

REKLAMASI UNTUK PERAIRAN DANGKAL DI PELABUHAN TANJUNG EMAS SEMARANG



Oleh :

Ir. Setiyadi, MT

JURUSAN TEKNIK SIPIL FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS KRISTEN INDONESIA
JAKARTA
Semester Genap 2011/2012

REKLAMASI UNTUK PERAIRAN DANGKAL DI PELABUHAN TANJUNG EMAS SEMARANG ¹

Setiyadi ²

ABSTRACT

Tanjung Emas Port, Semarang, has a strategic location and function in economy activity and the traffic of trade. The current ships and commodities pass through Tanjung Emas port tend to increase from year to year. Therefore, it is need to develop the port. The reclamation is a right choice considering the location is beach. Beside that, quarry location for embankment is not far and it has more enough stock. This paper introduces a reclamation construction using bamboo and geotextile material as an alternative of reclamation construction in shallow waters.

ABSTRAK

Pelabuhan Tanjung Emas Semarang memiliki lokasi dan fungsi strategis dalam kegiatan perekonomian dan lalu-lintas perdagangan. Mengingat bahwa arus kapal dan barang yang melalui Pelabuhan Tanjung Emas Semarang selalu meningkat dari tahun ke tahun, maka dirasa perlu melakukan pengembangan pelabuhan Tanjung Emas Semarang. Reklamasi merupakan salah satu pilihan yang tepat mengingat lokasi berupa pantai. Disamping itu karena lokasi quarry bahan urugan terletak tidak jauh dan tersedia cukup banyak. Tulisan ini menjelaskan suatu konstruksi reklamasi yang memanfaatkan bambu dan bahan geotekstil, sebagai salah satu alternatif konstruksi reklamasi pada perairan dangkal.

I. PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Indonesia sebagai negara kepulauan membutuhkan dukungan sarana transportasi laut. Pengembangan sarana transportasi laut amat berguna untuk menunjang kegiatan perekonomian. Agar transportasi laut dapat dimanfaatkan secara optimal, maka perlu didukung oleh sarana yang baik dan lengkap. Salah

satu sarana utama adalah pelabuhan dengan pelengkapannya, yang akan bermanfaat pada berbagai pelayanan terhadap naik turunnya penumpang, bongkar muat barang, perbaikan kapal dan lain sebagainya.

Pelabuhan Tanjung Emas Semarang memiliki lokasi dan fungsi strategis dalam kegiatan perekonomian dan lalu-lintas perdagangan. Mengingat bahwa arus kapal dan barang yang melalui pelabuhan

¹ Ditulis untuk Jurnal EMAS FT UKI, Jakarta.

² Staf Pengajar Jurusan Sipil FT-UKI, Jakarta.

Tanjung Emas selalu meningkat dari tahun ke tahun, maka perlu dilakukan pengembangan pada pelabuhan Tanjung Emas Semarang.

Adanya keterbatasan fasilitas untuk melayani lalu-lintas perdagangan menyebabkan perlu segera dibangun fasilitas yang lebih baik dan lengkap. Pembangunan fasilitas ini membutuhkan areal yang luas, padahal lahan yang tersedia sangat terbatas. Oleh karena itu dilaksanakan pekerjaan reklamasi.

Reklamasi merupakan bagian dari proyek pengembangan pelabuhan Tanjung Emas tahap II. Lokasi reklamasi meliputi daerah penimbunan peti kemas (*Container Yard*), jalan masuk dermaga sebelah barat (*West Terminal Road*) dan lokasi pembangunan gedung (*Building Area*).

Sesuai dengan Rencana Induk (*Master Plan*), maka pengembangan pelabuhan Tanjung Emas Semarang dibagi menjadi 3 tahap pelaksanaan. Pembangunan tahap I merupakan program yang mendesak (*Urgent improvement program*) yang dilaksanakan pada tahun 1982 - 1985. Pelaksanaan tahap pertama ini meliputi pembangunan fasilitas dermaga samudra, pengerukan alur dan kolam, pemecah gelombang (*breakwater*), gudang lini I dan II, lapangan penimbunan peti kemas (*Container Yard*), pengadaan alat bongkar muat, kapal tunda, jalan lingkungan, sarana navigasi serta fasilitas penunjang lainnya. Pembangunan tahap I telah selesai dan diresmikan pada tanggal 23 Nopember 1985 sekaligus dilakukan penggantian nama pelabuhan Semarang menjadi

Pelabuhan Tanjung Emas.

Setelah pembangunan tahap I selesai sempat terjadi penundaan, sehingga pembangunan tahap berikutnya terhenti. Pembangunan tahap II dilaksanakan pada tahun 1995 - 1997 yang merupakan program jangka pendek. Pelaksanaannya dibagi menjadi 2 taraf. Taraf I meliputi pekerjaan-pekerjaan sipil (dermaga peti kemas, reklamasi, jalan, dll). Taraf II meliputi pekerjaan bangunan, alat-alat bongkar muat dan instalasi.

Pelaksanaan proyek pengembangan pelabuhan Tanjung Emas tahap II taraf I ini dimulai bulan April 1995 dan berakhir bulan Januari 1998. Sedangkan pekerjaan reklamasi dilaksanakan mulai bulan Juni 1995 sampai bulan Februari 1996.

Pembangunan pelabuhan tahap III merupakan program jangka panjang (*Long term development program*), yang direncanakan dimulai setelah tahap II selesai.

Pembangunan tahap III ini diharapkan selesai th 2005. Dalam tahap ini direncanakan membangun berbagai fasilitas, antara lain dermaga, gudang, lapangan penumpukan, pengerukan, jalan lingkungan serta fasilitas penunjang lainnya.

