

# DESAIN KAPASITAS TIANG PANCANG BULAT PADA LAPIS SEDIMEN KOHESIF DI PERAIRAN PANTAI UTARA CIREBON PADA RENCANA AS JETTY MARINE CENTER PPPGL CIREBON-JAWA BARAT

Oleh:

Franto Novico dan Purnomo Rahardjo

Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi Kelautan, Jl. Dr. Junjuna 236 Bandung

Diterima : 25-08-2011 Disetujui : 27-03-2012

## SARI

Pemboran geoteknik pada daerah perairan dengan lapisan sedimen yang bersifat kohesif merupakan hal yang cukup menarik, tidak saja dari segi teknis pelaksanaan pemboran namun juga dalam tahapan selanjutnya yaitu analisis hasil pemboran dan aplikasi desain yang dibuat. Lapisan sedimen kohesif pada perairan yang umumnya berada dalam kondisi jenuh perlu mendapatkan pertimbangan khusus untuk menentukan dimensi dari aplikasi struktur bagian bawah pada rencana pengembangan infrastruktur yang sedang dibuat.

Berdasarkan alternatif dimensi dan rencana peletakan tiang pancang, dengan rencana pembangunan *trestle* untuk kapal 7000 DWT maka tiang pancang dengan diameter 40 cm yang dipancang pada kedalaman -14 m dan maksimum -20 meter dari dasar laut sudah cukup efisien.

Kata Kunci : Cirebon, Kapasitas Tiang Pancang, Marine Center PPPGL

## ABSTRACT

*A geotechnical drilling, especially within the area where has a cohesive sediment is very fascinating, it is not only in term of the drilling technique but also analyze the drilling result and the application. In general, a cohesive sediment in waters area is saturated therefore the determination of dimension of a basement structure being a special attention to determine a dimension of basement structure in term of planning an infrastructure development.*

*Based on dimension alternative and the depth of the piling, with trestle planning for 7000 DWT vessel, the pile with 40 cm of diameter could be efficient in depth between -14 m and -20 m from sea floor.*

*Keywords : Cirebon, Pile Capacity, Marine Center PPPGL*

## PENDAHULUAN

### Latar Belakang

Rencana *Marine Center* PPPGL di perairan Cirebon telah menghasilkan banyak data dan informasi yang sangat penting. Salah satu data yang sangat berguna adalah data geologi dan geoteknik kelautan. Seperti diketahui proses geologi memerlukan waktu yang cukup lama, untuk itu data geologi dan geoteknik yang telah

dimiliki dapat dijadikan gambaran tentang kondisi lapisan bawah sedimen permukaan laut sekitar perairan Cirebon.

Perkembangan kawasan pantai tidak lepas dari pembangunan infrastruktur pendukung. Pembuatan pelabuhan khusus, *jetty*, *sea wall*, dan infrastruktur lain di perairan mutlak memerlukan struktur bawah yang kuat dan aman untuk menyangga struktur bagian atasnya. Penentuan *basement structure* pada kawasan

pantai sangat tergantung dari kondisi geologi dan geoteknik serta rencana infrastruktur yang akan dibangun. Penentuan dimensi tiang pancang dapat dihitung dengan menggunakan dua metode. Metode pertama menggunakan data hasil uji lapangan seperti n-SPT dan Sondir, sedangkan metode kedua menggunakan analisis data tanah (*soil properties*) yang didapatkan dari hasil conto tanah tidak terganggu (*undisturbed sampel*) yang dianalisis di laboratorium. Pada kajian ini, metode yang akan digunakan berdasarkan data hasil uji lapangan n-SPT.

### Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui kedalaman dan dimensi tiang pancang yang efisien sebagai *basement structure* pada sedimen bawah permukaan laut yang bersifat kohesif agar dapat dipergunakan dalam perencanaan infrastruktur pelabuhan seperti *jetty*.

### Permasalahan

Hasil pemboran pada koordinat *borehole* 1 dan *borehole* 2 menunjukkan bahwa kondisi sedimen permukaan dasar laut hingga kedalaman -10 m dari permukaan dasar laut bersifat sangat lunak (PPPGL, 2006). Pelaksanaan pemboran dan pengujian *Standar Penetration Test* (SPT) dilakukan dengan ekstra hati-hati untuk menghindari hilangnya data seperti terjadi pada pemboran 2 dimana pada kondisi sedimen yang sangat lunak dan kondisi gelombang yang tidak bersahabat menyebabkan kegagalan pelaksanaan SPT. Selanjutnya penentuan lapisan 'keras' untuk penempatan posisi tiang pancang perlu dianalisis sehingga mendapatkan dimensi tiang pancang yang ekonomis.

### Kondisi Geologi Kelautan

Daerah penelitian dan sekitarnya sebelumnya telah dipetakan oleh Suwarna dkk. (1996) dalam Peta Geologi Lembar Cirebon. Secara ringkas stratigrafi pada wilayah pinggir pantai lokasi pemboran dapat dilihat dari keterangan yang didapatkan dari Suwarna dkk. (1996). Dimana stratigrafi termuda disekitar pantai terdiri dari Endapan Pantai dan Aluvium. Endapan pantai terdiri dari lumpur hasil endapan rawa, lanau, serta lempung kelabu yang mengandung cangkang kerang hasil pengendapan di sekitar pantai. Tebal endapan ini

mencapai beberapa meter, sementara alluvium terdiri dari Kerikil, pasir, dan lempung yang berwarna kelabu, terendapkan sepanjang dataran banjir sungai dengan ketebalan mencapai 5 meter. Kondisi yang sama juga disampaikan oleh Novico dkk, (2011).

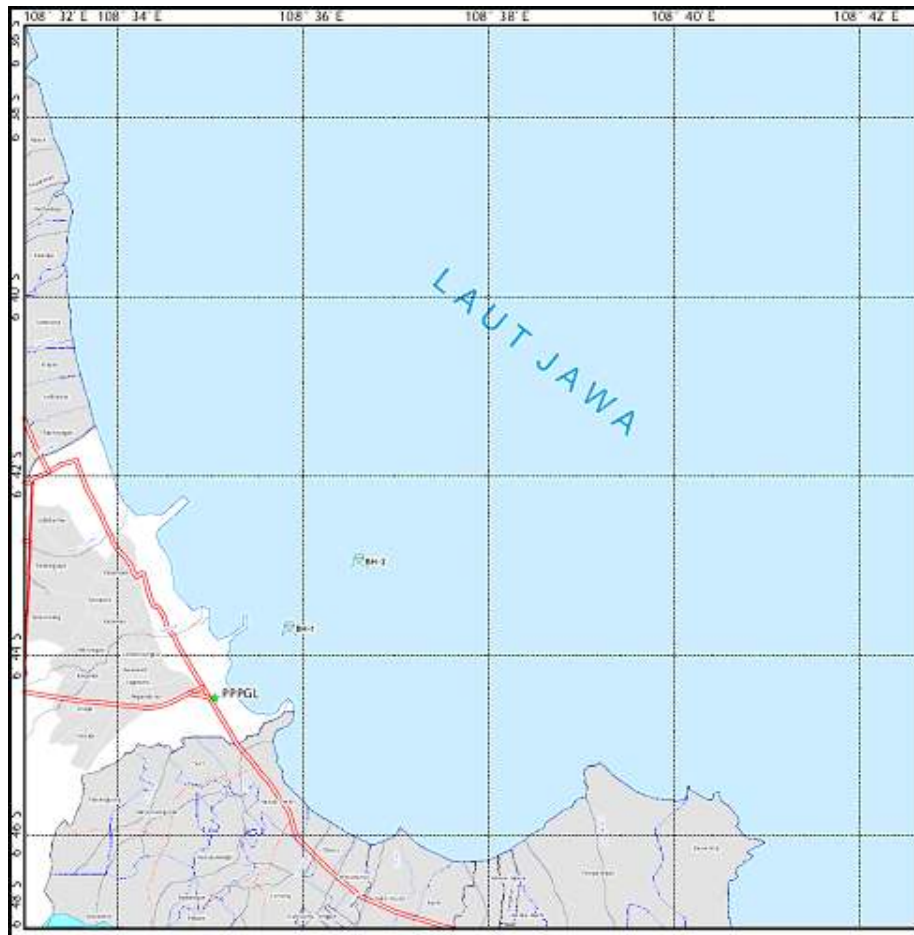
Endapan kuartar sekitar lokasi pemboran telah dipetakan oleh Suwarna dkk. (1996) yang secara umum dikelompokkan dua bagian yaitu endapan fluviatil dan endapan marin. Jika lebih diperinci maka endapan ini terdiri dari, endapan pematang pantai diatas endapan dekat pantai/laut dangkal, diikuti endapan dataran banjir diatasnya. Endapan dataran banjir berupa lempung pasiran, agak pejal, bersifat lanauan, kadang-kadang humusan. Endapan pantai dan pematang pantai berupa pasir dan pasir lanauan, terpilah baik, berlapis, mengandung cangkang kerang. Endapan rawa bakau berupa lempung (lanauan) mengandung humus tipis dan gambut, berselang-seling lempung. Endapan dekat pantai/laut dangkal berupa lempung, lengket, getas, selang-seling lanauan dan pasir halus, abu-abu kebiruan, dan mengandung kerang cangkang.

