

Perbandingan Yield Line Theory Terhadap Metode Desain Langsung Dan Metode Portal Ekuivalen Pada Flat Plate (Studi Literatur)

SITI NABILAH

¹Program Studi Teknik Sipil, ²Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara Medan
Jl. Muchtar Basri No. 3, Glugur Darat II, Kec. Medan Timur, Kota Medan, Sumatera Utara.

sitinabilah@gmail.com

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui hasil momen, defleksi dan punching shear terhadap perbandingan yield line theory, metode desain langsung, metode portal ekuivalen 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 ekuivalen 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 punching shear yang dihasilkan, bahwa FEM memberikan nilai punching shear yang lebih besar dari pada metode lain.

Kata Kunci: pelat, flat plate, momen, defleksi, punching shear.

Comparison Of Yield Line Theory To Direct Design Methods And Equivalent Portal Methods On Flat Plates

ABSTRACT

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.

Keywords: plate, flat plate, moment, deflection, punching shear.

PENDAHULUAN

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 westergand, 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).

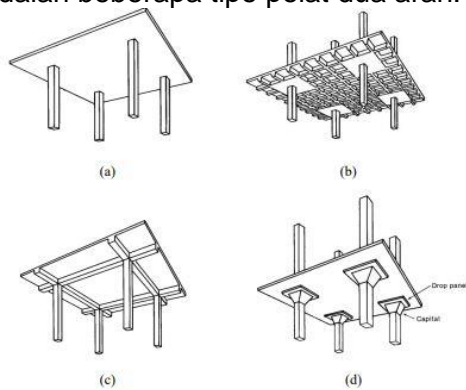
Yeild line theory adalah teori garis leleh yang konsepnya disajikan untuk membantu dalam memahami perilaku pelat antara beban layan dan kegagalan. Oleh karena itu penelitian ini memberikan gambaran mengenai perbandingan yeild line theory terhadap metode desain langsung dan metode portal ekuivalen dan 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 punching shear serta untuk dapat mengetahui bagaimanakah perilaku flat plate seandainya perbandingan antara bentang panjang ditingkatkan apabila dianalisis dengan menggunakan metode tersebut.

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 $ly/lx > 2$. Karna pada penelitian ini lebih mengarah kedalam pelat dua arah, maka pembahasan selanjutnya akan lebih terpusat kedalam pelat dua arah.

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).

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).

Yield Line Theory (Teori Garis Leleh) Yield 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.

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.

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 dkk, 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.

Yield Line Theory

Dalam Memperhitungkan Defleksi Menurut (Kennedy dan Goodchild, 2004). Pelat dua arah harus dianggap sebagai tipe struktur yang agak fleksibel dan slab

restraine 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.

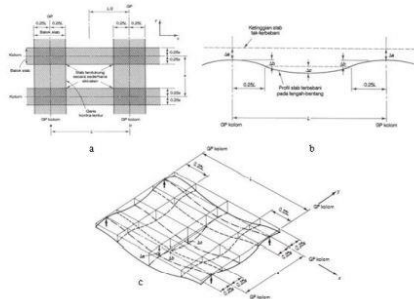
$$u = \frac{m_s l^2 o}{8EI} = \frac{m_s}{8EI} (\sqrt{(L^2 x + L^2 y) - 2c})^2$$

$$c = \sqrt{\frac{a \times b}{\pi}}$$

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 fleksibilitasnya 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 ekivalen, besar K_{ec} harus diketahui terlebih dahulu.

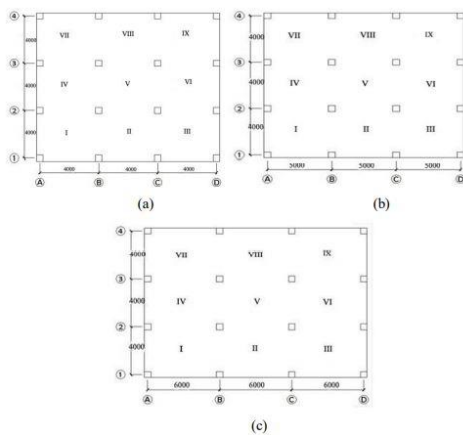
$$\frac{1}{K_{ec}} = \frac{1}{\Sigma K_c} + \frac{1}{K_t}$$



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).

