

STUDI PERUBAHAN DAYA DUKUNG TIANG PANCANG TERHADAP WAKTU BERDASARKAN UJI PEMBEBANAN STATIK DAN DINAMIK

Gerraldi Pratama¹, Aksan Kawanda² dan Hendy Wijaya³

¹Program Studi Sarjana Teknik Sipil, Universitas Tarumanagara, Jl. Letjen S. Parman No.1 Jakarta
Email: gerraldipratama@gmail.com

²Program Studi Sarjana Teknik Sipil, Universitas Tarumanagara, Jl. Letjen S. Parman No.1 Jakarta
Email: akawanda@geotech-indonesia.com

³Program Studi Sarjana Teknik Sipil, Universitas Tarumanagara, Jl. Letjen S. Parman No.1 Jakarta
Email: hendyw@ft.untar.ac.id

ABSTRAK

Pondasi tiang telah menjadi salah satu pilihan dalam suatu proyek infrastruktur dikarenakan fondasi tiang berfungsi meneruskan beban dari struktur di atasnya menuju lapisan tanah. Salah satu pilihan pondasi tiang adalah pondasi tiang pancang. Dalam proses desain untuk mencari daya dukung pondasi tiang terdapat beberapa kombinasi rumus baik di tanah pasir ataupun lempung, diantaranya adalah Meyerhof 1976, Lambda, Alpha, Beta, Tomlinson, Coyle Castello, Meyerhof 1956 dan deRuiter&Beringen. Hasil daya dukung dari rumus tersebut perlu diuji dilapangan dengan pembebanan statik dan dinamik. Kemudian untuk tiang pancang terdapat faktor yang mempengaruhi daya dukung salah satunya faktor soil setup. Hasil Analisis menunjukkan tiang pancang yang terpasang pada tanah di daerah Cirebon dengan ukuran 400mm, 600mm dan 762mm dengan jenis *spun pile* dan *steel pipe pile* memiliki kecenderungan peningkatan daya dukung dengan kisaran 18-33% berdasarkan uji pembebanan statik dan dinamik selama 7 hari, dan memiliki peningkatan sebesar 10% selama 92 hari setelahnya. Analisis rumus pendekatan peningkatan daya dukung Skov&Denver juga menunjukkan dapat dipakai pada kondisi tanah Cirebon. Sedangkan rumus perhitungan teoritis dapat digunakan dalam perhitungan daya dukung tiang, dapat sesuai dengan pembebanan statik dan dinamik pada waktu yang pendek ataupun hasil perhitungan teoritis akan tercapai dalam waktu yang lama terlihat dari pola yang terbentuk.

Kata kunci: pondasi tiang, peningkatan daya dukung, *soil setup*, *spun pile*, *steel pipe pile*

1. PENDAHULUAN

Latar belakang

Perkembangan bidang konstruksi di Indonesia sedang mengalami percepatan dikarenakan pemerintah menerapkan proyek strategis nasional sebagai langkah konkrit dalam percepatan pembangunan. Hal ini didukung dengan indeks pembangunan infrastruktur Indonesia yang dimuat dalam *The Global Competitiveness Report* pada tahun 2017-2018 mengalami peningkatan menjadi peringkat ke-52 dibandingkan tahun 2015 yang berada pada peringkat ke-62.

Pembangunan konstruksi yang terdapat pada proyek strategis nasional tersebut, antara lain, jalan nasional, tol, bendungan, pembangkit listrik, bandara, pelabuhan, LRT, MRT, dan kereta bandara

Indonesia negara yang wilayahnya terdiri dari gugusan pulau tentunya memiliki garis pantai yang panjang sehingga pembangunan infrastruktur di dekat pantai atau laut tentunya menjadi pilihan bukan hanya hunian namun juga sektor industri, salah satunya karena akses transportasi yang mudah dari laut untuk distribusi barang dan bahan baku.

Dalam pembangunan infrastruktur yang telah disebutkan diatas, fondasi merupakan elemen penting yang menjadi keberhasilan suatu proyek konstruksi, dikarenakan fondasi berfungsi meneruskan beban dari struktur di atasnya menuju lapisan tanah. Jenis tanah pada pesisir pantai wilayah di Indonesia, terutama pada pesisir pantai utara Pulau Jawa dan peruntukan bangunan di atasnya yang beragam besar bebannya membuat pondasi tiang menjadi salah satu pilihan dalam suatu proyek infrastruktur.

Bukan hanya permasalahan dalam desain daya dukung, namun terdapat juga perbedaan metode pelaksanaan di lapangan serta sifat dan parameter tanah yang memiliki karakteristik dan perilakunya sendiri terhadap pondasi tiang membuat desain dari daya dukung pondasi tiang dengan pengujian di lapangan memiliki selisih nilai.

Oleh karena itu daya dukung fondasi tiang pancang dengan parameter, sifat tanah dan rumus analisis yang berbeda menjadi hal yang dapat dianalisa lebih lanjut.

