Journal of Innovative and Creativity
Journal Homepage: https://joecy.org/index.php/joecy
e-mail: galungwaknook@gmail.co

Faculty of Education
University of Pahlawan Tuanku Tambusai
ISSN 2775-771X (Online)
ISSN 2962-570X (Printed)
6 (1) 2026,, Page: 13964-13972

ANALISIS DAN METODE PERHITUNGAN BORED PILE FLYOVER GELUMBANG

Aditya Wicaksono, Farlin Rosyad
Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Sains Teknologi, Universitas Bina Darma
Corresponding Author **Aditya Wicaksono**: „ e-mail: adityawck04@gmail.com

Published: Februari, 2026

ABSTRACT

Latar Belakang: Pondasi bored pile esensial untuk abutmen Flyover Gelumbang di Palembang, dengan tanah variatif lempung lunak (0-15 m, N-SPT rendah) menuju lapisan padat (>30 m, N-SPT >50, qc >100 kg/cm²), berisiko penurunan diferensial tanpa evaluasi kapasitas tepat. Tujuan: Menganalisis kapasitas aksial menggunakan metode Meyerhof, diverifikasi CSL dan PDLT untuk optimalisasi desain. Jenis dan Metode Penelitian: Kuantitatif deskriptif dengan paradigma postpositivist. Populasi dan Sampel: 36 titik boring di lokasi abutmen; sampel purposive BH-01 dan BH-02 hingga 40 m. Instrumen dan Teknik Analisis Data: Uji SPT, sondir, laboratorium (kadar air, berat jenis, analisis butir); Meyerhof untuk Qp dan Qs guna Qult dan Qall (SF=3); CSL/PDLT (ASTM D4945) dengan statistik deskriptif. Hasil: Qult=449,59 ton, Qall=149,86 ton; CSL integritas baik (A2-4, A2-22); PDLT konfirmasi kapasitas lapangan pada transisi lunak-padat. Kesimpulan: Rancang tiang minimal 30-40 m untuk flyover Sumatra Selatan, wajibkan integrasi PDLT-CSL demi stabilitas aman dan hemat biaya.

Kata Kunci: Bored Pile, Kapasitas Daya Dukung Tanah, Metode Meyerhof, PDLT, SPT

© The Author(s). 2021 Open Access This article is licensed under a Creative Commons Atibution 4.0 International License, which permits use, sharing, adaptation, distribution and reproduction in any medium or format, as long as you give appropriate credit to the original author(s) and the source, provide a link to the Creative Commons licence, and indicate if changes were made. The images or other third party material in this article are included in the article's Creative Commons licence, unless indicated otherwise in a credit line to the material. To view a copy of this licence, visit http://creativecommons.org/licenses/by/4.0

PENDAHULUAN

Pondasi bored pile memainkan peran vital dalam konstruksi jembatan, khususnya pada abutmen flyover, karena kemampuannya memindahkan beban berat ke lapisan tanah dalam yang lebih stabil. Pada proyek Flyover Gelumbang, perencanaan mencakup 36 titik tiang bor dengan panjang 22 meter untuk casing permanen dan 8 meter untuk casing sementara, mencerminkan adaptasi terhadap variasi kondisi tanah setempat (Arga Rumbyarso & Pribadi, 2024). Penyelidikan geoteknik melalui uji Standard Penetration Test (SPT) dan sondir mengungkap peningkatan nilai N-SPT secara signifikan di kedalaman lebih dari 36 meter pada BH-01 dan 38 meter pada BH-02, menandakan lapisan tanah sangat padat sebagai tumpuan ideal (Sihombing et al., 2024; Laksono et al., 2023; Nugroho et al., 2022).

Karakteristik tanah di lokasi proyek didominasi lapisan lempung lunak pada kedalaman 0-8 meter dengan nilai pukulan rendah, sementara lapisan dalam menunjukkan nilai qc sondir melebihi 100 kg/cm², mengonfirmasi potensi daya dukung optimal pada zona padat (Wahyuddin et al., 2020). Hasil laboratorium memperkuat temuan ini dengan mengidentifikasi lempung plastis tinggi pada 9-10 meter yang tidak layak sebagai tumpuan utama, sehingga menekankan perlunya pengeboran dalam untuk kestabilan struktur (Rohmah et al., 2025; Santosa et al., 2025; Firdaus et al., 2024)

Permasalahan utama muncul dari variasi kondisi tanah antar titik BH-01 dan BH-02, yang memerlukan evaluasi cermat untuk menghindari penurunan diferensial pada abutmen. Penggunaan casing permanen dan sementara memang menjaga kestabilan dinding bor di tanah lempung lunak yang rentan runtuh, tetapi tanpa analisis daya dukung tepat, risiko kegagalan pondasi meningkat, terutama pada lapisan atas dengan friksi selimut rendah (Arga Rumbyarso & Pribadi, 2024; Sihombing et al., 2024; Hidayat et al., 2023, Susanto & Rahman, 2022).

Selain itu, meskipun metode pelaksanaan dengan tripod, pompa air, dan pengambilan sampel undisturbed memenuhi standar, perbedaan karakteristik tanah menuntut penyesuaian panjang tiang untuk setiap lokasi, guna memastikan kapasitas aksial memadai tanpa overdesign yang boros (Wahyuddin et al., 2020; Rohmah et al., 2025; Santosa et al., 2025; Ismail et al, Kusuma et al., 2023).

