN.m/m)			
		Tipikal 3		Tipikal 4	
		Mu (+)	Mu (-)	Mu (+)	Mu (-)
1	4	12,46	12,46	12,46	12,46
2	5	15,20	15,20	15,20	15,20
3	6	17,25	17,25	17,25	17,25



Gambar 4.2: Grafik perbandingan momen positif dan negatif arah y pada metode *yield line theory*.

Berdasarkan Tabel 4.2 dan Gambar 4.2 diatas dapat dilihat bahwa momen positif dan negatif mengalami kenaikan sebesar 11,92% pada setiap tipikalnya.

4.1.2 Metode Desain Langsung (*Direct Design Method*)

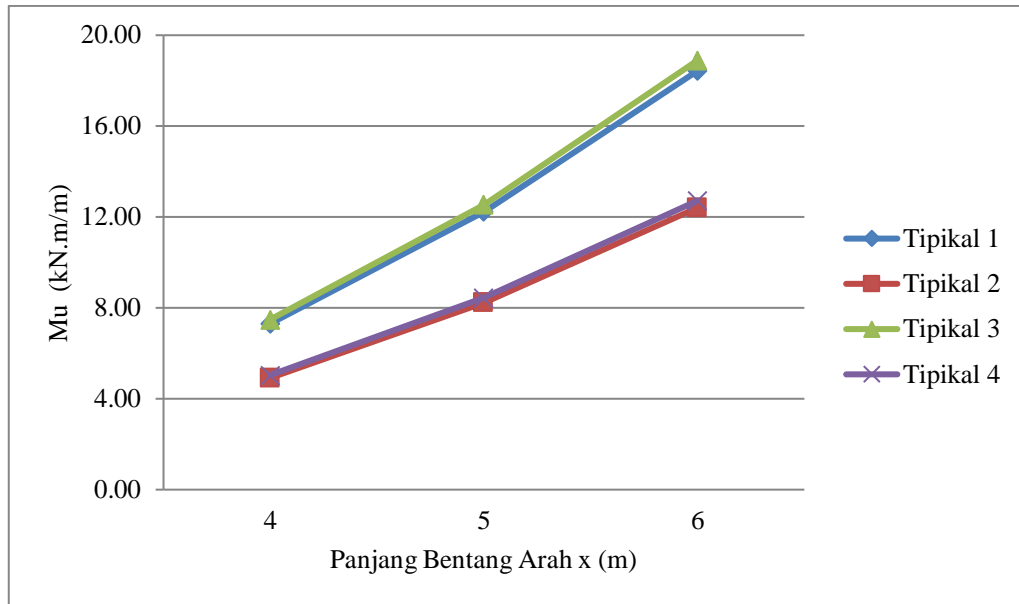
Pada metode ini menentukan momen-momen pelat dengan cara membagi panel dalam portal-portal ekuivalen dalam kedua arah baik x maupun y dan momen ditentukan dengan menggunakan persamaan 2.16.

4.1.2.1 Momen Ultimate Metode Desain Langsung Arah x Pada Panel Tipikal Untuk Setiap Kenaikan Panjang Bentang Arah x

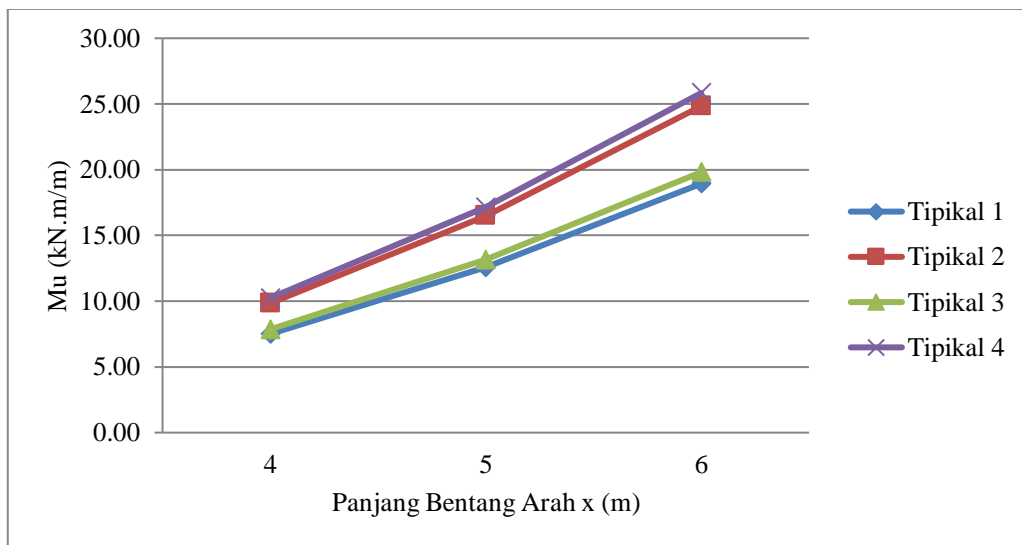
Tabel 4.3 dan Gambar 4.3 - 4.4 menunjuk hasil hubungan antara kenaikan momen ultimate seiring bertambahnya bentang arah x untuk masing-masing tipikal seperti berikut ini:

Tabel 4.3: Rekapitulasi momen negatif dan positif metode desain langsung arah x pada perubahan bentang x setiap panel tipikal.

No.	Panjang Bentang x (m)	Momen Panel Tipikal, Mu (kN.m/m)			
		Tipikal 1		Tipikal 2	
		Mu (+)	Mu (-)	Mu (+)	Mu (-)
1	4	7,31	7,51	4,92	9,84
2	5	12,24	12,57	8,24	16,49
3	6	18,43	18,94	12,41	24,83
No.	Panjang Bentang x (m)	Momen Panel Tipikal, Mu (kN.m/m)			
		Tipikal 3		Tipikal 2	
		Mu (+)	Mu (-)	Mu (+)	Mu (-)
1	4	7,49	7,86	5,04	10,24
2	5	12,55	13,16	8,44	17,15
3	6	18,90	19,82	12,72	25,83



Gambar 4.3: Grafik perbandingan momen positif arah x pada metode desain langsung.



Gambar 4.4: Grafik perbandingan momen negatif arah x pada metode desain langsung.

Berdasarkan Tabel 4.3 dan Gambar 4.3 - 4.4 diatas dapat dilihat bahwa momen ultimate arah x pada masing-masing tipikal akan terus mengalami kenaikan dengan bertambahnya bentang arah x, dimana pada masing-masing tipikal momen akan mengalami kenaikan sebesar 33,06 %, maka dapat disimpulkan bahwa momen arah x akan berbanding lurus dengan penambahan bentang x dengan kenaikan yang seragam.

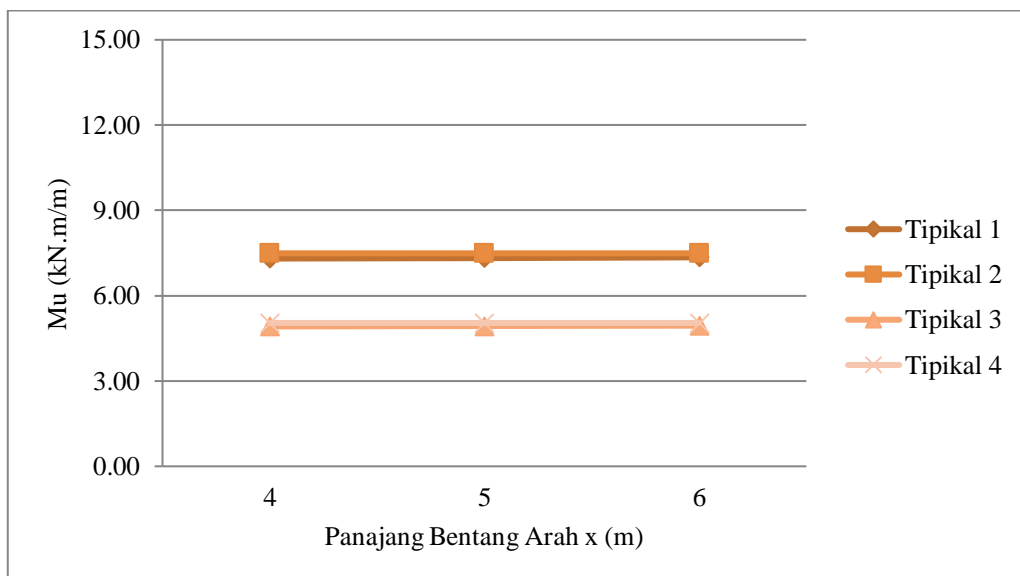
4.1.2.2 Momen Ultimate Metode Desain Langsung Arah y Pada Panel Tipikal Untuk Setiap Kenaikan Panjang Bentang Arah x

Tabel 4.4 dan Gambar 4.5 - 4.6 menunjuk hasil hubungan antara kenaikan momen ultime seiring bertambah bentang arah x pada arah y untuk masing-masing tipikal seperti berikut ini:

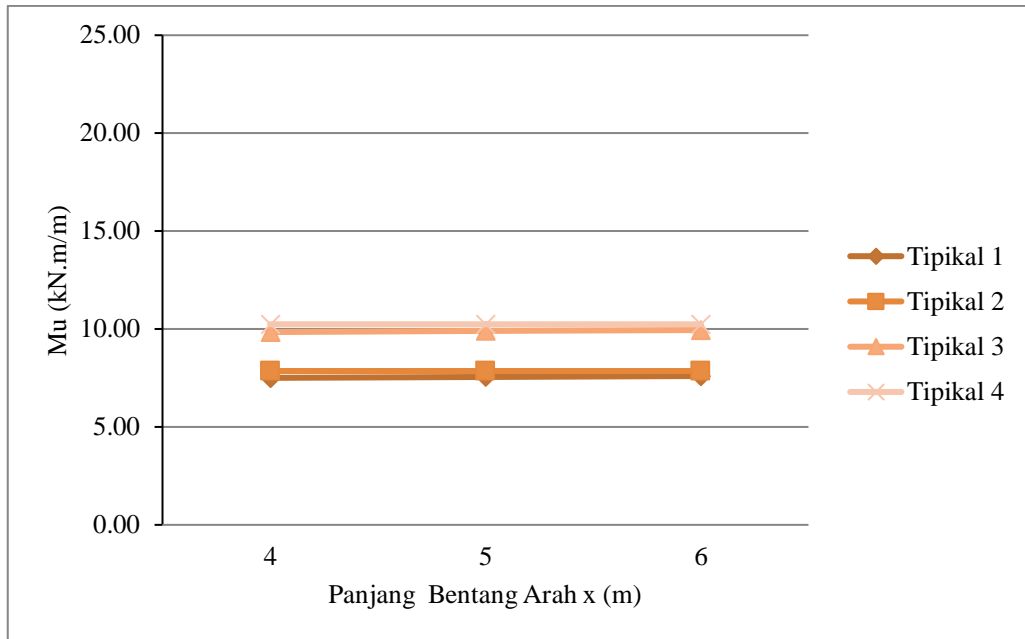
Tabel 4.4: Rekapitulasi momen negatif dan positif metode desain langsung arah y pada perubahan bentang x setiap panel tipikal.

No.	Panjang Bentang x (m)	Momen Panel Tipikal, Mu (kN.m/m)			
		Tipikal 1		Tipikal 2	
		Mu (+)	Mu (-)	Mu (+)	Mu (-)
1	4	7,31	7,51	7,49	7,86
2	5	7,33	7,56	7,49	7,86
3	6	7,35	7,60	7,49	7,86

No.	Panjang Bentang x (m)	Momen Panel Tipikal, Mu (kN.m/m)			
		Tipikal 3		Tipikal 4	
		Mu (+)	Mu (-)	Mu (+)	Mu (-)
1	4	4,92	9,84	5,04	10,24
2	5	4,93	9,90	5,04	10,24
3	6	4,95	9,95	5,04	10,24



Gambar 4.5: Grafik perbandingan momen positif arah y pada metode desain langsung.



Gambar 4.6: Grafik perbandingan momen negatif arah y pada metode desain langsung.

Tabel 4.4 dan Gambar 4.5 - 4.6 diatas memperlihatkan bahwa kenaikan bentang arah x tidaklah berpengaruh terlalu besar terhadap momen pada arah y, hal ini dapat dilihat dari grafik yang datar, kenaikan yang terjadi berkisar 0,25% dan 0,32%.

4.1.3 Metode Portal Ekuivalen (*Equivalent Frame Method*)

Penentuan momen pada metode portal ekuivalen ini sebenarnya hampir sama dengan metode desain langsung, hanya saja metode ini membutuhkan beberapa siklus untuk menentukan momen-momen dalam pada pelat.

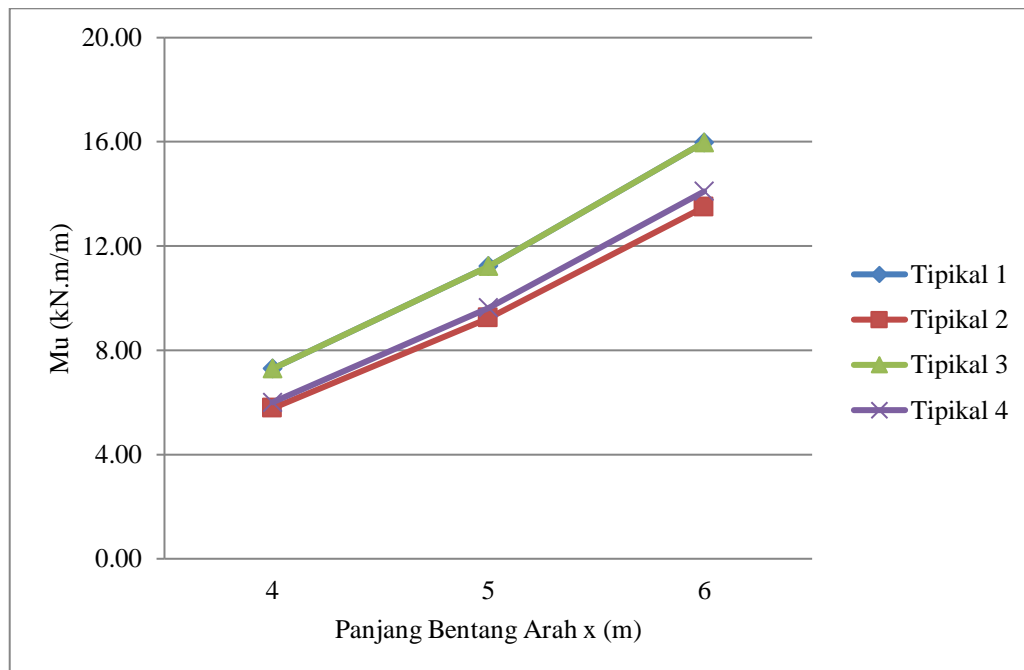
4.1.3.1 Momen Ultimate Metode Portal Ekuivalen Arah x Pada Panel Tipikal Untuk Setiap Kenaikan Panjang Bentang Arah x

Tabel 4.5 dan Gambar 4.7 - 4.8 menggambarkan hasil grafik hubungan antara kenaikan momen ultimate seiring bertambahnya bentang arah x untuk masing-masing tipikal seperti berikut ini:

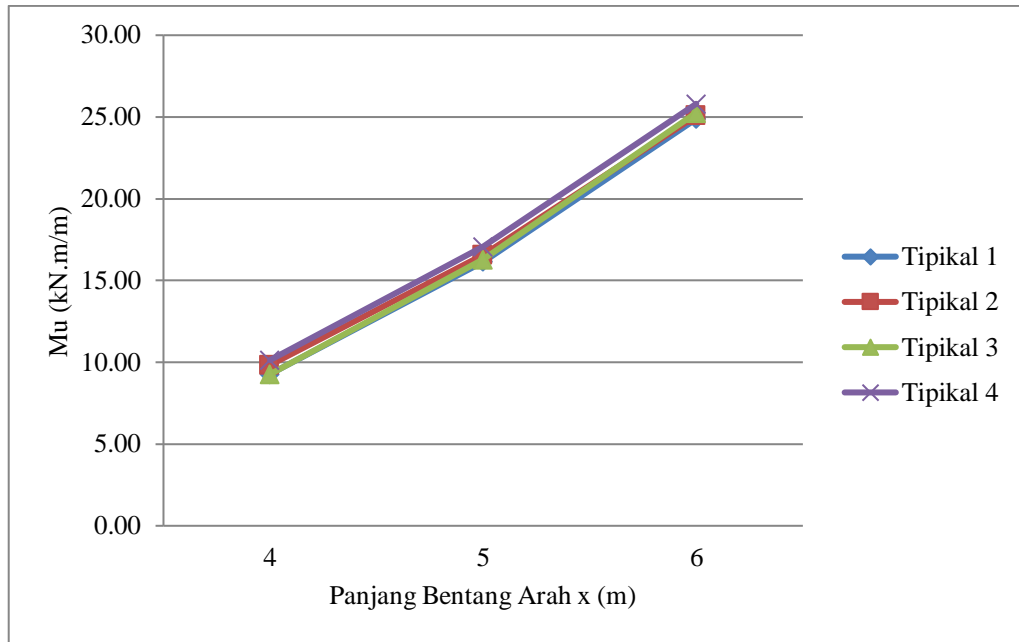
Tabel 4.5: Rekapitulasi momen negatif dan positif metode portal ekuivalen arah x pada perubahan bentang x setiap panel tipikal.

No.	Panjang Bentang x (m)	Momen Panel Tipikal, Mu (kN.m/m)			
		Tipikal 1		Tipikal 2	
		Mu (+)	Mu (-)	Mu (+)	Mu (-)
1	4	7,29	9,28	5,77	9,83
2	5	11,22	16,15	9,23	16,57
3	6	15,98	24,89	13,50	25,08

No.	Panjang Bentang x (m)	Momen Panel Tipikal, Mu (kN.m/m)			
		Tipikal 3		Tipikal 4	
		Mu (+)	Mu (-)	Mu (+)	Mu (-)
1	4	7,29	9,27	6,00	10,13
2	5	11,22	16,29	9,63	17,07
3	6	15,98	25,26	14,10	25,81



Gambar 4.7: Grafik perbandingan momen positif arah x pada metode portal ekuivalen.



Gambar 4.8: Grafik perbandingan momen negatif arah x pada metode portal ekuivalen.

Pada Tabel 4.5 dan Gambar 4.7 - 4.8 momen yang terjadi pada bentang x ini akan terus mengalami kenaikan sebesar 30,72 % pada momen positif, sedangkan momen negatif sebesar 34,59 %, maka disimpulkan bahwa kenaikan nilai bentang arah x akan sangat berpengaruh terhadap kenaikan momen pada metode portal ekuivalen.

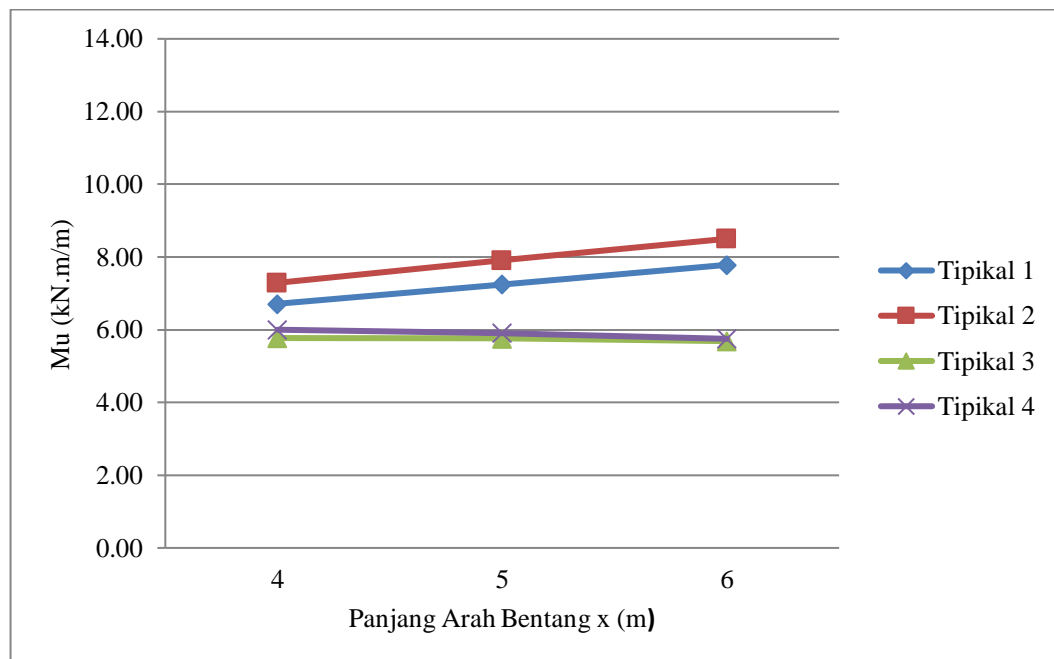
4.1.3.2 Momen Ultimate Metode Portal Ekuivalen Arah y Pada Panel Tipikal Untuk Setiap Kenaikan Panjang Bentang Arah x

Tabel 4.6 dan Gambar 4.9 - 4.10 menggambarkan hasil hubungan antara kenaikan momen ultimate seiring bertambah bentang arah x pada arah y untuk masing-masing tipikal seperti berikut ini:

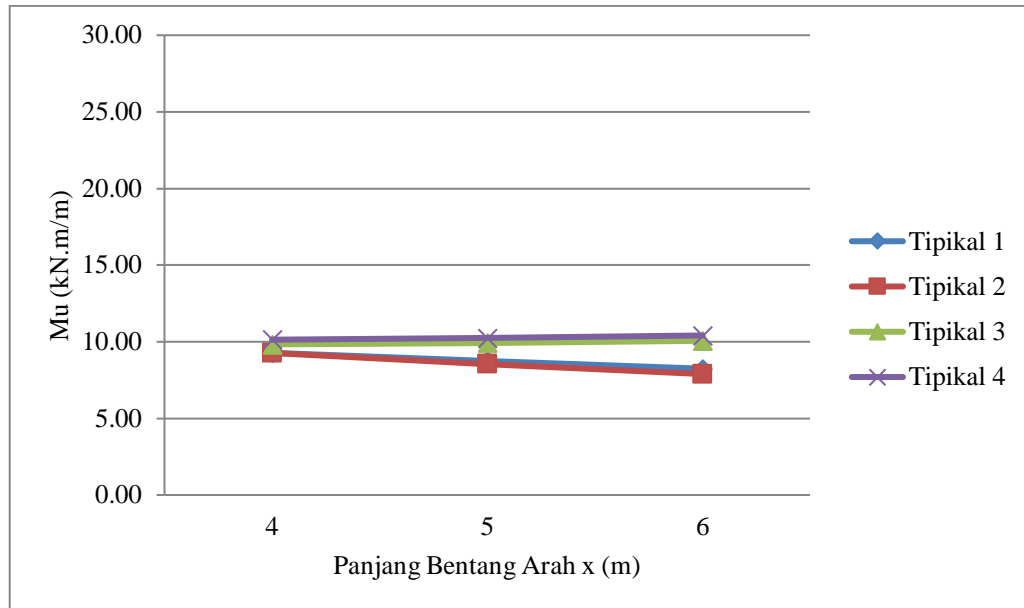
Tabel 4.6: Rekapitulasi momen negatif dan positif metode portal ekuivalen arah y pada perubahan bentang x setiap panel tipikal.

No.	Panjang Bentang x (m)	Momen Panel Tipikal, Mu (kN.m/m)			
		Tipikal 1		Tipikal 2	
		Mu (+)	Mu (-)	Mu (+)	Mu (-)
1	4	6,71	9,28	7,29	9,27
2	5	7,25	8,76	7,91	8,55
3	6	7,78	8,24	8,50	7,89

No.	Panjang Bentang x (m)	Momen Panel Tipikal, Mu (kN.m/m)			
		Tipikal 3		Tipikal 4	
		Mu (+)	Mu (-)	Mu (+)	Mu (-)
1	4	5,77	9,83	6,00	10,13
2	5	5,76	9,92	5,91	10,24
3	6	5,69	10,06	5,75	10,41



Gambar 4.9: Grafik perbandingan momen positif arah y pada metode portal ekuivalen.



Gambar 4.10: Grafik perbandingan momen negatif arah y pada metode portal ekuivalen.

Berdasarkan Tabel 4.6 dan Gambar 4.9 - 4.10 diatas dapat dilihat bahwa momen yang terjadi pada arah y ini memiliki grafik yang berbeda terutama pada tipikal eksterior (tipikal 1 dan 2) pada Gambar 4.10 mengalami penurunan seiring bertambahnya nilai bentang x, penurunan rata-rata momen negatif sebesar 7,38 %.

4.1.4 Hasil Analisa Menggunakan FEM (*Finite Element Method*).

Menentukan nilai momen pada pelat dengan menggunakan metode FEM, momen akan didistribusikan pada masing-masing strip-strip desain dan nantinya akan digunakan sebagai momen desain dalam detailing pelat.

