

## Daya Dukung Sedimen Dasar Laut di Perairan Pelabuhan Cirebon dan Sekitarnya

A. Faturachman dan P. Raharjo

Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi Kelautan  
Jl. Dr. Junjuran 236 Bandung - 40174

### Abstract

*Bottom sediments bearing capacity on Cirebon harbor development planning are focused on Geotechnique, geophysical and oceanographically aspects. During tidal spring, current tend to the south and southwest wards and during the neap tide tend to the north and northeast with mean maximum velocity was 0.11 m/sec and minimum velocity was 0.08 m/sec. The sea floor morphology in the Cirebon harbor waters is slightly gentle and the water depth varies from -6.5 to 8.5 m (LWS), while the depth of the pond itself are between 0.00 to -2.00 meters. The bearing capacity from SPT (Standard Penetration Test) at depth between 18.00 – 27.00 m are composed of loose sand to sandy clay, soft, with (N) SPT values about 22 to 32 blows. Sondir data obtained at depth 2.00 – 11.50 and  $Q_c$  value about 2 – 4 kg/cm<sup>2</sup> while at depth 14.00 m to 15.50 m  $Q_c$  value data about more > 150 kg/cm<sup>2</sup> was found at depth more than 20.00 meters. The lower part layers in Astanajapura are composed of sand, dense, hard, with SPT value data obtained are 35 to more than 50 blows. Clay mineral analysis showed montmorillonite is dominant in this survey area. So that very easy to swell and will influenced the foundation structure construction.*

### Sari

*Daya dukung sedimen dasar laut dan aspek keteknikan pada perencanaan pengembangan pelabuhan Cirebon lebih ditekankan pada faktor geoteknik, geofisika dan oseanografi. Pada saat pasang arus cenderung ke arah selatan dan baratdaya, sedangkan pada saat surut cenderung ke arah utara dan timurlaut dengan kecepatan rata-rata maksimum 0.11 m/detik dan minimum 0.08 m/detik. Morfologi dasar laut di perairan pelabuhan Cirebon sangat landai bervariasi antara -6,5 m (LWS) dan -8.00 m, sedangkan kolamnya sendiri antara 0.00 -2.00 m, Daya dukung tanah pada kedalaman 18.00 – 27.00 m dari LWS di bagian atas diselingi oleh pasir lepas hingga lempung pasir merupakan tanah bersifat lunak (soft) dengan N SPT = 22 hingga 32 tumbukan (blows). Data sondir di sekitar lokasi dermaga menunjukkan nilai harga  $Q_c = 2-4 \text{ kg/cm}^2$  pada kedalaman 2.00-11.50 m dan nilai  $Q_c > 150 \text{ kg/cm}^2$  dijumpai pada kedalaman 14.00-15.50 m. Sedangkan lapisan bawah di daerah Astanajapura pada kedalaman lebih dari 20.00 meter tertumpu pada pasir, padat, keras, nilai SPT antara 35 hingga lebih dari 50 tumbukan. Analisis mineral lempung yang ada di daerah selidikan memperlihatkan bahwa lempung monmorilonite sangat dominan dan diketahui bahwa tanah yang mengandung monmorilonite sangat mudah mengembang oleh tambahan kadar air sehingga tekanan pengembangannya dapat merusak struktur bangunan pondasi.*

### PENDAHULUAN

#### Latar Belakang

Pelabuhan Cirebon diklasifikasikan sebagai pelabuhan Indonesia II, merupakan pelabuhan paling besar yang terletak di Jawa Barat dan sekaligus sebagai pintu gerbang keluar masuknya arus komoditi barang ekspor impor yang berfungsi sebagai pusat perdagangan dan industri serta wisatawan domestik maupun asing ke Jawa Barat khususnya Cirebon.

Kendala yang dihadapi di kawasan ini adalah daya dukung sedimen di bawah permukaan dasar laut pada kedalaman tertentu tidak mapan. Hal ini disebabkan oleh sifat fisik sedimen yang tidak menunjang. Di lain pihak sungai-sungai yang mengalir umumnya ke laut mengangkut beban sedimen yang cukup tinggi. Hasil survey yang telah dilakukan oleh PT. Pelindo menunjukkan bahwa di daerah alur pelayarannya sendiri kadar sedimen dalam air bervariasi antara 11.0 hingga 24.0 mg/l dengan perkiraan laju sedimentasi dalam 6 bulan

adalah sebesar 127.080 m<sup>3</sup>, terutama di mulut alur dengan pengerukan sedimen setiap 1 atau 2 tahun sekali (PT. Pelindo II, Cirebon, tahun1995).

### Maksud dan Tujuan

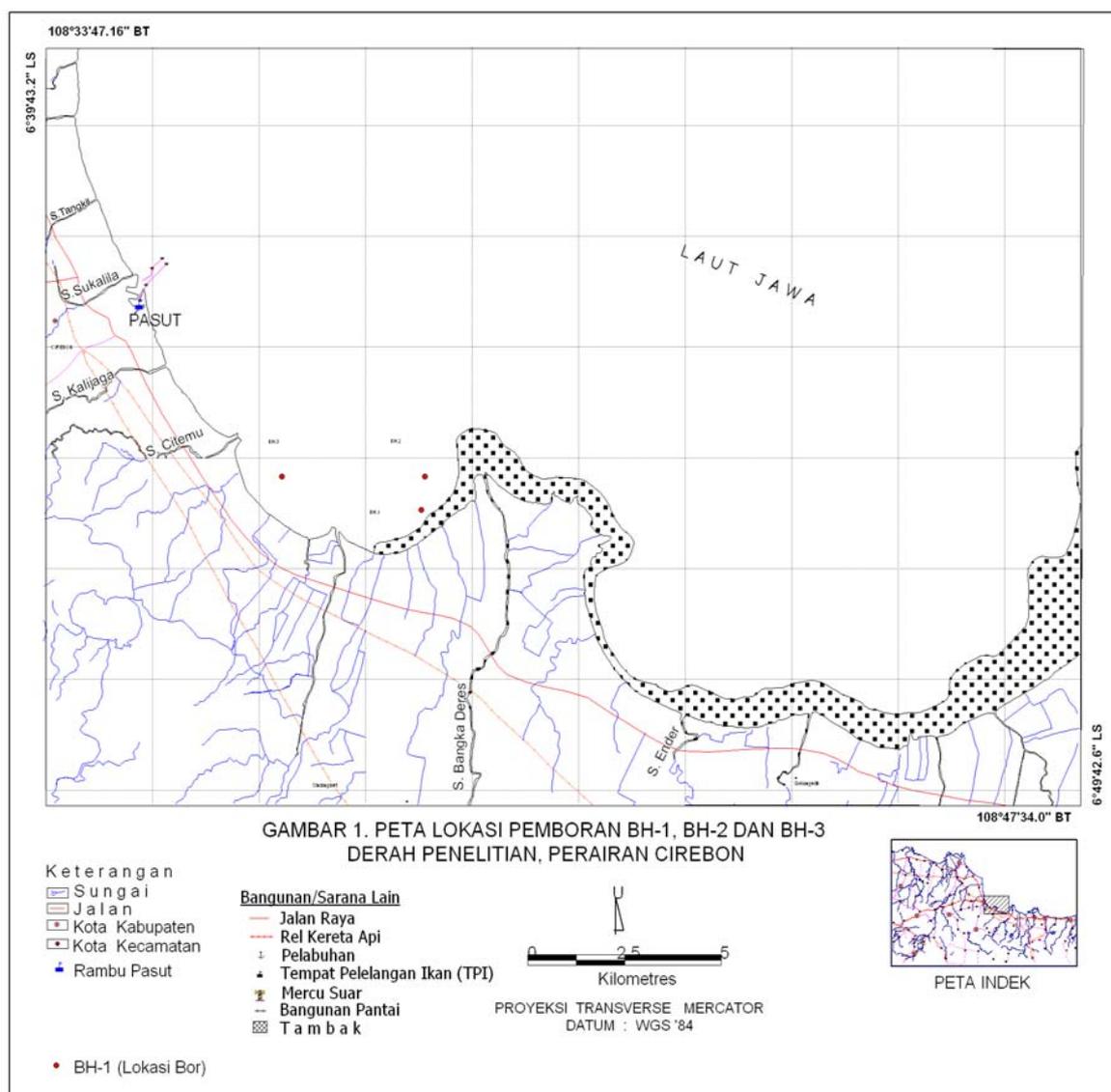
Kajian aspek geoteknik dan proses sedimentasi pantai perairan Pelabuhan Cirebon, dilaksanakan dalam rangka pengumpulan data dan informasi geologi, geologi teknik, geofisika dan oseanografi wilayah perairan pantai dan lepas pantai khususnya untuk pengembangan pelabuhan Cirebon dan pesisir pantai (Gambar. 1).

