

# KORELASI NILAI N-SPT TERHADAP SIFAT – SIFAT FISIK DAN MEKANIS TANAH

Eduard Asna Padagi <sup>1)</sup> Eka Priadi <sup>2)</sup> Aprianto <sup>2)</sup>

## Abstrak

Salah satu parameter dari kemampuan daya dukung suatu tanah adalah kepadatan tanah. Yang paling umum dan banyak dilakukan untuk mencari kepadatan suatu tanah adalah dengan metode sondir (*Cone Penetration Test*) dan Standard Penetration Test (SPT). Sifat-sifat fisik dan mekanis tanah dapat diketahui berdasarkan uji laboratorium dengan menguji sampel tanah yang didapat dari pengeboran dilapangan. SPT dengan pengeboran dapat dilakukan secara bersamaan pada satu titik pengeboran. Oleh karena itu dapat diketahui secara bersamaan nilai N-SPT dengan sifat-sifat fisik dan mekanis tanah tersebut.

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk melihat dan membandingkan hubungan antara nilai N-SPT yang didapat dilapangan terhadap sifat-sifat fisik dan mekanis tanah pada jenis tanah yang berbeda. Penelitian ini menggunakan data sekunder, yaitu data yang berasal dari pekerjaan penyelidikan tanah dengan metode SPT yang dilakukan oleh laboratorium Mekanika Tanah Fakultas Teknik Universitas Tanjungpura Pontianak. pekerjaan yang dilakukan lokasinya tersebar di seluruh wilayah provinsi Kalimantan Barat dengan jumlah sampel sebanyak 372 tabung. Sifat-sifat fisik dan mekanis tanah yang dikorelasikan dengan N-SPT adalah  $\gamma_d$ ,  $\gamma_m$ ,  $C_c$ ,  $C_v$ ,  $q_u$ ,  $c$ , dan  $\phi$ .

Hasil dari korelasi antara N-SPT dengan sifat-sifat fisik dan mekanis tanah menunjukkan korelasi yang sangat kuat. Hal ini ditunjukkan dengan nilai regresi yang mencapai nilai  $\geq 0,75$ . Pada tanah lempung korelasi antara N-SPT dengan sifat-sifat fisik dan mekanis tanah menunjukkan bahwa peningkatan nilai N-SPT ditunjukkan dengan meningkatnya kuat geser tanah seperti nilai kohesi dan sudut geser dalam tanah meningkat. Selanjutnya peningkatan N-SPT akan diikuti oleh meningkatnya nilai daya dukung tanah seperti berat volume tanah kering maupun berat volume tanah basah. Tetapi peningkatan nilai N-SPT akan diikuti dengan menurunnya angka koefisien kompresi dan koefisien konsolidasi yang ditunjukkan dengan menurunnya harga  $C_c$  dan  $C_v$ . Hal ini menjelaskan bahwa adanya hubungan yang kuat antara N-SPT dengan sifat-sifat fisik dan mekanis tanah.

**Kata Kunci:** N-SPT, daya dukung, kuat geser.

## 1. PENDAHULUAN

Didalam dunia rekayasa geoteknik, tanah memiliki peranan yang sangat penting. Selain sebagai penyangga, tanah dapat pula berfungsi sebagai bahan konstruksi itu sendiri. Beban suatu struktur akan diteruskan oleh pondasi ke tanah, dimana tanah diharapkan mampu mendukung beban tersebut. Perencanaan suatu konstruksi memerlukan beberapa data sifat fisik dan mekanis tanah yang diperoleh dari hasil penyelidikan tanah di lapangan maupun di laboratorium.

Penyelidikan tanah dilakukan untuk mendapatkan informasi berupa data tanah

yang diperlukan, baik untuk perencanaan maupun untuk pelaksanaan. Adanya data tanah akan mempermudah perencanaan dan menganalisa *sub-struktur* (bagian bawah bangunan). Di samping itu, data yang diperoleh setidaknya dapat dijadikan pembandingan, khususnya terhadap penyelidikan-penyelidikan tanah yang sejenis.

Salah satu parameter dari kemampuan daya dukung suatu tanah adalah kepadatan tanah. Telah banyak metode-metode pengujian yang dapat dilakukan untuk mencari kepadatan suatu tanah. Yang paling umum dan banyak dilakukan

1. Alumni Prodi Teknik Sipil FT Untan

2. Dosen Prodi Teknik Sipil FT Untan

adalah metode pengujian Sondir (*Cone Penetration Test / CPT*) dan *Standard Penetration Test* (SPT). Data-data yang dihasilkan dari pengujian ini diperlukan untuk mencari kemampuan daya dukung yang di miliki tanah tersebut.

