

STUDI KOMPARASI HASIL PENGUJIAN PEMBEBANAN STATIS UNTUK DAYA DUKUNG LATERAL FONDASI TIANG

Jason Kovic Xu¹ dan Alfred Jonathan Susilo²

¹Program Studi Sarjana Teknik Sipil, Universitas Tarumanagara, Jl. Letjen S. Parman No. 1, Jakarta, Indonesia
jasonkovicxu@gmail.com

²Program Studi Doktor Teknik Sipil, Universitas Tarumanagara, Jl. Letjen S. Parman No. 1, Jakarta, Indonesia
alfred@ft.untar.ac.id

Masuk: 29-12-2023, revisi: 11-01-2024, diterima untuk diterbitkan: 29-01-2024

ABSTRACT

With the rapidly developing era in the field of geotechnical construction, the efficiency of pile foundation design is something that must be considered to make the design safer and more efficient. This study compares the lateral bearing capacity of bored piles obtained through pile testing with static lateral loading and theoretical calculations in the form of manual calculations as well as calculations through software analysis. By analysing the differences between lateral load pile testing and theoretical calculation values, this study aims to identify the strengths and weaknesses of the calculation methods, gain a deeper understanding of the factors that influence lateral behaviour, and propose developments for more accurate predictions. The methodology used was to collect static lateral load testing data, analyse the collected data, and calculate with input parameters from field investigation and pile specifications. By comparing the static lateral load testing results and theoretical calculation values, this study will evaluate the accuracy and limitations of the calculation method such as the calculation parameters in calculating the lateral bearing capacity, leading to more reliable foundation design and increased efficiency of pile foundation construction.

Keywords: Lateral bearing capacity; Broms; Matlock & Reese; p-y curve; static lateral load testing

ABSTRAK

Dengan zaman yang berkembang dengan cepat dalam bidang konstruksi geoteknik, efisiensi desain fondasi tiang menjadi suatu hal yang harus diperhatikan agar desain lebih aman dan hemat. Penelitian ini membandingkan daya dukung lateral tiang bor yang diperoleh melalui pengujian tiang dengan pembebanan lateral statis dan perhitungan teoritis berupa perhitungan secara manual dan juga perhitungan melalui analisis *software*. Dengan menganalisis perbedaan antara pengujian lateral statis dan nilai perhitungan teoritis, studi ini bertujuan untuk mengidentifikasi kekuatan dan kelemahan metode perhitungan, mendapatkan pemahaman yang lebih mendalam mengenai faktor-faktor yang mempengaruhi perilaku lateral, dan mengusulkan pengembangan untuk prediksi yang lebih akurat. Metodologi yang digunakan adalah dengan mengumpulkan data pengujian beban lateral statis, menganalisis data yang terkumpul, dan menghitung dengan parameter input dari investigasi lapangan dan spesifikasi tiang pancang. Dengan membandingkan hasil pengujian beban lateral statis dan nilai perhitungan teoritis, studi ini akan mengevaluasi keakuratan dan keterbatasan metode perhitungan seperti pada parameter perhitungan yang terdapat pada daya dukung lateral pada perhitungan teoritis, yang mengarah pada desain pondasi yang lebih dapat diandalkan dan peningkatan efisiensi terhadap pembangunan fondasi tiang.

Kata kunci: Daya dukung lateral; Broms; Matlock & Reese; kurva p-y; pengujian lateral statis

1. PENDAHULUAN

Fondasi merupakan bagian paling dasar pada suatu struktur bangunan yang berfungsi untuk menyalurkan beban dari bangunan atas ke lapisan tanah dasar (Charless & Susilo, 2019). Seiring perkembangan zaman dalam bidang perancangan struktur geoteknik, daya dukung lateral pada tiang menjadi aspek yang kritis dalam memastikan keamanan bangunan. Ketika merancang fondasi, khususnya untuk tiang yang didesain untuk bangunan tinggi atau yang terkena beban lateral, penting untuk memperhitungkan daya dukung lateral tiang. Fondasi tiang juga dapat dibedakan menurut perilaku kepala tiang menjadi fondasi dengan *free end* dan fondasi *fixed end*. Pada fondasi *free end*, perpindahan horizontal dipengaruhi juga oleh jarak dari ujung tiang ke muka tanah. Semakin jauh jarak dari ujung tiang ke muka tanah maka semakin besar perpindahan horizontal yang akan terjadi (Wijaya et al., 2019).

Metode yang paling umum digunakan, setidaknya pada tahap awal, untuk menentukan beban lateral ultimit H_u yang dapat diterapkan pada kepala tiang pancang pendek yang kaku pada tanah kohesif yang rata, adalah metode oleh

Broms. Metode ini dikembangkan dengan menggunakan analisis statis dan asumsi distribusi yang disederhanakan dari reaksi tanah batas di sepanjang panjang tiang. Hasilnya disajikan dalam bentuk grafik $H_u/c_u D^2$ versus grafik L/D , yang secara langsung memberikan beban lateral ultimit beban lateral ultimit untuk tiang pancang dalam lempung dengan kuat geser tak terdrainase c_u (Georgiadis et al., 2013).