### Hasil Pemboran

Pemboran geoteknik dilakukan di belakang kantor Puslitbang Geologi Kelautan (PPPGL) Cirebon yang merupakan perairan Laut Jawa (**gambar.1**). Pemboran *Bore Hole* 1 (BH-1) dilakukan pada koordinat -6° 43' 41.838744" LS dan 108° 35' 50.7354" BT dengan jarak 1,7 km dari garis pantai. Sedangkan *Bore Hole* 2 (BH-2) dilaksanakan pada koordinat -6° 42' 56.624292" LS dan 108° 36' 36.0504" BT dengan jarak 3,7 km dari garis pantai.

Berdasarkan penampang BH-1 seperti terlihat pada **gambar 2a** dan **gambar 2b** maka dapat diketahui hingga kedalaman -16 m lapisan tanah merupakan sedimen kohesif yang sangat lunak dengan nilai n-SPT sebesar 0 - 20 sedangkan mulai kedalaman -16 meter hingga -20 meter merupakan lapisan sedimen lempung yang agak padat dengan nilai n-SPT sebesar 20 - 34, selanjutnya untuk kedalaman -20 meter hingga -26 meter merupakan selingan sedimen lempung dan pasir lempungan yang padat dengan memiliki nilai n-SPT sebesar 34 - 39 (PPPGL, 2006).

Merujuk hasil uji lapangan n-SPT yang didapatkan dari penampang BH-2 seperti



Gambar 1. Lokasi Pemboran Geoteknik BH-1 dan BH-2

terlihat pada **gambar 3a** dan **gambar 3b** maka dapat diketahui hingga kedalaman -10 m tidak didapatkan data uji lapangan dikarenakan pada saat pengujian mengalami kendala yaitu kondisi alam yang tidak bersahabat dengan gelombang besar yang mengganggu aktifitas pengujian sehingga menyebabkan pelaksanaan SPT tidak dapat terlaksana. Namun untuk kedalaman mulai -10 m hingga -31 m pengujian dapat terlaksana dengan baik. Hasil pengujian untuk kedalaman -10 m hingga -20 m nilai n-SPT menunjukkan angka yang cukup tinggi yaitu sebesar 50 – 75 yang berarti kondisi sedimen sangat padat. Selanjutnya untuk kedalaman -20 hingga -30 terlihat kondisi sedimen juga sama yaitu sangat padat dengan nilai n-SPT sebesar 50 – 75.

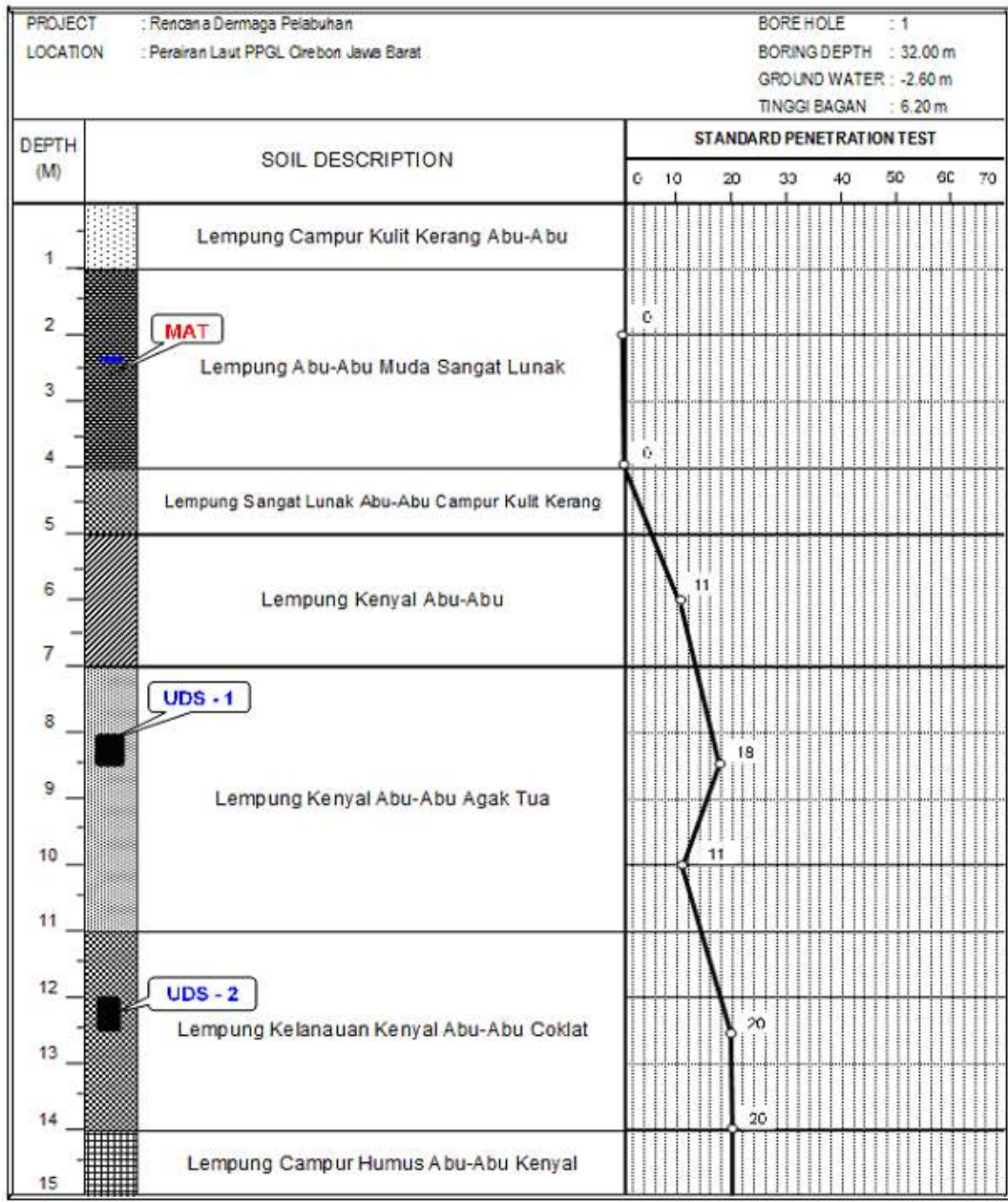
#### **Kondisi Lapisan Sedimen Sepanjang Titik BH-1 dan BH2**

