

KAJIAN TEKNIS TIANG PANCANG KONSTRUKSI *PILE SLAB* PADA PROYEK JALAN TOL JKC STA 37+816.7 – 38+016.7

Dovi Adiwijaya¹, Aniek Prihatiningsih² dan Josephine Aristiti Setyarini³

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

² Program Studi Sarjana Teknik Sipil, Universitas Tarumanagara, Jl. Letjen S. Parman No.1, Jakarta
Email: aniekprihatiningsih@gmail.com

³ Program Studi Sarjana Teknik Sipil, Universitas Tarumanagara, Jl. Letjen S. Parman No.1, Jakarta
Email: Josephine.setyarini@gmail.com

ABSTRAK

Pemancangan tiang pada konstruksi pile slab dengan fondasi tiang pancang ukuran diameter 0.6 meter dapat dilakukan dengan sistem preboring ataupun tanpa preboring dikarenakan alasan faktor sosial dan lingkungan. Fondasi tiang pancang harus berada pada kedalaman tanah keras dan mampu mendukung beban sampai batas keamanan yang telah ditentukan, termasuk mendukung beban maksimum yang mungkin terjadi. Proses pemancangan tiang menghasilkan data berupa jumlah pukulan dan final set dari hasil kalendering. Analisis daya dukung tiang pancang menggunakan metode statis dalam tulisan ini yaitu Meyerhof 1976 dengan menggunakan data SPT dan metode dinamik antara lain Modified ENR, Danish Formula, Janbu's Formula, dan Michigan State Highway Commission Formula dengan menggunakan data kalendering. Terdapat tes PDA serta program Allpile sebagai data untuk memverifikasi daya dukung tiang pancang. Kajian secara teknis konstruksi pile slab dengan fondasi tiang pancang pada STA 37+826.7-STA 38.016.7 jalan Tol Jakarta – Kunciran – Cengkareng sehingga fondasi tiang tersebut dapat dikatakan efisien dan aman dilihat dari kedalaman tiang dan kapasitas daya dukung tiang.

Kata kunci: daya dukung tiang pancang, final set, jumlah pukulan, kalendering, N-SPT, PDA

1. PENDAHULUAN

Latar belakang

Pembangunan konstruksi jalan tol salah satunya didukung oleh fondasi yang dapat menahan beban dari jalan itu sendiri maupun beban kendaraan yang melewati jalan tersebut. Salah satu lokasi proyek jalan tol Jakarta – Kunciran – Cengkareng pada STA 37+826.7 - STA 38+016.7 di daerah Cipete dipilih untuk menggunakan fondasi tiang pancang dengan ukuran diameter 60 cm.

Pelaksanaan pembuatan fondasi untuk infrastruktur jalan tol Jakarta – Kunciran – Cengkareng di Cipete terdapat beberapa faktor yang perlu diperhatikan seperti faktor lingkungan, faktor sosial, dan juga faktor biaya. Faktor – faktor tersebut sangat memungkinkan dapat merubah rancangan yang telah ditentukan sejak awal, dimana perubahan yang terjadi terdapat pada perubahan sistem pemancangan yang awalnya tanpa sistem *preboring* menjadi dengan sistem *preboring*, kedalaman tiang pancang, jumlah pukulan *hammer* yang akhirnya mempengaruhi daya dukung dari tiang tunggal.

Adanya perubahan – perubahan tersebut membuat perlu dilakukannya kajian teknis terhadap jumlah pukulan terhadap kedalaman dan nilai N-SPT serta analisa daya dukung tiang pancang berdasarkan data – data penyelidikan tanah yang diperoleh di lapangan yaitu data SPT dan kalendering / *final set* dengan menggunakan metode yang disarankan oleh para ahli serta PDA tes dan program *Allpile*. Konstruksi fondasi tiang pancang *pile slab* dapat dikatakan aman jika daya dukung fondasi lebih besar dari beban jalan dan kendaraan yang dipikulnya dan fondasi berada pada kedalaman tanah keras.

Tujuan

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengkaji secara teknis apakah konstruksi *pile slab* dengan menggunakan fondasi tiang pancang pada STA 37+826.7 – STA 38+016.7 lokasi proyek jalan tol Jakarta – Kunciran –

Cengkareng di Cipete dapat dikatakan efisien dan aman secara struktur dilihat dari jumlah pukulan, selisih jumlah pukulan, serta daya dukung tiang pancang berdasarkan data N-SPT, *final set* / kalendering, dan PDA.

