

HUBUNGAN KUAT GESER PADA TANAH DENGAN HASIL PERCOBAAN DYNAMIC CONE PENETROMETER PADA RUAS JALAN WORU-LIKUPANG KABUPATEN MINAHASA UTARA

Priska C. L. Lengkong, Sartje Monintja, J.E.R. Sumampouw, Alva N. Sarajar
Fakultas Teknik, Jurusan Teknik Sipil, Universitas Sam Ratulangi
email: priskalengkong@gmail.com

ABSTRAK

Uji *Dynamic Cone Penetrometer* (DCP) sudah banyak dilakukan di Indonesia dalam bidang geoteknik dan transportasi, untuk mengevaluasi sifat-sifat tanah dasar ataupun perkerasan lentur. Penelitian yang sudah pernah dilakukan menghasilkan adanya korelasi nilai antara CBR dan DCP di beberapa jenis tanah. Penggunaan alat DCP yang mudah, relatif murah, dan dapat dilakukan berulang-ulang ini, juga telah dikembangkan untuk aplikasi-aplikasi yang praktis, seperti menghasilkan perkiraan kuat geser di lapangan (*insitu*).

Dalam penelitian ini pada 5 titik pengujian di ruas jalan Wori-Likupang Kabupaten Minahasa Utara, hubungan antara kuat geser lapangan yang dihasilkan dari penggunaan alat DCP dengan kuat geser laboratorium dengan alat uji Triaksial menghasilkan 4 data dengan nilai yang hampir sama, sehingga penggunaan alat DCP untuk penentuan kuat geser lapangan dapat dipakai sebagai suatu data perencanaan konstruksi jalan.

Kata kunci: Kuat Geser, Tanah, *Dynamic Cone Penetrometer*, Triaksial UU.

ABSTRACT

Dynamic Cone Penetrometer (DCP) test has been done in Indonesia on the geotechnical and transportation field, to evaluate the properties of flexible pavement or subgrade. Some research that have been done for example, are producing a correlation between CBR and DCP in some types of soil. The use of DCP, a relatively inexpensive, and can be done repeatedly, also have been developed for practical applications, such as generating approximate shear strength in the field (in situ).

In this research at 5 points of examination on the road Wori-Likupang North Minahasa regency, the relationship between the shear strength on the field from the use of the DCP with the shear strength from triaxial testing equipment on laboratory is calculated. The result obtained is 4 points almost has the same value, so the use of a DCP for the determination of shear strength field can be used as a road construction planning data.

Keywords: Shear Strength, Soil, Dynamic Cone Penetrometer, unconsolidated undrained triaxial.

PENDAHULUAN

Tanah merupakan bagian yang sangat penting dalam suatu pekerjaan konstruksi teknik sipil, baik sebagai bahan konstruksi maupun sebagai pendukung beban. Tanah diharapkan mampu untuk mendukung beban konstruksi yang ada di atasnya. Untuk itu tanah harus memenuhi persyaratan kualitas, baik secara fisik maupun secara teknis.

Nilai kuat geser tanah merupakan salah satu parameter penting yang di butuhkan dalam perencanaan sebuah struktur, hal ini di sebabkan karena parameter kuat geser tanah dapat memberikan informasi tentang kekuatan suatu masa tanah untuk melawan tegangan geser yang terjadi akibat adanya beban, yang di letakan di atasnya misalnya seperti pada perkerasan jalan raya.

Ruas jalan Wori-Likupang yang termasuk dalam Jaringan Jalan Manado-Likupang dan berstatus Jalan Nasional adalah kawasan andalan sentra perikanan Provinsi Sulawesi Utara karena merupakan prasarana jalan pengangkutan hasil produksi perikanan dan arus penumpang pengguna jasa transportasi laut dari dan ke pelabuhan Munte. Untuk itu kualitas layanan prasarana jalan yang sudah rusak dan tidak nyaman untuk dilalui perlu ditingkatkan guna kelancaran lalulintas aktivitas-aktivitas tersebut.

Uji *Dynamic Cone Penetrometer* (DCP) sudah banyak dilakukan di Indonesia dalam bidang geoteknik dan transportasi, untuk mengevaluasi sifat-sifat tanah dasar ataupun perkerasan lentur. Penelitian yang sudah pernah dilakukan menghasilkan adanya korelasi nilai antara CBR dan DCP di beberapa jenis tanah.

