

STUDI KORELASI EMPIRIS ANTARA NILAI TAHANAN STANDARD PENETRATION TEST (N SPT) DENGAN KEKUATAN GESER UNDRAINED (S_u) TANAH KOHESIF KOTA CILEGON

Enden Mina¹⁾, Rama Indera Kusuma²⁾

^{1,2)} Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Sultan Ageng Tirtayasa
Jl. Jenderal Sudirman Km.3 Cilegon 42435.

E-mail : endenmina@yahoo.com, rama_sipil@yahoo.co.id

ABSTRAK

Pengujian tanah di lapangan dengan menggunakan Standard Penetration Test (SPT) umum digunakan untuk mengetahui kekuatan tanah. Beberapa korelasi antara nilai N SPT dengan parameter kekuatan tanah telah banyak dikembangkan di beberapa negara berbeda. Perbedaan karakteristik tanah dapat menimbulkan prediksi kekuatan tanah berdasarkan korelasi dari para peneliti terdahulu tidak mewakili kondisi sebenarnya. Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan korelasi secara empiris antara nilai N SPT dengan parameter kekuatan tanah kohesif yaitu kekuatan geser *undrained* (S_u) untuk tanah di wilayah kota Cilegon. Analisis data dilakukan melalui program analisis statistik *software* ORIGIN untuk menghasilkan persamaan korelasi. Korelasi dikembangkan melalui metode regresi linier bivariat dan multivariat. Hasil penelitian menunjukkan bahwa persamaan korelasi yang dihasilkan memiliki prediksi yang cukup baik dalam memperkirakan nilai S_u berdasarkan nilai N SPT. Hasil yang cukup baik juga ditunjukkan dengan hasil persamaan korelasi S_u - N SPT yang mempertimbangkan pengaruh indeks plastisitas, kadar air normal dan batas cair.

Kata kunci : Kekuatan geser *undrained* (S_u), nilai N *Standard Penetration Test* (SPT)

ABSTRACT

Soil field investigation using Standard Penetration Test (SPT) is commonly used to determine strength of soil. Some correlation between N SPT value and strength parameters of soil have been developed in several different countries. The prediction soil strength based on correlation of some previous researchers may not necessarily represent the actual condition because of different soil characteristics. This study aims to develop an empirical correlation between N SPT values with strength parameter of soil such undrained shear strength (S_u) of cohesive soil in the area of Cilegon City. Data analysis was performed through statistical analysis software program ORIGIN to generate correlation. The correlation is developed using regression methods both bivariate and multivariate linear regression. The results showed that the correlation equations S_u -N SPT from this research had a fairly good prediction of estimating S_u based on the N SPT value. A fairly good prediction also showed from the results of correlation between S_u -N SPT which consider the influence of plasticity index, normal water content and liquid limit.

Keywords: Undrained shear strength (S_u), Standard Penetration Test (SPT) N value

1. PENDAHULUAN

Standard penetration Test (SPT) merupakan salah satu metode yang umum digunakan untuk mengetahui kekuatan tanah dalam penyelidikan tanah di lapangan. Hasil dari SPT direpresentasikan dengan nilai N yang menunjukkan banyaknya pukulan *hammer* yang diperlukan saat tancapan mencapai kedalaman tanah 3 x 15 cm, nilai N dihitung dari pukulan pada 2 x 15 cm terakhir. Semakin besar nilai N dapat menunjukkan semakin kakunya tanah. Pengujian di lapangan dengan SPT sampai saat ini menjadi metoda yang paling cepat dan murah dalam proyek-proyek penyelidikan tanah.

Kekuatan geser tanah merupakan aspek geoteknik yang paling penting. Kapasitas daya dukung pondasi dangkal atau pondasi dalam, stabilitas lereng, desain dinding penahan tanah dan desain perkerasan secara tak langsung semua dipengaruhi oleh kekuatan geser tanah. Struktur dan lereng harus stabil dan aman terhadap keruntuhan total ketika diberikan pembebanan maksimum. Analisis desain biasanya dilakukan melalui metode desain keseimbangan batas dimana memerlukan penentuan kekuatan geser tanah.