Dari hasil data geologi, geofisika, geoteknik dan oseanografi yang diperoleh akan menjadi acuan bagi perencanaan pembangunan pengembangan pelabuhan dan potensi wilayah pesisir pantai daerah Cirebon dan sekitarnya.

### METODE PENELITIAN

Metode penelitian ini meliputi penentuan posisi, pengamatan perekaman data geofisika (pemeruman dan seismik), pengambilan sedimen dasar laut, pemoran teknik dan pengamatan parameter oseanografi. Untuk mendapatkan kedalaman air digunakan metode pemeruman, sedangkan untuk mendapatkan keadaan geologi bawah dasar laut digunakan metode seismik pantul dangkal saluran tunggal.

Pemboran teknik dilakukan sebanyak 3 lokasi (BH-1, BH-2, BH-3) DI sekitar daerah perairan pantai Kecamatan Astanajapura (Gambar 1). Total kedalaman mencapai 20.00 m sedangkan untuk menguji jumlah perlawanan konus dan kelekatan tanah itu sendiri dari data bor teknik dan sondir pada kedalaman dangkal. Data bor teknik yang didapat dari PT.Pelindo, Cirebon diperoleh di sekitar Dermaga Cirebon yaitu



lokasi DH-1, DH-2, dan DH-3. Disamping pengambilan contoh tanah terganggu (*disturb sample*) dilakukan juga pengambilan contoh tanah tidak terganggu (*undisturb sample*) dari tabung shelby (*shelby tube*) dan uji insitu SPT (*Standar Penetration Test*) yang diperoleh pada interval kedalaman tertentu di tiap lokasi. sebanyak 9 buah contoh tabung dari lokasi bor serta contoh sedimen tersebut dinalisis di laboratorium. Untuk mengetahui daya dukung tanah di lapangan, dilakukan uji insitu SPT dengan interval 3 meter, berdasarkan jumlah tumbukan setiap penetrasi kedalaman bor.

Untuk menghitung tinggi muka air rata-rata (*mean sea level*) di lakukan pengamatan pasang surut selama 15 hari di dermaga pelabuhan Cirebon. Data ini juga digunakan untuk koreksi pembuatan peta batimetri dan titik tetap (*benchmark*). Data arus yang digunakan sebagai acuan yang lain adalah data untuk mengetahui pola arus permukaan dengan cara pengamatan pergerakan pelampung (*float tracking*) selama 24 jam. Bersamaan dengan pengamatan tersebut dilakukan pula pengamatan arus pada kedalaman 0.6 hingga 1.8 meter di perairan Citemu, Astanajapura.

## ANALISIS LABORATORIUM GEOTEKNIK

### Analisis Mineral Lempung

Mineral lempung merupakan hasil pelapukan akibat reaksi kimia yang menghasilkan susunan kelompok pertikel berukuran koloid dengan diameter butiran lebih kecil dari 0.002 mm. Tanah lempung sangat mudah dipengaruhi oleh gaya-gaya permukaan. Jenis mineral yang diklasifikasikan sebagai mineral lempung terdiri dari kelompok *motmorillonite*, *illite*, *kaolinite*, dan *polygorskite* (Kerr,1959). Analisis tanah lempung dimaksudkan untuk mengetahui kelompok-kelompok dari mineral lempung tersebut.

Preparasi contoh tanah dilakukan dengan pemecahan contoh sesuai pecahan aslinya untuk mendapatkan mikrostrukturnya, dengan memberi lapisan tipis (*coating*) gold-paladium (Au :80% dan Pd :20%), Dengan menggunakan mesin *Ion SputterJFC-1100* dan didapatkan tebal lapisan sebesar 400 *amstrong*. Lapisan tipis ini menjadi penghantar listrik bila dilakukan pemotretan.

### Analisis Mekanika Tanah

Untuk mengetahui lebih rinci mengenai sifat fisik dan keteknikan dari contoh sedimen hasil

pemboran inti telah dilakukan beberapa pengujian di laboratorium mekanika tanah meliputi **index Properties** dan **engineering Properties** (Terzaghi and Peck, 1967). Pengujian index Properties memberikan informasi sebenarnya dari contoh sedimen terpilih yang mewakili litologi (kadar air, berat satuan, berat jenis, batas Atterberg, ukuran butir, analisis mineral lempung) dari contoh tanah/sedimen pemboran terpilih yang mewakili unit litologi.

Hubungan secara empiris telah dikembangkan antara beberapa index properties dan sifat fisik umum tanah di darat. Sebagian besar hubungan empiris tersebut dapat diterapkan untuk jenis sedimen di laut (*terrigenous*) karena pada dasarnya jenis sedimen terrigenous tersebut mirip dengan sedimen yang dipasok dari kawasan pantai menuju kawasan laut atau akibat proses susut laut dan genang laut.

### Penentuan Kadar Air (Wn %)

Untuk memperoleh nilai kadar yang akurat dibutuhkan koreksi kadar garam yang dimasukkan kedalam persamaan perhitungan kadar air (Wn %) seperti dibawah ini. Oleh karena koreksi kadar garam tersebut relatif kecil maka faktor koreksi ini dapat diabaikan. Untuk menentukan kadar air digunakan rumus :

$$\text{Kadar air tanah (W)} = \frac{W_2 - W_3}{W_2 - W_3}$$

dimana :

$W_2 - W_3$  = berat air

$W_3 - W_1$  = berat tanah kering

Cara menentukan kadar air, yaitu dengan menimbang berat tara (W1) kemudian menimbang berat tara dan contoh tanah (W2) dan simpan di dalam oven pada temperatur 110°C ( $\pm 5^\circ\text{C}$ ) lebihkurang 8 jam, kemudian berat tara dan contoh tanah ditimbang lagi (W3).

### Berat Satuan ( $\gamma \text{ gr/cm}^3$ )

Berat satuan basah dan kering ditentukan dari contoh tanah relatif tak terganggu (*undisturb*) dengan mengacu kepada aturan uji yaitu **ASTM D-2937-76, D-698**.

Cara menentukan berat satuan sedimen adalah dengan mengukur berat sedimen yang isinya diketahui dengan menggunakan sebuah cincin yang dimasukkan kedalam tanah sampai terisi penuh, kemudian diratakan dan ditimbang. Apabila isi dan berat cincin diketahui, maka berat satuan dapat dihitung dengan menggunakan rumus :

$$\gamma = \frac{W_2 - W_1}{I}$$

dimana  $\gamma$  adalah berat satuan,  $w_2$  adalah berat cincin + sedimen,  $w_1$  adalah berat cincin,  $w_2 - w_1$  adalah berat tanah, I adalah isi cincin.

### Berat Jenis (SG)

Ada dua metode yang digunakan untuk menentukan berat jenis, yang pertama adalah untuk sedimen fraksi halus ( lebih kecil dari saringan 4,76 mm) dengan menggunakan metode pignometer yang mengacu pada ASTM D 854-58.

Saat pengujian, terlebih dahulu dilakukan pemisahan kadar garam dari contoh tanah yang bersangkutan. Selanjutnya contoh ditempatkan di atas kertas saringan pada corong Buchner dimana sebelumnya contoh dicuci dengan air.

Berat jenis sedimen dapat dihitung dengan menggunakan rumus:

$$G_s = \frac{(W_2 - W_1)}{(W_4 - W_1) - (W_3 - W_2)}$$

Dimana  $W_1$  adalah berat picnometer,  $W_2$  adalah berat picnometer dan bahan kering,  $W_3$  adalah berat picnometer dan air.

### Batas Atterberg (LL,PL,PI,LI,SL)

Konsistensi (kekerasan) dan plastistas (kekenyalan) dari tanah lempung maupun dari tanah kohesif (kekompakan) sangat dipengaruhi oleh kadar air tanah. Tanah mungkin akan berbentuk cair, plastis, kurang padat dan padat. Sifat fisik tanah seperti pada batas Atterberg sangat tergantung dari kadar air, jenis tanah dan jenis mineral lempung.

Untuk menentukan batas *atterberg* tersebut, mengacu pada aturan uji yaitu ASTM D-2937-76, D-4318.

Atterberg (1911), memberikan cara untuk menggambarkan batas-batas sifat fisik atau konsistensi dari tanah berbutir halus dengan mempertimbangkan kandungan kadar airnya. Batas-batas tersebut di formulasikan sebagai berikut :

$$LI = \frac{W_n - PL}{LL - PL} = \frac{W_n - PL}{PI}$$

Dari persamaan tersebut di atas apabila  $W_n$  sama dengan LL, maka indeks cair sama dengan

1, sedang, jika  $W_n$  sama dengan PL indeks cair sama dengan 0. Dari formulasi tersebut diatas jika  $W_n$  lebih kecil dari pada PL dan LI maka sedimen bersangkutan adalah dalam kondisi kenyal.