*Standard Penetration Test* (SPT) pada mulanya digunakan untuk menentukan kepadatan relatif dari tanah yang berbutir kasar, yang pada akhirnya berkembang sebagai salah satu cara yang berlaku pula untuk menentukan konsistensi dari tanah yang berbutir halus. Dengan pengujian tersebut kita dapat menentukan kedalaman tiang yang harus ditanam dan daya dukung tiang baik tahanan ujungnya maupun tahanan gesernya.

Sifat fisik dan mekanis tanah dapat diketahui berdasarkan uji laboratorium. Pengambilan sampel dapat dilakukan untuk setiap kedalaman tanah. Oleh sebab itu dapat diketahui secara bersamaan nilai N-SPT dengan sifat-sifat fisik dan mekanis tanah.

Untuk aplikasi dilapangan dan dapat dipergunakan secara luas oleh para ahli teknik sipil maka akan dibuat hubungan diantara keduanya. Oleh sebab itu dalam penulisan skripsi ini, penulis mencoba membahas tentang “Korelasi Nilai N-SPT Terhadap Sifat-Sifat Fisik dan Mekanis Tanah”.

Berdasarkan uraian diatas maka dapat ditentukan pembatasan masalah dalam penulisan tugas akhir ini adalah :

1. Data yang digunakan adalah data sekunder.
2. Penelitian ini membahas hubungan antara nilai N-SPT terhadap sifat-sifat fisik dan mekanis tanah pada setiap jenis tanah yang ditemukan pada saat pengambilan data dilapangan.
3. Membuat grafik hubungan nilai N-SPT terhadap sifat-sifat fisik dan mekanis tanah.

4. Membuat hubungan nilai N-SPT terhadap sifat-sifat fisik dan mekanis tanah pada jenis tanah yang berbeda.

## **2. METODOLOGI PENELITIAN**

Metodologi yang digunakan dalam penelitian ini adalah :

1. Pengumpulan data sekunder

Sumber data untuk penelitian ini berasal dari dokumen pekerjaan penyelidikan tanah (*deep boring*) Laboratorium Mekanika Tanah Fakultas Teknik Universitas Tanjungpura Pontianak. Data yang diperoleh berupa data ringkasan hasil uji laboratorium (*summary laboratory test result*) dan data borlog. Data tersebut merupakan hasil dari pekerjaan penyelidikan tanah oleh Laboratorium Mekanika Tanah Fakultas Teknik Universitas Tanjungpura Pontianak yang lokasinya tersebar diseluruh wilayah provinsi Kalimantan Barat dengan jumlah sampel sebanyak 372 tabung.

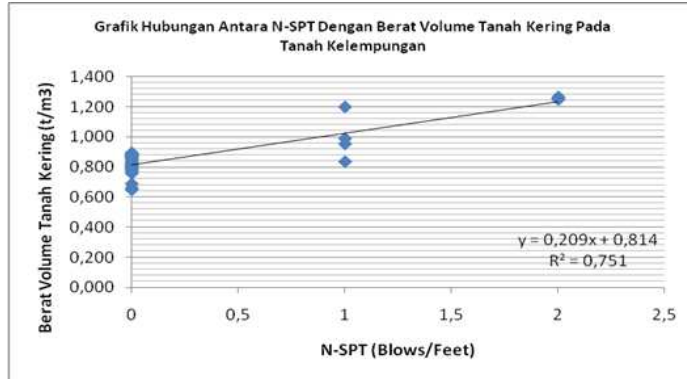
2. Analisa data

Analisis data untuk mendapatkan hasil korelasi nilai N-SPT terhadap sifat – sifat fisik dan mekanis tanah.

## **3. HASIL DAN PEMBAHASAN**

- 3.1. Analisa Hubungan Antara N-SPT Dengan Sifat-sifat Tanah Pada Tanah lempung (Clay)

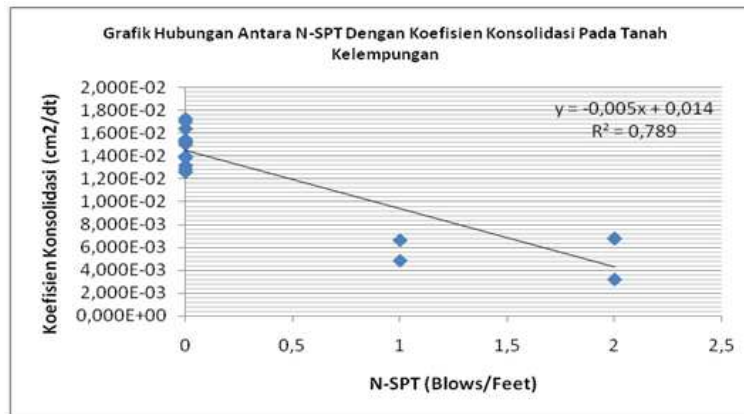
### 3.1.1. Hubungan N-SPT Dengan Sifat-sifat Tanah Pada Tanah Lempung N-SPT = 0-2



