

## Studi Numerik Tentang Kondisi Ekstrem Pelat Beton Bersirip di Atas Tanah Pasir

Hafizd Nur Fadillah, M. Yusuf\* & Vivi Bachtiar

*Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Tanjungpura, Jl. Prof. Dr. H. Hadari Nawawi, Pontianak – 78 124, Indonesia*

Email: [m\\_yusuf@civil.untan.ac.id](mailto:m_yusuf@civil.untan.ac.id)

Dikirim: 10 Desember 2025

Direvisi: 16 Januari 2026

Diterima: 25 Januari 2026

### ABSTRAK

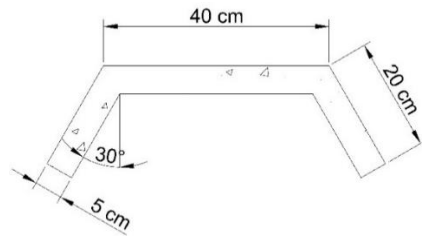
Jalan merupakan salah satu prasarana transportasi darat yang paling banyak digunakan oleh masyarakat serta memiliki peranan penting dalam sistem transportasi untuk mendukung mobilisasi barang dan kendaraan. Pembangunan jalan dengan perkerasan beton (perkerasan kaku) kini semakin banyak diterapkan karena memiliki ketahanan yang tinggi. Namun, pembangunan jalan di atas lahan berpasir rentan mengalami kegagalan struktur akibat daya dukung tanah yang rendah, yang dapat menyebabkan deformasi, retakan, hingga patahnya struktur jalan. Posisi pembebanan pada pelat akan mempengaruhi deformasi yang terjadi pada pelat, untuk itu perlu dilakukan pengujian untuk mengetahui pada posisi pembebanan pada bagian manakah kondisi paling ekstrem pada pelat beton bersirip berada. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pengaruh variasi posisi beban pada pelat beton bersirip terhadap besarnya beban dan deformasi maksimum yang terjadi pada pelat, serta mengidentifikasi posisi pembebanan yang paling ekstrem. Analisis dilakukan secara numerik menggunakan perangkat lunak PLAXIS 3D V.22 dengan model pelat beton bersirip yang memiliki kemiringan sirip 30°. Pembebanan diberikan pada titik tengah serta tiga titik tepi pelat. Berdasarkan analisis yang dilakukan hasil nilai  $P_u$  dibandingkan dengan posisi pembebanan pada titik tengah, posisi pembebanan pada titik sudut terjadi penurunan  $P_u$  sebesar 61,5%, pada tengah-tengah sisi tak bersirip terjadi pengurangan nilai  $P_u$  sebesar 38% dan untuk titik tengah-tengah sisi bersirip terjadi penurunan nilai  $P_u$  sebesar 24,6%. Berdasarkan hasil nilai  $P_u$  diketahui bahwa posisi pembebanan pada sudut pelat merupakan posisi paling ekstrem. Posisi pembebanan pada sudut pelat juga menghasilkan nilai deformasi paling besar ketika keempat posisi pembebanan diberikan beban yang sama, sebesar 47,68 mm pada beban 25 kN. Hasil ini menunjukkan bahwa variasi posisi beban berpengaruh signifikan terhadap respons deformasi pelat beton bersirip di atas tanah pasir.

**Kata kunci:** pelat beton bersirip, kondisi ekstrem, tanah pasir

### 1. PENDAHULUAN

Transportasi telah lama memegang peranan yang sangat penting dalam meningkat pendapatan serta perkembangan bagi suatu negara dan daerah. Prasarana dan infrastruktur transportasi di Indonesia harus terus dikembangkan dan didukung pemerataannya demi menciptakan sistem transportasi yang baik, yang mampu memberikan kemudahan dalam mobilisasi barang maupun kendaraan dari satu lokasi ke lokasi lainnya (Nur et al., 2021). Sudah semestinya perkembangan teknologi serta inovasi-inovasi terbaru yang mampu mengoptimalkan pembangunan jalan harus terus didukung, agar perekonomian serta pendistribusian barang serta jasa dapat berjalan baik dan mampu memberikan dampak yang positif bagi perkembangan suatu daerah (Romadhani et al., 2024).