Identifikasi masalah

Berdasarkan latar belakang yang ada dari banyaknya rumus pendekatan untuk desain fondasi tiang pancang, rumus yang dikemukakan para ahli tentunya memiliki kelebihan dan kekurangan pada jenis tanah yang berbeda. Penggunaan rumus pendekatan yang tepat pada jenis tanah spesifik dapat membuat daya dukung fondasi tiang di lapangan akan sesuai dengan perencanaan fondasi.

Batasan masalah

Batasan - batasan masalah dalam penelitian ini adalah:

1. Penggunaan fondasi tiang pancang berjenis *spun pile* dan *steel pipe pile*.
2. Ukuran fondasi tiang pancang berdiameter 400, 600 dan 762 milimeter.
3. Pengujian pembebanan tiang pancang menggunakan metode pembebanan statik dan pembebanan dinamik
4. Mempertimbangkan faktor *soil setup*.

Rumusan masalah

Rumusan masalah yang akan dibahas dalam penelitian ini adalah:

1. Analisis daya dukung fondasi tiang pancang terhadap waktu.
2. Analisis rumus perhitungan daya dukung aksial fondasi tiang pancang dengan uji pembebanan statik dan dinamik.

Tujuan penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah:

1. Untuk mengetahui daya dukung fondasi tiang pancang terhadap waktu
2. Untuk mengetahui besaran nilai daya dukung tiang pancang dan perbandingannya terhadap nilai pengujian di lapangan.

2. DASAR TEORI

Daya dukung aksial pondasi tiang pancang

Daya dukung aksial pada tiang pancang merupakan kemampuan tiang pancang menahan gaya aksial yang dibebani dari atasnya menuju ke lapisan tanah, kemampuan dari tiang menahan beban dipengaruhi oleh daya dukung tanah pada fondasi tiang ditempatkan. Daya dukung aksial tiang pancang didapatkan dari akumulasi dua komponen yaitu gaya gesekan selimut tiang (*skin friction*) dan gaya perlawanan pada ujung tiang (*end bearing*).

Sebuah tiang dapat dikatakan tiang tahanan selimut jika daya dukung selimut tiang lebih dominan dibandingkan daya dukung ujung tiang atau ujung tiang tidak mencapai tanah keras. Sebaliknya jika sebuah fondasi tiang ujungnya mencapai lapisan tanah keras atau batuan maka dapat dikatakan sebagai sebuah tiang tahanan ujung (Tomlinson, 1994).

Terdapat beberapa rumus yang dapat digunakan untuk menghitung daya dukung tiang pada tanah pasir maupun tanah lempung seperti yang terdapat di dalam (Rahardjo, 2013), diantaranya adalah Meyerhof 1956, Meyerhof 1976, Lambda, Alpha, Beta, Tomlinson, (Coyle & Castello), dan deRuiter & Beringen

Soil setup

Dalam pelaksanaan pemancangan sebuah tiang ke dalam tanah pada tanah kohesif (*clay*), tanah akan mengalami perpindahan secara lateral dan akan berpindah ke arah permukaan karena untuk mengimbangi volume tiang yang masuk ke dalam tanah. Pada tanah lempung lunak ketika tiang dipancang, tanah akan mengalami tekanan air pori yang tinggi, tekanan ini akan membuat tegangan efektif yang bekerja pada tiang berkurang sehingga kapasitas aksial tiang akan tereduksi selama pemancangan tiang. Durasi waktu tekanan air pori yang tinggi akan terdisipasi dalam waktu yang berbeda beda bergantung pada jenis tanah yang ada, dan ketika disipasi tekanan air pori selesai maka daya dukung tiang akan kembali meningkat (Tomlinson, 1997).

Terdapat rumus untuk memprediksi perubahan daya dukung tiang akibat soil setup salah satunya rumus yang diberikan oleh Skov and Denver (1988).

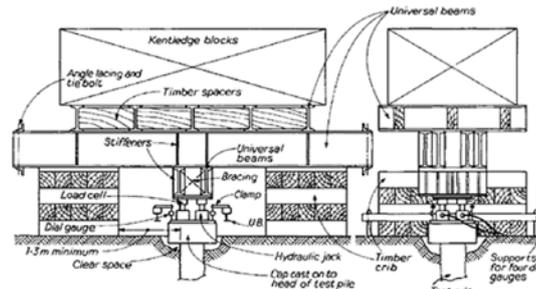
$$Q_t = Q_{EOD} \left[A \cdot \log \left(\frac{t}{t_0} \right) + 1 \right] \quad (1)$$

dengan Q_t = kapasitas tiang pada waktu pemancangan tiang, Q_{EOD} = kapasitas tiang pada akhir pemancangan, t = waktu, satuan hari, pada pasir, $A = 0.2$ dan $t_0 = 0.5$ hari, pada lempung, $A = 0.6$ dan $t_0 = 1.0$ hari.