Setiap metode perhitungan, seperti metode Broms, metode analisis kurva p-y, dan metode Matlock and Reese, memiliki keunggulan dan kelemahan masing-masing dan setiap kondisi lapangan pada proyek dapat berbeda, sehingga perhitungan daya dukung lateral tidak selalu sesuai dengan hasil pengujian pada lapangan. Oleh karena itu, pemilihan metode yang sesuai dengan kondisi tanah maupun tiang di lokasi proyek sangat penting untuk memastikan bahwa perhitungan daya dukung lateral memberikan hasil yang akurat. Pentingnya memahami kecocokan setiap metode perhitungan dengan kondisi lapangan menjadi kunci dalam merancang fondasi yang optimal. Selain itu, hasil perhitungan yang akurat juga meminimalkan risiko *overdesign* yang dapat meningkatkan biaya konstruksi atau *underdesign* yang dapat membahayakan struktur fondasi.

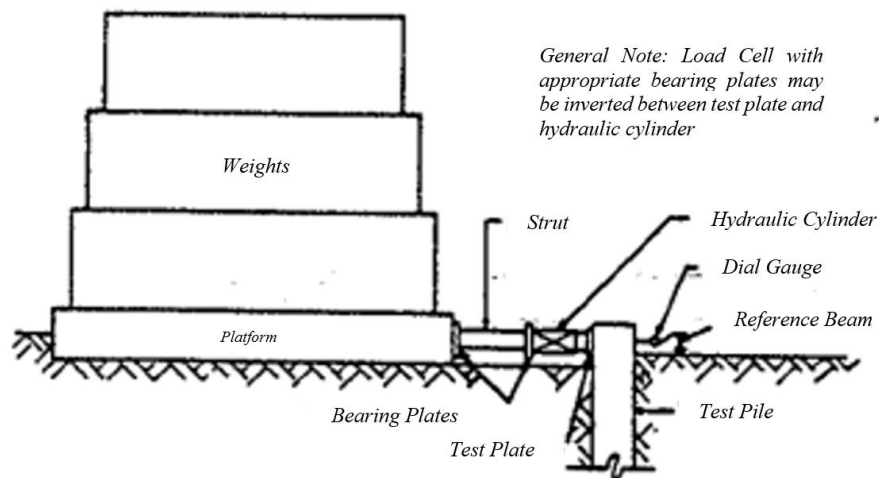
Penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi kecocokan dari perhitungan daya dukung lateral tiang bor dengan metode Broms, metode analisis kurva p-y, dan metode Matlock and Reese terhadap kondisi di lapangan. Dengan demikian, konsultan proyek dapat menyusun perhitungan yang lebih akurat dan optimal, sekaligus menghindari *overdesign* yang merugikan kontraktor dan *underdesign* yang berisiko pada keamanan struktur fondasi. Hal ini juga meningkatkan tingkat akurasi perhitungan yang dilakukan terhadap hasil pengujian di lapangan. Pentingnya penelitian ini adalah proses perancangan struktur fondasi tiang bor dapat dilakukan dengan lebih optimal dan efektif karena perancang dapat lebih memahami kondisi-kondisi yang cocok dengan metode perhitungan yang tepat.

Pengujian daya dukung lateral tiang fondasi

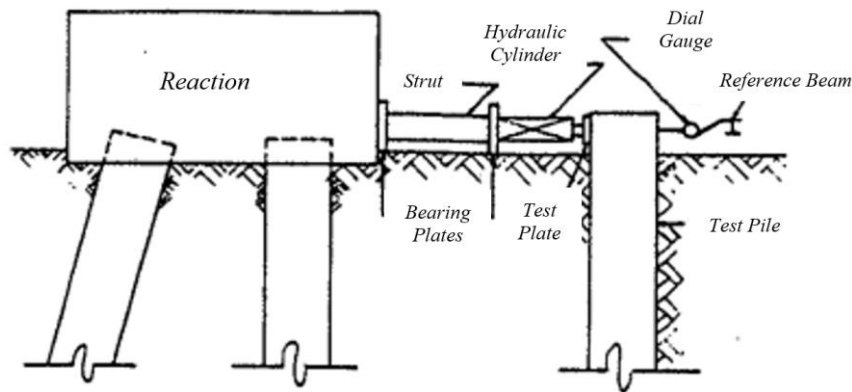
Pengujian daya dukung tiang dengan menggunakan beban statis baik secara aksial maupun lateral adalah metode pengujian tiang yang paling dapat diandalkan. Hal tersebut dikarenakan oleh berat beban yang setara dengan 200% dari beban rencana yang dapat mensimulasikan beban secara langsung untuk menunjukkan kekuatan tiang. Dalam beberapa kasus tertentu, seperti saat terdapat keperluan untuk mengoptimalkan pengontrolan beban gempa, digunakan beban sebesar 250% hingga 300% dari beban rencana (SNI 8460:2017).