**Gambar 1.** Grafik hubungan antara N-SPT dengan Berat Volume Tanah Kering pada tanah Kelempungan

Dari grafik diatas didapat nilai  $R^2 = 0,751$  dengan nilai  $R = 0,751^{1/2} = 0,866$ . Hal ini menunjukkan bahwa korelasi antara N-SPT dengan Berat Volume Tanah Kering pada tanah lempung dengan konsistensi N-SPT = 0-2 memiliki korelasi yang sangat kuat dengan persamaan regresinya adalah  $y =$

$0,209x + 0,814$ . Dari grafik diatas juga dapat dijelaskan bahwa semakin meningkat nilai N-SPT maka nilai Berat Volume Tanah Kering akan meningkat pula. Persamaan ini dibatasi pada  $\gamma_d = 0,648 \text{ t/m}^3 - 1,264 \text{ t/m}^3$  dan N-SPT = 0-2 blows/feet.



**Gambar 2.** Grafik hubungan antara N-SPT dengan Koefisien Konsolidasi pada tanah Kelempungan.

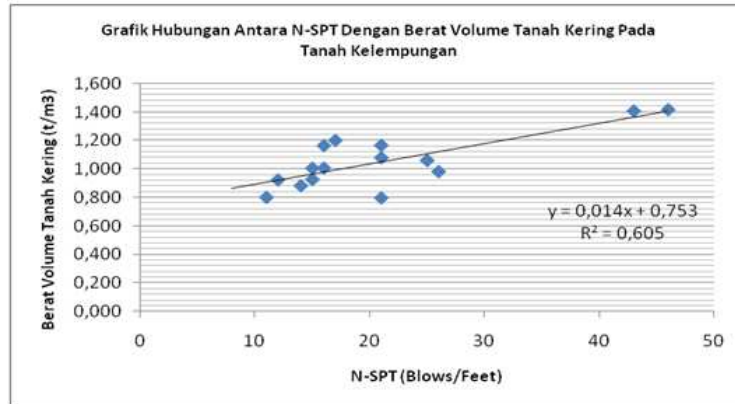
Dari grafik diatas didapat nilai  $R^2 = 0,789$  dengan nilai  $R = 0,789^{1/2} = 0,888$ . Hal ini menunjukkan bahwa korelasi antara N-SPT dengan Koefisien Konsolidasi ( $C_v$ ) pada tanah lempung dengan konsistensi N-SPT

= 0-2 memiliki korelasi yang sangat kuat dengan persamaan regresinya adalah  $y = -0,005x + 0,014$ . Dari grafik diatas juga dapat dijelaskan bahwa semakin meningkat nilai N-SPT maka nilai

Koefisien Konsolidasi ( $C_v$ ) akan semakin menurun. Persamaan ini dibatasi pada  $C_v$

$= 0,003154 \text{ cm}^2/\text{dt}-0,01726 \text{ cm}^3/\text{dt}$  dan  $N\text{-SPT} = 0\text{-}2 \text{ blows/feet}$ .

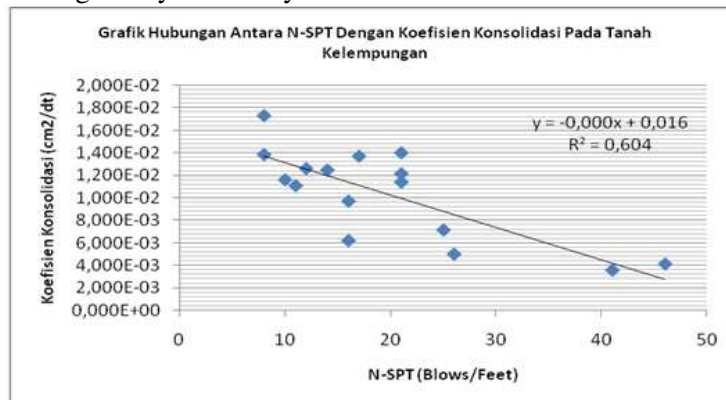
### 3.1.2. Hubungan N-SPT Dengan Sifat-sifat Tanah Pada Tanah Lempung dengan $N\text{-SPT} \geq 8$



**Gambar 3.** Grafik hubungan antara N-SPT dengan Berat Volume Tanah Kering pada tanah Kelempungan.

Dari grafik diatas didapat nilai  $R^2 = 0,605$  dengan nilai  $R = 0,605^{1/2} = 0,778$ . Hal ini menunjukkan bahwa korelasi antara N-SPT dengan Berat Volume Tanah Kering pada tanah lempung dengan konsistensi  $N\text{-SPT} \geq 8$  memiliki korelasi yang sangat kuat dengan persamaan regresinya adalah  $y =$

$0,014x + 0,753$ . Dari grafik diatas juga dapat dijelaskan bahwa semakin meningkat nilai N-SPT maka nilai Berat Volume Tanah Kering akan meningkat pula. Persamaan ini dibatasi pada  $\gamma_d = 0,798 \text{ t/m}^3\text{-}1,416 \text{ t/m}^3$  dan  $N\text{-SPT} \geq 8 \text{ blows/feet}$ .