Perkerasan jalan terdiri dari tiga macam jenis perkerasan yaitu; perkerasan lentur (flexible pavement), Perkerasan kaku (rigid pavement) dan Perkerasan komposit (Sukirman, 1999). Pembangunan jalan dengan perkerasan beton (perkerasan kaku) pada saat ini sudah mulai sering digunakan. Pembangunan jalan pada lahan berpasir rentan mengalami kegagalan struktur dikarenakan daya dukung tanah yang rendah sehingga memicu terjadi deformasi pada jalan hingga menciptakan retakan serta patah pada struktur jalan (Adisurya et al., 2022). Kerusakan jalan umumnya disebabkan oleh berbagai faktor yang saling mendukung, salah satunya disebabkan oleh berlebihnya beban yang berada di atas permukaan jalan sehingga menyebabkan deformasi pada lapisan tanah yang berada dibawah jalan (Saepudin et al., 2022). Oleh karena itu diperlukan suatu inovasi untuk dapat mengurangi deformasi yang terjadi pada jalan beton dan menambah daya dukung dari struktur jalan tersebut.

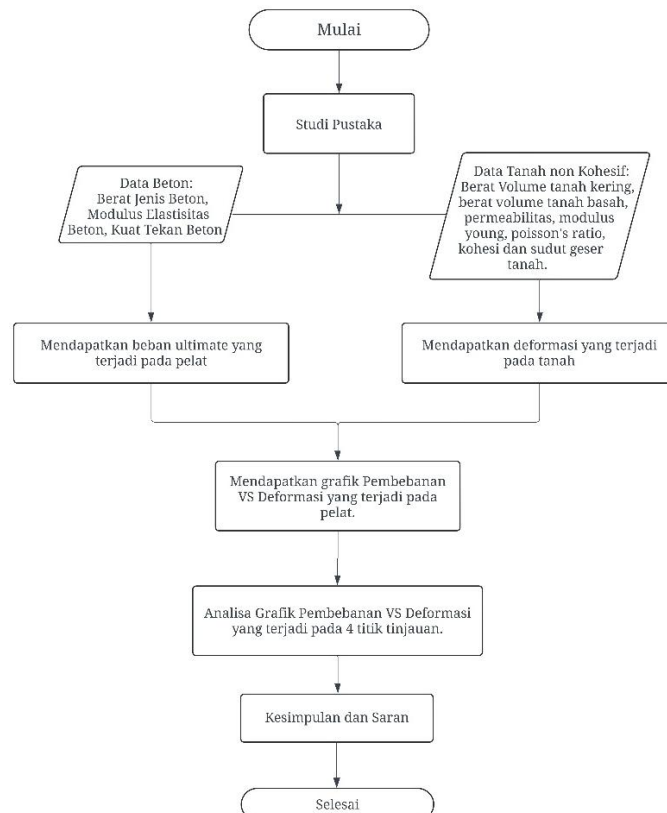


**Gambar 1.** Model pelat beton bersirip

Penelitian ini merupakan kelanjutan dari studi sebelumnya yang telah dikembangkan oleh Syenna (2022) dan Amal (2023), tentang penambahan sirip pada pelat beton untuk mengurangi pergerakan horizontal tanah dan deformasi. Penelitian kali ini bertujuan untuk mengamati pembebanan pada pelat beton bersirip serta mengidentifikasi kondisi ekstrem pada pelat beton bersirip di atas tanah pasir berdasarkan variasi posisi pembebanan dengan metode numerik yang belum dibahas secara spesifik pada penelitian sebelumnya. Tinjauan yang dilakukan untuk mengetahui deformasi pelat beton bersirip dengan empat titik pembebanan yang telah ditentukan. Pemodelan pelat beton bersirip dengan mutu beton 40 MPa yang digunakan dalam penelitian ini disajikan pada Gambar 1. Tujuan dari penelitian ini adalah agar mendapatkan letak titik kondisi ekstrem pada pelat beton bersirip yang memiliki nilai deformasi terbesar serta nilai  $P_u$  (beban ultimit) terkecil ketika diberikan pembebanan di atas pelat beton bersirip di atas tanah pasir dengan variasi titik pembebanan pada aplikasi secara numerik dengan memodelkan pelat di atas tanah pasir pada aplikasi komputer.

## 2. METODE PENELITIAN

Penelitian ini dilaksanakan secara numerik dengan menggunakan perangkat lunak PLAXIS 3D V.22 untuk mendapatkan deformasi yang terjadi pada tanah dengan memodelkan pelat di atas tanah pasir yang sesuai dengan parameter tanah yang telah diuji pada laboratorium. Berdasarkan hasil ditinjau pada titik manakah kondisi ekstrem pada pelat terjadi.