Hasil rekaman seismik pantul dangkal, (**Gambar 4**) yang didapatkan dari penelitian PPPGL, 2006 yang selanjutnya diikatkan dengan

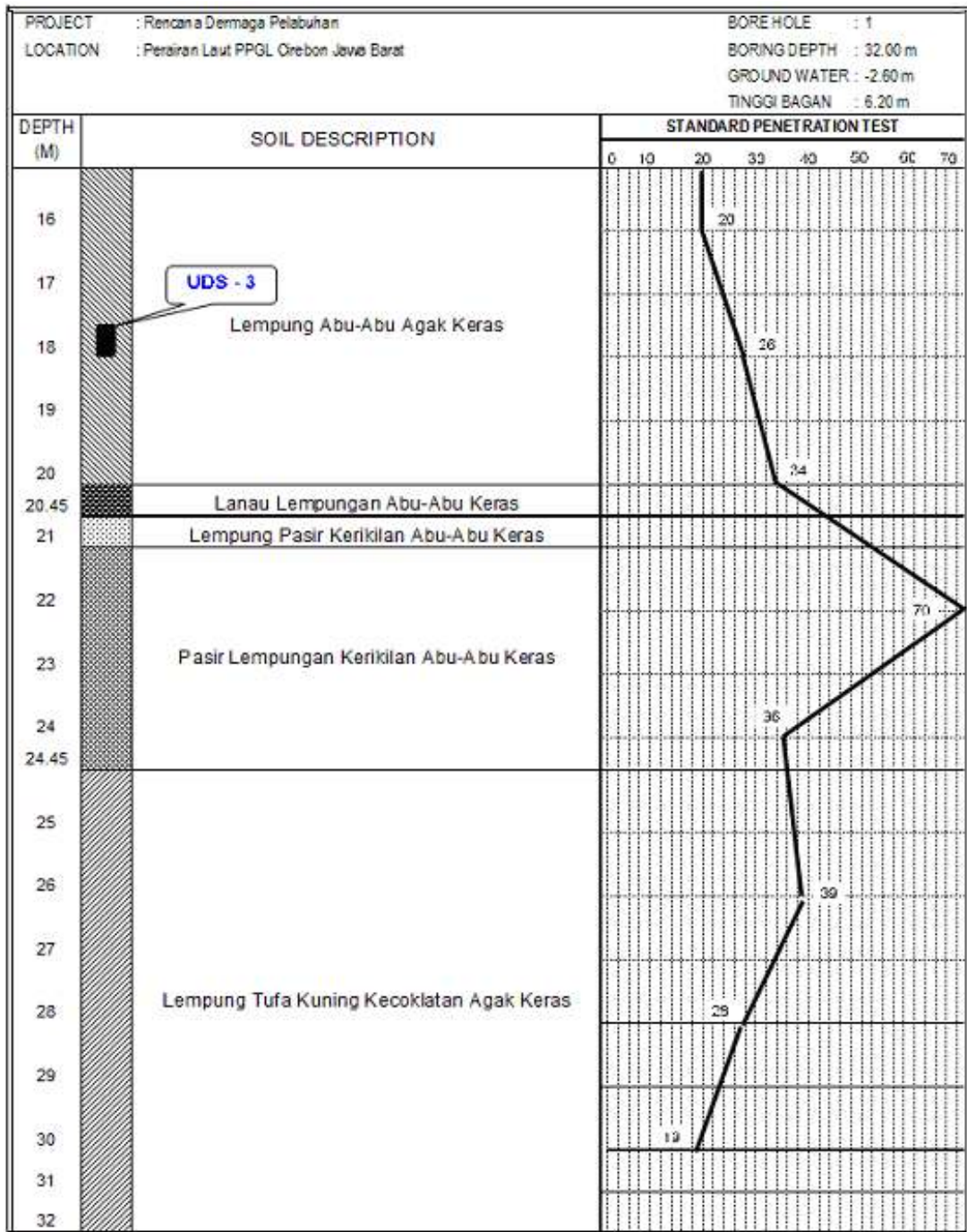
penampang pemboran BH-1 dan BH-2 memberikan gambaran yang cukup jelas untuk memperkirakan hubungan litologi dan nilai n-SPT sepanjang jarak ke dua titik tersebut.

Pada kedalaman 0 – 7 m, terdiri dari dari lempung berwarna abu-abu kehijauan, mengandung sisa tumbuhan dan cangkang kerang, jenuh air, plastisitas rendah dan sangat lunak. Nilai SPT pada tanah jenis ini adalah 1/45 sampai 11/30. Tanah atau sedimen ini ditafsirkan sebagai endapan dekat pantai atau *near shore deposit* yang pengendapannya masih terus berlangsung.