**Gambar 4.** Grafik hubungan antara N-SPT dengan Koefisien Konsolidasi pada tanah Kelempungan.

Dari grafik diatas didapat nilai  $R^2 = 0,604$  dengan nilai  $R = 0,604^{1/2} = 0,777$ . Hal ini menunjukkan bahwa korelasi antara N-SPT dengan Koefisien Konsolidasi ( $C_v$ ) pada

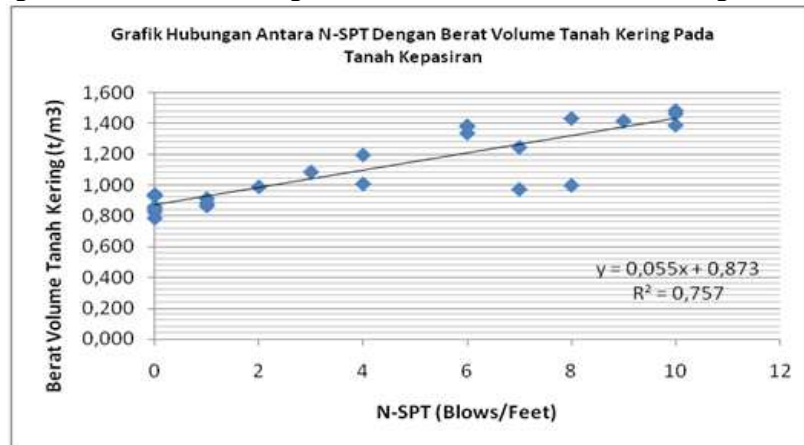
tanah lempung dengan konsistensi  $N\text{-SPT} \geq 8$  memiliki korelasi yang sangat kuat dengan persamaan regresinya adalah  $y = -0,000x + 0,016$ . Dari grafik diatas juga

dapat dijelaskan bahwa semakin meningkat nilai N-SPT maka nilai Koefisien Konsolidasi (Cv) akan semakin

menurun. Persamaan ini dibatasi pada  $C_v = 0,003572 \text{ cm}^3/\text{dt} - 0,01730 \text{ cm}^3/\text{dt}$  dan  $N\text{-SPT} \geq 8 \text{ blows/feet}$ .

### 3.2. Analisa Hubungan Antara N-SPT Dengan Sifat-sifat Tanah Pada Pasir (Sand)

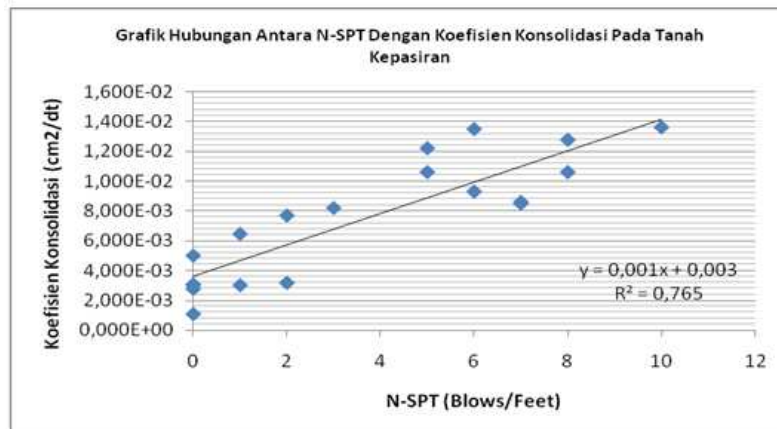
#### 3.2.1. Hubungan Antara N-SPT Dengan Sifat-sifat Tanah Pada Pasir dengan N-SPT = 0-10



**Gambar 5.** Grafik hubungan antara N-SPT dengan Berat Volume Tanah Kering pada tanah Kepasiran.

Dari grafik diatas didapat nilai  $R^2 = 0,757$  dengan nilai  $R = 0,757^{1/2} = 0,870$ . Hal ini menunjukkan bahwa korelasi antara N-SPT dengan Berat Volume Tanah Kering pada pasir dengan konsistensi N-SPT = 0-10 memiliki korelasi yang sangat kuat dengan persamaan regresinya adalah  $y = 0,055x +$

$0,873$ . Dari grafik diatas juga dapat dijelaskan bahwa semakin meningkat nilai N-SPT maka nilai Berat Volume Tanah Kering akan meningkat pula. Persamaan ini dibatasi pada  $\gamma_d = 0,785 \text{ t/m}^3 - 1,486 \text{ t/m}^3$  dan  $N\text{-SPT} = 0-10 \text{ blows/feet}$ .