1.2. Lokasi Studi

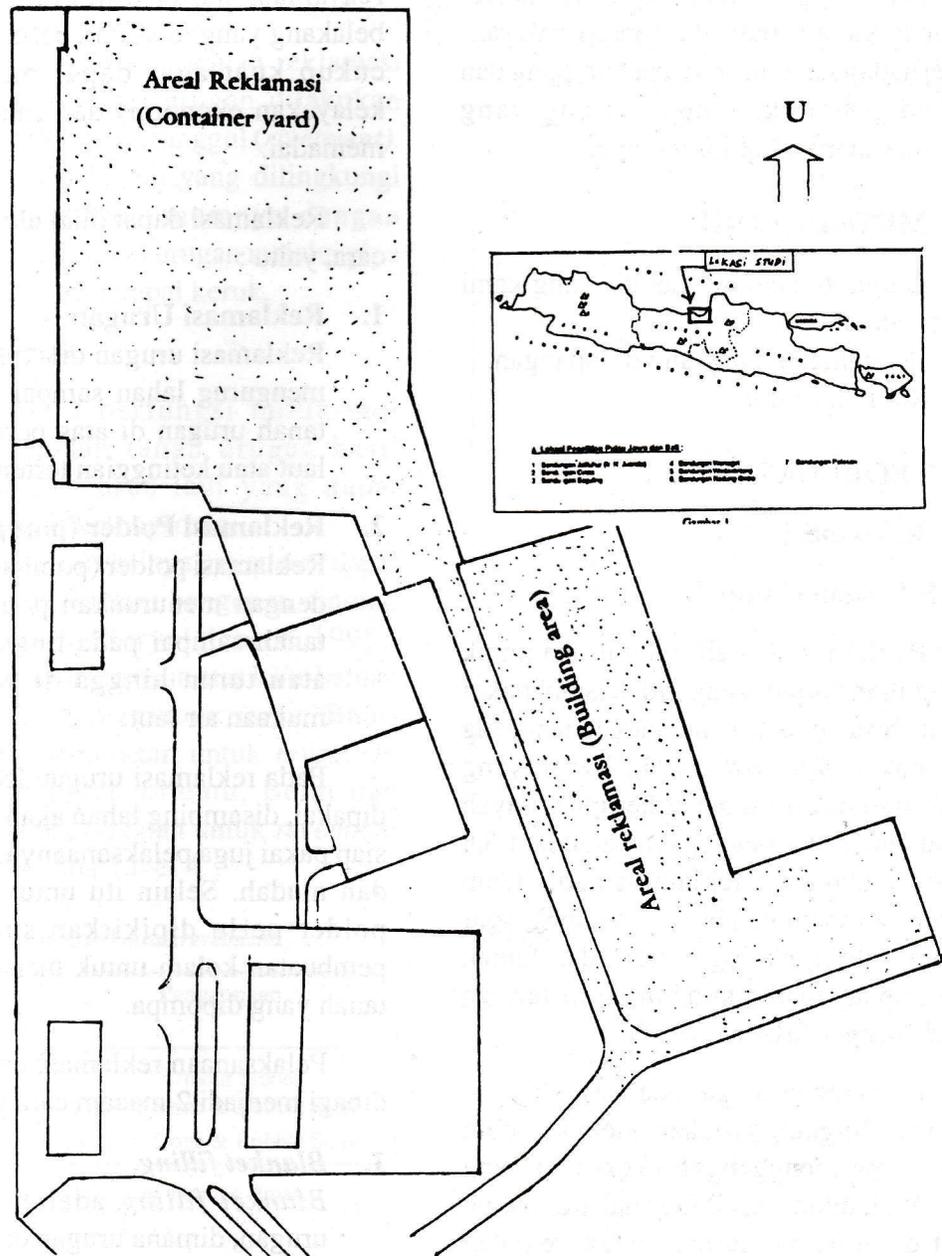
Pelabuhan Tanjung Emas terletak di pantai utara Semarang, Jawa Tengah pada posisi lintang $6^{\circ} - 53' \text{ LS}$ s/d $6^{\circ} - 57' \text{ LS}$ dan bujur $110^{\circ} - 24' \text{ BT}$ s/d $110^{\circ} - 26' \text{ BT}$.

1.3. Lingkup dan Pembatasan Masalah

Makalah ini hanya dititik beratkan pada bagaimana menentukan elevasi permukaan tanah dan usaha yang efektif

untuk mempercepat terjadinya penurunan tanah (*settlement*) serta usaha meningkatkan daya dukung tanah lunak (*bearing capacity*).

General Cargo Wharf (dermaga lama) Container Wharf (dermaga baru)



Peta Areal Reklamasi

II. TUJUAN

Tujuan dilaksanakannya pengembangan Pelabuhan Tanjung Emas Semarang adalah untuk meningkatkan fasilitas dan pelayanan dari sarana pelabuhan yang sudah ada, seperti pelayanan terhadap naik turunnya penumpang dan terhadap bongkar muat barang yang semakin meningkat jumlahnya.

III. METODOLOGI

Dalam tulisan ini metode yang kami pakai adalah :

- Pengamatan langsung di lapangan.
- Study literatur

IV. TEORI DASAR

4.1. Reklamasi

4.1.1. Uraian Umum

Reklamasi adalah suatu usaha untuk mengubah lahan yang tidak siap pakai (tidak bisa dipakai) menjadi lahan yang siap pakai (Soehoed, 1996). Lahan yang tidak siap pakai itu dapat berupa wilayah genangan, rawa-rawa, payau atau laut. Di dalam melakukan reklamasi harus tetap mempertimbangkan beberapa aspek, agar secara bologi, ekologis, flora dan fauna, keseimbangan lingkungan tetap terjaga (Budi Wignyosukarto, 1997).

Diharapkan dengan adanya reklamasi, keadaan lingkungan akan menjadi lebih baik tanpa mengganggu ekosistem yang ada. Walaupun demikian, hal ini sangat sulit diwujudkan karena setiap kegiatan manusia pada suatu tempat pasti mengubah ekosistem yang sudah ada. Hal ini

sekaligus menuntut manusia untuk berpikir dan maju.

Reklamasi adalah suatu pekerjaan yang mahal. Karena itu untuk melakukan reklamasi harus didukung oleh latar belakang yang jelas dan peruntukan yang cukup kuat agar dapat mewujudkan kelayakan ekonomis dan finansial yang memadai.

Reklamasi dapat dilakukan dengan 2 cara, yaitu :

1. Reklamasi Urugan

Reklamasi urugan dilakukan dengan mengurug lahan sampai permukaan tanah urugan di atas permukaan air laut atau ketinggian tertentu.

2. Reklamasi Polder (pompa)

Reklamasi polder (pompa) dilakukan dengan menurunkan permukaan air tanah sampai pada tingkat tertentu atau turun hingga di bawah permukaan air laut.

Pada reklamasi urugan lebih banyak dipakai, disamping lahan akan lebih cepat siap pakai juga pelaksanaannya lebih cepat dan mudah. Selain itu untuk reklamasi polder perlu dipikirkan suatu lokasi pembuatan kolam untuk menampung air tanah yang dipompa.

Pelaksanaan reklamasi urugan dapat dibagi menjadi 2 macam cara yaitu :

1. *Blanket filling*.

Blanket filling adalah reklamasi urugan, dimana urugan dilaksanakan tanpa membuat tanggul terlebih dahulu (*revetment*). Tanggul dibuat

setelah seluruh pekerjaan reklamasi selesai dengan menggali alur pada daerah pinggiran dan membuat tanggul didalam galian ini. Bagian urugan di luar tanggul ini kemudian dikeruk.

2. *Hydraulic filling.*

Hydraulic filling adalah reklamasi urugan, dimana urugan dilakukan setelah membuat tanggul (*revetment*). Kemudian daerah yang dilindungi tanggul diisi, umumnya dengan memompa bahan urugan melalui pipa langsung dari kapal keruk.

4.2. *Revetment.*

Revetment berfungsi untuk melindungi lapisan tanah urugan hasil reklamasi dari arus laut yang dapat mengakibatkan kelongsoran.

Dilihat dari konstruksinya, *revetment* dapat digolongkan ke dalam bangunan dinding penahan tanah (Suryolelono.K,1995). Tubuh *revetment* tersusun atas batu-batuan *rubble stone* dan *armour stone*. Batu-batuan yang digunakan untuk *revetment* mempunyai berat tertentu. Berat dan penggunaan batu-batuan untuk *revetment* dapat dilihat pada Tabel 4.1.

Tabel 4.1. Batu-batuan Untuk *revetment*.

