

KORELASI EMPIRIS ANTARA KECEPATAN GELOMBANG GESER DENGAN NILAI N SPT (STUDI KASUS BANDUNG SITE)

Enden Mina

Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Sultan Ageng Tirtayasa
Jl. Jenderal Sudirman Km.3 Cilegon 42435.
E-mail : endenmina@yahoo.com

ABSTRAK

Kecepatan gelombang geser merupakan salah satu parameter dinamis tanah yang sangat penting dalam proses klasifikasi tanah dan analisis *site response*. Kecepatan gelombang geser (V_s) dapat ditentukan secara langsung atau menggunakan nilai V_s dari persamaan korelasi dengan parameter tanah lain. Pengembangan korelasi empiris antara V_s dan parameter tanah dari hasil penyelidikan lapangan dan uji laboratorium telah banyak dilakukan oleh para peneliti terdahulu, akan tetapi tingkat kemampuan prediksi dari persamaan korelasi yang dihasilkan bervariasi untuk suatu lokasi dengan lokasi lain. Studi ini bertujuan untuk memperbaiki dan memperoleh suatu korelasi yang dapat mewakili nilai V_s sebenarnya pada suatu lokasi. Dalam studi ini pengembangan Korelasi ditekankan untuk korelasi antara V_s dari survey seismic down hole (SDH) dan multichannel analysis surface waves (MASW) dengan parameter tanah seperti nilai tahanan penetrasi N dari *standard penetration test* (SPT) dan parameter tanah dari hasil uji laboratorium. Korelasi dikembangkan melalui suatu proses analisis regresi non linier menggunakan data yang dikumpulkan dari lokasi Bandung. Persamaan korelasi antara V_s dengan N SPT dari studi ini memberikan hasil yang cukup baik dan berada pada rentang prediksi V_s dari beberapa peneliti sebelumnya. Dalam penelitian ini juga dikembangkan korelasi antara V_s dengan kekuatan geser tanah *undrained* (S_u) yang memberikan hasil prediksi yang cukup baik.

Kata kunci : kecepatan gelombang geser, SDH, MASW, N SPT, persamaan korelasi

ABSTRACT

Shear wave velocity is one of the most important soil dynamic parameters in the process of soil classification and site response analysis. Shear wave velocity (V_s) can be determined by using direct measurements or by using correlation equation of V_s with other soil parameters. Development of empirical correlation between V_s and other soil parameters from field investigations and laboratory test results have been carried out by previous researchers, but the predictive ability of each equation on V_s varies for one location to another location. This study aimed to improve and obtain correlation that can represent the actual value of V_s at certain site which is emphasized the development of correlations between V_s from seismic down hole (SDH) and multichannel analysis surface waves (MASW) survey with soil parameters such as penetration resistance N from standard penetration test (N SPT) and other parameters from laboratory test result. The correlation was developed through a process of non-linear regression analysis using data which is collected from Bandung site. The correlation between V_s and N SPT in this study give sufficiently good prediction and still in the range of prediction from several previous researchers and give good V_s estimation. This study also develop correlation between V_s and undrained shear strength (S_u) which also give fairly good prediction.

Keywords: shear wave velocity, MASW, SDH, N SPT, correlation equation

1. PENDAHULUAN

Kecepatan gelombang geser (V_s) merupakan salah satu properti dinamis tanah yang penting dalam analisis *site specific response* gempa. Penentuan kecepatan gelombang geser dapat dilakukan dengan pengukuran secara langsung di lapangan atau dengan menggunakan pendekatan korelasi yang telah dikembangkan oleh beberapa peneliti sebelumnya.

Berdasarkan kesimpulan beberapa peneliti terdahulu, korelasi empiris yang telah dikembangkan tidak serta merta dapat

diterapkan pada suatu tempat (Ohta dan Goto 1978, Chang 1996, Hasancebi dan Ulusay 2006, Iyisan 1996). Mereka menganjurkan perlu disertai verifikasi dan perbandingan untuk prediksi V_s yang dihasilkan. Korelasi empiris V_s dengan parameter penyelidikan tanah pada suatu lokasi tertentu perlu dikembangkan untuk memperbaiki kualitas dan kekuatan prediksi V_s dari hasil korelasi para peneliti sebelumnya.

Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan korelasi empiris antara V_s dengan parameter tanah lain dari hasil

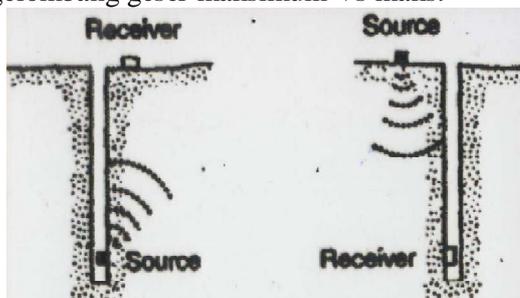
penyelidikan lapangan atau laboratorium. Korelasi dikembangkan dengan menggunakan data tanah di Bandung. Nilai Vs dari lapangan diambil dengan menggunakan metoda survey lapangan seismic down hole (SDH) dan dan metoda multichannel analysis surface waves (MASW) dengan penyelidikan tanah di Lapangan menggunakan standard penetration test (SPT). Melalui studi ini diharapkan dapat memberikan gambaran yang lebih spesifik dan mendekati sebenarnya nilai kecepatan gelombang geser (Vs) pada suatu lokasi melalui pengembangan suatu korelasi untuk lokasi tertentu khususnya di Indonesia.