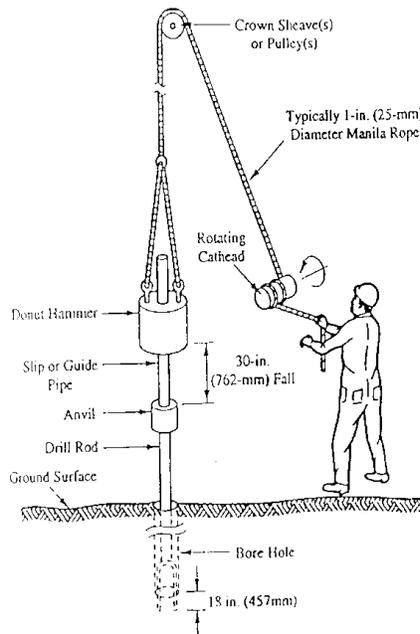
Kekuatan geser tanah dapat ditentukan dengan beberapa cara baik di lapangan maupun di laboratorium. Penentuan langsung di lapangan dapat dilakukan melalui alat uji Van Shear atau Penetrometer. Uji laboratorium memberikan nilai kekuatan geser tanah secara langsung dimana informasi tegangan-regangan dan perubahan tekanan air selama pergeseran juga dapat diperoleh melalui uji ini. Beberapa metoda yang umum digunakan untuk menentukan kekuatan geser tanah diantaranya adalah *direct shear method*, *unconfined compression strength test* dan uji triaksial.

Untuk kepentingan praktis dan ekonomis sering nilai N SPT digunakan untuk menentukan properti tanah baik dinamik dan statis melalui hasil empiris hubungan nilai N SPT dengan parameter kekuatan tanah. Beberapa hubungan N SPT dengan parameter sudut geser dalam tanah pasir (ϕ) dan kekuatan geser tanah (S_u) telah dikembangkan oleh beberapa peneliti terdahulu dan digunakan dalam aplikasi geoteknik, akan tetapi hubungan yang dihasilkan masih dipertanyakan kehandalan aplikasinya saat digunakan untuk tanah dari lokasi yang berbeda (Sirvikaya & Togrol, 2009). Oleh karena itu adalah perlu untuk melihat korelasi yang dihasilkan dari nilai N SPT dengan parameter tanah baik berbutir kasar dan berbutir halus pada suatu lokasi untuk menjadi pembanding dengan korelasi yang sudah ada sebelumnya. Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan dan memperbaiki korelasi antara nilai N SPT dengan parameter tanah berbutir halus melalui indikator nilai kekuatan geser undrained (S_u) hasil uji laboratorium dengan mengambil lokasi di Kota Cilegon. kekuatan geser undrained yang digunakan diperoleh dari hasil tes triaksial kondisi *unconsolidated undrained (UU)*.

2. LANDASAN TEORI

2.1. Standard Penetration Test (SPT)

Pengujian tanah dengan SPT dilakukan dengan menggunakan sebuah bor (*borehole*) yang membawa sebuah tabung sampel (*sampler*) standar (*split spoon*) yang ditancapkan dengan tumbukan berulang berulang dari pemukul (*hammer*) seberat 63.5 kg yang dijatuhkan dari ketinggian 76.2 cm. *Hammer* dipukulkan kepada ujung bor dan dikaitkan pada tabung sampel dengan menggunakan tambang. Tabung dimasukan ke dalam lubang dan ditancapkan sedalam 45 cm (18 inchi) dan jumlah pukulan kemudian dihitung, pada setiap pemancangan 15 cm. Nilai N disebut tahanan pemancangan merupakan jumlah pukulan yang dibutuhkan untuk mencapai kedalaman penancangan bor sampel 300 mm (1ft) terakhir. perhitungan N SPT biasanya diukur setiap kedalaman 2 m.



Gambar 1. Cara kerja Standard Penetration Test (SPT)

2.2. 1. Undrained Shear strength (S_u)

Kekuatan geser *undrained* S_u atau C_u dapat diperoleh baik dari hasil uji *unconfined compression strength* (UCS) dan uji triaksial *unconsolidated undrained* (UU) di laboratorium. Dari hasil uji UCS diperoleh nilai kekuatan tekan unconfined (q_u) untuk sampel yang sepenuhnya jenuh hubungan S_u dengan q_u dinyatakan dengan persamaan (1) (Hara, dkk, 1974).

$$S_u = 0.5 q_u \quad (1)$$

2.2.2. Pengujian Triaksial

Dalam uji triaksial sampel berbentuk silinder diberikan pembebanan secara radial (*confining stress*) dengan mengatur tahapan pembebanan aksial dan mengukur penurunan aksialnya. Sampel biasanya berukuran diameter 100 mm dan tinggi 200 mm. Sampel dibungkus dengan selaput tipis dari membran karet. Sampel tanah kohesif biasanya dipersiapkan langsung dari sampel jenuh yang sudah dikompaksi baik yang tak terganggu maupun yang terganggu (*remoulded*).