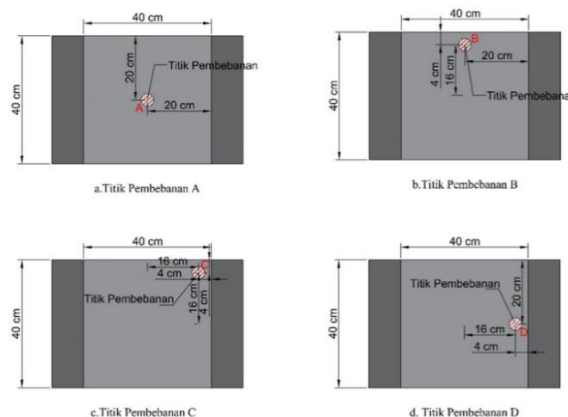
**Gambar 2.** Bagan alir

Bagan alir sesuai dengan Gambar 2 merupakan gambaran tahapan penelitian mulai dari studi pustaka hingga kesimpulan. Proses diawali melakukan pengumpulan data material beton dan data tanah yang akan dimodelkan berdasarkan data uji laboratorium. Pelat dimodelkan secara numerik untuk mendapatkan nilai  $P_u$

dan deformasi yang terjadi ketika pelat diberikan pembebanan. Hasil dari pemodelan pelat beton bersirip secara numerik diidentifikasi agar mendapatkan titik paling ekstrem pada pelat.

### 2.1 Titik Pembebanan pada pelat

Penelitian ini memodelkan empat titik pembebanan pada pelat di atas tanah pasir. Titik yang dimodelkan dalam penelitian ini merupakan satu titik tengah dan tiga titik tepi pada pelat beton bersirip. Titik pembebanan ini mewakili setiap bagian pada pelat bagaimana kondisi yang terjadi. Keempat titik tersebut diberi kode dengan titik A (tengah), titik B (tengah-tengah sisi tak bersirip), titik C (sudut pelat) dan titik D (tengah-tengah sisi bersirip). Posisi titik pembebanan yang dimodelkan disajikan pada Gambar 3.



Gambar 3. Titik pembebanan pelat

### 2.2 Parameter Tanah dan Pemodelan Numerik pada PLAXIS 3D V.22

Parameter tanah yang dimodelkan pada penelitian ini didapatkan berdasarkan pengujian sifat fisis dan mekanis pada tanah pasir di laboratorium mekanika tanah. Tanah yang diuji merupakan tanah pasir yang merupakan tanah non kohesif. Tanah dimodelkan dengan model *Mohr-Coulomb*. Data parameter yang digunakan dalam memodelkan tanah disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1. Data input parameter tanah

Parameter Tanah	Satuan	Data Tanah
<i>Soil Model</i>	-	<i>Mohr-Coulomb</i>
<i>Drainage type</i>	-	<i>Drained</i>
$\gamma_{sat}$	kN/m <sup>3</sup>	19,654
$\gamma_{unsat}$	kN/m <sup>3</sup>	19,564
E	kN/m <sup>3</sup>	10000
$\nu$	-	0,4
c	kN/m <sup>2</sup>	0
$\phi$	°	34,059
$\psi$	°	0
$k_x$	m/hari	7,128
$k_y$	m/hari	7,128

Pemodelan pada perangkat lunak PLAXIS 3D V.22 memodelkan pelat beton bersirip dengan dimensi model pelat beton bersirip pada Gambar 1 yang memiliki sirip 30° dimodelkan sebagai elemen *plate* sebagai satu kesatuan antara pelat utama dan sirip. Pemilihan kemiringan sirip 30° ini didasarkan pada optimasi yang ditunjukkan dalam penelitian terdahulu yang dikembangkan oleh Syenna et al. (2022) di mana sudut tersebut merupakan sudut paling efektif serta memberikan peningkatan kapasitas dukung yang optimal dibandingkan variasi sudut lainnya. Tanah pasir dimodelkan sebagai *Mohr-Coulomb* yang memiliki parameter sesuai dengan Tabel 1 dan memiliki domain 8 m × 8 m × 4 m dengan kondisi batas permukaan dasar dijepit penuh terhadap semua translasi ( $U_x = U_y = U_z = 0$ ), keempat permukaan samping dikendalikan hanya pada arah normalnya (roller boundaries), dan permukaan atas dibiarkan bebas. Interaksi yang terjadi pada tanah dan pelat menggunakan elemen *interface* dengan  $R_{inter} = 0,7$ . Seluruh model pemodelan pelat dan tanah di diskritisasi dengan jaringan elemen tetrahedral 10-node menggunakan setting mesh global Medium.