Secara umum nilai indeks cair akan bervariasi antara 0 hingga 1 dan apabila sedimen mempunyai  $W_n$  lebih besar dari LL maka indeks cairnya lebih besar dari 1 seperti halnya sedimen permukaan dasar laut di daerah telitian.

## HASIL PENELITIAN

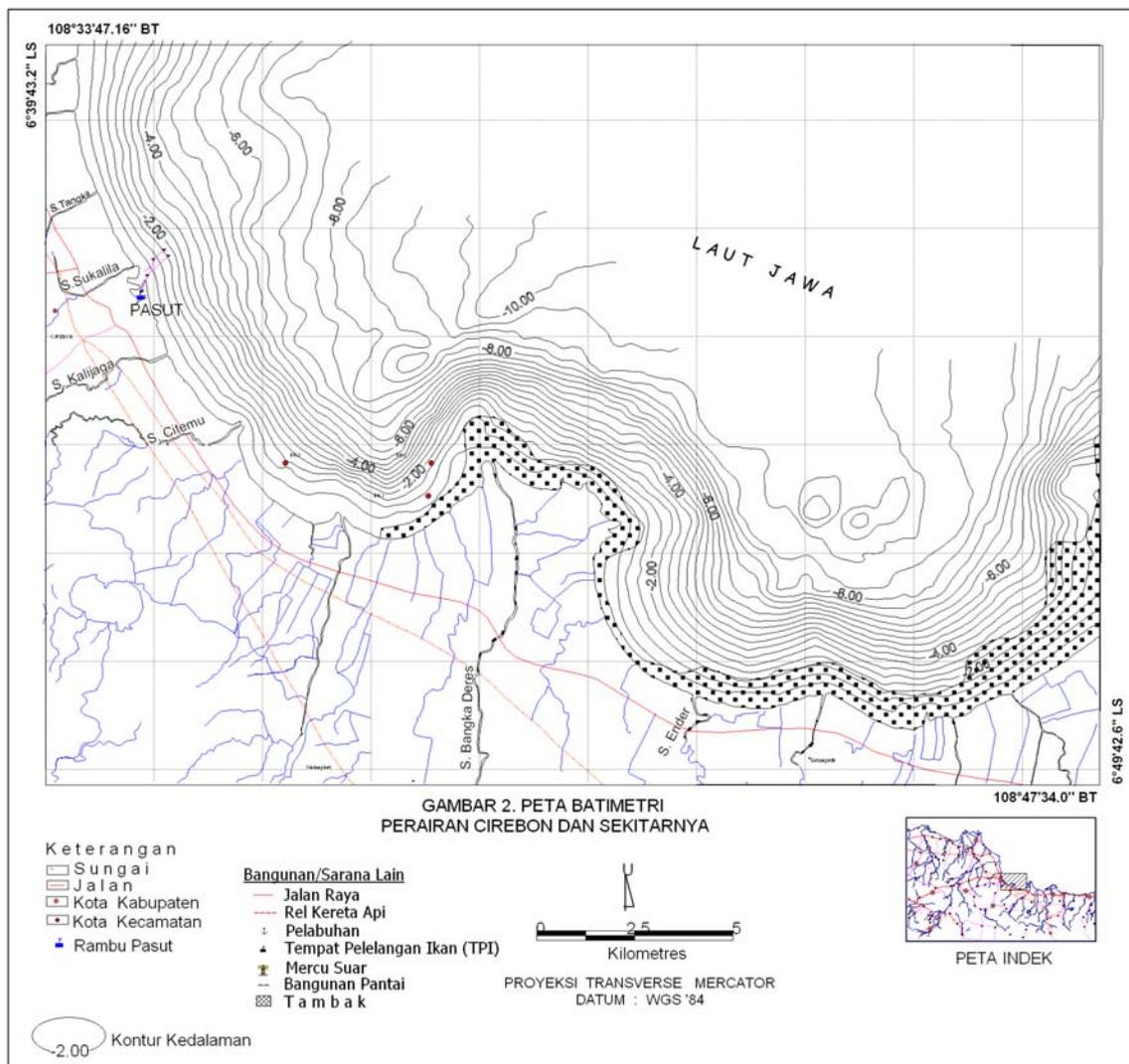
### Kondisi Angin dan Pasang Surut

Lingkungan pantai dan lepas pantai perairan Cirebon dan sekitarnya secara umum di pengaruhi oleh angin musim barat dan timur yang berlangsung pada bulan Nopember hingga Mei dan dari Juni hingga Oktober, curah hujan berkisar antara 2000 s/d 2500 mm. Sebagian besar curah hujan terjadi pada musim Barat. Arah angin dominan sepanjang tahun yang mempengaruhi pembentukan gelombang laut yang menuju ke arah pantai Teluk Cirebon. Ketinggian gelombang di laut Jawa umumnya disebabkan oleh angin biasanya mencapai lebih dari 2 meter dan merupakan gelombang laut dalam.

Tipe pasang surut perairan Pelabuhan Cirebon termasuk kedalam pasang campuran berganda (*mixed tide, predominantly semi diurnal*).

### Morfologi dan Fluktuasi Arus Dasar Laut

Dari hasil pemeruman yang disajikan dalam peta batimetri, memperlihatkan bahwa kontur kedalaman laut di sekitar daerah penelitian berkisar antara -6.00 m hingga -8.00 m, sedangkan di daerah Astanajapura morfologi dasar laut sangat landai dengan kedalaman dasar laut berkisar -2.00 hingga -10.00 meter (Gambar 2), Morfologi dasar laut di pelabuhan Cirebon sendiri berundulasi rendah hingga tinggi yang diduga erat kaitannya dengan aktifitas pasang surut di perairan tersebut. Morfologi dasar laut tersebut juga sangat landai, bervariasi antara -6,5 m LWS dan -8.00 m LWS, sedangkan di kolam nya sendiri antara -.00 m - -2.00 m LWS. Morfologi ini ditempati oleh sedimen permukaan dasar laut berupa lanau dan lanau pasiran (lumpur). Ke arah lepas pantai endapan sedimen di dominasi oleh pasir lanauan dengan sebaran yang cukup luas. Dibuktikan dengan hasil analisis contoh air yang diambil dari S. Sukalila, pada saat surut kadar sedimen suspensi mencapai 328,0 mg/l.



Pada saat pasang kadar sedimen suspensi berkisar antara 41,0 s/d 54,0 mg/l dan pada alur pelayaran dalam bervariasi antara 11,0 dan 24,0 mg/l.

Proses sedimentasi yang mencolok dijumpai pada lokasi kira-kira 500 m dari mulut arah luar, yang parah kira-kira sepanjang 1000 s/d 1500 m. Akumulasi sedimen lumpur atau lanau pasiran hingga lempungan mencapai ketebalan 1 hingga 15 m. Kondisi ini berdampak terhadap pendangkalan di sekitar pelabuhan Cirebon. Berdasarkan hasil penelitian dinamika angkutan sedimen yang dilakukan oleh BATAN (1991 dan 1993) perkiraan laju sedimen yang mengisi alur pelayaran selama 6 bulan adalah sebesar 127.080 m<sup>3</sup>. Dari data yang dibahas sangat berkaitan dengan sistim alur pelayaran di kawasan pelabuhan Cirebon.

Untuk menanggulangnya perlu dilakukan pengerukan dan membuat sistim proteksi gelombang laut disesuaikan dengan pola arus dan arah gelombang yang terjadi di daerah