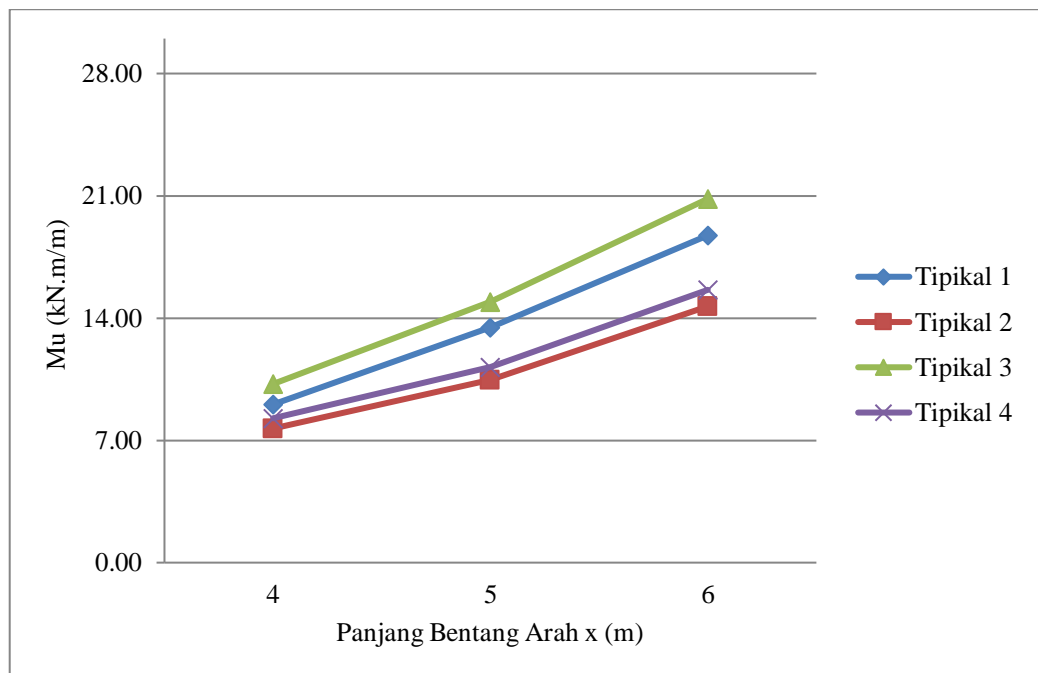
4.1.4.1 Momen Ultimate Analisa FEM Arah x Pada Panel Tipikal Untuk Setiap Kenaikan Panjang Arah x

Tabel 4.7 dan Gambar 4.11- 4.12 menggambarkan hasil grafik hubungan antara kenaikan momen ultimate seiring bertambahnya bentang arah x untuk masing-masing tipikal seperti berikut ini:

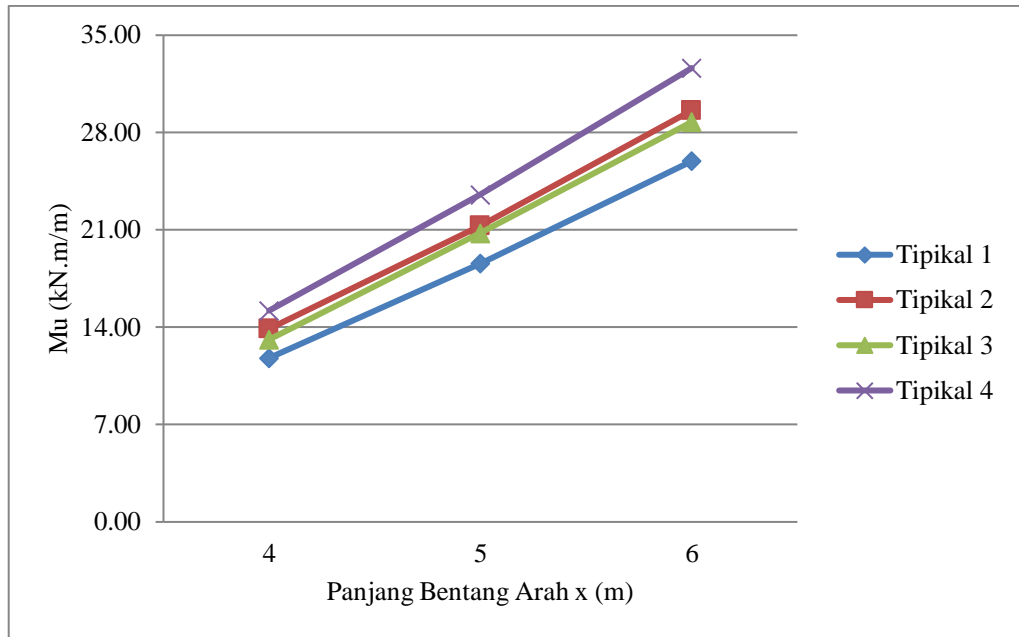
Tabel 4.7: Rekapitulasi momen negatif dan positif FEM arah x pada perubahan bentang x setiap panel tipikal.

No.	Panjang Bentang x (m)	Momen Panel Tipikal, Mu (kN.m/m)			
		Tipikal 1		Tipikal 2	
		Mu (+)	Mu (-)	Mu (+)	Mu (-)
1	4	9,06	11,79	7,68	13,89
2	5	13,46	18,59	10,46	21,29
3	6	18,73	25,94	14,67	29,59

No.	Panjang Bentang x (m)	Momen Panel Tipikal, Mu (kN.m/m)			
		Tipikal 3		Tipikal 4	
		Mu (+)	Mu (-)	Mu (+)	Mu (-)
1	4	10,23	13,12	8,27	15,20
2	5	14,93	20,76	11,19	23,54
3	6	20,83	28,76	15,62	32,64



Gambar 4.11: Grafik perbandingan momen positif arah x pada FEM.



Gambar 4.12: Grafik perbandingan momen negatif arah x pada FEM.

Berdasarkan Tabel 4.7 dan Gambar 4.11 - 4.12 diatas maka dapat diperhatikan bahwa perilaku momen yang dihasilkan oleh metode FEM mengalami kenaikan seiring bertambahnya panjang bentang x, dapat dilihat bahwa nilai momen positif mengalami kenaikan 28,37% dan momen negatif mengalami kenikan 28,01%.

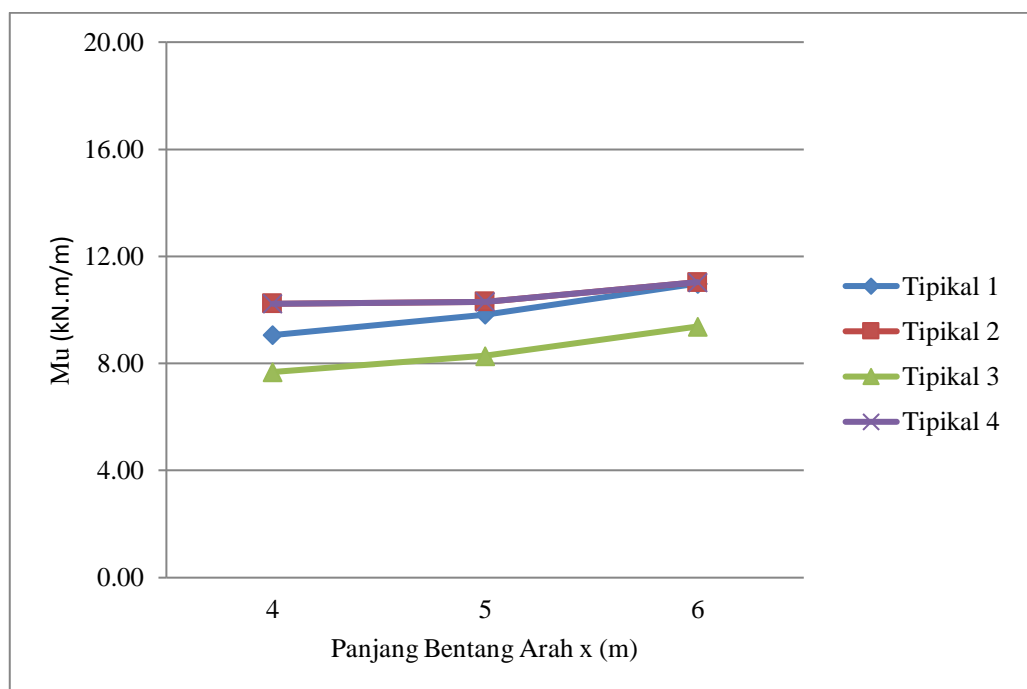
4.1.4.2 Momen Ultimate Analisa FEM Arah y Pada Panel Tipikal Untuk Setiap Kenaikan Panjang Arah x

Tabel 4.8 dan Gambar 4.13 - 4.14 menggambarkan hasil grafik hubungan antara kenaikan momen ultimate seiring bertambahnya bentang arah x pada arah y untuk masing-masing tipikal seperti berikut ini:

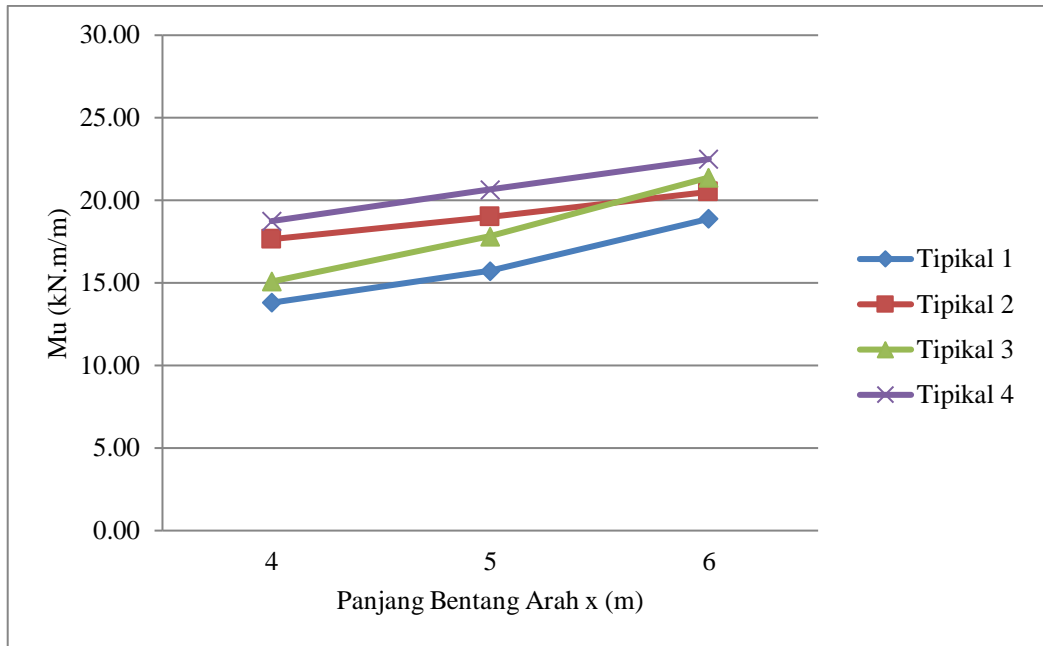
Tabel 4.8: Rekapitulasi momen negatif dan positif FEM arah y pada perubahan bentang x setiap panel tipikal.

No.	Panjang Bentang x (m)	Momen Panel Tipikal, Mu (kN.m/m)			
		Tipikal 1		Tipikal 2	
		Mu (+)	Mu (-)	Mu (+)	Mu (-)
1	4	9,37	13,80	10,98	17,65
2	5	10,28	15,74	10,74	19,00
3	6	11,84	18,88	11,70	20,52

No.	Panjang Bentang x (m)	Momen Panel Tipikal, Mu (kN.m/m)			
		Tipikal 3		Tipikal 4	
		Mu (+)	Mu (-)	Mu (+)	Mu (-)
1	4	8,24	15,74	10,98	18,75
2	5	9,31	17,82	10,74	20,65
3	6	10,44	21,38	11,70	22,50



Gambar 4.13: Grafik perbandingan momen positif arah y pada FEM.



Gambar 4.14: Grafik perbandingan momen negatif arah y pada FEM.

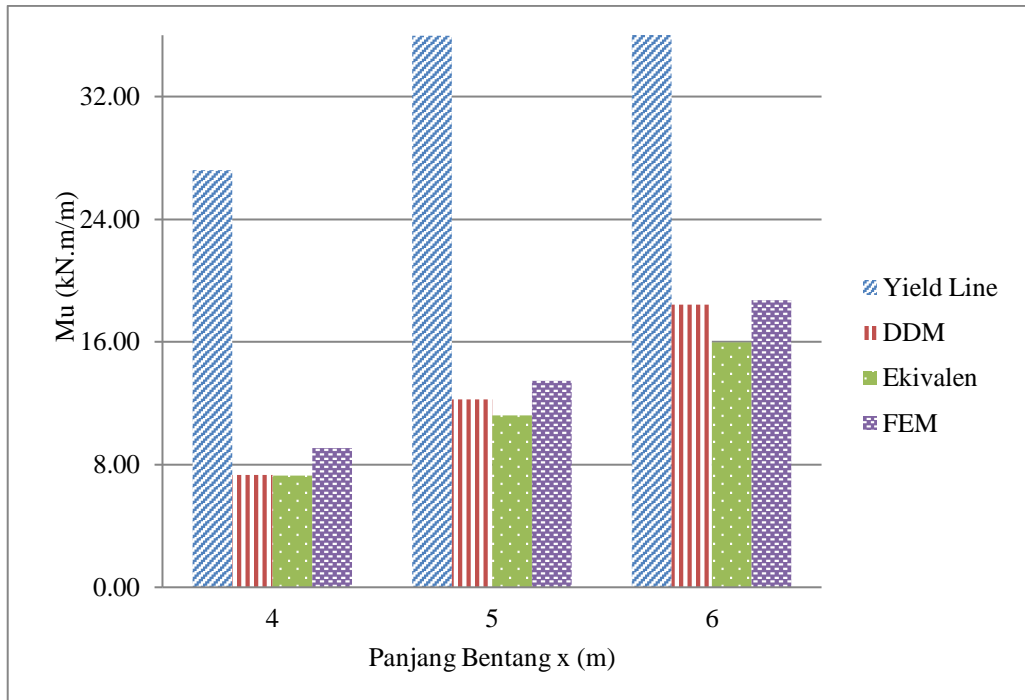
Berdasarkan Tabel 4.8 dan Gambar 4.13 -4.14 diatas dapat dilihat bahwa momen arah y akan mengalami kenaikan walaupun nilai kenaikannya tidak terlalu besar seperti momen arah x. Pada momen positif 10,13% dan momen negatif 12,23%

4.1.5 Perbandingan Hasil Analisis *Yield Line Theory*, Metode Desain Langsung, Metode Portal Ekuivalen, dan FEM

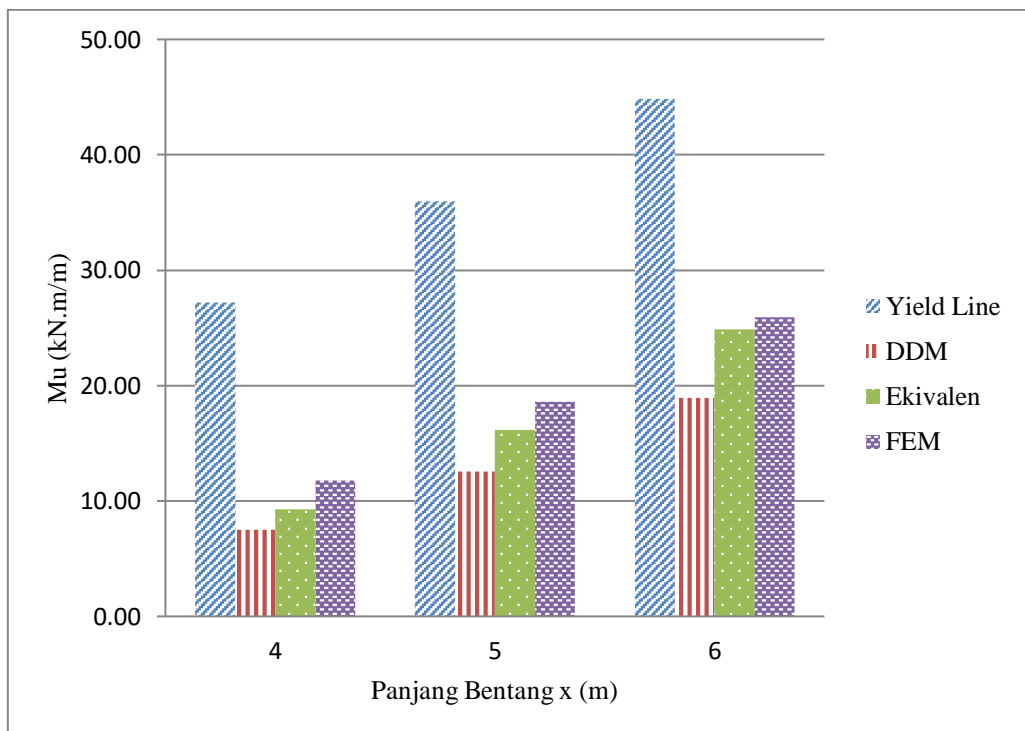
Pada subbab ini akan memperlihatkan perbandingan momen antara momen hasil analisa *yield line theory*, metode desain langsung, metode portal ekuivalen, dan FEM pada momen negatif dan positif.

4.1.5.1 Perbandinga Momen Tipikal Arah x

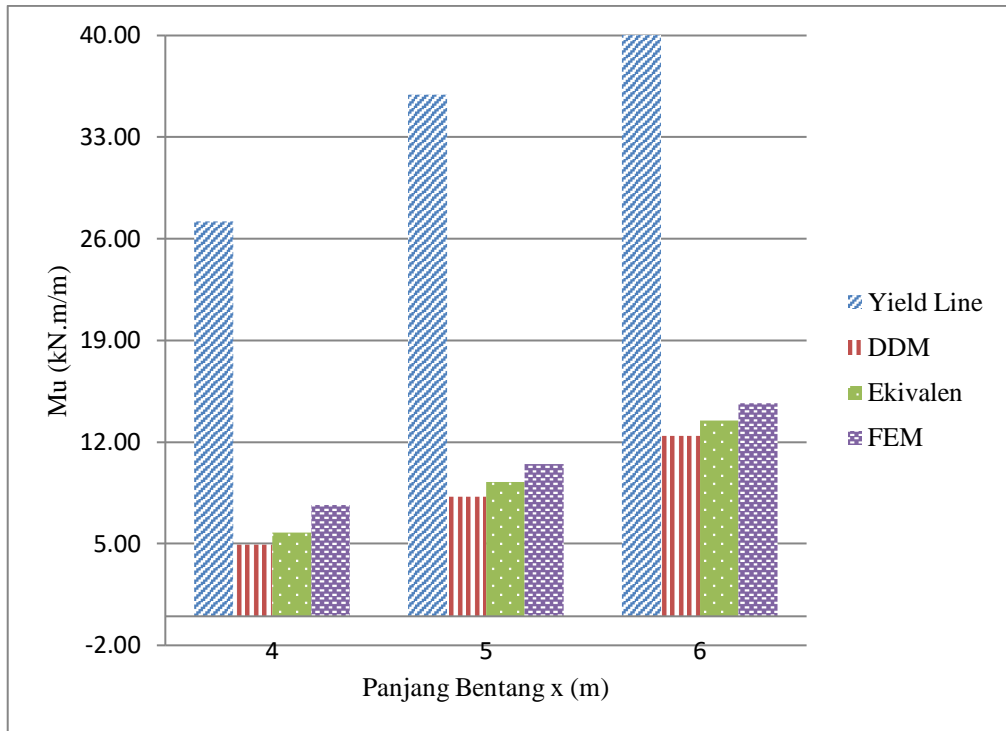
Berikut ini adalah grafik hubungan antara momen arah x *yield line theory*, metode desain langsung, metode portal ekuivalen, dan FEM sebagai berikut:



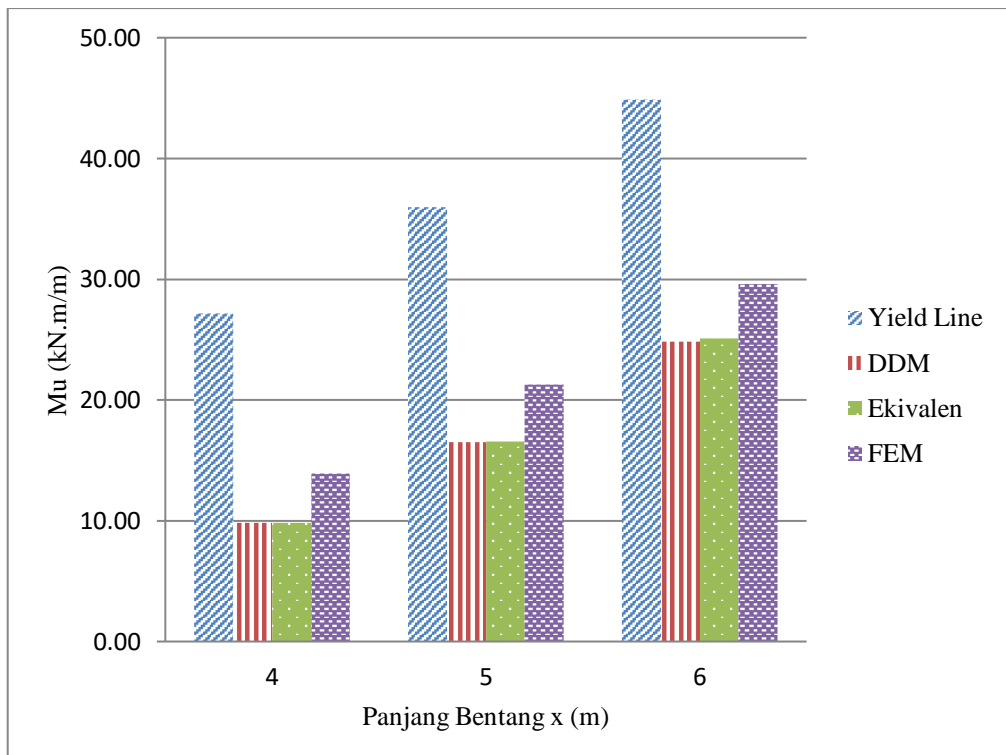
Gambar 4.15: Grafik perbandingan mux positif metode *yield line*, desain langsung, portal ekivalen dan FEM pada tipikal 1.



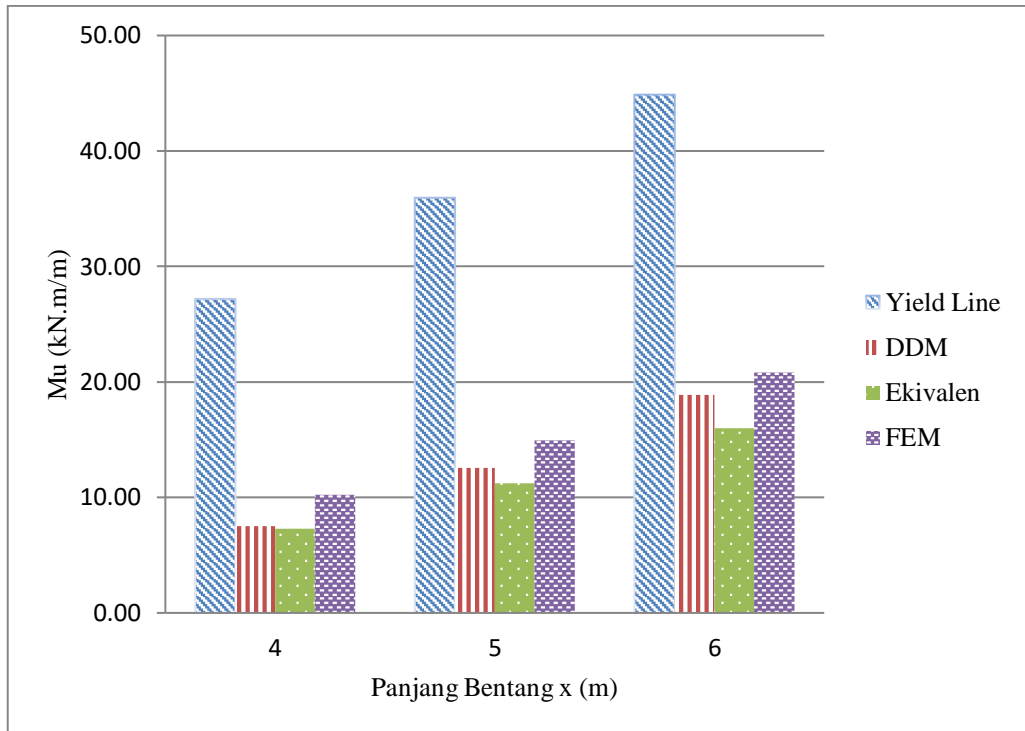
Gambar 4.16: Grafik perbandingan mux negatif metode *yield line*, desain langsung, portal ekivalen dan FEM pada tipikal 1.