2. TINJAUAN PUSTAKA

Kecepatan gelombang geser dapat ditentukan melalui survei langsung di lapangan atau dengan pendekatan korelasi. Beberapa metoda pengukuran yang umum dilaksanakan untuk menentukan Vs diantaranya adalah seismic down hole, spectral analysis surface waves (SASW) dan multichannel analysis surface waves MASW). Penjelasan ringkas tentang metoda penentuan Vs secara langsung dijelaskan pada bagian selanjutnya.

a. *Seismic Down-hole and Up-hole Test*

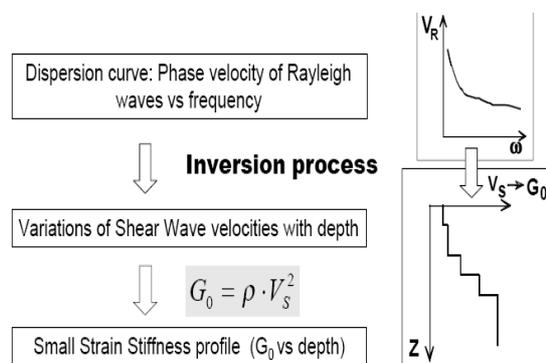
Dalam teknik down-hole, sumber getaran energi dihasilkan dari permukaan tanah dekat lubang bor, dimana satu atau banyak geophone (penerima) diletakkan pada kedalaman-kedalaman tertentu. Sementara up-hole test, gelombang dihasilkan dari berbagai variasi kedalaman pada lubang bor dan penerima diletakkan di atas permukaan tanah dekat lubang bor. Waktu rambat gelombang antara sumber dan penerima dicatat. Hasil plot tersebut kemudian digunakan untuk menentukan kecepatan gelombang tekan Vc maks dan kecepatan gelombang geser maksimum Vs maks.



Gambar 1. Prinsip kerja uji seismic down-hole dan up-hole (Kramer, 1996)

b. *Multichannel analysis surface waves (MASW)*

MASW merupakan suatu metoda pengukuran kecepatan gelombang geser (Vs) yang melewati medium seperti tanah menggunakan prinsip perambatan gelombang dengan menganalisa gelombang Rayleigh di permukaan melalui banyak saluran (channel). Hasil dari pengukuran ini berupa profil Vs terhadap kedalaman. Secara khusus metoda MASW dipakai dalam bidang geoteknik selain untuk menentukan Vs juga digunakan untuk mengidentifikasi sifat material, kondisi material, serta kondisi-kondisi yang khusus di dalam tanah. Keuntungan dari metoda MASW adalah cara kerja yang tidak membutuhkan waktu lama dan mudah dilaksanakan.



Gambar 2. Skema prinsip tiga langkah prosedur MASW

c. *Pendekatan Korelasi Empiris Vs dengan Parameter Tanah Lain*

Untuk kepentingan kepraktisan dan pertimbangan ekonomis penentuan Vs melalui pendekatan korelasi mulai dikembangkan oleh beberapa peneliti sebelumnya. Usaha tersebut juga untuk membantu memudahkan penentuan Vs pada lokasi yang tidak memungkinkan melakukan pengukuran secara langsung. Sejak tahun 70 – an para peneliti dari Jepang sudah memulai mengembangkan persamaan korelasi Vs dengan parameter tanah seperti nilai N SPT. Persamaan korelasi semakin banyak bermunculan dari hasil penelitian untuk kondisi tanah di beberapa negara. Rangkuman beberapa hasil pengembangan korelasi empiris ini disajikan dalam Tabel 1 berikut.