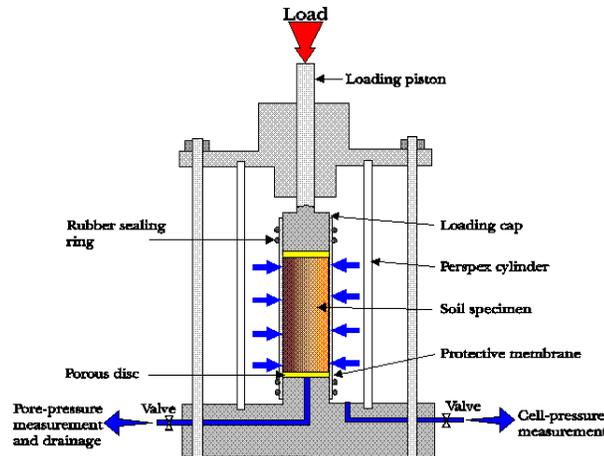
Berdasarkan kondisi pembebanan dan pengairannya (drainase), uji triaksial dapat dibagi menjadi tiga jenis: 1) *consolidated-drained* (CD) 2) *consolidated undrained* (CU) 3) *unconsolidated-undrained* (UU).

- Uji triaksialn CD dilakukan dengan tahapan sampel dikonsolidasikan dulu dengan membiarkan adanya aliran air dalam sampel. Kemudian dilakukan pembebanan vertical deviatorik sampai sampel mengalami keruntuhan.
- Uji triaksial CU dilakukan dengan tahapan sampel dikonsolidasikan dulu, tetapi tidak perkenankan adanya aliran air ke dalam sampel. Kemudian dilakukan pembebanan deviatorik sampai sampel mengalami keruntuhan.

- Triaksial UU dilakukan dengan tahapan tidak dikonsolidasikan dan tidak diperkenankan adanya aliran air (katup air tertutup).

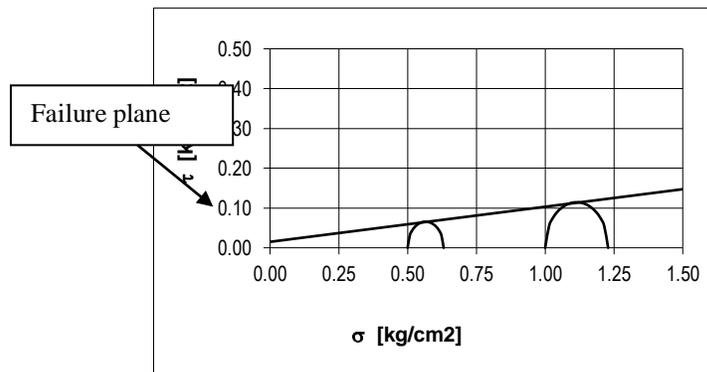
Dari hasil uji triaksial memungkinkan untuk kita memperoleh parameter kekuatan geser tanah seperti sudut geser, kohesi, sudut dilatansi dan parameter-parameter lainnya. Standar prosedur pelaksanaan pengujian triaksial biasanya menggunakan ASTM D4767-04 dan ASTM D2850-3a.

Hasil uji triaksial digambarkan dalam lingkaran Mohr. Berdasarkan garis keruntuhan pada diagram lingkaran Mohr, nilai kohesi tanah ditentukan sebagai titik potong garis selubung keruntuhan mohr dengan sumbu tegangan gesernya. Nilai kohesi tersebut sama dengan kekuatan geser undrained untuk tanah kohesif. Contoh hasil pengujian Uji triaksial disajikan dalam Gambar 3.



Triaxial apparatus

Gambar 2: Peralatan uji Triaksial



Gambar 3. Contoh Lingkaran Mohr dari hasil uji triaksial UU

2.3. Penelitian-penelitian Terdahulu

Kajian pertama kali dalam menentukan hubungan q_u -N SPT dilakukan oleh Terzaghi & Peck (1967). Kajian mereka menggunakan tanah berbutir halus hanya menentukan hubungan q_u -N SPT tetapi tidak mempertimbangkan parameter lain. Selanjutnya penelitian tentang korelasi q_u -N SPT dilakukan oleh Sanglerat (1972) untuk tanah berbutir halus dengan mempertimbangkan pula plastisitas indeks dari tanah lempung, dia membagi tanah menjadi dua kategori yaitu lempung dan lempung berlanau. Hubungan yang berbeda dihasilkan oleh Stroud (1974) yang menghasilkan hubungan dengan kekuatan geser tanah diperoleh dari hasil uji triaksial UU. Pada penelitiannya

Stroud menyebutkan bahwa pada indeks plastisitas < 30%, Su menurun jika PI meningkat pada nilai N yang sama

Nassaji & Kalantary (2011) melakukan penelitian untuk memeriksa kapabilitas korelasi antara nilai N SPT dan kekuatan geser pada tanah berbutir halus untuk wilayah tanah di Teheran Iran. Hasil penelitiannya menunjukkan bahwa dengan mempertimbangkan nilai parameter lain seperti indeks plastisitas (PI), kadar air, dan batas cair dapat meningkatkan nilai koefisien korelasi yang dihasilkan dan menurunkan kesalahan prediksi.

$$S_u = 1.6 N_{field} + 15.4, (r = 0.72)$$

Beberapa hasil korelasi antara N SPT-Su dari beberapa peneliti terdahulu dirangkum dalam Tabel 1. Dalam penelitian ini korelasi akan dikembangkan antara N SPT dan Su untuk tanah kohesif di wilayah kota Cilegon.