Batasan masalah

Dalam penelitian kali ini, terdapat beberapa batasan masalah yang akan dibahas, antara lain yaitu data penyelidikan tanah diperoleh dari 4 data titik boring yang dilakukan pada tahun 2017, lokasi yang ditinjau adalah STA 37+826.7-38+016.7, kajian teknis jumlah pukulan dan selisih jumlah pukulan terhadap kedalaman dan nilai N-SPT, digunakan juga metode Meyerhof (1976), metode *Modified New ENR*, *Danish Formula*, *Janbu's Formula*, *Michigan State Highway Commission Formula* dan berdasarkan data tes PDA (*Pile Driving Analyzer*) serta program *Allpile* untuk menghitung daya dukung aksial tiang, serta metode pemancangan tiang yang dianalisis adalah tanpa dan dengan *preboring*.

2. DASAR TEORI

Kajian teknis tiang pancang konstruksi *pile slab* pada proyek Jalan Tol Jakarta – Kunciran – Cengkareng STA 37+826.7-38+016.7 mengacu pada beberapa hal antara lain, jumlah pukulan, selisih jumlah pukulan, dan perhitungan daya dukung aksial menggunakan beberapa metode.

Jumlah Pukulan & Selisih Jumlah Pukulan

Jumlah pukulan akan semakin besar apabila pemancangan tiang akan mencapai tanah keras. Berdasarkan kebiasaan jumlah pukulan ditentukan 2000 – 2500 pukulan, namun pada saat pelaksanaan di lapangan jumlah pukulan bisa berubah karena jumlah pukulan harus dibatasi untuk menghindari *overdriving* yang akan berdampak pada kerusakan struktur tiang.

Selisih jumlah pukulan tiang dapat dikatakan sudah berada atau mencapai kedalaman tanah keras pada saat pengurangan yang didapat dari pencatatan jumlah pukulan tiang pada kedalaman tanah keras yang telah dicapai dengan dikurangi dengan jumlah pukulan tiang 0.5 meter sebelumnya semakin membesar, namun selisih kedalaman tiang yang dipancang semakin kecil.

Meyerhof 1976

Perhitungan daya dukung dengan metode Meyerhof 1976 digunakan data hasil SPT, adalah sebagai berikut:

Tanah non-koheusif

- o Daya dukung ujung tiang

$$Q_p = 40 \times N \times \frac{L_b}{D} \times A_p \quad (1)$$

- o Daya dukung selimut tiang

$$Q_s = 2 \times N \times p \times L_i \quad (2)$$

dengan N = nilai N yang telah dikoreksi, L_i = panjang lapisan tanah, p = keliling tiang, dan A_p = luas penampang tiang.

Tanah koheusif

- o Daya dukung ujung tiang

$$Q_p = 9 \times C_u \times A_p \quad (3)$$

- o Daya dukung selimut tiang

$$Q_s = \alpha \times C_u \times p \times L_i \quad (4)$$

dengan A_p = luas penampang tiang, C_u = kohesi undrained, α = koefisien adhesi antara tanah dan tiang, p = keliling tiang, L_i = panjang lapisan tanah.

Modified ENR

Perhitungan daya dukung menggunakan metode Modified ENR merupakan perhitungan daya dukung dinamik menggunakan data hasil kalendering.

$$Q_u = \frac{e_h W_r h (W_r + n^2 W_p)}{(s + 0,25) (W_r + W_p)} \quad (5)$$

dengan e_h = efisiensi *hammer*, W_r = berat *hammer*, h = tinggi jatuh ram (cm), s = penetrasi pukulan per cm, n = koefisien restitusi antara ram dan pile, dan W_p = berat tiang.

Danish Formula

Metode perhitungan dinamik menggunakan *Danish Formula* memerlukan data hasil kalendering di lapangan.

$$Qu = \frac{e_h \times E_h}{s + C_1} \quad (6)$$

dimana nilai $C_1 = \sqrt{\frac{e_h \times E_h \times L}{2 \times A_p \times E}}$

dengan e_h = efisiensi *hammer*, E_h = energi *hammer*, s = penetrasi pukulan per cm, L = panjang tiang, E = modulus elastisitas tiang, dan A_p = luas penampang tiang.

Janbu's Formula

Data kalendering dibutuhkan dalam menghitung daya dukung aksial tiang menggunakan metode ini

$$Qu = \frac{e_h E_h}{K'_u s} \quad (7)$$

dimana :

$$K'_u = C_d \left(1 + \sqrt{1 + \frac{\lambda'}{C_d}} \right)$$

$$C_d = 0.75 + 0.14 \left(\frac{W_p}{W_r} \right)$$

$$\lambda' = \frac{e_h E_h L}{A_p E s^2}$$

dengan e_h = efisiensi *hammer*, E_h = energi *hammer*, s = penetrasi pukulan per cm, W_r = berat *hammer*, W_p = berat tiang, E = modulus elastisitas tiang, dan A_p = luas penampang tiang.