Penggunaan alat DCP yang mudah, relatif murah, dan dapat dilakukan berulang-ulang ini, juga telah dikembangkan untuk aplikasi-aplikasi yang praktis, seperti menghasilkan perkiraan kuat geser di lapangan (*insitu*). Pengujian dengan alat DCP ini dilakukan untuk mendapatkan grafik-grafik dan persamaan-persamaan yang menghubungkan kuat geser dengan penghitungan jumlah tumbukan (*blow count*).

Penelitian ini mengambil data berdasarkan hasil percobaan di lapangan yang meliputi pengujian alat DCP di beberapa titik STA di ruas jalan Wori-Likupang Kabupaten Minahasa Utara yaitu diantara desa Palaes dan desa Maliambao yang kondisi ruas jalannya sudah rusak, dan pengambilan sampel tanah di lokasi yang sama untuk dilakukan pengujian di laboratorium, dan menganalisis hasilnya dalam usaha mengembangkan hubungan antara kuat geser dan hasil percobaan DCP di ruas jalan Wori-Likupang Kabupaten Minahasa Utara.

LANDASAN TEORI

Kuat Geser Tanah

Kuat geser tanah merupakan sebuah faktor yang sangat penting dalam menyelesaikan masalah-masalah tentang tanah seperti mendesain pondasi, perhitungan tekanan tanah lateral, analisis kesatabilan lereng dan lainnya. Kuat geser tanah adalah kemampuan tanah melawan tegangan geser yang terbebani (gaya perlawanan yang dilakukan oleh butir-butir tanah terhadap desakan atau tarikan). Jika suatu tanah tidak memiliki kekuatan geser yang cukup untuk menahan atau memikul tegangan geser yang terjadi, maka akan timbul pergeseran tanah (keruntuhan pada tanah). Keruntuhan geser tanah terjadi bukan disebabkan karena hancurnya butir-butir tanah tersebut tetapi karena adanya gerak relatif antara butir-butir tanah tersebut. Pada peristiwa kelongsoran suatu lereng berarti telah terjadi pergeseran dalam butir-butir tanah tersebut. Kekuatan geser yang dimiliki oleh suatu tanah disebabkan oleh:

- Pada tanah berbutir halus (kohesif) misalnya lempung, kekuatan geser yang dimiliki tanah disebabkan karena adanya kohesi atau lekatan antara butir-butir tanah (c tanah).
- Pada tanah berbutir kasar (non kohesif), kekuatan geser disebabkan karena adanya gesekan antara butir-butir tanah sehingga sering disebut sudut gesek dalam (ϕ tanah).
- Pada tanah yang merupakan campuran antara tanah halus dan tanah kasar (c, ϕ tanah), kekuatan geser disebabkan karena adanya lekatan (karena kohesi) dan gesekan antara butir-butir tanah (karena ϕ).

Kriteria keruntuhan Mohr-Coulomb

Mohr (1910) memberikan teori mengenai kondisi keruntuhan suatu bahan. Teorinya adalah bahwa keruntuhan suatu bahan dapat terjadi oleh akibat adanya kombinasi keadaan kritis dari tegangan normal dan tegangan geser. Hubungan fungsi antara tegangan normal dan tegangan geser pada bidang runtuhnya dinyatakan dalam persamaan:

$$\tau = f(\sigma) \quad (1)$$

dengan τ adalah tegangan geser pada saat terjadinya keruntuhan atau kegagalan, dan σ adalah tegangan normal pada saat kondisi tersebut.

Coulomb (1776) mendefinisikan fungsi $f(\sigma)$ sebagai:

$$\tau = c + \sigma \times \text{tg } \phi \quad (2)$$

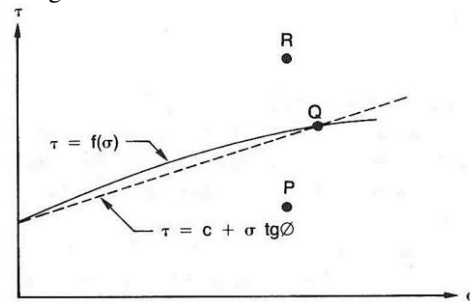
dengan: τ = kuat geser tanah

c = kohesi tanah

ϕ = sudut geser dalam

σ = tegangan normal pada bidang runtuh

Persamaan 2 ini disebut kriteria keruntuhan atau kegagalan Mohr-Coulomb, dimana garis selubung kegagalan dari persamaan tersebut dilukiskan dalam Gambar 1. Jika tegangan-tegangan baru mencapai titik P, keruntuhan geser tidak akan terjadi. Keruntuhan geser akan terjadi jika tegangan-tegangan mencapai titik Q yang terletak pada garis selubung kegagalannya. Kedudukan tegangan yang ditunjukkan oleh titik R tidak akan pernah terjadi, karena sebelum tegangannya mencapai titik R, bahan sudah mengalami keruntuhan.

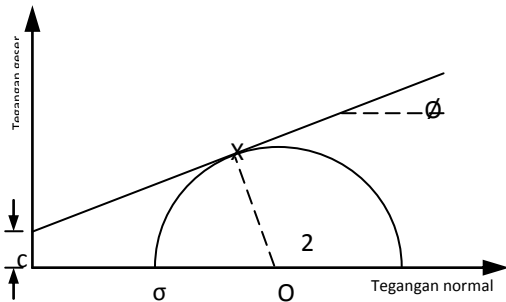


Gambar 1 Kriteria Keruntuhan Mohr dan Coulomb (H.C. Hardiyatmo, 1992)

Gambar 2 menunjukkan gambaran separuh lingkaran Mohr yang mewakili kondisi tegangan pada saat keruntuhan pada suatu massa tanah. Garis keruntuhan yang dinyatakan oleh persamaan $\tau = c + \sigma \text{tg } \phi$ menyinggung lingkaran Mohr pada titik X. Jadi, keruntuhan geser yang terjadi pada bidang tertentu dapat kita nyatakan dengan lingkaran berjari-jari OX, dan bidang tersebut harus membentuk kemiringan sudut $\theta = 45^\circ + \frac{\phi}{2}$ terhadap bidang utama besar.

Bila harga $\theta = 45^\circ + \frac{\phi}{2}$ dimasukkan kedalam persamaan dan kemudian disederhanakan, akan menghasilkan

$$\sigma_1 = \sigma_3 \tan^2 \left(45 + \frac{\phi}{2} \right) + 2c \tan \left(45 + \frac{\phi}{2} \right) \quad (3)$$



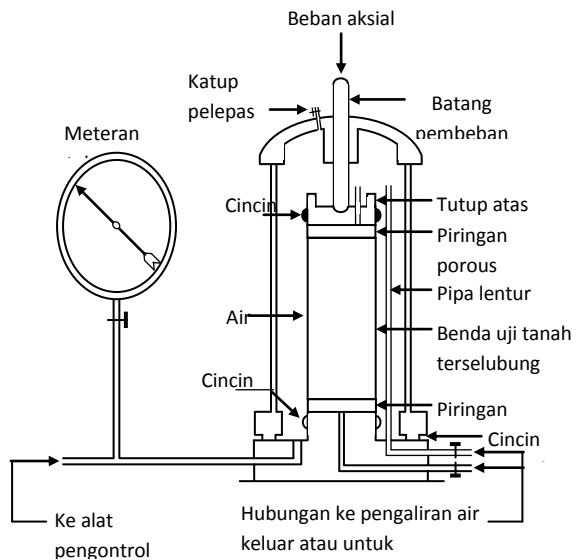
Gambar 2 Lingkaran Mohr dan Garis Keruntuhan (Braja M. Das, 1995)