Untuk bangunan yang sederhana gaya lateral yang diterima sangat kecil sehingga dapat diabaikan, tetapi pada bangunan khusus seperti jembatan atau bangunan pencakar langit tidak dapat diabaikan. Beban lateral dapat diakibatkan karena adanya gempa, angin, dan gelombang air laut, oleh karena itu analisis dan desain terhadap beban lateral harus di perhitungkan agar tiang pancang itu sendiri dapat berfungsi dengan baik (Morrischo et al., 2020).

Pada pengujian daya dukung lateral, terdapat dua metode yang umumnya digunakan yaitu metode Kentledge dan Reaction Pile. Pengujian Kentledge merupakan metode dengan sistem pembebanan yang melibatkan beban besar sebagai beban penahan untuk sistem hidrolis yang memberikan gaya lateral ke tiang uji seperti yang terlihat pada Gambar 1. Pengujian *Reaction Pile* menggunakan tiang reaksi yang berada di sekitar tiang uji untuk menahan beban dari sistem hidrolis seperti pada Gambar 2.



Gambar 1. Pengujian daya dukung lateral dengan metode kentledge (ASTM D3966-90)



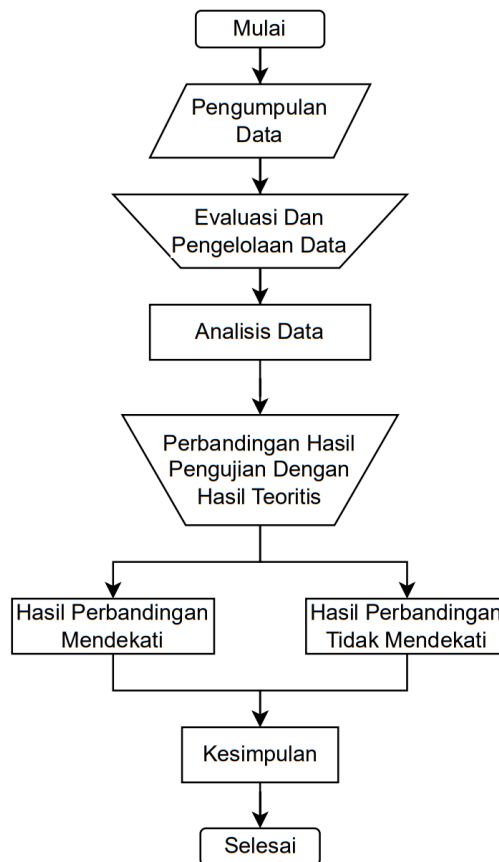
Gambar 2. Pengujian daya dukung lateral dengan metode *reaction pile* (ASTM D3966-90)

2. METODE PENELITIAN

Pada penelitian ini, dikumpulkan data yang berupa hasil pengujian lateral fondasi tiang pada suatu proyek. Selain itu penelitian ini juga membutuhkan data tanah agar dapat membandingkan hasil perhitungan secara teoritis dan hasil pengujian di lapangan. Data yang telah dikumpulkan berupa data yang terdapat pada proyek A yang berlokasi di Jakarta Pusat dan juga proyek B yang berlokasi di Jakarta Timur.

Analisis pada penelitian ini dilakukan dengan memperhitungkan daya dukung lateral dari fondasi tiang secara manual dan juga menggunakan *software*. Hasil dari perhitungan teoritis tersebut kemudian dibandingkan dengan pengujian di lapangan. Dengan demikian, penelitian ini dapat membandingkan kondisi lapangan dengan parameter yang mempengaruhi perhitungan teoritis.

Penelitian ini menerapkan diagram alir seperti pada Gambar 3.



Gambar 3 Diagram alir

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Parameter data tanah proyek

Parameter data tanah pada penelitian ini ditentukan dengan memperhitungkan korelasi data tanah dari nilai N-SPT yang didapatkan dari data *bore log* dan juga nilai tipikal untuk memperhitungkan nilai berat jenis tanah. Parameter pada proyek A dan B dapat terlihat pada Tabel 1-2.

Tabel 1. Parameter data tanah proyek A

Elevation	NSPT	ysat (kN/m ³)	ydry (kN/m ³)	Su (kPa)	φ'	Eu (Mpa)	E' (MPa)
0	6	3	17	15	28,5	3,6	2,412
6	15	4	19,8	17,5	20	4,5	3,015
15	18	50	19,8	17,5	260	39,9	31,758
18	26	100	20	18	435	42,2	54,337
26	32	31	20	18	160	29,5	19,765
32	40	35	19,8	17,5	185	33,9	22,713
40	50	115	20	16	-	42,8	-