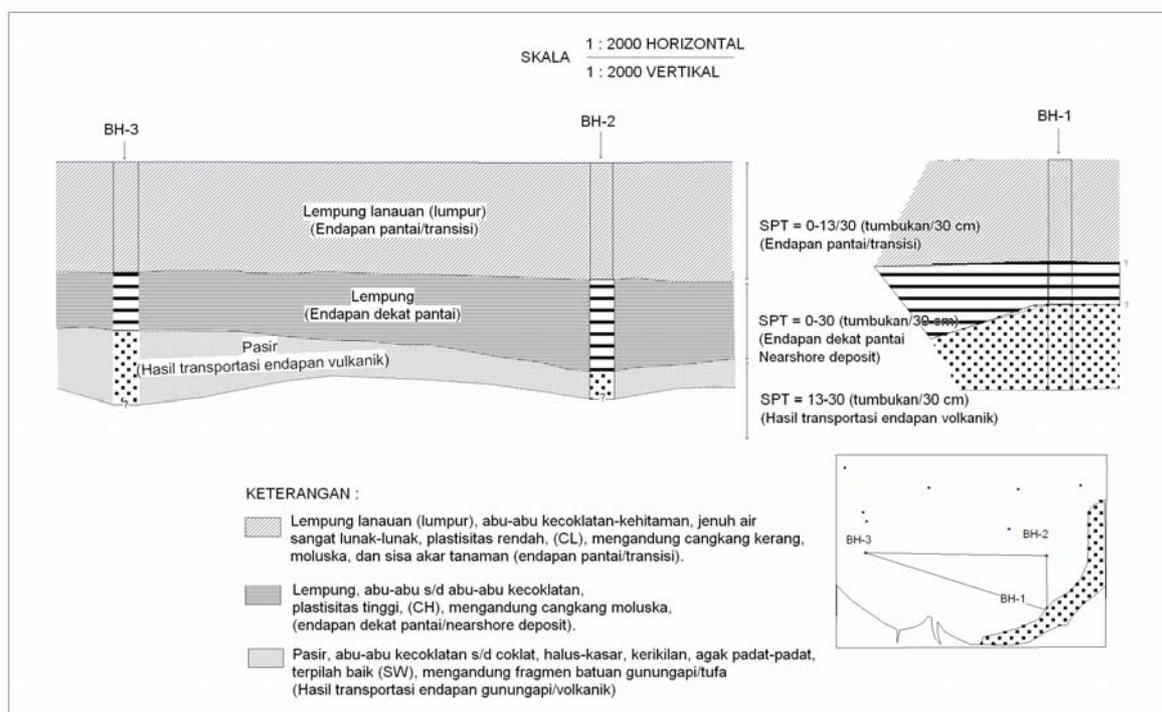
perairan Cirebon. Kondisi ini didukung oleh beberapa penelitian terdahulu yang dilakukan oleh tim Amdal Pelindo pada bulan Maret 1975 yang berlokasi di muara S. Sukalila dan di perairan alur dalam. Dapat disimpulkan bahwa kecepatan arus bervariasi antara 0,1 s/d 0,7 cm/detik. Kecepatan maksimum terjadi pada saat pasang (*spring tide*) dengan arah 230° dan 45°. Secara umum arus permukaan di perairan Pelabuhan Cirebon pada bulan Februari bergerak ke arah tenggara dengan kecepatan 12-25 cm/detik. Pada bulan Oktober arus permukaan bergerak umumnya ke arah utara. Selanjutnya P3GL juga telah melakukan pengukuran arus di lokasi muara Citemu, Astanajapura dengan mengamati pergerakan pelampung dan pengukuran kecepatan arus selama 24 jam pada bulan Mei 2002.

Dari data arus menunjukkan bahwa pada saat pasang kecepatan arus maksimum pada kedalaman 0,6 meter sebesar 0,142 m/detik dan minimum sebesar 0,029 m/det, dengan kecepatan rata-rata adalah sebesar 0,072 m/det.

Sedangkan pada kedalaman 1,78 meter kecepatan maksimum sebesar 0.121 m/detik, minimum sebesar 0,027 m/detik dengan kecepatan rata-rata sebesar 0,056 m/detik. Menjelang surut kecepatan arus maksimum pada kedalaman 0,6 meter adalah sebesar 0,116 m/detik, minimum sebesar 0.028 m/detik dengan kecepatan rata-rata 0,075 m/detik, sedangkan pada kedalaman 1,8 m arus maksimum 0,106 m/detk, minimum 0,03 m/detik dengan kecepatan rata-rata 0,055 m/detik. Dari hasil analisis arus permukaan khususnya daerah dekat pantai menunjukkan pola arus permukaan relatif sama dengan pola arah angin dominan yang bertiup di daerah tersebut yaitu berarah timurlaut-baratdaya. Hal ini menunjukkan bahwa selain akibat fluktuasi muka air (pasang surut), pengaruh angin permukaan cukup berperan dalam pembentukan pola arus di daerah ini, faktor lain yang mempengaruhi pola arus daerah telitian adalah sirkulasi massa air akibat dari banyaknya sungai yang bermuara di daerah ini.

### Daya Dukung Sedimen Dasar Laut

Untuk rencana pengembangan pelabuhan berupa pembangunan infrastruktur daya dukung sedimen dasar laut di daerah pantai dan perairan Cirebon dan sekitarnya mutlak diperlukan. Hal ini dapat di evaluasi dari hasil korelasi pemboran teknik. Dari korelasi ke tiga lokasi bor di daerah Astanajapura (Gambar 3 ) lebih dari 20.00 meter nilai SPT mencapai lebih dari 50 tumbukan ( Tabel 1), juga hasil di 3 lokasi bor dari data sekunder di daerah kawasan dermaga (Pelindo, 1995). Hasil uji SPT di daerah pelabuhan Cirebon menunjukkan bahwa kontruksi berat dapat diletakkan pada kedalaman lebih besar dari 30 meter, sampai kedalaman 30.00 m, hasil SPT masih relatif kurang stabil terlihat pada kedalaman lebih kecil dari 30 meter sifat fisik tanah relatif lunak. Kondisi ini ditunjukkan oleh nilai SPT seperti pada Tabel 2. Sedangkan pada kedalaman lebih dari 8.00 meter mempunyai nilai  $Q_c$  dari data sondir berkisar antara 32  $kg/cm^2$  hingga lebih besar 150  $kg/cm^2$  (Tabel 3).



GAMBAR 3. PENAMPANG KORELASI HASIL PEMBORAN TEKNIK (BH-3, BH-2 DAN BH-1) PERAIRAN CIREBON, JAWA BARAT

Tabel 1. Nilai Standart Penetration Test (SPT) di lokasi BH-1, BH-2 dan BH-3 Perairan Astanajapura, Cirebon-Jawa Barat

No.	Lokasi	Kedalaman (m)	Nilai SPT (tumbukan)	Keterangan
1	BH-1	0.00 - 10.00	0-8	Lempung lanauan, sangat lunak,
		10.00 - 13.00	19.00 - 28.00	Lempung, kenyal (stiff), plastisitas tinggi.
		13.00 - 20.00	42 - > 50	Pasir lempungan, padat, keras
2	BH-2	0.00 - 18.00	0 - 5	Lempung, lunak-agak kenyal
		18.00 - 20.00	12 - > 50	Pasir lempungan, padat, keras
3	BH-3	0.00 - 16.00	0 - 7	Pasir, padat, keras
		16.00 - 20.00	35 - > 50	Pasir, padat, sangat keras

(Sumber : PPPGL, 2002)

Tabel 2. Nilai Standart Penetration Test (SPT) di lokasi BH-1, BH-2 dan BH-3 di Pelabuhan Cirebon-Jawa Barat

No.	Lokasi	Kedalaman (m)	Nilai SPT (tumbukan)	Keterangan
1	DH-1	0.00 - 10.00	0 - 12	Lempung, lunak
		10.00 - 25.00	15.00 - 26.00	Lempung lanauan, lunak hingga kenyal (stiff).
2	DH-2	0.00 - 10.00	0 - 10	Lempung, lunak
		10.00 - 25.00	15 - 25	Lempung lanauan, hingga pasir lunak hingga keras, kenyal (stiff)
3	DH-3	0.00 - 18.00	0 - 6	Pasir lepas, sangat halus
		18.00 - 27.00	22 - 32	Lempung lanauan, lunak, kenyal, plastisitas tinggi (CH)

(Sumber : PT. Pelindo Cirebon, 1995)

Tabel 3. Nilai Qc dan lokasi Sondir S<sub>1</sub>, S<sub>2</sub>, S<sub>3</sub> di Pelabuhan Cirebon-Jawa Barat

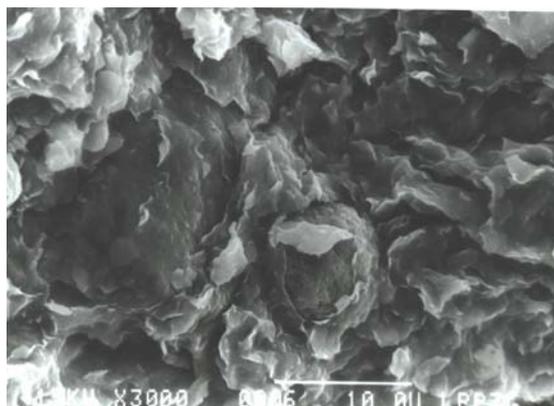
No.	Lokasi	Kedalaman (m)	Qc (perlawanan konus) kg/cm <sup>2</sup>
1	S <sub>1</sub>	0.00 - 8.00	2.00 - 4.00
		8.00 - 12.00	30.00 - 62.00
		> 12.00	> 150
2	S <sub>2</sub>	0.00 - 11.00	1.00 - 8.00
		> 11.50	> 150
3	S <sub>3</sub>	0.00 - 8.00	1.00 - 8.00
		> 12.00 - 14.00	22 - 32
		> 14.00	> 150

(Sumber : PT. Pelindo Cirebon, 1995)