Tabel 1. Beberapa hasil korelasi Su – N SPT dari para peneliti terdahulu (Sumber: Nassadji, 2011)

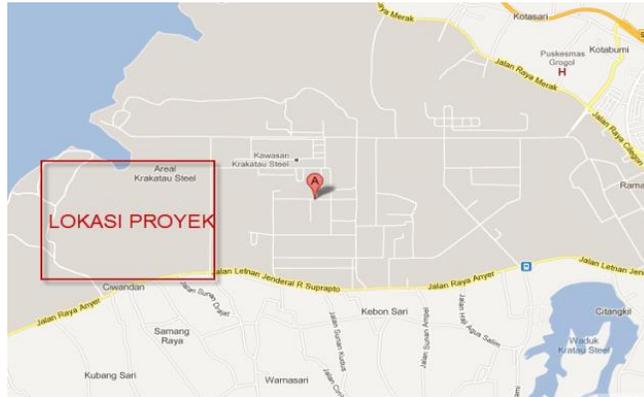
Researchers	Explanation	S _u (kPa)
Sanglerat (1972)	Clay	12.5N
	Silty clay	10N
Terzaghi & Peck (1967)	Fine-grained soil	6.25N
Hara et al. (1974)	Fine-grained soil	29N ^{0.72}
Sowers (1979)	Highly plastic soil	12.5N
	Medium plastic clay	7.5N
	Low plastic soil	3.75N
Nixon (1982)	Clay	12N
Sivrikaya & Toğrol (2002)	Highly plastic soil	4.85N _{field}
		6.82N ₆₀
	Low plastic soil	3.35N _{field}
		4.93N ₆₀
Stroud (1974)	Fine-grained soil	4.32N _{field}
		6.18N ₆₀
		6.18N ₆₀
Décourt (1990)	Clay	(6-7)N
		(4-5)N
		4.2N
Ajayi & Balogun (1988)	Fine-grained soil	1.39N+74.2
Hettiarachchi & Brown (2009)	Fine-grained soil	4.1N ₆₀
Sivrikaya (2009)	UU Test	S _u = 3.33N – 0.75w _n + 0.20LL + 1.67PI
	UU Test	S _u = 4.43N ₆₀ – 1.29w _n + 1.06LL + 1.02PI
	UCS Test	S _u = 2.41N – 0.82w _n + 0.14LL + 1.44PI
	UCS Test	S _u = 3.24N ₆₀ – 0.53w _n – 0.43LL + 2.14PI

3. METODOLOGI PENELITIAN

Pengembangan korelasi dilakukan dengan mengumpulkan data nilai N SPT di lapangan dan hasil di laboratorium berupa kekuatan geser tanah dari hasil uji triaksial UU. Beberapa parameter tanah yang dipertimbangkan juga dalam penelitian ini seperti plastisitas indeks, kadar air dan batas cair. Korelasi dikembangkan melalui analisis regresi non linier dengan menggunakan peranti lunak ORIGIN. Hasil korelasi dalam penelitian ini kemudian akan dibandingkan dengan hasil korelasi yang telah ada untuk melihat kekuatan prediksi dari korelasi yang dihasilkan.

3.1. Lokasi Penelitian

Penelitian dilakukan dengan menggunakan data tanah dari hasil investigasi tanah pada proyek Posco Krakatau Steel di wilayah Cilegon. Berdasarkan hasil investigasi untuk 60 titik pengambilan tanah yang mengandung informasi nilai S_u yang disajikan dalam Gambar 4. berikut ini.



Gambar 4. Peta lokasi Penelitian

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengembangan korelasi dilakukan dengan menggunakan 60 data S_u dan data nilai N SPT. Melalui analisis regresi linier bivariat dan multivariat dikembangkan persamaan korelasi empiris tegangan geser undrained S_u berdasarkan nilai N SPT terlebih dahulu, kemudian dengan menambahkan variabel seperti nilai Indeks Plastisitas tanah (PI), kadar air (w_n) dan batas cair (LL). Data-data propertis tanah dari lapangan dan uji laboratorium disajikan dalam Tabel 2