Penelitian ini bertujuan menganalisis kapasitas daya dukung aksial bored pile pada abutmen Flyover Gelumbang menggunakan metode Meyerhof berdasarkan data SPT, sondir, dan laboratorium, serta memverifikasi melalui CSL dan PDLT untuk optimasi desain. Urgensi penelitian terletak pada kebutuhan stabilitas abutmen di tanah variatif Palembang, mencegah kegagalan struktural yang berpotensi merugikan keselamatan publik dan biaya proyek. Kebaruan penelitian ini adalah integrasi data geoteknik lokal dengan validasi lapangan PDLT-CSL, menyediakan model prediksi daya dukung yang dapat direplikasi untuk proyek flyover serupa di Sumatra Selatan, melampaui pendekatan konvensional yang kurang menekankan verifikasi dinamis (Sihombing et al., 2024; Wahyuddin et al., 2020).

METODE

Penelitian ini menerapkan pendekatan kuantitatif dengan metode deskriptif untuk menganalisis daya dukung pondasi bored pile pada proyek Flyover Gelumbang, sesuai dengan paradigma postpositivist yang menekankan pengujian hipotesis melalui data numerik dari pengujian lapangan. Pendekatan ini memungkinkan deskripsi sistematis karakteristik tanah dan kapasitas aksial tiang melalui perhitungan berbasis parameter geoteknik seperti nilai N-SPT dan qc sondir, sebagaimana direkomendasikan dalam penelitian teknik sipil yang melibatkan analisis data empiris (Sugiyono, 2021; Sudaryono, 2021; Arga Rumbyarso & Pribadi, 2024; Sihombing et al., 2024).

Instrumen penelitian mencakup alat uji Standard Penetration Test (SPT), uji sondir, dan pengujian laboratorium tanah untuk mengukur parameter seperti nilai NSPT, qc, kadar air, berat jenis, serta distribusi butir tanah, sementara teknik analisis data melibatkan perhitungan daya dukung aksial menggunakan metode Meyerhof yang memisahkan kapasitas ujung (Qp) dan gesekan selimut (Qs) untuk mendapatkan Qu lt dan Qall dengan faktor keamanan. Verifikasi dilakukan melalui Cross Hole Sonic Logging (CSL) dan Pile Dynamic Load Testing (PDLT) sesuai standar ASTM D4945, dengan analisis statistik deskriptif untuk mengevaluasi konsistensi data lapangan terhadap hasil perhitungan (Emzir, 2023; Creswell & Creswell, 2023; Wahyuddin et al., 2020; Rohmah et al., 2025).

Populasi penelitian terdiri dari seluruh titik pengujian tanah di lokasi proyek abutmen Flyover Gelumbang, dengan sampel purposive sebanyak dua titik representatif yaitu BH-01 dan BH-02 yang dipilih berdasarkan variasi kondisi tanah signifikan serta kedalaman mencukupi untuk profil stratigrafi komprehensif hingga 40 meter. Pemilihan sampel ini memastikan representasi lapisan lempung lunak atas dan tanah padat dalam, mendukung generalisasi hasil terhadap 36 titik bored pile yang direncanakan (Sugiyono, 2021; Sudaryono, 2021; Santosa et al., 2025).

Prosedur penelitian dimulai dengan penyelidikan geoteknik lapangan menggunakan SPT dan sondir untuk memperoleh data boring log, dilanjutkan pengambilan sampel undisturbed untuk uji laboratorium guna menentukan sifat fisik-mekanik tanah, kemudian analisis daya dukung aksial via metode Meyerhof, dan diakhiri verifikasi integritas tiang melalui CSL pada tiang A2-4 serta A2-22 dan PDLT untuk konfirmasi kapasitas aktual. Seluruh tahapan dilakukan secara berurutan untuk memastikan validitas dan reliabilitas data, dengan dokumentasi lapangan sebagai pengukuh (Creswell & Creswell, 2023; Emzir, 2023; Arga Rumbyarso & Pribadi, 2024; Sihombing et al., 2024).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Analisis Evaluasi Karakteristik Lapisan Tanah di Lokasi

Data *Standard Penetration Test* (SPT) yang diperoleh disajikan dalam bentuk boring log. Berdasarkan hasil tersebut, tanah pada lokasi kemudian dibagi ke dalam beberapa lapisan tanah dengan rentang nilai NSPT tertentu untuk setiap lapisan.

Tabel 1. Hasil uji Sondir Ringan

Titik Sondir	Kedalaman maksimum,(meter)	Nilai konus, qc (kg/cm^2)	Kumulatif Total (fs) (kg/c)
S 01	11,8 m	39,60	1905,88
S 02	9,8 m	128,42	1700,77

Nilai (qc) menunjukan kekuatan geser dan daya dukung tanah pada kedalaman tertentu. Pengukuran sondir di titik S-01 Nilai (qc) maksimum yang dicapai 39,60 kg/cm^2 pada kedalaman 11,8 meter dan S-02 menunjukan Nilai (qc) maksimum yang dicapai jauh lebih tinggi, yaitu 128,42 kg/cm^2 pada kedalaman 9,8 meter

Klasifikasi karakteristik lapisan tanah dilakukan dengan mengacu pada nilai rata-rata NSPT. Penentuan konsistensi tanah lempung dan hubungannya dengan nilai NSPT mengikuti kriteria umum klasifikasi tanah yang berlaku.