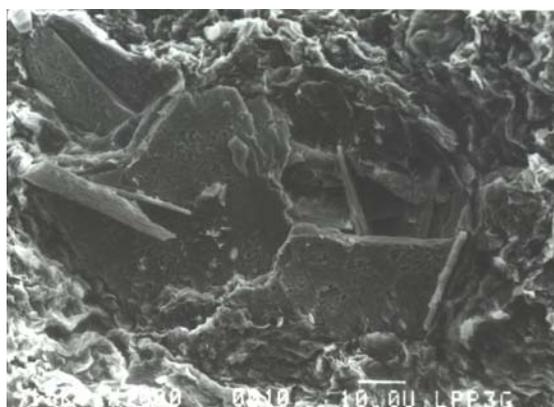
## Analisis Mineral Lempung

Indeks tanah selain ditentukan oleh proporsi berat fraksi butiran kasar dan halus, juga sangat dipengaruhi oleh jenis dan jumlah mineral lempung penyusun masa tanah. Lempung terbentuk dari batuan sedimen yang dapat berupa endapan residu ataupun endapan sedimen. Endapan residu terbentuk karena adanya pelapukan fisik dan kimia, sedangkan endapan sedimen yang terbentuk karena proses diagenesis. Mineral penyusun batuan asal yang berubah menjadi mineral lempung adalah feldspar ortoklas, feldspar plagioklas, olivin, piroksen, amfibole, dan mika seperti di jumpai dalam foto (Gambar 4). Apabila proses pelapukan terjadi tidak sempurna pada batuan basa, maka akan terbentuk mineral kaolinit, karena pada lingkungan ini sangat reaktif dan proses pelapukan akan lebih intensif (Humbert, dalam Mhor, 1960), menurut Hardiyatmo (1992) dalam bukunya Mekanika Tanah 1 dan 2.

Analisis mineral lempung penyusun endapan dasar laut di daerah telitian dilakukan dengan menggunakan SEM. Analisa mineral lempung ini dilakukan terhadap tiga contoh sedimen yang mewakili dari pemboran inti dari BH 1 (UD 2) dengan simbol A1 dan A2 (7.50-8.00 m), BH 2 (UD 4) dengan simbol B (15.50-16.00 m), BH 3 (UD 3) dengan simbol C (13.00-13.50 m). Berdasarkan analisis SEM sedimen lempung di daerah umumnya mengandung unsur mineral *smectite* atau *montmorilonit*, dan mineral *kaolinit*. (Tabel 4.). *Lempung smectite (montmorilonit)* umumnya tak beraturan (*disaveraged*), tetapi sebagian menunjukkan orientasi, selain mineral lempung juga hadir mineral lain akan tetap jumlahnya sedikit seperti *pirit*, *hematit (iron oxide)*, *kalsit* dan terdapat juga fosil (polen, pecahan foram).. Lempung ini bersifat kurang padat hingga cukup padat, yang menunjukkan bahwa mineral tersebut belum mengalami pembebanan (*burial*) secara berarti. Lempung ini juga merupakan unsur asli yang diduga berasal dari bahan vulkanik dan diendapkan di lingkungan pengaruh air laut. *Lempung kaolinit (vermiculite)* merupakan bentukan sekunder dan kebanyakan mempunyai berstruktur buku (*book structure*). Bentuk kristal kaolinit menunjukkan bahwa kaolinit merupakan bentukan sekunder atau awal diagenesis yang kemungkinan berasal dari pelapukan mineral feldspar. Terdapatnya kaolinit sering terlihat di dalam masa dasar *smectite (montmorilonite)* yang berarti terbentuk setelah keberadaan masa dasar *smectite* itu sendiri. Hadirnya unsur lain yaitu *pirit (framboidal pyrite)* dan *hematite* atau *oksida besi (iron oxide)*, *kalsit*, dan *fosil* juga



Contoh B



Contoh C

Gambar 4. Foto analisis SEM (*Scanning Electron Microscopy*) pada mineral lempung

memperkuat dugaan bahwa pengaruh air laut dan bahan organik yaitu pada contoh B dan C menunjukkan adanya reaksi biokimia dan pengaruh sirkulasi udara setelah lempung diendapkan. Kalsit dan cangkang fosil (polen, foram) dapat diamati juga unsur ini memperkuat dugaan bahwa pengendapan lempung dipengaruhi oleh kondisi air laut. Analisis mineral lempung yang ada di daerah telitian memperlihatkan bahwa lempung *smectite (montmorilonite)* sangat dominan dan menunjukkan bahwa tanah yang mengandung *montmorillonit* sangat mudah mengembang oleh tambahan kadar air sehingga tekanan pengembangannya dapat merusak struktur bangunan ringan.

## Analisis Difraksi Sinar X (XRD)

Hasil XRD endapan dasar laut daerah telitian terdiri dari lempung *kaolinit*, *illite* dan *montmorilonit*, mineral kuarsa, klorit,. Hal ini berbeda dengan hasil SEM dimana tidak terlihat adanya lempung *illite*. Pekerjaan difraksi sinar

Tabel 4. Hasil Analisis XR-Difraksi di lokasi BH-1, BH-2, BH-3 di Perairan Cirebon

No. Contoh	Identifikasi Mineral
BH-1 UD 2 (7,5-8,0 m)	1. Quartz 2. Kaolinite 3. Calcite 4. Montmorillonite (Trace)
BH-2 UD 4 (15,15-16,0 m)	1. Cristohalite 2. Quartz 3. Calcite 4. Kaolinite 5. Montmorillonite
BH-3 UD 3 (13,5-14,0 m)	1. Quartz 2. Illite 3. Kaolinite 4. Calcite 5. Montmorillonite (Trace)

X pada mineral lempung mempunyai kendala yaitu adanya kandungan molekul air di antara lapisan lempung pada beberapa contoh sedimen yang berubah-ubah dan kandungan kationnya dapat bertukar. Hal ini dapat menyebabkan perubahan pada pola refleksinya. Gabungan lapisan beberapa jenis mineral lempung yang terjadi pada proporsi yang berbeda-beda antara dua jenis mineral lempung (seperti *illite-montmorillonite* atau klorit-kaolinit dan lain-lain) dapat menghasilkan pelebaran refleksinya (Zussman, 1967). Dapat diperlihatkan pada hasil grafik difraksi sinar X (*X ray diffraction chart*) pada Gambar 5.

### Kadar Air (Wn %)

Hasil pengujian kadarair pada masing-masing titik bor dapat ditunjukkan dalam tabel :

- BH 1 nilai kadar air tertinggi ( 106.81 % ) dipunyai oleh sedimen lempung lanauan (CL) pada BH 1, UD 1 kedalaman 3.50-4.00 m, sedangkan yang terendah (70.44 % ) dipunyai oleh sedimen lempung lanauan (CL) pada BH 1, UD 2 kedalaman 7.50-8.00 m.
- BH 2 nilai kadar air tertinggi (105.65 % ) dipunyai oleh sedimen lempung (CH) pada BH 2, UD 3 kedalaman 11.50-12.00 m, sedangkan yang terendah (54.08 % )

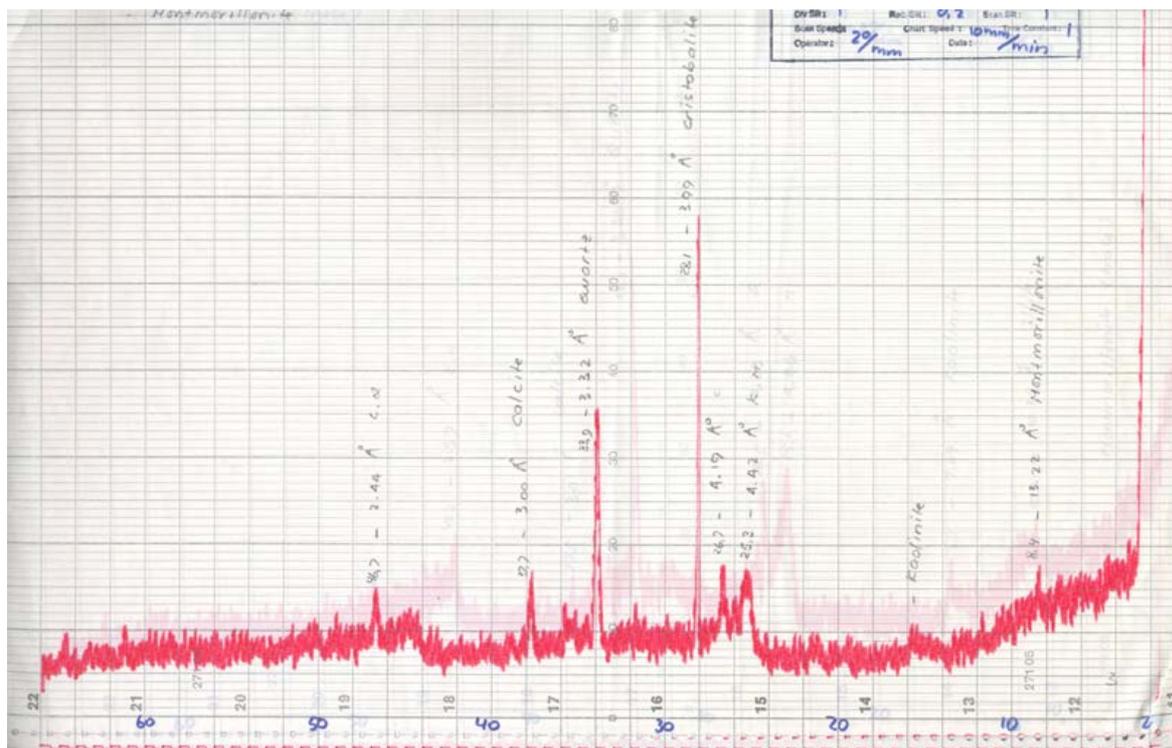
dipunyai oleh sedimen lempung (CH) pada BH 2, UD 3 kedalaman 15.50-16.00 m.