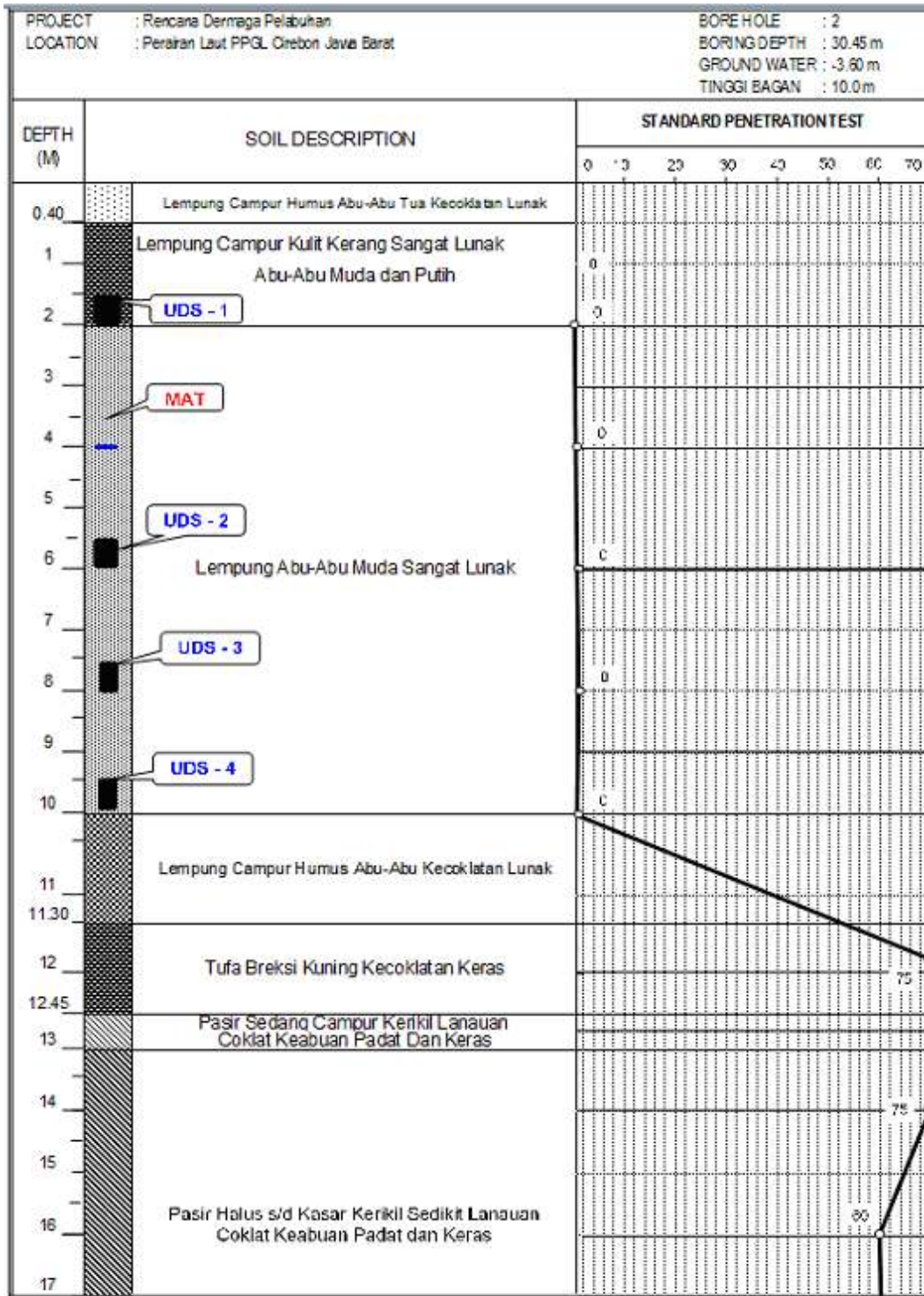
Kedalaman 7 – 20 m, terdiri dari sedimen jenis lempung, berwarna abu-abu tua kehitaman sampai abu-abu kekuningan, lembab sampai basah, berplastisitas tinggi, konsistensi sedang sampai keras. Pengujian SPT yang dilakukan pada jenis tanah ini berkisar antara 11/30 sampai 34/30.



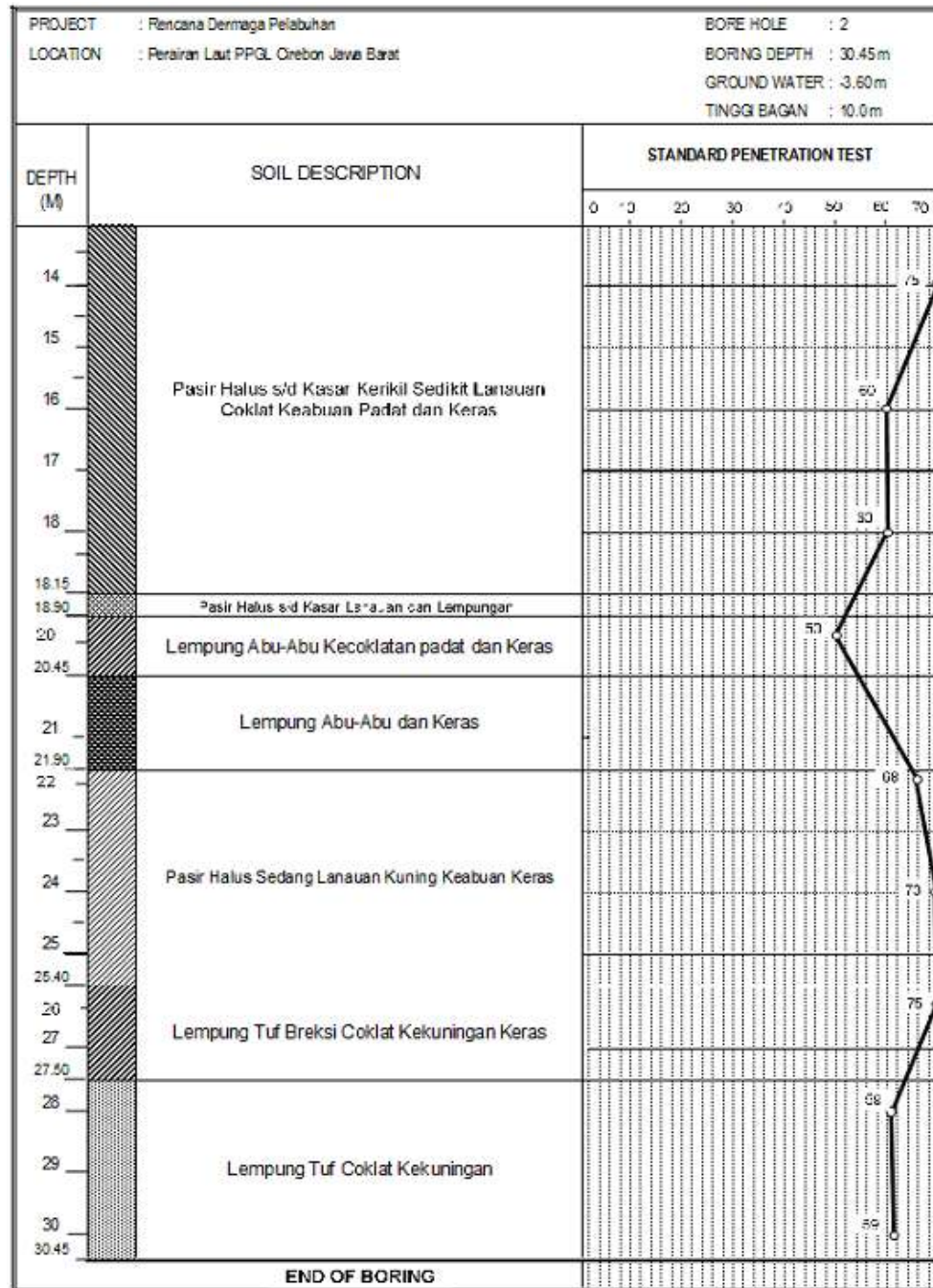
Gambar 2a. Penampang Bor 1 (Kedalaman 1-15 m)



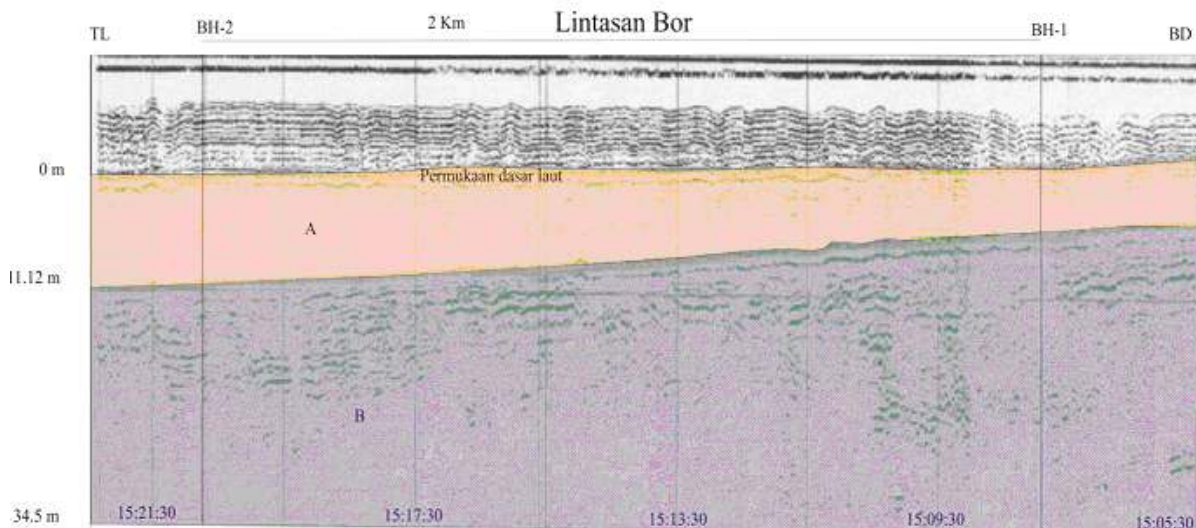
Gambar 2b. Penampang Bor 1 (Kedalaman 15-32 m)