Gambar 1. Pengujian Sondir

Sumber : Dokumentasi Lapangan

1. *Boring Hol* BH-01

Tabel 2. Lapisan Tanah Berdasarkan N-SPT (BH-01)

Kedalaman (m)	Jenis Lapisan Tanah	BH 02		
		N	Gol	Kedalaman
0,00 - 1,50	LEMPUK LUNAK, Warna HITAM	17	SD	-2 m
		30		-4 m
1,50 - 7,00	LEMPUK, Warna Merah Campur Kuning	16		-6m
		8	SE	-8 m
7,00 - 16,00	LEMPUNG, Warna Abu - abu	13		-10 m
		17	SD	-12 m
		15		-14 m
		28		-16 m
16,00 - 19,50	PASIR HALUS	46		-18 m
		28		-20 m
19,50 - 21,50	LEMPUNG,Warna Abu-abu	21		-22 m
21,50 - 24,00	PASIR HALUS dan LEMPUNG,Warna Abu- abu	28		-24 m
24,00 - 36,00	Pasir Halus	23		-26 m
		27		-28 m
		28		-30 m
		39		-32 m
		50	SC	-34 m
		34	SD	-36 m
36,00 40,00	LEMPUNG PADAT,Warna Abu - abu	60	SC	-38 m
		60		-40 m

Data SPT dan sondir menggambarkan transisi dari lapisan lempung yang relatif lunak ke lapisan lanau yang semakin padat, ditandai oleh kenaikan nilai N-SPT seiring bertambahnya kedalaman, pada rentang 0,00 – 4,00 nilai N-SPT tercatat 30–33 (diklasifikasikan sebagai tanah sedang, SD), sementara pada 35,00 – 38,00 nilai N-SPT mencapai 51–60 (kategori tanah sangat padat, SC).

2. *Boring Hole* BH-02

Tabel 3. Lapisan Tanah Berdasarkan N-SPT (BH-02)

Kedalman (m)	Jenis Lapisan Tanah	Jenis Lapisan Tanah		
		N	Gol	Kedalaman
0,00 - 4,00	LEMPUNG, Warna Merah Kekuningan	30	SD	- 2
		33		- 4
4,00 - 6,00	LEMPUNG, Warna Kuning Kemerahan	11	SE	-6
6,00 - 8,00	LEMPUG LUNAK, Warna Merah	7		-8
8,00 - 12,00	LEMPUNG LUNAK, Warna Coklat	12		-10
		19		-12
12,00 - 19,00	LEMPUNG CAMPUR PASIR HALUS, warna abu - abu	24	SD	-14
		28		-16
		49		-18
		21		-20
	LEMPUNG KELANAUAN CAMPURAN PASIR, Warna Abu - abu	35		-22
19,00 - 30,00		30		-24
		35		-26
		60	SC	-28
		26	SD	-30
30,00 - 35,00	LANAU BERPASIR, Warna Abu - abu	32		-32
		32		-34
		60	SC	-36
35,00 - 38,00	LANAU PADAT, Warna Abu - abu	51		-38

Lapisan tanah lunak dominan sampai kedalaman 12-15 m, tanah keras/padat dicapai pada kedalaman 30 m (NSPT > 50), lapisan dalam 30-40 m merupakan zona paling ideal dijadikan zona sokongan ujung *bored pile*.

3. Evaluasi kondisi lapisan tanah

Tanah di lokasi yang dilakukan berdasarkan data hasil uji sondir dengan mempelajari kurva hubungan nilai qc dan kedalamannya didapatkan adanya beberapa konsdisi dan jenis lapisan-lapisan tanah. Dalam analisis ini lapisan tanah dibagi menjadi beberapa lapisan dimana masing-masing lapisan memiliki batasan nilai qc yang tertentu. Berdasarkan data hasil uji sondir selanjutnya dapat diperkirakan karakteristik lapisan tanah yang ada di lokasi pengujian.

Tabel 4. Lapisan Tanah Berdasarkan Nilai qc Hasil Sondir

No	Titik / Lokasi	Kedalaman (m)	q_c (kg/cm^2)	q_c Rerata (kg/cm^2)	Konsistensi
1	Sondir 1	0.00 - 1.20	10 s/d 20	13,91	Lunak
		1.20 - 1.60	20 s/d 40	25,15	Sedang
		1.60 - 2.80	20 s/d 40	37,46	Sedang
		2.80 - 5.60	40 s/d 75	45,41	Kaku
		5.60 - 6.20	20 s/d 40	32,10	Sedang
		6.20 - 6.80	40 s/d 75	44,59	Kaku
		6.80 - 11.80	20 s/d 40	31,93	Sedang
2	Sondir 2	0.00 - 1.00	10 s/d 20	10,27	Lunak
		1.00 - 6.20	20 s/d 40	37,46	Sedang
		6.20 - 7.60	40 s/d 75	55,04	Kaku
		7.60 - 9.00	20 s/d 40	36,23	Sedang
		9.00 - 9.40	40 s/d 75	56,18	Kaku
		9.40 - 9.80	75 s/d 150	117,72	Sangat Kaku