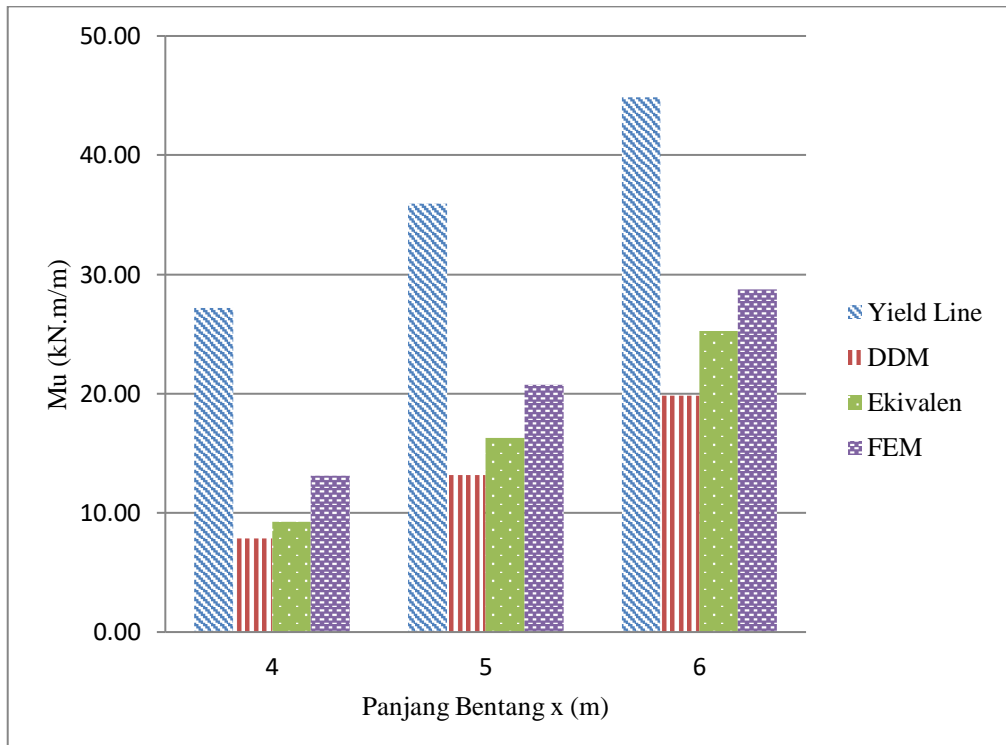
Gambar 4.17: Grafik perbandingan mux positif metode *yield line*, desain langsung, portal ekivalen dan FEM pada tipikal 2.



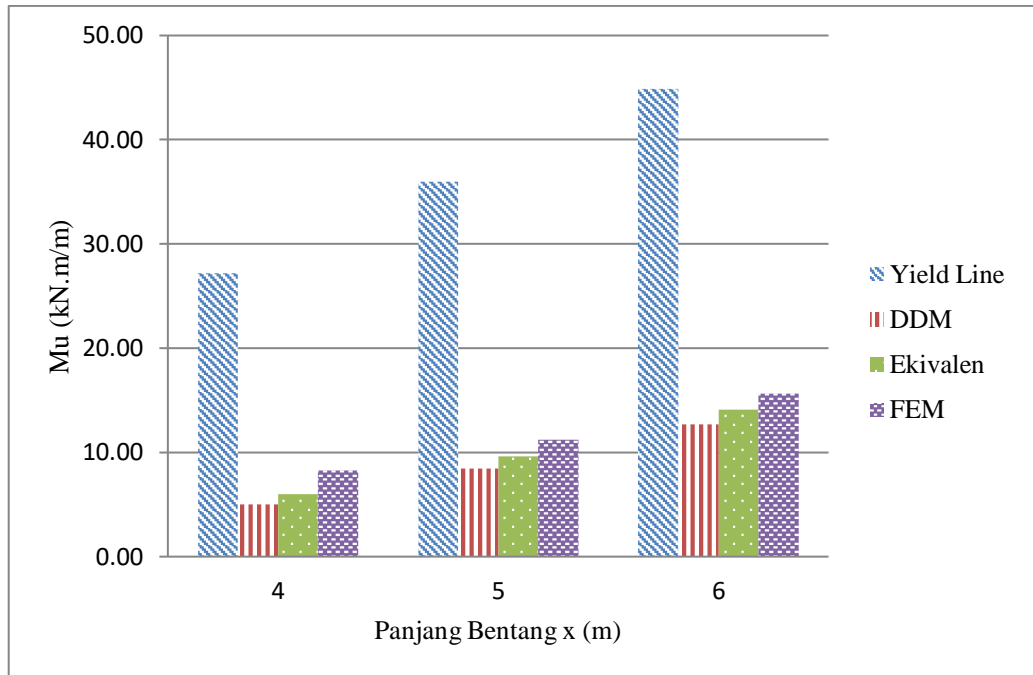
Gambar 4.18: Grafik perbandingan mux negatif metode *yield line*, desain langsung, portal ekivalen dan FEM pada tipikal 2.



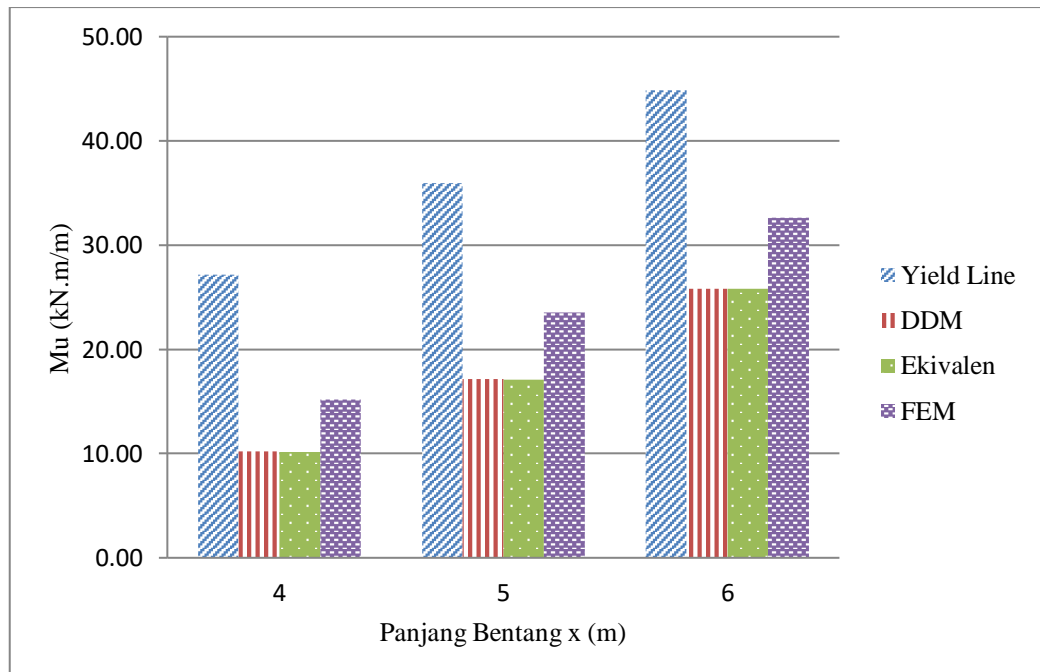
Gambar 4.19: Grafik perbandingan mux positif metode *yield line*, desain langsung, portal ekivalen dan FEM pada tipikal 3.



Gambar 4.20: Grafik perbandingan mux negatif metode *yield line*, desain langsung, portal ekivalen dan FEM pada tipikal 3.



Gambar 4.21: Grafik perbandingan mux positif metode *yield line*, desain langsung, portal ekivalen dan FEM pada tipikal 4.

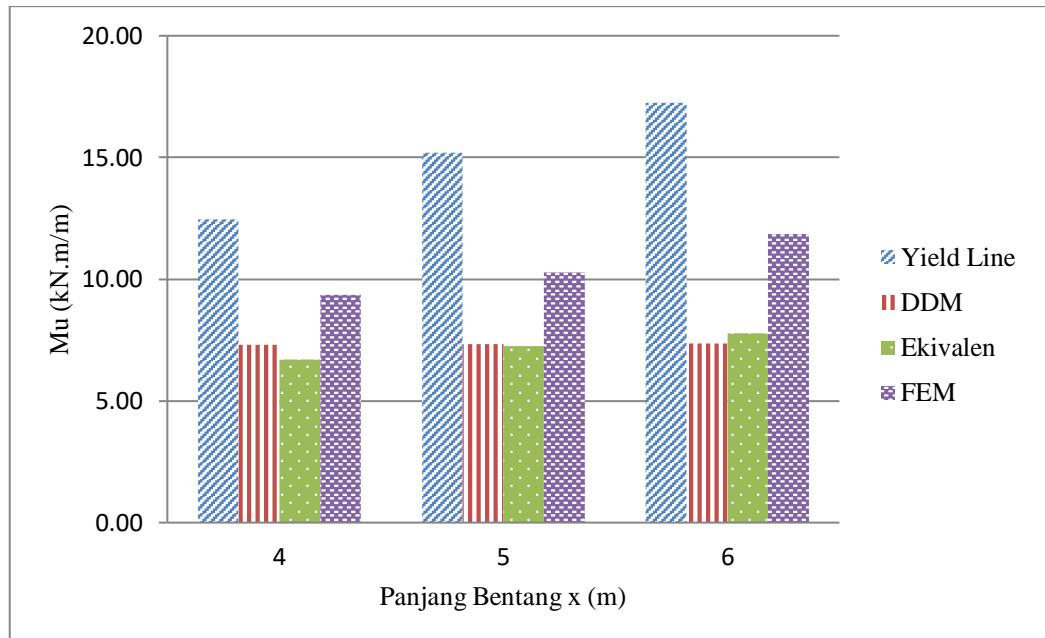


Gambar 4.22: Grafik perbandingan mux negatif metode *yield line*, desain langsung, portal ekivalen dan FEM pada tipikal 4.

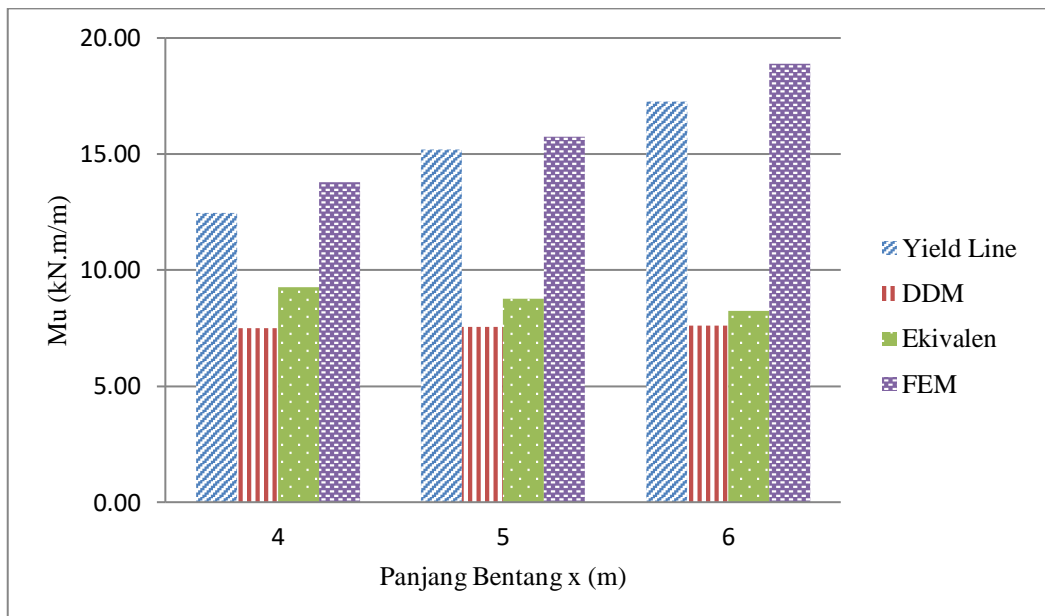
Pada Gambar 4.15 - 4.22 diatas memperlihatkan hasil mux positif dan mux negatif yield line theory disetiap tipikal akan mengalami kenaikan.

4.1.5.2 Perbandingan Momen Tipikal Arah y

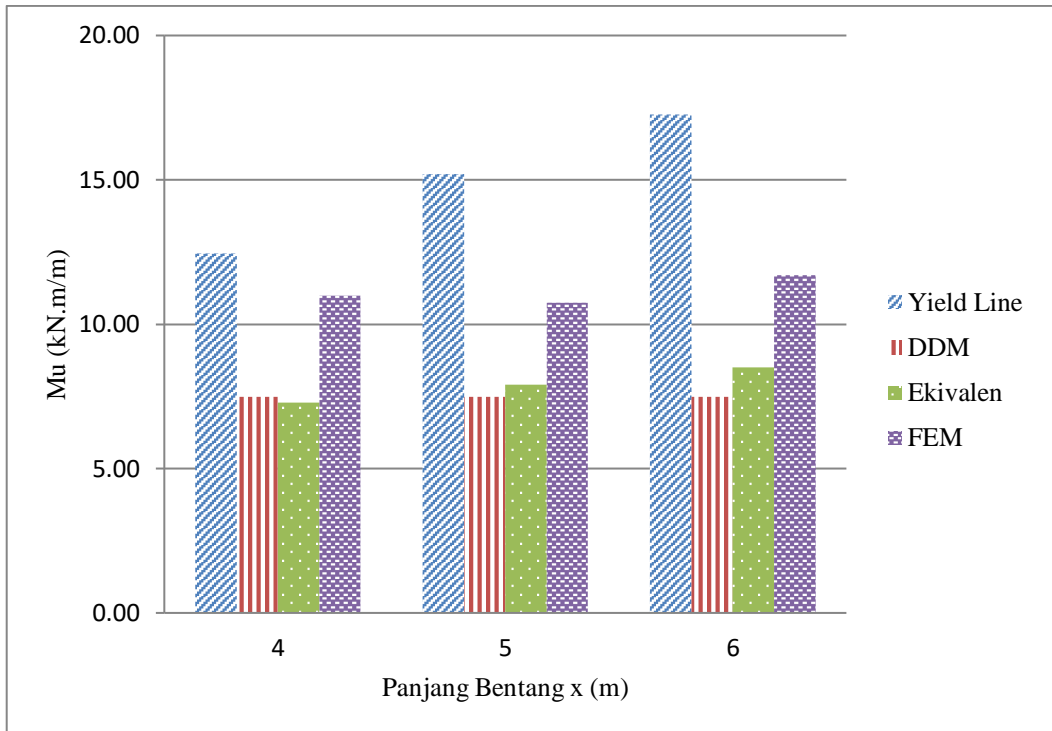
Berikut ini adalah grafik hubungan antara momen arah *yield line theory*, metode desain langsung, metode portal ekivalen, dan FEM sebagai berikut:



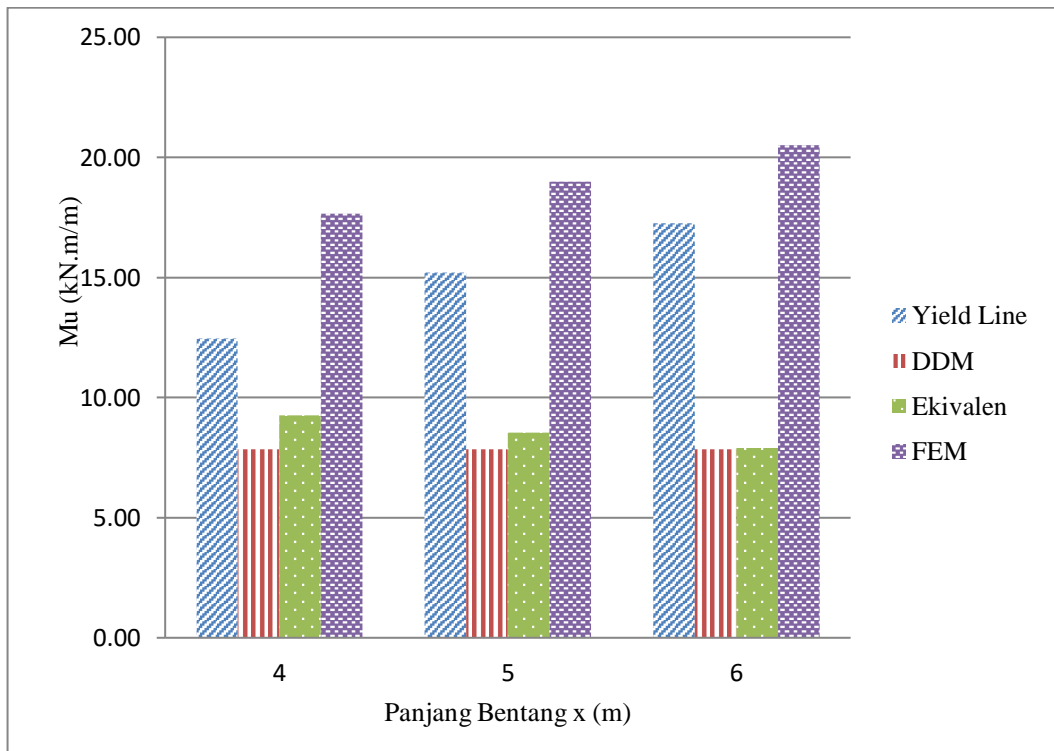
Gambar 4.23: Grafik perbandingan my positif metode *yield line*, desain langsung, portal ekivalen dan FEM pada tipikal 1.



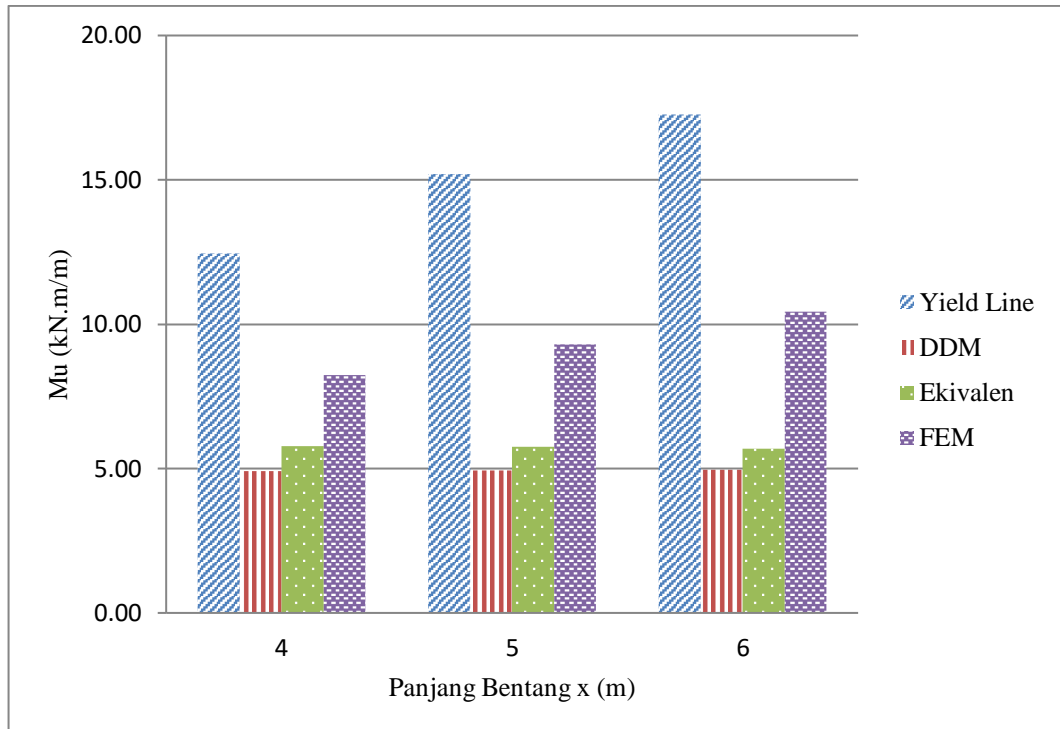
Gambar 4.24: Grafik perbandingan my negatif metode *yield line*, desain langsung, portal ekivalen dan FEM pada tipikal 1.



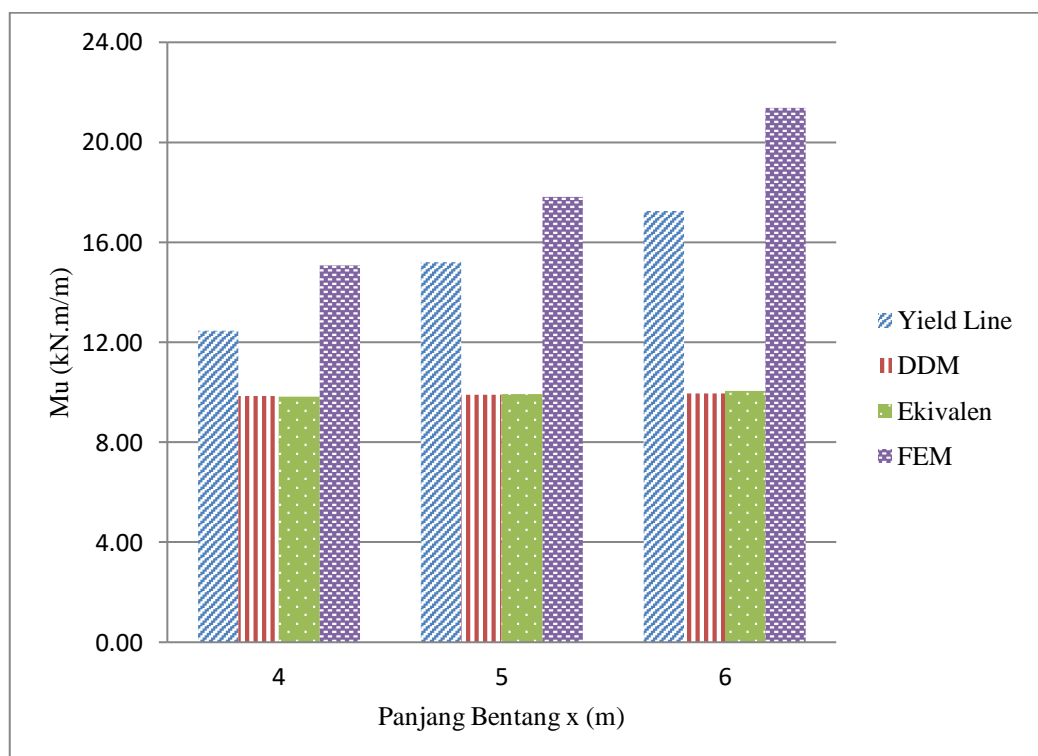
Gambar 4.25: Grafik perbandingan muy positif metode *yield line*, desain langsung, portal ekivalen dan software pada tipikal 2.



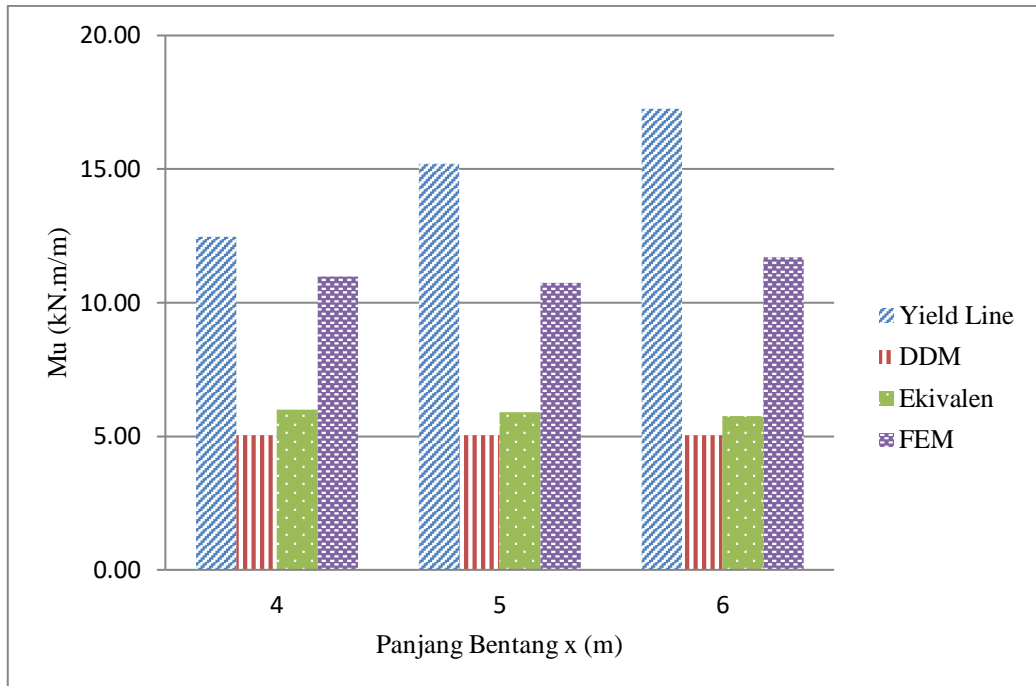
Gambar 4.26: Grafik perbandingan muy negatif metode *yield line*, desain langsung, portal ekivalen dan FEM pada tipikal 2.