### 2.3 Metode Perpotongan Garis Elastis dan Plastis

Metode perpotongan garis elastis dan plastis tanah ini merupakan pendekatan dalam menganalisis perilaku di bawah beban, dengan mempertimbangkan dua fase yang paling utama pada tanah, yaitu fase

elastis dan juga fase plastis. Metode perpotongan garis elastis dan plastis memperhatikan perilaku yang terjadi pada tanah, yaitu ketika fase elastis pada tanah mulai terjadi hingga mencapai deformasi plastis yang tidak akan dapat dipulihkan secara alami. Hal awal yang dilakukan dari metode ini adalah dengan membuat kurva pembebanan vs deformasi. Nilai  $P_u$  ditentukan berdasarkan titik potong antara garis singgung pada bagian elastis dan garis singgung pada bagian plastis (McDonald dan Socie, 2010).

#### 2.4 Metode Chin

Metode ini ditemukan oleh Chin Fung Kee, kurva yang terjadi antara beban dan deformasi berbentuk hiperbolis. Chin menganjurkan untuk mencari besarnya  $P_u$  itu cukup mengadakan pengeplotan hubungan antara  $S$  vs  $S/P$  dengan  $S$  adalah deformasi dan  $P$  adalah beban yang menyebabkan deformasi sebesar  $S$  itu. Hasil kurva beban dan deformasi akan berbentuk garis lurus yang mempunyai garis arah sebesar  $m$  dan memotong koordinat  $S/P$  itu sebesar  $c$ . Beban ultimitnya adalah sama dengan  $1/m$ . Menurut pengalaman, harga beban ultimit yang didapat dengan cara ini sekitar 20 % lebih besar dari harga sebenarnya (Chin, 1970).

#### 2.5 Metode Mazurkiewicz

Metode Mazurkiewicz ditemukan oleh L. Mazurkiewicz berdasarkan pendekatan geometri yang terjadi pada grafik pembebanan dan deformasi pada uji beban untuk mendapatkan nilai  $P_u$  (Mazurkiewicz, 1972). Mazurkiewicz menentukan nilai  $P_u$  dengan menarik garis – garis sumbu deformasi dengan interval yang sama. Berdasarkan titik potong garis dengan sumbu beban akan ditarik garis dengan sudut  $45^\circ$  hingga memotong garis beban berikutnya. Titik potong-titik potong yang terjadi akan membentuk garis lurus. Perpotongan garis lurus dengan sumbu beban inilah yang merupakan daya dukungnya (Fellenius, 1980).

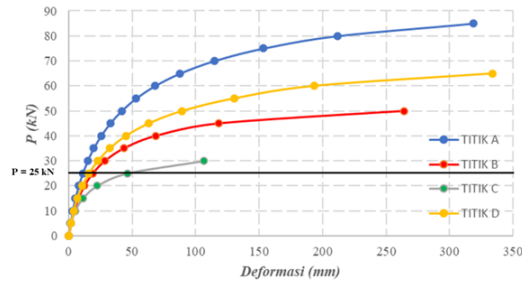
### 3. HASIL DAN DISKUSI

Hasil pemodelan pelat beton bersirip dengan metode numerik diidentifikasi letak titik ekstrem pada empat titik posisi pembebanan, didapatkan hasil seperti pada Tabel 2. Besarnya deformasi yang terjadi pada tanah dibuatkan grafik perbandingan antara pembebanan dan deformasi yang terjadi dan diolah sehingga didapatkan nilai  $P_u$  yang mampu ditahan pelat beton bersirip yang dimodelkan. Hasil pembebanan dan deformasi pelat beton bersirip disajikan pada Tabel 2. Hasil pembebanan dan deformasi yang terjadi ketika diberikan beban pada empat titik menghasilkan grafik pembebanan dan deformasi sesuai dengan Gambar 4.