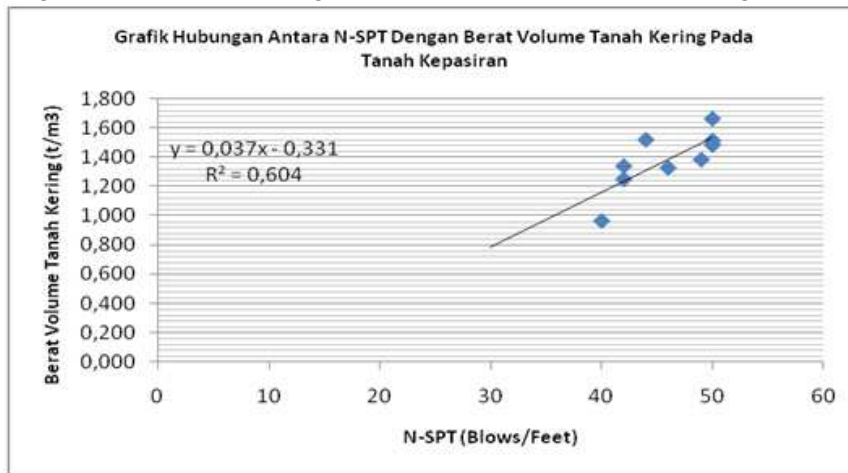


**Gambar 6.** Grafik hubungan antara N-SPT dengan Koefisien Konsolidasi pada tanah Kepasiran.

Dari grafik diatas didapat nilai  $R^2 = 0,765$  dengan nilai  $R = 0,765^{1/2} = 0,875$ . Hal ini menunjukkan bahwa korelasi antara N-SPT dengan Koefisien Konsolidasi ( $C_v$ ) pada pasir dengan konsistensi N-SPT = 0-10 memiliki korelasi yang sangat kuat dengan persamaan regresinya adalah  $y = 0,001x +$

0,003. Dari grafik diatas juga dapat dijelaskan bahwa semakin meningkat nilai N-SPT maka nilai Koefisien Konsolidasi ( $C_v$ ) akan meningkat pula. Persamaan ini dibatasi pada  $C_v = 0,001111 \text{ cm}^2/\text{dt} - 0,0136 \text{ cm}^2/\text{dt}$  dan  $N-SPT = 0-10 \text{ blows/feet}$ .

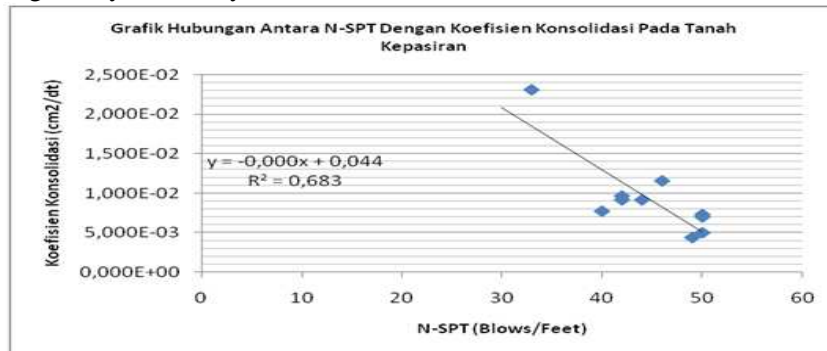
### 3.2.2. Hubungan Antara N-SPT Dengan Sifat-sifat Tanah Pada Pasir dengan $N-SPT \geq 30$



**Gambar 7.** Grafik hubungan antara N-SPT dengan Berat Volume Tanah Kering pada tanah Kepasiran.

Dari grafik diatas didapat nilai  $R^2 = 0,604$  dengan nilai  $R = 0,604^{1/2} = 0,777$ . Hal ini menunjukkan bahwa korelasi antara N-SPT dengan Berat Volume Tanah Kering pada pasir dengan konsistensi  $N-SPT \geq 30$  memiliki korelasi yang sangat kuat dengan persamaan regresinya adalah  $y = 0,037x -$

0,331. Dari grafik diatas juga dapat dijelaskan bahwa semakin meningkat nilai N-SPT maka nilai Berat Volume Tanah Kering akan meningkat pula. Persamaan ini dibatasi pada  $\gamma_d = 0,965 \text{ t/m}^3 - 1,662 \text{ t/m}^3$  dan  $N-SPT \geq 30 \text{ blows/feet}$ .