Tabel 1. Beberapa persamaan korelasi yang dihasilkan beberapa peneliti terdahulu

No	Peneliti	All soils	Sand	Silt	Clay
1	Imai&Yoshimura(1975)	$76N^{0.33}$	-	-	-
2	Ohta et al(1972)	-	$87.2N^{0.36}$	-	-
3	Fujiwara(1972)	$92.1N^{0.337}$	-	-	-
4	Ohsaki&Iwasaki(1973)	$81.4N^{0.39}$	-	-	-
5	Imai et al (1975)	$89.9N^{0.34}$	-	-	-
6	Imai(1977)	$91N^{0.337}$	$80.6N^{0.331}$	-	$80.2N^{0.292}$
7	Ohta&Goto(1978)	$85.35N^{0.348}$	-	-	-
8	Seed&Idriss(1981)	$61.4N^{0.5}$	-	-	-
10	Sykora&Stokoe(1983)	-	$100.5N^{0.29}$	-	-
11	Jinan (1987)	$116.1(N+0.32)^{0.202}$	-	-	-
12	Lee(1990)	-	$57.4N^{0.49}$	$105.64N^{0.32}$	$114.43N^{0.31}$
13	Athanasopoulus(1995)	$107.6N^{0.36}$	-	-	$76.55N^{0.445}$
14	Iyisan(1996)	$51.5N^{0.516}$	-	-	-
15	Kanai(1996)	$19N^{0.6}$	-	-	-
16	Jafari et al (1997)	$22N^{0.85}$	-	-	-
17	Jafari et al (2002)	-	-	-	$27N^{0.73}$
18	Hasancebi&Ulusay(2006)	$90N^{0.309}$	$90.82N^{0.319}$	-	$97.89N^{0.269}$
19	Unal Dikmen(2008)	$58N^{0.39}$	$73N^{0.33}$	$60N^{0.36}$	$44N^{0.48}$
21	Jayasaputra (2010)	$96.82N^{0.34}$	$87.39N^{0.36}$	-	$85.81N^{0.37}$

Berdasarkan hasil kajian penelitian dari para peneliti sebelumnya, umumnya mereka menyimpulkan bahwa persamaan korelasi yang mereka hasilkan perlu verifikasi ketika akan diterapkan pada suatu lokasi tertentu. Persamaan korelasi yang dihasilkan sebaiknya tidak serta merta diterapkan pada suatu lokasi, oleh karena itu verifikasi hasil dan studi banding perlu dilakukan. Dengan verifikasi tersebut diharapkan kita dapat mengetahui tingkat kekuatan atau keakuratan prediksi Vs yang dihasilkan beberapa peneliti sebelumnya.

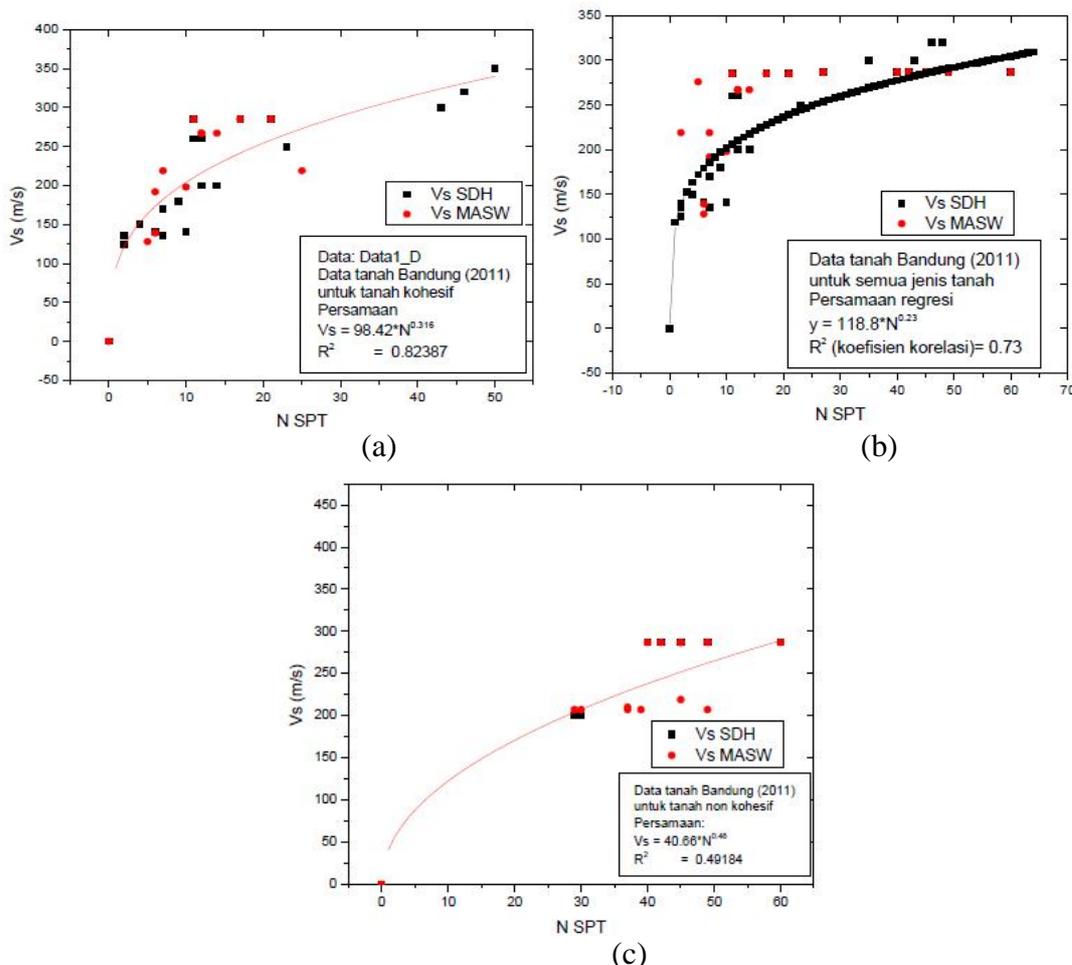
3. METODOLOGI PENELITIAN

Penelitian dilakukan dengan menganalisis data tanah untuk Vs dari survey SDH dan MASW dengan data tanah dari hasil penyelidikan tanah dan uji laboratorium.

