

KAJIAN GEOTEKNIK STRUKTUR BAWAH BANGUNAN RUANG GENSET DI PELABUHAN TANJUNG EMAS SEMARANG

Anggoro Setyo Pratomo, Dwi Purnamajati, Indrastono Dwi Atmono ^{*)}, Himawan Indarto ^{*)}

Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro
Jl. Prof Soedarto, Tembalang, Semarang. 50239, Telp.: (024)7474770, Fax.: (024)7460060

ABSTRAK

Salah satu fasilitas andalan Pelabuhan Tanjung Emas adalah Terminal Peti Kemas dengan lapangan penumpukan yang merupakan pusat handling peti kemas. Bila dilihat kecenderungan arus barang melalui pelabuhan setiap tahunnya mengalami peningkatan. Untuk meningkatkan kinerja dibutuhkan suatu pusat ruangan genset untuk e-RTG (Electrified Rubber Tyred Gantry Cranes) dan CC (Container Crane). Karena itu, perlu adanya pembangunan Ruang Genset di Terminal Peti Kemas agar aktivitas bongkar muat semakin lancar. Sebelum dilakukan pembangunan gedung ruang genset Terminal Peti Kemas, terlebih dahulu dilakukan evaluasi terhadap geoteknik dan struktur dari gedung tersebut. Bagian struktur atas didesain menggunakan SRPMK dengan metode Strong Coloumn Weak Beam, sedangkan pondasinya dibalut pilecap dengan tiang pancang beton sampai kedalaman 20 m. Dari hasil analisis yang dilakukan, geoteknik dan struktur gedung mampu menahan beban yang diakibatkan gedung tersebut. Penurunan konsolidasi di area Terminal Peti Kemas Semarang adalah 8,17 cm dengan waktu konsolidasi adalah 17 bulan 16 hari, Sehingga harus dilakukan pemadatan tanah (compaction) untuk menambah kerapatan tanah.

kata kunci : *Gedung, Struktur, Geoteknik, Terminal Peti Kemas, Pelabuhan Tanjung Emas*

ABSTRACT

One of Tanjung Emas Port's primary facility is container terminal yard used as center of container handling. The traffic of goods increase year by year. For increasing performance it needs center of generator room for e-RTG (Electrified Rubber Tyred Gantry Cranes) and CC (Container Crane). Therefore it is needed to build Generator Room at Container Terminal so that the activity of unloading and loading is getting easier. Before build Generator Room at Container Terminal, first we evaluated geotechnic and the structure of building. The part of upper structure design uses SRPMK with Strong Coloumn Weak Beam method, for foundation consists of pilecap with concrete pile until depth 20 m. From the result of analysis geotechnic and building structure can hold the load of the building. The consolidation settlement at Container Terminal Semarang area is 8,17 cm with time's consolidation is 17 mounths 16 days, so it must be compacted to increase its density.

^{*)} Penulis Penanggung Jawab

keywords: *The Building, Structure, Geotechnic, Container Terminal, Tanjung Emas Port*

PENDAHULUAN

Pelabuhan adalah tempat yang terdiri dari daratan dan perairan disekitarnya dengan batas tertentu sebagai tempat kegiatan pemerintahan dan kegiatan ekonomi yang dipergunakan sebagai tempat kapal bersandar, berlabuh, naik turun penumpang dan bongkar muat barang yang dilengkapi dengan fasilitas keselamatan pelayaran dan kegiatan penunjang pelabuhan serta sebagai tempat perpindahan intra dan antar moda transportasi. Oleh karena itu diperlukan analisis geoteknis yang tepat agar tidak terjadi kesalahan perencanaan pada infrastruktur tersebut, terutama pada perencanaan struktur bawah bangunan. Pada bangunan penyimpan Genset di Pelabuhan Tanjung Emas akan di bangun bangunan terdiri dari 2 Lantai di atas tanah lunak tersebut apakah akan mengalami penurunan tanah. Karena di daerah Pelabuhan rawan penurunan tanah, maka harus direncanakan sebuah pondasi yang mampu menopang bangunan dan tetap stabil menahan kondisi tanah yang sangat lunak.