Pengujian Kuat Geser Tanah

Pada uji triaksial, contoh uji biasanya berbentuk silinder dengan diameter 1.5 inci (3.81 cm) dan tinggi 3 inci (7.62 cm). Contoh tanah ditutup dengan membran karet yang tipis dan kemudian dimasukkan kedalam bejana silinder dari bahan plastik atau juga gelas yang kemudian bejana tersebut diisi air atau larutan gliserin. Tegangan horisontal (atau tegangan sel, σ_3) diberikan melalui pemberian tekanan pada cairan dalam bejana. Tegangan deviator, $\Delta\sigma$ (yang besarnya adalah selisih kedua tegangan utama σ_1 dan σ_3) diberikan dalam arah aksial sampai contoh tanah mengalami keruntuhan. Tegangan σ_1 disebut juga tegangan utama mayor, tegangan σ_3 disebut juga tegangan utama minor. Tegangan utama tengah $\sigma_2 = \sigma_3$ merupakan tegangan keliling atau tegangan sel. Karena contoh tanah berbentuk silinder maka permukaan yang menerima tegangan $\sigma_2 = \sigma_3$. Pemberian tegangan aksial adalah melalui piston vertikal yang dihubungkan dengan dial pengukur beban. Peralatan ini juga dilengkapi dengan pipa-pipa untuk mengalirkan air ke dan dari dalam contoh tanah dimana pipa-pipa tersebut juga berguna sebagai sarana pengukur tegangan pori pada kondisi uji.

Dalam penelitian ini digunakan uji triaksial metode *Unconsolidated-Undrained*, yang merupakan uji paling cepat dalam memperoleh parameter geser dan data tegangan-tegangan tanah. Benda uji mula-mula dibebani dengan penerapan tegangan sel (tegangan keliling), kemudian dibebani dengan beban normal, melalui penerapan tegangan deviator sampai mencapai keruntuhan. Pada penerapan tegangan deviator selama penggeserannya, tidak diizinkan air keluar dari benda ujinya. Jadi, selama pengujian katup drainase ditutup.

Skema umum alat uji triaksial ditunjukkan pada Gambar 3 dibawah ini.



Gambar 3 Alat Pengujian Triaksial (Braja M. Das, 1995)

Dynamic Cone Penetrometer (DCP)

Tes Penetrasi kerucut dinamis (DCPT) pada awalnya dikembangkan sebagai alternatif untuk mengevaluasi sifat-sifat perkerasan lentur atau tanah dasar. Pendekatan konvensional untuk mengevaluasi sifat kekuatan dan kekakuan tanah aspal dan tanah dasar melibatkan prosedur inti sampling dan pengujian Program laboratorium yang rumit seperti modulus resilien, tes Marshall dan lainnya (Livneh dkk. 1994). Karena ekonomis dan kesederhanaannya, pemahaman yang lebih baik dari hasil DCPT dapat mengurangi secara signifikan tenaga dan biaya yang terlibat dalam evaluasi tanah perkerasan dan tanah dasar.

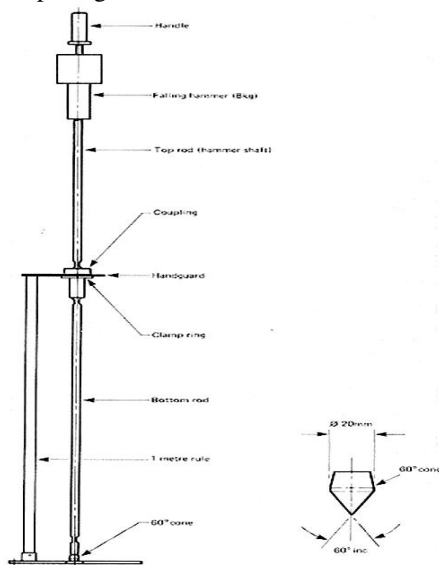
Pengujian cara dinamis ini dikembangkan oleh TRLL (Transport and Road Research Laboratory), Crowthorne, Inggris dan mulai diperkenalkan di Indonesia sejak tahun 1985 / 1986. Pengujian ini dimaksudkan untuk menentukan nilai CBR (California Bearing Ratio) tanah dasar, timbunan, dan atau suatu sistem perkerasan. Pengujian ini akan memberikan data kekuatan tanah sampai kedalaman + 70 cm di bawah permukaan lapisan tanah yang ada atau permukaan tanah dasar. Pengujian ini dilakukan dengan mencatat data masuknya konus yang tertentu dimensi dan sudutnya, ke dalam tanah untuk setiap pukulan dari palu/hammer yang berat dan tinggi jatuh tertentu pula.

Cara uji ini merupakan suatu prosedur yang cepat untuk melaksanakan evaluasi kekuatan tanah dasar dan lapis fondasi jalan, dengan menggunakan Dynamic Cone Penetrometer, (DCP). Cara uji ini juga merupakan cara alternatif

jika pengujian CBR lapangan tidak bisa dilakukan.