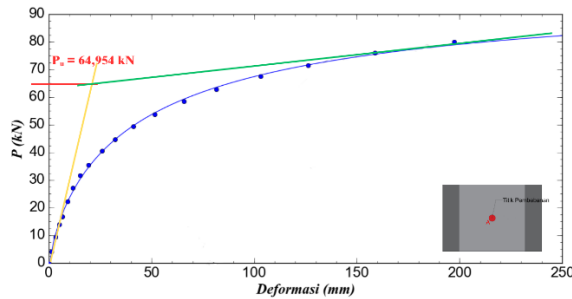
**Tabel 2.** Hasil beban dan deformasi pada empat titik Pembebanan

P (kN)	Deformasi (mm)			
	Titik A	Titik B	Titik C	Titik D
0	0,09	0,09	0,09	0,09
5	1,40	1,77	1,81	1,59
10	3,06	4,25	5,23	3,75
15	5,18	7,67	11,45	6,73
20	7,81	12,38	23,15	10,70
25	11,02	19,04	47,68	15,95
30	14,93	28,82	112,45	22,90
35	19,70	44,10		32,24
40	25,55	70,46		45,05
45	32,79	124,07		63,13
50	41,85	290,06		89,73
55	53,35			131,26
60	68,25			201,94
65	88,05			336,55
70	115,20			
75	154,07			
80	213,10			
85	321,14			

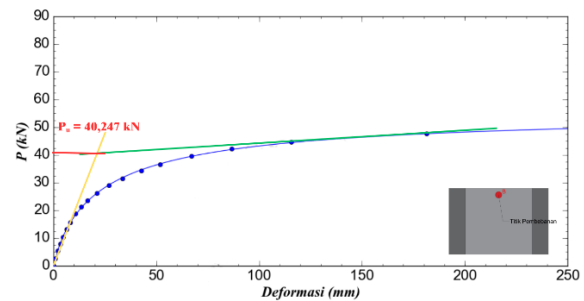
Berdasarkan hasil beban dan deformasi pada keempat titik yang ditinjau digambarkan grafik hubungan antara pembebanan dan deformasi yang terjadi pada keempat titik, hingga didapatkan nilai  $P_u$  pada masing masing titik dengan menggunakan metode perpotongan garis elastis dan plastis, metode Chin dan metode Mazurkiewicz. Grafik deformasi dan pembebanan untuk mendapatkan nilai  $P_u$  pada keempat titik dengan Metode perpotongan garis elastis dan plastis disajikan pada Gambar 5, Gambar 6, Gambar 7 dan Gambar 8. Grafik perhitungan nilai  $P_u$  dengan metode Mazurkiewicz disajikan oleh Gambar 9, Gambar 10, Gambar 11 dan Gambar 12. Berdasarkan grafik pembebanan dan deformasi pada gambar maka didapatkan nilai  $P_u$  pada tiap titik pembebanan pada pelat beton bersirip. Hasil dari nilai  $P_u$  pada tiap titik berdasarkan metode perpotongan garis elastis dan plastis, metode Chin dan metode Mazurkiewicz disajikan pada Tabel 3.



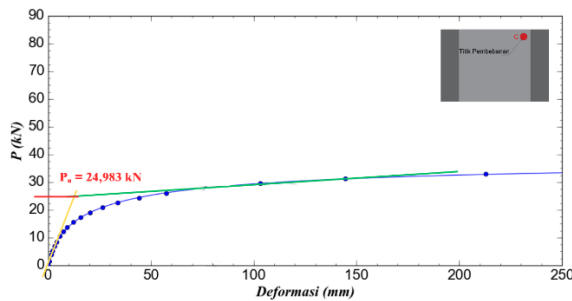
**Gambar 4.** Grafik pembebanan ( $P$ ) vs deformasi pada keempat titik pelat beton bersirip



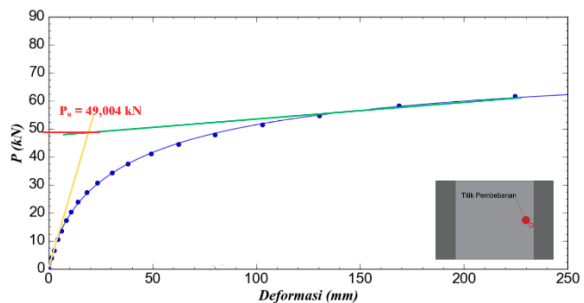
**Gambar 5.** Nilai  $P_u$  metode perpotongan garis elastis dan plastis pada titik A