Uji pembebanan statik

Uji pembebanan statik dapat dilakukan dengan dua metode yaitu dengan metode kentledge dan dengan tiang jangkar. Metode kentledge menggunakan blok beton yang ditumpuk diatas kepala tiang yang ingin diuji tetapi yang telah diberi dongkrak hidrolis sehingga dapat mengatur beban yang ingin diberikan kepada tiang. Pembacaan dial dipasang pada sisi tiang untuk melihat besaran penurunan tiang ketika dibebani. Data yang diambil dalam pembebanan menggunakan metode blok beton ini adalah besarnya penurunan tiang terhadap beban kerja yang diberikan.

Data yang telah didapat kemudian akan diolah menggunakan beberapa metode yang umum digunakan diantaranya adalah metode Chin, Davisson, dan Mazurkiewicz kemudian akan didapatkan data daya dukung tiang berdasarkan interpretasi menggunakan metode tersebut



Gambar 1. Metode kentledge (ASTM D1143)

Uji pembebanan dinamik

Uji pembebanan dinamik dilakukan menggunakan alat pile driving analyzer (PDA) dan *drop hammer*. Pengujian dengan PDA dilakukan dengan memasang *strain transducers* dan akselerometer pada sisi tiang yang akan diuji, kemudian data rambatan gelombang akan diterima PDA melalui dua komponen tersebut akibat palu yang dijatuhkan ke atas tiang. Hasil yang diterima PDA akan berupa data rambatan gelombang, kemudian data tersebut diolah melalui program CAPWAP untuk memperoleh data berikut; daya dukung ujung dan selimut tiang, penurunan tiang, transfer beban pada tiang, tegangan tekan dan tarik sepanjang tiang.

Uji pembebanan tiang instrumentasi

Uji pembebanan tiang instrumentasi dilakukan untuk mengetahui besar pendistribusian beban pada setiap kedalaman tiang yang telah ditentukan sebelum tiang dipasang serta berapa besar pembagian daya dukung antara selimut tiang dan ujung tiang. Instrument yang digunakan dalam uji ini adalah *Vibrating Wire Strain Gauges* (VWSG) yang terikat pada tiang uji, prinsip kerja alat ini mengukur regangan yang terjadi saat tiang diberi beban dari frekuensi pada getaran kabel yang saling terikat kedua ujungnya.

Studi terdahulu

Mulyono,dkk (2018) melakukan studi daya dukung tiang terhadap pembebanan statik dan dinamik pada pembangunan gedung di Jakarta, kemudian didapatkan akurasi daya dukung paling dekat sebesar 90.74% menggunakan rumus Meyerhof (1965).

Beberapa tahun sebelumnya, Widjaja (2007) melakukan studi terhadap dua kasus penggunaan fondasi tiang yaitu di Porto dan di Jakarta pada pembangunan wisma asia II guna menganalisis peningkatan daya dukung fondasi tiang. Dari studi pada kasus tanah pasir di Porto didapat bahwa daya dukung fondasi tiang dengan diameter 35 x 35 cm² dan terpancang sedalam 6 m mengalami peningkatan sebesar 2,6-3,9 kali dengan selang waktu 314 hari setelah pemancangan. Pada studi pembangunan wisma asia II didapat peningkatan daya dukung sebesar 3,0 kali pada tanah lempung selama 8 tahun dengan spesifikasi tiang spun pile berdiameter 50 cm.

3. METODOLOGI PENELITIAN

Metode pengumpulan data

Pada penelitian ini, data tanah dan data tiang pancang yang akan dianalisis berada di daerah Cirebon. Data tanah yang ada berupa data boring, sondir dan hasil uji laboratorium untuk melakukan analisis daya dukung aksial fondasi tiang pancang serta terdapat data uji pembebanan tiang di lapangan secara statik dan dinamik sebagai pembandingan hasil daya dukung.

Metode analisis data

Berdasarkan data-data yang telah tersedia seperti data boring, sondir dan uji laboratorium maka kemudian akan diolah menjadi parameter tanah yang dipergunakan untuk menghitung daya dukung aksial tiang pancang berdasarkan rumus yang telah dikumpulkan pada studi literatur. Kemudian hasil daya dukung akan dihitung juga berdasarkan kaitannya dengan waktu dengan memperhitungkan faktor *soil setup* menggunakan rumus empiris yang telah ada. Analisis yang dilakukan akan dilakukan menggunakan program *Microsoft excel* untuk membantu perhitungan.

Dari hasil daya dukung yang telah dihitung maka akan dibandingkan dengan pengujian yang telah ada di lapangan sehingga didapatkan rumus empiris yang paling mendekati nilainya dengan pelaksanaan.

4. ANALISIS DATA

Deskripsi proyek

Pembangunan proyek ini diantaranya menggunakan pondasi tiang pancang berjenis *spun pile* dan *steel pipe pile*. Tiang yang ditinjau pada penelitian ini merupakan tiang yang telah di tes menggunakan uji pembebanan statik dan dinamik serta terpasang instrumen pada tiang berupa *Vibrating Wire Strain Gauges* (VWSG).