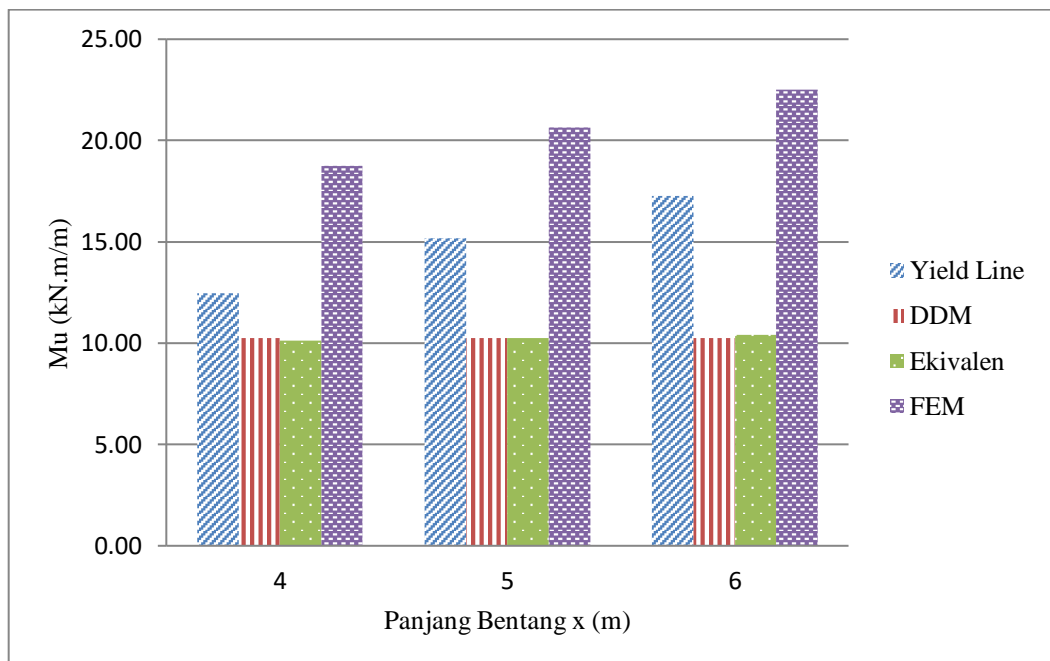
Gambar 4.27: Grafik perbandingan muy positif metode *yield line*, desain langsung, portal ekivalen dan FEM pada tipikal 3.



Gambar 4.28: Grafik perbandingan muy negatif metode *yield line*, desain langsung, portal ekivalen dan FEM pada tipikal 3.



Gambar 4.29: Grafik perbandingan myu positif metode *yield line*, desain langsung, portal ekivalen dan FEM pada tipikal 4.



Gambar 4.30: Grafik perbandingan myu negatif metode *yield line*, desain langsung, portal ekivalen dan FEM pada tipikal 4.

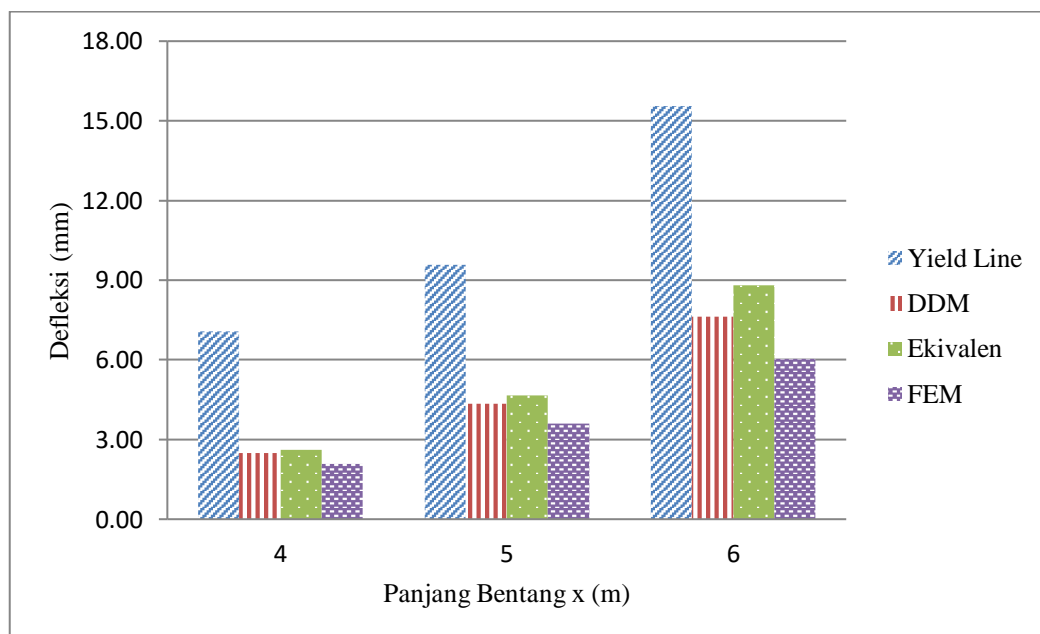
Pada Gambar 4.23 - 4.30 diatas momen yang dihasilkan myu positif mengalami kenaikan pada metode *yield line* sedangkan myu negatif mengalami kenaikan pada FEM.

4.2 Perbandingan Defleksi Maksimum *Yield Line Theory*, Metode Desain Langsung, Metode Portal Ekuivalen dan hasil dengan FEM Pada Panel Tipikal

Hasil analisa defleksi yang dihasilkan oleh masing-masing metode perhitungan ini merupakan nilai defleksi maksimum yang terjadi pada permodelan struktur untuk masing-masing kenaikan bentang panjangnya.

Tabel 4.9: Rekapitulasi hasil analisa defleksi maksimum pelat untuk setiap kenaikan bentang x.

No.	Panjang bentang x (m)	Defleksi maximum (Δ , mm)			
		Metode			
		<i>Yield Line</i>	DDM	Ekivalen	FEM
1	4	7,07	2,50	2,62	2,09
2	5	9,58	4,35	4,66	3,59
3	6	15,56	7,62	8,81	6,03



Gambar 4.31: Perbandingan defleksi maksimum pada setiap kenaikan bentang x pada setiap metode.

Berdasarkan hasil analisa yang terjadi pada Gambar 4. 32 dan Tabel 4.9 diatas maka dapat dilihat bahwa hasil analisa defleksi terbesar terjadi pada *yield line* dibanding dengan pada metode lainnya.

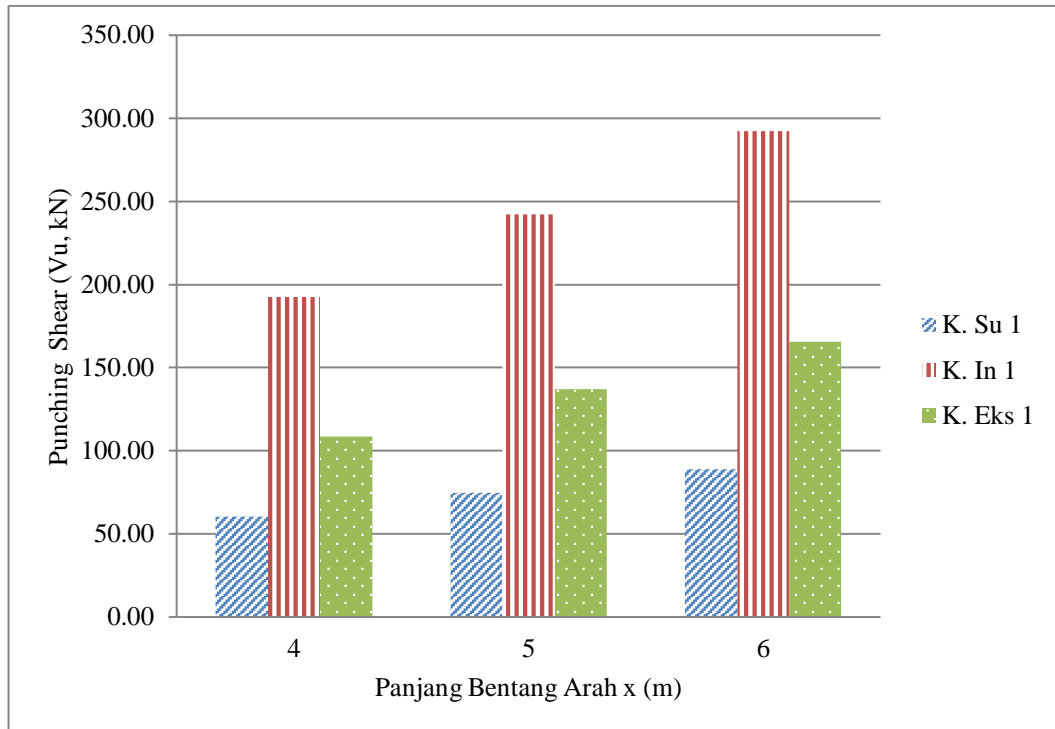
4.3 Perbandingan Analisa *Punching Shear Yield Line Theory*, Metode Desain Langsung, Metode Portal Ekuivalen dan hasil dengan FEM

Tabel 4.10 dan gambar menyajikan hasil analisa *punching shear* untuk *yield line theory*, metode desain langsung, metode portal ekuivalen dan hasil dengan FEM yang terbagi atas kolom sudut, interior dan eksterior.

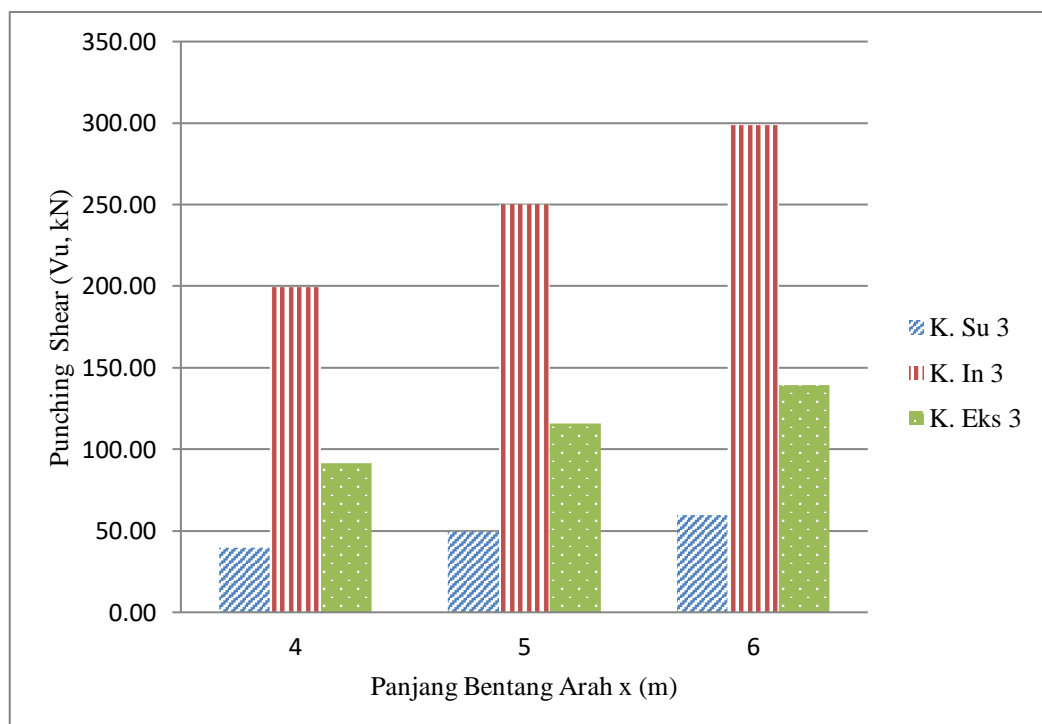
Tabel 4.10: Rekapitulasi hasil analisa *punching shear* untuk setiap kenaikan bentang x.

No.	Panjang Bentang x (m)	<i>Punching Shear</i> (kN)					
		Metode					
		DDM			Ekivalen		
		K. Su 1	K. In 1	K. Eks 1	K. Su 2	K. In 2	K. Eks 2
1	4	60,23	192,46	108,40	60,23	192,46	108,40
2	5	74,62	242,31	137,06	74,62	242,31	137,06
3	6	88,95	292,16	165,72	88,95	292,16	165,72

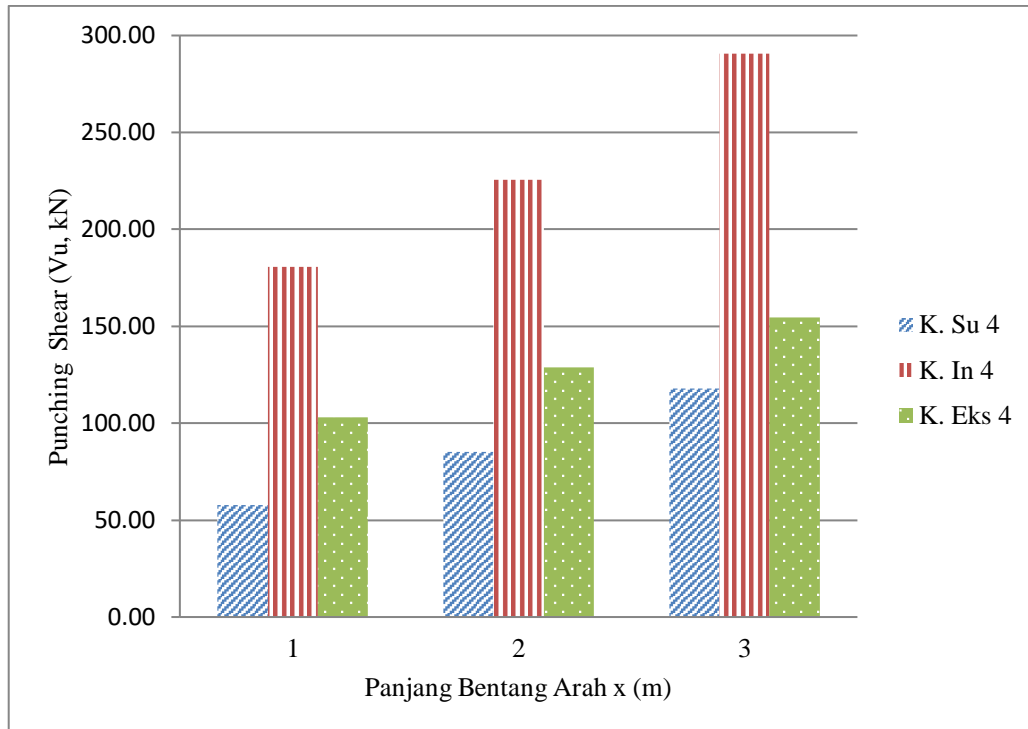
No.	Panjang Bentang x (m)	<i>Punching Shear</i> (kN)					
		Metode					
		FEM			<i>Yield Line Theory</i>		
		K. Su 3	K. In 3	K. Eks 3	K. Su 4	K. In 4	K. Eks 4
1	4	39,69	199,28	91,39	57,70	180,56	103,03
2	5	49,55	249,92	115,71	85,08	225,70	128,79
3	6	59,61	298,64	139,28	117,75	290,62	154,55



Gambar 4.32: Perbandingan *punching shear* dengan metode desain langsung dan metode portal ekuivalen untuk setiap panjang bentang x.



Gambar 4.33: Perbandingan *punching shear* dengan FEM untuk setiap panjang bentang x.



Gambar 4.34: Perbandingan *punching shear* dengan *yield line theory* untuk setiap panjang bentang x.

Berdasarkan tabel dan gambar diatas dapat dilihat bahwa metode software memberikan nilai *punching shear* (V_u) yang lebih besar dari pada metode lainnya. Berdasarkan tabel dan gambar diatas dapat dilihat bahwa terjadi peningkatan nilai V_u apabila bentang panjang ditingkatkan sehingga dibutuhkan kekuatan yang cukup dari beton untuk dapat menahan besaran nilai V_u agar tidak terjadi kegagalan geser pada pelat.

BAB 5

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisa pelat pada perubahan panjang bentang arah x menggunakan *yield line theory*, metode desain langung, metode portal ekivalen, dan FEM dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut:

1. Bila dilihat dari segi momen:
 - Bila dilihat dari segi momen yang dihasilkan nilai m_{ux} positif dan m_{ux} negatif yang diperoleh oleh *yield line theory* akan lebih besar dari pada metode desain langsung, metode portal ekivalen dan FEM dikarenakan metode *yield line* pada perhitungan momen menggunakan panjang bentang sedangkan ketiga metode lainnya menggunakan cara dengan membagi panel dalam portal ekivalen pada kedua arah baik x maupun y.
 - Pada m_{uy} negatif program software menghasilkan nilai yang lebih besar dibandingkan dengan ketiga metode yang lain hal ini dikarenakan metode lain memproporsikan beban sedikit pada bentang pendeknya dan m_{ux} positif akan mengalami kenaikan yang lebih besar pada *yield line theory*.
2. Dari segi defleksi yang dihasilkan, maka *yield line theory* akan menghasilkan nilai yang jauh besar, dikarenakan momen yang dihasilkan lebih besar sehingga nilai defleksi akan besar juga.
3. Dari segi *phunching shear* yang dihasilkan, bahwa FEM memberikan nilai *phunching shear* yang lebih besar dari pada metode lain. Dapat dilihat bahwa terjadi peningkatan nilai V_u apabila bentang panjang ditingkatkan sehingga dibutuhkan kekuatan yang cukup dari beton untuk dapat menahan besaran nilai V_u agar tidak terjadi kegagalan geser pada pelat dan pada kolom interior lebih besar dari pada kolom sudut dan kolom eksterior, hal ini dikarenakan bidang geser jauh lebih luas.

5.2 Saran

Setelah melakukan penelitian ini penulis memberikan saran yang perlu diperhatikan sebagai berikut:

1. Penelitian ini dapat dikembangkan dengan variasi kolom yang berbeda.
2. Diperlukan analisis dengan menggunakan metode-metode yang berbeda untuk memberikan suatu gambaran mengenai perilaku pelat.

DAFTAR PUSTAKA

- Anonim. (2018). Beban minimum untuk perancangan bangunan gedung dan struktur lain. In *Bandung: Badan Standardisasi Indonesia*. www.bsn.go.id
- Anonim. (2019). SNI 03-2847:2019 Persyaratan Beton Struktural Untuk Bangunan Gedung Dan Penjelasan Sebagai Revisi Dari Standar Nasional Indonesia 2847 : 2013. In *Badan Standarisasi Nasional* (Issue 8).
- BSI. (1997). BS 8110: Structural Use of Concrete - Part 1: Code of practice for design and construction. In *British Standard (BS)* (Vol. 4, Issue 1).
- Burhanuddin, D.-, Wahyuni, E., & Irawan, D. (2019). Desain Modifikasi Gedung Fave Hotel Cilacap Menggunakan Metode Flat SLab. *Jurnal Teknik ITS*, 7(2). <https://doi.org/10.12962/j23373539.v7i2.35455>
- Constantine, F. N., Sumajouw, M. D. J., Pandaleke, R., Teknik, F., Sipil, J., Sam, U., & Manado, R. (2019). *Studi Perbandingan Analisis Flat Slab Dan Flat Plate*. 7(11), 1397–1406.
- Gusmareta, Y., & Inra, A. (2017). Plate Replanning for Second Floor To Build Mandau Town Square Mall and Duri Hotel. *INVOTEK: Jurnal Inovasi Vokasional Dan Teknologi*, 17(1), 97–102. <https://doi.org/10.24036/invotek.v17i1.30>
- Kader, I. M. S., Wayansuasira, I., Jaya, I. M., & Adi, I. N. (2016). *Perbandingan Desain Struktur Beton Bertulang Antara Metode Garis Leleh Dan Metode Element Shell Pada Pelat Studi Kasus Gedung Smpn 4 Petang*. c, 98–103.
- Kennedy, G., & Goodchild, C. H. (2004). *Practical Yield Line Design: An introduction to the practical use of Yield Line Theory in the design of flat slabs, raft foundations and refurbishment*.
- Nawy, E. G. (1998). *Beton Bertulang Suatu Pendekatan Dasar*.
- PU, D. (1987). *PPPURG_1987.pdf*.
- Ramadhan, R., Djauhari, Z., & Kurniawandy, A. (2015). Analisis Perbandingan Metode Westergand Terhadap Metode Desain Langsung Dan Metode Portal Ekuivalen Pada Flat Plate. *Jom Fteknik*, 2(2), 1–15.
- Wight, J. K., & James, M. G. (2012). *Reinforced Concrete Mechanics & Design*.

LAMPIRAN

A.1 Perhitungan Momen Pada *Yield Line Theory*.

Perhitungan momen pada tipe 1 saja untuk arah x dan y untuk perhitungan lanjutnya dapat dilihat pada rekapitulasi dibawah ini.

$$m = \frac{n \times a \times b}{4 + 1,5 \frac{a}{b}} = \frac{9,35 \times 4 \times 4}{4 + 1,5 \frac{4}{4}} = 27,19 \text{ kN.m/m}$$

$$m' = \frac{n \times a \times b}{6 \left(\frac{a}{b} + \frac{b}{a} \right)} = \frac{9,35 \times 4 \times 4}{6 \left(\frac{4}{4} + \frac{4}{4} \right)} = 12,61 \text{ kN.m/m}$$

A.2 Perhitungan Momen Pada Metode Desain Langsung.

Pada perhitungan (M_o) dalam metode desain langsung ini, hanya menjelaskan perhitungan untuk masing-masing arah x dan y.

- M_o Arah x

Portal 1 pada permodelan pelat tipe 1 memiliki data-data sebagai berikut:

L1 (a-b)	= 4000 mm
L2 (b-c)	= 4000 mm
L3 (c-d)	= 4000 mm
Ln1	= 3400 mm
Ln2	= 3400 mm
Ln3	= 3400 mm
l2(lebar portal ekuivalen)	= 2300 mm
Strip Kolom	= 1300 mm
Strip Tengah	= 1000 mm
U (Beban Berfaktor)	= 9,35 kN/m ²

$$M_o = \frac{U \times l_2 \times L_n}{8} = \frac{9,35 \times 2,30 \times 3,4^2}{8} = 31,06 \text{ kN.m}$$

Dikarnakan bentang 1, 2 dan 3 memiliki bentang bersih yang sama, maka M_o setiap bentang adalah sama.

Perhitungan transfer momen tumpuan interior:

$$\begin{aligned} M_{u_e} &= 0,07 [(q_{du} + 0,5 \times q_{lu}) \times l_2 \times l_n^2 - q'_{du} \times l'_2 \times l'_n^2] \\ &= 3,72 \text{ kN.m} \end{aligned}$$

- M_o arah y

Portal 1 pada permodelan pelat tipe 1 memiliki data-data sebagai berikut:

L1 (a-b)	= 4000 mm
L2 (b-c)	= 4000 mm
L3 (c-d)	= 4000 mm
Ln1	= 3400 mm

Ln2	= 3400 mm
Ln3	= 3400 mm
l2(lebar portal ekivalen)	= 2300 mm
Strip Kolom	= 1300 mm
Strip Tengah	= 1000 mm
U (Beban Berfaktor)	= 9,35 kN/m ²

$$M_o = \frac{U \times l_2 \times L_n}{8} = \frac{9,35 \times 2,30 \times 3,4^2}{8} = 31,06 \text{ kN.m}$$

Dikarnakan bentang 1,2 dan 3 memiliki bentang bersih yang sama, maka Mo setiap bentang adalah sama.

Perhitungan transfer momen tumpuan interior:

$$M_{u_e} = 0,07 [(q_{du} + 0,5 \times q_{lu}) \times l_2 \times l_n^2 - q'_{du} \times l'_2 \times l'_n^2]$$

$$= 3,72 \text{ kN.m}$$

Tabel L.4: Rekapitulasi momen pada metode desain langsung tipe 1.