Gambar 4 menunjukkan sebuah konfigurasi khas dari penetrometer kerucut dinamis (DCP). Seperti ditunjukkan dalam gambar, DCP terdiri dari atas dan poros yang lebih rendah. Poros atas memiliki 8 kg (17,6 lb) palu drop dengan 575 mm (22,6 in) tinggi badan drop dan melekat pada poros yang lebih rendah melalui landasan. Poros rendah berisi landasan dan kerucut terpasang pada ujung poros. Kerucut tersebut dapat diganti dan memiliki sudut kerucut 60 derajat atau 30 derajat. Sebagai perangkat membaca, sebuah batang tambahan digunakan sebagai lampiran ke poros yang lebih rendah dengan tanda di setiap mm 5.1 (0.2 in).

Alat penetrometer konus dinamis (DCP) terdiri dari tiga bagian utama yang satu sama lain harus disambung sehingga cukup kaku, seperti terlihat pada gambar 4 dibawah ini:



Gambar 4 Alat Penetrometer Konus Dinamis (DCP) (Penuntun DCP Bina Marga, 2001)

Bagian-bagian alat Penetrometer Konus Dinamis (DCP) dapat dijelaskan dalam 3 bagian seperti di bawah ini:

- Bagian atas yang terdiri dari,
 - a) Pemegang;
 - b) Batang bagian atas diameter 16 mm, tinggi-jatuh setinggi 575 mm;
 - c) Penumbuk berbentuk silinder berlubang, berat 8 kg.
- Bagian tengah yang terdiri dari,
 - a) Landasan penahan penumbuk terbuat dari baja;
 - b) Cincin peredam kejut;
 - c) Pegangan untuk pelindung mistar penunjuk kedalaman.
- Bagian bawah yang terdiri dari,
 - a) Batang bagian bawah, panjang 90 cm, diameter 16 mm;

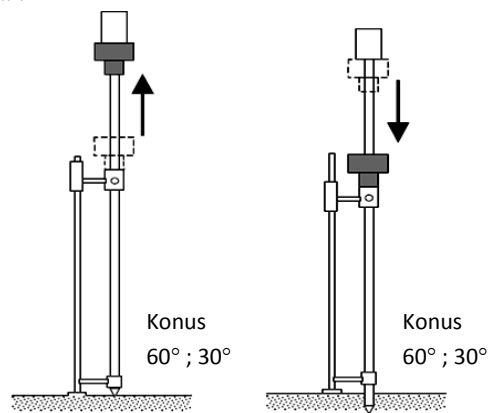
- b) Batang penyambung, panjang antara 40 cm sampai dengan 50 cm, diameter 16 mm dengan ulir dalam di bagian ujung yang satu dan ulir luar di ujung lainnya;
- c) Mistar berskala, panjang 1 meter, terbuat dari plat baja;
- d) Konus terbuat dari baja keras berbentuk kerucut di bagian ujung, diameter 20 mm, sudut 60° atau 30°;
- e) Cincin pengaku.

Dalam rangka untuk mengoperasikan alat DCP, dua operator diperlukan. Satu orang menjatuhkan penumbuk dan yang lain mencatat pengukuran. Langkah pertama dari pengujian ini adalah untuk menempatkan ujung kerucut pada permukaan pengujian. Poros bawah menahan kerucut bergerak secara bebas dari batang dan di setiap tumbukan pengukuran dibaca pada mistar berskala. Pembacaan awal biasanya tidak sama dengan 0 karena keadaan terganggu dari permukaan tanah dan berat sendiri dari peralatan pengujian. Nilai pembacaan awal dihitung sebagai penetrasi awal yang sesuai untuk 0 tumbukan.

Pengujian dilaksanakan dengan mencatat jumlah pukulan (blow) dan penetrasi dari konus (kerucut logam) yang tertanam pada tanah/lapisan fondasi karena pengaruh penumbuk kemudian dengan menggunakan grafik dan rumus, pembacaan penetrometer diubah menjadi pembacaan yang setara dengan nilai CBR.

Pengujian tersebut memberikan sebuah dari kekuatan lapisan bahan sampai kedalaman 90 cm di bawah permukaan yang ada dengan tidak melakukan penggalian sampai kedalaman pada pembacaan yang diinginkan.