Gambar 3a. Penampang Bor 2 (Kedalaman 1,00 m – 17,00 m)



Gambar 3b. Penampang Bor 2 (Kedalaman 14,00m – 30,45 m)



Gambar 4. Rekaman Sesimik Pantul Dangkal Sepanjang Titik BH-1 dan BH-2

Dari kedalaman 20 sampai 24,5 m merupakan endapan sungai lama yang terdiri dari kerakal-kerikil pasir lempungan, berwarna abu-abu tua, kerakal-kerikil terdiri dari material vulkanik, membundar-membundar tanggung, diameter maksimum 1 cm, pasir berukuran kasar – sedang, bersifat padat. Pengujian SPT pada sedimen ini adalah 70/30.

Dari Kedalaman 25 – 30 m terdiri dari lempung berwarna coklat kekuningan, berplastisitas tinggi dan keras. Sedimen lempung ini merupakan pelapukan dari Tufa lapili (*completely to moderately weathered*).

## METODA

Metode yang digunakan dibagi menjadi dua bagian. Pertama, metoda pengambilan data lapangan berupa pemboran geoteknik yang didasarkan pada ASTM D-1452, ASTM (1995a) dan Departemen Pekerjaan Umum, 2005 yang diikuti dengan uji SPT yang disesuaikan dengan ASTM D-1586 dan SNI 03-4148-1996. Metode kedua adalah metode yang digunakan untuk menghitung kapasitas tiang pancang bulat yang didasarkan pada hasil uji lapangan SPT dengan menggunakan formula yang dibuat oleh Mayerhof, 1965.

### Pemboran Geoteknik dan *Standar Penetration Test (SPT)*

Metode yang digunakan dalam pengambilan data adalah pemboran dan analisis geoteknik. Selain berdasarkan ASTM D-1452 pemboran

juga dilaksanakan dengan melakukan pemeriksaan fisik tanah setiap meter kedalaman, sementara pengujian *Standar Penetration Test (SPT)* dilakukan pada saat yang bersamaan setiap kedalaman -2,00 meter. Pada prinsipnya *Standar Penetration Test (SPT)* adalah metode yang digunakan untuk menghitung kepadatan sedimen dengan cara mengkalkulasikan nilai pukulan N-SPT (*number of blows*) tiap penurunan 15 cm seperti yang diterangkan pada *McGregor and Duncan (1998)* dan *Kulhaway and Mayne (1990)*.

Sementara Terzaghi (1967) membuktikan hubungan antara N-SPT dengan daya dukung yang diijinkan ( $q_a \text{ ton/m}^2$ ) yang didasarkan pada penurunan 2.54 cm (1 inci). Selanjutnya hasil penelitian lapangan dari pengujian N-SPT ini dapat dipergunakan untuk memperkirakan penurunan yang akan terjadi apabila tanah diberi beban fondasi sesuai dengan lebar fondasinya berdasarkan persamaan Meyerhof, 1965 (dalam Terzaghi, 1967; Bowles, 1977).

### Perhitungan Kapasitas Tiang Pancang

Perhitungan kapasitas basement structure khususnya tiang pancang, dilakukan dengan didasarkan dari data yang didapatkan dari hasil uji n-SPT lapangan. Metode yang digunakan adalah metode yang dibuat oleh Mayerhoff, (1965). Untuk lebih jelas formula yang dibuat dan parameter apa saja yang digunakan dalam perhitungan kapasitas tiang pancang maka dapat dilihat pada keterangan berikut.



## Daya Dukung Tekan (Meyerhof 1965)

Berdasarkan data SPT :

$$P_{ult} = 20 \cdot A_b \cdot \frac{(N_a + N_b)}{2} + C_s \cdot D_f \cdot \frac{f_s}{2} \quad (\text{lempung / kohesif})$$

$$P_{ult} = 30 \cdot A_b \cdot \frac{(N_a + N_b)}{2} + C_s \cdot D_f \cdot \frac{f_s}{5} \quad (\text{pasir / nonkohesif})$$

Faktor Keamanan :

$$P_{(-)all} = P_{ult} / SF$$

Dimana :

$P_{ult}$  = daya dukung ultimate (ton)

$P_{(-)all}$  = daya dukung tekan yang diijinkan (ton)

$C_s$  = keliling penampang tiang (m)

$N_a$  = nilai SPT rata-rata sepanjang 4D dibawah ujung tiang

$N_b$  = nilai SPT rata-rata sepanjang 8D dari ujung tiang ke atas

$f_s$  = rata-rata local friksi sepanjang tiang (t/m<sup>2</sup>)

$D_f$  = kedalaman tiang pancang (m)

$SF$  = faktor keamanan (digunakan 2)

## Daya Dukung Tarik (Meyerhof 1965)

Berdasarkan data SPT :

$$P_s = C_s \cdot D_f \cdot \frac{f_s}{2} \quad (\text{lempung / kohesif})$$

$$P_s = C_s \cdot D_f \cdot \frac{f_s}{5} \quad (\text{pasir / non kohesif})$$

Faktor Keamanan :

$$P_{(+ )all} = P_s / SF$$

Dimana :

$P_{(+ )all}$  = daya dukung tarik ijin yang diijinkan (ton)

$C_s$  = keliling penampang tiang (m)

$f_s$  = rata-rata lokal friksi sepanjang tiang ((t/m<sup>2</sup>)

$D_f$  = kedalaman tiang pancang (m)

$t_f$  = total friksi pada kedalaman tiang (t/m)

## HASIL KAJIAN DAN PEMBAHASAN

Dari 2 titik pembooran inti dan pengujian SPT dari masing-masing titik pembooran tersebut dapat ditafsirkan sebagai berikut:

Peletakan fondasi bangunan tidak dapat dilakukan hingga kedalaman -10 meter karena hingga kedalam tersebut sedimen masih bersifat lunak seperti dapat dilihat pada paragraph sebelumnya tentang kondisi hasil pengujian

*standard penetrasi test* untuk masing-masing titik pembooran.

Berdasarkan perbandingan hasil titik pembooran BH1 dan titik pembooran BH2 maka dapat diketahui bahwa ketebalan sedimen lempung, pasir dan kerikil memiliki ketebalan yang besar ke arah laut sehingga dapat diketahui pada daerah sekitar garis pantai ketebalan sedimen tersebut akan lebih menipis, **Gambar 4**.