Hasil	Strip	I			II			III		
		Tumpuan	Lapangan	Tumpuan	Tumpuan	Lapangan	Tumpuan	Tumpuan	Lapangan	Tumpuan
Mu_x (kN.m)	Strip Kolom	-8,08	9,69	-16,31	-15,14	6,52	-15,14	-16,31	9,69	-8,08
	Strip Tengah	0,00	12,08	-10,16	-9,44	8,13	-9,44	-10,16	12,08	0,00
	Strip Kolom	-14,05	16,85	-28,36	-26,33	11,34	-26,33	-28,36	16,85	-14,05
Mu_y (kN.m)	Strip Kolom	-8,08	9,69	-16,31	-14,05	16,85	-28,36	-14,05	16,85	-28,36
	Strip Tengah	0,00	12,08	-10,16	0,00	11,24	-9,45	0,00	12,08	-10,16
	Strip Kolom	-14,05	16,85	-28,36	-14,05	16,85	-28,36	-8,08	9,69	-16,31
Mu_x (kN.m/m lebar)	Strip Kolom	6,21	7,45	12,54	11,65	5,02	11,65	12,54	7,45	6,21
	Strip Tengah	0,00	6,04	5,08	4,72	4,06	4,72	5,08	6,04	0,00
	Strip Kolom	7,02	8,43	14,18	13,17	5,67	13,17	14,18	8,43	7,02
Mu_y (kN.m/m lebar)	Strip Kolom	6,21	7,45	12,54	7,02	8,43	14,18	7,02	8,43	14,18
	Strip Tengah	0,00	6,04	5,08	0,00	5,62	4,73	0,00	6,04	5,08
	Strip Kolom	7,02	8,43	14,18	7,02	8,43	14,18	6,21	7,45	12,54
Mn_x (kN.m/m)	Strip Kolom	6,90	8,28	13,94	12,94	5,58	12,94	13,94	8,28	6,90
	Strip Tengah	0,00	6,71	5,65	5,24	4,52	5,24	5,65	6,71	0,00
	Strip Kolom	7,80	9,36	15,76	14,63	6,30	14,63	15,76	9,36	7,80
Mn_y (kN.m/m)	Strip Kolom	6,90	8,28	13,94	7,80	9,36	15,76	7,80	9,36	15,76
	Strip Tengah	0,00	6,71	5,65	0,00	6,24	5,25	0,00	6,71	5,65
	Strip Kolom	7,80	9,36	15,76	7,80	9,36	15,76	6,90	8,28	13,94

Hasil	Strip	IV			V			VI		
		Tumpuan	Lapangan	Tumpuan	Tumpuan	Lapangan	Tumpuan	Tumpuan	Lapangan	Tumpuan
Mu _x (kN.m)	Strip Kolom	-14,05	16,85	-28,36	-26,33	11,34	-26,33	-28,36	16,85	-14,05
	Strip Tengah	0,00	11,24	-9,45	-8,78	7,56	-8,78	-9,45	11,24	0,00
	Strip Kolom	-14,05	16,85	-28,36	-26,33	11,34	-26,33	-28,36	16,85	-14,05
Mu _y (kN.m)	Strip Kolom	-15,14	6,52	-15,14	-28,36	16,85	-28,36	-26,33	11,34	-26,33
	Strip Tengah	-9,44	8,13	-9,44	-9,45	11,24	-9,45	-9,44	8,13	-9,44
	Strip Kolom	-26,33	11,34	-26,33	-28,36	16,85	-28,36	-15,14	6,52	-15,14
Mu _x (kN.m/m lebar)	Strip Kolom	7,02	8,43	14,18	13,17	5,67	13,17	14,18	8,43	7,02
	Strip Tengah	0,00	5,62	4,73	4,39	3,78	4,39	4,73	5,62	0,00
	Strip Kolom	7,02	8,43	14,18	13,17	5,67	13,17	14,18	8,43	7,02
Mu _y (kN.m/m lebar)	Strip Kolom	11,65	5,02	11,65	13,17	5,67	13,17	13,17	5,67	13,17
	Strip Tengah	4,72	4,06	4,72	4,39	3,78	4,39	4,72	4,06	4,72
	Strip Kolom	13,17	5,67	13,17	13,17	5,67	13,17	11,65	5,02	11,65
Mn _x (kN.m/m)	Strip Kolom	7,80	9,36	15,76	14,63	6,30	14,63	15,76	9,36	7,80
	Strip Tengah	0,00	6,24	5,25	4,88	4,20	4,88	5,25	6,24	0,00
	Strip Kolom	7,80	9,36	15,76	14,63	6,30	14,63	15,76	9,36	7,80
Mn _y (kN.m/m)	Strip Kolom	12,94	5,58	12,94	14,63	6,30	14,63	14,63	6,30	14,63
	Strip Tengah	5,24	4,52	5,24	4,88	4,20	4,88	5,24	4,52	5,24
	Strip Kolom	14,63	6,30	14,63	14,63	6,30	14,63	12,94	5,58	12,94

Hasil	Strip	VII			VIII			IX		
		Tumpuan	Lapangan	Tumpuan	Tumpuan	Lapangan	Tumpuan	Tumpuan	Lapangan	Tumpuan
Mu _x (kN.m)	Strip Kolom	-14,05	16,85	-28,36	-26,33	11,34	-26,33	-28,36	16,85	-14,05
	Strip Tengah	0,00	12,08	-10,16	-9,44	8,13	-9,44	-10,16	12,08	0,00
	Strip Kolom	-8,08	9,69	-16,31	-15,14	6,52	-15,14	-16,31	9,69	-8,08
Mu _y (kN.m)	Strip Kolom	-16,31	9,69	-8,08	-28,36	16,85	-14,05	-28,36	16,85	-14,05
	Strip Tengah	-10,16	12,08	0,00	-9,45	11,24	0,00	-10,16	12,08	0,00
	Strip Kolom	-28,36	16,85	-14,05	-28,36	16,85	-14,05	-16,31	9,69	-8,08
Mu _x (kN.m/m lebar)	Strip Kolom	7,02	8,43	14,18	13,17	5,67	13,17	14,18	8,43	7,02
	Strip Tengah	0,00	6,04	5,08	4,72	4,06	4,72	5,08	6,04	0,00
	Strip Kolom	6,21	7,45	12,54	11,65	5,02	11,65	12,54	7,45	6,21
Mu _y (kN.m/m lebar)	Strip Kolom	12,54	7,45	6,21	14,18	8,43	7,02	14,18	8,43	7,02
	Strip Tengah	5,08	6,04	0,00	4,73	5,62	0,00	5,08	6,04	0,00
	Strip Kolom	14,18	8,43	7,02	14,18	8,43	7,02	12,54	7,45	6,21
Mn _x (kN.m/m)	Strip Kolom	7,80	9,36	15,76	14,63	6,30	14,63	15,76	9,36	7,80
	Strip Tengah	0,00	6,71	5,65	5,24	4,52	5,24	5,65	6,71	0,00
	Strip Kolom	6,90	8,28	13,94	12,94	5,58	12,94	13,94	8,28	6,90
Mn _y (kN.m/m)	Strip Kolom	13,94	8,28	6,90	15,76	9,36	7,80	15,76	9,36	7,80
	Strip Tengah	5,65	6,71	0,00	5,25	6,24	0,00	5,65	6,71	0,00
	Strip Kolom	15,76	9,36	7,80	15,76	9,36	7,80	13,94	8,28	6,90

Tabel L.5: Rekapitulasi momen pada metode desain langsung tipe 2.

Hasil	Strip	I			II			III		
		Tumpuan	Lapangan	Tumpuan	Tumpuan	Lapangan	Tumpuan	Tumpuan	Lapangan	Tumpuan
Mu_x (kN.m)	Strip Kolom	-13,53	16,23	-27,31	-25,36	10,92	-25,36	-27,31	16,23	-13,53
	Strip Tengah	0,00	20,23	-17,02	-15,80	13,62	-15,80	-17,02	20,23	0,00
	Strip Kolom	-23,52	28,23	-47,50	-44,10	19,00	-44,10	-47,50	28,23	-23,52
Mu_y (kN.m)	Strip Kolom	-9,83	11,80	-19,85	-17,56	21,07	-35,45	-17,56	21,07	-35,45
	Strip Tengah	0,00	14,89	-12,53	0,00	14,05	-11,82	0,00	14,89	-12,53
	Strip Kolom	-17,56	21,07	-35,45	-17,56	21,07	-35,45	-9,83	11,80	-19,85
Mu_x (kN.m/m lebar)	Strip Kolom	10,40	12,48	21,01	19,51	8,40	19,51	21,01	12,48	10,40
	Strip Tengah	0,00	10,11	8,51	7,90	6,81	7,90	8,51	10,11	0,00
	Strip Kolom	11,76	14,11	23,75	22,05	9,50	22,05	23,75	14,11	11,76
Mu_y (kN.m/m lebar)	Strip Kolom	6,34	7,61	12,81	7,02	8,43	14,18	7,02	8,43	14,18
	Strip Tengah	0,00	5,96	5,01	0,00	5,62	4,73	0,00	5,96	5,01
	Strip Kolom	7,02	8,43	14,18	7,02	8,43	14,18	6,34	7,61	12,81
Mn_x (kN.m/m)	Strip Kolom	11,56	13,87	23,34	21,67	9,34	21,67	23,34	13,87	11,56
	Strip Tengah	0,00	11,24	9,46	8,78	7,56	8,78	9,46	11,24	0,00
	Strip Kolom	13,07	15,68	26,39	24,50	10,55	24,50	26,39	15,68	13,07
Mn_y (kN.m/m)	Strip Kolom	7,05	8,46	14,23	7,80	9,36	15,76	7,80	9,36	15,76
	Strip Tengah	0,00	6,62	5,57	0,00	6,24	5,25	0,00	6,62	5,57
	Strip Kolom	7,80	9,36	15,76	7,80	9,36	15,76	7,05	8,46	14,23

Hasil	Strip	IV			V			VI		
		Tumpuan	Lapangan	Tumpuan	Tumpuan	Lapangan	Tumpuan	Tumpuan	Lapangan	Tumpuan
Mu _x (kN.m)	Strip Kolom	-23,52	28,23	-47,50	-44,10	19,00	-44,10	-47,50	28,23	-23,52
	Strip Tengah	0,00	18,82	-15,83	-14,70	12,67	-14,70	-15,83	18,82	0,00
	Strip Kolom	-23,52	28,23	-47,50	-44,10	19,00	-44,10	-47,50	28,23	-23,52
Mu _y (kN.m)	Strip Kolom	-18,43	7,94	-18,43	-32,92	14,18	-32,92	-32,92	14,18	-32,92
	Strip Tengah	-11,63	10,02	-11,63	-10,97	9,45	-10,97	-11,63	10,02	-11,63
	Strip Kolom	-32,92	14,18	-32,92	-32,92	14,18	-32,92	-18,43	7,94	-18,43
Mu _x (kN.m/m lebar)	Strip Kolom	11,76	14,11	23,75	22,05	9,50	22,05	23,75	14,11	11,76
	Strip Tengah	0,00	9,41	7,92	7,35	6,33	7,35	7,92	9,41	0,00
	Strip Kolom	11,76	14,11	23,75	22,05	9,50	22,05	23,75	14,11	11,76
Mu _y (kN.m/m lebar)	Strip Kolom	11,89	5,12	11,89	13,17	5,67	13,17	13,17	5,67	13,17
	Strip Tengah	4,65	4,01	4,65	4,39	3,78	4,39	4,65	4,01	4,65
	Strip Kolom	13,17	5,67	13,17	13,17	5,67	13,17	11,89	5,12	11,89
Mn _x (kN.m/m)	Strip Kolom	13,07	15,68	26,39	24,50	10,55	24,50	26,39	15,68	13,07
	Strip Tengah	0,00	10,45	8,80	8,17	7,04	8,17	8,80	10,45	0,00
	Strip Kolom	13,07	15,68	26,39	24,50	10,55	24,50	26,39	15,68	13,07
Mn _y (kN.m/m)	Strip Kolom	13,21	5,69	13,21	14,63	6,30	14,63	14,63	6,30	14,63
	Strip Tengah	5,17	4,45	5,17	4,88	4,20	4,88	5,17	4,45	5,17
	Strip Kolom	14,63	6,30	14,63	14,63	6,30	14,63	13,21	5,69	13,21

Hasil	Strip	VII			VIII			IX		
		Tumpuan	Lapangan	Tumpuan	Tumpuan	Lapangan	Tumpuan	Tumpuan	Lapangan	Tumpuan
Mu _x (kN.m)	Strip Kolom	-23,52	28,23	-47,50	-44,10	19,00	-44,10	-47,50	28,23	-23,52
	Strip Tengah	0,00	20,23	-17,02	-15,80	13,62	-15,80	-17,02	20,23	0,00
	Strip Kolom	-13,53	16,23	-27,31	-25,36	10,92	-25,36	-27,31	16,23	-13,53
Mu _y (kN.m)	Strip Kolom	-19,85	11,80	-9,83	-35,45	21,07	-17,56	-35,45	21,07	-17,56
	Strip Tengah	-12,53	14,89	0,00	-11,82	14,05	0,00	-12,53	14,89	0,00
	Strip Kolom	-35,45	21,07	-17,56	-35,45	21,07	-17,56	-19,85	11,80	-9,83
Mu _x (kN.m/m lebar)	Strip Kolom	11,76	14,11	23,75	22,05	9,50	22,05	23,75	14,11	11,76
	Strip Tengah	0,00	10,11	8,51	7,90	6,81	7,90	8,51	10,11	0,00
	Strip Kolom	10,40	12,48	21,01	19,51	8,40	19,51	21,01	12,48	10,40
Mu _y (kN.m/m lebar)	Strip Kolom	12,81	7,61	6,34	14,18	8,43	7,02	14,18	8,43	7,02
	Strip Tengah	5,01	5,96	0,00	4,73	5,62	0,00	5,01	5,96	0,00
	Strip Kolom	14,18	8,43	7,02	14,18	8,43	7,02	12,81	7,61	6,34
Mn _x (kN.m/m)	Strip Kolom	13,07	15,68	26,39	24,50	10,55	24,50	26,39	15,68	13,07
	Strip Tengah	0,00	11,24	9,46	8,78	7,56	8,78	9,46	11,24	0,00
	Strip Kolom	11,56	13,87	23,34	21,67	9,34	21,67	23,34	13,87	11,56
Mn _y (kN.m/m)	Strip Kolom	14,23	8,46	7,05	15,76	9,36	7,80	15,76	9,36	7,80
	Strip Tengah	5,57	6,62	0,00	5,25	6,24	0,00	5,57	6,62	0,00
	Strip Kolom	15,76	9,36	7,80	15,76	9,36	7,80	14,23	8,46	7,05

Tabel L.6: Rekapitulasi momen pada metode desain langsung tipe 3.

Hasil	Strip	I			II			III		
		Tumpuan	Lapangan	Tumpuan	Tumpuan	Lapangan	Tumpuan	Tumpuan	Lapangan	Tumpuan
Mu_x (kN.m)	Strip Kolom	-20,37	24,45	-41,13	-38,20	16,45	-38,20	-41,13	24,45	-20,37
	Strip Tengah	0,00	30,47	-25,63	-23,80	20,51	-23,80	-25,63	30,47	0,00
	Strip Kolom	-35,43	42,51	-71,54	-66,43	28,62	-66,43	-71,54	42,51	-35,43
Mu_y (kN.m)	Strip Kolom	-11,59	13,90	-23,40	-21,07	25,28	-42,54	-21,07	25,28	-42,54
	Strip Tengah	0,00	17,70	-14,89	0,00	16,85	-14,18	0,00	17,70	-14,89
	Strip Kolom	-21,07	25,28	-42,54	-21,07	25,28	-42,54	-11,59	13,90	-23,40
Mu_x (kN.m/m lebar)	Strip Kolom	15,67	18,80	31,64	29,38	12,66	29,38	31,64	18,80	15,67
	Strip Tengah	0,00	15,23	12,82	11,90	10,25	11,90	12,82	15,23	0,00
	Strip Kolom	17,71	21,26	35,77	33,21	14,31	33,21	35,77	21,26	17,71
Mu_y (kN.m/m lebar)	Strip Kolom	6,44	7,72	13,00	7,02	8,43	14,18	7,02	8,43	14,18
	Strip Tengah	0,00	5,90	4,96	0,00	5,62	4,73	0,00	5,90	4,96
	Strip Kolom	7,02	8,43	14,18	7,02	8,43	14,18	6,44	7,72	13,00
Mn_x (kN.m/m)	Strip Kolom	17,41	20,89	35,16	32,65	14,06	32,65	35,16	20,89	17,41
	Strip Tengah	0,00	16,93	14,24	13,22	11,39	13,22	14,24	16,93	0,00
	Strip Kolom	19,68	23,62	39,74	36,91	15,90	36,91	39,74	23,62	19,68
Mn_y (kN.m/m)	Strip Kolom	7,15	8,58	14,44	7,80	9,36	15,76	7,80	9,36	15,76
	Strip Tengah	0,00	6,55	5,51	0,00	6,24	5,25	0,00	6,55	5,51
	Strip Kolom	7,80	9,36	15,76	7,80	9,36	15,76	7,15	8,58	14,44

Hasil	Strip	IV			V			VI		
		Tumpuan	Lapangan	Tumpuan	Tumpuan	Lapangan	Tumpuan	Tumpuan	Lapangan	Tumpuan
Mu _x (kN.m)	Strip Kolom	-35,43	42,51	-71,54	-66,43	28,62	-66,43	-71,54	42,51	-35,43
	Strip Tengah	0,00	28,34	-23,85	-22,14	19,08	-22,14	-23,85	28,34	0,00
	Strip Kolom	-35,43	42,51	-71,54	-66,43	28,62	-66,43	-71,54	42,51	-35,43
Mu _y (kN.m)	Strip Kolom	-21,73	9,36	-21,73	-39,50	17,02	-39,50	-39,50	17,02	-39,50
	Strip Tengah	-13,83	11,91	-13,83	-13,17	11,34	-13,17	-13,83	11,91	-13,83
	Strip Kolom	-39,50	17,02	-39,50	-39,50	17,02	-39,50	-21,73	9,36	-21,73
Mu _x (kN.m/m lebar)	Strip Kolom	17,71	21,26	35,77	33,21	14,31	33,21	35,77	21,26	17,71
	Strip Tengah	0,00	14,17	11,92	11,07	9,54	11,07	11,92	14,17	0,00
	Strip Kolom	17,71	21,26	35,77	33,21	14,31	33,21	35,77	21,26	17,71
Mu _y (kN.m/m lebar)	Strip Kolom	12,07	5,20	12,07	13,17	5,67	13,17	13,17	5,67	13,17
	Strip Tengah	4,61	3,97	4,61	4,39	3,78	4,39	4,61	3,97	4,61
	Strip Kolom	13,17	5,67	13,17	13,17	5,67	13,17	12,07	5,20	12,07
Mn _x (kN.m/m)	Strip Kolom	19,68	23,62	39,74	36,91	15,90	36,91	39,74	23,62	19,68
	Strip Tengah	0,00	15,75	13,25	12,30	10,60	12,30	13,25	15,75	0,00
	Strip Kolom	19,68	23,62	39,74	36,91	15,90	36,91	39,74	23,62	19,68
Mn _y (kN.m/m)	Strip Kolom	13,41	5,78	13,41	14,63	6,30	14,63	14,63	6,30	14,63
	Strip Tengah	5,12	4,41	5,12	4,88	4,20	4,88	5,12	4,41	5,12
	Strip Kolom	14,63	6,30	14,63	14,63	6,30	14,63	13,41	5,78	13,41

Hasil	Strip	VII			VIII			IX		
		Tumpuan	Lapangan	Tumpuan	Tumpuan	Lapangan	Tumpuan	Tumpuan	Lapangan	Tumpuan
Mu _x (kN.m)	Strip Kolom	-35,43	42,51	-71,54	-66,43	28,62	-66,43	-71,54	42,51	-35,43
	Strip Tengah	0,00	30,47	-25,63	-23,80	20,51	-23,80	-25,63	30,47	0,00
	Strip Kolom	-20,37	24,45	-41,13	-38,20	16,45	-38,20	-41,13	24,45	-20,37
Mu _y (kN.m)	Strip Kolom	-23,40	13,90	-11,59	-42,54	25,28	-21,07	-42,54	25,28	-21,07
	Strip Tengah	-14,89	17,70	0,00	-14,18	16,85	0,00	-14,89	17,70	0,00
	Strip Kolom	-42,54	25,28	-21,07	-42,54	25,28	-21,07	-23,40	13,90	-11,59
Mu _x (kN.m/m lebar)	Strip Kolom	17,71	21,26	35,77	33,21	14,31	33,21	35,77	21,26	17,71
	Strip Tengah	0,00	15,23	12,82	11,90	10,25	11,90	12,82	15,23	0,00
	Strip Kolom	15,67	18,80	31,64	29,38	12,66	29,38	31,64	18,80	15,67
Mu _y (kN.m/m lebar)	Strip Kolom	13,00	7,72	6,44	14,18	8,43	7,02	14,18	8,43	7,02
	Strip Tengah	4,96	5,90	0,00	4,73	5,62	0,00	4,96	5,90	0,00
	Strip Kolom	14,18	8,43	7,02	14,18	8,43	7,02	13,00	7,72	6,44
Mn _x (kN.m/m)	Strip Kolom	19,68	23,62	39,74	36,91	15,90	36,91	39,74	23,62	19,68
	Strip Tengah	0,00	16,93	14,24	13,22	11,39	13,22	14,24	16,93	0,00
	Strip Kolom	17,41	20,89	35,16	32,65	14,06	32,65	35,16	20,89	17,41
Mn _y (kN.m/m)	Strip Kolom	14,44	8,58	7,15	15,76	9,36	7,80	15,76	9,36	7,80
	Strip Tengah	5,51	6,55	0,00	5,25	6,24	0,00	5,51	6,55	0,00
	Strip Kolom	15,76	9,36	7,80	15,76	9,36	7,80	14,44	8,58	7,15

A.3 Perhitungan Momen Pada Metode Portal Ekivalen.

Nilai Kekakuan Ekivalen (K_{ev}) dan *Carry Over Factor* (COF) Pada Kolom.

- Arah x

Adapun data-data yang dibutuhkan dalam penentuan K dan COF kolom portal ekivalen adalah sebagai berikut :

$c1 = c2$	= 600 mm
l_c (kolom atas dan bawah)	= 3600 mm
l_u (kolom atas dan bawah)	= 3435 mm
t_a/t_b	= 1
l_c/l_u	= 1,048
x (bentang terkecil pertemuan kolom)	= 165 mm
y (bentang terbesar pertemuan kolom)	= 600 mm
l_2	= 2300 mm

Maka berdasarkan tabel 2.8 didapatkan nilai $k = 4,52$ dan $COF = 0,54$

$$I = \frac{1}{12} \cdot c1 \cdot c2^3 = \frac{1}{12} \cdot 600 \cdot 600^3 = 1,08 \times 10^{10} mm^4$$

Nilai kekakuan kolom (K_c)

Nilai kekakuan kolom (K_c) merupakan nilai penjumlahan kekakuan kolom atas dan kolom bawah.

$$K_c = \sum \frac{k \cdot E_c \cdot I}{l_c} = 2 \cdot \left(\frac{4,52 \times E_c \times 1,08 \times 10^{10}}{3600} \right) = 2,71 \times 10^7 \times E_c N \cdot mm/rad$$

Kekakuan Batang Puntir

$$C = \sum \left[1 - 0,63 \frac{x}{y} \right] \cdot \frac{x^3 \cdot y}{3} = \left[1 - 0,63 \frac{165}{600} \right] \times \frac{165^3 \times 600}{3} = 7,42 \times 10^9 mm^4$$

$$\sum K_t = \sum \frac{9 \cdot E_c \cdot C}{l_2 \cdot \left(1 - \frac{c2}{l_2} \right)^3} = \frac{9 \times E_c \times 7,42 \times 10^9}{2300 \times \left(1 - \frac{600}{2300} \right)^3} = 7,20 \times 10^6 \times E_c N \cdot mm/rad$$

$$\sum K_t = 7,20 \times 10^6 \times E_c N \cdot mm/rad$$

Kekakuan Kolom Ekuivalen

$$K_{ec} = \left[\frac{1}{\frac{1}{K_c} + \frac{1}{K_t}} \right] = \left[\frac{1}{\frac{1}{2,71 \times 10^7 \times E_c} + \frac{1}{7,20 \times 10^6 \times E_c}} \right]$$

$$K_{ec} = 5,69 \times 10^6 \times E_c \text{ N.mm/rad}$$

- Arah y

Adapun data-data yang dibutuhkan dalam penentuan K dan COF kolom portal ekuivalen adalah sebagai berikut :

$c_1 = c_2$	= 600 mm
l_c (kolom atas dan bawah)	= 3600 mm
l_u (kolom atas dan bawah)	= 3435 mm
t_a/t_b	= 1
l_c/l_u	= 1,048
x (bentang terkecil pertemuan kolom)	= 165 mm
y (bentang terbesar pertemuan kolom)	= 600 mm
l_2	= 2300 mm

Maka berdasarkan tabel 2.8 didapatkan nilai $k = 4,52$ dan $COF = 0,54$

$$I = \frac{1}{12} \cdot c_1 \cdot c_2^3 = \frac{1}{12} \cdot 600 \cdot 600^3 = 1,08 \times 10^{10} \text{ mm}^4$$

Nilai kekakuan kolom (K_c)

Nilai kekakuan kolom (K_c) merupakan nilai penjumlahan kekakuan kolom atas dan kolom bawah.

$$K_c = \sum \frac{k \cdot E_c \cdot I}{l_c} = 2 \cdot \left(\frac{4,52 \times E_c \times 1,08 \times 10^{10}}{3600} \right) = 2,71 \times 10^7 \times E_c \text{ N.mm/rad}$$

Kekakuan Batang Puntir

$$C = \sum \left[1 - 0,63 \frac{x}{y} \right] \cdot \frac{x^3 \cdot y}{3} = \left[1 - 0,63 \frac{165}{600} \right] \times \frac{165^3 \times 600}{3} = 7,42 \times 10^9 \text{ mm}^4$$

$$\sum K_t = \sum \frac{9 \cdot E_c \cdot C}{l_2 \cdot \left(1 - \frac{c_2}{l_2} \right)^3} = \frac{9 \times E_c \times 7,42 \times 10^9}{2300 \times \left(1 - \frac{600}{2300} \right)^3} = 7,20 \times 10^6 \times E_c \text{ N.mm/rad}$$

$$\sum K_t = 7,20 \times 10^6 \times E_c \text{ N.mm/rad}$$

Kekakuan Kolom Ekivalen

$$K_{ec} = \left[\frac{1}{\frac{1}{K_c} + \frac{1}{K_t}} \right] = \left[\frac{1}{\frac{1}{2,71 \times 10^7 \times E_c} + \frac{1}{7,20 \times 10^6 \times E_c}} \right]$$

$$K_{ec} = 5,69 \times 10^6 \times E_c \text{ N.mm/rad}$$

Penentuan Faktor Distribusi (FD)