Tabel 2. Parameter data tanah proyek B

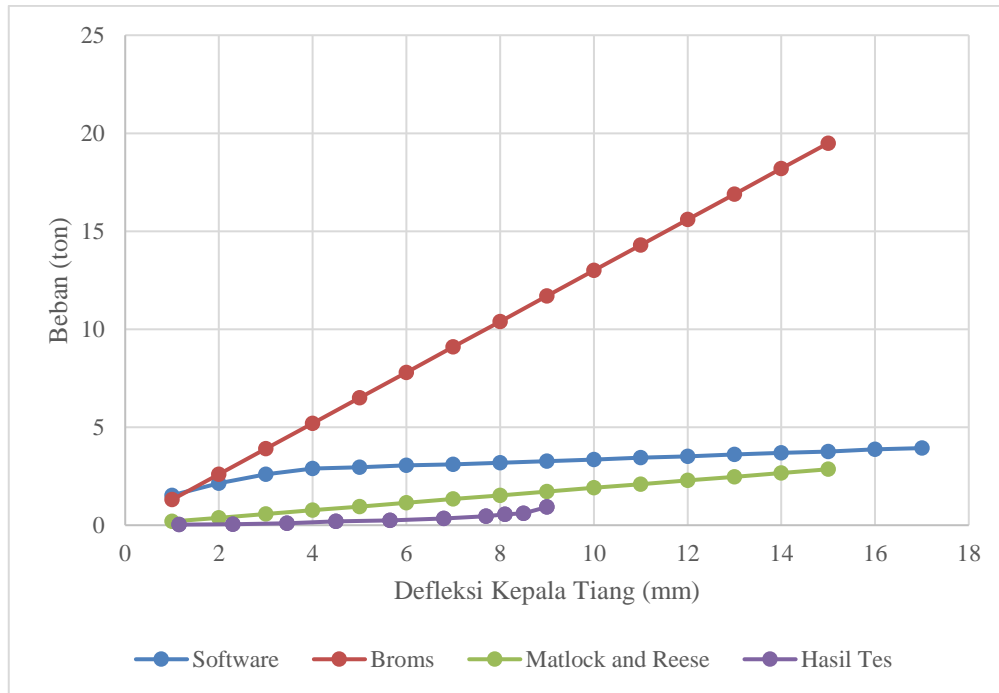
Elevation	NSPT	ysat (kN/m ³)	ydry (kN/m ³)	Su (kPa)	φ'	Eu (Mpa)	E' (MPa)
0	1,5	5	20	17	25	-	5,4
1,5	4,5	35	19,6	17	185	-	33,9
4,5	6	11	19,6	17	55	-	10,8
6	10,5	28	19,8	17,5	145	-	26,8
10,5	14,5	25	20	18	130	-	24,1
14,5	21	65	20	16	-	40,6	-
21	24,5	59	20	16	-	40,3	-
24,5	28	79	20	18	370	-	68,2
28	30	85	20	18	390	-	72,1

Perbandingan hasil lapangan dan hasil teoritis

Berdasarkan data tanah yang diperoleh, penelitian ini memperhitungkan daya dukung lateral dari Proyek A dan B dengan metode Broms, metode Matlock and Reese, dan juga analisis *software* untuk mendapatkan grafik p-y. Perhitungan tersebut kemudian akan dibandingkan dengan hasil pengujian pada lapangan untuk menganalisis perilaku parameter yang mempengaruhi setiap perhitungan dengan kondisi di lapangan. Perhitungan yang dilakukan berdasarkan sifat kepala tiang beban/*Free Head*.

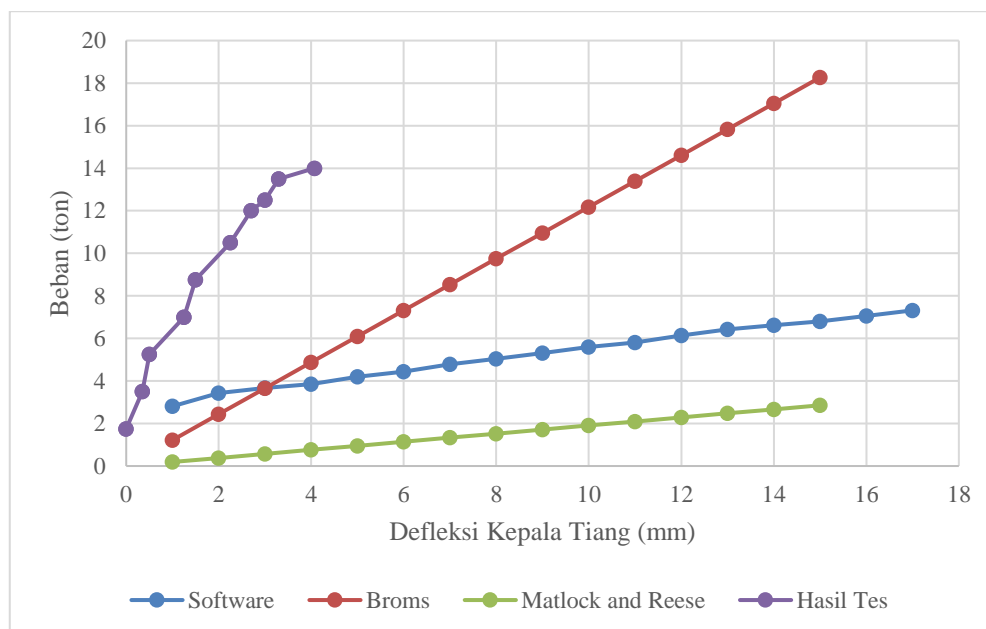
Perbandingan yang dilakukan adalah perhitungan daya dukung lateral teoritis dengan defleksi 6 mm dibandingkan dengan pengujian lapangan pada beban 100%, sedangkan perhitungan daya dukung lateral teoritis dengan defleksi 12 mm dibandingkan dengan pengujian lapangan pada beban 200%.