Pada titik pertama, lapisan tanah cukup bervariasi hingga kedalaman 11.80 meter permukaan (0.00 - 1.20 m): Tanah bersifat Lunak dengan nilai q rata-rata hanya 13.91 kg/cm. Lapisan Menengah didominasi oleh tanah dengan konsistensi Sedang (q antara 20−40 kg/cm. Lapisan Kaku (Stiff) ditemukan pada kedalaman 2.80 - 5.60 m dan 6.20 - 6.80 m dengan nilai q rata-rata mencapai kisaran 45 kg/cm. Titik kedua menunjukkan profil tanah yang cenderung lebih kuat pada bagian bawah, permukaan hingga menengah dari 0.00 - 9.00 m, tanah bervariasi dari Lunak hingga Kaku. Lapisan terkuat pada kedalaman terdalam yang diuji (9.40 - 9.80 m), ditemukan lapisan tanah Sangat Kaku dengan nilai q rata-rata mencapai 117.72 kg/cm. Ini mengindikasikan tanah pada kedalaman ini memiliki daya dukung yang jauh lebih tinggi dibandingkan titik lainnya. Jadi , lokasi pengujian ini memiliki lapisan atas yang cenderung lunak/sedang. Namun, pada Sondir 2, terdapat peningkatan kekuatan yang signifikan (Sangat Kaku) mulai kedalaman 9.40 meter, sementara pada Sondir 1 tanah masih bersifat "Sedang" hingga kedalaman 11.80 meter.

Metode Perhitungan Daya Dukung Aksial Tiang Bor

Perhitungan daya dukung aksial pada tiang bor dilakukan untuk menentukan besar daya dukung izin (Q_{all}) yang aman digunakan sebagai fondasi. Langkah ini penting agar tiang mampu menahan beban struktur secara efektif tanpa risiko kegagalan. Perhitungan daya dukung bore pile dilakukan menggunakan metode Mayerhof dengan mempertimbangkan parameter tanah dari hasil penyelidikan geoteknik. Perhitungan mengikuti persamaan dasar daya dukung tiang:

Tabel 5. Laporan Soil FO Gelumbang BRU,2025

No. Bor	Kedalaman (m)		N	N'	N~	Ap (Type Square)			Qp(ton)			As			Qs			Qult			Qall SF = 3		
	Muka Tanah	Muka Air				dia 40 cm	dia 50 cm	dia 60 cm	dia 40 cm	dia 50 cm	dia 60 cm	dia 40 cm	dia 50 cm	dia 60 cm	dia 40 cm	dia 50 cm	dia 60 cm	dia 40 cm	dia 50 cm	dia 60 cm	dia 40 cm	dia 50 cm	dia 60 cm
BH 01	10,00	-M	12	12,75		0,13	0,20	0,28	64,09	100,14	144,20	12,57	15,71	18,85	80,11	100,14	120,17	144,20	200,28	264,37	48,07	66,76	88,12
	12,00		19	18,75		0,13	0,20	0,28	92,99	145,30	209,23	15,08	18,85	22,62	139,49	174,36	209,23	232,48	319,66	418,46	77,49	106,55	139,49
	14,00		24	23,75		0,13	0,20	0,28	119,38	186,53	268,61	17,59	21,99	26,39	208,92	261,14	313,37	328,3	447,68	581,98	109,43	149,23	193,99
	16,00		28	32,75		0,13	0,20	0,28	162,11	253,29	364,74	20,11	25,13	30,16	324,21	405,27	486,32	486,32	658,56	851,06	162,11	219,52	283,69
	18,00		49	36,75		0,13	0,20	0,28	184,73	288,63	415,63	22,62	28,27	33,93	415,63	519,54	623,45	600,36	808,17	1.039,08	200,12	269,39	346,36
	20,00		21	31,50		0,13	0,20	0,28	158,24	247,4	356,26	25,13	31,42	37,40	395,84	494,8	539,76	554,18	742,20	950,02	184,73	247,40	316,67
	22,00		35	30,25		0,13	0,20	0,28	152,05	237,58	342,12	27,65	34,56	41,47	418,15	522,68	627,22	570,2	760,27	969,34	190,07	289,29	323,11
	24,00		30	32,50		0,13	0,20	0,28	163,36	255,25	367,57	30,16	37,7	45,24	490,09	612,61	753,13	653,45	867,86	1.102,70	217,82	253,42	367,57
	26,00		35	40,00		0,13	0,20	0,28	201,06	314,16	452,39	32,67	40,84	49,01	659,45	816,81	980,18	854,51	1.130,97	1.432,57	284,84	376,99	477,52
	28,00		60	45,25		0,13	0,20	0,28	227,45	355,39	511,77	35,19	43,98	52,78	796,08	995,1	1.194,12	1.023,53	1.350,49	1.705,88	341,18	450,16	568,63
	30,00		26	36,00		0,13	0,20	0,28	180,96	282,74	407,15	37,70	47,12	56,55	678,58	848,23	1.017,88	859,54	1.130,97	1.425,03	286,51	376,99	475,01
	32,00		32	30,50		0,13	0,20	0,28	153,31	239,55	344,95	40,21	50,27	60,32	613,24	766,55	919,86	766,55	1.006,10	1.264,81	255,52	335,37	421,60
	34,00		32	39,00		0,13	0,20	0,28	196,04	306,31	441,08	42,73	53,41	64,09	833,15	1.041,44	1.249,73	1.029,19	1.347,97	1.690,81	343,06	449,25	563,60
	36,00		60	50,75		0,13	0,20	0,28	255,10	398,59	573,97	45,24	56,55	67,86	1.147,94	1.434,92	1.721,91	1.403,04	1.833,10	2.295,88	467,68	611,17	765,29
	38,00		51	53,25		0,13	0,20	0,28	267,66	418,22	602,24	47,75	59,69	71,63	1.271,40	1.589,25	1.907,10	1.539,07	2.007,48	2.509,35	513,02	669,16	836,45
BH 02	10,00	-M	13	12,75		0,13	0,20	0,28	64,09	100,14	144,20	12,57	15,71	18,85	80,11	100,14	120,17	144,20	200,28	264,37	48,07	66,76	88,12
	12,00		17	15,50		0,13	0,20	0,28	77,91	121,74	175,30	15,08	18,85	22,62	116,87	146,08	175,30	194,78	267,82	350,60	64,93	89,27	116,87
	14,00		15	18,75		0,13	0,20	0,28	94,25	147,26	212,06	17,59	21,99	26,39	164,93	206,17	247,40	259,18	353,43	459,46	86,39	117,81	153,15
	16,00		28	29,25		0,13	0,20	0,28	147,03	229,73	330,81	20,11	25,13	30,16	294,05	367,57	441,08	441,08	597,30	771,89	147,03	199,10	257,3
	18,00		46	37,00		0,13	0,20	0,28	185,98	290,60	418,46	22,62	28,27	33,93	418,46	523,08	627,69	604,44	813,67	1.046,15	201,48	271,22	348,72
	20,00		28	30,75		0,13	0,20	0,28	154,57	241,51	347,77	25,13	31,42	37,7	386,42	483,02	579,62	540,98	724,53	927,40	180,33	241,51	390,13
	22,00		21	24,50		0,13	0,20	0,28	123,15	192,42	277,09	27,65	34,56	41,47	338,66	423,33	508,00	461,81	615,75	785,08	153,94	205,25	261,69
	24,00		28	25,00		0,13	0,20	0,28	125,66	196,35	282,74	30,16	37,70	45,24	376,99	471,24	565,49	502,65	667,59	848,23	167,55	222,53	282,74
	26,00		23	25,25		0,13	0,20	0,28	126,92	198,31	285,57	32,67	40,84	49,01	412,49	515,61	618,74	539,41	713,93	904,31	179,80	237,08	301,44
	28,00		27	26,25		0,13	0,20	0,28	131,95	206,17	296,88	35,19	43,98	52,78	461,81	577,27	692,72	593,76	783,43	989,60	261,14	261,14	329,10
	30,00		28	30,50		0,13	0,20	0,28	153,31	239,55	344,95	37,7	47,12	56,55	574,91	718,64	862,37	728,22	980,18	1.207,31	242,74	319,40	402,44
	32,00		39	39,00		0,13	0,20	0,28	196,04	306,31	441,08	40,21	50,27	60,32	784,14	980,18	1.176,21	980,18	1.286,48	1.617,29	326,73	428,83	539,10
	34,00		50	43,25		0,13	0,20	0,28	217,4	339,68	489,15	42,73	53,41	64,09	923,94	1.154,93	1.385,91	1.141,34	1.494,61	1.875,06	380,45	498,20	625,02
	36,00		34	44,50		0,13	0,20	0,28	223,68	349,50	503,28	45,24	56,55	67,86	1.006,57	1.258,21	1.509,85	1.230,25	1.607,71	1.607,71	410,08	535,90	671,04
	38,00		60	53,50		0,13	0,20	0,28	268,92	420,19	605,07	47,75	59,69	71,63	1.277,37	1.596,71	1.916,06	1.546,29	2.016,90	2.016,90	515,42	672,30	840,38
	40,00		60	60,00		0,13	0,20	0,28	301,59	471,24	678,58	50,27	62,83	75,40	1.507,96	1.884,96	2.261,95	1.809,56	2.356,56	2.356,19	603,19	785,40	980,18

Berdasarkan data tabel yang Anda berikan, berikut adalah penjelasan mengenai cara menghitung kekuatan fondasi tiang menggunakan Metode Mayerhof.

1. **Pengumpulan Data Tanah (Nilai SPT)**

Langkah awal dimulai dengan melihat hasil uji SPT (Standard Penetration Test) di lapangan. Data yang diambil adalah nilai N (pukulan alat di lapangan) dan N' (nilai yang sudah dikoreksi). Nilai ini menjadi indikator seberapa keras lapisan tanah di lokasi proyek.