KAJIAN PUSTAKA

Tanah sebagai dasar berdirinya satu pekerjaan konstruksi sering mengalami masalah pergerakan tanah, terutama terjadi pada tanah-tanah dengan kondisi lunak.

Ruang lingkup Desain Struktur dan Geoteknik Gedung *Operational Room* Terminal Peti Kemas Semarang, meliputi :

1. Kajian teknis struktur portal beton bertulang (kolom dan balok).
2. Kajian teknis pelat atap dan pelat lantai.
3. Kajian perencanaan pondasi.
4. Analisa Geoteknik
5. Prediksi Penurunan Tanah

Dasar perhitungan perencanaan struktur bangunan gedung. Untuk mendapatkan persamaan-persamaan dalam menentukan besar pembebanan yang dianggap bekerja pada struktur, dengan mempelajari berbagai standar yang digunakan antara lain :

1. Persyaratan Beton Struktural Untuk Bangunan Gedung (SNI 03-2847-2013)
2. Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Struktur Gedung dan Non Gedung (SNI 03-1726-2012).
3. Beban Minimum Untuk Perancangan Bangunan Gedung dan Struktur Lain (SNI 1727-2013)
4. Analisa Data Sondir dari Laboratorium Politeknik Negeri Semarang dan Data Boring dari Laboratorium Mekanika Tanah Teknik Sipil, Universitas Diponegoro.

METODOLOGI

Metodologi pelaksanaan dalam Tugas Akhir ini meliputi:

1. Identifikasi masalah dan survai lapangan
2. Pengumpulan studi pustaka tentang panduan bangunan terhadap gempa sebagai bahan referensi dan literature untuk penunjang perhitungan daya dukung pondasi dan Penurunan tanah yang terjadi tiap tahunnya.
3. Inventarisasi kebutuhan data

4. Pengumpulan data :
 - a. Data primer : kondisi/situasi lokasi bangunan saat ini, luas lokasi pembangunan dan kondisi tanah
 - b. Data sekunder : peta situasi, denah lokasi pembangunan, populasi masyarakat, keadaan tanah, jarak bibir pantai dengan bangunan, data tanah, dan elevasi permukaan tanah.
5. Analisis data :
 - a. Perhitungan kategori resiko bangunan gedung untuk beban gempa
 - b. Perhitungan struktur atas
 - c. Perhitungan Balok
 - d. Perhitungan Pondasi
6. Analisa data sondir dan Data Boring
7. Analisa daya dukung tanah
8. Analisa Penurunan Tanah

PENYAJIAN DAN ANALISA DATA

Analisis Data

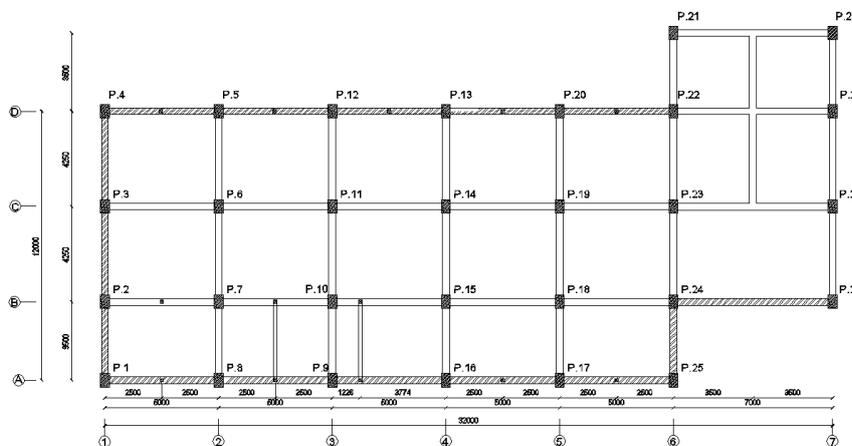
Hasil dari analisa data boring dan sondir dapat dinyatakan dalam *Summary of Soil Data* dari kedalaman -0,00 m s/d -20,00 m, sebagai berikut :

Tabel 1. *Summary of Soil Data* sampai -20,00 m

Kedalaman (m)	G _s	γ _b (t/m ³)	γ _d (t/m ³)	e	cc
0,00 s/d 1,80	2,59	1,700	1,600	1,93	0,70
1,80 s/d 4,40	2,59	1,700	1,600	1,93	0,70
4,40 s/d 20,00	2,60	1,600	1,500	1,74	0,54

Analisis Pembebanan Struktur Atas

Setelah melakukan analisa pembebanan struktur atas, pada Proyek Pembangunan Gedung Operational Room Terminal Peti Kemas Semarang, maka dilakukan perhitungan dengan software struktur untuk mendapatkan nilai beban terpusat pada kolom.

