

Analisis Numerik Pola Keruntuhan Tanah Lunak di Bawah Pelat Bersirip dengan Variasi Kemiringan Sirip Menggunakan Metode Elemen Hingga

Irga Habriansyah, 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

Dikirim: 12 Februari 2026

Direvisi: 9 Mei 2026

Diterima: 3 juni 2026

ABSTRAK

Tanah lunak memiliki karakteristik daya dukung rendah dan kompresibilitas tinggi, sehingga sering menimbulkan permasalahan penurunan pada pekerjaan konstruksi seperti konstruksi perkerasan jalan kaku (rigid pavement). Salah satu upaya untuk meningkatkan kinerja pelat adalah penambahan sirip pada pelat yang dapat memodifikasi distribusi tegangan dan pola keruntuhan tanah. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui rasio pengaruh lebar pelat terhadap lebar keruntuhan tanah pada pelat bersirip dengan variasi kemiringan sirip (0° , 30° , 60° , dan 90°), kemiringan sirip pelat yang optimal terhadap pola keruntuhan tanah, serta kecenderungan kemiringan sirip terhadap lebar keruntuhan dan mekanisme keruntuhan pada tanah lunak Kota Pontianak. Metode penelitian yang digunakan adalah pemodelan numerik dua dimensi menggunakan aplikasi Plaxis 2D dengan variasi sudut kemiringan sirip, kemudian dianalisis deformasi dan mekanisme keruntuhan yang terjadi. Hasil penelitian menunjukkan pengaruh yang signifikan antara rasio lebar keruntuhan tanah dan lebar pelat pada pelat bersirip dengan rasio pada kemiringan 0° sebesar 0,47, menjadi 0,74 pada kemiringan 90° , pelat bersirip dengan kemiringan 60° memiliki mekanisme keruntuhan yang paling optimal, dan kemiringan sirip menjadi faktor penting dalam perencanaan dan pengembangan desain pelat bersirip.

Kata kunci: pelat bersirip, pola keruntuhan, penurunan tanah, tanah lunak.

1. PENDAHULUAN

Jalan merupakan bagian penting dari sistem transportasi yang memiliki fungsi untuk menghubungkan satu tempat ke tempat lain. Keberadaan jalan yang memadai sangat dibutuhkan untuk menunjang mobilitas masyarakat, memperlancar distribusi barang dan jasa, serta mendukung pertumbuhan kegiatan ekonomi dan sosial. Dalam mendukung peran jalan sebagai bagian yang penting, jalan memiliki dua jenis perkerasan, yaitu perkerasan jalan aspal (flexible pavement) dan perkerasan jalan beton (rigid pavement).

Tanah memiliki peran penting dalam pekerjaan teknik sipil, di mana hampir keseluruhan bangunan yang dibangun berdiri di atas tanah; salah satunya adalah pekerjaan jalan raya. Tanah di Indonesia, khususnya di Kota Pontianak, memiliki jenis tanah yang lunak, sehingga diperlukan analisis terlebih dahulu terhadap kondisi tanah di lokasi pembangunan konstruksi perkerasan jalan. Dengan kemajuan teknologi, banyak penelitian yang menggunakan program perangkat lunak. Hal ini ditunjukkan oleh penelitian yang menggunakan Plaxis 2D untuk permasalahan konstruksi tanah. Hasil penelitian menunjukkan bahwa variasi parameter geometri, seperti sudut kemiringan dan posisi pondasi, berpengaruh signifikan terhadap daya dukung dan pola keruntuhan tanah melalui perubahan distribusi zona plastis. Hasil ini menegaskan bahwa analisis numerik efektif dalam merepresentasikan perilaku tanah secara rinci (Acharyya, 2019) dan perbedaan karakteristik tiap lapisan tanah berpengaruh signifikan terhadap kapasitas dukung dan pola keruntuhan (Ebid et al., 2022).

Selain itu, sudah ada beberapa penelitian yang dilakukan untuk meminimalkan kegagalan konstruksi perkerasan jalan. Inovasi yang sudah dilakukan pada penelitian sebelumnya adalah memodelkan pelat beton dengan menambah sepasang sirip. Hasil penelitian menunjukkan bahwa efektivitas tertinggi dalam memikul beban pada tanah lempung ditunjukkan oleh pelat beton dengan kemiringan sirip sebesar 30° (Sirait et al., 2022), penelitian selanjutnya menyatakan bahwa uji pembebanan pada pelat beton bersirip dengan metode numerik mendapatkan variasi kemiringan sirip lebih kecil daripada metode eksperimental (Mandagi et al., 2023), dan peningkatan panjang sirip pada model pelat menyebabkan bertambahnya daya dukung, yang menunjukkan adanya hubungan linear antara keduanya (Amal et al., 2023), selain itu pada pengujian eksperimental dari model pelat $0^\circ, 30^\circ, 60^\circ$, dan 90° menunjukkan pelat bersirip dengan kemiringan 60° merupakan kemiringan yang paling optimum pada tanah kohesif (Megasim et al., 2025).