Pada proyek A, terdapat satu tiang yang terdapat data pengujian daya dukung lateral yaitu pada tiang TP 2 BP. 46. Berikut adalah perbandingan hasil dari perhitungan teoritis dan juga hasil pengujian lapangan dengan defleksi 6 mm dan juga 12 mm seperti yang terlihat pada Gambar 4.



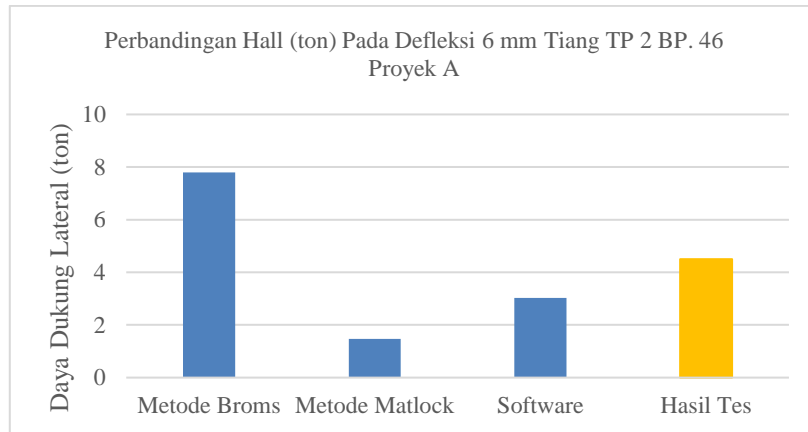
Gambar 4. Grafik beban vs defleksi tiang TP 2 BP. 46 proyek A

Pada proyek B, terdapat dua tiang identik yang terdapat data pengujian daya dukung lateral yaitu pada tiang BP. 79 dan BP. 80. Data defleksi dan nilai daya dukung diperbandingkan dengan tiang BP. 80 karena memiliki defleksi tiang yang lebih tinggi pada pengujian. Berikut adalah perbandingan hasil dari perhitungan teoritis dan juga hasil pengujian lapangan dengan defleksi 6 mm dan juga 12 mm seperti yang terlihat pada Gambar 5.

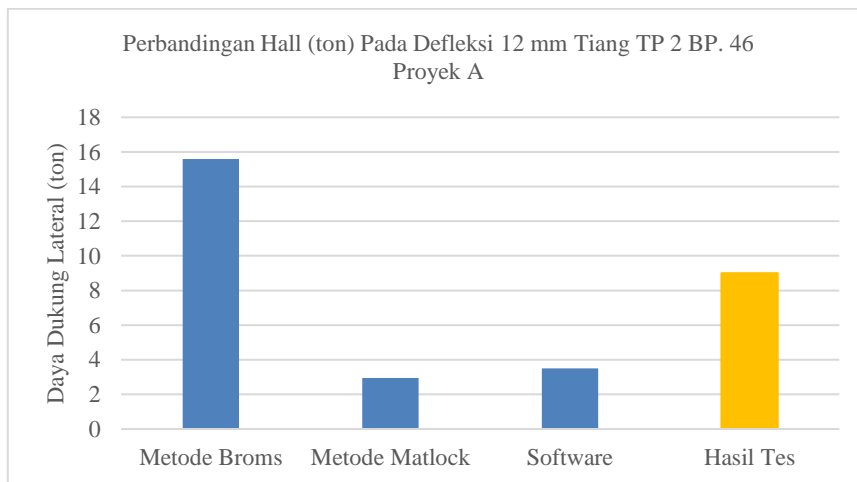


Gambar 5. Grafik perbandingan beban vs pergeseran tiang BP. 80 proyek B

Dari proyek A, berdasarkan Gambar 6-7 dan Tabel 3-6 dapat terlihat bahwa hasil pengujian lateral dengan pembebanan 100% dan 200% dari beban rencana paling mendekati dengan analisis software dengan persentase selisih 32,59% untuk defleksi 6 mm dan 61,11% untuk defleksi 12 mm. Pengujian lapangan juga mendekati dengan perhitungan metode Matlock and Reese dengan persentase selisih 67,26% untuk defleksi 6 mm dan 12 mm.



Gambar 6. Grafik perbandingan H_{all} pada defleksi 6 mm tiang TP 2 BP. 46 proyek A



Gambar 7. Grafik perbandingan H_{all} pada defleksi 12 mm tiang TP 2 BP. 46 proyek A

Tabel 3. Perbandingan daya dukung lateral pada defleksi 6 mm dari tiang TP 2 BP. 46 proyek A

Metode	H_{ult} (ton)	H_{all} (ton)	Keterangan
Metode Broms	23,38	7,79	Defleksi 6 mm
Metode Matlock	4,42	1,47	
Software	9,1	3,03	
Hasil Tes	-	4,5	100%

Tabel 4. Perbandingan daya dukung lateral pada defleksi 12 mm dari tiang TP 2 BP. 46 proyek A