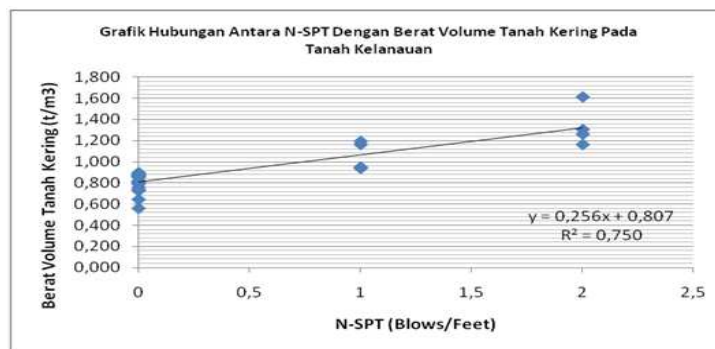
**Gambar 8.** Grafik hubungan antara N-SPT dengan Koefisien Konsolidasi pada tanah Kepasiran.

Dari grafik diatas didapat nilai  $R^2 = 0,683$  dengan nilai  $R = 0,683^{1/2} = 0,826$ . Hal ini menunjukkan bahwa korelasi antara N-SPT dengan Koefisien Konsolidasi ( $C_v$ ) pada pasir dengan konsistensi N-SPT  $\geq 30$  memiliki korelasi yang sangat kuat dengan persamaan regresi nya adalah  $y = -0,000x$

+ 0,044. Dari grafik diatas juga dapat dijelaskan bahwa semakin meningkat nilai N-SPT maka nilai Koefisien Konsolidasi ( $C_v$ ) akan semakin menurun. Persamaan ini dibatasi pada  $C_v = 0,0044 \text{ cm}^2/\text{dt}$ - $0,02308 \text{ cm}^2/\text{dt}$  dan  $N-SPT \geq 30$  blows/feet.

### 3.3. Analisa Hubungan Antara N-SPT Dengan Sifat-sifat Tanah Pada Tanah lanau (Silt)

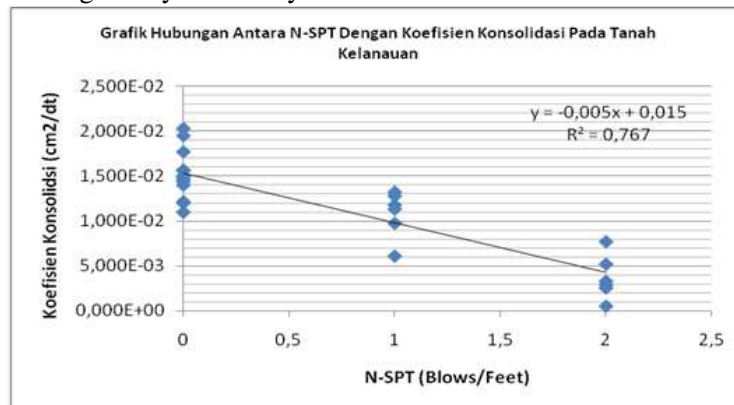
#### 3.3.1. Hubungan N-SPT Dengan Sifat-sifat Tanah Pada Tanah lanau N-SPT = 0-2



**Gambar 9.** Grafik hubungan antara N-SPT dengan Berat Volume Tanah Kering pada tanah Kelanauan.

Dari grafik diatas didapat nilai  $R^2 = 0,750$  dengan nilai  $R = 0,750^{1/2} = 0,866$ . Hal ini menunjukkan bahwa korelasi antara N-SPT dengan Berat Volume Tanah Kering pada tanah lanau dengan konsistensi N-SPT = 0-2 memiliki korelasi yang sangat kuat dengan persamaan regresi nya adalah  $y =$

$0,256x + 0,807$ . Dari grafik diatas juga dapat dijelaskan bahwa semakin meningkat nilai N-SPT maka nilai Berat Volume Tanah Kering akan meningkat pula. Persamaan ini dibatasi pada  $\gamma_d = 0,558 \text{ t/m}^3$ - $1,614 \text{ t/m}^3$  dan  $N-SPT = 0$  blows/feet-2 blows/feet.