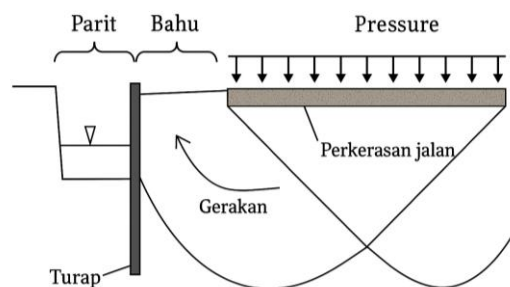
Dari uraian di atas, penelitian terdahulu umumnya berfokus pada analisis daya dukung pelat bersirip, sementara kajian mengenai pengaruh variasi kemiringan sirip terhadap pola keruntuhan tanah masih terbatas. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk mengkaji rasio antara kemiringan sirip dan lebar keruntuhan tanah, menentukan kemiringan sirip pelat yang optimal terhadap pola keruntuhan tanah, serta mengidentifikasi kecenderungan pengaruh variasi kemiringan sirip terhadap lebar keruntuhan tanah dan mekanisme keruntuhan tanah.

1.1 Tanah Lunak

Tanah merupakan material yang tersusun atas agregat butiran mineral padat yang tidak terikat secara kimia satu sama lain, serta mengandung bahan organik yang telah mengalami pelapukan, dengan ruang antarpartikelnya terisi oleh cairan dan gas (Das, 1995). Utami et al. (2019) mengemukakan bahwa tanah lunak memiliki sifat mekanik yang kurang optimal. Selain itu, tanah ini memiliki kadar air yang tinggi, kompresibilitas yang tinggi, daya dukung yang rendah, stabilitas yang rendah, serta koefisien permeabilitas yang kecil, yang menyebabkan proses konsolidasi berlangsung dalam waktu yang lama.

1.2 Tekanan Lateral Tanah

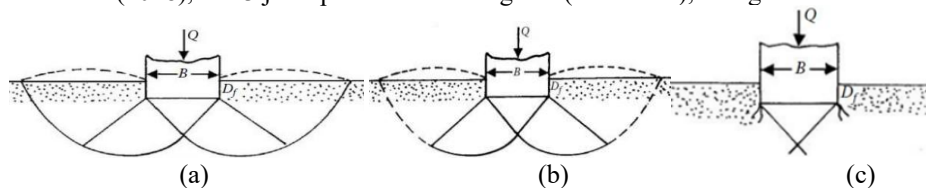
Darwis (2018), mengemukakan bahwa tekanan tanah lateral adalah gaya dorong horizontal yang diberikan oleh massa tanah pada struktur penahan, seperti dinding penahan tanah atau turap, yang diakibatkan oleh berat tanah dan kondisi tegangan di dalam tanah. Hal ini sesuai dengan kondisi jalan konvensional yang ada di Kota Pontianak dengan tekanan dari perkerasan jalan yang memengaruhi tanah fondasi, sehingga tanah di tepi jalan mengalami pengangkatan (Jumadi, 2017) (Gambar 1).



Gambar 1. Sistem Perkerasan Jalan Konvensional Kota Pontianak

1.3 Pola Keruntuhan Tanah

Pola keruntuhan yang biasa terjadi pada suatu sistem fondasi menggambarkan keruntuhan geser. Menurut Darwis (2018), ada 3 jenis pola keruntuhan geser (Gambar 2), sebagai berikut:

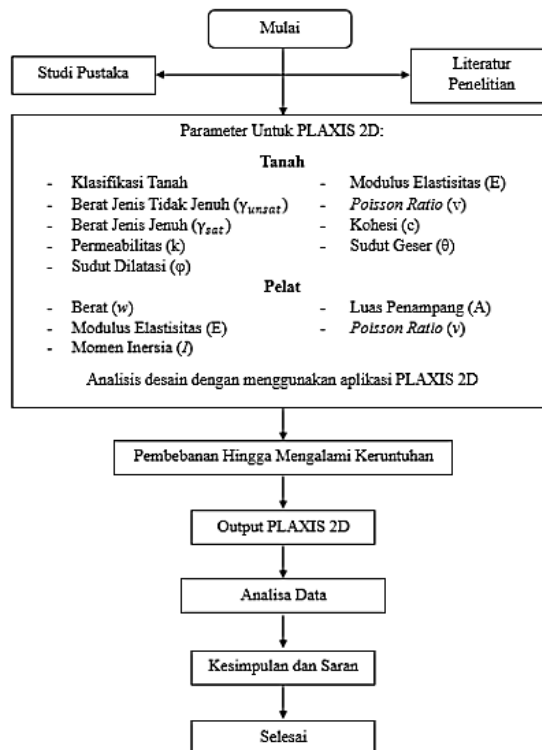


Gambar 2. (a) Keruntuhan Geser Menyeluruh
(b) Keruntuhan Geser Setempat
(c) Keruntuhan Geser Baji

1. Keruntuhan Geser Menyeluruh
Keruntuhan ini memiliki kondisi plastis di atas bidang keruntuhan yang terjadi secara penuh, ditandai dengan muka tanah di sekitarnya yang mengalami pengangkatan, biasanya terjadi pada tanah dengan kemampuan penyusutan yang rendah.
2. Keruntuhan Geser Setempat
Keruntuhan ini tidak memiliki kesetimbangan plastis yang penuh pada bidang keruntuhan, tetapi hanya sebagian saja dengan kenaikan muka tanah yang tidak terlalu tinggi, dan biasanya terjadi pada tanah dengan kemampuan penyusutan yang tinggi.
3. Keruntuhan Geser Baji
Pada keruntuhan ini, penurunan yang terjadi cukup besar dengan desakan di bawah dasar fondasi dan disertai pergeseran arah vertikal sepanjang tepi. Biasanya terjadi pada tanah dengan kemampuan penyusutan tanah yang tinggi maupun rendah.