Tabel 2.. Rangkuman data propertis tanah dari Krakatau Posco Cilegon

Parameter Tanah	Min	Max	Rata-rata	Standar Deviasi
Indeks Plastisitas (PI)	10.18	42.06	16.03	6.19
Batas cair (LL)	72.04	22.76	45.61	8.308
Kadar air natural (w_n)	70.18	18.75	44.81	8.53
Nilai N SPT	1	8	2.9	2.09
Tegangan Geser Undrained (S_u)	37 KPa	4 kPa	16.03	8.41

4.1. Analisis data

Analisis dilakukan dengan dua tahap yaitu tahap pertama menganalisis korelasi antara tegangan geser *Undrained* S_u dengan dengan nilai N SPT saja, tahap kedua menganalisis korelasi antara tegangan geser *undrained* S_u dengan N SPT yang ditambah dengan faktor nilai indeks

plastisitas, kadar air dan batas cair. Hasil plot antara nilai N SPT dengan Su dari 60 data yang diambil disajikan dalam Gambar 5.

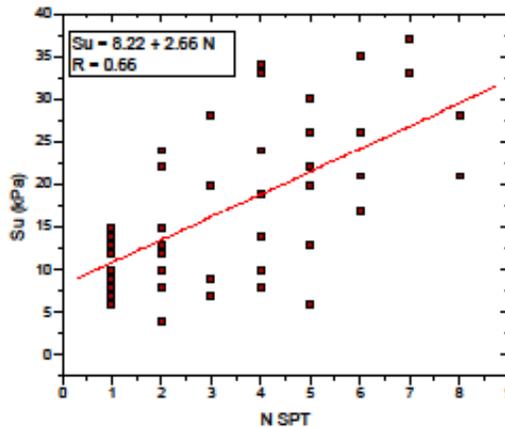
Berdasarkan hasil analisis regresi linier menggunakan software statistik ORIGIN diperoleh persamaan korelasi antara Su dengan N SPT untuk data tanah dari Proyek Krakatau Posco Cilegon yang dituliskan dalam bentuk persamaan:

$$\mathbf{Su = 8.22 + 2.66 N} \quad (1)$$

Dengan nilai koefisien korelasi $r = 0.66$

Sedangkan analisis regresi linier tahap kedua menggunakan analisis regresi linier berganda menggunakan program ORIGIN juga diperoleh hubungan antara variabel terikat Su dengan variabel bebas nya adalah N SPT, indeks plastisitas, kadar air (wn) dan batas cair(LL). Hasil persamaan korelasi yang dihasilkan disajikan dalam persamaan (2).

$Su = 15.72 + 2.73N + 0.27PI - 0.1LL - 0.19 wn$ (2) dengan nilai koefisien korelasi $r = 0.68$

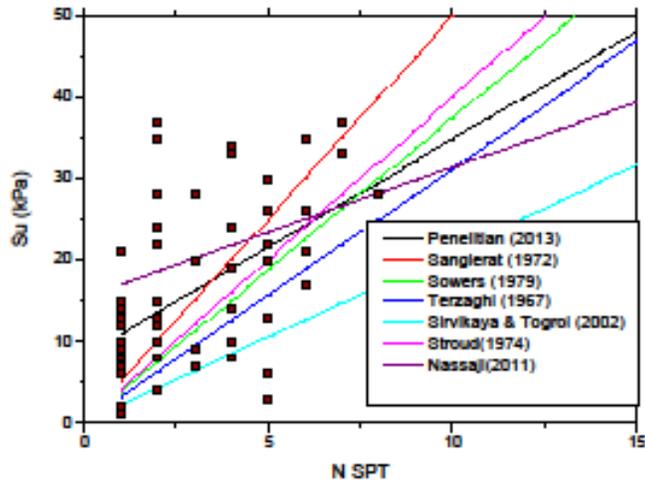


Gambar 5. Hasil plot Data Su dan N SPT serta hasil regresi liniernya.

Persamaan (1) memiliki nilai koefisien korelasi ($r = 0.66$) yang menyatakan bahwa hubungan antara Su dengan N SPT cukup kuat dan memenuhi syarat ($R > 0.5$). Persamaan (2) yang menambahkan faktor indeks plastisitas (PI), kadar air (wn) dan batas cair (LL) pada persamaannya memiliki nilai koefisien korelasi $R = 0.68$ yang juga memenuhi syarat adanya suatu hubungan. Penambahan variabel-variabel tersebut ternyata dapat meningkatkan nilai koefisien korelasi persamaan.

4.3. Hasil Perbandingan dengan Korelasi Para Peneliti Terdahulu

Hasil korelasi Su dengan N SPT akan dibandingkan dengan hasil korelasi yang telah dikembangkan oleh beberapa peneliti terdahulu untuk melihat kekuatan prediksi atau rentang prediksi yang dihasilkan. Gambar 6 memberikan gambaran tentang posisi hasil korelasi dalam penelitian ini dengan beberapa penelitian terdahulu.