- Arah x

Bentang Eksterior

Diketahui :

$$K_{\text{pelat eks}} = 1,00 \times 10^6 \times E_c \text{ N.mm/rad}$$

$$K_{ec} = 5,69 \times 10^6 \times E_c \text{ N.mm/rad}$$

$$\begin{aligned} \Sigma K &= K_{\text{pelat eks}} + K_{ec} = (1,00 \times 10^6 + 5,69 \times 10^6) \times E_c \\ &= 6,69 \times 10^6 \times E_c \text{ N.mm/rad} \end{aligned}$$

$$F_{d_{\text{pelat eks}}} = \frac{K_{\text{pelat eks}}}{\Sigma K} = \frac{1,00 \times 10^6 \times E_c}{6,69 \times 10^6 \times E_c} = 0,15$$

$$F_{d_{\text{kolom atas}}} = 0,5 \left(\frac{K_{ec}}{\Sigma K} \right) = 0,5 \times \left(\frac{5,69 \times 10^6 \times E_c}{6,69 \times 10^6 \times E_c} \right) = 0,42$$

$$F_{d_{\text{kolom bawah}}} = 1 - F_{d_{\text{pelat eks}}} - F_{d_{\text{kolom atas}}} = 1 - 0,15 - 0,42 = 0,43$$

Bentang Interior

Diketahui :

$$K_{\text{pelat eks}} = 1,00 \times 10^6 \times E_c \text{ N.mm/rad}$$

$$K_{\text{pelat int}} = 1,00 \times 10^6 \times E_c \text{ N.mm/rad}$$

$$K_{ec} = 5,69 \times 10^6 \times E_c \text{ N.mm/rad}$$

$$\begin{aligned} \Sigma K &= K_{\text{pelat eks}} + K_{\text{pelat int}} + K_{ec} \\ &= (1,00 \times 10^6 + 1,00 \times 10^6 + 5,69 \times 10^6) \times E_c \\ &= 7,7 \times 10^7 \times E_c \text{ N.mm/rad} \end{aligned}$$

$$F_{d_{\text{pelat eks}}} = \frac{K_{\text{pelat eks}}}{\Sigma K} = \frac{1,00 \times 10^6 \times E_c}{7,7 \times 10^7 \times E_c} = 0,13$$

$$F_{d_{\text{pelat int}}} = \frac{K_{\text{pelat int}}}{\Sigma K} = \frac{1,00 \times 10^6 \times E_c}{7,7 \times 10^7 \times E_c} = 0,13$$

$$F_{d_{\text{kolom atas}}} = 0,5 \left(\frac{K_{ec}}{\Sigma K} \right) = 0,5 \times \left(\frac{5,69 \times 10^6 \times E_c}{7,7 \times 10^7 \times E_c} \right) = 0,36$$

$$\begin{aligned}
 Fd_{kolom\ bawah} &= 1 - Fd_{pelat\ eks} - Fd_{pelat\ int} + Fd_{kolom\ atas} \\
 &= 1 - 0,13 - 0,13 - 0,36 = 0,36
 \end{aligned}$$

- Arah y

Bentang Eksterior

Diketahui :

$$K_{pelat\ eks} = 1,00 \times 10^6 \times Ec\ N.mm/rad$$

$$K_{ec} = 5,69 \times 10^6 \times Ec\ N.mm/rad$$

$$\begin{aligned}
 \Sigma K &= K_{pelat\ eks} + K_{ec} = (1,00 \times 10^6 + 5,69 \times 10^6) \times Ec \\
 &= 6,69 \times 10^6 \times Ec\ N.mm/rad
 \end{aligned}$$

$$Fd_{pelat\ eks} = \frac{K_{pelat\ eks}}{\Sigma K} = \frac{1,00 \times 10^6 \times Ec}{6,69 \times 10^6 \times Ec} = 0,15$$

$$Fd_{kolom\ atas} = 0,5 \left(\frac{K_{ec}}{\Sigma K} \right) = 0,5 \times \left(\frac{5,69 \times 10^6 \times Ec}{6,69 \times 10^6 \times Ec} \right) = 0,42$$

$$Fd_{kolom\ bawah} = 1 - Fd_{pelat\ eks} - Fd_{kolom\ atas} = 1 - 0,15 - 0,42 = 0,43$$

Bentang Interior

Diketahui :

$$K_{pelat\ eks} = 1,00 \times 10^6 \times Ec\ N.mm/rad$$

$$K_{pelat\ int} = 1,00 \times 10^6 \times Ec\ N.mm/rad$$

$$K_{ec} = 5,69 \times 10^6 \times Ec\ N.mm/rad$$

$$\begin{aligned}
 \Sigma K &= K_{pelat\ eks} + K_{pelat\ int} + K_{ec} \\
 &= (1,00 \times 10^6 + 1,00 \times 10^6 + 5,69 \times 10^6) \times Ec \\
 &= 7,7 \times 10^7 \times Ec\ N.mm/rad
 \end{aligned}$$

$$Fd_{pelat\ eks} = \frac{K_{pelat\ eks}}{\Sigma K} = \frac{1,00 \times 10^6 \times Ec}{7,7 \times 10^7 \times Ec} = 0,13$$

$$Fd_{pelat\ int} = \frac{K_{pelat\ int}}{\Sigma K} = \frac{1,00 \times 10^6 \times Ec}{7,7 \times 10^7 \times Ec} = 0,13$$

$$Fd_{kolom\ atas} = 0,5 \left(\frac{K_{ec}}{\Sigma K} \right) = 0,5 \times \left(\frac{5,69 \times 10^6 \times Ec}{7,7 \times 10^7 \times Ec} \right) = 0,36$$

$$\begin{aligned}
 Fd_{kolom\ bawah} &= 1 - Fd_{pelat\ eks} - Fd_{pelat\ int} + Fd_{kolom\ atas} \\
 &= 1 - 0,13 - 0,13 - 0,36 = 0,36
 \end{aligned}$$

Metode *Hardy Croos*

- Arah x

Fd pelat eks	= 0,36
Fd pelat int	= 0,13
Fd kolom atas dan bawah eks	= 0,42
Fd kolom atas dan bawah int	= 0,36
Fem negatif	= -30,27 kN.m
Fem positif	= 30,27 kN.m
COF	= 0,54

- Arah y

Fd pelat eks	= 0,36
Fd pelat int	= 0,13
Fd kolom atas dan bawah eks	= 0,42
Fd kolom atas dan bawah int	= 0,36
Fem negatif	= -30,27 kN.m
Fem positif	= 30,27 kN.m
COF	= 0,54

Tabel L.7: Rekapitulasi momen pada metode portal ekuivalen tipe 1.

Hasil	Strip	I			II			III		
		Tumpuan	Lapangan	Tumpuan	Tumpuan	Lapangan	Tumpuan	Tumpuan	Lapangan	Tumpuan
Mu_x (kN.m)	Strip Kolom	-16,23	8,35	-16,44	-15,26	7,54	-15,26	-16,44	8,35	-16,23
	Strip Tengah	0,00	11,03	-10,27	-9,43	9,53	-9,43	-10,27	11,03	0,00
	Strip Kolom	-22,04	16,40	-28,77	-26,06	13,50	-26,06	-28,77	16,40	-22,04
Mu_y (kN.m)	Strip Kolom	-16,21	8,35	-16,44	-22,04	16,40	-28,77	-22,04	16,40	-28,77
	Strip Tengah	0,00	11,03	-10,27	0,00	10,94	-9,59	0,00	11,03	-10,27
	Strip Kolom	-22,04	16,40	-28,77	-22,04	16,40	-28,77	-16,21	8,35	-16,44
Mu_x (kN.m/m lebar)	Strip Kolom	12,48	6,42	12,65	11,74	5,80	11,74	12,65	6,42	12,48
	Strip Tengah	0,00	5,52	5,14	4,72	4,76	4,72	5,14	5,52	0,00
	Strip Kolom	11,02	8,20	14,38	13,03	6,75	13,03	14,38	8,20	11,02
Mu_y (kN.m/m lebar)	Strip Kolom	12,47	6,42	12,65	11,02	8,20	14,38	11,02	8,20	14,38
	Strip Tengah	0,00	5,52	5,14	0,00	5,47	4,79	0,00	5,52	5,14
	Strip Kolom	11,02	8,20	14,38	11,02	8,20	14,38	12,47	6,42	12,65
Mn_x (kN.m/m)	Strip Kolom	13,87	7,14	14,05	13,04	6,44	13,04	14,05	7,14	13,87
	Strip Tengah	0,00	6,13	5,71	5,24	5,29	5,24	5,71	6,13	0,00
	Strip Kolom	12,24	9,11	15,98	14,48	7,50	14,48	15,98	9,11	12,24
Mn_y (kN.m/m)	Strip Kolom	13,85	7,14	14,05	12,24	9,11	15,98	12,24	9,11	15,98
	Strip Tengah	0,00	6,13	5,71	0,00	6,08	5,33	0,00	6,13	5,71
	Strip Kolom	12,24	9,11	15,98	12,24	9,11	15,98	13,85	7,14	14,05

Hasil	Strip	IV			V			VI		
		Tumpuan	Lapangan	Tumpuan	Tumpuan	Lapangan	Tumpuan	Tumpuan	Lapangan	Tumpuan
Mu_x (kN.m)	Strip Kolom	-22,04	16,40	-28,77	-26,06	13,50	-26,06	-28,77	16,40	-22,04
	Strip Tengah	0,00	10,94	-9,59	-8,69	9,00	-8,69	-9,59	10,94	0,00
	Strip Kolom	-22,04	16,40	-28,77	-26,06	13,50	-26,06	-28,77	16,40	-22,04
Mu_y (kN.m)	Strip Kolom	-15,26	7,54	-15,26	-26,06	13,50	-26,06	-26,06	13,50	-26,06
	Strip Tengah	-9,43	9,53	-9,43	-8,69	9,00	-8,69	-9,43	9,53	-9,43
	Strip Kolom	-26,06	13,50	-26,06	-26,06	13,50	-26,06	-15,26	7,54	-15,26
Mu_x (kN.m/m lebar)	Strip Kolom	11,02	8,20	14,38	13,03	6,75	13,03	14,38	8,20	11,02
	Strip Tengah	0,00	5,47	4,79	4,34	4,50	4,34	4,79	5,47	0,00
	Strip Kolom	11,02	8,20	14,38	13,03	6,75	13,03	14,38	8,20	11,02
Mu_y (kN.m/m lebar)	Strip Kolom	11,74	5,80	11,74	13,03	6,75	13,03	13,03	6,75	13,03
	Strip Tengah	4,72	4,76	4,72	4,34	4,50	4,34	4,72	4,76	4,72
	Strip Kolom	13,03	6,75	13,03	13,03	6,75	13,03	11,74	5,80	11,74
Mn_x (kN.m/m)	Strip Kolom	12,24	9,11	15,98	14,48	7,50	14,48	15,98	9,11	12,24
	Strip Tengah	0,00	6,08	5,33	4,83	5,00	4,83	5,33	6,08	0,00
	Strip Kolom	12,24	9,11	15,98	14,48	7,50	14,48	15,98	9,11	12,24
Mn_y (kN.m/m)	Strip Kolom	13,04	6,44	13,04	14,48	7,50	14,48	14,48	7,50	14,48
	Strip Tengah	5,24	5,29	5,24	4,83	5,00	4,83	5,24	5,29	5,24
	Strip Kolom	14,48	7,50	14,48	14,48	7,50	14,48	13,04	6,44	13,04

Hasil	Strip	VII			VIII			IX		
		Tumpuan	Lapangan	Tumpuan	Tumpuan	Lapangan	Tumpuan	Tumpuan	Lapangan	Tumpuan
Mu _x (kN.m)	Strip Kolom	-22,04	16,40	-28,77	-26,06	13,50	-26,06	-28,77	16,40	-22,04
	Strip Tengah	0,00	11,03	-10,27	-9,43	9,53	-9,43	-10,27	11,03	0,00
	Strip Kolom	-16,23	8,35	-16,44	-15,26	7,54	-15,26	-16,44	8,35	-16,23
Mu _y (kN.m)	Strip Kolom	-16,44	8,35	-16,21	-28,77	16,40	-22,04	-28,77	16,40	-22,04
	Strip Tengah	-10,27	11,03	0,00	-9,59	10,94	0,00	-10,27	11,03	0,00
	Strip Kolom	-28,77	16,40	-22,04	-28,77	16,40	-22,04	-16,44	8,35	-16,21
Mu _x (kN.m/m lebar)	Strip Kolom	11,02	8,20	14,38	13,03	6,75	13,03	14,38	8,20	11,02
	Strip Tengah	0,00	5,52	5,14	4,72	4,76	4,72	5,14	5,52	0,00
	Strip Kolom	12,48	6,42	12,65	11,74	5,80	11,74	12,65	6,42	12,48
Mu _y (kN.m/m lebar)	Strip Kolom	12,65	6,42	12,47	14,38	8,20	11,02	14,38	8,20	11,02
	Strip Tengah	5,14	5,52	0,00	4,79	5,47	0,00	5,14	5,52	0,00
	Strip Kolom	14,38	8,20	11,02	14,38	8,20	11,02	12,65	6,42	12,47
Mn _x (kN.m/m)	Strip Kolom	12,24	9,11	15,98	14,48	7,50	14,48	15,98	9,11	12,24
	Strip Tengah	0,00	6,13	5,71	5,24	5,29	5,24	5,71	6,13	0,00
	Strip Kolom	13,87	7,14	14,05	13,04	6,44	13,04	14,05	7,14	13,87
Mn _y (kN.m/m)	Strip Kolom	14,05	7,14	13,85	15,98	9,11	12,24	15,98	9,11	12,24
	Strip Tengah	5,71	6,13	0,00	5,33	6,08	0,00	5,71	6,13	0,00
	Strip Kolom	15,98	9,11	12,24	15,98	9,11	12,24	14,05	7,14	13,85

Tabel L.8: Rekapitulasi momen pada metode portal ekuivalen tipe 2.

Hasil	Strip	I			II			III		
		Tumpuan	Lapangan	Tumpuan	Tumpuan	Lapangan	Tumpuan	Tumpuan	Lapangan	Tumpuan
Mu_x (kN.m)	Strip Kolom	-29,14	13,00	-27,37	-25,78	12,03	-25,78	-27,37	13,00	-29,14
	Strip Tengah	0,00	17,08	-17,11	-15,91	15,24	-15,91	-17,11	17,08	0,00
	Strip Kolom	-41,87	25,24	-47,91	-43,89	21,67	-43,89	-47,91	25,24	-41,87
Mu_y (kN.m)	Strip Kolom	-17,19	10,84	-20,34	-21,51	22,25	-36,55	-21,51	22,25	-36,55
	Strip Tengah	0,00	14,65	-12,87	0,00	14,83	-12,18	0,00	14,65	-12,87
	Strip Kolom	-21,51	22,25	-36,55	-21,51	22,25	-36,55	-17,19	10,84	-20,34
Mu_x (kN.m/m lebar)	Strip Kolom	22,42	10,00	21,06	19,83	9,25	19,83	21,06	10,00	22,42
	Strip Tengah	0,00	8,54	8,55	7,95	7,62	7,95	8,55	8,54	0,00
	Strip Kolom	20,93	12,62	23,96	21,94	10,83	21,94	23,96	12,62	20,93
Mu_y (kN.m/m lebar)	Strip Kolom	11,09	7,00	13,12	8,61	8,90	14,62	8,61	8,90	14,62
	Strip Tengah	0,00	5,86	5,15	0,00	5,93	4,87	0,00	5,86	5,15
	Strip Kolom	8,61	8,90	14,62	8,61	8,90	14,62	11,09	7,00	13,12
Mn_x (kN.m/m)	Strip Kolom	24,91	11,12	23,39	22,03	10,28	22,03	23,39	11,12	24,91
	Strip Tengah	0,00	9,49	9,51	8,84	8,47	8,84	9,51	9,49	0,00
	Strip Kolom	23,26	14,02	26,62	24,38	12,04	24,38	26,62	14,02	23,26
Mn_y (kN.m/m)	Strip Kolom	12,32	7,77	14,58	9,56	9,89	16,24	9,56	9,89	16,24
	Strip Tengah	0,00	6,51	5,72	0,00	6,59	5,41	0,00	6,51	5,72
	Strip Kolom	9,56	9,89	16,24	9,56	9,89	16,24	12,32	7,77	14,58

Hasil	Strip	IV			V			VI		
		Tumpuan	Lapangan	Tumpuan	Tumpuan	Lapangan	Tumpuan	Tumpuan	Lapangan	Tumpuan
Mu _x (kN.m)	Strip Kolom	-41,87	25,24	-47,91	-43,89	21,67	-43,89	-47,91	25,24	-41,87
	Strip Tengah	0,00	16,83	-15,97	-14,63	14,44	-14,63	-15,97	16,83	0,00
	Strip Kolom	-41,87	25,24	-47,91	-43,89	21,67	-43,89	-47,91	25,24	-41,87
Mu _y (kN.m)	Strip Kolom	-18,52	9,22	-18,52	-32,90	16,61	-32,90	-32,90	16,61	-32,90
	Strip Tengah	-11,66	11,69	-11,66	-10,97	11,07	-10,97	-11,66	11,69	-11,66
	Strip Kolom	-32,90	16,61	-32,90	-32,90	16,61	-32,90	-18,52	9,22	-18,52
Mu _x (kN.m/m lebar)	Strip Kolom	20,93	12,62	23,96	21,94	10,83	21,94	23,96	12,62	20,93
	Strip Tengah	0,00	8,41	7,99	7,31	7,22	7,31	7,99	8,41	0,00
	Strip Kolom	20,93	12,62	23,96	21,94	10,83	21,94	23,96	12,62	20,93
Mu _y (kN.m/m lebar)	Strip Kolom	11,95	5,95	11,95	13,16	6,64	13,16	13,16	6,64	13,16
	Strip Tengah	4,66	4,67	4,66	4,39	4,43	4,39	4,66	4,67	4,66
	Strip Kolom	13,16	6,64	13,16	13,16	6,64	13,16	11,95	5,95	11,95
Mn _x (kN.m/m)	Strip Kolom	23,26	14,02	26,62	24,38	12,04	24,38	26,62	14,02	23,26
	Strip Tengah	0,00	9,35	8,87	8,13	8,02	8,13	8,87	9,35	0,00
	Strip Kolom	23,26	14,02	26,62	24,38	12,04	24,38	26,62	14,02	23,26
Mn _y (kN.m/m)	Strip Kolom	13,28	6,61	13,28	14,62	7,38	14,62	14,62	7,38	14,62
	Strip Tengah	5,18	5,19	5,18	4,87	4,92	4,87	5,18	5,19	5,18
	Strip Kolom	14,62	7,38	14,62	14,62	7,38	14,62	13,28	6,61	13,28

Hasil	Strip	VII			VIII			IX		
		Tumpuan	Lapangan	Tumpuan	Tumpuan	Lapangan	Tumpuan	Tumpuan	Lapangan	Tumpuan
Mu _x (kN.m)	Strip Kolom	-41,87	25,24	-47,91	-43,89	21,67	-43,89	-47,91	25,24	-41,87
	Strip Tengah	0,00	17,08	-17,11	-15,91	15,24	-15,91	-17,11	17,08	0,00
	Strip Kolom	-29,14	13,00	-27,37	-25,78	12,03	-25,78	-27,37	13,00	-29,14
Mu _y (kN.m)	Strip Kolom	-20,34	10,84	-17,19	-36,55	22,25	-21,51	-36,55	22,25	-21,51
	Strip Tengah	-12,87	14,65	0,00	-12,18	14,83	0,00	-12,87	14,65	0,00
	Strip Kolom	-36,55	22,25	-21,51	-36,55	22,25	-21,51	-20,34	10,84	-17,19
Mu _x (kN.m/m lebar)	Strip Kolom	20,93	12,62	23,96	21,94	10,83	21,94	23,96	12,62	20,93
	Strip Tengah	0,00	8,54	8,55	7,95	7,62	7,95	8,55	8,54	0,00
	Strip Kolom	22,42	10,00	21,06	19,83	9,25	19,83	21,06	10,00	22,42
Mu _y (kN.m/m lebar)	Strip Kolom	13,12	7,00	11,09	14,62	8,90	8,61	14,62	8,90	8,61
	Strip Tengah	5,15	5,86	0,00	4,87	5,93	0,00	5,15	5,86	0,00
	Strip Kolom	14,62	8,90	8,61	14,62	8,90	8,61	13,12	7,00	11,09
Mn _x (kN.m/m)	Strip Kolom	23,26	14,02	26,62	24,38	12,04	24,38	26,62	14,02	23,26
	Strip Tengah	0,00	9,49	9,51	8,84	8,47	8,84	9,51	9,49	0,00
	Strip Kolom	24,91	11,12	23,39	22,03	10,28	22,03	23,39	11,12	24,91
Mn _y (kN.m/m)	Strip Kolom	14,58	7,77	12,32	16,24	9,89	9,56	16,24	9,89	9,56
	Strip Tengah	5,72	6,51	0,00	5,41	6,59	0,00	5,72	6,51	0,00
	Strip Kolom	16,24	9,89	9,56	16,24	9,89	9,56	14,58	7,77	12,32

Tabel L.9: Rekapitulasi momen pada metode portal ekuivalen tipe 3.

Hasil	Strip	I			II			III		
		Tumpuan	Lapangan	Tumpuan	Tumpuan	Lapangan	Tumpuan	Tumpuan	Lapangan	Tumpuan
Mu _x (kN.m)	Strip Kolom	-45,66	18,69	-41,04	-39,03	17,55	-39,03	-41,04	18,69	-45,66
	Strip Tengah	0,00	24,45	-25,64	-24,07	22,27	-24,07	-25,64	24,45	0,00
	Strip Kolom	-67,84	35,96	-71,76	-66,36	31,73	-66,36	-71,76	35,96	-67,84
Mu _y (kN.m)	Strip Kolom	-17,27	13,63	-24,25	-19,31	28,69	-44,31	-19,31	28,69	-44,31
	Strip Tengah	0,00	18,65	-15,47	0,00	19,13	-14,77	0,00	18,65	-15,47
	Strip Kolom	-19,31	28,69	-44,31	-19,31	28,69	-44,31	-17,27	13,63	-24,25
Mu _x (kN.m/m lebar)	Strip Kolom	35,12	14,38	31,57	30,02	13,50	30,02	31,57	14,38	35,12
	Strip Tengah	0,00	12,22	12,82	12,03	11,14	12,03	12,82	12,22	0,00
	Strip Kolom	33,92	17,98	35,88	33,18	15,86	33,18	35,88	17,98	33,92
Mu _y (kN.m/m lebar)	Strip Kolom	9,60	7,57	13,47	6,44	9,56	14,77	6,44	9,56	14,77
	Strip Tengah	0,00	6,22	5,16	0,00	6,38	4,92	0,00	6,22	5,16
	Strip Kolom	6,44	9,56	14,77	6,44	9,56	14,77	9,60	7,57	13,47
Mn _x (kN.m/m)	Strip Kolom	39,02	15,98	35,08	33,36	15,00	33,36	35,08	15,98	39,02
	Strip Tengah	0,00	13,58	14,25	13,37	12,37	13,37	14,25	13,58	0,00
	Strip Kolom	37,69	19,98	39,87	36,87	17,63	36,87	39,87	19,98	37,69
Mn _y (kN.m/m)	Strip Kolom	10,66	8,42	14,97	7,15	10,63	16,41	7,15	10,63	16,41
	Strip Tengah	0,00	6,91	5,73	0,00	7,08	5,47	0,00	6,91	5,73
	Strip Kolom	7,15	10,63	16,41	7,15	10,63	16,41	10,66	8,42	14,97

Hasil	Strip	IV			V			VI		
		Tumpuan	Lapangan	Tumpuan	Tumpuan	Lapangan	Tumpuan	Tumpuan	Lapangan	Tumpuan
Mu _x (kN.m)	Strip Kolom	-67,84	35,96	-71,76	-66,36	31,73	-66,36	-71,76	35,96	-67,84
	Strip Tengah	0,00	23,98	-23,92	-22,12	21,15	-22,12	-23,92	23,98	0,00
	Strip Kolom	-67,84	35,96	-71,76	-66,36	31,73	-66,36	-71,76	35,96	-67,84
Mu _y (kN.m)	Strip Kolom	-21,86	10,85	-21,86	-40,14	19,41	-40,14	-40,14	19,41	-40,14
	Strip Tengah	-13,98	13,70	-13,98	-13,38	12,94	-13,38	-13,98	13,70	-13,98
	Strip Kolom	-40,14	19,41	-40,14	-40,14	19,41	-40,14	-21,86	10,85	-21,86
Mu _x (kN.m/m lebar)	Strip Kolom	33,92	17,98	35,88	33,18	15,86	33,18	35,88	17,98	33,92
	Strip Tengah	0,00	11,99	11,96	11,06	10,58	11,06	11,96	11,99	0,00
	Strip Kolom	33,92	17,98	35,88	33,18	15,86	33,18	35,88	17,98	33,92
Mu _y (kN.m/m lebar)	Strip Kolom	12,14	6,03	12,14	13,38	6,47	13,38	13,38	6,47	13,38
	Strip Tengah	4,66	4,57	4,66	4,46	4,31	4,46	4,66	4,57	4,66
	Strip Kolom	13,38	6,47	13,38	13,38	6,47	13,38	12,14	6,03	12,14
Mn _x (kN.m/m)	Strip Kolom	37,69	19,98	39,87	36,87	17,63	36,87	39,87	19,98	37,69
	Strip Tengah	0,00	13,32	13,29	12,29	11,75	12,29	13,29	13,32	0,00
	Strip Kolom	37,69	19,98	39,87	36,87	17,63	36,87	39,87	19,98	37,69
Mn _y (kN.m/m)	Strip Kolom	13,49	6,70	13,49	14,87	7,19	14,87	14,87	7,19	14,87
	Strip Tengah	5,18	5,07	5,18	4,96	4,79	4,96	5,18	5,07	5,18
	Strip Kolom	14,87	7,19	14,87	14,87	7,19	14,87	13,49	6,70	13,49

Hasil	Strip	VII			VIII			IX		
		Tumpuan	Lapangan	Tumpuan	Tumpuan	Lapangan	Tumpuan	Tumpuan	Lapangan	Tumpuan
Mu _x (kN.m)	Strip Kolom	-67,84	35,96	-71,76	-66,36	31,73	-66,36	-71,76	35,96	-67,84
	Strip Tengah	0,00	24,45	-25,64	-24,07	22,27	-24,07	-25,64	24,45	0,00
	Strip Kolom	-45,66	18,69	-41,04	-39,03	17,55	-39,03	-41,04	18,69	-45,66
Mu _y (kN.m)	Strip Kolom	-24,25	13,63	-17,27	-44,31	28,69	-19,31	-44,31	28,69	-19,31
	Strip Tengah	-15,47	18,65	0,00	-14,77	19,13	0,00	-15,47	18,65	0,00
	Strip Kolom	-44,31	28,69	-19,31	-44,31	28,69	-19,31	-24,25	13,63	-17,27
Mu _x (kN.m/m lebar)	Strip Kolom	33,92	17,98	35,88	33,18	15,86	33,18	35,88	17,98	33,92
	Strip Tengah	0,00	12,22	12,82	12,03	11,14	12,03	12,82	12,22	0,00
	Strip Kolom	35,12	14,38	31,57	30,02	13,50	30,02	31,57	14,38	35,12
Mu _y (kN.m/m lebar)	Strip Kolom	13,47	7,57	9,60	14,77	9,56	6,44	14,77	9,56	6,44
	Strip Tengah	5,16	6,22	0,00	4,92	6,38	0,00	5,16	6,22	0,00
	Strip Kolom	14,77	9,56	6,44	14,77	9,56	6,44	13,47	7,57	9,60
Mn _x (kN.m/m)	Strip Kolom	37,69	19,98	39,87	36,87	17,63	36,87	39,87	19,98	37,69
	Strip Tengah	0,00	13,58	14,25	13,37	12,37	13,37	14,25	13,58	0,00
	Strip Kolom	39,02	15,98	35,08	33,36	15,00	33,36	35,08	15,98	39,02
Mn _y (kN.m/m)	Strip Kolom	14,97	8,42	10,66	16,41	10,63	7,15	16,41	10,63	7,15
	Strip Tengah	5,73	6,91	0,00	5,47	7,08	0,00	5,73	6,91	0,00
	Strip Kolom	16,41	10,63	7,15	16,41	10,63	7,15	14,97	8,42	10,66

A.4 Perhitungan Momen Pada FEM.