METODE PENELITIAN

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.

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.

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

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.

Adapun permodelan yang dilakukan pada studi literatur ini dilakukan dengan menggunakan metode FEM (Finite Element Method).

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.

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.

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

Tabel 4.3 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.

Momen Panel Tipikal, Mu (kN.m/m)					
No.	Panjang Bentang x (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

Momen Panel Tipikal, Mu (kN.m/m)					
No.	Panjang Bentang x (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

Berdasarkan Tabel 4.3 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 pertambahan bentang x dengan kenaikan yang seragam.

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.

Momen Ultimate Metode Portal Ekuivalen Arah x Pada Panel Tipikal Untuk Setiap Kenaikan Panjang Bentang Arah x Tabel 4.5 menggambarkan hasil grafik hubungan antara kenaikan momen ultimate seiring bertambahnya bentang arah x untuk masing-masing tipikal seperti berikut ini: 0.00 5.00 10.00 15.00 20.00 25.00 4 5 6 Mu (kN.m/m) Panjang Bentang Arah x (m) Tipikal 1 Tipikal 2 Tipikal 3 Tipikal 4

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

Momen Panel Tipikal, Mu (kN.m/m)					
No.	Panjang Bentang x (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

Momen Panel Tipikal, Mu (kN.m/m)					
No.	Panjang Bentang x (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

Pada Tabel 4.5 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

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.

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

Tabel 4.7 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.

Momen Panel Tipikal, Mu (kN.m/m)					
No.	Panjang Bentang x (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
Momen Panel Tipikal, Mu (kN.m/m)					
No.	Panjang Bentang x (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

Berdasarkan Tabel 4.7 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 kenaikan 28,01%.

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.

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 maksimum (Δ , mm)			
		Metode			
		Yield Line	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

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

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)	Punching Shear (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)	Punching Shear (kN)					
		Metode					
		FEM			Yield Line Theory		
		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

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.

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 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_{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.

Dari segi punching shear yang dihasilkan, bahwa FEM memberikan nilai punching 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.