Gambar 5 menunjukkan hasil penetrasi dari drop pertama dari palu. Pukulan palu yang berulang dan kedalaman penetrasi diukur untuk setiap penurunan palu. Proses ini dilanjutkan sampai kedalaman penetrasi yang diinginkan tercapai.



Gambar 5 Cara Kerja Penetrometer Konus Dinamis (DCP) (Dynamic Cone Penetration Test (DCPT) for Subgrade Assessment, 2003)

Seperti yang akan ditunjukkan dalam Gambar 6, hasil DCPT terdiri dari jumlah jumlah pukulan terhadap kedalaman penetrasi. Karena jumlah pukulan yang direkam adalah nilai-nilai kumulatif, hasil DCPT pada umumnya diberikan sebagai nilai inkremental yang didefinisikan sebagai berikut,

$$PI = \frac{\Delta D_p}{\Delta BC} \quad (4)$$

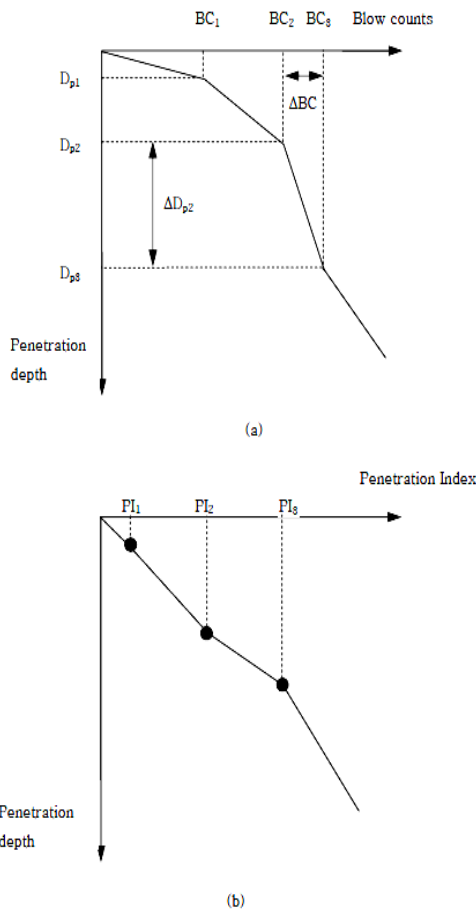
dimana

PI = indeks penetrasi DCP dalam satuan panjang dibagi dengan jumlah pukulan;

ΔD_p = kedalaman penetrasi;

ΔBC = jumlah pukulan sampai dengan ΔD_p kedalaman penetrasi.

Akibatnya, nilai indeks penetrasi (PI) merupakan karakteristik pengujian DCP pada kedalaman tertentu.



Gambar 6 Hasil Pengujian DCP
(Dynamic Cone Penetration Test (DCPT) for Subgrade Assessment, 2003)

Hubungan Indeks Penetrasi DCP (DCPI) dan Kuat Geser

Ayers dkk. (1989) mengusulkan suatu korelasi antara nilai-nilai DCPI dan kekuatan geser tanah granular. Tujuan dari penelitiannya adalah untuk mengevaluasi efisiensi DCPT untuk

memperkirakan kekuatan geser dari bahan agregat sebagai pendekatan pengujian cepat dan ekonomis insitu. Pekerjaan itu dilakukan untuk contoh tanah yang diperoleh dari beberapa tipe jalan tertentu. Pengujian DCP dan di Laboratorium yaitu Pengujian triaksial dilakukan untuk memperoleh nilai DCPI dan kekuatan geser, masing-masing. Sampel pengujian termasuk pasir, kerikil berpasir, batu pecah, dan berbagai jenis material batu pecah yang non-plastik. Demikian pula untuk hasil oleh Harison (1987), diamati bahwa nilai DCPI menurun sementara satuan berat tanah meningkat. Berdasarkan serangkaian hasil uji laboratorium, Ayers (1989) mengembangkan korelasi antara nilai PI dan kekuatan geser tanah. Tabel 3 menunjukkan korelasi antara PI dan kekuatan geser untuk bahan dan Kuat Tekan yang berbeda. Ditemukan juga bahwa, untuk satuan berat diberikan atau kepadatan relatif, nilai-nilai DCPI menurun dengan meningkatnya Kuat Tekan. Hal ini menunjukkan bahwa pengaruh Kuat Tekan pada indeks penetrasi DCPT ada, dan konsisten dengan temuan oleh Livneh dkk. (1994)