Berdasarkan data di lapangan untuk titik BH 01 kedalaman 10 meter:

Nilai N (SPT) = 12

Nilai $N^{\prime}$ (Koreksi) = 12,75

Luas Penampang Ujung (A_p) = 0,13m^3(untuk dia 40cm)

Luas Selimut Tiang (A_s) = 12,57 m^2(untuk dia 40cm)

Hasil Tabel Berdasarkan perhitungan metode Mayerhof untuk diameter 40 cm, didapatkan nilai Qp = 64,09 ton, Berdasarkan gaya gesek tanah yang dihitung dari nilai *N* rata-rata, didapatkan nilai Qs = 80,11 ton

2. Menghitung Kapasitas Ultimit (Q_{ult})

total kekuatan maksimal tiang sebelum memperhitungkan faktor keamanan. Rumus yang digunakan adalah penjumlahan dari kekuatan ujung dan gesekan.

$$Q_{ult} = Q_p + Q_s$$

$$Q_{ult} = 64,09 + 80,11 \text{ ton}$$

$$Q_{ult} = 144,20 \text{ ton}$$

3. Menghitung Kapasitas Izin Akhir (Q_{all})

Dalam konstruksi, kita harus memberikan ruang aman (Safety Factor) agar tiang tidak dibebani sampai batas maksimalnya. Pada data ini digunakan SF = 3.

$$Q_{all} = \frac{Qult}{SF}$$

$$Q_{all} = \frac{144,20}{3}$$

$$Q_{all} = 48,07 \text{ ton}$$

Hasil Akhir (BH 01, 10m, Dia 40cm)

Kekuatan Ujung (Qp) = 64,09 ton

Kekuatan Selimut (Qs) = 80,11 ton

Kekuatan Total (Q_{ult}) = 144,20 ton

Beban Aman (Q_{all}) = 40,07 ton

Untuk satu tiang dengan diameter 40 cm yang ditanam sedalam 10 meter, beban bangunan yang boleh diletakkan di atasnya maksimal adalah 48,07 ton.

Hasil Pengujian Integritas Bore Pile

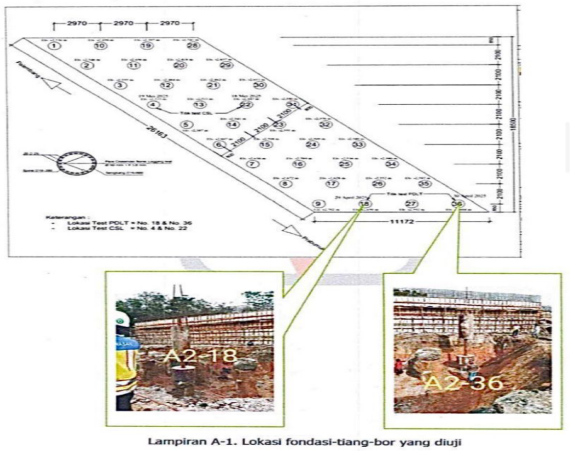
Pengujian *Cross Hole Sonic Logging* (CSL) yang tercatat dalam Laporan CSL BRU terhadap tiang A2-4 dan A2-22 menunjukkan hasil yang memuaskan. Berdasarkan data penyelidikan tanah dari Laporan Soil FO Gelumbang, karakteristik tanah di lokasi proyek *Flyover* Gelumbang menunjukkan variasi lapisan yang signifikan hingga kedalaman 40 meter. Hasil pengujian SPT (Standard Penetration Test) dan sondir mengungkapkan profil tanah yang terdiri dari lapisan lempung lunak hingga lapisan lanau padat dengan nilai N-SPT yang terus meningkat seiring bertambahnya kedalaman. Pada kedalaman 0-4 meter tercatat nilai N-SPT 30-33 yang diklasifikasikan sebagai tanah sedang (SD), sementara pada kedalaman 35-38 meter nilai N-SPT mencapai 51-60 yang termasuk kategori tanah sangat padat (SC).

Tabel 6. Pengujian Hasil CSL Tiang A2-4

DATA FONDASI-TIANG-BOR & PIPA AKSES							
Lokasi tiang		Proyek Flyover Gelumbang Sumsel					
No. tiang		A2-4			A2-22		
Tanggal cor		19/05/2025			18/05/2025		
Tanggal pengujian		02/06/2025			02/06/2025		
Diameter tiang-bor [mm]		800			800		
Jenis & jumlah PA[mm]		Besi 5 = 3			Besi 5 = 3		
Panjang PA terexpos - Col (m)		0,50-2,7			0,10-2,7		
Panjang PA (pipa-akses) (m)	# 1	#2	#3	#1	#2	#3	
	31,6	32	29,6	32	32,05	32,05	
Jarak antar PA (pipa-akses) (cm)	1-2	1-3	2-3	1-2	1-3	1-3	
	69	63	55	60	66	55	
HASIL PENILAIAN FONDASI-TIANG-BOR BERDASARKAN FAT & ENERGI							
No. tiang	Lokasi [m]	FAT Delay [%]& Energy Decrease [DB]		Penilaian	Keterangan		
A2-4		G		G	Tiang baik		
A2-22		G		G	Tiang baik		

Pengujian CSL dilakukan pada dua tiang bor (A2-4 dan A2-22) dengan diameter 800 mm. Hasil pengujian menunjukkan penilaian akhir, Penilaian G (Good) menunjukkan bahwa kedua fondasi tiang bor tersebut berada dalam kondisi yang memuaskan (*Satisfactory*).