Korelasi Vs dengan parameter tanah seperti N SPT, kekuatan geser undrained (Su) dan angka pori (e) dikembangkan dengan membuat analisis regresi non linier dari pasangan data Vs dengan parameter yang akan ditinjau.

4. ANALISIS DAN PEMBAHASAN

Dengan menggunakan 96 pasang data Vs dengan N SPT dari seluruh data yang dikumpulkan yang kemudian disortir untuk mengabaikan data yang melenceng jauh, analisis regresi non linier dilakukan untuk memperoleh korelasi antara Vs dengan N SPT. Gambaran proses analisis regresi untuk pengembangan korelasi empiris studi ini dan perbandingan hasilnya dengan hasil para peneliti sebelumnya disajikan dalam Gambar 2.



Gambar 3. Persamaan korelasi yang dihasilkan dari analisis regresi untuk semua jenis tanah kohesif (a) semua jenis tanah (b) dan tanah non kohesif (c)

Hasil pengembangan korelasi empiris dalam studi ini dirangkum dalam Tabel 2 disertai

hasil korelasi dari Jayasaputra (2010) sebagai bahan perbandingan.

Tabel 2. Hasil persamaan korelasi yang dihasilkan dalam studi ini (2011)

No	Kategori Tanah	Persamaan Korelasi	
		Data Jakarta (Jayasaputra (2010))	Data Bandung (studi ini)
1	Semua jenis tanah	$V_s = 96.82 * N^{0.34}$ $R^2 = 0.84$	$V_s = 118.8 * N^{0.23}$ $R^2 = 0.73$
2	Tanah Kohesif	$V_s = 95.82 * N^{0.34}$ $R^2 = 0.82$	$V_s = 98.42 * N^{0.316}$ $R^2 = 0.82$
3	Tanah non kohesif	$V_s = 87.39 * N^{0.82}$ $R^2 = 0.95$	$V_s = 40.66 * N^{0.48}$ $R^2 = 0.49$

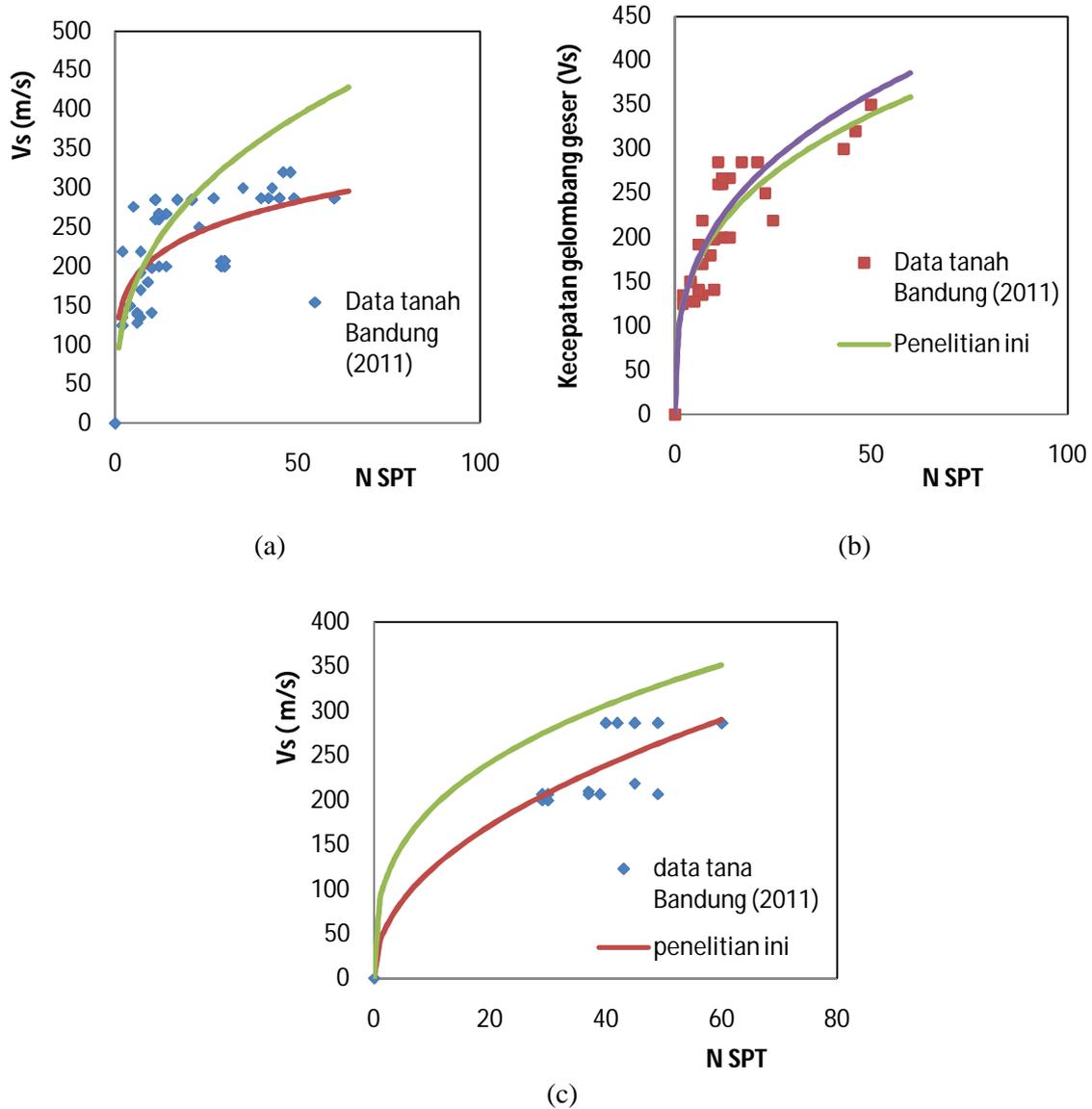
Tabel 2 menyajikan hasil pengembangan korelasi dalam studi ini dan perbandingannya dengan hasil korelasi yang dikembangkan oleh Jayasaputra (2010). Korelasi Jayasaputra dipilih sebagai pembanding karena korelasi yang dihasilkan merupakan pengembangan data dari lokasi kota Jakarta yang merupakan daerah yang berdekatan