Metode	H_{ult} (ton)	H_{all} (ton)	Keterangan
Metode Broms	46,77	15,59	Defleksi 12 mm
Metode Matlock	8,84	2,94	
Software	10,5	3,5	
Hasil Tes	-	9	200%

Tabel 5. Persentase selisih H_{all} tiang TP 2 BP. 46 proyek A

Defleksi	6mm	12mm
Metode Broms	73,26%	73,26%
Metode Matlock	67,26%	67,26%
Software	32,59%	61,11%

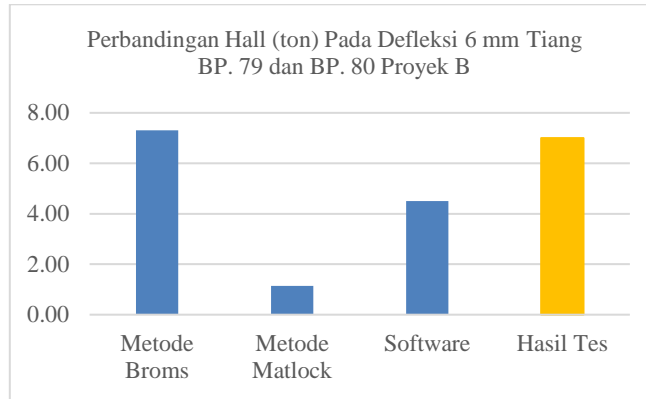
Tabel 6. Data defleksi hasil pengujian lateral tiang TP 2 BP. 46 proyek A

No	Beban (Ton)	Siklus		Defleksi (mm)			Ket.
		Step	%	Gross	Nett	Rebound	
1	2,3	I	50%	0,03	0,01	0,02	
2	4,5	II	100%	0,19	0,01	0,18	<10 mm
3	6,85	III	150%	0,35	0,07	0,28	
4	9	IV	200%	0,93	0,35	0,58	<25 mm

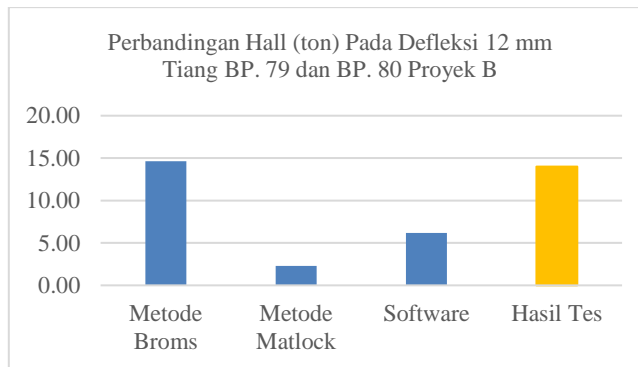
Sementara itu pada proyek B, dapat terlihat pada grafik yang terdapat di Gambar 8-9, serta data hasil perbandingan pada Tabel 7-10, hasil pengujian lateral dengan pembebanan 100% dan 200% dari beban rencana paling mendekati perhitungan dengan metode Broms dengan persentase selisih 4,39%. Hal ini dapat disebabkan oleh berbagai faktor seperti kecocokan ataupun ketidakcocokan dari kondisi tiang dan tanah terhadap rumus pada metode-metode tertentu seperti berikut:

1. Pada metode Matlock and Reese, parameter yang digunakan untuk mendapatkan nilai daya dukung lateral dari tiang dominan dipengaruhi oleh parameter material tiang seperti dimensi tiang, inersia tiang (I_p), dan modulus elastisitas tiang (E_p). Hal ini menandakan bahwa metode Matlock and Reese cenderung lebih terpengaruh oleh material tiang. Pada pengujian di lapangan di proyek A, hasil penurunan yang didapatkan menunjukkan bahwa pergeseran yang dialami tiang pada saat akhir pembebanan adalah 0,93 mm. Pada saat tiang diberi beban, beban akan ditahan oleh material tiang dibandingkan dengan tanah tersendiri, karena sifat tanah masih relatif dalam kondisi elastis yang menyebabkan pergeseran kepala tiang masih sangat kecil. Dapat dikatakan bahwa pada masa pembebanan, sebagian besar beban yang diterima oleh tiang tersendiri karena defleksi yang terjadi belum sampai tahap dimana material beton dari tiang retak, yaitu menurut pakar struktur pada 4 mm. Dengan demikian dapat dinyatakan bahwa kondisi tiang tersebut lebih cocok dengan perhitungan dengan metode Matlock and Reese dibandingkan metode lainnya. Sementara itu pada proyek B, hasil penurunan yang didapatkan menunjukkan bahwa penurunan yang dialami tiang pada saat akhir pembebanan adalah 4.07 mm. Pada saat tiang diberi beban, beban akan ditahan oleh material tiang terdahulu dibandingkan dengan tanah tersendiri. Maka dari itu, dapat dikatakan bahwa pada masa pembebanan, sebagian besar beban yang diterima oleh tanah di sekitar tiang karena defleksi yang terjadi sudah melebihi tahap dimana material beton dari tiang retak. Dengan demikian dapat disimpulkan bahwa kondisi pada tiang ini kurang akurat dengan metode perhitungan Matlock and Reese.
2. Pada perhitungan dengan metode Broms nilai daya dukung lateral yang didapatkan dari hasil perhitungan lebih banyak memperhitungkan kekuatan tanah melalui *undrained cohesion* (S_u) dibandingkan dengan metode Matlock and Reese. Pada perhitungan menggunakan metode Broms pada proyek A, hasil perhitungan dapat terbilang kurang akurat dikarenakan defleksi yang terjadi di lapangan kurang dari 4 mm yang menandakan beton belum retak, sehingga sebagian besar beban masih ditahan oleh tiang dan bukan tanah. Sementara pada perhitungan menggunakan metode Broms pada proyek B, hasil perhitungan dapat terbilang lebih akurat dikarenakan defleksi yang terjadi di lapangan lebih besar dari 4 mm yang menandakan beton sudah mulai retak. Pada kondisi ini, kondisi tanah yang elastis sudah menjadi plastis, sehingga pergeseran kepala tiang sudah menjadi besar. Maka dari itu, dapat dikatakan sebagian besar beban ditahan oleh tanah.
3. Pada perhitungan menggunakan metode Broms, terdapat parameter k_1 yang menggunakan korelasi empirik berdasarkan *undrained cohesion* (S_u) untuk mendapatkan nilai tersebut. Hal tersebut dapat membedakan hasil perhitungan dengan hasil pengujian lapangan karena parameter yang didapatkan bukan berasal dari data laboratorium.
4. Pada metode Matlock and Reese dengan perhitungan Free Head, metode ini menggunakan tabel yang secara pasti untuk menentukan parameter A dan B yang digunakan untuk mendapatkan nilai daya dukung lateral. Pemilihan nilai A dan B hanya didasarkan oleh parameter Z yang dominan dipengaruhi oleh material dan dimensi tiang. Hal tersebut dapat mengartikan bahwa metode Matlock and Reese tidak selalu dapat dipakai untuk perhitungan daya dukung lateral karena kondisi yang menentukan pemilihan parameter penentuan daya dukung lateral terlalu dominan kepada material dan dimensi tiang.
5. Pada analisis *software*, perhitungan yang dilakukan kepada data yang telah diinput sebagian besar dilakukan dengan metode Matlock and Reese. Hal ini dapat menjelaskan hasil analisis yang dilakukan oleh *software* lebih mendekati ke perhitungan metode Matlock and Reese dibandingkan dengan metode Broms.
6. Limitasi pada rumus juga dapat membedakan hasil lapangan dengan hasil perhitungan. seperti limitasi nilai A, B, F_y yang terdapat pada metode Matlock and Reese dan limitasi nilai H pada grafik yang diperhitungkan metode Broms. Sementara pada pengujian lapangan, tidak terdapat limitasi apapun sehingga nilai yang dihasilkan bebas dari limitasi apapun.

7. Limitasi ditetapkan oleh pencipta rumus perhitungan dengan memikirkan keselamatan dari struktur tersendiri. Maka dari itu, angka limitasi tersebut dapat terbilang konservatif.
8. Input parameter pada *software* hanya terdapat *undrained cohesion* (S_u), *frictional angle* (Φ'), berat volume tanah, koefisien k_1 , dan nilai regangan (ϵ_{50}). Hal ini mengartikan bahwa parameter tanah yang diperhitungkan oleh *software* tidak lengkap, sehingga dapat membuat hasil analisis *software* kurang akurat. Contoh parameter yang tidak diinput adalah modulus elastisitas pada kondisi *undrained* (E_u), dan kepadatan relatif (D_r). Salah satu cara untuk menangani masalah ini adalah untuk menggunakan opsi material yang dapat mengakomodir parameter yang dibutuhkan.



Gambar 8. Grafik perbandingan H_{all} pada defleksi 6 mm tiang BP.79 dan BP. 80 proyek B



Gambar 9. Grafik perbandingan H_{all} pada defleksi 12 mm tiang BP.79 dan BP. 80 proyek B

Tabel 7. Perbandingan daya dukung lateral pada defleksi 6 mm dari tiang BP. 79 dan BP. 80 proyek B

Metode	H _{ult} (ton)	H _{all} (ton)	Keterangan
Metode Broms	21,92	7,31	Defleksi 6 mm
Metode Matlock	3,43	1,14	
Software	13,5	4,50	
Hasil Tes	-	7	100%

Tabel 8. Perbandingan daya dukung lateral pada defleksi 12 mm dari tiang BP. 79 dan BP. 80 proyek B

Metode	H _{ult} (ton)	H _{all} (ton)	Keterangan
Metode Broms	43,84	14,61	Defleksi 12 mm
Metode Matlock	6,85	2,28	
Software	18,5	6,17	
Hasil Tes	-	14	200%

Tabel 9. Persentase selisih H_{all} tiang BP. 79 dan BP. 80 proyek B

Defleksi	6mm	12mm
Metode Broms	4,39%	4,39%
Metode Matlock	83,69%	83,69%
Software	35,71%	55,95%