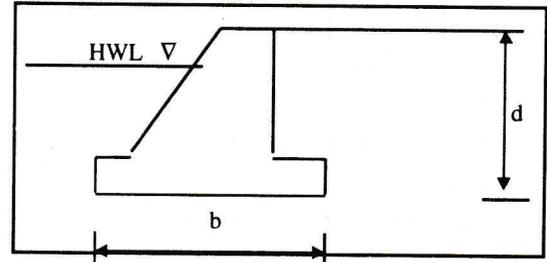
| Ukuran Batu (kg) | Penggunaan |
|------------------|-----------------------------|
| 100 | Armour Stone |
| 50 - 100 | Armour Stone & Rubble Stone |
| 20 - 50 | Armour Stone & Rubble Stone |

Sumber : Pelindo III Cabang Tanjung Emas Semarang, 1995

Dibandingkan jenis lain, dinding penahan tanah tipe urugan memiliki

keistimewaan sebagai berikut :

1. Pembangunannya dapat dilaksanakan pada hampir semua kondisi geologi dan geografi yang dijumpai.
2. Bahan tubuh *revetment* tersusun dari bahan urugan (batu), sehingga dapat digunakan juga sebagai pemecah gelombang.



Gambar 4.1. *Revetment*

Setelah diketahui dimensi *revetment* tersebut, maka perlu juga ditinjau stabilitas bangunan terhadap beberapa faktor

* Tinjauan terhadap Guling

Rumus yang digunakan :

$$\frac{\sum M_V}{\sum M_H} \geq FK$$

dimana :

- $\sum M_V$ = Resultan momen arah vertikal.
- $\sum M_H$ = Resultan momen arah horisontal.
- FK = Faktor keamanan (diambil = 1.5).

* Tinjauan terhadap Geser

Rumus yang digunakan :

$$\frac{\sum V \tan \Phi}{\sum H} \geq FK$$

dimana :

ΣV = Resultan gaya-gaya vertikal.

ΣH = Resultan gaya-gaya horisontal.

b = Lebar dasar revetment

ϕ = Sudut geser dalam tanah

FK = Faktor keamanan (diambil=1.5)

* Tinjauan terhadap Pecahnya Konstruksi

Rumus yang digunakan :

$$e \leq \frac{b}{6}$$

e = eksentrisitas revetment.

dimana :

$$e = 0.5b - \frac{\Sigma M_V - \Sigma M_H}{\Sigma V}$$

b = lebar dasar revetment.

* Tinjauan terhadap daya dukung tanah

Rumus yang digunakan :

$$q_{ult} = (c \cdot N_c) + (\lambda_t \cdot d \cdot N_q) + (0.5 \cdot \lambda_t \cdot N_\lambda)$$

dimana :

q_{ult} = Daya dukung tanah ultimate.

c = Kohesi tanah.

λ_t = Berat jenis tanah.

N_c, N_q, N_λ = Koefisien² Daya dukung.

b = Lebar dasar revetment.

d = Kedalaman pondasi.

FK = Faktor keamanan (diambil = 1.5).

q_{all} = q_{ult} / FK

q_{all} = Daya dukung yang diijinkan (ton/m²).

4.3. Perbaikan sifat Penurunan Tanah

Perbaikan sifat penurunan tanah adalah suatu usaha untuk meningkatkan daya dukung tanah (bearing capacity) dan mempercepat penurunan (settlement) yang terjadi akibat beban bangunan atau timbunan yang terjadi di atas permukaan lahan (Sosrodarsono, 1980). Usaha ini ditempuh karena bila penurunan dan pemadatan tanah dibiarkan berlangsung secara alamiah akan memakan waktu yang lama. Cara yang digunakan untuk perbaikan sifat penurunan tanah biasanya didasarkan pada letak lapisan tanah yang stabil. Ada 2 cara yg dapat dilakukan, yaitu :

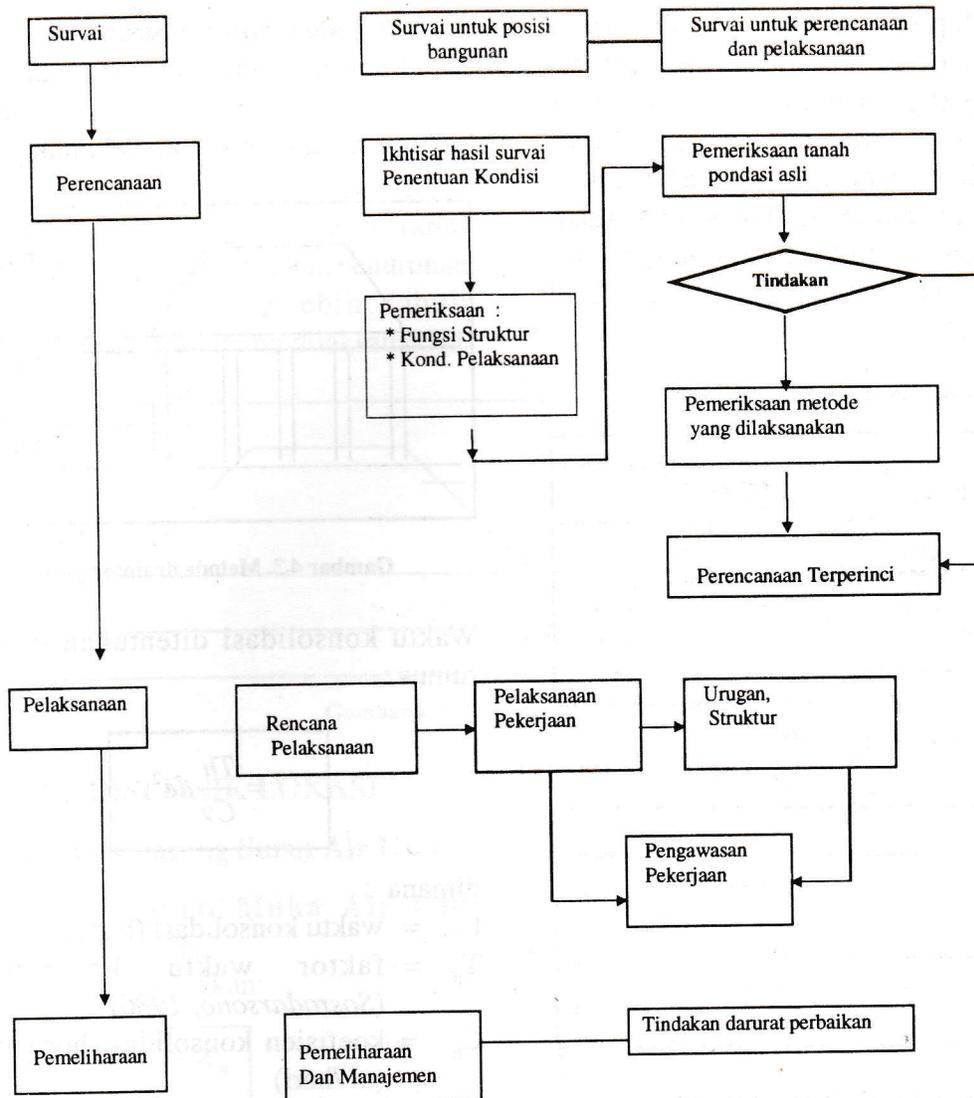
1. Perbaikan daya dukung saja

Perbaikan cara ini dilakukan bila lapisan tanah keras berada pada kedalaman kurang dari 5 meter.

2. Perbaikan daya dukung dan penurunan tanah

Perbaikan cara ini dilakukan bila lapisan keras berada pada kedalaman antara 5-25 m.

Kondisi tanah pada lokasi reklamasi proyek pengembangan pelabuhan Tanjung Emas Semarang tahap II taraf I ini termasuk tanah lunak yang kohesif. Karena lapisan tanah keras berada pada kedalaman 25 m, maka perbaikan yang dilakukan meliputi perbaikan daya dukung dan usaha mempercepat penurunan tanah. Dalam upaya mencapai tingkat stabilitas yang lebih baik, faktor ekonomis menjadi bahan pertimbangan yang cukup penting, baik bagi pemilik proyek maupun pelaksana proyek. Sehingga dicari alternatif yang relatif murah namun dapat mencapai sasaran.