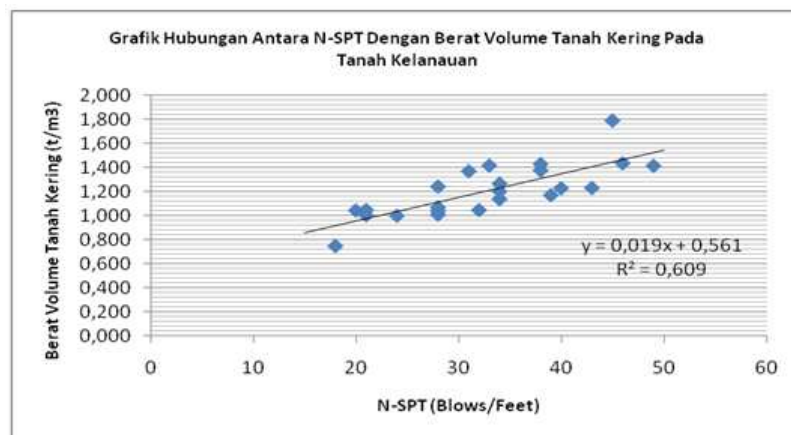


**Gambar 10.** Grafik hubungan antara N-SPT dengan Koefisien Konsolidasi pada tanah Kelanauan.

Dari grafik diatas didapat nilai  $R^2 = 0,767$  dengan nilai  $R = 0,767^{1/2} = 0,876$ . Hal ini menunjukkan bahwa korelasi antara N-SPT dengan Koefisien Konsolidasi ( $C_v$ ) pada tanah lanau dengan konsistensi N-SPT = 0-2 memiliki korelasi yang sangat kuat dengan persamaan regresinya adalah  $y = -$

$0,005x + 0,015$ . Dari grafik diatas juga dapat dijelaskan bahwa semakin meningkat nilai N-SPT maka nilai Koefisien Konsolidasi ( $C_v$ ) akan semakin menurun. Persamaan ini dibatasi pada  $C_v = 0,0005125 \text{ cm}^2/\text{dt}-0,0203 \text{ cm}^2$  dan  $N\text{-SPT} = 0 \text{ blows/feet}-2 \text{ blows/feet}$ .

### 3.3.2. Hubungan N-SPT Dengan Sifat-sifat Tanah Pada Tanah lanau dengan $N\text{-SPT} \geq 15$

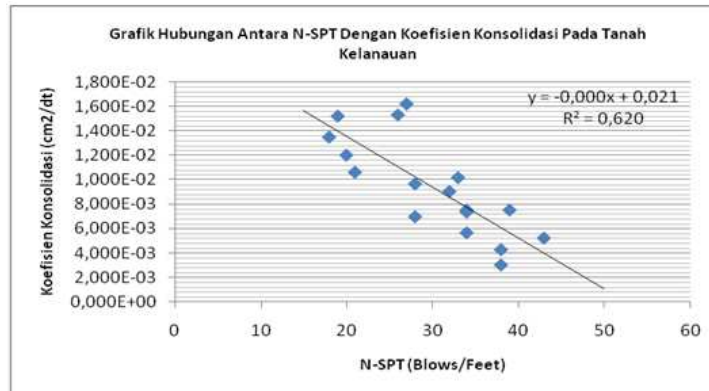


**Gambar 11.** Grafik hubungan antara N-SPT dengan Berat Volume Tanah Kering pada tanah Kelanauan.

Dari grafik diatas didapat nilai  $R^2 = 0,609$  dengan nilai  $R = 0,609^{1/2} = 0,780$ . Hal ini menunjukkan bahwa korelasi antara N-SPT dengan Berat Volume Tanah Kering pada tanah lanau dengan konsistensi N-SPT  $\geq 15$  memiliki korelasi yang sangat kuat dengan persamaan regresinya adalah  $y = 0,019x + 0,561$ . Dari grafik diatas juga

dapat dijelaskan bahwa semakin meningkat nilai N-SPT maka nilai Berat Volume Tanah Kering akan meningkat pula. Persamaan ini dibatasi pada  $\gamma_d = 0,746 \text{ t/m}^3-1,788 \text{ t/m}^3$  dan  $N\text{-SPT} \geq 15 \text{ blows/feet}$ .





**Gambar 12.** Grafik hubungan antara N-SPT dengan Koefisien Konsolidasi pada tanah Kelanauan.

Dari grafik diatas didapat nilai  $R^2 = 0,620$  dengan nilai  $R = 0,620^{1/2} = 0,787$ . Hal ini menunjukkan bahwa korelasi antara N-SPT dengan Koefisien Konsolidasi ( $C_v$ ) pada tanah lanau dengan konsistensi  $N-SPT \geq 15$  memiliki korelasi yang sangat kuat

#### 4. KESIMPULAN

Dari hasil yang dilakukan pada penelitian ini dapat ditarik kesimpulan, yaitu sebagai berikut:

1. Pada tanah lempung  
 Pada tanah lempung, jika N-SPT meningkat maka kuat geser tanah juga akan meningkat yang ditunjukkan dengan meningkatnya nilai N-SPT akan diikuti dengan meningkatnya nilai kohesi dan sudut geser dalam tanah. Selanjutnya peningkatan N-SPT akan diikuti dengan meningkatnya nilai daya dukung tanah yang ditunjukkan dengan meningkatnya nilai N-SPT maka nilai berat volume tanah kering dan nilai berat volume tanah basah juga akan meningkat. Sebaliknya peningkatan nilai N-SPT akan diikuti dengan menurunnya nilai koefisien kompresi dan nilai koefisien konsolidasi.