Tabel 10. Data defleksi hasil pengujian lateral tiang BP. 80 proyek B

No	Beban (Ton)	Siklus		Defleksi (mm)			Ket.
		Step	%	Gross	Nett	Rebound	
1	2.3	I	50%	0.35	0.00	0.35	
2	4.5	II	100%	1.11	0.49	0.62	<10 mm
3	6.85	III	150%	2.18	0.84	1.34	
4	9	IV	200%	4.07	1.57	2.5	<25 mm

4. KESIMPULAN DAN SARAN

Berdasarkan analisis yang telah dilakukan terhadap perbandingan yang dilakukan pada hasil pengujian daya dukung lateral di lapangan terhadap perhitungan yang dilakukan secara teoritis, dapat disampaikan beberapa kesimpulan sebagai berikut:

1. Pengujian lapangan yang paling mendekati perhitungan teoritis pada tiang BP. 79 dan BP. 80 pada proyek B yang memiliki persentase selisih 4.39% dengan metode perhitungan Broms pada defleksi 6 mm dan 12 mm. Kondisi dimana hasil pengujian mendekati dengan hasil perhitungan dan hasil analisis *software*, dapat dikarenakan oleh beberapa faktor. Salah satu faktor tersebut yaitu kecocokan parameter yang diperhitungkan pada rumus dalam metode perhitungan terhadap kondisi lapangan. Selain itu, terdapat juga lokasi data tanah juga dapat mempengaruhi kedekatan hasil pengujian lapangan dengan hasil perhitungan teoritis.
2. Perbandingan yang dilakukan menghasilkan kesimpulan bahwa pengujian lapangan yang paling jauh dengan perhitungan teoritis pada tiang BP. 79 dan BP. 80 pada proyek B yang memiliki persentase selisih 83.69% dengan metode perhitungan Matlock and Reese pada defleksi 6 mm dan 12 mm. Kondisi dimana hasil pengujian jauh dengan hasil perhitungan dan hasil analisis *software*, dapat dikarenakan oleh beberapa faktor. Salah satu faktor tersebut yaitu ketidakcocokan parameter yang diperhitungkan pada rumus dalam metode perhitungan terhadap kondisi lapangan. Selain itu terdapat juga faktor limitasi pada metode perhitungan maupun analisis *software* yang membatasi hasil perhitungan, sedangkan pada pengujian lapangan tidak terdapat limitasi apapun yang membatasi hasil dari pengujian. Faktor lainnya dapat berupa jenis tanah pada lapangan yang dominan tanah campuran antara tanah kohesif dan non kohesif pada Proyek A dan Proyek B, sedangkan pada perhitungan teoritis menganalisis tanah secara murni kohesif ataupun non kohesif. Lokasi data tanah juga dapat mempengaruhi besarnya selisih hasil pengujian lapangan dengan hasil perhitungan teoritis.

Dari kesimpulan yang didapat, terdapat saran dari penelitian sebagai berikut:

1. Penentuan rumus dan parameter perhitungan daya dukung lateral membutuhkan pengertian yang lebih dalam terhadap parameter rumus yang dapat berpengaruh ke hasil daya dukung tergantung kepada kecocokan terhadap lapangan.
2. Diperlukan pengertian lebih terhadap cara kerja *software* dan metode yang digunakan agar dapat memahami nilai yang dihasilkan dari *software* tersebut,
3. Diperlukan penelitian serupa dengan lebih banyak data pengujian daya dukung lateral serta data tanah pada lokasinya dari berbagai proyek agar hasil penelitian dapat lebih divalidasi

DAFTAR PUSTAKA

- American Society for Testing and Materials. (1990). *Standard method of testing piles under lateral loads* (ASTM D3966-90). https://www.astm.org/d3966_d3966m-22.html
- Badan Standarisasi Nasional. (2017). *Persyaratan perancangan geoteknik* (SNI 8460:2017).
- Charless, J., & Susilo, A. J. (2019). Analisis distribusi gaya aksial pada fondasi tiang rakit akibat perbedaan kedalaman tiang dan penurunan. *JMTS: Jurnal Mitra Teknik Sipil*, 2(4), 122-132. <https://doi.org/10.24912/jmts.v2i4.6174>
- Georgiadis, K., Georgiadis, M., & Anagnostopoulos, C. (2013). Lateral bearing capacity of rigid piles near clay slopes. *Soils and Foundations*, 51(1), 144-154. <https://doi.org/10.1016/j.sandf.2012.12.010>
- Morrischo, Wijaya, H., & Yuwono, A. (2020). Analisis kapasitas lateral pada fondasi tiang tunggal dan tiang kelompok pada tanah pasir. *JMTS: Jurnal Mitra Teknik Sipil*, 3(4), 1105-1112. <https://doi.org/10.24912/jmts.v3i4.8423>
- Wijaya, M. D., Prihatiningsih, A., & Setyarini, J. A. (2019). Analisis gaya lateral pada tiang akibat penambahan timbunan di proyek jalan tol jakarta. *JMTS: Jurnal Mitra Teknik Sipil*, 2(3), 193-202. <https://doi.org/10.24912/jmts.v2i2.4308>