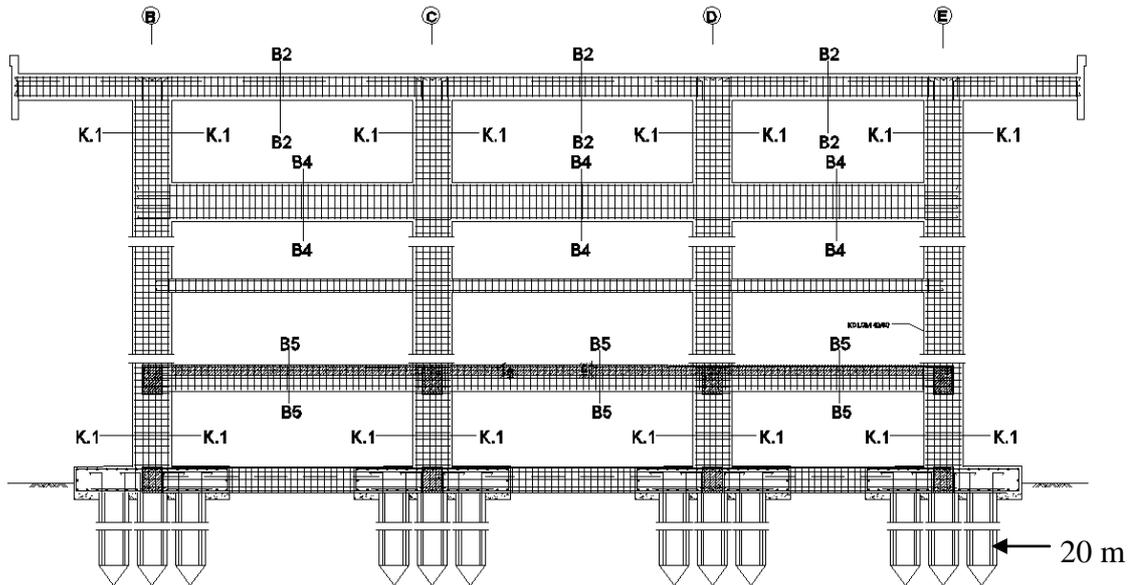


Gambar 1. Denah Titik Kolom

Nilai beban terpusat maksimal pada kolom dengan perhitungan Software Struktur adalah P25 48,09 ton.

Tampak Melintang Struktur Portal dan Pondasi

Gambar dari struktur portal dan pondasi tiang pancang, sebagai berikut :



Gambar 2. Detail Portal as 8

Tabel 2. Keterangan Dimensi Struktur

No.	Type	Dimensi (mm)
1.	K1	400 x 600
2.	B2	300 x 500
3.	B4	400 x 600
4.	B5	300 x 400

Perencanaan Pondasi

Perhitungan daya dukung tanah :

Berdasarkan Hasil Sondir/*Cone Penetration Test* (CPT)

Perhitungan Q_{all} untuk tiang akan ditinjau melalui tiga buah rumus perhitungan daya dukung tanah.