DAFTAR PUSTAKA JURNAL

- Anonim. (2018). Beban Desain Minimum Dan Kriteria Terkait Untuk Bangunan Gedung Dan Struktur Lain. Bsn.
- BSN. (2013). Persyaratan Beton Struktural untuk Bangunan Gedung. Bandung: Badan Standardisasi Indonesia, 1–265. www.BSN.go.id
- BSN. (2015). SNI-1729-2015: Spesifikasi untuk bangunan gedung baja struktural Badan Standardisasi Nasional. Badan Standarisasi Nasional. www.bsn.go.id
- Cintac. (2010). Manual Técnico Instadeck. 7. https://www.cintac.cl/pdf/manual_instadeck.pdf
- Colaborante, P. (2004). Instadeck. Departemen Pekerjaan Umum. (2002). Tata Cara Perencanaan Struktur Baja untuk Bangunan Gedung. Standar Nasional Indonesia.
- Frapanti, S. (2018). Analisa Portal yang Memperhitungkan Kekakuan Dinding Bata dari Beberapa Negara Pada Bangunan Bertingkat Dengan Pushover. Kumpulan Jurnal Dosen Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
- Frapanti, S., Asfiati, S., & Hadipramana, J. (2020). Pendampingan Legalitas Mutu Berstandart SNI Guna Meningkatkan Pendapatan Home Industri Batu Bata Di Desa Sido Urip Kecamatan Beringin Kabupaten Deli Serdang. JURNAL PRODIKMAS Hasil Pengabdian Kepada Masyarakat, 5(1), 41-46.
- Hadipramana, J., & Syahputra, J. (2021). PERBANDINGAN SIMULASI GAYA AKSIAL DAN LATERAL PLAIN WALL BETON RINGAN ANTARA CAMPURAN STYROFOAM DENGAN LAPISAN COATING DAN ABU SEKAM PADI DENGAN FLY ASH. PROGRESS IN CIVIL ENGINEERING JOURNAL, 1(2).
- Hadipramana, J., Aguslinar, A., Pratiwi, D. N., & Ginting, N. W. (2019, October). Program Pendampingan Remaja Terhadap Dampak Teknologi Digital Terhadap Gaya Hidup di Desa Sidodadi Ramunia, Kabupaten Deli Serdang. In Prosiding Seminar Nasional Kewirausahaan (Vol. 1, No. 1, pp. 378-383).
- Lantai, P., Slab, D., Jenis, B., & Tulangan, D. (n.d.). 1823_Chapter_V. 132–332.
- Lubis, S., Damanik, W. S., & Siregar, M. A. (2021, January). DESIGN OF QIBLAT DIRECTION USING HMc 5883L SENSOR. In Proceeding International Seminar of Islamic Studies (Vol. 2, No. 1, pp. 178-184).
- Lubis, S., Pasaribu, F. I., Harahap, P., Damanik, W. S., Siregar, R. S., Siregar, M. A., ... & Batubara, S. S. (2020). Pelatihan Penggunaan Sensor HMC 5883L Sebagai Petunjuk Arah Kiblat Sumatera Utara. IHSAN: JURNAL PENGABDIAN MASYARAKAT, 2(2), 229-237.
- Lubis, S. (2018). Analisa Tegangan Keluaran Alternator Mobil Sebagai Pembangkit Energi Listrik Alternatif. RELE: Rekayasa Elektrikal dan Energi Jurnal Teknik Elektro <http://jurnal.umsu.ac.id/index.php/RELE>.
- Lubis, S. (2019). Analisis Pengaruh Besar Gesekan Terhadap Tegangan Thermal Pada Sepatu Rem Mobil Ketebalan 8 mm Menggunakan Perangkat Lunak Msc. Nastran V. 9. Jurnal Rekayasa Material, Manufaktur dan Energi, 2(1), 44-53.
- Lubis, S. (2019). Analisis Pengaruh Besar Gesekan Terhadap Tegangan Thermal Pada Sepatu Rem Mobil Ketebalan 2 mm Menggunakan Perangkat Lunak Msc. Nastran V. 9. Jurnal Rekayasa Material, Manufaktur dan Energi, 2(2), 104-114.