2. METODE PENELITIAN

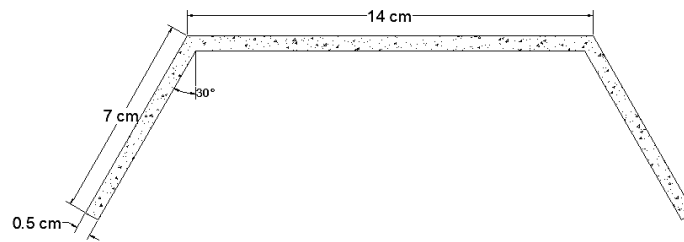
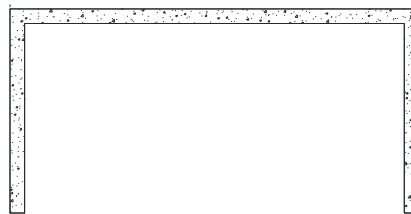
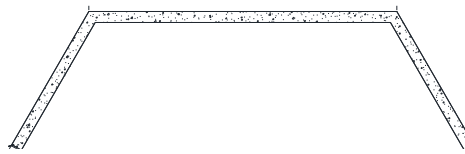
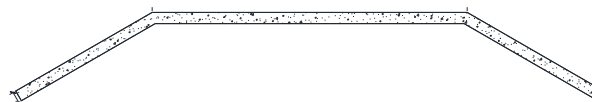
Penelitian ini menggunakan metode numerik yang dianalisa dengan menggunakan program plaxis 2D, dengan langkah pertama peneliti mencari literatur untuk bahan penelitian, selanjutnya mendapatkan parameter-parameter yang diperlukan plaxis 2D untuk menjalankan program seperti data parameter tanah dan pelat yang digunakan dalam penelitian ini, lalu melakukan pemodelan pada program plaxis 2D dengan kondisi tanah menggunakan model *mohr coulomb* untuk menggambarkan perilaku elatis-plastis yang lebih memadai, lalu *boundary condition* dimodelkan sebagai jepit (fixed) untuk batas bawah sedangkan batas samping dimodelkan sebagai rol (roller), untuk kondisi *mesh* (jaringan) menggunakan tingkat *medium refinement*, dan *loading* (beban) diterapkan secara bertahap sampai mencapai kondisi ultimit atau keruntuhan untuk mendapatkan output dari program tersebut yang akan dianalisa untuk mendapatkan kesimpulan sebagai hasil dari penelitian ini. Adapun prosedur penelitian dipaparkan pada Gambar 3.



Gambar 3. Bagan Alir Penelitian

2.1 Model Pelat Bersirip

Pelat bersirip terbuat dari material beton dengan lebar pelat sebesar 14, panjang sirip 7 cm, dan ketebalan pelat sebesar 0,5 cm. Dengan mutu beton sebesar 28 MPa (Gambar 4). Pelat tanpa sirip dibuat dengan ukuran sesuai Gambar 5. Perbedaannya, pelat ini tidak memiliki sirip dan posisi beban pada pelat ini akan berada di tengah-tengah pelat. Pelat pada Gambar 6 dibuat dengan ukuran sesuai Gambar 4. Perbedaannya, pelat ini memiliki sirip yang tegak (0°) dan posisi beban pada pelat ini akan berada di tengah-tengah pelat. Pelat pada Gambar 7 dibuat dengan ukuran sesuai Gambar 4. Perbedaannya, pelat ini memiliki kemiringan sirip sebesar 30° dan posisi beban pada pelat ini akan berada di tengah-tengah pelat. Pelat pada Gambar 8 dibuat dengan ukuran sesuai Gambar 4. Perbedaannya, pelat ini memiliki kemiringan sirip sebesar 60° dan posisi beban pada pelat ini akan berada di tengah-tengah pelat. Pelat pada Gambar 9. dibuat dengan ukuran sesuai Gambar 4. Dengan bentuk yang sama dengan pelat tanpa sirip tetapi pelat ini memiliki sirip sehingga panjang pelat menjadi 28 cm dan posisi beban pada pelat ini akan berada ditengah-tengah pelat

**Gambar 4.** Detail Ukuran Pelat Bersirip**Gambar 5.** Pelat Tanpa Sirip**Gambar 6.** Pelat dengan Kemiringan Sirip 0°**Gambar 7.** Pelat dengan Kemiringan Sirip 30°**Gambar 8.** Pelat dengan Kemiringan Sirip 60°**Gambar 9.** Pelat dengan Kemiringan Sirip 90°

2.2 Data

Penelitian ini menggunakan data tanah yang didapatkan dari pengujian di laboratorium Mekanika Tanah Universitas Tanjungpura untuk memperoleh data parameter fisik dan mekanik tanah yang digunakan sebagai dasar untuk mendapatkan data parameter tanah yang diperlukan program perangkat lunak dan untuk data pelat dilakukan cara analitis untuk mendapatkan data parameter pelat pada program perangkat lunak. Apabila data tidak dapat ditentukan melalui pengujian laboratorium dan analisis teoritis, maka penentuannya dilakukan dengan menggunakan nilai korelasi tabel berdasarkan parameter tanah dan material pelat sebagai acuan (Warman, 2019).