- BH 3 nilai kadar air tertinggi (114.21 % ) dipunyai oleh sedimen lempung (CH) pada BH 3, UD.2 kedalaman 9.50-10.00 m, sedangkan yang terendah (59.38 % ) dipunyai oleh sedimen lempung (CH) pada BH 3, UD 3 kedalaman 13.00-16.00 m.

### Berat Satuan ( $\gamma$ gr/cm<sup>3</sup>)

Berdasarkan hasil pengujian yang telah dilakukan, maka nilai berat satuan pada masing-masing lokasi bor dan kedalaman terpilih sebagai berikut :

- BH 1 nilai berat satuan tertinggi (1.6060 ton/m<sup>3</sup>) dipunyai oleh sedimen lempung lanauan (CL) pada UD 2, kedalaman 7.50-8.00 m, sedangkan yang terendah (1.3410 ton/m<sup>3</sup>) dipunyai oleh sedimen lempung lanauan (CL) pada UD 1, kedalaman 3.50-4.00 m.
- BH 2 nilai berat satuan tertinggi (1.7620 ton/m<sup>3</sup>) dipunyai oleh sedimen lempung lanauan (CL) pada UD 1, kedalaman 3.50-4.00 m, sedangkan yang terendah (1.4920 ton/m<sup>3</sup>) dipunyai oleh sedimen lempung lanauan (CL) pada UD 2, kedalaman 3.50-4.00 m.



Gambar 5. Grafik difraksi sinar X (X ray diffraction chart)

- BH 3 nilai berat satuan tertinggi (1.6180 ton/m<sup>3</sup>) dipunyai oleh sedimen lempung (CH) pada UD 3, kedalaman 13.00-13.50 m, sedangkan yang terendah (1.3600 ton/m<sup>3</sup>) dipunyai oleh sedimen lempung (CH) pada UD 2, kedalaman 9.50-10.00 m.

Dari data-data tersebut diatas, dapat diukur nilai kepadatan tanah berdasarkan hubungan antara berat volume kering ( $\gamma_d$ ) dengan berat volume basah ( $\gamma_b$ ) dan kadar air (w) pada persamaan Proctor, (1933) sebagai berikut :

$$\gamma_d = \frac{\gamma_b}{1 + w}$$

Dari persamaan ini menunjukkan bahwa berat volume tanah kering setelah pemadatan bergantung pada jenis tanah, kadar air dan usaha dari alat pematatnya.

### Berat Jenis (SG)

Berdasarkan hasil pengujian yang telah dilakukan, maka nilai berat jenis pada masing-masing lokasi bor dan kedalaman terpilih sebagai berikut :

- BH 1 nilai berat jenis di seluruh contoh tanah sedimen yang diambil berkisar antara 2.5800 hingga 2.6000 gr/cm<sup>3</sup>.

- BH 2 nilai berat jenis di seluruh contoh tanah sedimen yang diambil berkisar antara 2.5700 hingga 2.6700 6000 gr/cm<sup>3</sup>.
- BH 3 nilai berat jenis di seluruh contoh tanah sedimen yang diambil berkisar antara 2.5900 hingga 2.6800 gr/cm<sup>3</sup>.

Berat jenis dari berbagai jenis tanah berkisar antara 2.65 gr/cm<sup>3</sup> sampai 2.75 gr/cm<sup>3</sup>. Nilai berat jenis sebesar 2.67 gr/cm<sup>3</sup> biasanya digunakan untuk tanah-tanah tak berkoheisi. Sedang untuk tanah kohesif tidak organik berkisar antara 2.68 gr/cm<sup>3</sup> sampai 2.72 gr/cm<sup>3</sup>. Dapat dikatakan bahwa kondisi tanah/sedimen di daerah telitian ada yang bersifat tidak kohesif dan kohesif. Seperti disebutkan diatas bahwa nilai berat jenis ini diperlukan untuk perhitungan pemadatan tanah.

### Pengujian Batas-Batas Atterberg

Nilai batas Atterberg pada masing-masing lokasi bor dan kedalaman terpilih sebagai berikut :

#### Nilai Batas Cair (LL)

Nilai batas cair dan batas plastis tentunya tidak secara langsung dapat dipakai dalam perhitungan (*design*). Umumnya tanah yang batas cairnya tinggi biasanya mempunyai sifat teknik yang buruk, yaitu kekuatannya rendah,

*Compressibility*-nya tinggi dan sulit dipadatkan (L.D. Wesley, 1977).

Nilai batas cair (LL) di daerah telitian memperlihatkan bahwa pada masing-masing kedalaman dari masing-masing titik bor bervariasi. Pada BH 1 nilai batas cair memiliki rentang 69.50 % - 95.24 %, BH 2 nilai batas cair memiliki rentang 77.95 % - 94.35 %, BH 3 nilai batas cair memiliki rentang 82.50 % - 96.44 %. Hubungan antara nilai batas cair dengan indeks plastisitas secara empiris akan memberikan gambaran.

### Nilai Batas Plastis (PL)

Nilai batas plastis (PL) di daerah telitian berbeda pada setiap kedalaman pada masing-masing titik bor. Pada titik BH 1 nilai batas plastis memiliki rentang 34.08 % - 36.25 %, BH 2 nilai batas plastis memiliki rentang 27.67 % - 35.49 %, BH 3 nilai batas plastis memiliki rentang 33.58 % - 38.10 %.

### Nilai Indeks Plastisitas (PI)

Indeks plastis akan merupakan interval kadar air dimana tanah masih bersifat plastis. Oleh karena itu indeks plastis mencerminkan kondisi keplastisan tanah/sedimen. Apabila tanah/sedimen mempunyai interval kadar air di daerah plastisitas yang kecil, maka kondisi tanahnya disebut tanah kurus, dan sebaliknya apabila interval kadar airnya terletak di daerah dengan plastisitas besar disebut tanah gemuk (Hardiyatmo, 1992). Selanjutnya Atterberg (1911) membagi batasan indeks plastis dan macam.

Nilai indeks plastisitas di daerah selidikan berbeda dari masing-masing kedalaman dimana pada BH 1 nilai indeks plastisitas memiliki rentang 33.25 % - 61.16 %, BH 2 nilai indeks plastisitas memiliki rentang 50.28 % - 60.63 %, dan BH 3 nilai indeks plastisitas memiliki rentang 44.40 % - 62.86 %.

Dari nilai indeks plastisitas tersebut diatas menurut *Atterberg 1911* dapat dikatakan bahwa jenis tanah lempung lanauan/lempung (CL/CH) di daerah telitian memiliki sifat *plastisitas tinggi* dan *kohesif*.

### Nilai Indeks Cair (LI)

Di daerah telitian nilai indeks cair berbeda dari masing-masing kedalaman dimana pada BH 1 nilai indeks cair memiliki rentang 1.0273 - 1.1891, BH 2 nilai indeks cair memiliki rentang 0.5252 - 1.1863, BH 3 nilai indeks cair memiliki rentang 0.4956 - 1.3603.

Secara umum nilai indeks cair (LI) berkisar antara 0 - 1, jika LI kecil yaitu mendekati nol, maka kemungkinan besar tanah tersebut agak keras dan jika LI besar yaitu mendekati satu maka kemungkinan tanah tersebut adalah tanah lembek.

Dari nilai indeks cair hasil uji laboratorium dapat dikatakan bahwa sebagian besar jenis tanah lempung lanauan/lempung pada BH 1 umumnya bersifat lembek. BH 2 secara keseluruhan jenis tanah lempung lanauan/lempung bersifat agak keras dan lembek. BH 3 secara keseluruhan jenis tanah lempung lanauan/lempung bersifat lembek dan ada juga bersifat agak keras.

### Pengujian Konsolidasi

Penambahan beban di atas suatu permukaan tanah dapat menyebabkan lapisan tanah di bawahnya mengalami pemampatan/perubahan volume. Pengujian konsolidasi ini dilakukan hanya pada contoh tanah/sedimen tidak terganggu (*undisturbed sample*) dengan maksud mendapatkan harga parameter konsolidasi sesungguhnya. Indeks pemampatan ( $C_c$ ) berhubungan dengan berapa besarnya konsolidasi atau penurunan yang akan terjadi, sedangkan koefisien konsolidasi ( $C_v$ ) berhubungan dengan berapa lama suatu konsolidasi tertentu akan terjadi. Hasil uji konsolidasi dapat dilihat pada Tabel. 5.