Menentukan nilai momen pada pelat dengan menggunakan metode FEM, momen akan didistribusikan pada masing-masing strip-strip desain dan nantinya akan digunakan sebagai momen desain dalam detailing pelat.

Tabel L.10: Rekapitulasi momen pada FEM tipe 1.

Hasil	Strip	I			II			III		
		Tumpuan	Lapangan	Tumpuan	Tumpuan	Lapangan	Tumpuan	Tumpuan	Lapangan	Tumpuan
Mu _x (kN.m)	Strip Kolom	-16,27	10,08	-19,61	-19,61	9,37	-19,61	-19,61	10,08	-16,27
	Strip Tengah	0,00	16,88	-15,66	-15,66	13,11	-15,66	-15,66	16,88	0,00
	Strip Kolom	-33,11	21,96	-37,49	-37,49	18,55	-37,49	-37,49	21,96	-33,11
Mu _y (kN.m)	Strip Kolom	-19,90	14,28	-24,66	-35,26	23,32	-44,48	-35,26	23,32	-44,48
	Strip Tengah	-3,22	15,43	-17,35	-3,50	14,89	-18,42	-3,22	15,43	-17,35
	Strip Kolom	-35,26	23,32	-44,48	-35,26	23,32	-44,48	-19,90	14,28	-24,66
Mu _x (kN.m/m lebar)	Strip Kolom	12,52	7,75	15,08	15,08	7,21	15,08	15,08	7,75	12,52
	Strip Tengah	0,00	8,44	7,83	7,83	6,56	7,83	7,83	8,44	0,00
	Strip Kolom	16,56	10,98	18,75	18,75	9,28	18,75	18,75	10,98	16,56
Mu _y (kN.m/m lebar)	Strip Kolom	12,52	7,75	15,08	16,56	10,98	18,75	16,56	10,98	18,75
	Strip Tengah	0,00	8,44	7,83	0,00	8,73	8,10	0,00	8,44	7,83
	Strip Kolom	16,56	10,98	18,75	16,56	10,98	18,75	12,52	7,75	15,08

Hasil	Strip	IV			V			VI		
		Tumpuan	Lapangan	Tumpuan	Tumpuan	Lapangan	Tumpuan	Tumpuan	Lapangan	Tumpuan
Mu _x (kN.m)	Strip Kolom	-33,11	21,96	-37,49	-37,49	18,55	-37,49	-37,49	21,96	-33,11
	Strip Tengah	0,00	17,45	-16,19	-16,19	12,49	-16,19	-16,19	17,45	0,00
	Strip Kolom	-33,11	21,96	-37,49	-37,49	18,55	-37,49	-37,49	21,96	-33,11
Mu _y (kN.m)	Strip Kolom	-23,16	13,00	-23,16	-42,21	23,32	-42,21	-42,21	21,03	-42,21
	Strip Tengah	-15,72	12,99	-15,72	-16,57	14,89	-16,57	-15,72	12,99	-15,72
	Strip Kolom	-42,21	21,03	-42,21	-42,21	23,32	-42,21	-23,16	13,00	-23,16
Mu _x (kN.m/m lebar)	Strip Kolom	16,56	10,98	18,75	18,75	9,28	18,75	18,75	10,98	16,56
	Strip Tengah	0,00	8,73	8,10	8,10	6,25	8,10	8,10	8,73	0,00
	Strip Kolom	16,56	10,98	18,75	18,75	9,28	18,75	18,75	10,98	16,56
Mu _y (kN.m/m lebar)	Strip Kolom	15,08	7,21	15,08	18,75	10,98	18,75	18,75	9,28	18,75
	Strip Tengah	7,83	6,56	7,83	8,10	8,73	8,10	7,83	6,56	7,83
	Strip Kolom	18,75	9,28	18,75	18,75	10,98	18,75	15,08	7,21	15,08

Hasil	Strip	VII			VIII			IX		
		Tumpuan	Lapangan	Tumpuan	Tumpuan	Lapangan	Tumpuan	Tumpuan	Lapangan	Tumpuan
Mu _x (kN.m)	Strip Kolom	-33,11	21,96	-37,49	-37,49	18,55	-37,49	-37,49	21,96	-33,11
	Strip Tengah	0,00	16,88	-15,66	-15,66	13,11	-15,66	-15,66	16,88	0,00
	Strip Kolom	-16,27	10,08	-19,61	-19,61	9,37	-19,61	-19,61	10,08	-16,27
Mu _y (kN.m)	Strip Kolom	-24,66	14,28	-19,90	-44,48	23,32	-35,26	-44,48	23,32	-35,26
	Strip Tengah	-17,35	15,43	-3,22	-18,42	14,89	-3,50	-17,35	15,43	-3,22
	Strip Kolom	-44,48	23,32	-35,26	-44,48	23,32	-35,26	-24,66	14,28	-19,90
Mu _x (kN.m/m lebar)	Strip Kolom	16,56	10,98	18,75	18,75	9,28	18,75	18,75	10,98	16,56
	Strip Tengah	0,00	8,44	7,83	7,83	6,56	7,83	7,83	8,44	0,00
	Strip Kolom	12,52	7,75	15,08	15,08	7,21	15,08	15,08	7,75	12,52
Mu _y (kN.m/m lebar)	Strip Kolom	15,08	7,75	12,52	18,75	10,98	16,56	18,75	10,98	16,56
	Strip Tengah	7,83	8,44	0,00	8,10	8,73	0,00	7,83	8,44	0,00
	Strip Kolom	18,75	10,98	16,56	18,75	10,98	16,56	15,08	7,75	12,52

Tabel L.11: Rekapitulasi momen pada FEM tipe 2.

Hasil	Strip	I			II			III		
		Tumpuan	Lapangan	Tumpuan	Tumpuan	Lapangan	Tumpuan	Tumpuan	Lapangan	Tumpuan
Mu_x (kN.m)	Strip Kolom	-38,42	22,82	-46,48	-43,34	20,69	-43,34	-46,48	22,82	-38,42
	Strip Tengah	-14,71	34,12	-44,27	-41,15	27,25	-41,15	-44,27	34,12	-14,71
	Strip Kolom	-63,96	37,21	-80,11	-75,01	33,53	-75,01	-80,11	37,21	-63,96
Mu_y (kN.m)	Strip Kolom	-24,68	19,04	-33,00	-50,78	31,44	-64,85	-50,78	31,44	-64,85
	Strip Tengah	-2,58	18,86	-10,80	-1,13	16,83	-13,69	-2,58	18,86	-10,80
	Strip Kolom	-50,78	31,44	-64,85	-50,78	31,44	-64,85	-24,68	19,04	-33,00
Mu_x (kN.m/m lebar)	Strip Kolom	20,70	11,55	21,83	21,83	9,46	21,83	21,83	11,55	20,70
	Strip Tengah	0,00	12,80	14,08	14,08	9,43	14,08	14,08	12,80	0,00
	Strip Kolom	26,98	16,04	27,97	27,97	12,51	27,97	27,97	16,04	26,98
Mu_y (kN.m/m lebar)	Strip Kolom	13,66	9,81	17,82	17,34	10,74	20,65	17,34	10,74	20,65
	Strip Tengah	0,00	8,92	5,96	0,00	9,45	6,12	0,00	8,92	5,96
	Strip Kolom	17,34	10,74	20,65	17,34	10,74	20,65	13,66	9,81	17,82

Hasil	Strip	IV			V			VI		
		Tumpuan	Lapangan	Tumpuan	Tumpuan	Lapangan	Tumpuan	Tumpuan	Lapangan	Tumpuan
Mu _x (kN.m)	Strip Kolom	-63,96	37,21	-80,11	-75,01	33,53	-75,01	-80,11	37,21	-63,96
	Strip Tengah	15,89	34,77	-46,37	-43,18	6,27	-43,18	-46,37	34,77	15,89
	Strip Kolom	-63,96	37,21	-80,11	-75,01	33,53	-75,01	-80,11	37,21	-63,96
Mu _y (kN.m)	Strip Kolom	-31,70	17,42	-31,70	-63,13	31,44	-63,13	-63,13	28,23	-63,13
	Strip Tengah	-9,20	14,78	-9,20	-11,86	16,83	-11,86	-9,20	14,78	-9,20
	Strip Kolom	-63,13	28,23	-63,13	-63,13	31,44	-63,13	-31,70	17,42	-31,70
Mu _x (kN.m/m lebar)	Strip Kolom	26,98	16,04	27,97	27,97	12,51	27,97	27,97	16,04	26,98
	Strip Tengah	0,00	12,70	14,68	14,68	8,57	14,68	14,68	12,70	0,00
	Strip Kolom	26,98	16,04	27,97	27,97	12,51	27,97	27,97	16,04	26,98
Mu _y (kN.m/m lebar)	Strip Kolom	17,82	8,90	17,82	20,65	10,74	20,65	20,65	9,71	20,65
	Strip Tengah	5,96	6,22	5,96	6,12	9,45	6,12	5,96	6,22	5,96
	Strip Kolom	20,65	9,71	20,65	20,65	10,74	20,65	17,82	8,90	17,82

Hasil	Strip	VII			VIII			IX		
		Tumpuan	Lapangan	Tumpuan	Tumpuan	Lapangan	Tumpuan	Tumpuan	Lapangan	Tumpuan
Mu _x (kN.m)	Strip Kolom	-63,96	37,21	-80,11	-75,01	33,53	-75,01	-80,11	37,21	-63,96
	Strip Tengah	-14,71	34,12	-44,27	-41,15	27,25	-41,15	-44,27	34,12	-14,71
	Strip Kolom	-38,42	22,82	-46,48	-43,34	20,69	-43,34	-46,48	22,82	-38,42
Mu _y (kN.m)	Strip Kolom	-33,00	19,04	-24,68	-64,85	31,44	-50,78	-64,85	31,44	-50,78
	Strip Tengah	-10,80	18,86	-2,58	-13,69	16,83	-1,13	-10,80	18,86	-2,58
	Strip Kolom	-64,85	31,44	-50,78	-64,85	31,44	-50,78	-33,00	19,04	-24,68
Mu _x (kN.m/m lebar)	Strip Kolom	26,98	16,04	27,97	27,97	12,51	27,97	27,97	16,04	26,98
	Strip Tengah	0,00	12,80	14,08	14,08	9,43	14,08	14,08	12,80	0,00
	Strip Kolom	20,70	11,55	21,83	21,83	9,46	21,83	21,83	11,55	20,70
Mu _y (kN.m/m lebar)	Strip Kolom	17,82	9,81	13,66	20,65	10,74	17,34	20,65	10,74	17,34
	Strip Tengah	5,96	8,92	0,00	6,12	9,45	0,00	5,96	8,92	0,00
	Strip Kolom	20,65	10,74	17,34	20,65	10,74	17,34	17,82	9,81	13,66

Tabel L.12: Rekapitulasi momen pada FEM tipe 3.

Hasil	Strip	I			II			III		
		Tumpuan	Lapangan	Tumpuan	Tumpuan	Lapangan	Tumpuan	Tumpuan	Lapangan	Tumpuan
Mu _x (kN.m)	Strip Kolom	-51,65	30,49	-61,89	-56,23	26,51	-56,23	-61,89	30,49	-51,65
	Strip Tengah	-19,82	45,39	-60,80	-56,51	38,53	-56,51	-60,80	45,39	-19,82
	Strip Kolom	-85,00	47,98	-105,29	-96,47	41,31	-96,47	-105,29	47,98	-85,00
Mu _y (kN.m)	Strip Kolom	-29,48	21,32	-38,49	-55,60	35,10	-67,49	-55,60	35,10	-67,49
	Strip Tengah	0,00	28,23	-13,39	0,00	29,13	-13,29	0,00	28,23	-13,39
	Strip Kolom	-55,60	35,10	-67,49	-55,60	35,10	-67,49	-29,48	21,32	-38,49
Mu _x (kN.m/m lebar)	Strip Kolom	29,57	15,97	28,82	28,82	13,14	28,82	28,82	15,97	29,57
	Strip Tengah	0,00	17,92	22,90	22,90	14,26	22,90	22,90	17,92	0,00
	Strip Kolom	37,32	22,31	37,05	37,05	16,62	37,05	37,05	22,31	37,32
Mu _y (kN.m/m lebar)	Strip Kolom	16,38	11,84	21,38	18,53	11,70	22,50	18,53	11,70	22,50
	Strip Tengah	0,00	9,41	4,46	0,00	9,71	4,43	0,00	9,41	4,46
	Strip Kolom	18,53	11,70	22,50	18,53	11,70	22,50	16,38	11,84	21,38

Hasil	Strip	IV			V			VI		
		Tumpuan	Lapangan	Tumpuan	Tumpuan	Lapangan	Tumpuan	Tumpuan	Lapangan	Tumpuan
Mu _x (kN.m)	Strip Kolom	-85,00	47,98	-105,29	-96,47	41,31	-96,47	-105,29	47,98	-85,00
	Strip Tengah	21,21	46,06	-63,47	-58,80	6,27	-58,80	-63,47	46,06	21,21
	Strip Kolom	-85,00	47,98	-105,29	-96,47	41,31	-96,47	-105,29	47,98	-85,00
Mu _y (kN.m)	Strip Kolom	-39,11	21,03	-39,11	-81,69	38,15	-81,69	-81,69	33,98	-81,69
	Strip Tengah	-4,87	18,09	-4,87	-8,34	20,48	-8,34	-4,87	18,09	-4,87
	Strip Kolom	-81,69	33,98	-81,69	-81,69	38,15	-81,69	-39,11	21,03	-39,11
Mu _x (kN.m/m lebar)	Strip Kolom	37,32	22,31	37,05	37,05	16,62	37,05	37,05	22,31	37,32
	Strip Tengah	0,00	17,86	23,82	23,82	13,61	23,82	23,82	17,86	0,00
	Strip Kolom	37,32	22,31	37,05	37,05	16,62	37,05	37,05	22,31	37,32
Mu _y (kN.m/m lebar)	Strip Kolom	21,38	10,44	21,38	22,50	11,70	22,50	22,50	9,95	22,50
	Strip Tengah	4,46	7,75	4,46	4,43	9,71	4,43	4,46	7,75	4,46
	Strip Kolom	22,50	9,95	22,50	22,50	11,70	22,50	21,38	10,44	21,38

Hasil	Strip	VII			VIII			IX		
		Tumpuan	Lapangan	Tumpuan	Tumpuan	Lapangan	Tumpuan	Tumpuan	Lapangan	Tumpuan
Mu _x (kN.m)	Strip Kolom	-85,00	47,98	-105,29	-96,47	41,31	-96,47	-105,29	47,98	-85,00
	Strip Tengah	-19,82	45,39	-60,80	-56,51	38,53	-56,51	-60,80	45,39	-19,82
	Strip Kolom	-51,65	30,49	-61,89	-56,23	26,51	-56,23	-61,89	30,49	-51,65
Mu _y (kN.m)	Strip Kolom	-38,49	21,32	-29,48	-67,49	35,10	-55,60	-67,49	35,10	-55,60
	Strip Tengah	-13,39	28,23	0,00	-13,29	29,13	0,00	-13,39	28,23	0,00
	Strip Kolom	-67,49	35,10	-55,60	-67,49	35,10	-55,60	-38,49	21,32	-29,48
Mu _x (kN.m/m lebar)	Strip Kolom	37,32	22,31	37,05	37,05	16,62	37,05	37,05	22,31	37,32
	Strip Tengah	0,00	17,92	22,90	22,90	14,26	22,90	22,90	17,92	0,00
	Strip Kolom	29,57	15,97	28,82	28,82	13,14	28,82	28,82	15,97	29,57
Mu _y (kN.m/m lebar)	Strip Kolom	21,38	11,84	16,38	22,50	11,70	18,53	22,50	11,70	18,53
	Strip Tengah	4,46	9,41	0,00	4,43	9,71	0,00	4,46	9,41	0,00
	Strip Kolom	22,50	11,70	18,53	22,50	11,70	18,53	21,38	11,84	16,38

A.5 Perhitungan Defleksi Pada *Yield Line Theory*.

$$m_{serv} = \frac{27,18}{4} \approx 6,79 \text{ kN.m/m}$$

$$E = 19613300 \text{ kN/m}^2$$

$$I = 0,0001961 \text{ mm}^4$$

$$c = \sqrt{\frac{a \times b}{\pi}} = \sqrt{\frac{600 \times 600}{\pi}} = 338,59 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} u &= \frac{m_s l^2 \alpha}{8EI} = \frac{m_s}{8EI} \left(\sqrt{(L^2 x + L^2 y)} - 2c \right)^2 \\ &= \frac{6,79}{8 \times 19613300 \times 0,0001961} \left(\sqrt{(4^2 + 4^2)} - 2 \times 338,59 \right)^2 \\ &= 7,07 \text{ mm} \end{aligned}$$

Maka didapatlah Δ max adalah rata-rata yaitu sebesar 7,07 mm dan kecil dari defleksi izin 7,29 mm.

Tabel L.13: Rekapitulasi defleksi pada *yield line theory* tipe 1.

Panel	Defleksi, Δ (mm)	Defleksi Izin, Δ izin (mm)	Cek = $\Delta < \Delta$ izin
1	7,07	7,29	oK
2	7,07	7,29	oK
3	7,07	7,29	oK
4	7,07	7,29	oK
5	7,07	7,29	oK
6	7,07	7,29	oK
7	7,07	7,29	oK
8	7,07	7,29	oK
9	7,07	7,29	oK

Tabel L.14: Rekapitulasi defleksi pada *yield line theory* tipe 2.

Panel	Defleksi, Δ (mm)	Defleksi Izin, Δ izin (mm)	Cek = $\Delta < \Delta$ izin
1	9,58	9,38	Tidak oK
2	9,58	9,38	Tidak oK
3	9,58	9,38	Tidak oK
4	9,58	9,38	Tidak oK
5	9,58	9,38	Tidak oK
6	9,58	9,38	Tidak oK
7	9,58	9,38	Tidak oK
8	9,58	9,38	Tidak oK
9	9,58	9,38	Tidak oK

Tabel L.15: Rekapitulasi defleksi pada *yield line theory* tipe 3.

Panel	Defleksi, Δ (mm)	Defleksi Izin, Δ izin (mm)	Cek = $\Delta < \Delta$ izin
1	15,56	11,46	Tidak oK
2	15,56	11,46	Tidak oK
3	15,56	11,46	Tidak oK
4	15,56	11,46	Tidak oK
5	15,56	11,46	Tidak oK
6	15,56	11,46	Tidak oK
7	15,56	11,46	Tidak oK
8	15,56	11,46	Tidak oK
9	15,56	11,46	Tidak oK

A.6 Perhitungan Defleksi Pada Metode Desain Langsung dan Metode Portal Ekivalen.

Dalam perhitungan defleksi ini penulis hanya melampirkan metode desain langsung dan pada metode portal ekivalen sama.

$$h = 165 \text{ mm}$$

$$l1 \text{ x} = 4 \text{ m}$$

$$l1 \text{ y} = 4 \text{ m}$$

$$l2 \text{ x} = 2,3 \text{ m}$$

$$l2 \text{ y} = 4 \text{ m}$$

$$in \text{ x} = 3,4 \text{ m}$$

$$in \text{ y} = 4,4 \text{ m}$$

$$Ec = 21019,03 \text{ MPa}$$

$$\delta_{por 1} = \frac{U \times l2 \times l1^4}{384 \times Ec \times Ics}$$

$$= \left[\frac{9,35 \times 2,3 \times 4^4}{384 \times 21019,03 \times 8,6 \cdot 10^{-3}} \right] \times 1000 = 0,809 \text{ mm}$$

$$\delta_{por 2} = \frac{U \times l2 \times l1^4}{384 \times Ec \times Ics}$$

$$= \left[\frac{9,35 \times 4 \times 4^4}{384 \times 21019,03 \times 1,5 \cdot 10^{-3}} \right] \times 1000 = 0,792 \text{ mm}$$

Defleksi A1-B1=A1-A2 :

$$\delta'_{cx} = \delta_{por 1} \times \frac{Mu}{Mo} \times \frac{Ics}{Ic} = 0,792 \times \frac{9,69}{16,15} \times \frac{8,6 \times 10^{-3}}{4,9 \times 10^{-3}} = 0,841 \text{ mm}$$

Defleksi akibat putaran tumpuan A1-B1 = A1-A2

$$M_{A1} = 8,08 \text{ kN.m}$$

$$M_{B1} = M_{ue} = 3,72 \text{ kN.m}$$

$$Kec = 1,19 \times 10^{11} \text{ N.m/rad}$$

$$\phi_{A1} = \frac{M_{A1}}{Kec} = \frac{8,08 \times 1000^2}{1,19 \times 10^{11}} = 6,75 \times 10^{-5} \text{ rad}$$

$$\phi_{A1} = \frac{M_{A1}}{K_{ec}} = \frac{8,08 \times 1000^2}{1,19 \times 10^{11}} = 3,11 \times 10^{-5} \text{ rad}$$

$$\delta'' = \frac{\phi \cdot l_1}{8} = \frac{(6,75 \times 10^{-5} + 3,11 \times 10^{-5}) \times 4000}{8} = 0,04 \text{ mm}$$

$$\delta_{cx} = 0,841 + 0,04 = 0,890 \text{ mm}$$

Defleksi A2-B2=B1-B2 :

$$\delta_{cx} = \delta_{por 2} \times \frac{Mu}{M_o} \times \frac{I_{cs}}{I_c} = 0,345 \times \frac{16,85}{28,09} \times \frac{1,5 \times 10^{-3}}{7,5 \times 10^{-3}} = 0,792 \text{ mm}$$

Defleksi akibat putaran tumpuan A2-B2=B1-B2

$$M_{A2} = 14,05 \text{ kN.m}$$

$$M_{B2} = M_{ue} = 6,47 \text{ kN.m}$$

$$K_{ec} = 0,9 \times 10^{11} \text{ N.m/rad}$$

$$\phi_{A2} = \frac{M_{A2}}{K_{ec}} = \frac{14,05 \times 1000^2}{0,9 \times 10^{11}} = 1,47 \times 10^{-4} \text{ rad}$$

$$\phi_{B2} = \frac{M_{B2}}{K_{ec}} = \frac{6,47 \times 1000^2}{0,9 \times 10^{11}} = 6,79 \times 10^{-5} \text{ rad}$$

$$\delta'' = \frac{\phi \cdot l_1}{8} = \frac{(1,47 \times 10^{-4} + 6,79 \times 10^{-5}) \times 4000}{8} = 0,107 \text{ mm}$$

$$\delta_{cx} = 0,792 + 0,107 = 1,058 \text{ mm}$$

Defleksi A1-B1=A1-A2 strip tengah :

$$\delta_{sx}' = \delta_{por 1} \times \frac{Mu}{M_o} \times \frac{I_s}{I_c} = 0,345 \times \frac{5,62}{28,09} \times \frac{3,74 \times 10^{-4}}{1,5 \times 10^{-3}} = 0,792 \text{ mm}$$

Defleksi A2-B2=B1-B2 strip tengah :

$$\delta_{sx}' = \delta_{por 2} \times \frac{Mu}{M_o} \times \frac{I_s}{I_c} = 0,345 \times \frac{6,46}{16,15} \times \frac{4,0 \times 10^{-4}}{9,0 \times 10^{-4}} = 0,792 \text{ mm}$$

Defleksi tengah total

$$\delta_{sx} = 0,792 + 0,792 + 0,107 + 0,04 = 1,519 \text{ mm}$$

$$\Delta_x = \Delta_y = \delta_{sx} + \frac{\delta_{cy}A1 - A2 + \delta_{cy}B1 - B2}{2}$$

$$= 1,519 + \frac{0,924 + 1,058}{2} = 2,501 \text{ mm}$$

Maka didapatkan Δ max adalah rata-rata dari yaitu sebesar 2,501 mm dan kecil dari defleksi izin 7,29 mm.