Dari data sondir hingga kedalaman – 20,00 m diperoleh :

- Nilai Total Friksi = 606 kg/cm
- Nilai Tahanan Conus = 20,00 kg/cm²

Perhitungan Q_{all}

1. *Meyerhoff*

$$Q_{ult} = q_c \cdot A_c + f_s \cdot O_c \dots \dots \dots (1)$$

$$Q_{all} = Q_{ult}/2,5$$

dimana :

- Q_{ult} = daya dukung ijin (ton)
- qc = conus resistance (kg/cm²)
- Ac = luas penampang tiang pancang (cm²)
- fs = total friction (kg/cm)
- Oc = keliling penampang (cm)

$$Q_{ult} = 20 \cdot 1589,62 + 606 \cdot 141,3 = 117420,2 \text{ kg}$$

$$Q_{all} = 117420,2 / 2,5 = 46968,08 \text{ kg} = 46,97 \text{ ton}$$

2. *Begemann*

$$Q_{all} = \frac{qc \times Ac}{SF1} + \frac{fs \times Oc}{SF2} \dots\dots\dots (2)$$

dimana :

- Q_{all} = daya dukung ijin (ton)
- qc = conus resistance (kg/cm²)
- Ac = luas penampang tiang pancang (cm²)
- fs = total friction (kg/cm)
- Oc = keliling penampang (cm)
- SF = faktor keamanan, diambil 3 dan 5

$$Q_{all} = \frac{20 \times 1589}{3} + \frac{606 \times 141,3}{5} = 27718 \text{ kg} = 27,72 \text{ ton}$$

$$Q_{all} = 27,72 \text{ ton}$$

3. *Trofimankhoffe*

$$Q_{all} = \frac{Kb \cdot qc \cdot Ac + (fs / Kd) \cdot Oc}{2,5} \dots\dots\dots (3)$$

dimana :

- Q_{all} = daya dukung ijin (ton)
- Kb = 0,5 – 1, untuk tiang pancang beton diambil 0,75
- qc = conus resistance (kg/cm²)
- Ac = luas penampang tiang pancang (cm²)
- fs = total friction (kg/cm)
- Kd = koefisien tekanan lateral (1,5 – 3), diambil 1,5
- Oc = keliling penampang (cm)

$$Q_{all} = \frac{0,75 \cdot 20 \cdot 1589 + (606/1,5) \cdot 141,3}{2,5}$$

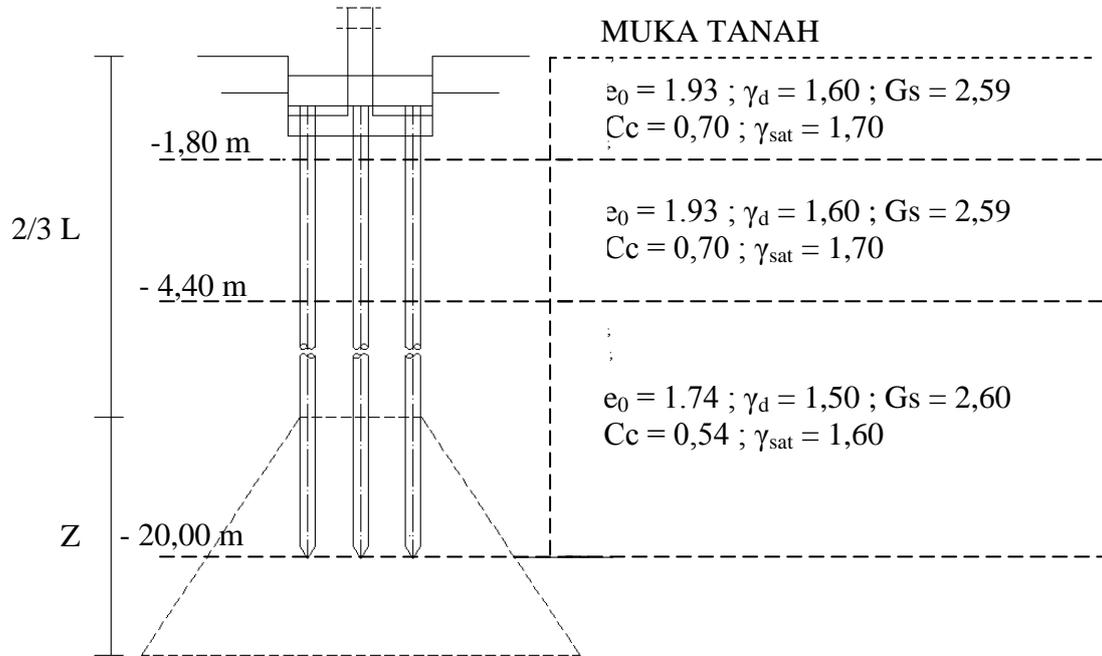
$$= 32368,08 \text{ kg} = 32,36 \text{ ton}$$

Kesimpulan :

Dari perbandingan hasil perhitungan nilai daya dukung tanah sebelumnya, diambil nilai daya dukung tanah terkecil, yaitu 27,72 ton.