Tabel 1 menunjukkan data parameter tanah yang dibutuhkan oleh program perangkat lunak. Dari data di atas, terdapat parameter tanah yang tidak didapatkan pada pengujian di laboratorium, seperti modulus elastisitas tanah, Poisson ratio, dan (Rinter). Data tersebut didapatkan dari tabel korelasi sesuai dengan klasifikasi jenis tanah yang didapatkan dari pengujian laboratorium. Tabel 2. menunjukkan data parameter pelat yang diperlukan program perangkat lunak, data ini didapatkan dengan menyesuaikan mutu material pelat dan dimensi ukuran pelat.

Tabel 1. Data Parameter Tanah

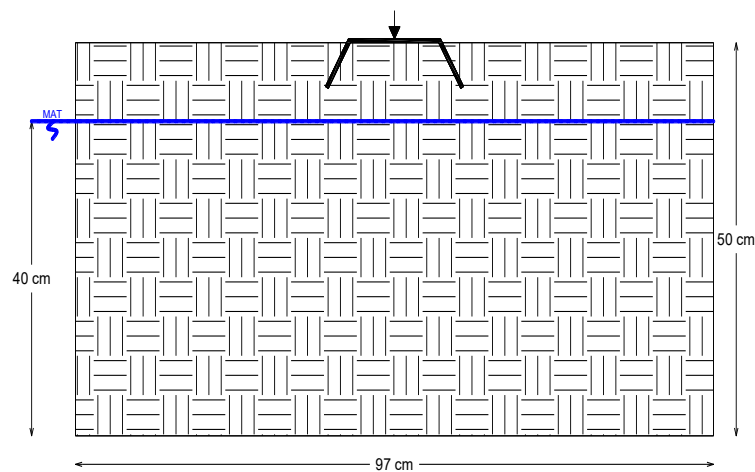
Parameter Tanah	Satuan	Data
Jenis Tanah	-	Lempung Liat Berlanau
Konsistensi	-	<i>Soft</i>
Model Material	-	<i>Mohr Coulomb</i>
Tipe Material	-	Drained
Berat Jenis <i>Saturated</i> (γ_{sat})	kN/m ³	14,25
Berat Jenis <i>Unsaturated</i> (γ_{unsat})	kN/m ³	14,25
Permeabilitas Horizontal (k_x)	m/day	0,064241234
Permeabilitas Vertikal (k_y)	m/day	0,064241234
Modulus Elastisitas (E)	kN/m ²	2000
<i>Poisson Ratio</i> (ν)	-	0,4
Angka Pori (e)	-	2,734
Kohesi (c)	kN/m ²	3,525
Sudut Geser (ϕ)	°	16,666
Sudut Dilatasi (ψ)	°	0
Interaksi Beton dan Tanah (R_{inter})	-	0,9

Tabel 2. Data Parameter Pelat

Parameter	Satuan	Data
Material Type	-	Elastic; Isotropic
<i>EA</i>	kN/m	6963617,451
<i>EI</i>	kN.m ² /m	9,067
<i>w</i>	kN/m/m	0,168
ν	-	0,15
<i>E</i>	kN/m ²	24870062,32
γ	kN/m ³	24

2.3 Model Geometri pada Perangkat Lunak

Pada program perangkat lunak, posisi pelat berada di tengah-tengah geometri tanah, dengan geometri tanah yang dibuat sebanyak 10 lapis, muka air tanah 10 cm dari permukaan tanah, dan diberikan beban terpusat pada tengah-tengah pelat yang akan terus bertambah hingga kondisi tanah mengalami keruntuhan. Pemodelan geometri pada perangkat lunak PLAXIS 2D ditunjukkan pada Gambar 10.

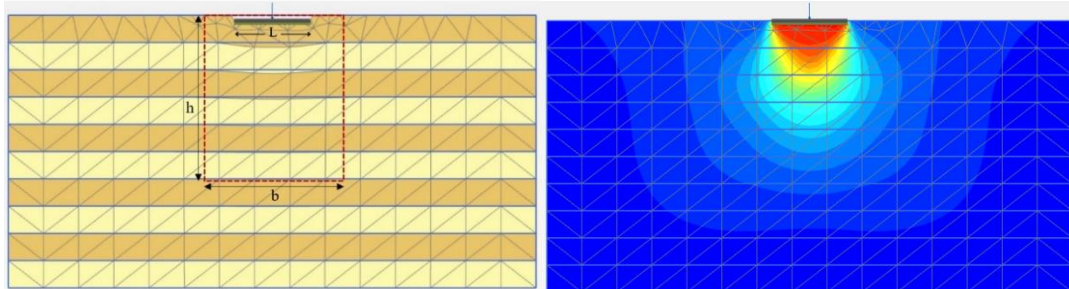
**Gambar 10.** Pemodelan Geometri pada Plaxis 2D