Tabel 1. Data tiang, penyelidikan tanah dan pengujian beban

Tiang	Jenis Tiang	Diameter	Kedalaman Tiang	Uji Pembebanan		Data Tanah Terdekat	
				PDA	Statik	SPT	CPT
DP04-04	Spun Pile	40 cm	26,5 m	EOID, 3 & 6 Hari	86 Hari	BA-02	CPTu-A7
DP04-07	Spun Pile	40 cm	26 m	EOID & 3 Hari	22 Hari	BA-09	CPTu-A10
DP06-01	Spun Pile	60 cm	25,75 m	EOID, 3 & 5 Hari	78 Hari	BA-02	CPTu-A7
DP06-04	Spun Pile	60 cm	21,94 m	EOID & 4 Hari	92 Hari	BA-01	CPTu-A6
DP06-07	Spun Pile	60 cm	35 m	EOID, 3 & 5 Hari	44 Hari	BA-13	CPTu-A2
SP-01	Steel Pipe Pile	76,2 cm	23 m	EOID, 1, 3 & 7 Hari	29 Hari	BA-04	CPTu-A9
SP-04	Steel Pipe Pile	76,2 cm	34,75 m	EOID, 1, 3 & 7 Hari	24 Hari	BA-04	CPTu-A9

Analisis daya dukung

Terdapat 7 tiang yang dilakukan analisis perhitungan daya dukung teoritis yaitu tiang DP04-04, DP04-07, DP06-01, DP06-04, DP06-07, SP-01, SP-04. Perhitungan dukung teoritis dalam penelitian ini menggunakan kombinasi rumus yang dikemukakan oleh Meyerhof 1956, Meyerhof 1976, Lambda, Alpha, Beta, Tomlinson, (Coyle & Castello), dan deRuiter & Beringen. Berikut merupakan hasil perhitungan daya dukung teoritis dan pengujian aksial lapangan.

Tabel 2. Resume kapasitas tiang ultimit DP04-04

Tiang	Kapasitas Tiang Ultimit (ton)								
	Teoritis					PDA		Statik	
	Metode					Hari		Hari	
	Meyerhof 1956	Meyerhof 1976 & Lambda	Meyerhof 1976 & Alpha	Meyerhof 1976 & Beta	deRuiter & Beringen	EOID	3	6	86
DP04-04	157,82	314,38	294,02	286,05	126,71	219,50	291,10	290,00	292,20

Tabel 3. Resume kapasitas tiang ultimit DP04-07

Tiang	Kapasitas Tiang Ultimit (ton)										
	Teoritis								PDA		Statik
	Metode								Hari		Hari
	Meyerhof 1956	Meyerhof 1976, Lambda & Tomlinson	Meyerhof 1976, Lambda dan (Coyle & Castello)	Meyerhof 1976, Alpha & Tomlinson	Meyerhof 1976, Alpha dan (Coyle & Castello)	Meyerhof 1976, Beta dan Tomlinson	Meyerhof 1976, Beta dan (Coyle & Castello)	deRuiiter & Beringen	EOID	3	22
DP04-07	180,58	383,65	343,33	313,45	273,13	285,10	244,78	225,78	232,00	293,80	326,80

Tabel Error! No text of specified style in document.. Resume kapasitas tiang ultimit DP06-01

Tiang	Kapasitas Tiang Ultimit (ton)									
	Teoritis							PDA		Statik
	Metode							Hari		Hari
	Meyerhof 1956	Meyerhof 1976 & Lambda	Meyerhof 1976 & Alpha	Meyerhof 1976 & Beta	deRuiiter & Beringen	EOID	3	6	78	
DP06-01	303,33	611,25	580,70	568,75	184,33	348,00	421,00	455,00	494,60	

Tabel 5. Resume kapasitas tiang ultimit DP06-04

Tiang	Kapasitas Tiang Ultimit (ton)										
	Teoritis								PDA		Statik
	Metode								Hari		Hari
	Meyerhof 1956	Meyerhof 1976, Lambda & Tomlinson	Meyerhof 1976, Lambda dan (Coyle & Castello)	Meyerhof 1976, Alpha & Tomlinson	Meyerhof 1976, Alpha dan (Coyle & Castello)	Meyerhof 1976, Beta dan Tomlinson	Meyerhof 1976, Beta dan (Coyle & Castello)	deRuiiter & Beringen	EOID	4	92
DP06-04	280,90	500,66	453,21	473,24	425,80	471,88	424,43	299,71	351,10	412,80	483,50

Tabel 6. Resume kapasitas tiang ultimit DP06-07

Tiang	Kapasitas Tiang Ultimit (ton)											
	Teoritis								PDA		Statik	
	Metode								Hari		Hari	
	Meyerhof 1956	Meyerhof 1976, Lambda & Tomlinson	Meyerhof 1976, Lambda dan (Coyle & Castello)	Meyerhof 1976, Alpha & Tomlinson	Meyerhof 1976, Alpha dan (Coyle & Castello)	Meyerhof 1976, Beta dan Tomlinson	Meyerhof 1976, Beta dan (Coyle & Castello)	deRuiter & Beringen	EOID	3	5	44
DP06-07	406,11	762,89	736,91	753,81	727,82	716,50	690,51	584,81	327,60	438,40	425,90	425,40