Tabel 1 Hubungan antara Indeks Penetrasi dan Kuat Geser

Material	Confining stress (kPa)	Correlation
Sand	34.5	$DS^* = 41.3 - 12.8(PI)$
	103.4	$DS^* = 100.4 - 23.4(PI)$
	206.9	$DS^* = 149.6 - 12.7(PI)$
Sandy gravel	34.5	$DS^* = 51.3 - 13.6(PI)$
	103.4	$DS^* = 62.9 - 3.6(PI)$
	206.9	$DS^* = 90.7 - 5.8(PI)$
Crushed dolomitic ballast	34.5	$DS^* = 64.1 - 13.3(PI)$
	103.4	$DS^* = 139.0 - 40.6(PI)$
	206.9	$DS^* = 166.3 - 16.2(PI)$
Ballast with 7.5% NF	34.5	$DS^* = 87.2 - 78.7(PI)$
	103.4	$DS^* = 216.1 - 213.9(PI)$
	206.9	$DS^* = 282.1 - 233.2(PI)$
Ballast with 15% NF	34.5	$DS^* = 47.5 - 0.45(PI)$
	103.4	$DS^* = 184.2 - 215.5(PI)$
	206.9	$DS^* = 206.4 - 135.7(PI)$
Ballast with 22.5% NF	34.5	$DS^* = 49.7 - 23.1(PI)$
	103.4	$DS^* = 133.1 - 68.6(PI)$
	206.9	$DS^* = 192.1 - 95.8(PI)$

(menurut Ayers dkk. 1989; sumber: *Dynamic Cone Penetration Test (DCPT) for Subgrade Assessment, 2003*)

METODOLOGI

Uji yang dilaksanakan dan Jumlah Sampel

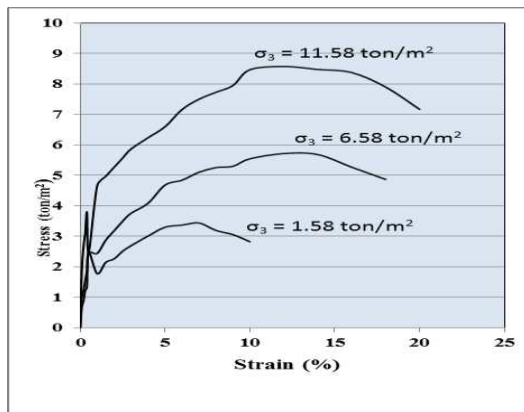
Pengujian dilakukan di ruas jalan Wori-Likupang

Tabel 2. Sampel Tanah

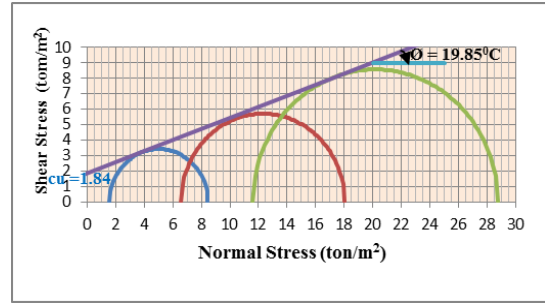
Uji yang dilaksanakan	Sampel Tanah	Jumlah Sampel
DCP di lapangan (8 titik)	Tanah terganggu (disturbed)	1 buah
Klasifikasi Tanah (dari 5 titik di lapangan)	Pengujian Analisis, Distribusi Butiran dan Hidrometer	5 buah
Sifat- sifat Tanah	<ul style="list-style-type: none"> • Kadar Air Tanah • Berat Jenis Tanah • Batas Cair • Batas Plastis 	5 buah 5 buah 5 buah 5 buah
Triaksial (dari 3 titik di lapangan)	Tanah asli (undisturbed)	5 buah

Pengujian Triaksial Metode UU (Unconsolidated Undrained)