3. HASIL DAN DISKUSI

3.1 Analisa Pola Keruntuhan Tanah

1. Pelat Tanpa Sirip

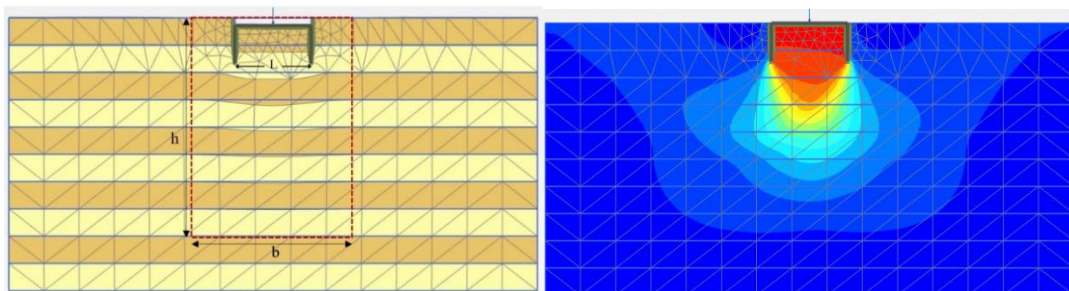
Pada pelat tanpa sirip (Gambar 11), terlihat keruntuhan tanah yang melebar ke samping dan tidak terlalu menyebar ke arah bawah. Keruntuhan tanah paling lebar terletak pada lapisan tanah ke-2. Maka dapat diklasifikasikan bahwa jenis pola keruntuhan tanah yang terjadi adalah keruntuhan geser baji (punching shear failure) karena desakan di bawah pelat cukup besar dan pergeseran arah vertikal pada ujung pelat.



Gambar 11. Keruntuhan pada Pelat Tanpa Sirip

2. Pelat dengan Kemiringan Sirip 0°

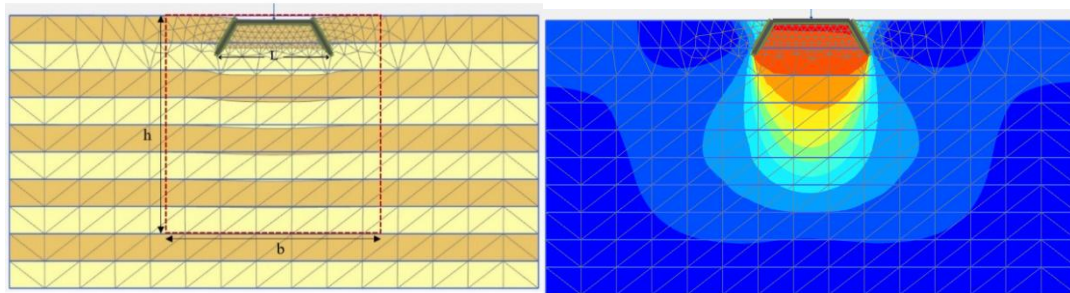
Pada pelat bersirip kemiringan 0° (Gambar 12) terlihat keruntuhan tanah terfokus ke arah bawah tidak menyebar ke arah samping akibat peran sirip yang berposisi tegak, tetapi penyebaran ke arah samping belum optimal terlihat dari kondisi mesh yang masih rapat di bawah pelat, keruntuhan tanah paling lebar terletak pada lapisan tanah ke-3, jika dilihat dari mekanisme keruntuhan tanah dapat diklasifikasikan jenis pola keruntuhan tanah yang terjadi adalah keruntuhan geser baji (punching shear failure) karena keruntuhan terfokus ke arah vertikal ke bawah dan tidak adanya kenaikan permukaan tanah (heave).



Gambar 12. Keruntuhan pada Pelat Bersirip Kemiringan 0°

3. Pelat dengan Kemiringan Sirip 30°

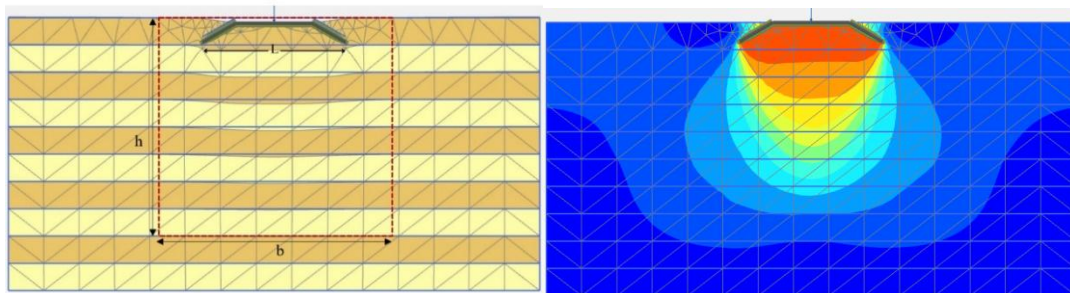
Pada pelat bersirip dengan kemiringan 30° (Gambar 13), terlihat keruntuhan tanah mulai menyebar ke arah samping dan ke arah bawah, walaupun belum optimal. Hal ini ditunjukkan oleh kondisi mesh (jaringan elemen kotak) di bawah pelat yang masih rapat. Jika dilihat dari mekanisme keruntuhan tanah, dapat diklasifikasikan bahwa jenis pola keruntuhan tanah yang terjadi adalah keruntuhan geser lokal (local shear failure), walaupun tidak ada kenaikan permukaan tanah (heave), area keruntuhan pada pelat ini mulai meluas, yang menunjukkan pelat ini lebih baik daripada pelat dengan sirip berposisi tegak. Pada pelat ini keruntuhan tanah paling lebar terletak pada lapisan tanah ke-5.