Tabel 7. Resume kapasitas tiang ultimit SP-01

Tiang	Kapasitas Tiang Ultimit (ton)												
	Teoritis								PDA		Statik		
	Metode								Hari		Hari		
	Meyerhof 1956	Meyerhof 1976, Lambda & Tomlinson	Meyerhof 1976, Lambda dan (Coyle & Castello)	Meyerhof 1976, Alpha & Tomlinson	Meyerhof 1976, Alpha dan (Coyle & Castello)	Meyerhof 1976, Beta dan Tomlinson	Meyerhof 1976, Beta dan (Coyle & Castello)	deRuiter & Beringen	EOID	1	3	7	29
SP-01	567,02	538,14	510,33	507,64	479,83	502,63	474,83	475,30	597,20	715,90	724,10	725,30	679,40

Tabel 8. Resume kapasistas tiang ultimit SP-04

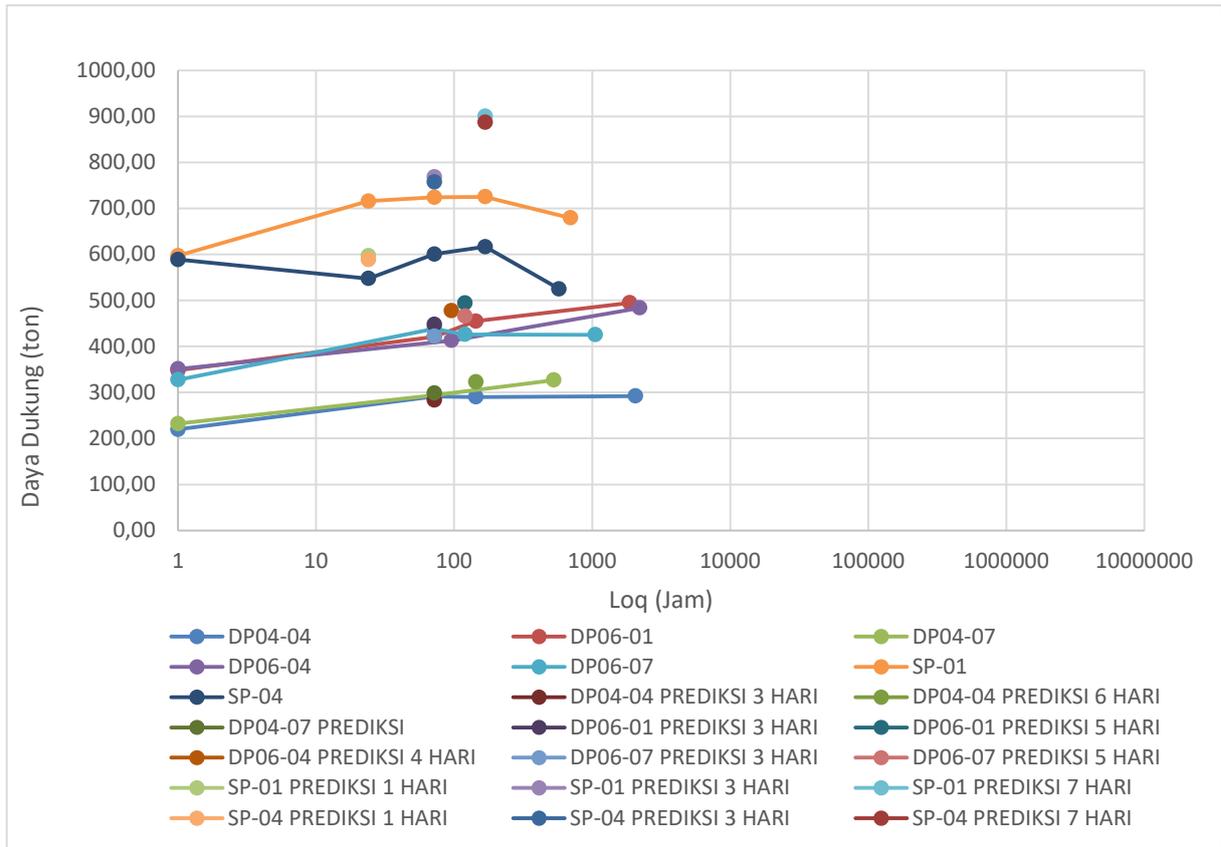
Tiang	Kapasitas Tiang Ultimit (ton)												
	Teoritis								PDA		Statik		
	Metode								Hari		Hari		
	Meyerhof 1956	Meyerhof 1976, Lambda & Tomlinson	Meyerhof 1976, Lambda dan (Coyle & Castello)	Meyerhof 1976, Alpha & Tomlinson	Meyerhof 1976, Alpha dan (Coyle & Castello)	Meyerhof 1976, Beta dan Tomlinson	Meyerhof 1976, Beta dan (Coyle & Castello)	deRuiter & Beringen	EOID	1	3	7	24
SP-04	564,27	897,31	869,50	862,30	834,49	896,29	868,49	638,08	588,80	547,60	600,70	616,70	525,00

Analisis peningkatan daya dukung

Prediksi peningkatan daya dukung pada tujuh tiang dihitung menggunakan rumus yang dikemukakan oleh Skov & Denver (1988). Hasil perhitungan dapat dilihat pada Tabel 9.