Prosedur tindakan pekerjaan untuk tanah lunak

Adapun usaha perbaikan daya dukung tanah dapat dilakukan dengan metode : *cerucuk bambu, timbunan tanah, sirtu, pondasi cakar ayam*, dan lain-lain. Sedangkan untuk mempercepat proses penurunan tanah dapat dilakukan dengan cara *pilling* (untuk areal yang tidak luas) atau dengan material *vertical drain* (untuk

areal yang luas). Perbaikan tanah dasar yang lunak dapat dilakukan dengan cara (Sosrodarsono, 1980) :

4.3.1. Drainase Horisontal (*horizontal drain*)

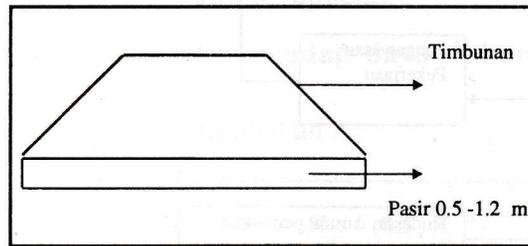
Drainase horisontal dapat memanfaatkan metode alas pasir (*sand mat method*).

Diatas lapisan lunak itu dihamparkan lapisan pasir secara merata setebal 0.5 - 1.2 m yang berfungsi sebagai drainase bagian atas pada proses konsolidasi lapisan lunak tersebut. Tebal lapisan pasir harus menjamin kelancaran pekerjaan alat-alat berat. Untuk itu dianjurkan agar menggunakan harga standar tabel 4.2. di bawah ini.

Tabel 4.2 Tebal standar hamparan pasir.

| Daya dukung permukaan konus (kg/cm ²) | Tebal lapisan pasir (cm) |
|---|--------------------------|
| 2 dan lebih | 50 |
| 2,0 - 1,0 | 50 - 80 |
| 1,0 - 0,75 | 80 - 100 |
| 0,75 - 0,5 | 100 - 120 |
| 0,5 dan kurang | 120 |

Sumber : Sosrodarsono, 1980



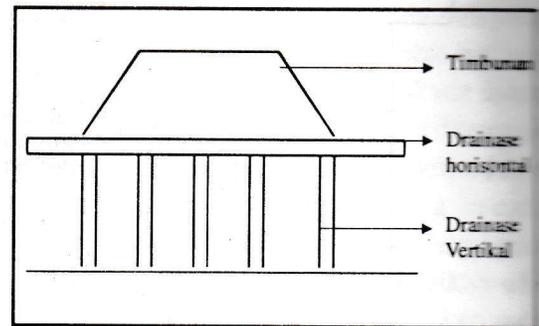
Gambar 4.2 Metode alas pasir

4.3.2. Drainase Vertical (*Vertical drain*)

Vertical drain berfungsi untuk mengalirkan air tanah secara vertikal ke permukaan timbunan, kemudian air akan dialirkan melalui lapisan pasir (*drainase horizontal*) ke saluran permukaan. Berdasarkan bahan yang digunakan, drainase vertikal dapat dibedakan menjadi beberapa jenis, antara lain (Sosrodarsono, 1980) :

* Metode drainase pasir.

Metode drainase pasir terdiri dari kolom-kolom pasir yang dibuat secara vertikal dalam lapisan tanah lunak.



Gambar 4.3. Metode drainase pasir

Waktu konsolidasi ditentukan dengan rumus :

$$t = \frac{T_h}{C_v} de^2$$

dimana :

t = waktu konsolidasi (hari)

T_h = faktor waktu konsolidasi (Sosrodarsono, 1980)

C_h = koefisien konsolidasi horisontal (m²/hari)

de = panjang kolom pasir (m)

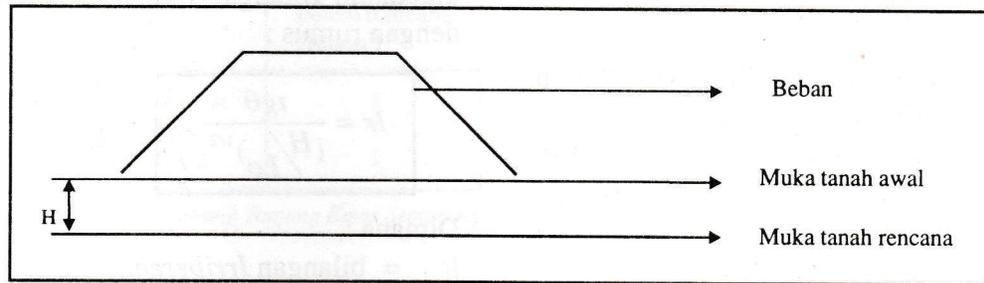
* Metode Sumbu kertas karton (*cardboard wicks method*) dan sumbu kertas plastik (*plasticboard drain method*).

Pada prinsipnya metode ini sama dengan metode drainase pasir. Perbedaannya terletak pada bahan yang digunakan. Metode ini menggunakan bahan kertas karton atau vinyl chlorida (*sintetik*).

4.3.3 Metode pra pembebanan (*preloading method*).

Metode ini diterapkan untuk mengusahakan penurunan lapisan yang lunak dan memperbesar gaya geser tanah pondasi. Untuk mengusahakan penurunan, beban ditempatkan terlebih dahulu sebelum konstruksi utama dilaksanakan.

Penimbunan beban yang sama besarnya dengan beban konstruksi yang akan dilaksanakan dan kemudian di-singkirkan sewaktu konstruksi mulai dilaksanakan. Bilamana beban penimbunan melebihi beban konstruksi yang direncanakan, maka metode ini disebut metode beban tambahan (*surchage method*).



Gambar 4.4 Metode pra pembebanan

V. KONDISI FISIK LOKASI

5.1. Analisis Pasang Surut Air Laut

5.1.1. Penentuan Muka Air Laut Rata-rata

Rumus yang digunakan:

$$\Delta H = X_{n+1} - X_n$$

$$H_a = \Delta H T$$

Dimana :

ΔH = perubahan muka air laut rata-rata tiap tahun (cm/tahun).

X_n = muka air laut rata-rata ke n.

X_{n+1} = muka air laut rata-rata tahun ke n+1

H_a = tinggi jagaan(cm).

T = Umur rencana *revetment*.

Kenaikan muka air laut rata-rata digunakan untuk menentukan tinggi jagaan bangunan *revetment* (H_a).

Tabel 5.1. Muka air Laut rata-rata (MSL)

| Tahun | Muka air laut rata-rata (Cm) |
|-------|------------------------------|
| 1985 | 81.2 |
| 1986 | 78.7 |
| 1987 | 80.5 |
| 1988 | 88.7 |
| 1989 | 95.4 |
| 1990 | 97.2 |
| 1991 | 98.7 |
| 1992 | 93.0 |

Tabel 5.2. Perubahan muka air laut rata-rata periode tahun 1985 - 1992

| No | Tahun | Permukaan Muka Air Laut (ΔH) (cm) |
|----|------------------------------|---|
| 1. | 1985 - 1986 | -2.5 |
| 2. | 1986 - 1987 | 2.0 |
| 3. | 1987 - 1988 | 8.2 |
| 4. | 1988 - 1989 | 6.7 |
| 5. | 1989 - 1990 | 1.8 |
| 6. | 1990 - 1991 | 1.5 |
| 7. | 1991 - 1992 | -5.7 |
| 8. | 1992 - 1993 | 3.3 |
| | Jumlah ($\Sigma \Delta H$) | 15.2 |
| | Rata-rata (ΔH) | 1.9 |

5.1.2. Penentuan Muka Air Laut Tertinggi

Muka air laut tertinggi diambil yang terbesar dari data yang ada, yaitu 1.35 m di atas SWL. Tabel 3.3. Perhitungan Muka Air Laut Tertinggi (HWL).