Gambar 13. Pola Keruntuhan pada Pelat Bersirip Kemiringan 30°

4. Pelat dengan Kemiringan Sirip 60°

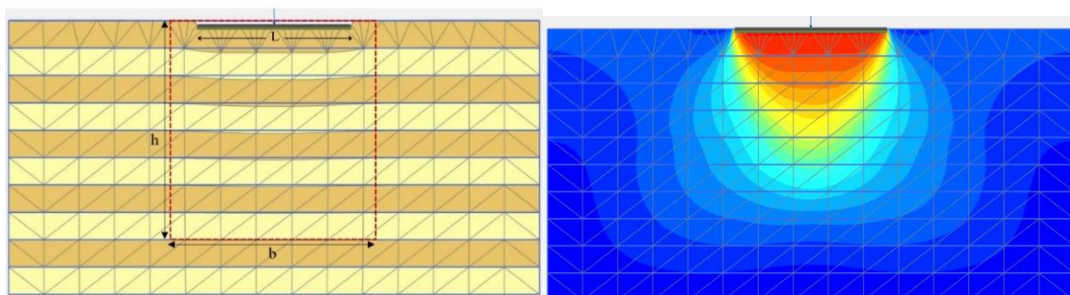
Pada pelat bersirip dengan kemiringan 60° (Gambar 14), terlihat penyebaran tegangan lateral ke arah bawah maupun ke arah samping paling optimal dibandingkan dengan pelat sebelumnya. Hal ini ditunjukkan oleh kondisi mesh (jaringan elemen kotak) di bawah pelat yang menjadi renggang. Untuk keruntuhan tanah, yang paling lebar terletak pada lapisan tanah ke-4. Jika dilihat dari mekanisme keruntuhan tanah, dapat diklasifikasikan bahwa jenis pola keruntuhan tanah yang terjadi adalah keruntuhan geser lokal (local shear failure), walaupun tidak ada kenaikan permukaan tanah, pola keruntuhan yang terbentuk secara luas dan dalam.



Gambar 14. Pola Keruntuhan pada Pelat Bersirip Kemiringan 60°

5. Pelat dengan Kemiringan Sirip 90°

Pada pelat bersirip dengan kemiringan 90° (Gambar 15) terlihat keruntuhan tanah yang mirip dengan pelat tanpa sirip, tetapi lebih menyebar ke arah samping. Daya dukung pada pelat ini lebih besar daripada pelat tanpa sirip. Keruntuhan tanah paling lebar terletak pada lapisan tanah ke-3. Dapat diklasifikasikan sebagai jenis pola keruntuhan tanah yang terjadi adalah keruntuhan geser lokal (local shear failure).



Gambar 15. Pola Keruntuhan pada Pelat Bersirip Kemiringan 90°

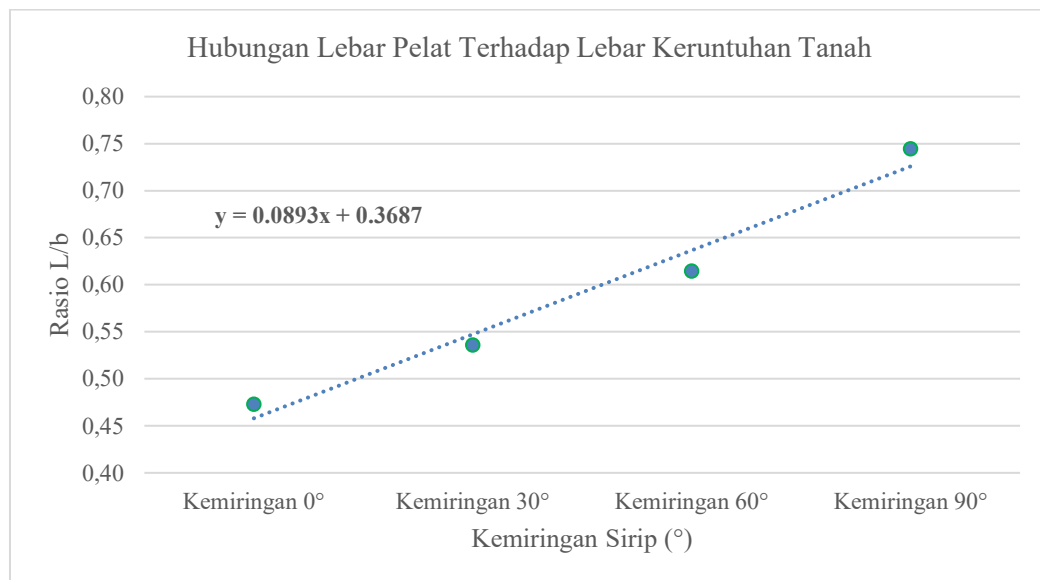
3.2 Rasio L/b

Dalam penelitian ini, lebar pelat berbeda-beda karena variasi kemiringan sirip pada pelat, sehingga dilakukan analisis pengaruh L (lebar pelat) terhadap b (lebar keruntuhan tanah) dan h (kedalaman keruntuhan tanah) sebagai faktor pendukung untuk memperjelas karakteristik keruntuhan tanah lunak Kota Pontianak. Dapat dilihat lebih jelas pada gambar analisis pola keruntuhan. Tetapi pelat tanpa sirip tidak dapat dibandingkan karena tidak memiliki parameter kemiringan sirip, jadi hanya sebagai kondisi dasar pelat. Berikut hasil dari semua kemiringan sirip pelat yang ditunjukkan pada Tabel 3. Untuk mendapatkan nilai

rasionya, nilai L akan dibagi dengan nilai b. Hasilnya dapat dilihat pada grafik pada Gambar 16. Dari Gambar 16. Dapat dilihat nilai rasio dengan menggunakan fungsi regresi linear meningkat dari 0,47 pada kemiringan 0° menjadi 0,74 pada kemiringan 90° , menunjukkan peningkatan kemiringan sudut secara konsisten memperbesar lebar keruntuhan tanah.