dengan kota Bandung. Dengan membandingkan hasil dua korelasi seperti pada tabel 2 diharapkan dapat memberikan gambaran prediksi Vs hasil studi ini dengan prediksi Vs dari korelasi lain yang bersumber dari data dengan lokasi yang berdekatan.

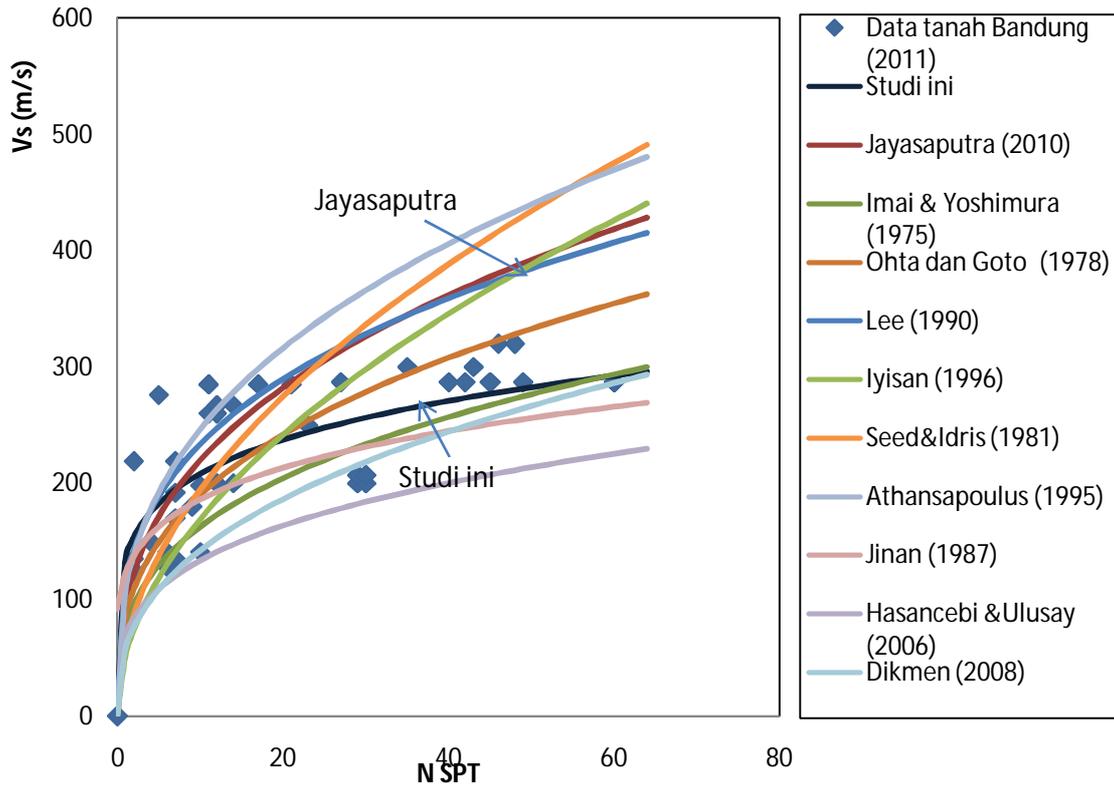
Perbandingan hasil studi korelasi dalam penelitian ini dengan persamaan korelasi dari

penelitian sebelumnya (Jayasaputra (2010)) disajikan dalam Gambar 4. Pada Gambar 4 dapat dilihat bahwa, terdapat perbedaan hasil persamaan tetapi tidak berbeda secara signifikan karena prediksi Vs keduanya masih dalam rentang Vs yang sesuai dengan hasil dari ASCE7-10. Pada tanah kohesif