Berdasarkan nilai indeks pemampatan ( $C_c$ ) dan batas cair (LL), Terzaghi & Peck (1967) memberikan tingkat kompresibilitas tanah, dapat dikatakan bahwa contoh tanah lempung lanauan/lempung (CL/CH) yang diuji memiliki tingkat kompresibilitas tanah yang tinggi. Berdasarkan uji sifat indeks dari contoh pemboran yang lain memperlihatkan pada sedimen dengan fraksi halus yaitu lempung lanauan/lempung (CL/CH) memiliki ciri dan sifat yang sama. Dapat dikatakan bahwa secara umum tanah/sedimen daerah telitian yang berfraksi halus memiliki tingkat kompresibilitas tanah yang tinggi. Selanjutnya data hasil pengujian konsolidasi ini dapat digunakan dalam perhitungan penurunan tanah akibat beban bangunan/pondasi berdasarkan persamaan Skempton dan Bjerrum (1957).

### Pengujian Kuat Geser (*Triaxial Compressive Test*)

Kuat geser tanah adalah gaya perlawanan yang dilakukan oleh butir-butir tanah terhadap desakan atau tarikan. Dengan dasar pengertian ini, bila tanah mengalami pembebanan akan ditahan oleh kohesi tanah dan tergantung pada

Tabel 5. Hasil uji triaxial di lokasi BH-1, BH-2 dan BH-3 di Perairan Astanajapura, Cirebon-Jawa Barat

No.	Lokasi	Contoh Sample	Kedalaman (m)	Nilai Kohesi (C) kg/cm <sup>2</sup>	Sudut Geser $\theta$	Keterangan
1	BH-1	UD-1	3.50 - 4.00	0,03	3.5°	Lempung lanauan
		UD-2	7.50 - 8.00	0,023	4°	Lempung lanauan
2	BH-2	UD-1	3.50 - 4.00	0,038	6°	Lempung lanauan
		UD-2	7.50 - 8.00	0,01	6°	Lempung lanauan
		UD-3	11.50 - 12.00	0,012	6°	Lempung
3	BH-3	UD-2	9.50 - 10.00	0,018	5°	Lempung
		UD-3	13.00 - 13.50	0,024	10°	Lempung

(Sumber : PPPGL. 2002)

jenis tanah dan kepadatannya, tetapi tidak tergantung dari tegangan vertikal yang bekerja pada bidang gesernya. Gesekan antar butir-butir tanah yang besarnya berbanding lurus dengan tegangan vertikal pada bidang gesernya.

Kuat geser tidak memiliki satu nilai tunggal tetapi dilapangan sangat dipengaruhi oleh faktor-faktor sebagai berikut : Keadaan tanah, angka pori ukuran butir dan bentuk butir. Jenis tanah seperti, pasir, berpasir, kerikil, lempung, atau jumlah relatif dari bahan-bahan yang ada. Kadar air, terutama untuk lempung (sering berkisar dari sangat lunak sampai kaku, tergantung pada nilai kadar air (W)). Jenis beban dan tingkatnya, beban yang cepat akan menghasilkan tekanan pori yang berlebih. Anisotropis, kekuatan yang tegak lurus terhadap bidang dasar akan berbeda jika dibandingkan dengan kekuatan yang sejajar dengan bidang tersebut.

Pengujian triaxial ini dilakukan hanya pada contoh tanah/sedimen tidak terganggu dengan maksud mendapatkan harga parameter konsolidasi sesungguhnya. Data yang diperoleh dari uji kuat geser disajikan dalam bentuk kriteria keruntuhan atau kegagalan Mohr-Coulomb yang tergambar dalam bentuk kurva. Selanjutnya kurva tersebut dapat dipergunakan untuk memperoleh nilai kohesi tanah (c) dan sudut gesek dalam tanah ( $\theta$ ). Hasil uji kuat geser dapat dilihat pada Tabel. 6. Umumnya harga kuat geser ini dapat dikorelasikan terhadap nilai kadar air. Dari data tersebut diatas dapat dikatakan dengan bertambahnya nilai kadar air mengakibatkan terjadinya penurunan kuat geser.

Selanjutnya data kuat geser tanah lempung jenuh seperti di daerah telitian dapat dipakai dalam perhitungan daya dukung ultimate pada pondasi bujur sangkar, lingkaran, dan pondasi memanjang berdasarkan persamaan Skempton (1951). Hasil pengujian unconsolidated undrained (UU) digunakan pada kasus dimana kondisi pembebanan terjadi begitu cepat, sehingga belum terjadi konsolidasi atau drainasi pada lapisan tanahnya. Contoh-contoh kondisi tanpa konsolidasi dan tanpa drainasi (UU), yaitu akhir pelaksanaan dari pembangunan bendungan urugan, pondasi untuk tanah timbunan, tiang pancang dan pondasi pada tanah lempung *normally consolidated*.

## PEMBAHASAN

Dari hasil kajian daerah penelitian secara umum dapat di kelompokkan menjadi 2 (dua) bagian yang mewakili seluruh daerah penelitian.

### I. Kawasan Pelabuhan Cirebon dan Sekitarnya

Lingkungan pantai dan lepas pantai perairan Cirebon mempunyai morfologi dasar laut sangat landai, bervariasi antara -6,5 m LWS dan -8.00 m LWS, sedangkan di kolam nya sendiri antara -.00 m - -2.00 m LWS. Morfologi ini ditempati oleh sedimen permukaan dasar laut berupa lanau dan lanau pasiran (lumpur). Kearah lepas pantai endapan sedimen di dominasi oleh pasir lanauan dengan sebaran yang cukup luas. pada saat surut kadar sedimen suspensi mencapai 328,0 mg/l. Pada saat pasang kadar sedimen suspensi berkisar antara 41.0 s/d

54,0 mg/l dan pada alur pelayaran dalam bervariasi antara 11,0 dan 24,0 mg/l. Proses sedimentasi yang mencolok dijumpai pada lokasi kira-kira 500 m dari mulut arah luar, yang parah kira-kira sepanjang 1000 s/d 1500 m. Akumulasi sedimen lumpur atau lanau pasiran hingga lempungan hiungga mencapai ketebalan 1 hingga 15 m. Kondisi ini berdampak terhadap pendangkalan di sekitar pelabuhan Cirebon. Selama ini perkiraan laju sedimen yang mengisi alur pelayaran selama 6 bulan adalah kurang lebih sebesar 127.080 m<sup>3</sup>.

Daya dukung tanah dari nilai SPT pada kedalaman lebih dari 30.00 meter kurang begitu menunjang yaitu nilai tumbukan masih berkisar 22-32 tumbukan sehingga beban pondasi berat perlu dipertimbangkan.

Dari data yang dibahas sangat berkaitan dengan sistim alur pelayaran di kawasan pelabuhan Cirebon. Untuk menanggulangnya perlu dilakukan pengerukan dan membuat sistim proteksi gelombang laut disesuaikan dengan pola arus dan arah gelombang yang terdapat di daerah perairan Cirebon.

## II. Kawasan Astanajapura dan Sekitarnya

Morfologi dasar laut Astana Japura dan sekitarnya sangat landai dengan kedalaman dasar laut antara - 2,00 m hingga - 10.00 m dari muka air rata-rata (mean sea level). Di daerah ini rencananya akan dibangun pelabuhan baru oleh Pemda Kabupaten Cirebon yang letaknya tidak terlalu jauh dari pelabuhan Nusantara Cirebon yang berjarak kurang lebih 10 km ke arah timur. Saat ini sedang dibangun fasilitas jalan layang dari Palimanan yang dihubungkan dengan Pelabuhan Cirebon. Berdasarkan hasil penelitian bahwa yang menjadi pokok permasalahan adalah proses pendangkalan akibat sedimentasi dari sungai-sungai sekitarnya. Rata-rata kecepatan sedimentasi berdasarkan contoh Pb-01 adalah 1.4 cm/tahun (Raharjo. P, drr, 2002).

Hasil kajian dari aspek daya dukung tanah cukup menunjang bila dilihat dari hasil evaluasi nilai N SPT akan tetapi hal ini perlu dipertimbangkan lebih jauh walaupun daya dukung tanah dibawah dasar laut dari data N (SPT) lebih dari 50 tumbukan. Nilai ini cukup mendukung kontruksi pondasi beban berat bila diletakan pada kedalaman diatas 20.00 m. Tertumpu pada litologi pasir, padat, keras hingga sangat keras, dengan tingkat

konsolidasi normal (*normally consolidated*) dan dari pertimbangan analisis kuat geser perlu di kaji lebih jauh lagi. Hasil analisis mineral lempung yang di lakukan di daerah telitian lokasi bor menunjukkan bahwa lempung *smectite (montmorillonite)* sangat dominan dan diketahui bahwa tanah yang mengandung montmorillonit sangat mudah mengembang oleh tambahan kadar air, sehingga tekanan pengembangannya dapat memicu amblesan atau penurunan yang akan merusak struktur bangunan ringan dan berat.