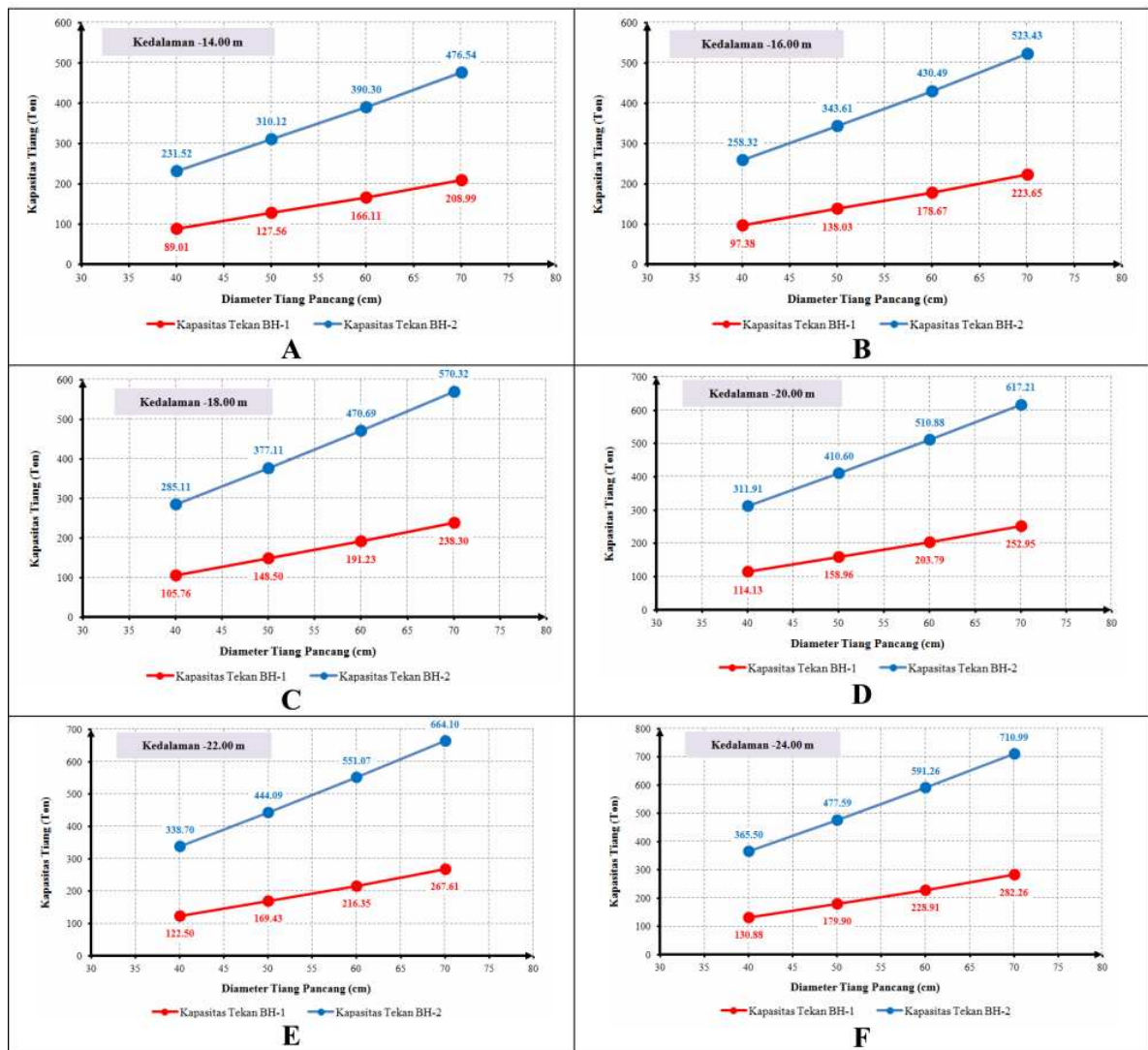
Pengujian SPT menunjukkan bahwa tingkat kepadatan tanah hingga kedalaman -13 m dari permukaan dasar laut bersifat sangat lunak, lunak hingga agak keras.

## Kapasitas Tiang Pancang

Kapasitas tiang pancang yang dihitung dengan membuat skenario menggunakan beberapa ukuran tiang pancang. Diameter tiang pancang dianalisis dalam 4 ukuran berbeda yaitu 40 cm, 50 cm, 60 cm dan 70 cm. Selanjutnya alternatif pemancangan juga direncanakan pada kedalaman berbeda untuk mendapatkan kondisi kapasitas tiang pancang yang efisien terhadap rencana infrastruktur yang akan dibangun.

## Kapasitas Tiang Pancang Terhadap Gaya Tekan

Perhitungan kapasitas tiang pancang terhadap gaya tekan yang bekerja pada tiang dibagi menjadi dua perhitungan berdasarkan asal data yaitu data hasil uji n-SPT BH-1 dan data hasil uji n-SPT BH-2. Berdasarkan hasil perhitungan menunjukkan kapasitas tiang pancang pada daerah *offshore* (BH-2) memiliki nilai yang lebih besar sekitar dua kali lipat dari nilai kapasitas tiang pancang pada daerah sekitar garis pantai, hal tersebut dapat diketahui dari nilai yang terdapat pada hasil kapasitas tekan tiang yang merupakan perbandingan garis merah dan garis biru yang terdapat pada **Gambar 6**. Sementara berdasarkan alternatif diameter yang dibuat kapasitas tiang pancang dapat dilihat pada **Gambar 6** berikut.



Gambar 6. Kapasitas Tekan Tiang Tiap Kedalaman (A,B,C,D,E dan F)

### Kapasitas Tiang Pancang Terhadap Gaya Tarik

Selain menganalisis kapasitas tiang terhadap gaya tekan, dihitung pula kapasitas tiang pancang berdasarkan gaya tarik yang mampu ditahan oleh tiang tersebut. Berdasarkan hasil analisis dengan memasukkan nilai keamanan 2 maka nilai kapasitas tiang dapat dilihat pada Gambar 7 berikut.