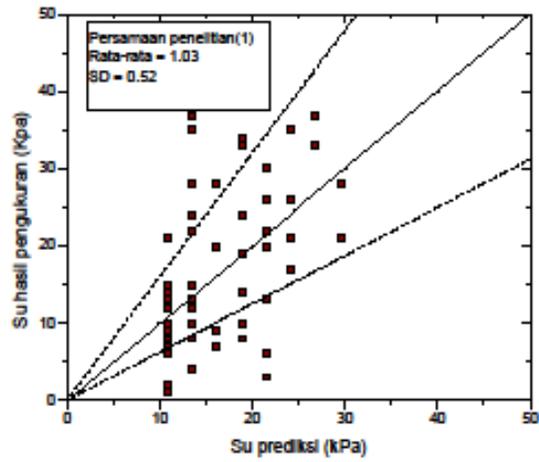


Gambar 6. Posisi hasil korelasi penelitian dengan beberapa penelitian terdahulu

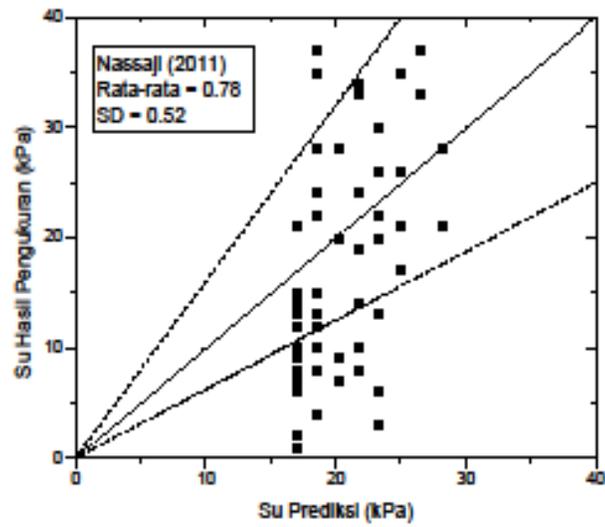
Berdasarkan Gambar 6 dapat dilihat bahwa hasil korelasi yang dihasilkan berada pada rentang yang baik diantara prediksi Su dari para peneliti terdahulu. Diantara enam korelasi yang dihasilkan oleh para peneliti terdahulu untuk $N < 5$ prediksi korelasi dari penelitian ini lebih tinggi daripada prediksi Su dari para peneliti tersebut kecuali dari Nassaji yang prediksinya lebih tinggi dari hasil penelitian ini. Pada kasus $N > 5$ prediksi Su penelitian ini berada pada rentang prediksi dari para peneliti terdahulu. Hasil dari Sanglerat (1972), Sowers (1979) dan Stroud (1974) memiliki prediksi yang lebih tinggi sedangkan Terzaghi (1967), Sirvikaya & Togrol (2002), dan Nassaji (2010) memiliki prediksi yang lebih rendah.

Untuk mengevaluasi kemampuan prediksi korelasi Su yang dihasilkan dalam penelitian ini, hasil Su prediksi di plot dengan hasil Su yang diperoleh dari pengukuran berdasarkan uji laboratorium dengan N SPT yang sama kemudian dibandingkan dengan beberapa hasil penelitian-penelitian terdahulu. Beberapa penelitian yang dijadikan perbandingan dengan hasil korelasi Su penelitian ini adalah hasil korelasi dari Nassaji (2011), Sirvikaya (2009) dan Sanglerat (1972).

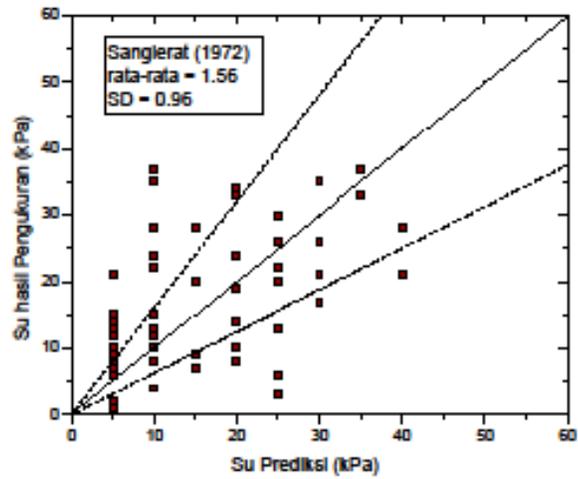
Nilai-nilai statistik seperti rata-rata dan standar deviasi (SD) untuk rasio Su hasil pengukuran dan Su prediksi disajikan untuk masing-masing hasil perbandingan. Gambar 7a, 7b, dan 7c menunjukkan hasil plot Su prediksi dan Su hasil pengujian yang dibandingkan dengan beberapa hasil korelasi untuk Su prediksi dari beberapa peneliti terdahulu.