Michigan State Highway Cimmission Formula

Sama seperti metode dinamik lainnya, metode ini juga membutuhkan data kalendering dalam perhitungannya

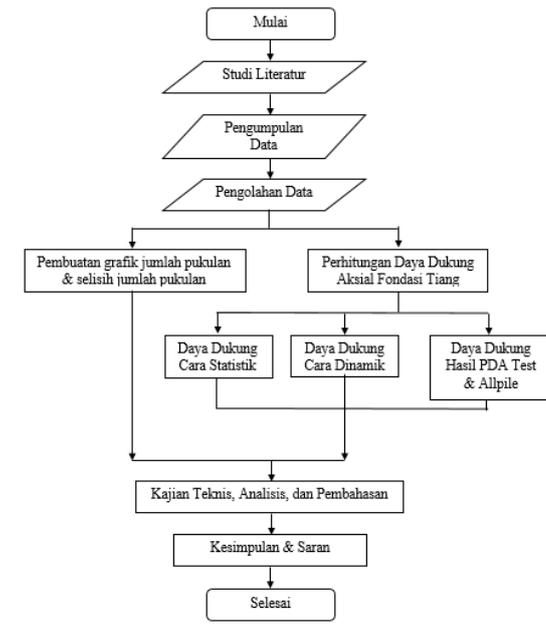
$$Q_u = \frac{1.25 e_h E_h}{s + C} \times \frac{W_r + n^2 W_p}{W_r + W_p} \quad (8)$$

dengan e_h = efisiensi *hammer*, E_h = energi *hammer*, s = penetrasi pukulan per cm, W_r = berat *hammer*, W_p = berat tiang, dan $C = 0.1$ in.

3. METODE PENELITIAN

Untuk mencapai tujuan dari penelitian ini, maka dilakukan beberapa tahapan yang dimana dimulai dengan melakukan studi literatur melalui buku, jurnal, dan *webside*. Pengumpulan data dilakukan setelah proses studi literatur yang mana pada tahapan ini data yang dikumpulkan adalah berdasarkan hasil peninjauan langsung di lapangan dengan melakukan pengamatan, pencatatan serta wawancara, data – data tersebut antara lain data hasil tes SPT, data pemancangan tiang, dan data kalendering.

Proses pengolahan data menggunakan program Microsoft Excel, dimana dengan program tersebut data akan diolah dan dibentuk dalam grafik sehingga kajian data yang selanjutnya digunakan untuk analisis dan perhitungan dapat dilakukan dengan lebih mudah. Proses penelitian dapat dilihat lebih jelas dalam diagram alir pada gambar 1 berikut