Kadar air rendah terdapat pada kedalaman antara 7.00 m hingga 16.00 m sehingga diperlukan pemadatan guna mempertinggi kuat geser tanah, mengurangi sifat mudah mampat mengurangi permeabilitas dan mengurangi perubahan volume sebagai akibat perubahan kadar air. Hasil uji yang telah dilakukan memperlihatkan tanah lempung lanauan (CL) dan lempung (CH) di daerah telitian mempunyai kadar air cukup tinggi. Dari hasil alisis mineral lempung di daerah telitian memperlihatkan bahwa lempung *smectite (montmorillonite)* sangat dominan dan menunjukkan bahwa tanah yang mengandung montmorillonit sangat mudah mengembang oleh tambahan kadar air sehingga tekanan pengembangannya dapat merusak struktur bangunan ringan. Penambahan beban di atas suatu permukaan tanah dapat menyebabkan lapisan tanah di bawahnya mengalami pemampatan dan perubahan volume.

Selanjutnya data kuat geser tanah lempung jenuh seperti di daerah telitian dapat dipakai dalam perhitungan daya dukung ultimate pada pondasi bujur sangkar, lingkaran, dan pondasi memanjang berdasarkan persamaan Skempton (1951). Hasil pengujian *unconsolidated undrained* digunakan pada kasus dimana kondisi pembebanan terjadi begitu cepat, sehingga belum terjadi konsolidasi atau drainasi pada lapisan tanahnya. Contoh-contoh kondisi tanpa konsolidasi dan tanpa drainasi (UU), yaitu akhir pelaksanaan dari pembangunan bendungan urugan, pondasi untuk tanah timbunan, tiang pancang dan pondasi pada tanah lempung *normally consolidated*. Umumnya harga kuat geser ini dapat dikorelasikan terhadap nilai kadar air. Dari data tersebut diatas dapat dikatakan dengan bertambahnya nilai kadar air mengakibatkan terjadinya penurunan kuat geser.

## KESIMPULAN DAN SARAN

### Kesimpulan

Daerah kawasan daratan pantai pelabuhan secara morfologi merupakan daerah pedataran dengan ketinggian +0.090 m sampai dengan 2,338 m yang terletak di zona dataran pantai utara Jawa Barat. Secara geologi wilayah pantai pelabuhan Cirebon mempunyai litologi endapan alluvial pantai yang terdiri dari selang seling endapan lempung dan pasir. Morfologi dasar laut perairan pelabuhan Cirebon sangat landai dan hingga tinggi yang diduga erat kaitannya dengan aktifitas pasang surut di perairan tersebut. Dengan kedalaman dasar laut antara - 2,00 m hingga - 10.00 m dari muka air rata-rata relief datar hingga bergelombang lemah.

Susunan litologi perairan pelabuhan Cirebon dari bawah ke atas antara kedalaman 16.00 m – 22.00 meter di bagian atas terdiri dari lempung pasir hingga lempung kerikilan dengan ketebalan lapisan 12.00 m – 14.00 m. Lapisan ini mempunyai sifat fisik lunak dengan N SPT sama dengan 1 pada N lebih besar dari 50 tumbukan. Di bagian bawah merupakan tanah yang bersifat tegar (*firm*) hingga kenyal (*stiff*) dengan ketebalan antara 3.00 – 10.00 meter disusun oleh lempung lanauan dan lempung pasir, dengan konsistensi kenyal-sangat kenyal (*stiff to very stiff*), nilai N SPT = 10 – 42 tumbukan, ketebalan lapisan 8 m. Di sekitar lokasi dermaga data sondir diperoleh nilai  $Q_c$  antara 2 – 4 kg/cm<sup>2</sup> yang dijumpai pada kedalaman 21.00 – 24.00 m. Lapisan ketiga terletak pada kedalaman > 30 meter pada umumnya lapisan lempung dengan konsistensi sangat kenyal, plastisitas tinggi.

Di daerah Astanajapura kondisi litologi atau lapisan sedimen di daerah ini dapat dibagi menjadi 3 (tiga) bagian dari hasil korelasi ke 3 (tiga) lokasi bor yaitu lapisan pertama terletak di bagian paling bawah antara kedalaman 16.00 – 22.00 m dari MSL yang di bagian atas diselingi oleh lempung pasir (*sandy clay*) atau lempung kerikilan (*gravely clay*) dengan ketebalan 12.00 m hingga 14.00 m merupakan tanah konsistensi lunak (*soft*). Pada kedalaman 16.00 – 18.00 m konsistensi lunak, sedimen lempung, abu-abu kecoklatan, lembab (*moist*) plastisitas tinggi, agak kenyal (*medium stiff*), banyak mengandung moluska, merupakan endapan dekat pantai (*nearshore deposits*). Lapisan ke 3 (tiga) pada kedalaman 0.00 – 10.00 m merupakan lapisan paling atas, disusun oleh lempung lanauan, abu-abu hingga abu kecoklatan hingga kehitaman, jenuh air (*saturated*), sangat lunak (*very soft*), mengandung cangkang kerang, moluska dan

akar tanaman. Umumnya harga kuat geser ini dapat dikorelasikan terhadap nilai kadar air yaitu dengan bertambahnya nilai kadar air mengakibatkan terjadinya penurunan kuat geser. Selanjutnya data kuat geser tanah lempung jenuh seperti di daerah telitian dapat dipakai dalam perhitungan daya dukung *ultimate* pada pondasi bujur sangkar, lingkaran, dan pondasi memanjang berdasarkan persamaan Skempton (1951). Hasil pengujian *unconsolidated undrained* (UU) digunakan pada kasus dimana kondisi pembebanan terjadi begitu cepat, sehingga belum terjadi konsolidasi atau drainasi pada lapisan tanahnya.

### Saran

Di kawasan Pelabuhan Cirebon perlu dilakukan pemboran teknik yang penetrasinya kedalamannya lebih dalam lagi terutama untuk mengetahui daya dukung tanah yang nilai SPTnya lebih dari 50 tumbukan yang dianggap cukup menunjang untuk beban konstruksi pondasi bangunan berat. Untuk mengantisipasi sedimentasi hendaknya dibangun penahan gelombang (*sea wall*), *Pier* atau bronjong kawat, baik di kawasan pelabuhan Cirebon maupun di Astanajapura dengan posisi sesuai dengan pola arus setempat. Untuk itu perlu dilakukan penelitian oseanografi lebih rinci.

Dari hasil analisis mineral lempung memperlihatkan bahwa lempung *smectite* (*montmorillonite*) sangat dominan dan diketahui bahwa tanah yang mengandung *montmorillonite* sangat mudah mengembang oleh tambahan kadar air sehingga tekanan pengembangannya dapat memicu amblesan atau penurunan (*subsidence/settlement*) yang akan merusak struktur bangunan ringan dan berat. Oleh karena itu perlu dikaji lebih rinci lagi analisis mineral lempungnya.

Berdasarkan nilai indeks pemampatan ( $C_c$ ) dan batas cair (LL), dapat dikatakan bahwa secara umum tanah/sedimen daerah selidikan yang berfraksi halus memiliki tingkat kompresibilitas tanah yang tinggi. Pengujian konsolidasi dapat digunakan untuk menghitung penurunan tanah akibat beban bangunan/pondasi berdasarkan persamaan Skempton dan Bjerrum (1957).

### DAFTAR PUSTAKA

- Faturachman A., Raharjo P., Rahardiawan R., Purwanto C., Noviadi Y., 2002, *Kajian Proses Sedimentasi Pelabuhan Cirebon, Jawa Barat*. Laporan intern P3GL, Bandung.

Casagrande, 1950, *Notes on Design of Earth Dams*, Boston, Soc – Civil – Eng Jour. V-37 p. 405-429.

Gunawan Rudy, 1985, *Pengantar Teknik Pondasi*, Penerbit Kanisius, Yogyakarta.

Hardiyatmo, H. C., 1992, *Mekanika Tanah 1,2*, PT. Gramedia Pustaka Utama. Kumpulan makalah Seminar., 1989. Pekerjaan Geoteknik pada Tanah lunak.

Pelindo II, Cirebon, 1995, *Pekerjaan Penelitian dan Perencanaan Pembangunan Dermaga Batubara dan Sarana Lainnya di Pelabuhan Cirebon* (Draft Final Report), Lembaga Teknologi Fakultas Teknik Universitas Indonesia, Jakarta 1995.

Terzaghi and Peck., 1967, *Soil Mechanics in Engineering Practice*, USA.