5.2. Analisis Data Gelombang

5.2.1. Penentuan Gelombang Signifikan (H_s)

Gelombang signifikan (H_s) adalah tinggi gelombang rata-rata dari 33% gelombang tertinggi dari pencatatan gelombang yang ada. H_s didapat 0.6 m. Periode gelombang signifikan (T_{33}) ditentukan dengan rumus :

$$T_{33} = T = \frac{\sum T f}{\sum f}$$

Dimana :

- T = periode gelombang rata-rata (dt)
- f = frekwensi kejadian.

didapat periode gelombangnya $T_{33} = 3$ detik.

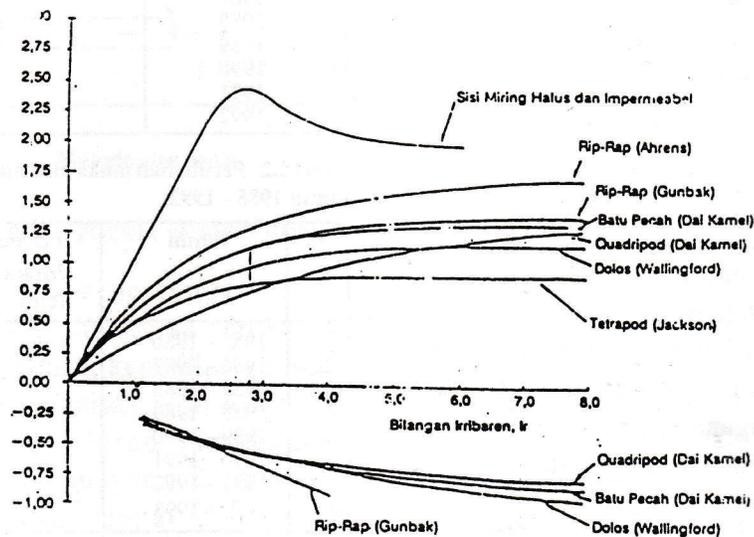
5.2.2. Penentuan Tinggi kenaikan Air (run up gelombang).

Tinggi kenaikan air ditentukan berdasarkan grafik hasil percobaan *Irriberen*. Tinggi run up gelombang (H_r) dapat ditentukan, bila bilangan *Irriberen* diketahui. Bilangan *Irriberen* ditentukan dengan rumus :

$$I_r = \frac{tg \theta}{(H/L_o)^{1/2}}$$

Dimana :

- I_r = bilangan *Irriberen*.
 - θ = sudut kemiringan sisi bangunan.
 - H = tinggi gelombang rencana (m)
 - L_o = panjang gelombang di laut dalam (m) = $1.56 T^2$
 - T = periode gelombang (detik).
- Tinggi kenaikan air yang terjadi adalah sebesar : 0.75 meter.



Perbandingan runup dan rundown relatif untuk berbagai tipe sisi miring

Grafik run up Gelombang (H_r)

5.3. Data beban

Reklamasi yang dilakukan diharapkan mampu menahan beban yang telah direncanakan. Artinya tidak terjadi penurunan atau bila ternyata masih terjadi diharapkan tidak besar, sehingga tidak membahayakan bangunan yang ada.

Tabel 5.4. Beban rencana Pekerjaan Reklamasi

| Lokasi | Beban Rencana (Ton/m ²) |
|-----------------------|-------------------------------------|
| Penimbunan Peti Kemas | 3 |
| Jalan masuk dermaga | 1 |
| Pembangunan Gedung | 1 |

Sumber : Pelindo III Cabang Tanjung Emas Semarang

5.4. Analisis Data Tanah

Dari hasil pengujian pada sampel tanah lokasi di Pelabuhan Tanjung Emas Semarang didapat harga rata-rata untuk parameter (pada lampiran data) yaitu :

$$\begin{aligned} \text{Berat isi } (\lambda_b) &= 1.470 - 1.705 \text{ gr/cm}^3 \\ \text{Berat kering } (\lambda_d) &= 0.868 - 1.202 \text{ gr/cm}^3 \\ \text{Koheesi } (c) &= 0.00 - 0.13 \text{ kg/cm}^2 \\ \text{Sudut geser dalam } (\phi) &= 14.0^\circ - 21.3^\circ \end{aligned}$$

5.5. Analisis Data Lingkungan.

Tabel 5.5. Evaluasi data lingkungan

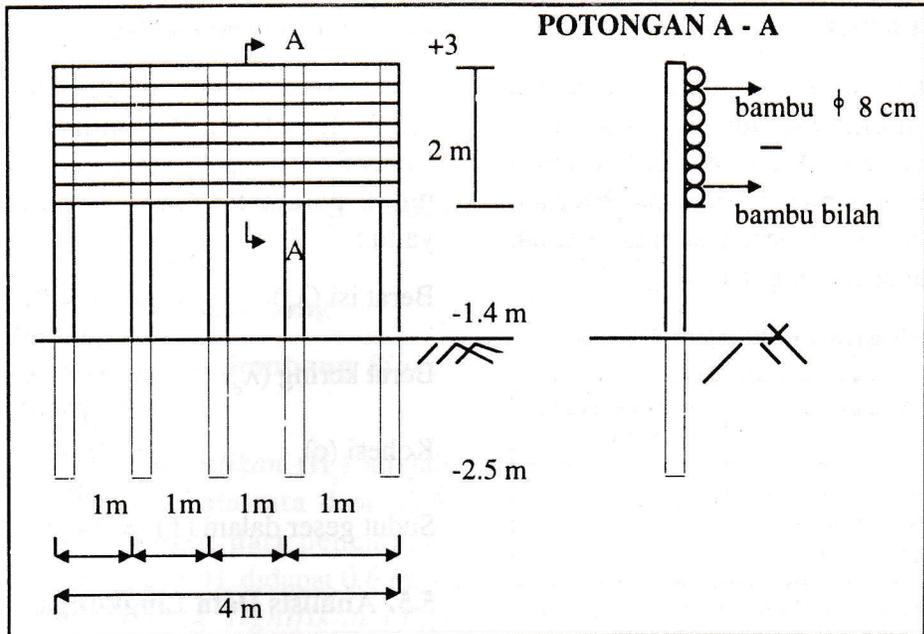
| No | Parameter | Kadar rata-rata | Batas kadar maksimal di lapangan | Pengaruh terhadap lingkungan |
|----|-----------------|-------------------------|----------------------------------|------------------------------|
| 1. | SO ₂ | 0.0787 ppm | 0.1 ppm | tidak polusi |
| 2. | No _x | 0.0524 ppm | 0.05 ppm | polusi |
| 3. | Debu | 3.793 mg/m ³ | 0.26 mg/m ³ | polusi |
| 4. | Kebisingan | 71.136 dB.A | 70 dB.A | polusi |

VI. DESAIN PERENCANAAN

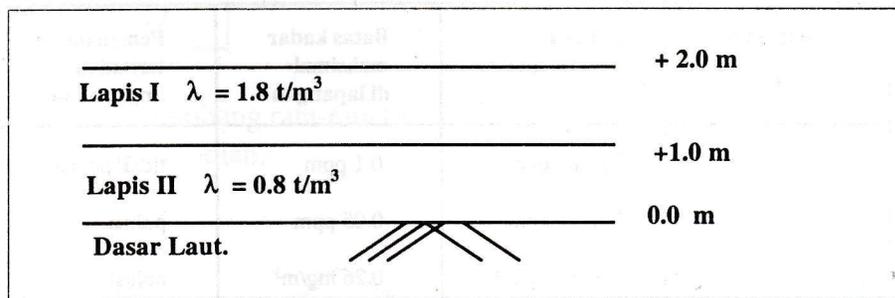
6.1. Urugan Tanah.