Prediksi Penurunan (Settlement)

Penurunan (*Settlement*) merupakan sebuah masalah yang sering muncul dalam suatu proyek konstruksi, baik itu gedung, jembatan, dermaga, landasan kapal terbang dan lain-lain. Analisa penurunan dimaksudkan untuk memperkirakan turunnya suatu konstruksi atau bangunan sebagai akibat dari konsolidasi tanah.



Gambar 3. Penurunan Tanah

1. Penurunan Segera atau Langsung

Penurunan segera adalah penurunan yang disebabkan oleh adanya pembebanan baik itu beban bangunan yang berada diatas pondasi maupun berat sendiri pondasi tanpa disertai dengan keluarnya air pori didalam tanah sebagai perletakan pondasi. Penurunan segera dapat dihitung dari sebuah persamaan dari Teori Elastisitas Timoshenko dan Goodier (1951) sebagai berikut :

$$S_i = q \cdot B \left(\frac{1 - \mu^2}{E_s} \right) \cdot I_w \dots\dots\dots(4)$$

dimana :

- q = beban merata yang bekerja pada pondasi
- B = lebar pondasi
- Iw = faktor pengaruh tergantung bentuk dan kekakuan pondasi (0,95)
- μ = angka *poisson's ratio* (0,35)
- Es = sifat elastisitas tanah (10,5 Mpa = 10500 ton/m²)

$$S_i = q \cdot B \left(\frac{1 - \mu^2}{E_s} \right) \cdot I_w$$

$$= 18,38 \text{ ton/m}^2 \cdot 2,36 \text{ m} \left(\frac{1 - 0,35^2}{10500 \text{ ton/m}^2} \right) 0,95$$

$$= 0,0035 \text{ m}$$

= 0,35 cm

2. Penurunan Konsolidasi

Penurunan konsolidasi adalah penurunan yang disebabkan oleh pembebanan baik itu beban / berat bangunan yang berada diatas pondasi maupun berat sendiri pondasi yang disertai dengan keluarnya air pori. Adapun persamaan mencari penurunan / *settlement* menurut buku [Braja M. Das] *Principles of Foundation Engineering* (tanah normal konsolidasi) yaitu :

$$S = \frac{H.Cc}{1 + e_o} \cdot \log \frac{P_o + \Delta P'}{P_o} \dots\dots\dots(5)$$

dimana :

- S = penurunan / *settlement* (cm)
- Cc = indeks kompresi tanah
- H = tebal lapisan tanah
- e_o = angka pori
- P_o = tekanan efektif (ton/m²)

Data konsolidasi :

Cv = Koefisien konsolidasi = 0,001474 cm²/menit

$$S_1 = \frac{H.Cc}{1 + e_o} \cdot \log \frac{P_o + \Delta P'}{P_o} = \frac{1,8.0,70}{1 + 1,93} \cdot \log \frac{12,44 + 1309,81}{12,44}$$

= 0,87 cm

$$S_2 = \frac{H.Cc}{1 + e_o} \cdot \log \frac{P_o + \Delta P'}{P_o} = \frac{2,6.0,70}{1 + 1,93} \cdot \log \frac{12,44 + 1309,81}{12,44}$$

= 1,26 cm

$$S_3 = \frac{H.Cc}{1 + e_o} \cdot \log \frac{P_o + \Delta P'}{P_o} = \frac{15,6.0,54}{1 + 1,74} \cdot \log \frac{12,44 + 1309,81}{12,44}$$

= 6,23 cm

Jadi, S_{total} = S_i + S₁ + S₂ + S₃ = 0,35 cm + 0,87 cm + 1,26 cm + 6,23 cm
= 8,71 cm

Waktu yang diperlukan untuk mencapai derajat konsolidasi :