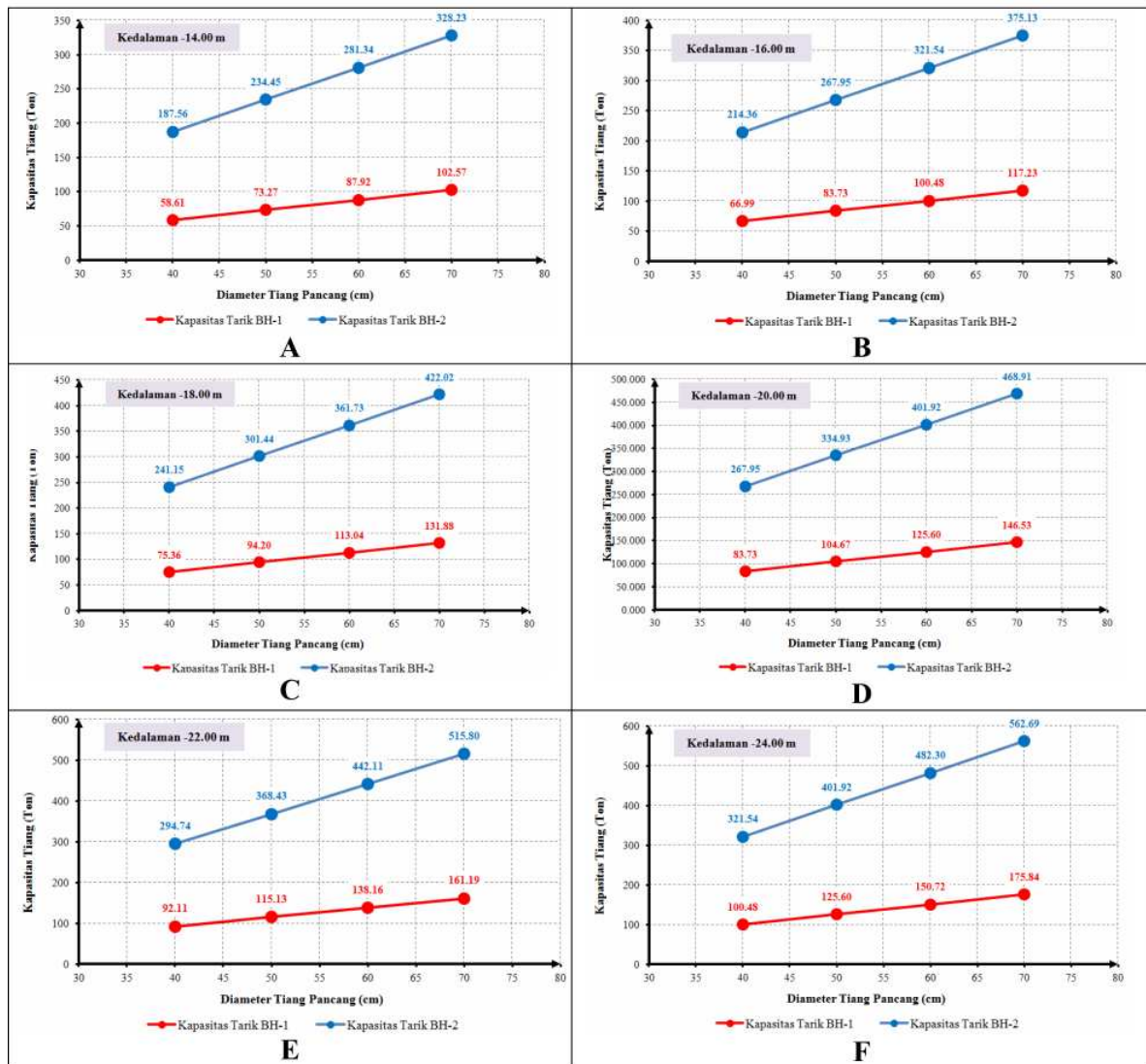
### Perhitungan Kapasitas Total Tiang Pancang Tiap Kedalaman

Total kapasitas tiang untuk masing-masing diameter dan kedalaman berdasarkan data BH-1 dan BH-2 dapat dilihat pada Gambar 8. Nilai tersebut merupakan nilai kapasitas tiang terhadap gaya tekan dan tarik yang bekerja untuk masing-masing kedalaman. Nilai total dari hasil penjumlahan kedua kapasitas tersebut

menggambarkan bahwa kapasitas tiang mulai dari kedalaman -14 m dari dasar laut hingga kedalaman -24 m memiliki trend yang hampir tegak lurus/linear. Selanjutnya, nilai kapasitas tersebut akan dianalisis untuk disesuaikan dengan penggunaan *upper structure* dari rencana pengembangan kawasan pantai.

### Rencana Infrastruktur Pantai

Seperti diketahui, data hasil pengujian lapangan pada dua titik pemboran yaitu *standard penetration test* didapatkan dari, PPPGL 2006 telah digunakan untuk menganalisis kapasitas tiang pancang yang direncanakan untuk membangun *trestle* atau jembatan penghubung areal pelabuhan untuk kapal 7000 DWT di bagian *offshore*. Berdasarkan perencanaan pembebanan dengan asumsi 1,2 beban mati dan 1,6 beban hidup maka total gaya yang bekerja untuk satu



Gambar 7. Kapasitas Tarik Tiang Tiap Kedalaman (A,B,C,D,E dan F)

tiang, dengan kondisi faktor keamanan 2 dan rencana jarak antara tiang 4 meter adalah sebesar 116,4107 ton.

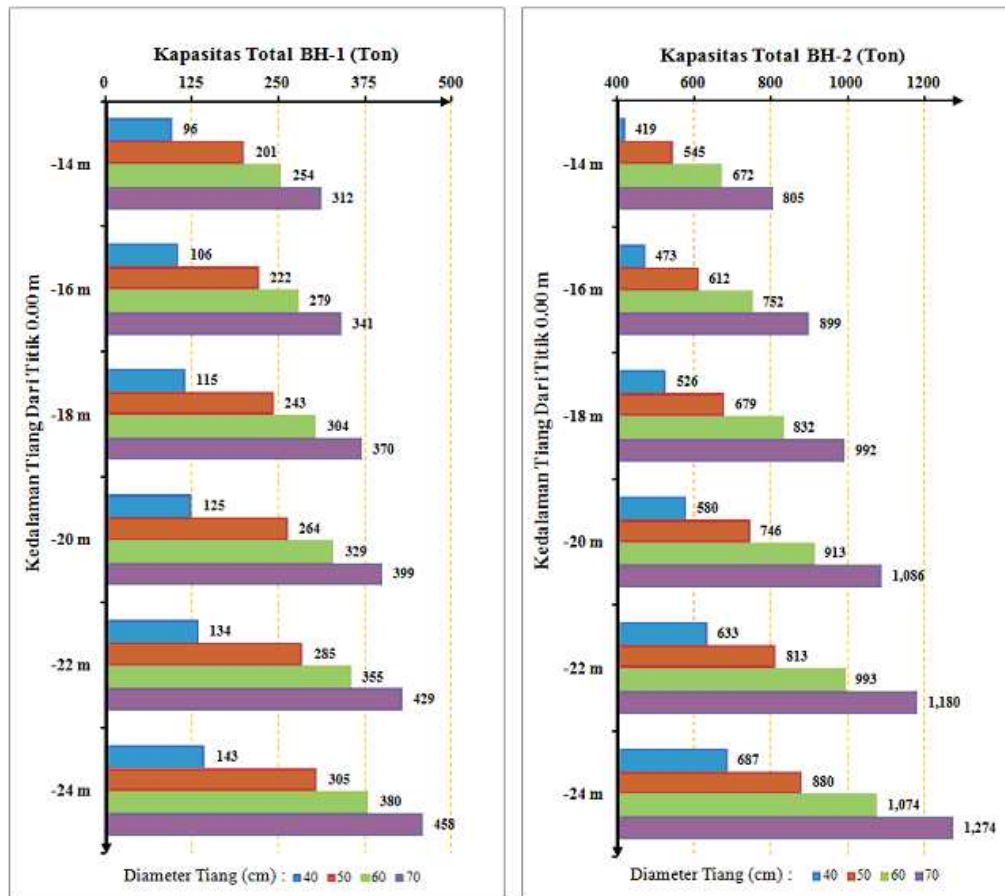
Selanjutnya perhitungan kapasitas tiang telah dilakukan tidak hanya dari titik BH-1 ke BH-2 namun juga dilakukan perhitungan sepanjang jarak tersebut hingga ke arah garis pantai dengan interval 250 meter, **Tabel 1**.

Berdasarkan **Tabel 1** di atas maka tiang pancang yang paling efektif dan efisien untuk perencanaan bangunan *trestle* kapal 7000 DWT adalah pada kedalaman -20 m dari dasar laut dan diameter tiang 40 cm, dengan jarak 1,75 km dari garis pantai dan diameter 40 cm kedalaman -14 meter dengan jarak terjauh 3,75 km dari garis pantai. Pemilihan efektif didasarkan pada di

kedalaman -20 m tiang pancang sudah berada pada lapisan yang cukup keras sedangkan penggunaan diameter cukup efisien karena lebih ekonomis dibandingkan diameter yang lain.