Urugan tanah dilakukan dengan cara menimbunkan tanah sampai pada elevasi tertentu dan dilakukan pemadatan.

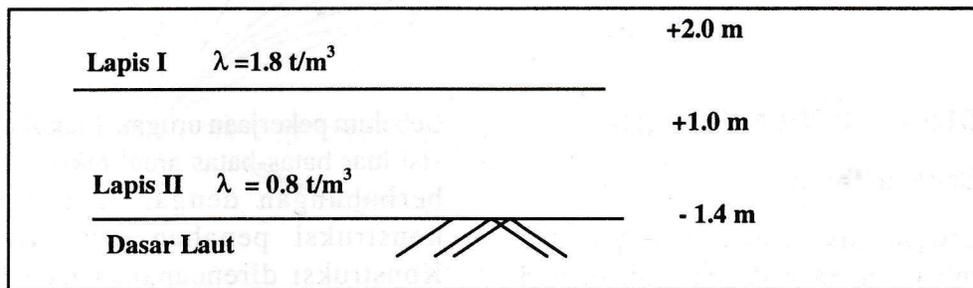
Sebelum pekerjaan urugan dilakukan, pada sisi luar batas-batas areal reklamasi yang berhubungan dengan laut dipasang konstruksi penahan arus air laut. Konstruksi direncanakan dari bambu seperti gambar berikut :



Gambar 6.1. Konstruksi Bambu Penahan Arus.



Gambar 6.2. Penghamparan untuk jalan dan lokasi gedung



Gambar 6.3. Penghamparan untuk penimbunan peti Kemas

6.2. Revetment.

Revetment dibangun pada sisi-sisi terluar areal reklamasi yang berhubungan langsung dengan laut. Tubuh *revetment* direncanakan dari batu dengan diameter tertentu.

Perencanaan meliputi :

- * Menentukan elevasi *revetment*. (H_r).

$$H_r = HWL + R_u + H_a$$

Dimana :

- H_r = elevasi *revetment*.(m)
- HWL = muka air laut tertinggi.(m)
- R_u = tinggi *run up* gelombang (m)
- H_a = tinggi jagaan (m).

- * Massa satu batu lindung (W).

$$W = \frac{\lambda_r H_s}{K_d \left(\frac{\lambda_r}{\lambda_a} - 1 \right)^3 \text{ctg} \phi}$$

Dimana :

- W = massa satu batu lindung (kg)
- λ_r = berat jenis batu lindung (kg/m^3)
- H_s = tinggi gelombang signifikan (m)
- λ_a = berat jenis air laut (kg/m^3)
- K_d = koefisien stabilitas
- ϕ = kemiringan *revetment*

- * Volume satu batu lindung (V)

$$V = \frac{W}{\lambda_r}$$

Dimana :

- V = volume satu batu lindung (m^3)
- W = massa satu batu lindung (kg)
- λ_r = berat jenis batu lindung (kg/m^3)

- * Diameter batu lindung (d)

$$r^3 = \frac{V}{4/3 \pi}$$

$$d = 2r$$

Dimana :

- V = volume satu batu lindung (m^3)
- r = jari-jari batu lindung (m)
- d = diameter batu lindung (m)

- * Menentukan tebal lapis pelindung (t).

$$t = m \cdot K_A \cdot \left(\frac{W}{\lambda_r} \right)^{1/3}$$

Dimana :

- m = jumlah lapis unit pelindung (buah)
- K_A = koefisien lapis pelindung
- W = berat unit lapis pelindung (kg)
- λ_r = berat jenis unit lapis pelindung (kg/m^3)

- * Menentukan jumlah total unit lapis pelindung pada kepala (C).

$$C = m \cdot K_A \cdot (1-n) \left(\frac{\lambda_r}{W} \right)^{2/3}$$

Dimana :

- m = jumlah lapis unit pelindung (buah)
- $K\Delta$ = koefisien lapis pelindung
- W = berat unit lapis pelindung (kg)
- λ_r = berat jenis unit lapis pelindung (kg/m^3)
- n = porositas (%)

* Menentukan lebar puncak unit pelindung (B).

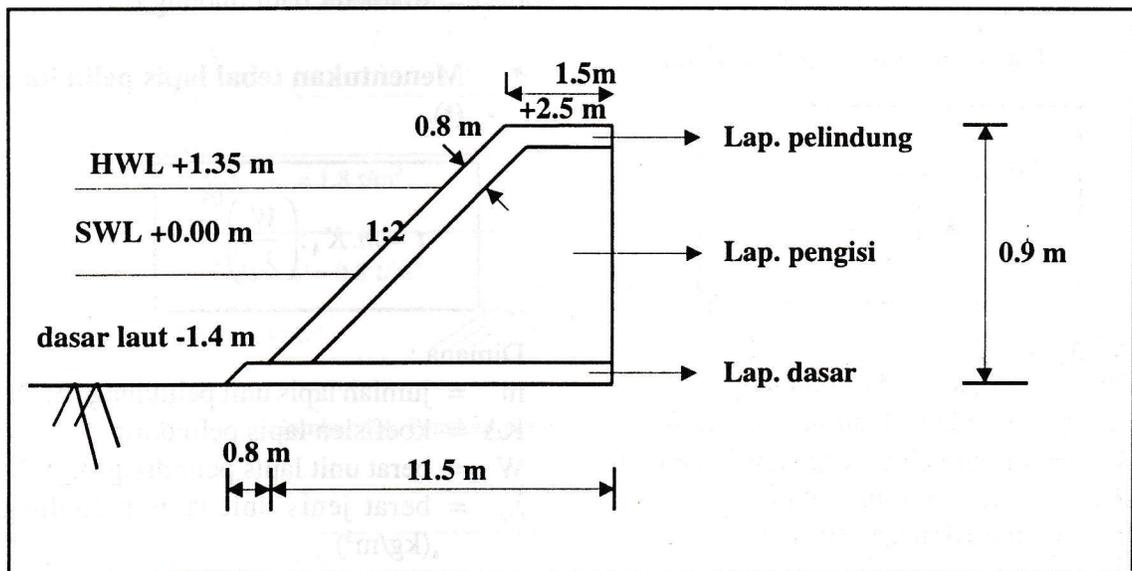
$$B = m' \cdot K_A \cdot \left(\frac{W}{\lambda_r} \right)^{1/3}$$

Dimana :

- m' = jumlah lapis unit pelindung total (buah)
- $K\Delta$ = koefisien lapis pelindung
- W = berat unit lapis pelindung (kg)
- λ_r = berat jenis unit lapis pelindung (kg/m^3)

Untuk lapis pengisi digunakan batu dengan berat yang lebih ringan dari lapis pelindung. Ini dilakukan sebagai pertimbangan ekonomi. Untuk lapis dasar digunakan batu yang sama dg batu untuk lapis pengisi.