Tabel 9. Hasil analisis peningkatan daya dukung tiang Metode Skov & Denver 1988

Tiang	Prediksi Daya Dukung (ton)						
	Restrike						
	EOID	1 Hari	3 Hari	4 Hari	5 Hari	6 Hari	7 Hari
DP04-04	220,00	-	282,98	-	-	322,72	-
DP04-07	232,00	-	298,42	-	-	-	-
DP06-01	348,00	-	447,62	-	493,94	-	-
DP06-04	351,00	-	-	477,79	-	-	-
DP06-07	328,00	-	421,90	-	465,56	-	-
SP-01	597,20	597,20	768,16	-	-	-	900,02
SP-04	588,80	588,80	757,36	-	-	-	887,36

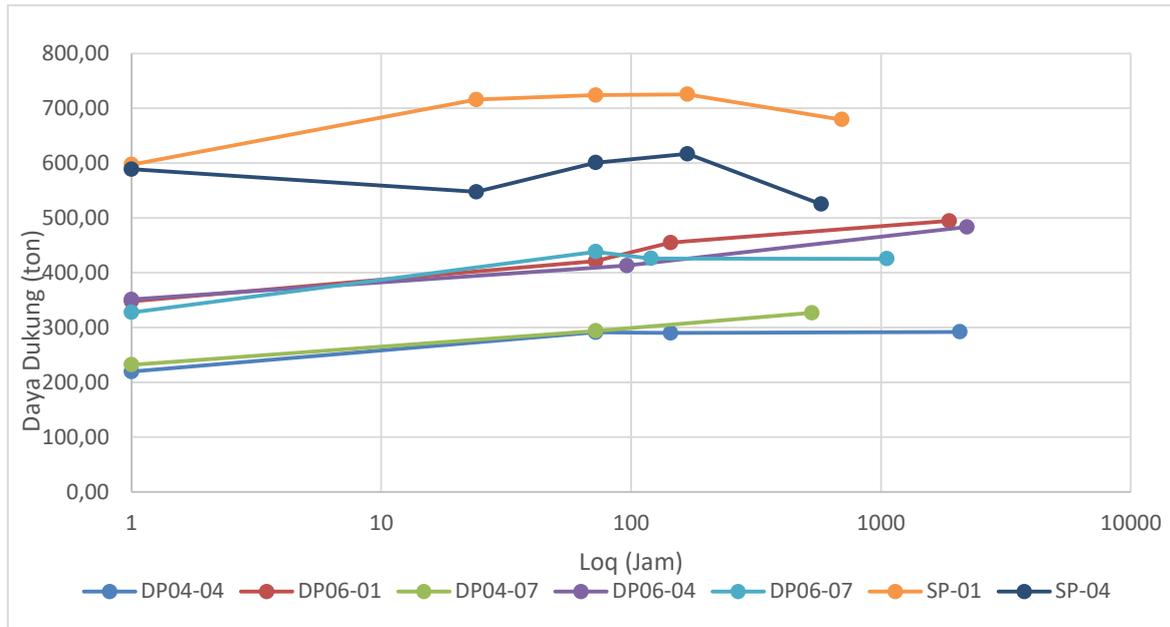


Gambar 2. Kurva Prediksi Daya Dukung Tiang

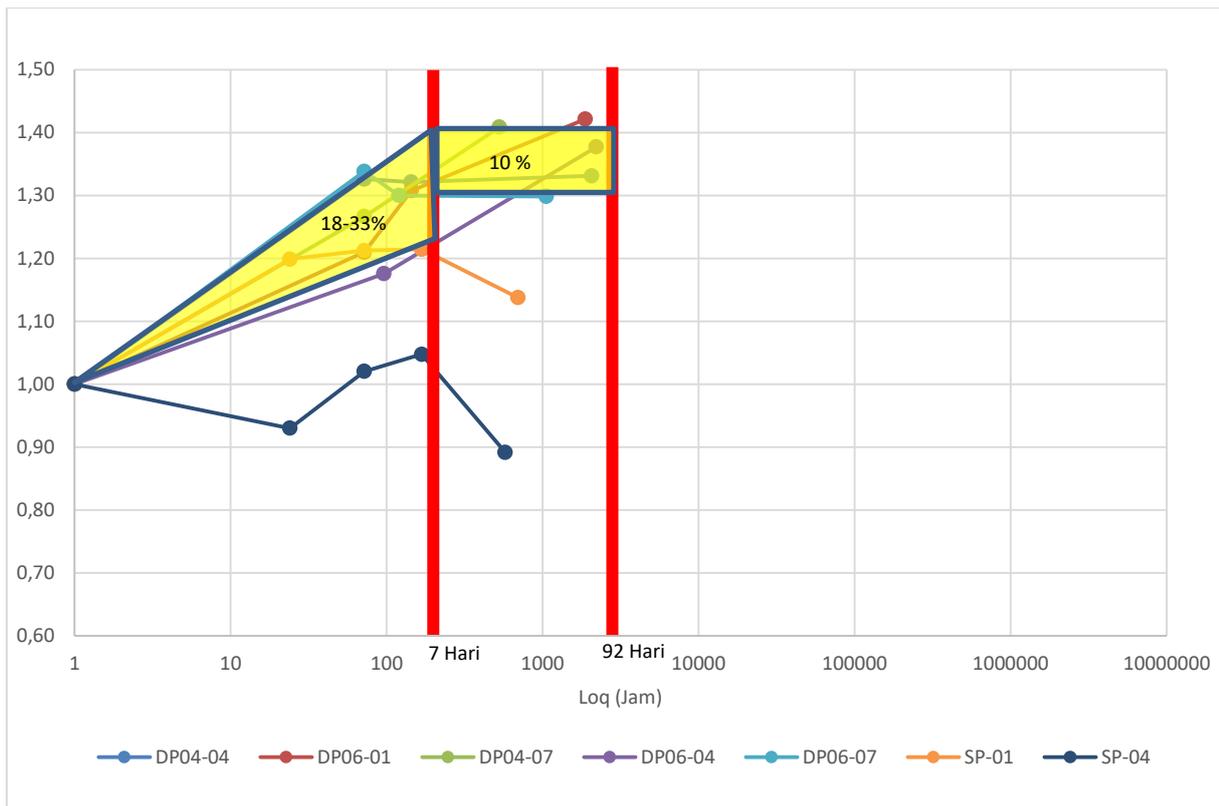