Tabel L.16: Rekapitulasi defleksi pada metode desain langsung tipe 1.

Panel	Defleksi, Δ (mm)	Defleksi Izin, Δ izin (mm)	Cek = $\Delta < \Delta$ izin
1	2,50	7,29	oK
2	2,48	7,29	oK
3	2,50	7,29	oK
4	2,47	7,29	oK
5	2,42	7,29	oK
6	2,47	7,29	oK
7	2,50	7,29	oK
8	2,48	7,29	oK
9	2,50	7,29	oK

Tabel L.17: Rekapitulasi defleksi pada metode desain langsung tipe 2.

Panel	Defleksi, Δ (mm)	Defleksi Izin, Δ izin (mm)	Cek = $\Delta < \Delta$ izin
1	4,35	9,38	oK
2	4,31	9,38	oK
3	4,35	9,38	oK
4	4,30	9,38	oK
5	3,25	9,38	oK
6	4,30	9,38	oK
7	4,35	9,38	oK
8	4,31	9,38	oK
9	4,35	9,38	oK

Tabel L.18: Rekapitulasi defleksi pada metode desain langsung tipe 3.

Panel	Defleksi, Δ (mm)	Defleksi Izin, Δ izin (mm)	Cek = $\Delta < \Delta$ izin
1	7,62	11,46	oK
2	7,55	11,46	oK
3	7,62	11,46	oK
4	7,53	11,46	oK
5	7,36	11,46	oK
6	7,53	11,46	oK
7	7,62	11,46	oK
8	7,55	11,46	oK
9	7,62	11,46	oK

Tabel L.19: Rekapitulasi defleksi pada metode portal ekivalen tipe 1.

Panel	Defleksi, Δ (mm)	Defleksi Izin, Δ izin (mm)	Cek = $\Delta < \Delta$ izin
1	2,62	7,29	oK
2	2,54	7,29	oK
3	2,62	7,29	oK
4	2,54	7,29	oK
5	2,42	7,29	oK
6	2,54	7,29	oK
7	2,62	7,29	oK
8	2,54	7,29	oK
9	2,62	7,29	oK

Tabel L.20: Rekapitulasi defleksi pada metode portal ekivalen tipe 2.

Panel	Defleksi, Δ (mm)	Defleksi Izin, Δ izin (mm)	Cek = $\Delta < \Delta$ izin
1	4,54	9,38	oK
2	4,66	9,38	oK
3	4,54	9,38	oK
4	4,47	9,38	oK
5	4,20	9,38	oK
6	4,47	9,38	oK
7	4,54	9,38	oK
8	4,66	9,38	oK
9	4,54	9,38	oK

Tabel L.21: Rekapitulasi defleksi pada metode portal ekivalen tipe 3.

Panel	Defleksi, Δ (mm)	Defleksi Izin, Δ izin (mm)	Cek = $\Delta < \Delta$ izin
1	7,95	11,46	oK
2	8,81	11,46	oK
3	7,95	11,46	oK
4	7,91	11,46	oK
5	7,36	11,46	oK
6	7,91	11,46	oK
7	7,95	11,46	oK
8	8,81	11,46	oK
9	7,95	11,46	oK

A.7 Perhitungan Defleksi Pada FEM.

Tabel L.22: Rekapitulasi defleksi pada FEM tipe 1.

Panel	Defleksi, Δ (mm)	Defleksi Izin, Δ izin (mm)	Cek = $\Delta < \Delta$ izin
1	2,09	7,29	oK
2	1,80	7,29	oK
3	2,09	7,29	oK
4	1,80	7,29	oK
5	1,63	7,29	oK
6	1,80	7,29	oK
7	2,09	7,29	oK
8	1,80	7,29	oK
9	2,09	7,29	oK

Tabel L.23: Rekapitulasi defleksi pada FEM tipe 2.

Panel	Defleksi, Δ (mm)	Defleksi Izin, Δ izin (mm)	Cek = $\Delta < \Delta$ izin
1	3,59	9,38	oK
2	2,77	9,38	oK
3	3,59	9,38	oK
4	3,24	9,38	oK
5	2,58	9,38	oK
6	3,24	9,38	oK
7	3,59	9,38	oK
8	2,77	9,38	oK
9	3,59	9,38	oK

Tabel L.24: Rekapitulasi defleksi pada FEM tipe 3.

Panel	Defleksi, Δ (mm)	Defleksi Izin, Δ izin (mm)	Cek = $\Delta < \Delta$ izin
1	6,03	11,46	oK
2	4,52	11,46	oK
3	6,03	11,46	oK
4	5,67	11,46	oK
5	4,36	11,46	oK
6	5,67	11,46	oK
7	6,03	11,46	oK
8	4,52	11,46	oK
9	6,03	11,46	oK

A.8 Perhitungan *Phunching Shear* Pada *Yield Line Theory*.

- Kolom sudut

$$V_t = (0,3 + (0,45 \times 4))^2 \times 9,35 = 41,21 \text{ kN}$$

$$V_{\text{eff}} = 1,4 \times 41,21 = 57,70 \text{ kN}$$

- Kolom tepi

$$V_t = (0,55 \times 4 + 0,5 \times 4) \times (0,3 + 0,45 \times 4) \times 9,35 = 82,43 \text{ kN}$$

$$V_{\text{eff}} = 1,25 \times 82,43 = 103,03 \text{ kN}$$

- Kolom interior

$$V_t = (0,55 \times 4 + 0,5 \times 4) \times 4 \times 9,35 = 157,01 \text{ kN}$$

$$V_{\text{eff}} = 1,15 \times 157,01 = 180,56 \text{ kN}$$

Tabel L.25: Rekapitulasi *phunching shear* pada *yeild line theory* tipe 1.

Kolom	bo (m)	Ac (m ²)	Vu (kN)	Vn (kN)	Vc (kN)	Cek (Vn<Vc)
A1	1,35	0,20	41,22	57,70	290,73	ok
A2	2,09	0,30	82,43	103,04	451,76	ok
A3	2,09	0,30	82,43	103,04	451,76	ok
A4	1,35	0,20	41,22	57,70	290,73	ok
B1	2,09	0,30	82,43	103,04	451,76	ok
B2	2,98	0,43	157,01	180,56	644,14	ok
B3	2,98	0,43	157,01	180,56	644,14	ok
B4	2,09	0,30	82,43	103,04	451,76	ok
C1	2,09	0,30	82,43	103,04	451,76	ok
C2	2,98	0,43	157,01	180,56	644,14	ok
C3	2,98	0,43	157,01	180,56	644,14	ok
C4	2,09	0,30	82,43	103,04	451,76	ok
D1	1,35	0,20	41,22	54,95	290,73	ok
D2	2,09	0,30	82,43	103,04	451,76	ok
D3	2,09	0,30	82,43	103,04	451,76	ok
D4	1,35	0,20	41,22	54,95	290,73	ok

Tabel L.26: Rekapitulasi *Phunching shear* pada *yeild line theory* tipe 2.

Kolom	bo (m)	Ac (m ²)	Vu (kN)	Vn (kN)	Vc (kN)	Cek (Vn<Vc)
A1	1,35	0,20	60,77	85,08	290,73	ok
A2	2,09	0,30	103,04	128,80	451,76	ok
A3	2,09	0,30	103,04	128,80	451,76	ok
A4	1,35	0,20	60,77	81,03	290,73	ok
B1	2,09	0,30	103,04	128,80	451,76	ok
B2	2,98	0,43	196,27	225,71	644,14	ok
B3	2,98	0,43	196,27	225,71	644,14	ok
B4	2,09	0,30	103,04	128,80	451,76	ok
C1	2,09	0,30	103,04	128,80	451,76	ok
C2	2,98	0,43	196,27	225,71	644,14	ok
C3	2,98	0,43	196,27	225,71	644,14	ok
C4	2,09	0,30	103,04	128,80	451,76	ok
D1	1,35	0,20	60,77	85,08	290,73	ok
D2	2,09	0,30	103,04	128,80	451,76	ok
D3	2,09	0,30	103,04	128,80	451,76	ok
D4	1,35	0,20	60,77	85,08	290,73	ok

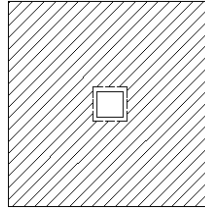
Tabel L.27: Rekapitulasi *Phunching shear* pada *yield line theory* tipe 3.

Kolom	bo (m)	Ac (m ²)	Vu (kN)	Vn (kN)	Vc (kN)	Cek (Vn<Vc)
A1	1,35	0,20	84,11	117,76	290,73	ok
A2	2,09	0,30	123,65	154,56	451,76	ok
A3	2,09	0,30	123,65	154,56	451,76	ok
A4	1,35	0,20	84,11	117,76	290,73	ok
B1	2,09	0,30	123,65	154,56	451,76	ok
B2	2,98	0,43	252,72	336,95	644,14	ok
B3	2,98	0,43	252,72	336,95	644,14	ok
B4	2,09	0,30	123,65	154,56	451,76	ok
C1	2,09	0,30	123,65	154,56	451,76	ok
C2	2,98	0,43	252,72	336,95	644,14	ok
C3	2,98	0,43	252,72	336,95	644,14	ok
C4	2,09	0,30	123,65	154,56	451,76	ok
D1	1,35	0,20	84,11	117,76	290,73	ok
D2	2,09	0,30	123,65	154,56	451,76	ok
D3	2,09	0,30	123,65	154,56	451,76	ok
D4	1,35	0,20	84,11	117,76	290,73	ok

A.9 Perhitungan *Phunching Shear* Pada Metode Desain Langsung dan Metode Portal Ekuivalen.

Dalam perhitungan *phunching shear* ini penulis hanya melampirkan metode Desain Langsung dan pada metode portal ekuivalen sama.

Kolom *Interior*



GambarL.1: Penampang kritis kolom interior tipe 1.

- Gaya geser nominal, dimana $l_1 = 4 \text{ m}$ dan $l_2 = 4 \text{ m}$

$$Vu = ((l_1 \times l_2) - (c_1 + d) \times (c_2 + d)) \times U$$

$$Vu = ((4 \times 4) - (0,6 + 0,145) \times (0,6 + 0,145)) \times 9,35 = 144,35 \text{ kN}$$

$$Vn = \frac{Vu}{\phi} = \frac{144,35}{0,75} = 192,46 \text{ kN}$$

- Perimeter penampang kritis (b_o) dan luas penampang kritis (A_c)

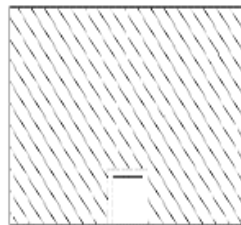
$$b_o = 2(c_1 + d + c_2 + d) = 2(0,6 + 0,145 + 0,6 + 0,145) = 2,98 \text{ m}$$

$$A_c = b_o \cdot d = 2,98 \times 0,145 = 0,43 \text{ m}^2$$

- Gaya tahanan geser

$$Vc = \frac{1}{3} \sqrt{f'_c} \cdot A_c = \frac{1}{3} \times \sqrt{20} \times 0,43 = 644,14 \text{ kN} \dots Vc > VnoK$$

Kolom *Eksterior*



Gambar L.2: Penampang kritis kolom eksterior tipe 1.

- Gaya geser nominal, dimana $l_1 = 2,30 \text{ m}$ dan $l_2 = 4 \text{ m}$

$$Vu = ((l_1 \times l_2) - (c_1 + d) \times (c_2 + d)) \times U$$

$$Vu = ((2,30 \times 4) - (0,6 + 0,145) \times (0,6 + 0,145)) \times 9,35 = 81,30 \text{ kN}$$

$$V_n = \frac{V_u}{\phi} = \frac{81,30}{0,75} = 108,40 \text{ kN}$$

- Perimeter penampang kritis (b_o) dan luas penampang kritis (A_c)

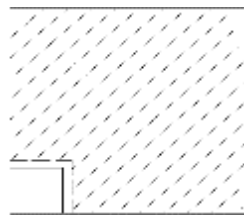
$$b_o = 2 \left(c_1 + \frac{d}{2} \right) + c_2 + d = 2 \left(0,6 + \frac{0,145}{2} \right) + 0,6 + 0,145 = 2,09 \text{ m}$$

$$A_c = b_o \cdot d = 2,09 \times 0,145 = 0,30 \text{ m}^2$$

- Gaya tahanan geser

$$V_c = \frac{1}{3} \sqrt{f'_c} \cdot A_c = \frac{1}{3} \times \sqrt{20} \times 0,30 = 451,76 \text{ kN} \dots V_c > V_{noK}$$

Kolom Sudut



Gambar L.3: Penampang kritis kolom sudut tipe 1.

- Gaya geser nominal, dimana $l_1 = 2,30 \text{ m}$ dan $l_2 = 2,30 \text{ m}$

$$V_u = ((l_1 \times l_2) - (c_1 + d) \times (c_2 + d)) \times U$$

$$V_u = ((2,30 \times 2,30) - (0,6 + 0,145) \times (0,6 + 0,145)) \times 9,35 = 45,21 \text{ kN}$$

$$V_n = \frac{V_u}{\phi} = \frac{81,30}{0,75} = 108,40 \text{ kN}$$

- Perimeter penampang kritis (b_o) dan luas penampang kritis (A_c)

$$b_o = \left(c_1 + \frac{d}{2} \right) + \left(c_2 + \frac{d}{2} \right) = \left(0,6 + \frac{0,145}{2} \right) + \left(0,6 + \frac{0,145}{2} \right) = 1,35 \text{ m}$$

$$A_c = b_o \cdot d = 1,35 \times 0,145 = 0,20 \text{ m}^2$$

- Gaya tahanan geser

$$V_c = \frac{1}{3} \sqrt{f'_c} \cdot A_c = \frac{1}{3} \times \sqrt{20} \times 0,20 = 290,73 \text{ kN} \dots V_c > V_{noK}$$

Maka dapat disimpulkan bahwa tebal pelat memenuhi persyaratan geser yang telah disyaratkan $V_c > V_n$, untuk perhitungan selanjutnya dapat dilihat pada dibawah ini.

Tabel L.28: Rekapitulasi *phunching shear* pada metode desain langsung dan metode ekuivalen tipe 1.

Kolom	bo (m)	Ac (m ²)	Vu (kN)	Vn (kN)	Vc (kN)	Cek (Vn<Vc)
A1	1,35	0,20	45,21	60,28	290,73	ok
A2	2,09	0,30	81,30	108,40	451,76	ok
A3	2,09	0,30	81,30	108,40	451,76	ok
A4	1,35	0,20	45,21	60,28	290,73	ok
B1	2,09	0,30	81,30	108,40	451,76	ok
B2	2,98	0,43	144,35	192,46	644,14	ok
B3	2,98	0,43	144,35	192,46	644,14	ok
B4	2,09	0,30	81,30	108,40	451,76	ok
C1	2,09	0,30	81,30	108,40	451,76	ok
C2	2,98	0,43	144,35	192,46	644,14	ok
C3	2,98	0,43	144,35	192,46	644,14	ok
C4	2,09	0,30	81,30	108,40	451,76	ok
D1	1,35	0,20	45,21	60,28	290,73	ok
D2	2,09	0,30	81,30	108,40	451,76	ok
D3	2,09	0,30	81,30	108,40	451,76	ok
D4	1,35	0,20	45,21	60,28	290,73	ok

Tabel L.29: Rekapitulasi *phunching shear* pada metode desain langsung dan metode ekuivalen tipe 2.

Kolom	bo (m)	Ac (m ²)	Vu (kN)	Vn (kN)	Vc (kN)	Cek (Vn<Vc)
A1	1,35	0,20	55,96	74,62	290,73	ok
A2	2,09	0,30	102,80	137,06	451,76	ok
A3	2,09	0,30	102,80	137,06	451,76	ok
A4	1,35	0,20	55,96	74,62	290,73	ok
B1	2,09	0,30	102,80	137,06	451,76	ok
B2	2,98	0,43	181,73	242,31	644,14	ok
B3	2,98	0,43	181,73	242,31	644,14	ok
B4	2,09	0,30	102,80	137,06	451,76	ok
C1	2,09	0,30	102,80	137,06	451,76	ok
C2	2,98	0,43	181,73	242,31	644,14	ok
C3	2,98	0,43	181,73	242,31	644,14	ok
C4	2,09	0,30	102,80	137,06	451,76	ok
D1	1,35	0,20	55,96	74,62	290,73	ok
D2	2,09	0,30	102,80	137,06	451,76	ok
D3	2,09	0,30	102,80	137,06	451,76	ok
D4	1,35	0,20	55,96	74,62	290,73	ok

Tabel L.30: Rekapitulasi *phunching shear* pada metode desain langsung dan metode ekuivalen tipe 3.

Kolom	bo (m)	Ac (m ²)	Vu (kN)	Vn (kN)	Vc (kN)	Cek (Vn<Vc)
A1	1,35	0,20	66,71	88,95	290,73	ok
A2	2,09	0,30	124,29	165,72	451,76	ok
A3	2,09	0,30	124,29	165,72	451,76	ok
A4	1,35	0,20	66,71	88,95	290,73	ok
B1	2,09	0,30	124,29	165,72	451,76	ok
B2	2,98	0,43	219,12	292,16	644,14	ok
B3	2,98	0,43	219,12	292,16	644,14	ok
B4	2,09	0,30	124,29	165,72	451,76	ok
C1	2,09	0,30	124,29	165,72	451,76	ok
C2	2,98	0,43	219,12	292,16	644,14	ok
C3	2,98	0,43	219,12	292,16	644,14	ok
C4	2,09	0,30	124,29	165,72	451,76	ok
D1	1,35	0,20	66,71	88,95	290,73	ok
D2	2,09	0,30	124,29	165,72	451,76	ok
D3	2,09	0,30	124,29	165,72	451,76	ok
D4	1,35	0,20	66,71	88,95	290,73	ok

A.10 Perhitungan *Phunching Shear* Pada FEM.

Tabel L.31: Rekapitulasi *Phunching shear* pada FEM tipe 1.

Kolom	bo (m)	Ac (m ²)	Vu (kN)	Vn (kN)	Vc (kN)	Cek (Vn<Vc)
A1	1,35	0,20	29,77	39,69	290,73	ok
A2	2,09	0,30	68,54	91,39	451,76	ok
A3	2,09	0,30	68,54	91,39	451,76	ok
A4	1,35	0,20	29,77	39,69	290,73	ok
B1	2,09	0,30	68,54	91,39	451,76	ok
B2	2,98	0,43	149,46	199,28	644,14	ok
B3	2,76	0,43	149,46	199,28	644,14	ok
B4	2,09	0,30	68,54	91,39	451,76	ok
C1	2,09	0,30	68,54	91,39	451,76	ok
C2	2,98	0,43	149,46	199,28	644,14	ok
C3	2,98	0,43	149,46	199,28	644,14	ok
C4	2,09	0,30	68,54	91,39	451,76	ok
D1	1,35	0,20	29,77	39,69	290,73	ok
D2	2,09	0,30	68,54	91,39	451,76	ok
D3	2,09	0,30	68,54	91,39	451,76	ok
D4	1,35	0,20	29,77	39,69	290,73	ok

Tabel L.32: Rekapitulasi *Phunching shear* pada FEM tipe 2.

Kolom	bo (m)	Ac (m ²)	Vu (kN)	Vn (kN)	Vc (kN)	Cek (Vn<Vc)
A1	1,35	0,20	37,16	49,55	290,73	ok
A2	2,09	0,30	86,78	115,71	451,76	ok
A3	2,09	0,30	86,78	115,71	451,76	ok
A4	1,35	0,20	37,16	49,55	290,73	ok
B1	2,09	0,30	86,78	115,71	451,76	ok
B2	2,98	0,43	187,44	249,92	644,14	ok
B3	2,98	0,43	187,44	249,92	644,14	ok
B4	2,09	0,30	86,78	115,71	451,76	ok
C1	2,09	0,30	86,78	115,71	451,76	ok
C2	2,98	0,43	187,44	249,92	644,14	ok
C3	2,98	0,43	187,44	249,92	644,14	ok
C4	2,09	0,30	86,78	115,71	451,76	ok
D1	1,35	0,20	37,16	49,55	290,73	ok
D2	2,09	0,30	86,78	115,71	451,76	ok
D3	2,09	0,30	86,78	115,71	451,76	ok
D4	1,35	0,20	37,16	49,55	290,73	ok

Tabel L.33: Rekapitulasi *phunching shear* pada FEM tipe 3.

Kolom	bo (m)	Ac (m ²)	Vu (kN)	Vn (kN)	Vc (kN)	Cek (Vn<Vc)
A1	1,35	0,20	44,71	59,61	290,73	ok
A2	2,09	0,30	104,46	139,28	451,76	ok
A3	2,09	0,30	104,46	139,28	451,76	ok
A4	1,35	0,20	44,71	59,61	290,73	ok
B1	2,09	0,30	104,46	139,28	451,76	ok
B2	2,98	0,43	223,98	298,64	644,14	ok
B3	2,98	0,43	223,98	298,64	644,14	ok
B4	2,09	0,30	104,46	139,28	451,76	ok
C1	2,09	0,30	104,46	139,28	451,76	ok
C2	2,98	0,43	223,98	298,64	644,14	ok
C3	2,98	0,43	223,98	298,64	644,14	ok
C4	2,09	0,30	104,46	139,28	451,76	ok
D1	1,35	0,20	44,71	59,61	290,73	ok
D2	2,09	0,30	104,46	139,28	451,76	ok
D3	2,09	0,30	104,46	139,28	451,76	ok
D4	1,35	0,20	44,71	59,61	290,73	ok



TUGAS AKHIR
FAKULTAS TEKNIK
PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA

LEMBAR ASISTENSI

NAMA : SITI NABILAH

NPM : 1607210031

JUDUL : PERBANDINGAN YEILD LINE THEORY TERHADAP METODE DESAIN LANGSUNG DAN METODE PORTAL EKIVALEN PADA FLATE PLATE

NO	TANGGAL	KETERANGAN	PARAF
①	14 / Agustus 2020	- Lanjut Analisis dengan software.	
②	22/Agustus 2020	- Analisis teori garis leleh.	
③	29/Agustus 2020	- Tidak menggunakan kolom pada Aplikasi - Defleksi menggunakan Case.	
④	7/September 2020	- Lanjut Analisis teori garis leleh.	
⑤	23/September 2020	- Puching shear pada yeild line Theory.	
⑥	1/oktober-2020	- Penyusunan Bab 4.	
⑦	3 Oktober 2020	Azi Seminar April	

DOSEN PEMBIMBING

(Tondi Amirsyah Putera, ST.MT)

DAFTAR RIWAYAT HIDUP



Nama Lengkap : Siti Nabilah
Tempat, Tanggal Lahir : Bandar Khalipah, 29 November 1997
Alamat : Jl. M. Saman, Gg. Melati 10, Bdr Khalipah
Agama : Islam
No. Telp : 081263513928
E-mail : laaabila29@gmail.com

RIWAYAT PENDIDIKAN

Nomor Pokok Mahasiswa : 1607210031
Fakultas : Teknik
Program Studi : Teknik Sipil
Perguruan Tinggi : Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara
Alamat Perguruan Tinggi : Jl. Kapten Muchtar Basri BA. No 3 Medan 20238

No	Tingkat	Nama dan Tempat	Tahun Kelulusan
1	TK	RA Ikhwanul Muslimin	2004
2	SD	SD Negeri 101767 Tembung	2010
3	SMP	SMP Negeri 1 Percut Sei Tuan	2013
4	SMA	SMA Negeri 1 Percut Sei Tuan	2016
5	Melanjutkan kuliah di Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara Tahun 2016 sampai selesai		