## KESIMPULAN

Berdasarkan kondisi geologi bawah dasar laut yang ditafsirkan dari hasil pemboran geoteknik, maka dari segi kekerasan dan kepadatannya, untuk posisi peletakan infrastruktur laut yang berjarak sekitar 1,7 km dari garis pantai peletakan *basement structure* tiang pancang yang aman adalah pada kedalaman lebih kurang -20 m dari dasar laut, sedangkan semakin ke arah laut akan semakin dangkal



Gambar 8. Kapasitas Total Tiang Pancang Berdasarkan Data BH-1 dan BH-2

yaitu pada jarak 3,7 km dari garis pantai kedalaman yang cukup aman adalah -13 meter.

Dari hasil perhitungan kapasitas tiang pancang dapat diketahui dengan diameter 40 cm dan kedalaman sekitar -14 meter sudah mampu menahan gaya yang bekerja untuk kapal 7000 DWT sedangkan diameter yang sama juga dapat digunakan pada daerah sekitar garis pantai dengan konsekuensi pemancangan yang lebih dalam hingga sekitar -20 meter dari dasar laut.

#### DAFTAR PUSTAKA

ASTM (1995a). Standard Test Method for Standard Penetration Test (SPT) and Split-Barrel Sampling of Soils Standard test method for piles under static axial compressive load, D1586 - 08a. 1995 Annual Book of ASTM Standards, vol. 04.08, American Society for Testing and Materials, New York.

ASTM D 1586-84 (1984), "Standard method for penetration test and split barrel sampling of soils".

Bowles, J.E., 1977, *Foundation Analysis and Design*, McGraw Hill Kogakusha, Ltd., Tokyo, Japan.

Departemen Pekerjaan Umum, 2005, "Pedoman penyelidikan geoteknik untuk fondasi bangunan air", Vol.1: Penyusunan program penyelidikan, metode pengeboran dan deskripsi log bor (Pd.T 03.1- 2005-A), Vol.2: Pengujian lapangan dan laboratorium (Pd.T 03.2-2005-A), dan Vol.3: Interpretasi hasil uji dan penyusunan laporan penyelidikan geoteknik (Pd.T03.3-2005-A), Kep.Men. Pekerjaan Umum No: 498/KPTS/M/2005, Jakarta, tgl. 22 Nov 2005.

Kulhawy, F.H., and Mayne, P.W. (1990), "Manual on Estimating Soil Properties for Foundation Design", Report EPRI-EL 6800, Electric Power Research Institute, Palo Alto.

Tabel 1. Kapasitas Total Tiang Pancang Sepanjang Lokasi BH-1 dan BH-2

No	Kedalaman (m)	Kapasitas Total Tiang Pancang (Ton)	Jarak Basement Structure Dari Garis Pantai (Km)										
			1.25	1.5	1.75	2	2.25	2.5	2.75	3	3.25	3.5	3.75
1	-14	Diameter Tiang Pancang 40 Cm	23.8	64.1	104.4	144.8	185.1	225.5	265.8	306.1	346.5	386.8	427.2
2	-16		23.3	69.1	115.0	160.8	206.7	252.6	298.4	344.3	390.1	436.0	481.9
3	-18		22.7	74.1	125.5	176.9	228.3	279.6	331.0	382.4	433.8	485.2	536.5
4	-20		22.2	79.1	136.0	192.9	249.8	306.7	363.6	420.5	477.4	534.3	591.2
5	-22		21.7	84.1	146.6	209.0	271.4	333.8	396.2	458.7	521.1	583.5	645.9
6	-24		21.2	89.1	157.1	225.0	293.0	360.9	428.9	496.8	564.7	632.7	700.6
7	-14	Diameter Tiang Pancang 50 Cm	123.5	166.5	209.4	252.4	295.4	338.3	381.3	424.3	467.2	510.2	553.2
8	-16		134.1	182.8	231.5	280.2	329.0	377.7	426.4	475.1	523.9	572.6	621.3
9	-18		144.6	199.1	253.6	308.1	362.5	417.0	471.5	526.0	580.5	634.9	689.4
10	-20		155.2	215.4	275.7	335.9	396.1	456.4	516.6	576.9	637.1	697.3	757.6
11	-22		165.8	231.8	297.8	363.8	429.8	495.8	561.7	627.7	693.7	759.7	825.7
12	-24		176.3	248.1	319.8	391.6	463.3	535.1	606.8	678.6	750.3	822.1	893.8
13	-14	Diameter Tiang Pancang 60 Cm	160.1	212.3	264.5	316.7	368.9	421.1	473.3	525.5	577.7	629.9	682.1
14	-16		172.7	231.9	291.0	350.1	409.2	468.3	527.4	586.5	645.6	704.7	763.8
15	-18		185.4	251.4	317.5	383.5	449.5	515.5	581.5	647.6	713.6	779.6	845.6
16	-20		198.1	271.1	344.0	416.9	489.8	562.8	635.7	708.6	781.5	854.5	927.4
17	-22		210.8	290.6	370.5	450.3	530.1	610.0	689.8	769.7	849.5	929.3	1009.2
18	-24		223.5	310.2	397.0	483.7	570.5	657.2	743.9	830.7	917.4	1004.2	1090.9
19	-14	Diameter Tiang Pancang 70 Cm	200.6	262.2	323.9	385.5	447.2	508.8	570.5	632.1	693.8	755.4	817.1
20	-16		215.4	285.1	354.8	424.5	494.2	563.9	633.7	703.4	773.1	842.8	912.5
21	-18		230.2	308.0	385.7	463.5	541.3	619.1	696.8	774.6	852.4	930.1	1007.9
22	-20		245.0	330.8	416.7	502.5	588.3	674.2	760.0	845.8	931.6	1017.5	1103.3
23	-22		259.8	353.7	447.6	541.5	635.3	729.2	823.1	917.0	1010.9	1104.8	1198.7
24	-24		274.6	376.5	478.5	580.4	682.4	784.3	886.3	988.2	1090.2	1192.1	1294.1

Mayerhof, G.G. (1965), Shallow foundations. Proc. ASCEJ. Soil Mech. & Fdn Engng. 91 (SM2), 21-31

McGregor, J.A. and Duncan, J.M. (1998), "Performance and Use of the Standard Penetration Test in Geotechnical Engineering Practice", Report of a study performed by the Virginia Tech Center for Geotechnical Engineering, Virginia Polytechnic Institute and State University, October, 1998.

Novico, F., Kristanto. N. A., Rahrdo. P., 2011, *The Safety Factor Analysis Of The Marine Slope Stability Model On The Access Channel Of Marine Centre Plan Cirebon*, Buletin Marine Geological Institute, Bandung.

Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi Kelautan, 2006, Pengembangan Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi

Kelautan Sebagai Marine Center Tahap II, (*Intern Report*), Puslitbang Geologi Kelautan, Bandung.

Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi Kelautan, 2005, Penyelidikan Potensi Sumber Daya Mineral dan Daya Dukung Kawasan Pesisir Kabupaten Cirebon, (*Intern Report*)

SNI 03-4148-1996, "Metode pengujian penetrasi dengan SPT"

Suwarna, N., P.H. Silitonga, dan M.Masria, 1996, *Peta Geologi Lembar Cirebon*, PPPG, Bandung.

Terzaghi, K. and Peck, R. B. (1967). *Soil Mechanics in Engineering Practice*, 2nd edn. John Wiley, New York, London, Sydney.