Gambar 7a. Su prediksi dan Su hasil pengukuran untuk persamaan (1)

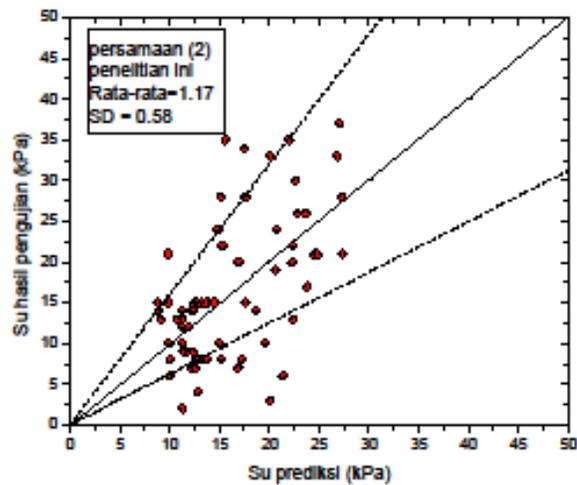


Gambar 7b. Su prediksi vs Su hasil pengukuran dari Nassaji (2011)

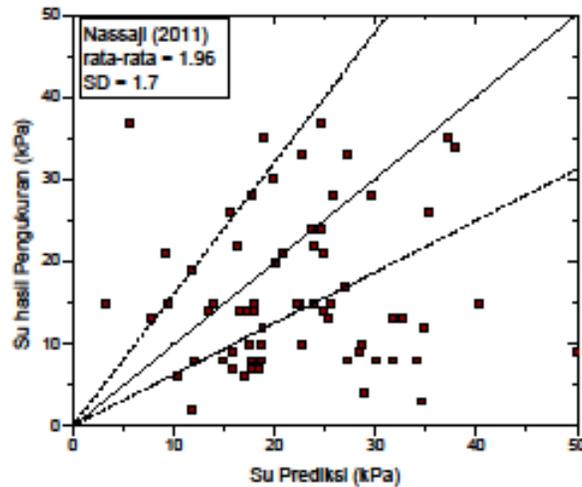


Gambar 7c. Su Prekisi vs Su hasil pengukuran dari Snaglerat (1972)

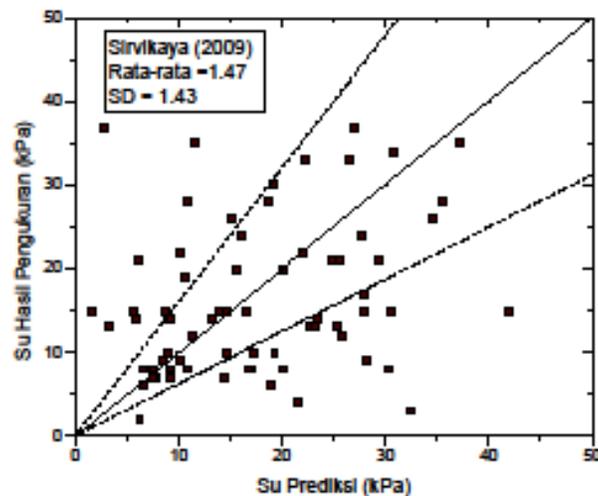
Hasil perbandingan menunjukkan bahwa prediksi atau perkiraan Su yang yang dihasilkan dari persamaan (1) yang diajukan dalam penelitian ini cukup baik (rata-rata=1.03 dan SD = 0.52). Persamaan dari peneliti lain yang memiliki prediksi yang lebih mendekati adalah dari Nassaji (2011) dengan error yang lebih rendah (rata-rata = 0.78 dan SD = 0.407).



(a)



(b)



(c)

Gambar 8.(a), (b), dan (c) Su Prediksi vs Su pengukuran dari penelitian berbeda.

Gambar 8 (a), (b), dan (c) memberikan gambaran perbandingan Su prediksi terhadap Su hasil pengujian untuk persamaan kedua. Hasil perbandingan menunjukkan bahwa rata-rata rasio ini cukup baik (rata-rata = 1.17 dan SD = 0.58) dibandingkan prediksi dari peneliti terdahulu seperti Sirvikaya (2009) dan Nassaji (2011). Prediksi Su dari Nassaji (2011) pada persamaan korelasi Su dengan N SPT saja menjadi persamaan korelasi yang paling mendekati hasil dari penelitian ini. Sedangkan untuk persamaan kedua yang mempertimbangkan pengaruh PI, w_n dan LL prediksi dari Sirvikaya (2009) lebih mendekati nilai prediksi Su pada penelitian ini.

5. KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisis data diperoleh bahwa hasil persamaan korelasi antara Tegangan geser undrained (Su) dengan N SPT yang dihasilkan memiliki koefisien korelasi (R) yang cukup

baik dengan nilai $R = 0.66$ untuk persamaan pertama dan $R = 0.68$ untuk persamaan kedua yang memasukkan faktor indeks plastisitas (PI), batas cair (LL) dan kadar air normal (wn) . Hasil persamaan korelasi dengan mempertimbangkan pengaruh indeks plastisitas, kadar air dan batas cair ternyata dapat meningkatkan nilai koefisien korelasi persamaan sehingga hubungannya lebih kuat daripada yang mempertimbangkan nilai N SPT saja.

Berdasarkan hasil perbandingan ratio Su prediksi terhadap Su pengukuran diperoleh bahwa prediksi Su dari hasil persamaan korelasi pertama penelitian ini cukup baik dimana rata-rata rasio = 1.03 dan standar deviasi = 0.52. Demikian juga untuk persamaan kedua yang mempertimbangkan pengaruh PI, LL dan wn menunjukkan hasil prediksi yang cukup baik dengan rata-rata = 1.17 dan standar deviasi = 0.58.

Saran

Hasil penelitian ini memberikan tambahan acuan korelasi untuk menentukan tegangan geser undrained (Su) melalui parameter properti tanah dari N SPT (hasil uji lapangan) dan properti laboratorium seperti indeks plastisitas (PI), kadar air (w) dan batas cair (LL). Akan tetapi untuk lokasi yang berbeda disarankan untuk membuat korelasi yang lebih spesifik karena karakteristik tanah di setiap lokasi tertentu berbeda dengan yang lainnya. Persamaan korelasi yang dihasilkan tidak dapat menggantikan secara total hasil pengujian langsung di laboratorium atau di lapangan dalam penentuan Su, perlu rasa dan pertimbangan yang baik berdasarkan pengalaman yang panjang dari para insinyur dalam mengambil keputusan korelasi yang tepat.

Untuk penelitian selanjutnya agar memperoleh hasil persamaan korelasi yang lebih kuat dan prediksinya lebih akurat, penambahan data dan hasil laboratorium yang lebih banyak akan dapat memperbaiki hasil persamaan yang dihasilkan.

DAFTAR PUSTAKA

- Décourt, L. (1990) "The Standard Penetration Test," State of the Art Report, Norwegian Geotechnical Institute Publication, vol. 179, 1-12. Part II. Oslo, Norway.
- Hara, A., Ohta, T., Niwa, M., Tanaka, S., and Banno, T. (1974) "Shear modulus and shear strength of cohesive soils," *Soils and Foundation*, 14(3), 1-12.
- Hettiarachchi, H. and Brown, T. (2009) "Use of SPT Blow Counts to Estimate Shear Strength Properties of Soils: Energy Balance Approach," *Journal of Geotechnical and Geoenvironmental Engineering*, Vol. 135, No. 6.
- Nixon, I.K., (1982). "Standard penetration test: state of the art report," *Proceedings of the 2nd European Symposium on Penetration Testing*, Amsterdam.
- Nassaji, F & Kalantari B (2011). "SPT capability to estimate undrained shear strength of fine grained soils of Tehran, Iran". *EJGE (electronic Journal of Geotechnical Engineering)* Vol 16 Bund. N. hal. 1229 -1237.
- Sanglerat, G. (1972) "The Penetration and Soil Exploration; Interpretation of Penetration Diagrams —Theory and Practice," Elsevier Publishing Co, Amsterdam. 464 pp
- Serajuddin M & Chowdhury, M.A (1996). Correlation Between Standard Penetration Resistance and Unconfined Compression Strength of Bangladesh Cohesive Deposits. *Journal of Civil Engineering*. The Institution of Engineers, Bangladesh. Vol CE 24, No.1 hal. 69 -83.

- Sivrikaya, O. and Toğrol, E. (2002) "Relations between SPT-N and q_u ," 5th Intern.Congress on Advances Civil engineering, Istanbul, Turkey, pp. 943-952
- Sirvikaya, O. (2009) "Comparison of Artificial Neural Networks Models with Correlative Works on Undrained Shear Strength," Eurasian Soil Science, Vol. 42, No. 13, pp. 1487–1496 Pleiades Publishing, Ltd.
- Sowers, G. F. (1979) "Introductory Soil Mechanics and Foundations," 4th edition. Macmillan, 621, New York.
- Stroud, M. A. (1974) "The standard penetration test in insensitive clays and soft rock," Proceedings of the 1st European Symposium on Penetration Testing, Sweden: Stockholm, vol. 2(2), 367-375.
- Terzaghi, K. and Peck, R.B. (1967) "Soil Mechanics in Engineering Practice," John Wiley, NewYork. 729.