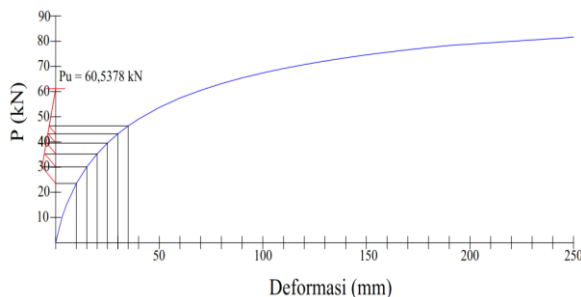
**Gambar 6.** Nilai  $P_u$  metode perpotongan garis elastis dan plastis pada titik B



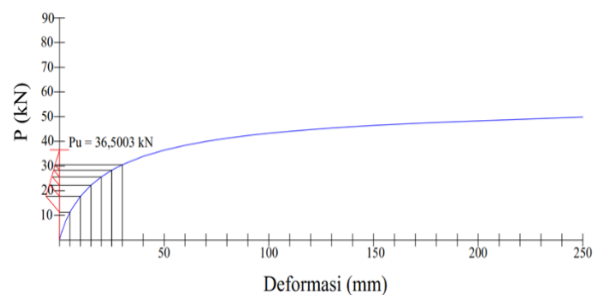
**Gambar 7.** Nilai  $P_u$  metode perpotongan garis elastis dan plastis pada titik C



**Gambar 8.** Nilai  $P_u$  metode perpotongan garis elastis dan plastis pada titik D

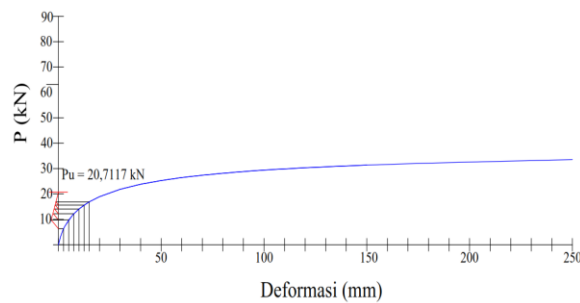


**Gambar 9.** Nilai  $P_u$  metode Mazurkiewicz pada titik A

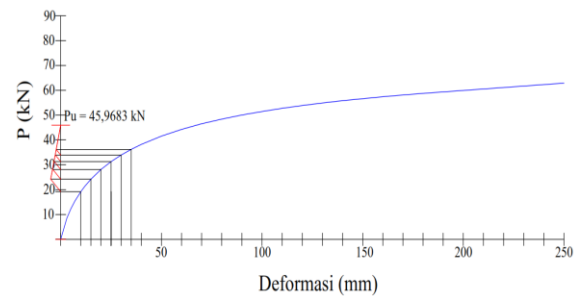


**Gambar 10.** Nilai  $P_u$  metode Mazurkiewicz pada titik B

Berdasarkan grafik perbandingan pada keempat titik yang telah dimodelkan dalam penelitian ini pada Gambar 4 terlihat bahwa *trend* pembebanan dan deformasi yang terjadi pada posisi pembebanan di titik A, titik B, titik C dan titik D yang telah dimodelkan mengalami perbedaan pada tiap titik tinjauan. Garis kurva pembebanan pada titik C yang ditunjukkan oleh garis kurva berwarna hijau berada di posisi paling bawah di antara ketiga kurva posisi pembebanan pada titik lainnya. Ketika diberikan beban yang sama titik C merupakan titik yang memiliki nilai deformasi paling besar. Berdasarkan Tabel 3 dapat diketahui juga bahwa perbedaan posisi pembebanan pada titik mempengaruhi nilai  $P_u$  pada pelat beton bersirip, titik C merupakan titik yang memiliki nilai  $P_u$  paling kecil sehingga dapat disimpulkan bahwa titik C sebagai titik paling ekstrem pada pelat.