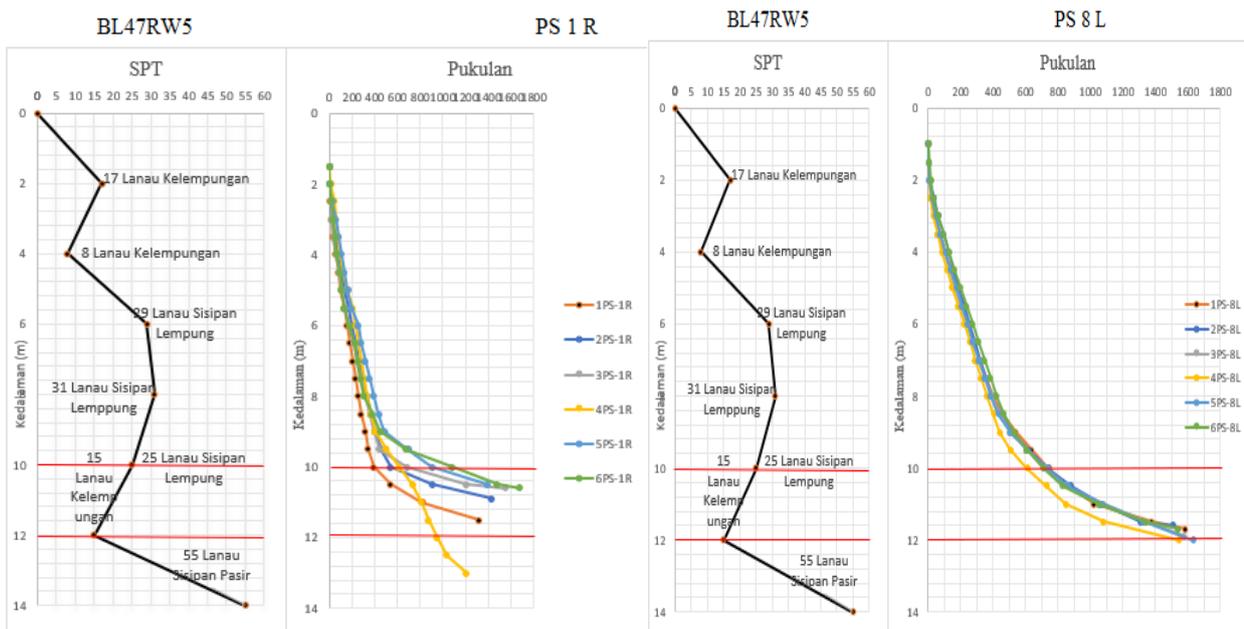
Gambar 1. Diagram Alir Penelitian

4. KAJIAN TEKNIS

Sebelum dilakukan kajian teknis untuk lebih mempermudah dalam mengkaji, menganalisis, dan membahas, maka STA 37+826.7-38+016.7 sepanjang ± 1 km, dibagi menjadi beberapa zona dimana pembagian zona ini didasarkan pada lokasi titik borlog yaitu zona A (PS 1-10) mewakili BL47RW5, zona B (PS 11-17) mewakili BL47D, zona C (PS 18-24) mewakili BL47RW4, dan zona D (PS 25-31) mewakili BL47RW3.

Kajian teknis jumlah pukulan

Dalam hal ini kajian teknis jumlah pukulan dilihat dari hubungan jumlah pukulan dengan kedalaman dan juga nilai N-SPT.



Gambar 2. Grafik Hubungan Jumlah Pukulan, Kedalaman, dan N-SPT tiang PS1R (*non-preboring*) dan tiang PS8L (*preboring*)

Zona A : Pelaksanaan proses pemancangan pada zona A dilakukan dengan sistem tanpa *preboring* dan sistem dengan *preboring*. Pada tiang yang proses pelaksanaannya tanpa *preboring* diperoleh jumlah pukulan 1300 – 1500 pukulan untuk mencapai kedalaman 10 – 12 meter dengan jenis tanah lempung konsistensi sangat kaku yang memiliki nilai N-SPT rata – rata dan diperoleh jumlah pukulan 200 – 800 pukulan. Penggunaan sistem *preboring* tidak menjamin 100% bahwa jumlah pukulan yang dihasilkan akan lebih sedikit, hal ini dikarenakan terdapat data pada proyek jalan tol JKC STA 37+826.7-38+016.7 zona A yang walaupun pengerjaannya menggunakan sistem *preboring* namun jumlah pukulan yang dihasilkan hampir sama dengan jumlah pukulan tiang yang pelaksanaannya tanpa *preboring*.

Zona B : Pemancangan tiang pada zona B seluruhnya dilakukan dengan sistem *preboring*. Pada zona ini terdapat perbedaan jumlah pukulan yang dihasilkan pada PS right dengan PS left, dimana PS 11-17 right memiliki jumlah pukulan 500-800 pukulan dan berada pada kedalaman 11-12 meter dengan jenis tanah lempung konsistensi keras yang memiliki N-SPT = 35. Sedangkan tiang pada PS 11-17 left memiliki jumlah pukulan 700-1400 pukulan dan berada pada kedalaman 13-14 meter dengan jenis tanah kerikil sisipan lanau berkonsistensi sangat padat dengan nilai N-SPT rata – rata = 60.

Zona C : Tiang – tiang yang berada pada zona C pemancangannya dilakukan dengan sistem *preboring* dan berada pada kedalaman 11 – 14 meter yang berjenis tanah pasir berkonsistensi sangat padat dan keras dengan nilai N-SPT rata – rata = 50 menghasilkan jumlah pukulan 600-1100 pukulan.

Zona D : Tiang – tiang pada zona D menghasilkan jumlah pukulan 550-800 pukulan untuk mencapai tanah berjenis lanau kelempeungan berkonsistensi keras yang memiliki nilai N-SPT rata-rata = 34 dan berada pada kedalaman 11-13 meter.

Kajian teknis selisih jumlah pukulan

Kajian teknis selisih jumlah pukulan dengan melihat hubungan selisih jumlah pukulan dengan kedalaman dan nilai N-SPT.

Zona A : Diperoleh selisih jumlah pukulan ≥ 300 pukulan per 0.5 meter ketika mulai memasuki kedalaman tanah keras ketika mulai memasuki kedalaman 10-11 meter dengan sistem pemancangan tanpa *preboring*, dan diperoleh selisih jumlah pukulan $\pm 100-250$ pukulan tiap 0.5 meter ketika mulai memasuki tanah keras.

Zona B : Selisih jumlah pukulan ± 300 tiap 0.5 meter diperoleh ketika tiang mulai memasuki tanah pada kedalaman 11-14 meter yang merupakan tanah berjenis lempung konsistensi keras dengan nilai N-SPT rata – rata = 35.

Zona C : untuk mencapai jenis tanah berjenis pasir sangat padat yang berada pada kedalaman 11 – 14 meter memiliki selisih jumlah pukulan selisih ≥ 400 untuk mencapai kedalaman 0.5 meter.

Zona D : tiang mencapai tanah keras pada kedalaman 11 – 13 meter jumlah pukulan yang dibutuhkan untuk menembus kedalaman tiap 0.5 meter adalah 300 – 500 pukulan.