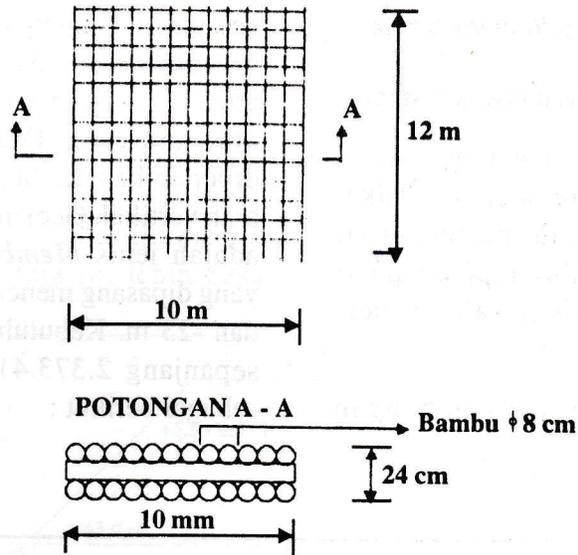
Revetment direncanakan sebagai berikut :



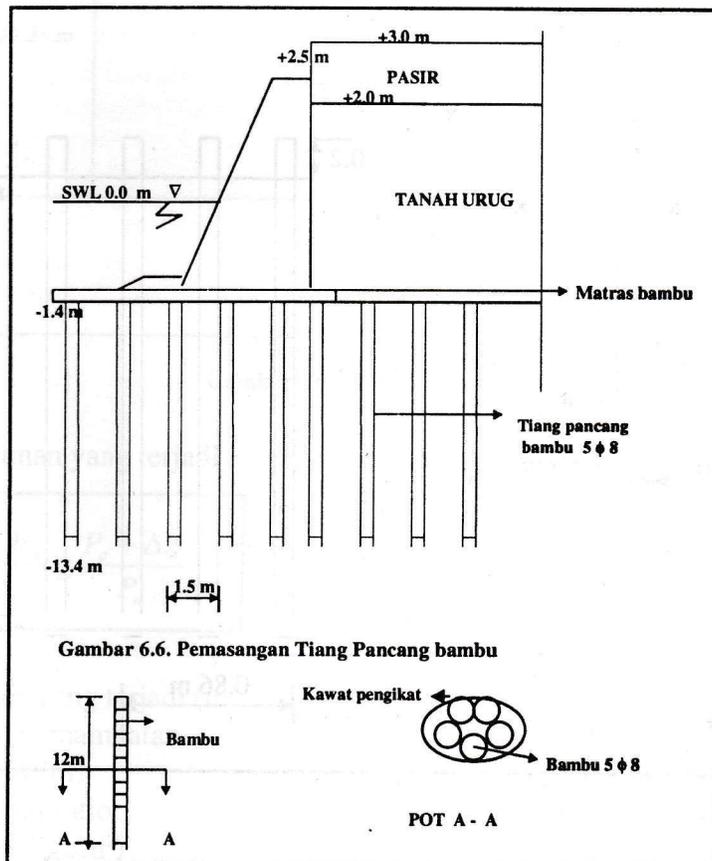
Gambar 6.4. Potongan Melintang Desain

Revetment dibangun di atas matras bambu yang ditopang oleh beberapa tiang pancang dari bambu jaga.

Konstruksi dari matras dan tiang pancang bambu direncanakan sebagai berikut :



Gambar 6.5. Matras Utama



Gambar 6.6. Pemasangan Tiang Pancang bambu

Gambar 6.7. Konfigurasi Tiang pancang bambu

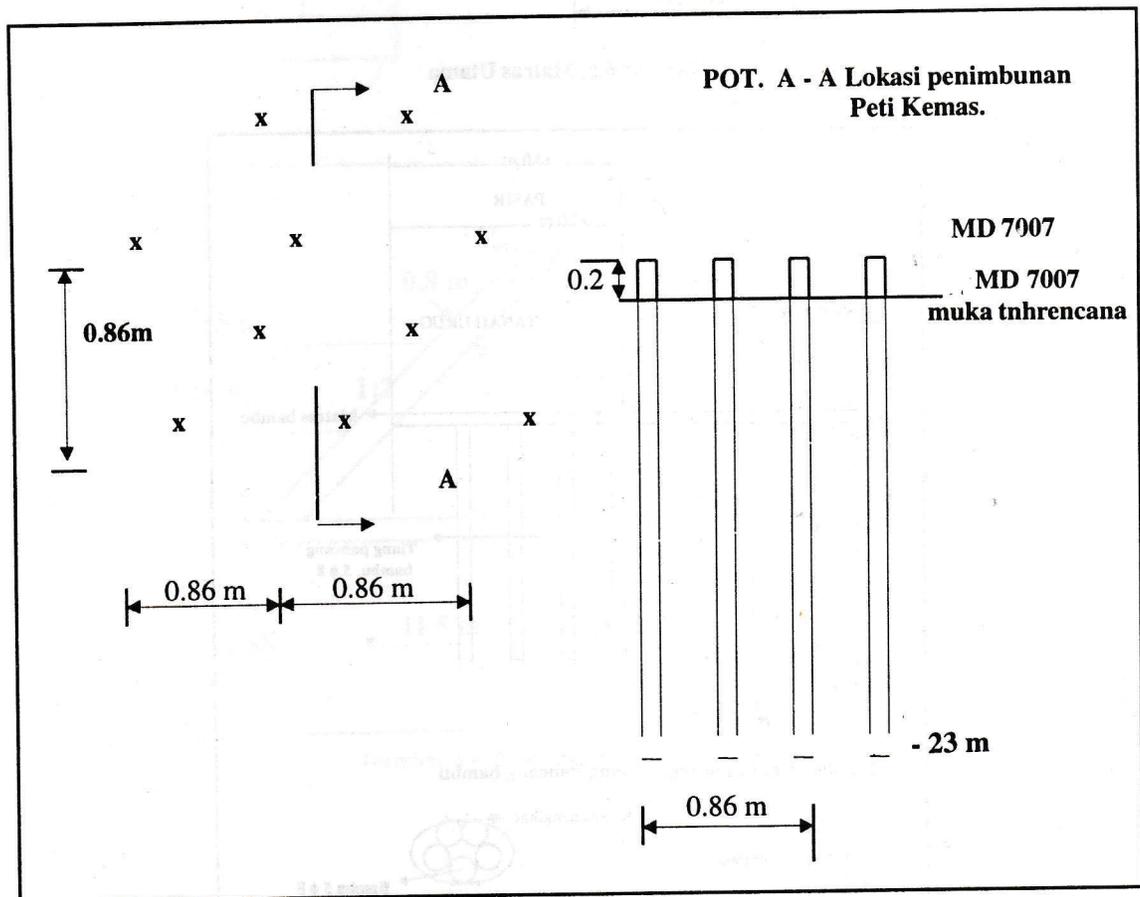
6.3. Perbaikan sifat *settlement* tanah

6.3.1. Drainase vertikal (*vertical drain*)

Drainase vertical berfungsi untuk mengalirkan air tanah secara vertikal ke permukaan timbunan, kemudian air akan dialirkan melalui lapisan pasir (*drainase horisontal*) ke saluran permukaan.