2. Pada pasir  
 Pada pasir, kenaikan nilai N-SPT akan diikuti dengan meningkatnya nilai daya

dukung yang ditunjukkan dengan meningkatnya nilai berat volume tanah kering maupun berat volume tanah basah. Selanjutnya kenaikan nilai N-SPT juga akan diikuti dengan meningkatnya nilai kuat geser tanah dengan ditunjukkan bahwa nilai kohesi dan sudut geser dalam tanah meningkat. Tetapi peningkatan nilai N-SPT akan diikuti dengan menurunnya angka koefisien kompresi dan koefisien konsolidasi yang ditunjukkan dengan menurunnya harga  $C_c$  dan  $C_v$ .

3. Pada tanah lanau  
 Pada tanah lanau, peningkatan nilai N-SPT akan diikuti dengan menurunnya angka koefisien kompresi dan koefisien konsolidasi yang ditunjukkan dengan menurunnya harga  $C_c$  dan  $C_v$ . Selanjutnya peningkatan N-SPT akan diikuti dengan meningkatnya nilai daya dukung tanah seperti berat volume tanah kering maupun berat volume tanah basah. Dan peningkatan nilai N-SPT akan diikuti dengan meningkatnya nilai kuat geser tanah dengan ditunjukkan bahwa nilai

dukung yang ditunjukkan dengan meningkatnya nilai berat volume tanah kering maupun berat volume tanah basah. Selanjutnya kenaikan nilai N-SPT juga akan diikuti dengan meningkatnya nilai kuat geser tanah dengan ditunjukkan bahwa nilai

kohesi dan sudut geser dalam tanah meningkat.

## 5. SARAN

Dari keseluruhan rangkaian penelitian ini penulis menyampaikan saran sebagai berikut:

1. Dalam analisa data, selain menggunakan Microsoft Office Excel 2007 dapat juga digunakan program lainnya seperti Curve Expert Professional.
2. Dalam mengklasifikasikan kelompok tanah, dapat dilakukan klasifikasi yang lebih terinci.
3. Penelitian ini dapat dilanjutkan dengan jumlah data yang lebih banyak dan dengan data yang terbaru.

## 6. DAFTAR PUSTAKA

- Affandi, Rieky. 2004. *Korelasi Derajat Kepadatan Relatif Tanah Berbutir Kasar Terhadap Nilai N-SPT*. Pontianak: Fakultas Teknik Universitas Tanjungpura.
- Bowles, Joseph E. *Analisa Dan Desain Pondasi*. Edisi Keempat. Jilid 1. Jakarta: Erlangga.
- Bowles, Joseph E. *Analisa Dan Desain Pondasi*. Edisi Keempat. Jilid 2. Jakarta: Erlangga.
- Bowles, Joseph E. 1999. *Analisa Dan Desain Pondasi*. Edisi Revisi. Jilid 2. Jakarta: Erlangga.
- Bowles, Joseph E. 1991. *Sifat-Sifat Fisis dan Geoteknis Tanah*. Edisi Kedua. Jakarta: Erlangga.
- Daya Dukung Tiang Pondasi Berdasarkan Hasil Dari Beberapa Percobaan Penetrasi. Fakultas Pasca Sajana Program Studi Teknik Sipil Bidang Geoteknik Institut Teknologi Bandung, 1994/1995.
- Das, Braja M. 1985. *Mekanika Tanah (Prinsip-Prinsip Rekayasa Geoteknis)*. Jilid 1. Jakarta: Erlangga.
- Foth, Henry D. 1994. *Dasar-dasar Ilmu Tanah*. Edisi Keenam. Jakarta: Erlangga.
- HATTI, Workshop Sertifikasi (G-1) Himpunan Ahli Teknik Tanah Indonesia Vol. 1, Jakarta.
- Oemar S., Bakrie dan Gofur, Nurly. 1995. *Sifat-Sifat Tanah Dan Metoda Pengukurannya*. Palembang: Universitas Sriwijaya.
- Su'ba, Salafuddin. 2001. *Korelasi Parameter Kuat Geser Hasil Uji Vane Shear, Triaxial dan Direct Shear Pada Tanah Gambut di Kabupaten Pontianak*. Pontianak: Fakultas Teknik Universitas Tanjungpura.
- Terzaghi, Karl dan Peck, Ralph B. 1993. *Mekanika Tanah Dalam Praktek Rekayasa*. Edisi Kedua. Jakarta: Erlangga.
- Verhoef, P. N. W. 1994. *Geologi Untuk Teknik Sipil*. Jakarta: Erlangga.
- Wesley, L. D. 1977. *Mekanika Tanah*. Jakarta: Badan Penerbit Pekerjaan Umum.