Analisis & pembahasan daya dukung metode Meyerhof 1976

Perhitungan kapasitas daya dukung tiang pancang dengan metode Meyerhof 1976 digunakan data nilai N-SPT dari borlog BL47RW5, BL47D, BL47RW4, dan BL47RW3, dimana salah satu contoh perhitungan menggunakan metode Meyerhof 1976 dapat dilihat pada tabel 1.

Berdasarkan data N-SPT BL47RW5 (zona A) diperoleh daya dukung pada kedalaman 10 meter sebesar 121.5 ton, pada kedalaman 11 meter adalah 126.4 ton, kedalaman 12 meter diperoleh daya dukung sebesar 128.9 ton, dan kedalaman 14 meter diperoleh daya dukung sebesar 205 ton.

Berdasarkan data BL47D (zona B) didapatkan daya dukung pada kedalaman 10 meter sebesar 56.9 ton, kedalaman 11 meter adalah 66.6 ton, 12 meter sebesar 75.1 ton, kedalaman 13 meter sebesar 235 ton, dan kedalaman 14 meter diperoleh daya dukung sebesar 266 ton.

Berdasarkan data BL47RW4 (zona C) didapatkan daya dukung pada kedalaman 11 meter sebesar 177 ton, 12 meter dan 13 meter sebesar 226 ton, dan kedalaman 14 meter diperoleh daya dukung sebesar 229 ton.

Berdasarkan data BL47RW3 (zona D) didapatkan daya dukung pada kedalaman 1 meter sebesar 113 ton, 12 meter sebesar 129 ton, dan kedalaman 13 meter sebesar 141 ton.

Tabel 1. Perhitungan Daya Dukung Tiang Berdasarkan BL47RW5

Depth (m)	Lapisan Tanah	N	N Koreksi _i	Cu	α	Skin Friction (kN)		End Bearing (kN)	Q _{ult} (kN)	Q _{ult} (ton)	Q _{all} (ton)
						Lokal	Kumulatif				
0	Lempung Kelanauan	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
1	Lempung Kelanauan	10	7	39.4	1	74	74	100	174	17	7
2	Lanau Kelempungan	17	11	66.9	0.8	95	169	170	339	34	14
3	Lanau Kelempungan	13	9	51.2	0.9	82	251	130	381	38	15
4	Lanau Kelempungan	8	5	31.5	1	59	310	80	390	39	16
5	Lanau Kelempungan	20	15	89.3	0.6	97	407	227	634	63	25
6	Lanau Sisipan Lempung	29	22	129	0.4	98	504	329	833	83	33
7	Lanau Sisipan Lempung	30	25	150	0.4	99	603	381	984	98	39
8	Lanau Sisipan Lempung	31	26	155	0.4	102	705	393	1098	110	44
9	Lanau Sisipan Lempung	28	23	140	0.4	99	804	355	1159	116	46
10	Lanau Sisipan Lempung	25	21	125	0.4	94	898	317	1215	121	49
11	Lanau Kelempungan	20	18	105	0.5	99	996	267	1264	126	51
12	Lanau Kelempungan	15	13	78.8	0.6	93	1089	200	1289	129	52
13	Lanau Kelempungan	35	31	184	0.3	104	1193	467	1660	166	66
14	Lanau Sisipan Pasir	55	48	289	0.2	122	1315	734	2050	205	82
15	Lanau Sisipan Pasir	45	39	236	0.3	111	1427	601	2028	203	81
16	Lanau Sisipan Pasir	30	26	158	0.4	104	1531	401	1931	193	77
17	Lanau Kelempungan	35	31	184	0.3	104	1634	467	2102	210	84
18	Lanau Kelempungan	40	35	210	0.3	109	1743	534	2277	228	91
19	Lanau Kelempungan	50	44	263	0.2	111	1854	668	2522	252	101
20	Pasir Sedang & Halus	60	53			198	2052	989	3041	304	122
21	Pasir Sedang & Halus	54	47			178	2230	890	3121	312	125
22	Pasir Sedang & Halus	48	42			158	2389	791	3180	318	127
23	Pasir Sedang & Halus	35	31			115	2504	577	3081	308	123
24	Lanau Sisipan Lempung	23	20	121	0.4	97	2601	307	2908	291	116
25	Lanau Sisipan Lempung	20	18	105	0.5	99	2700	267	2967	297	119

Analisis & pembahasan daya dukung metode *Modified ENR*

Perhitungan dengan data kalendering di lapangan dengan metode Modified ENR berdasarkan persamaan (5) adalah sebagai berikut

$$Q_u = \frac{e_h W r h (Wr + n^2 Wp)}{(s + 0,25)(Wr + Wp)}$$

$$= \frac{0,8 \times 5,5 \times 250 \times (5,5 + 0,4^2 \times 10,852)}{(1,833 + 0,25) \times (5,5 + 10,852)}$$

$$= 233,7 \text{ ton}$$

Berdasarkan contoh perhitungan seperti diatas diperoleh jumlah tiang yang memenuhi syarat daya dukung aksial yaitu:

Tabel 2. Persentase Jumlah Tiang yang Memenuhi Syarat Daya Dukung Aksial Menurut *Modified ENR*

Zona	Jumlah Tiang Lolos (%)	Total Jumlah Tiang dalam Zona
A	96.7	120
B	94.8	77
C	100	71
D	100	15

Analisis & pembahasan daya dukung metode *Danish Formula*

Perhitungan daya dukung dengan data hasil kalendering yang diperoleh di lapangan juga dapat dilakukan dengan metode *Danish Formula* berdasarkan persamaan (6) sebagai berikut

$$C_1 = \sqrt{\frac{e_h \times E_h \times L}{2 \times A \times E}}$$

$$= \sqrt{\frac{0,8 \times 13,75 \times 16}{2 \times 0,2826 \times 30 \times 10^5}} = 0,01018$$

$$Q_u = \frac{e_h \times E_h}{s + C_1}$$

$$= \frac{0.8 \times 13.75}{0.01833 + 0.01018} = 385.7 \text{ ton}$$

Berdasarkan contoh perhitungan seperti diatas diperoleh jumlah tiang yang memenuhi syarat daya dukung aksial yaitu:

Tabel 3. Persentase Jumlah Tiang yang Memenuhi Syarat Daya Dukung Aksial Menurut *Danish Formula*

Zona	Jumlah Tiang Lolos (%)	Total Jumlah Tiang dalam Zona
A	99.2	120
B	100	77
C	100	71
D	100	15

Analisis & pembahasan daya dukung metode *Janbu's Formula*

Perhitungan menggunakan data kalendering dengan metode Janbu's Formula didasarkan pada persamaan (7), dengan perhitungan sebagai berikut

$$C_d = 0.75 + 0.14 \left(\frac{W_p}{W_r} \right)$$

$$= 0.75 + 0.14 \left(\frac{10.852}{5.5} \right) = 1.026$$

$$\lambda' = \frac{e_h E_h L}{A_p E_s^2}$$

$$= \frac{0.8 \times 13.75 \times 16}{0.2826 \times 30 \times 10^5 \times (1.833 \times 10^{-2})^2} = 0.618 \text{ m}$$

$$K'_u = C_d \left(1 + \sqrt{1 + \frac{\lambda'}{C_d}} \right)$$

$$= 1.026 \left(1 + \sqrt{1 + \frac{0.618}{1.026}} \right) = 2.325$$

$$Q_u = \frac{e_h E_h}{K'_u s}$$

$$= \frac{0.8 \times 13.75}{2.325 \times (1.833 \times 10^{-2})} = 258.1 \text{ ton}$$

Berdasarkan contoh perhitungan seperti diatas diperoleh jumlah tiang yang memenuhi syarat daya dukung aksial yaitu:

Tabel 4. Persentase Jumlah Tiang yang Memenuhi Syarat Daya Dukung Aksial Menurut *Janbu's Formula*

Zona	Jumlah Tiang Lolos (%)	Total Jumlah Tiang dalam Zona
A	98.3	120
B	92.2	77
C	100	71
D	100	15

Analisis & pembahasan daya dukung metode *Michigan State Highway Commission Formula*

Berdasarkan pada persamaan (8) diperoleh hasil perhitungan daya dukung berdasarkan metode *Michigan State Highway Commission Formula*, dengan contoh perhitungan sebagai berikut

$$\begin{aligned}
 Q_u &= \frac{1.25 e_{rh} E_h}{s + C} \times \frac{W_r + n^2 W_p}{W_r + W_p} \\
 &= \frac{1.25 \times 0.8 \times 1375}{1.833 + 0.25} \times \frac{5.5 + 0.4^2 \times 10.852}{5.5 + 10.852} = 292.1 \text{ ton}
 \end{aligned}$$

Berdasarkan contoh perhitungan seperti diatas diperoleh jumlah tiang yang memenuhi syarat daya dukung aksial yaitu:

Tabel 5. Persentase Jumlah Tiang yang Memenuhi Syarat Daya Dukung Aksial Menurut *Michigan State Highway Commission Formula*

Zona	Jumlah Tiang Lolos (%)	Total Jumlah Tiang dalam Zona
A	98.3	120
B	94.8	77
C	100	71
D	100	15

Daya dukung berdasarkan data hasil *PDA Test (Pile Driving Analyzer Test)*

Pengujian PDA test pada proyek jalan tol JKC dilakukan pada tiang 6 Blok-PS26R dan tiang 6 Blok-PS27R. berdasarkan hasil pengujian tes PDA, tiang pancang *spun pile* berdiameter 0.6 meter memiliki daya dukung sebagai berikut:

Tabel 6. Hasil *PDA Test*

Tiang	Q _{ultimate} (ton)	Q _{all Fs = 2} (ton)	Q _{all Fs = 2.5} (ton)	Q _{all Fs = 3} (ton)
6 Blok – PS 26R	434	217	173.6	146.7
6 Blok – PS 27R	461	230.5	184.4	153.7

Daya dukung berdasarkan data program *Allpile*

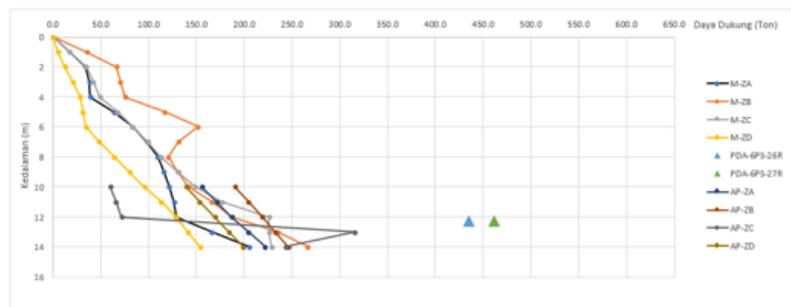
Berdasarkan pada hasil perhitungan menggunakan program *Allpile* yang akan digunakan sebagai data perhtiungan untuk verifikasi diperoleh data sebagai berikut:

Zona A (BL47RW5)	
Kedalaman (m)	Qull (ton)
10	155.7
11	171.3
12	186.9
13	204.3
14	221.7
Zona B (BL47D)	
Kedalaman (m)	Qull (ton)
10	190.2
11	204.6
12	219
13	232.5
14	246
Zona C (BL47RW4)	
Kedalaman (m)	Qull (ton)
10	59.7
11	65.7
12	71.7
13	315.6
14	243.3
Zona D (BL47RW3)	
Kedalaman (m)	Qull (ton)
10	139.5
11	153.6
12	169.2
13	184.2
14	199.2

5. KESIMPULAN

Berdasarkan kajian teknis, analisis, dan pembahasan dari proyek konstruksi jalan tol JKC, diperoleh kesimpulan sebagai berikut:

1. Total 188 tiang yang sudah dikerjakan dengan *preboring* dan 95 tiang dikerjakan tanpa *preboring*. Pemakaian metode pemancangan dengan *preboring* dilakukan karena faktor utama yaitu faktor sosial dan lingkungan.
2. Berdasarkan hubungan jumlah pukulan serta selisihnya dengan nilai N-SPT dan kedalaman, untuk tiang sejumlah 283 tiang yang sudah dikerjakan dari total keseluruhan tiang 468 yang berada pada STA 37+826.7 – STA 38+016.7 telah mencapai lapisan tanah keras pada kedalaman 10 – 14 meter.
3. Berdasarkan kajian teknis pada proses pemancangan tiang diproyek jalan tol Jakarta – Kunciran – Cengkareng STA 37+826.7 – STA 38+016.7 tanpa *preboring* diperoleh nilai maksimum jumlah pukulan sebesar 2513 pukulan dan jumlah pukulan minimum adalah 712 dan dengan *preboring* diperoleh nilai maksimum jumlah pukulan sebesar 2412 pukulan dan jumlah pukulan minimum adalah 232 pukulan.
4. Pada zona A, tiang yang dikerjakan tanpa *preboring* memiliki selisih jumlah pukulan ≥ 30 pukulan per 0.5 meter dan tiang yang dikerjakan dengan sistem *preboring* memiliki selisih jumlah pukulan $\pm 100 - 250$ pukulan per 0.5 meter ketika memasuki kedalaman tanah lempung atau lanau dengan konsistensi sangat kaku yang memiliki nilai rata – rata N-SPT = 20 – 23.
5. Pada proyek jalan tol Jakarta – Kunciran – Cengkareng di Cipete STA 37+826.7 – STA 38+016.7 zona B, C, dan D yang pelaksanaannya menggunakan sistem *preboring* memiliki selisih jumlah pukulan $\pm 300 - 500$ pukulan per 0.5 meter untuk mencapai kedalaman tanah keras dengan jenis tanah lempung atau lanau dengan konsistensi sangat kaku yang memiliki nilai N-SPT 20 – 35, sedangkan untuk mencapai kedalaman tanah keras berjenis tanah pasir dengan konsistensi sangat padat / keras yang memiliki nilai N-SPT 30 sampai ≥ 50 memiliki selisih jumlah pukulan ≥ 400 pukulan per 0.5 meter.
6. Gambar 3 memperlihatkan hasil perhitungan dengan data N-SPT menggunakan metode Meyerhof 1976 dan program *Allpile* memiliki hasil berbeda jauh dengan data hasil tes PDA.