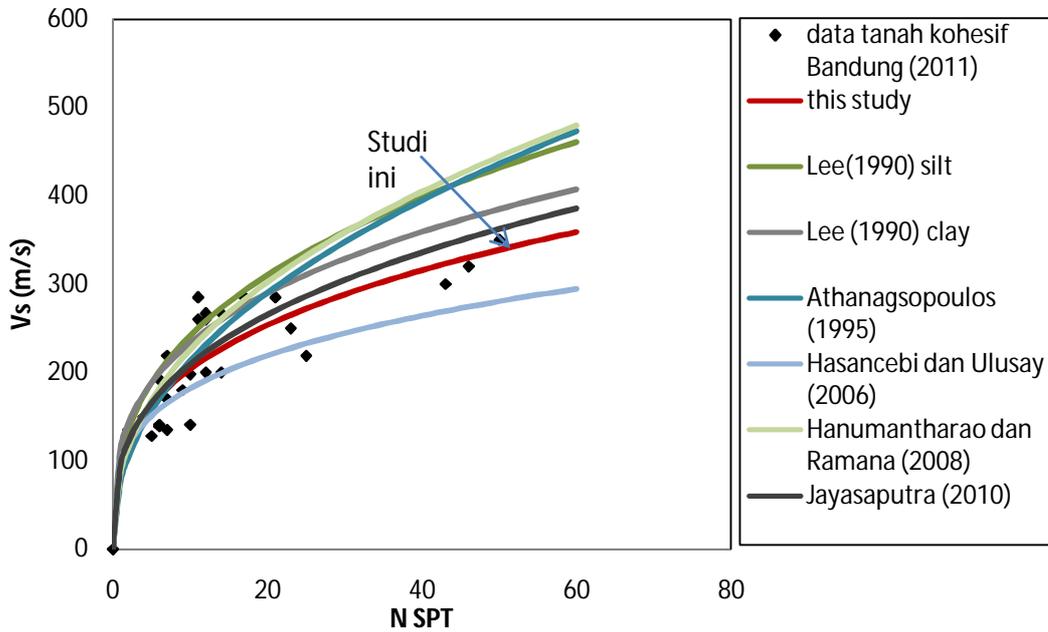
prediksi Vs dari studi ini dengan Jayasaputra tidak berbeda secara signifikan. Sedangkan untuk kategori tanah non kohesif dan semua jenis tanah prediksi nilai Vs dari jayasaputra lebih tinggi harganya dibandingkan prediksi dari studi ini.



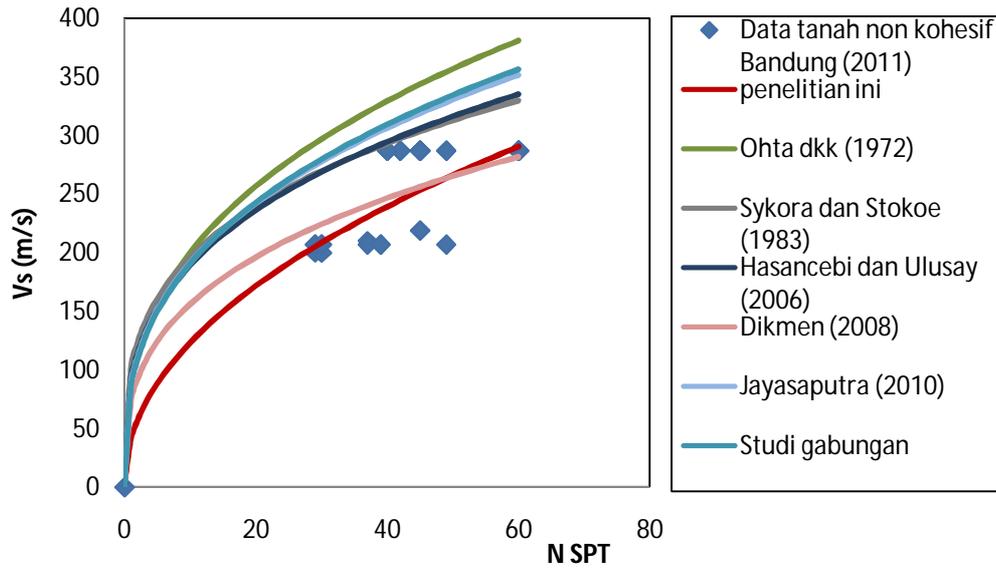
Gambar 4. Perbandingan Hasil korelasi studi ini (2011) dengan hasil korelasi Jayasaputra (2010) untuk semua jenis tanah (a), tanah kohesif (b), dan tanah non kohesif (c)



Gambar 5. Posisi persamaan korelasi studi ini diantara persamaan korelasi lainnya untuk semua jenis tanah