Pada reklamasi pengembangan

pelabuhan Tanjung Emas Semarang, jenis drainase vertikal yang digunakan adalah metode sumbu kertas plastik atau sintetis. Drainase vertikal ini ditanamkan ke tanah timbunan dalam arah vertikal. Geosintetik yang digunakan adalah jenis *Membra Drain MD 7007* yang dipasang mencapai kedalaman -10 m dan -23 m. Kebutuhan bahan sintetis ini sepanjang 2.373.410 m. Direncanakan sebagai berikut :



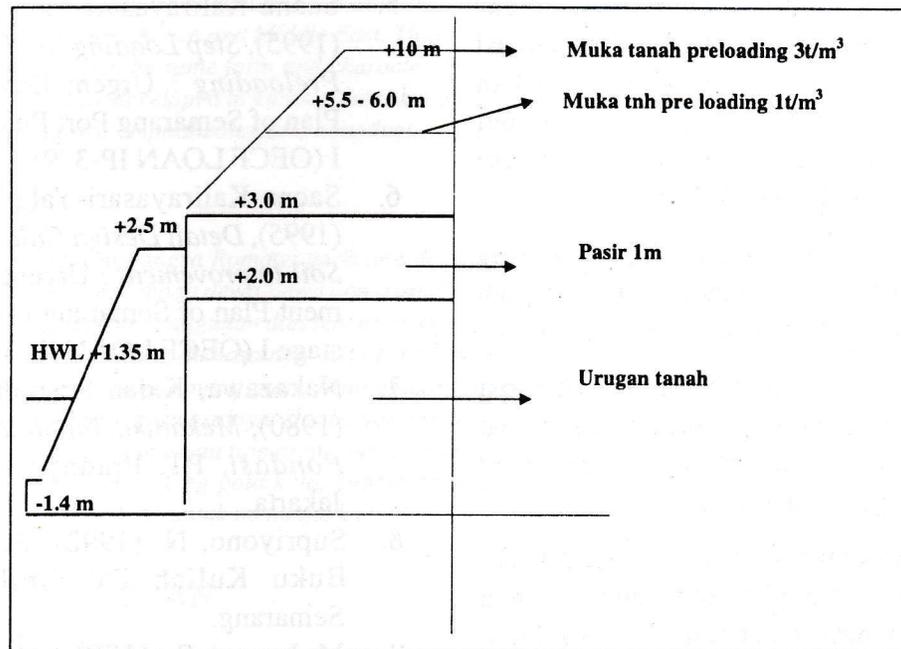
Gambar 6.8. Penempatan drainase vertikal

6.3.2. Pembebanan awal (*pre loading*).

Metode ini berfungsi untuk mempercepat penurunan yang terjadi dengan pemberian beban tambahan di atas tanah timbunan. Beban ini hanya bersifat sementara. Diharapkan bila pembebanan sementara ini lebih besar

daripada beban konstruksi yang direncanakan, maka penurunan sisa menjadi sangat kecil.

Pada proyek reklamasi ini, pre loading diberikan pada daerah lapangan penumpukan peti kemas 3 ton/m². Dapat dilihat pada gb berikut :



Gambar 4.9 Pembebanan Awal

Besarnya penurunan yang terjadi :

$$S = \frac{Cc \cdot h}{1 + e_o} \log \frac{P_o + \Delta P}{P_o}$$

Dimana :

- S = penurunan yang terjadi (m)
- Cc = koefisien pemampatan
- h = kedalaman (m)
- e_o = natural void ratio
- P_o = beban tanah (t/m²)
- ΔP = pre loading (t/m²)

Waktu penurunan ditentukan sebagai berikut :

$$t = \frac{T_h}{C_v} d_e^2$$

Dimana :

- t = waktu penurunan (hari)
- T_h = faktor waktu konsolidasi horisontal
- C_v = koefisien konsolidasi (m²/hari)
- d_e = panjang efektif drainase vertikal (m)

VII. KESIMPULAN

1. Gelombang yang terjadi di pantai utara Semarang rata-rata tidak tinggi dan arus laut juga kecil, sehingga reklamasi dapat dilakukan dengan tanpa membuat tanggul terlebih dahulu (*blanket filling*).
2. Untuk mempercepat proses konsolidasi pada tanah hasil reklamasi maka perlu dilakukan perbaikan tanah. Perbaikan tanah itu dapat berupa drainase horisontal, drainase vertikal dan *pre loading*.
3. Besarnya penurunan (*settlement*) yang terjadi pada perancangan ini adalah 100 - 120 cm dalam waktu 6 bulan.
4. Untuk mencegah terjadinya erosi tanah reklamasi pada sisi luar akibat air laut maka perlu dibuat *revetment* sebagai pengaman.
5. Untuk mengalirkan air limpasan curah hujan di permukaan pada areal reklamasi maka perlu dibuat saluran drainase permukaan.

DAFTAR PUSTAKA

1. Sacna-Kalirayasari-Yala-Teguh,Jo. (1995), *Work Method of Reclamation: Urgent Development Plan of Semarang Port Phase II stage I* (OEFC LOAN IP-379).
2. Sacna-Kalirayasari-Yala-Teguh,Jo. (1995), *Work Method of Construction Revetment : Urgent Development Plan of Semarang Port Phase II stage I* (OEFC LOAN IP-379).
3. Sacna-Kalirayasari-Yala-Teguh,Jo. (1995), *Work Method of Soil Improvement : Urgent Development Plan of Semarang Port Phase II stage I* (OEFC LOAN IP-379).
4. Sacna-Kalirayasari-Yala-Teguh,Jo. (1995), *Installation Method of Vertical Drain : Urgent Development Plan of Semarang Port Phase II stage I* (OEFC LOAN IP -379).
5. Sacna-Kalirayasari-Yala-Teguh,Jo. (1995), *Step Loading Analysis on the Preloading : Urgent Development Plan of Semarang Port Phase II stage I* (OEFC LOAN IP-379).
6. Sacna-Kalirayasari-Yala-Teguh,Jo. (1995), *Detail Design Calculation for Soil Improvement : Urgent Development Plan of Semarang Port Phase II stage I* (OEFC LOAN IP-379).
7. Nakazawa, K.dan Sosrodarsono S. (1980), *Mekanika Tanah dan Teknik Pondasi*, PT. Pradnya Paramita, Jakarta.
8. Supriyono, N. (1992), *Pelabuhan*. Buku Kuliah FT Sipil Undip, Semarang.
9. Melanovi S. (1996), *Reklamasi Pantai menyebabkan banjir ?*, Majalah Konstruksi, edisi Agustus 1996 hal 77 - 78.
10. Purba A. (1997), *Reklamasi Meningkatkan Usaha Pendayagunaan*, Majalah Konstruksi, Edisi Februari (1997) hal 30-31.
11. Yusanti R. (1997), *Bambu sebagai bahan rekayasa*, Majalah Konstruksi, Edisi Juli 1996, hal 35 - 59.
12. *Perlu Studi Amdal Sebelum Lakukan Reklamasi*, Harian Suara Merdeka, 2 Juli 1996, Hal 2.
13. Pelabuhan Indonesia (Pelindo) III Cabang Tanjung Emas Semarang.