**Gambar 11.** Nilai  $P_u$  metode Mazurkiewicz pada titik C



**Gambar 12.** Nilai  $P_u$  metode Mazurkiewicz pada titik D

**Tabel 3.** Hasil nilai  $P_u$  pada empat titik Pembebanan

Titik Pembebanan	$P_u$ (kN)		
	elastis plastis	Chin	Mazurkiewicz
A (tengah)	64,954	64,954	60,538
B (Tepi Tanpa Sirip)	40,247	40,247	36,501
C (sudut pelat)	24,983	24,983	20,712
D (Tepi dengan sirip)	49,004	49,004	45,968

Berdasarkan hasil pemodelan pelat beton bersirip pada ujung pelat menghasilkan distribusi tegangan yang tidak merata, tegangan terkonsentrasi pada bagian sudut pelat saja sehingga menciptakan distribusi tegangan yang asimetris. Berdasarkan kekakuan pelat-tanah pelat memiliki struktur yang mengikuti deformasi pada tanah, sehingga beban terkonsentrasi di dekat titik beban. Pada pembebanan pada sudut pelat area efektif tanah sangat terbatas karena dua sisi bebas dan menyebabkan konsentrasi tegangan menjadi ekstrem.

#### 4. KESIMPULAN

Berdasarkan studi ini, hasil uji pembebanan pada pelat beton bersirip di atas pasir dengan empat posisi beban yaitu beban berada di tengah-tengah pelat, beban berada di tengah-tengah sisi bersirip, beban berada di tengah-tengah sisi tak bersirip, dan beban berada di sudut, diperoleh bahwa kondisi ekstrem terjadi jika beban berada di sudut. Nilai daya dukung ultimit dibandingkan terhadap daya dukung ultimit kondisi penempatan beban di tengah-tengah pelat, dengan cara Chin diperoleh bahwa penempatan beban di sudut menghasilkan daya dukung ultimit sebesar 38,5%, penempatan beban di tengah-tengah sisi tak bersirip menghasilkan daya dukung ultimit sebesar 62% dan penempatan beban di tengah-tengah sisi bersirip menghasilkan daya dukung ultimit sebesar 75,4%.

#### DAFTAR PUSTAKA

- Adisurya, H., Chaidir, D., & Makarim, A., 2022. Perilaku Kegagalan Konstruksi Jalan Raya yang Bertumpu Pada Fondasi Tiang Di Tanah Clay Shale. *JMTS: Jurnal Mitra Teknik Sipil*, 5(1). <https://doi.org/10.24912/jmts.v5i1.16516>
- Amal, T. I., Bachtiar, V., & Yusuf, M., 2023. Review Of Bearing Capacity Of Finned Concrete Slabs Based On The Numerical Variation Of Length. *Jurnal Teknik Sipil*, 23(3), 438–445. <https://doi.org/10.26418/jts.v23i3.66798>
- Chin, F. K., 1970. Estimation of the ultimate load of pile from test carried to failure. *Proceedings of the 2nd Southeast Asian Conference on Soil Engineering*, Singapore, pp.81–90.
- Fellenius, B. H., 1980. The analysis of results from routine pile load tests. *Ground Engineering*, 13(6), pp.19–31.
- Mazurkiewicz, B. K., 1972. Test Loading of Piles According to Polish Regulations. Preliminary Report No. 35, Commission on Pile Research, Royal Swedish Academy of Engineering Sciences, Stockholm.
- McDonald, R. J., & Socie, D. F., 2010. An improved multiaxial method to estimate the elastic-plastic behavior from a purely elastic solution. *Procedia Engineering*, 2(1), 315–322. <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2010.03.035>
- Nur, K. N., Rangan, Pa. R., & Mahyuddin., 2021. Sistem Transportasi. Yayasan Kita Menulis.
- Romadhani, N. F., Putra, H. P., & Burhani, S., 2024. Konsep perencanaan transportasi. Pt mafy media literasi indonesia.
- Saepudin, U., Hartati, G., & Bakri, S. N., 2022. Analisis Kuat Tekan Dan Kuat Lentur Beton Berserat Polymeric Sebagai Material Perkerasan Kaku (Rigid Pavement). *Jurnal Media Teknologi*, 9(1), pp. 88–95. <https://doi.org/10.25157/jmt.v9i1.2788>

Syenna, A., Yusuf, M., & Bachtiar, V., 2022. *Tinjauan Daya Dukung Pelat Beton Bersirip di Atas Pasir dengan Variasi Kemiringan Sirip yang Diperkaku Berdasarkan Uji Pembebanan*. JeLAST: Jurnal Teknik Sipil, 9(3), pp. 1–10.  
<https://jurnal.untan.ac.id/index.php/JMHMS/article/viewFile/57244/75676594935>