Dari Gambar 2 dapat dilihat bahwa rumus prediksi peningkatan daya dukung tiang yang dikeluarkan oleh Skov & Denver masih bisa digunakan pada tanah di daerah Cirebon, dikarenakan selisih dengan peningkatan daya dukung aktual tidak berbeda jauh, selisih nya berada pada kisaran 1-15%.

Grafik daya dukung teoritis dengan pembebanan aktual lapangan

Setelah daya dukung teoritis dan pengujian pembebanan di lapangan dibandingkan, maka dapat dilihat pola transfer beban daya dukung teoritis yang mendekati hasil pengujian di lapangan. Kemudian ketiganya akan di plot kedalam grafik yang sama terhadap waktu untuk melihat besaran peningkatan daya dukung.



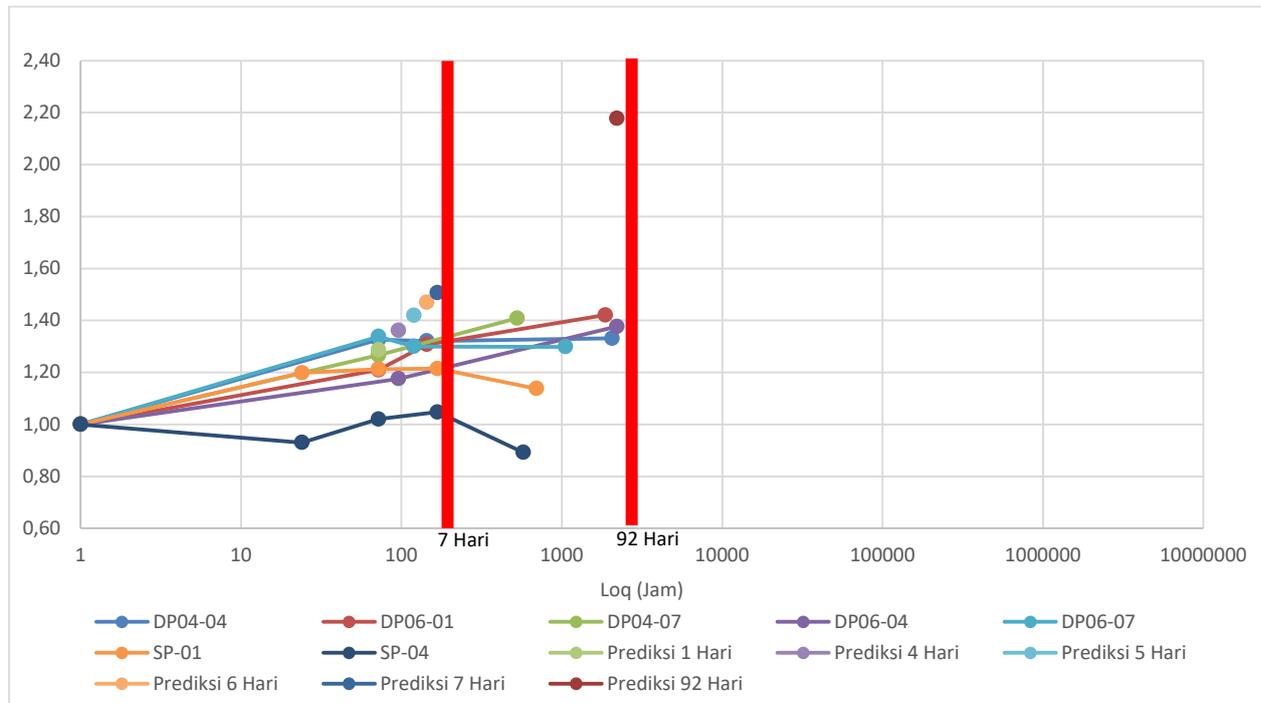
Gambar 1. Kurva peningkatan daya dukung terhadap waktu