U = 50 % → T₅₀ = 0,197

$$t_{50} = \frac{T_{50} * d^2}{C_v} = \frac{0,197 * 283,5^2}{0,001474 * 365 * 24 * 3600} = 0,34 \text{ tahun} = 4 \text{ bulan } 3 \text{ hari}$$

U = 80 % → T₈₀ = 0,567

$$t_{80} = \frac{T_{80} * d^2}{C_v} = \frac{0,567 * 283,5^2}{0,001474 * 365 * 24 * 3600} = 0,98 \text{ tahun} = 11 \text{ bulan } 23 \text{ hari}$$

U = 90 % → T₉₀ = 0,848

$$t_{90} = \frac{T_{90} * d^2}{C_v} = \frac{0,848 * 283,5^2}{0,001474 * 365 * 24 * 3600} = 1,46 \text{ tahun} = 17 \text{ bulan } 16 \text{ hari}$$

KESIMPULAN

Kesimpulan yang dapat diambil oleh penulis dari data-data dan analisis Proyek *Operational Room* Terminal Peti Kemas Semarang, adalah sebagai berikut :

1. Proyek *Operational Room* Terminal Peti Kemas Semarang di desain menggunakan SRPMK dengan metode *Strong Coloumn-Weak Beam*.
2. Wilayah disekitar proyek ini memiliki lapisan tanah lumpur dan pasir yang sangat lembek sampai kedalaman 20 m. Hal ini dapat diketahui dari hasil penyelidikan sondir di lokasi proyek dan sekitaran proyek yang menunjukkan bahwa hingga kedalaman 20 m tekanan *conus* $< 20 \text{ kg/cm}^2$.
3. Penurunan konsolidasi akibat beban bangunan pada geoteknik *Operational Room* Terminal Peti Kemas Semarang adalah 8,71 cm dalam 17 Bulan 16 hari, untuk itu harus dilakukan pemadatan tanah (*compaction*).

SARAN

Penulis bermaksud memberikan beberapa saran yang berkaitan dengan Proyek *Operational Room* Terminal Peti Kemas Semarang, sebagai berikut:

1. Sebagai dasar perancangan struktur bawah bangunan, sebaiknya dilakukan secara menyeluruh (sondir, *boring* dan *Consolidadation Test*). Hal ini akan memberikan gambaran yang lebih lengkap akan kondisi nyata dari suatu lapisan tanah.
2. Untuk perencanaan tipe pondasi hendaknya minimal menggunakan 3 buah tiang pancang dalam group pilecapnya agar seimbang dan mampu menahan pembebanan bangunan diatasnya dengan baik dan kuat.
4. Karena pengaruh penurunan yang cukup tinggi di kawasan Pelabuhan Tanjung Emas Semarang, maka disarankan untuk melakukan pemadatan (*compaction*) dan *grouting* untuk meningkatkan kerapatan tanah. sehingga bangunan dapat berfungsi baik dan sesuai dengan umur rencana bangunan.

DAFTAR PUSTAKA

- Badan Standardisasi Nasional, 2013. *Persyaratan Beton Struktural untuk Bangunan Gedung*, SNI 2847-2013, BSN, Bandung
- Badan Standardisasi Nasional, 2012. *Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non Gedung*, SNI 03-1726-2012, BSN, Bandung.
- Badan Standardisasi Nasional, 2013. *Beban Minimum Untuk Perancangan Bangunan Gedung dan Struktur Lain*, SNI 1727-2013, BSN, Bandung.
- Dewobroto, Wiryanto, 2007. *Aplikasi Rekayasa Kontruksi dengan SAP 2000*. Jakarta: Penerbit Elex Media Komputindo.
- Kusuma, Gideon, 1995. *Grafik dan Tabel Perhitungan Beton Bertulang Berdasarkan SK SNI T-15-1991-03 Seri Beton 4*, Erlangga, Jakarta.
- Sidharta, 1997. *Rekayasa Fundasi II Fundasi Dangkal dan Fundasi Dalam*. Jakarta: Gunadarma.
- Braja M. Das., 2007. *Principles of Foundation Engineering*, Thomson Canada Limited, United States America.