Tabel 3. Ukuran Area Keruntuhan dan Pelat pada Berbagai Kemiringan Sirip

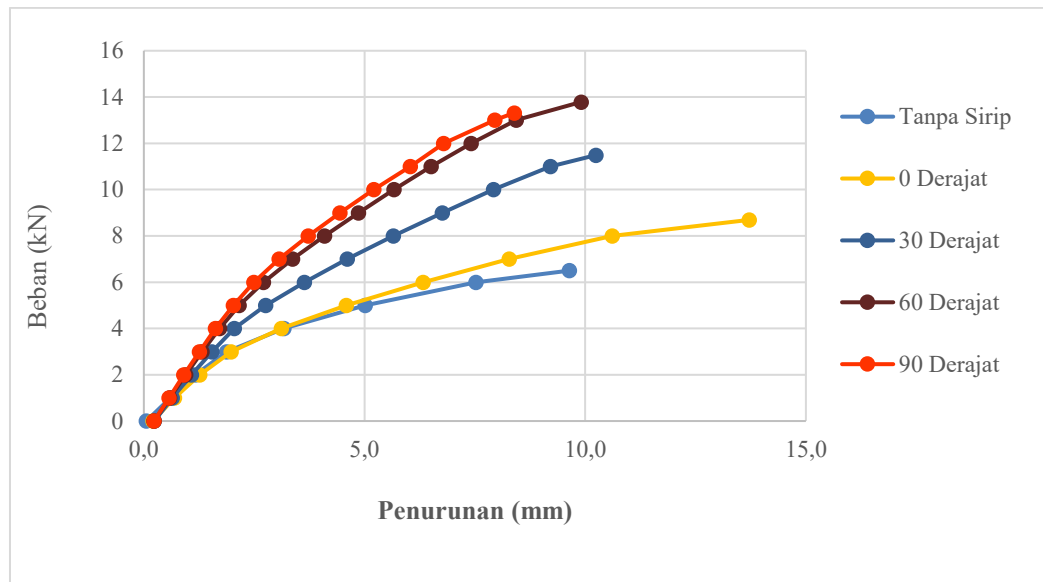
Kemiringan Sirip Pelat	Lebar Area Keruntuhan (cm)		Lebar Pelat (L) (cm)
	h	b	
Kemiringan 0°	40,07	29,61	14,0
Kemiringan 30°	40,10	39,18	21,0
Kemiringan 60°	45,04	42,47	26,1
Kemiringan 90°	35,18	37,62	28,0



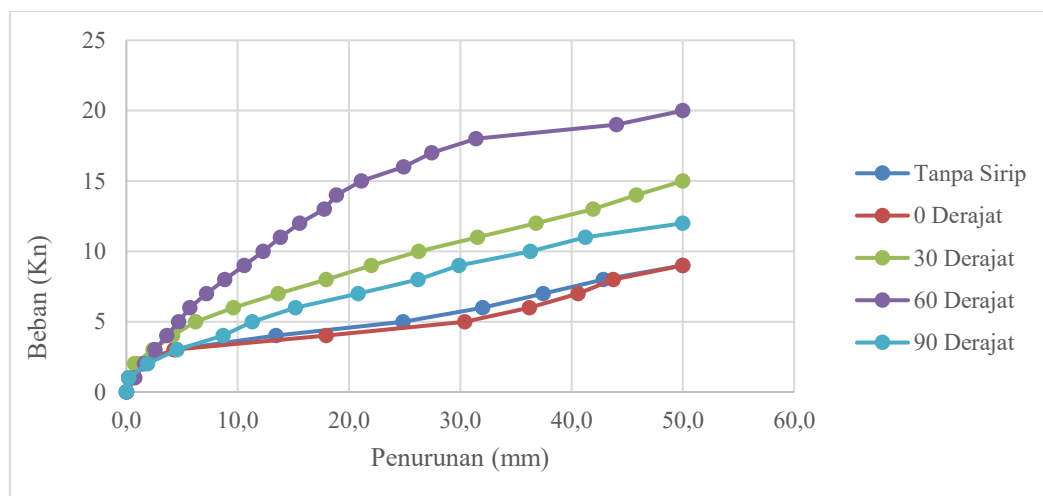
Gambar 16. Grafik Hubungan Lebar Pelat Terhadap Lebar Keruntuhan Tanah

3.3 Beban vs Penurunan pada Semua Kemiringan Sirip

Berikut adalah nilai beban maksimum yang mampu ditahan pelat dan nilai penurunan yang terjadi pada semua kemiringan sirip pelat, dapat dilihat pada Gambar 17 dan 18. Dari grafik terlihat bahwa perbedaan kemiringan sirip terbukti memengaruhi kapasitas beban. Pelat tanpa sirip memiliki kapasitas paling rendah, sementara penambahan sirip secara umum meningkatkan kemampuan menahan beban. Di antara variasi yang diuji, sudut 60° memberikan hasil paling optimal dengan nilai beban tertinggi. Sebaliknya, pada sudut 90° tidak terjadi peningkatan yang lebih besar, sehingga menunjukkan bahwa kenaikan sudut sirip tidak selalu diikuti oleh peningkatan daya dukung. Hal ini sejalan dengan penelitian sebelumnya yang menunjukkan bahwa pelat bersirip dengan kemiringan 60° memberikan kinerja yang paling optimal (Megasim et al., 2025), yang hasilnya ditunjukkan pada grafik berikut.