- Lubis, S., Siregar, I., & Siregar, A. M. (2020). Karakteristik Unjuk Kerja 2 Pompa Sentrifugal Dengan Susunan Seri Sebagai Turbin Pat. Jurnal Rekayasa Material, Manufaktur dan Energi, 3(2), 85-92.
- Lubis, S., Siregar, C. A., Siregar, I., & Hasibuan, E. S. (2020). Kajian Eksperimen Defformasi Tekanan Pada Struktur Sarang Lebah Dengan Variasi Ukuran Hexagonal Yang Diuji Secara Statis. Jurnal Rekayasa Material, Manufaktur dan Energi, 3(1), 01-10.
- Made Budiwati, I. (2012). Pengujian Kekuatan Penghubung Geser Yang Terbuat Dari Baja Tulangan Berbentuk $\hat{\text{A}}\text{E}\hat{\text{U}}$ Terbalik. Jurnal Ilmiah Teknik Sipil, 16(2), 212–221.
- OLLGAARD JG, SLUTTER RG, & FISHER JW. (1971). Shear strength of stud connectors in lightweight and normalweight concrete. Eng J Amer Inst Steel Constr, 8(2), 55–64.
- Pade, M. M. M., Kumaat, E. J., Tanudjaja, H., & Pandaleke, R. (2013). Pemeriksaan Kuat Tekan Dan Modulus Elastisitas Beton Beragregat Kasar Batu Ringan Ape Dari Kepulauan Talaud. Jurnal Sipil Statik, 1(7), 479–485.
- PU, D. (1987). PPPURG_1987.pdf.
- Riza, F. V., & Ariani, R. (2019, October). Pelatihan Manajemen Keuangan Berbasis Excel pada Unit Up2k di Desa Galang Suka. In Prosiding Seminar Nasional Kewirausahaan (Vol. 1, No. 1, pp. 373-377).
- Riza, F. V., Lubis, D. S., & Manurung, F. V. B. (2021). ANALISIS MEKANIS BETON BUSA DENGAN KOMBINASI SERAT SABUT KELAPA SERTA BAHAN TAMBAHAN ABU SEKAM PADI DAN SERBUK CANGKANG TELUR. PROGRESS IN CIVIL ENGINEERING JOURNAL, 1(2).
- Rozi, M. F. (2012). Pengaruh Panjang Daerah Pemasangan Shear Connector Pada Balok Komposit Terhadap Kuat Lentur Muhammad Fakhrrur Rozi. 1–7.
- Sumampouw, F. M., Wallah, S. E., Ointu, B. M. M., & Dapas, S. O. (2018). Dengan Plat Beton. 6(7), 449–460.
- Tumimomor, M. E., Dapas, S. O., & Mondoringin, M. R. I. A. J. (2016). Analisis Penghubung Geser (Shear Connector) Pada Balok Baja Dan Pelat Beton. Jurnal Sipil STatik Vol.4 No.8 Agustus 2016 (461-470), 4(8), 461–470.
- Wijaya, Y., Sipil, D., Teknik, F., & Indonesia, U. (2008). Akibat Beban Semi Siklik Behavior Study of Partially Prestress Concrete Beam Under Semi - Cyclic Loads With Numerical Method.
- Zulkarnain, F., & Dewi, I. (2021). Bimbingan Dan Pelatihan Kepada Masyarakat Tentang Pembagian Harta Warisan Menurut Islam Di Ranting Tanjung Gusta Medan. JURNAL PRODIKMAS Hasil Pengabdian Kepada Masyarakat, 6(1), 70-81.
- Zulkarnain, F., & Dewi, I. D. (2020). PKM Pembuatan Saluran Drainase Dusun li Jln Inpres Desa Tanjung Gusta Untuk Mengatasi Banjir. JURNAL PRODIKMAS Hasil Pengabdian Kepada Masyarakat, 5(1), 1-5.
- Zulkarnain, F. (2021). KONTRAK, PETELITIAIN PENELITIAN TERAPAIN (PT) Tahun Anggaran 2018. KUMPULAN BERKAS KEPANGKATAN DOSEN.
- Zulkarnain, F. (2021). KONTRAK PENELITIAN RISET TERAPAN/MATERIAL MAJU (PPT) TAHUN ANGGARAN 2017. KUMPULAN BERKAS KEPANGKATAN DOSEN.
- Zulkarnain, F. (2021). SURAT PERJANJIAN PENUGASAN PELAKSANAAN HIBAH PROGRAM

Jurnal Ilmiah Mahasiswa Teknik [JIMT]
Vol 1 Nomor 2 Oktober 2021, hal: 1-10
ISSN:

IPTEK BAGI MASYARAKAT TAHUN
ANGGARAN 2017. KUMPULAN
BERKAS KEPANGKATAN DOSEN.
Zulkarnain, F. (2021). SURAT
PERJANJIAN PENUGASAN
PELAKSANAAN HIBAH PROGRAM
IPTEK BAGI MASYARAKAT TAHUN
ANGGARAN 2017. KUMPULAN
BERKAS KEPANGKATAN DOSEN.