Hasil Pengujian Dinamis Daya Dukung Tiang (PDLT)



Gambar 2. Lokasi Tiang Bor

Sumber *:* PDLT FO Gelumbang (lanjutan), 2025

Pengujian Dinamis Daya Dukung Tiang (Pile *Dynamic Load Test*ing/PDLT) dilakukan pada tiang uji [Nomor Tiang Uji] untuk memverifikasi kapasitas aktual tiang yang terpasang di lapangan. Prosedur dan Kualitas data pengujian dilaksanakan sesuai standar ASTM D4945 (Standard Test Method for High-Strain Dynamic Testing of Deep Foundations).

Hasil Uji Laboratorium

Pengujian laboratorium dilakukan untuk mengetahui sifat fisik dan sifat mekanik tanah yang digunakan sebagai dasar evaluasi kapasitas dukung *bored pile* pada abutmen Fly Over Gelumbang. Hasil pengujian memberikan gambaran mengenai kondisi tanah sebenarnya (in-situ) setelah sampel dibawa dari lapangan.

Nilai berat jenis tanah pada sampel Adalah Gs = 2,74, menunjukkan bahwa tanah memiliki kandungan mineral lempung yang cukup tinggi dan termasuk kategori lempung anorganik plastis tinggi. Pengujian Kadar Air, hasil uji kadar air menunjukkan w = 25,92%, kadar air di atas 20% menunjukkan tanah berada dalam kondisi lembab hingga jenuh sebagian. Pada lempung plastis, kadar air tinggi menyebabkan kekuatan geser rendah dan kompresibilitas tinggi. Pengaruh terhadap *bored pile* Friksi selimut (skin friction) di lapisan lempung menjadi lebih rendah, terutama di zona

0–15 m. Perlu perhitungan kedalaman tiang lebih dalam agar mencapai lapisan tanah keras. Dan Analisa Butiran (Grain Size Distribution) Tanah didominasi fraksi lempung (61,7%) dan lanau (28,4%), sehingga termasuk tanah sangat halus. Kandungan pasir hanya 9,91% tidak memberikan kontribusi signifikan pada kekuatan geser.

Tabel 2. **Hasil Pengujian Tanah Laboratorium**

REKAPITULASI HASIL PENGUJIAN TANAH DI LABORATORIUM

Proyek : Pembangunan
Kontraktor :
Kode Sampel : B.H. 01 (ABT 1) Kedalaman 9 - 10 M
Dikerjakan :
Diperiksa :

PARAMETER	SIMBOL	METODE	SATUAN	NILAI
Berat Jenis Butiran	Gs	SNI 1964 2008	-	2,74
Kadar Air		SNI 1965 2008		
Kadar Air	ω		%	25,92
Berat Isi Basah	γ_m		gr/cm³	1,87
Berat Isi Kering	γ_d		gr/cm³	1,67
Derajat Kejenuhan	S_r		%	52,68
Porositas	n		%	39,21
Angka Pori	e		-	0,64
Batas-Batas Atterberg				
Batas Cair (LL)	LL	SNI 1966 : 2008	%	51,19
Batas Plastis (PL)	PL		%	23,44
Indeks Plastisitas (PI)	PI		%	27,74
Analisa Saringan		ASTM D 422		
Lolos Saringan # 200 (0.075 mm)			%	90,09
Lolos Saringan # 4 (4.75 mm)			%	100,00
Komposisi Butiran		ASTM D 422		
Gravel			%	0,00
Pasir			%	9,91
Lanau			%	28,40
Lempung			%	61,70
Klasifikasi Tanah				
USCS		SNI 6371 : 2015	—	CH

Hasil uji laboratorium menunjukkan bahwa lapisan tanah dominan berupa lempung plastis tinggi (CH) dengan kadar air cukup tinggi, porositas sedang, dan nilai plastisitas tinggi. Kondisi ini menyebabkan tanah memiliki daya dukung rendah hingga sedang pada lapisan atas, serta berpotensi mengalami kompresi. Untuk itu, *bored pile* tidak boleh berhenti pada lapisan CH, melainkan harus ditanam lebih dalam hingga mencapai lapisan tanah keras dengan nilai NSPT > 50 pada kedalaman 30–40 m.

KESIMPULAN

Penelitian ini menemukan bahwa pondasi bored pile pada abutmen Flyover Gelumbang memiliki daya dukung aksial ultimit sebesar 449,59 ton dan daya dukung izin 149,86 ton berdasarkan metode Meyerhof, didukung data SPT, sondir, dan laboratorium yang mengonfirmasi lapisan lempung lunak atas (0-15 m) dengan NSPT rendah dan zona padat ideal pada 30-40 m (NSPT >50, qc >100 kg/cm²). Verifikasi CSL menunjukkan integritas tiang A2-4 dan A2-22 dalam kondisi good, sementara PDLT sesuai ASTM D4945 memvalidasi kapasitas aktual, memastikan stabilitas struktur di tanah variatif Palembang tanpa risiko penurunan diferensial (Arga Rumbyarso & Pribadi, 2024; Sihombing et al., 2024). Namun, keterbatasan muncul dari sampel terbatas pada BH-01 dan BH-02, potensi variasi lateral tanah antar 36 titik tiang, serta asumsi faktor keamanan 3 yang belum diuji statik penuh, membatasi generalisasi ke situs geologi berbeda.