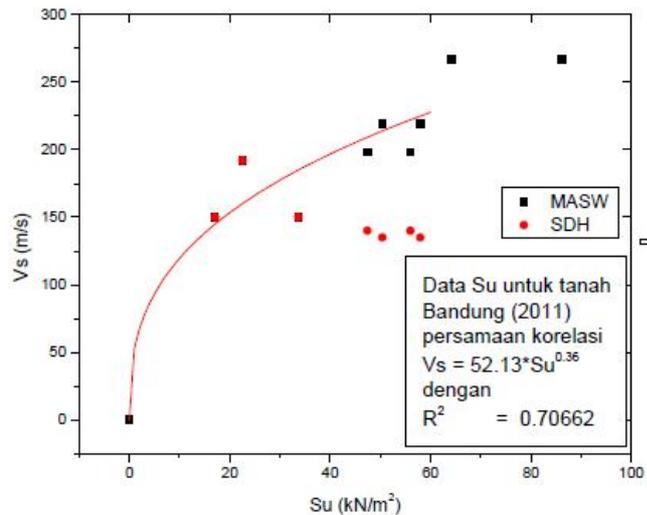
Gambar 6. Posisi persamaan korelasi studi ini diantara persamaan korelasi lainnya untuk tanah kohesif



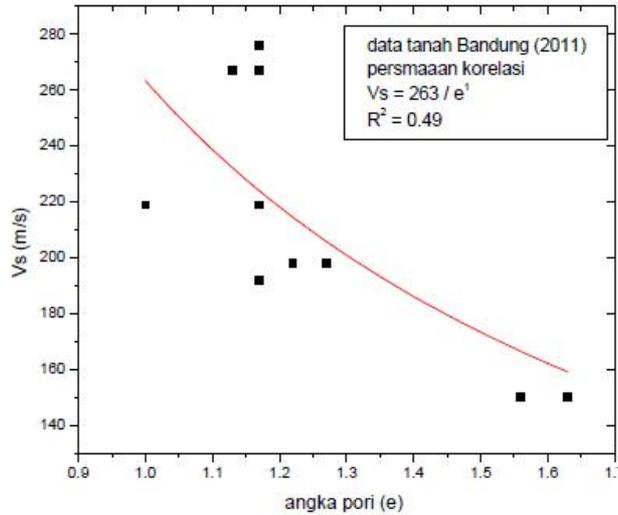
Gambar 7. Posisi persamaan korelasi studi ini diantara persamaan korelasi lainnya untuk tanah non kohesif

Posisi hasil korelasi studi ini dengan persamaan korelasi dari para peneliti sebelumnya disajikan dalam gambar 5 sampai dengan Gambar 7. Dapat disimpulkan bahwa rentang prediksi persamaan korelasi dari studi ini memiliki rentang prediksi yang cukup baik yakni berada pada rentang prediksi yang berdekatan dengan rentang prediksi Vs dari hasil korelasi dari para peneliti sebelumnya. Pada tanah non kohesif prediksi Vs studi ini lebih kecil nilainya dibanding dengan hasil korelasi dari para peneliti sebelumnya.

Dalam studi ini juga dikembangkan korelasi antara Vs dengan kekuatan geser undrained dan angka pori. Kekuatan geser undrained diperoleh dari hasil uji triaksial CU di laboratorium. Hasil pengembangan korelasi empiris Vs dengan Su melalui analisis regresi non linier dari data dalam studi ini disajikan dalam Gambar 8, sedangkan hasil pengembangan korelasi Vs dengan angka pori (e) disajikan dalam Gambar 9.



Gambar 8. Hasil persamaan korelasi Vs dengan kekuatan geser undrained untuk data Bandung (2011)



Gambar 9. Hasil persamaan korelasi Vs dengan angka pori (e) untuk data tanah Bandung (2011)

Koefisien korelasi untuk persamaan korelasi Vs dengan Su memiliki nilai yang cukup baik dan memenuhi syarat adanya suatu korelasi yang signifikan. Demikian juga dengan hubungan antara Vs dengan angka

pori (e) nilai koefisien korelasinya memiliki nilai yang memenuhi syarat sehingga korelasi antara keduanya cukup baik. Hasil korelasi dirangkum dalam Tabel 3.

Tabel 3. Persamaan korelasi antara Vs dengan Su dan e

No	Persamaan korelasi Vs dengan Su dan e	
	Studi ini	Jayasaputra (2010)
1	$V_s = 52.13 * Su^{0.36}$ $r = 0.84$	$V_s = 47.02 * Su^{0.42}$, $R^2 = 0.75$
2	$V_s = 263 * e^{-1}$ $r = 0.7$	