Gambar 3. Grafik Hasil Perhitungan Daya Dukung Aksial Menggunakan Meyerhof 1976, PDA *test*, dan *Allpile*

7. Daya dukung dari 283 tiang yang sudah dikerjakan berdasarkan metode Meyerhof 1976 sebanyak 100% tiang memenuhi daya dukung aksial. Untuk metode *Modified ENR* sebanyak 97.5% tiang dari 283 tiang memenuhi daya dukung aksial. Menurut metode *Danish Formula* dan *Janbu's Formula* sebanyak 99.6% dan 97.2% dari 283 tiang memenuhi daya dukung aksial. Sedangkan sebanyak 98.2% tiang memenuhi daya dukung aksial menurut metode *Michigan State Highway Commission Formula*. Data dari program *Allpile* menunjukkan sebanyak 92.7% tiang memenuhi daya dukung aksial diang dan data dari hasil PDA tes menunjukkan tiang 6 Blok - PS 26R dan 6 Blok – PS 27R memenuhi daya dukung aksial tiang.
8. Terdapat beberapa data yang tidak sesuai disebabkan oleh beberapa hal seperti proses pelaksanaan pemancangan tiang yang tidak diawasi oleh tenaga ahli yang memahami tentang geoteknik dan juga sifat tanah yang tidak terduga (*unpredictable*).

DAFTAR PUSTAKA

- Bowles, Joseph E. 1988. *Analisa dan Desain Pondasi Jilid 1. Edisi Keempat*. Jakarta: Penerbit Erlangga. (Diterjemahkan oleh: Pantur Silaban, Ph.D).
- Das, Braja M. 1995. *Mekanika Tanah (Prinsip – Prinsip Rekayasa Geoteknis) Jilid 2*. Jakarta: Penerbit Erlangga. (Diterjemahkan Oleh: Noor Endah dan Indrasurya B. Mochtar)
- Das, Braja M. 1999. *Principles of Geotechnical Engineering Fourth Edition*. Canada: Thomson Canada Limited.
- Das, Braja M. 2007. *Principles of Foundation Engineering Sixth Edition*. Canada: Thomson Canada Limited.
- Das, Braja M. 2011. *Geotechnical Engineering Handbook*. USA: J.Ross Publishing, Inc.
- Hardiyatmo, Hary Christady. 2008. *Teknik Pondasi 2*. Jakarta: Gramedia Pustaka Utama.
- Hardiyatmo, Hary Christady. 2011. *Analisis dan Perancangan Fondasi I. Edisi Kedua*. Yogyakarta: Gadjah Mada University Press.
- Kurniadi, Akbar, Imam Faizal Rosyidin, Himawan Indarto, dan Inrastono Dwi Atmono. 2015. *Desain Struktur Slab on Pile*. Semarang: Jurnal Karya Teknik Sipil. Vol. 4, No. 4:57-68. (<http://download.portalgaruda.org/article.php?article=364555&val=4693&title=DESAIN%20STRUKTUR%20SLAB%20ON%20PILE>). Diakses pada 28 Juni 2018).
- NPTEL-Advanced Foundation Engineering I. 2013. *Modul 8 (Lecture 33) Pile Foundation*. NPTEL-Advanced Foundation Engineering I.
- Rahman, Md Manzur. 2018. *Foundation Design using Standard Penetration Test (SPT) N-value*. (<https://www.researchgate.net/publication/318110370>). Diakses pada 6 Maret 2017).
- Sandjaja, Gregorius. 2015. *Diktat Pondasi Tiang II*. Jakarta: Universitas Tarumanagara.
- Siregar, Christina R, serta Rudi Iskandar. *Analisa Daya Dukung Pondasi Tiang Pancang Secara Analitis pada Proyek GBI Bethel Medan*. (<http://download.portalgaruda.org/article.php?article=58875&val=4146>). Diakses pada 7 Febuari 2018).
- Sosrodarso, S dan Kazuto Nakazawa. 1981. *Mekanika Tanah & Teknik Pondasi*. Jakarta: PT Pradaya Paramita. (Diterjemahkan oleh: Ir. L. Taulu dkk).
- Teng. Wayne C. 1977. *Foundaton Design*. New Delhi: Prentice Hall of India
- Terzaghi, Karl dan Ralph B. Peck. 1987. *Mekanika Tanah dalam Praktek Rekayasa Jilid 1. Edisi Kedua*. Jakarta: Penerbit Erlangga.
- Terzaghi, Karl dan Ralph B. Peck. 1991. *Mekanika Tanah dalam Praktek Rekayasa Jilid -2. Edisi Kedua*. Jakarta: Penerbit Erlangga.