Gambar Error! No text of specified style in document.. Normalized kurva peningkatan daya dukung terhadap waktu

Dapat dilihat pada Gambar 3. tiang yang ada baik diameter 400mm, 600mm, dan 762 mm terkecuali tiang SP-04, memiliki kenaikan nilai daya dukung pada rentang waktu setelah pemancangan sampai dengan 7 hari setelah pemancangan. Dan setelah 7 hari pemancangan hingga dilakukannya pembebanan statik.

Besaran peningkatan yang terjadi dapat dilihat pada kurva yang telah di *Normalized*, Gambar 4. *Normalized* data pada kurva dilakukan dengan membagi masing masing daya dukung tiang dengan daya dukung ultimit tiang berdasarkan uji pembebanan dinamik setelah pemancangan. Besaran peningkatan daya dukung yang terjadi sebesar 18-33% dari sesaat setelah pemancangan hingga 7 hari setelah pemancangan. Kemudian terjadi peningkatan sebesar 10% pada rentang waktu 7 hari hingga 92 hari setelah pemancangan.



Gambar 5. Normalized Kurva Analisis Daya Dukung dan Prediksi Peningkatan Daya Dukung

Dari Gambar 5. terlihat bahwa kombinasi rumus yang dipakai pada perhitungan analisis daya dukung menunjukkan pola yang memiliki kecenderungan mendekati daya dukung statik maupun dinamik. Prediksi daya dukung menunjukkan data yang sesuai dengan hasil pengujian di lapangan sehingga peningkatan daya dukung dari pemancangan hingga 92 hari berkisar 40%.

5. KESIMPULAN

Berdasarkan analisis data dan pembahasan yang telah dilakukan dari pembangunan proyek pembangkit listrik di Cirebon, Jawa Barat dapat dihasilkan kesimpulan sebagai berikut:

1. Adanya peningkatan daya dukung tiang pancang akibat faktor *soil setup*, baik pada daya dukung ujung tiang maupun daya dukung selimut tiang.
2. Besaran peningkatan daya dukung pada tiang *spun pile* dan *steel pipe pile* berkisar 18-33% pada jangka waktu 7 hari, dan meningkat 10% pada rentang waktu 7 hingga 92 hari.
3. Peningkatan daya dukung pada tiang *spun pile* dan *steel pipe pile* pada tanah Cirebon meningkat sebesar 40% selama 92 hari.
4. Rumus pendekatan peningkatan daya dukung tiang yang dikemukakan oleh Skov & Denver dapat digunakan pada kondisi tanah Cirebon.
5. Perhitungan teoritis daya dukung tiang pancang berdasarkan kombinasi rumus Meyerhof 1976, Lambda, Alpha, Beta, Tomlinson dan Coyle Castello dapat dipergunakan dalam kondisi tanah di daerah Cirebon dan menurut pola yang ada, daya dukung yang masih menjauhi pengujian beban statik maupun dinamik akan mencapai daya dukung teoritis dalam jangka panjang.

DAFTAR PUSTAKA

- Coyle, Harry M., Reno R. Castello. (1981). "New Design Correlations for Piles in Sand". *Journal of Geotechnical and Geoenvironmental Engineering* 107.ASCE 16379.
- Meyerhof G.G. (1976). "Bearing Capacity and Settlement of Pile Foundations", ASCE: *Journal Geotechnical and Geoenvironmental Engineering Division*. Vol. 102, No. GT 3.
- Mulyono, T., S. Musalamah., and N. Hanifah. (2018). "Aktualisasi Kapasitas Daya Dukung Aksial Pondasi Tiang Pancang Berdasarkan Parameter Tanah dan Static Loading Test". *Jurnal Kajian Teknik Sipil* Volume 3 No.1.
- Rahardjo, Paulus P. (2013) "Manual Pondasi Tiang, Edisi 4". Bandung: DFRI Universitas Parahyangan.
- Schwab, Klaus. (2017) "The Global Competitiveness Report 2017-2018". Geneva: World Economic Forum.
- Skov, Rikard, and Hans Denver. (1988). "Time-Dependence of Bearing Capacity of Piles". *Proc. Third International Conference on the Application of Stress-Wave Theory to Piles*. Ottawa.
- Standar Nasional Indonesia 8460:2017 tentang Persyaratan Perancangan Geoteknik.
- Tomlinson, M.J. (1994). *Pile Design and Construction Practice*. 4th Edition. London: E&FN Spon.
- Widjaja, Budiarto. (2007). "Peningkatan Daya Dukung Pondasi Tiang Pancang Pada Tanah Pasiran dan Kelempungan Studi Kasus Porto dan Jakarta". *Media Komunikasi Teknik Sipil*. Tahun 15, No.2.