5. KESIMPULAN DAN SARAN

a. Kesimpulan

Secara keseluruhan pengembangan korelasi empiris Vs terhadap parameter tanah seperti N SPT, kekuatan geser undrained (Su), angka pori (e) memberikan suatu hubungan yang cukup baik. Berdasarkan hasil perbandingan korelasi dari beberapa peneliti sebelumnya dengan hasil korelasi studi ini dapat disimpulkan bahwa korelasi empiris studi ini memiliki prediksi Vs yang cukup baik dan masih berada pada rentang prediksi Vs dari beberapa peneliti terdahulu. Walaupun memiliki prediksi Vs yang cukup baik, untuk penerapan pada suatu lokasi tertentu sebaiknya disertai dengan perbandingan dan verifikasi dengan hasil penentuan Vs yang lainnya untuk menjamin keakuratannya. Hal tersebut sejalan dengan beberapa kesimpulan dari beberapa peneliti sebelumnya bahwa persamaan korelasi tidak serta merta dapat diterapkan pada suatu lokasi

perlu pengecekan dan verifikasi untuk hasil prediksinya.

b. Saran

Pengembangan korelasi perlu adanya kajian lebih lanjut dengan data lebih baik dari segi kuantitas dan kualitasnya sehingga menghasilkan suatu korelasi yang lebih andal sebagai prediksi nilai Vs. Verifikasi lebih lanjut perlu dilakukan terhadap nilai Vs di lapangan, Vs hasil korelasi dengan pengukuran Vs melalui beberapa macam pengujian di laboratorium untuk memeriksa hasil prediksi Vs yang dihasilkan.

6. DAFTAR PUSTAKA

Anbazhagan, P., dan Sitharam, T.G., (2006) : Evaluation of Dynamic Properties and Ground Profiles Using MASW, *Correlation Between Vs and N60*, 13th Symposium on Earthquake Engineering Indian Institute of Technology, Roorkee.

- Chang, T.-S., Hall K.H., Pezeshk S., Wei B.-Z (1996) An Emphirical Method to Estimate Shear Wave Velocity of Soils in The New Madrid Seismic Zone, *Soil Dynamics & Earthquake Engineering* 15, 399-408, Elsevier.
- Das, M Braja (1993). *Principal of Soil Dynamic*. PWS KENT, Boston
- Dikmen, U, (2009) : Statistical Correlations of Shear Wave Velocity and Penetration Resistance for Soils, Departement of Geophysical, Ankara University, Turkey.
- Hardin B.O. dan Drnevich V.P. (1972). "shear modulus and damping in soils: Design equation and curve". *Journal of the soils mechanics and foundation division. ASCE*. Vol 98. No. SM7, hal. 667-692
- Hasancebi, N., dan Ulusay, R., (2006) : Emphirical Correlation Between Shear Wave Velocity and Penetration Resistance for ground shaking assessments, *Paper*, Departement of Geological Engineering, Hacettepe University, Ankara-Turki, Springer-Verlag.
- Imai, T dan Tonouchi, K (1982) Correlation N Value with S-wave Velocity and Shear Modulus. *Proceeding of Second European Symposium on penetration Testing*. Amsterdam, The Netherland, pp 67-72.
- Iyisan, R. (1996) : Correlations Between Shear Wave Velocity and In-Situ Penetration Test Results, ITU Faculty of Civil Engineering Dept of Geotechnics, Istambul, *Teknik Dergi*, vol 7, No 2, pp.1187-1199.
- Iwasaki R dan Ohsaki, Y (1973). On Dynamic Shear Modulli dan Poisson's Ratio of Soil Deposit. *Soil and Foundation*. JSSMFE, Vol. 13, N.4, Desember pp 59-73
- Jafari, dkk. (2002) : Dynamic Properties of Fine Grained Soils in South of Tehran, *JSEE: Spring*, Vol.4, No. 1
- Jayasaputra, U. (2010) Studi Korelasi Empiris untuk Menntukan *Shear Wave Velocity* tanah dengan Menggunakan Data *SASW Seismic Down Hole* dan Data Penyelidikan Tanah. Tesis Magister. Institut Teknologi Bandung.
- Kramer, Steven L (1996). *Geotechnical Earthquake Engineering*. Prentice Hall, New Jersey
- Luna, R dan Jadi,H.(2000). " Determination of Dynamic Soil Properties Using Geophysical Method". *Proceeding of the First International Conference on the Application of Geophysical and NDT Methodologis to Transportation Facilities and Infrastructure*. St-Louise.MO.
- Ohta, Y dan Goto, N (1978). Empirical Shear Wave Velocity Equation in Term of characteristic Soil Indexes. *Earthquake Engineering and Structure Dynamic*. Vol. 6, pp 167-187.
- Stokoe, K.H.II, Wright, S. G., Bay, J. A., Roesett, J.M., 1994. Characteristization of Geotechnical Sites By SASW Method: Geophysical Characterization of Sites, Volume Prepared By ISSMFE, Technical Committee#10, XIII ICSMFE, New Delhi India, Richard Woods Editors, 15-25.
- Sykora, D.W., Stokoe, K.H (1983) Correlation of In Situ Measurement in Sands of Shear Wave Velocity Soil Characteristic and site conditions, *Geotechnical Engineering Report GR83-33*, The University of Texas at Austin, 484 Pages.