Gambar 17. Grafik Rekapitulasi Beban dan Penurunan pada Semua Kemiringan Sirip Pelat dengan Metode Numerik



Gambar 18. Grafik Rekapitulasi Beban dan Penurunan pada Semua Kemiringan Sirip Pelat dengan Metode Eksperimental

4. KESIMPULAN

Dari pembahasan di atas mengenai hasil pola keruntuhan tanah lunak Kota Pontianak yang dianalisis menggunakan program plaxis 2D, dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut.

1. Nilai rasio antara kemiringan sudut sirip pada pelat dan lebar keruntuhan tanah yang terbentuk menunjukkan pengaruh yang signifikan: semakin besar kemiringan sirip pelat, semakin besar juga lebar keruntuhan tanah.
2. Pelat bersirip dengan kemiringan 60° menunjukkan kinerja paling optimal, ditandai dengan mekanisme keruntuhan yang berkembang secara efektif ke arah vertikal dan lateral. Selain itu, pelat ini memiliki kapasitas beban tertinggi dibandingkan dengan variasi kemiringan sirip yang lain.
3. Kemiringan sirip pada pelat bersirip dapat dijadikan sebagai parameter penting dalam perencanaan dan optimasi desain pada tanah lunak karena berpengaruh terhadap distribusi tegangan serta mekanisme keruntuhan tanah yang terbentuk.

DAFTAR PUSTAKA

- Amal, T. I., Bachtiar, V., & Yusuf, M. (2023). Jurnal Teknik Sipil 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/https://doi.org/10.26418/jts.v23i3.66798>
- Acharyya, R. (2019). Finite element investigation and ANN - based prediction of the bearing capacity of strip footings resting on sloping ground. *International Journal of Geo-Engineering*, 10(5), 19. <https://doi.org/10.1186/s40703-019-0100-z>
- Das, B. M. (1995). *Mekanika Tanah Jilid 1 (Prinsip-prinsip Rekayasa Geoteknik)*. In N. Endah M & I. B. Mochtar (Eds.), Erlangga (1st ed.). Erlangga.
- Darwis. (2018). *Dasar - Dasar Mekanika Tanah* (A. Kodir (ed.); 1st ed.). Pena Indis.
- Ebid, A. M., Onyelowe, K. C., & Salah, M. (2022). *Estimation of Bearing Capacity of Strip Footing Rested on Bilayered Soil Profile Using FEM-AI-Coupled Techniques*. 2022, 11. <https://doi.org/https://doi.org/10.1155/2022/8047559>
- Jumadi, Yusuf, M., & Bachtiar, V. (2017). Uji Kekuatan Jalan Beton Bersirip Yang Diperkaku Dengan Cara Penebalan Pada Bagian Sirip. *JeLast*, 4(4), 3. <https://doi.org/10.26418/jelast.v4i4.21886>
- Triatmodjo, B. (2010). *Metode Numerik* (8th ed.). Beta Offset
- Mandagi, N. A., Yusuf, M., & Bachtiar, V. (2023). Jurnal Teknik Sipil Overview of the Bearing Capacity Finned Concrete Slabs Based on Slope of the Fins Using Numerical Method. *Jurnal Teknik Sipil*, 23(4), 521–528. <https://doi.org/https://doi.org/10.26418/jts.v23i4.66959>
- Megasim, Yusuf, M., & Bachtiar, V. (2025). Experimental Study on the Failure Pattern of Cohesive Soil Under Finned Slabs Through Load Testing. *JITS*, 29(Figure 1), 115–126. <https://doi.org/https://doi.org/10.24843/JITS.2025.v29.i02.p02>
- Sirait, S. M., Bachtiar, V., Yusuf, M., Jurusan, M., Sipil, T., Teknik, F., Tanjungpura, U., Jurusan, D., Sipil, T., Teknik, F., & Tanjungpura, U. (2022). Tinjauan daya dukung pelat beton bersirip di atas tanah lempung dengan variasi kemiringan sirip berdasarkan uji pembebanan. *JeLast*, 9(2), 1–9. <https://doi.org/https://doi.org/10.26418/jelast.v9i2.55267>
- Teguh, R., Rusbandi, R., Sudiadi, S., Novita, D., & Mardiani, M. (2022). Penerapan Aplikasi Plaxis Pada Prodi Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Tridianti Palembang. *Fordicate*, 1(2), 124–132. <https://doi.org/10.35957/fordicate.v1i2.2406>
- Utami, E. T., Hamdhan, I. N., & Suwitaatmadja, K. (2019). Analisis Stabilitas pada Perbaikan Tanah Lunak dengan Metode Preloading Menggunakan Metode Elemen Hingga. *RekaRacana: Jurnal Teknil Sipil*, 5(3), 1. <https://doi.org/10.26760/rekaracana.v5i3.1>
- Warman, R. S. (2019). *Kumpulan Korelasi Parameter Geoteknik Dan Pondasi*. Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat Direktorat Jenderal Bina Marga.