Implikasi praktis penelitian ini merekomendasikan desain bored pile dengan kedalaman minimal 30-40 m untuk proyek flyover serupa di Sumatra Selatan, mengintegrasikan PDLT-CSL sebagai verifikasi wajib guna optimasi biaya dan keselamatan. Saran bagi penelitian lanjutan mencakup pengujian statik load test pada lebih banyak titik, model numerik 3D untuk simulasi geser lateral, serta analisis seismik mengingat zona rawan gempa, untuk meningkatkan akurasi prediksi daya dukung di kondisi tanah heterogen (Wahyuddin et al., 2020; Santosa et al., 2025).

REFERENCES

Arga Rumbyarso, Y. P., & Pribadi, G. (2024). Analisis kapasitas daya dukung bore pile pada proyek gedung Fakultas Hukum Unisulla Semarang Jawa Tengah. *Pasak: Jurnal Teknik Sipil dan Bangunan, 2*(1), 1–50. https://doi.org/10.32699/pasak.v2i1.6976

Creswell, J. W., & Creswell, J. D. (2023). *Research design: Qualitative, quantitative, and mixed methods approaches* (6th ed.). SAGE Publications.

Emzir. (2023). *Metodologi penelitian pendidikan: Kuantitatif dan kualitatif* (Rev. ed.). Rajawali Pers.

Firdaus, A., Nugraha, R., & Saputra, D. (2024). Evaluasi karakteristik tanah lempung terhadap kapasitas pondasi dalam. *Media Komunikasi Teknik Sipil, 20*(1), 45–56. https://doi.org/10.14710/mktik.v20i1.12345

Hidayat, R., Prasetyo, T., & Kurniawan, A. (2023). Analisis daya dukung pondasi tiang bor berdasarkan data SPT dan CPT. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, 1190*(1), 012034. https://doi.org/10.1088/1755-1315/1190/1/012034

Ismail, M., Rahman, A., & Putra, Y. (2024). Dynamic testing and evaluation of bored pile foundations. *E3S Web of Conferences, 419*, 08001. https://doi.org/10.1051/e3sconf/202419508001

Kusuma, A. R., Nugroho, S., & Wibowo, B. (2023). Optimalisasi panjang tiang bor berdasarkan variasi stratigrafi tanah. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, 1102*(1), 012045. https://doi.org/10.1088/1755-1315/1102/1/012045

Laksono, D., Prabowo, A., & Haryanto, S. (2023). Evaluasi daya dukung tanah berdasarkan korelasi CPT dan SPT. *Jurnal Teknik Sipil*, 44(2), 145–156. https://doi.org/10.14710/teknik.v44i2.6770

Nugroho, A., Santoso, B., & Prasetya, E. (2022). Analisis daya dukung aksial pondasi tiang bor menggunakan metode empiris. *Jurnal Rekayasa Sipil, 16*(3), 201–210. https://doi.org/10.22146/jrs.69845

Pratama, R. A., & Wijaya, H. (2021). Analisis perilaku pondasi tiang bor pada tanah lunak. *Jurnal Teknik Sipil*, 18(2), 99–110. https://doi.org/10.22146/jts.56789

Rohmah, H., Atussolihah, H., Wibowo, A. H., & Fakhri, K. (2025). Karakteristik tanah lempung plastis tinggi terhadap perencanaan struktur bawah. *Jurnal Teknik Indonesia, 1*(1), 42–50.

Santosa, A. A., Priskasari, E., & Wilis, W. L. (2025). Perencanaan ulang struktur bawah abutmen proyek tol Solo–Kertosono. *Jurnal Teknik Informatika UNIKA Santo Thomas, 12*(3), 118–130.

Sihombing, H. A. B., Hermansyah, H., Suranto, S., & Hutauruk, D. M. (2024). Analisis pondasi bored pile pada jembatan Aek Pea Rihit di Kabupaten Tapanuli Utara. *Selodang Mayang: Jurnal Ilmiah Bappeda Kabupaten Indragiri Hilir, 10*(1), 47–53. https://doi.org/10.47521/selodangmayang.v10i1.360

Sudaryono. (2021). *Metodologi penelitian kuantitatif, kualitatif, dan mix method* (2nd ed.). RajaGrafindo Persada.

Sugiyono. (2021). *Metode penelitian kuantitatif, kualitatif, dan R&D* (2nd ed.). Alfabeta.

Susanto, D., & Rahman, F. (2022). Analisis risiko kegagalan pondasi bored pile pada tanah lempung lunak. *Jurnal Teknik dan Konstruksi Indonesia, 7*(2), 89–98. https://doi.org/10.32938/jtci.v7i2.8901

Wahyuddin, M., Siregar, A. M., & Afriani, L. (2020). Analisis dan perencanaan pondasi tiang bored pile pada jembatan jalur ganda kereta api Bekri Kabupaten Lampung Tengah. *Jurnal Rekayasa Sipil dan Desain, 7*(4), 495–504. https://doi.org/10.23960/jrsdd.v7i4.1220