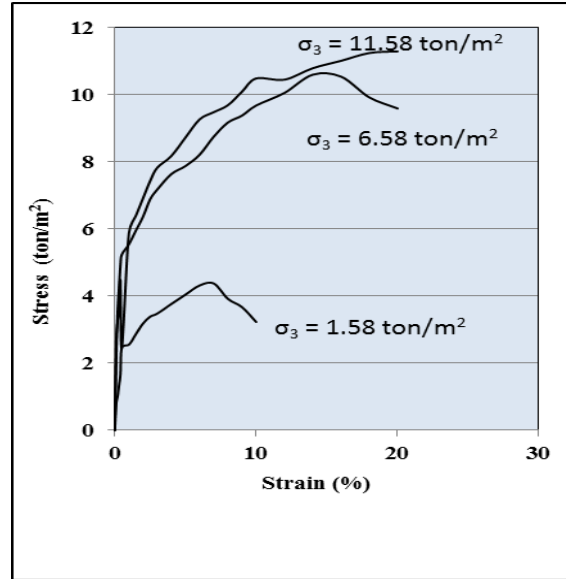
Pengujian triaksial dilakukan pada 3 sampel tanah asli di ruas jalan Wori-Likupang pada STA 28+200, STA 28+300, STA 28+400, STA 28+500 dan STA 29+000, masing-masing sampel terdiri dari 3 bagian dapat dilihat pada gambar berikut ini:



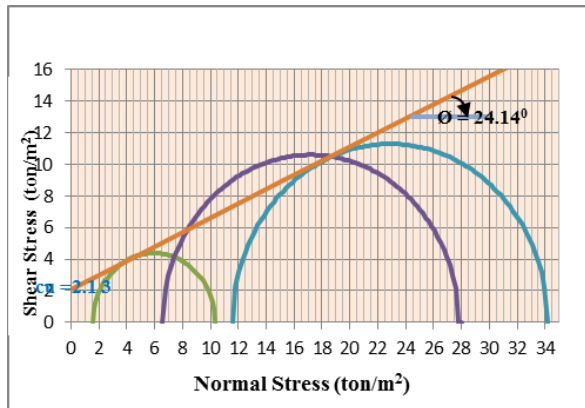
Gambar 7 Grafik Hubungan Stress (tegangan) dan Strain (regangan) pada Pengujian Triaksial 1



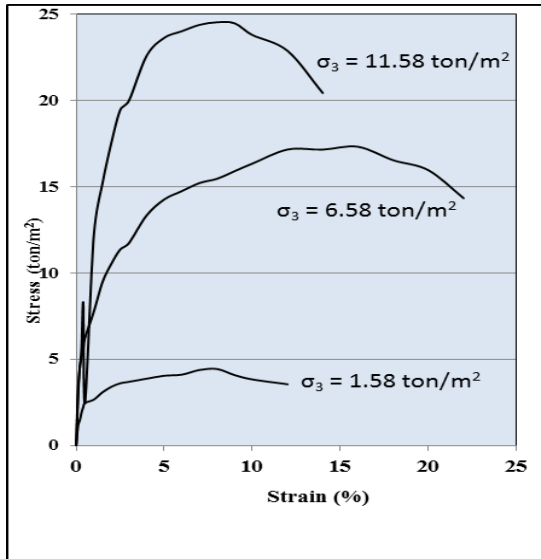
Gambar 8 Lingkaran Mohr Hasil Pengujian Triaksial 1



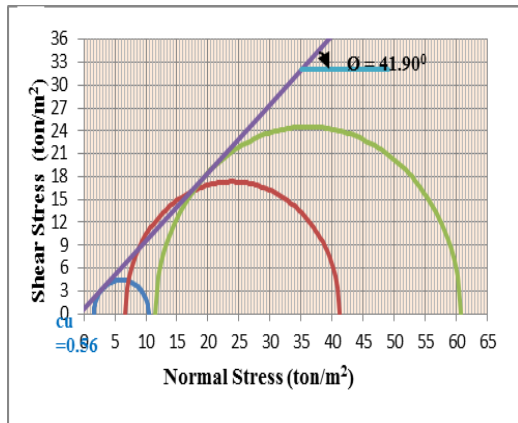
Gambar 9 Grafik Hubungan Stress (tegangan) dan Strain (regangan) pada Pengujian Triaksial 2



Gambar 10 Lingkaran Mohr Hasil Pengujian Triaksial 2



Gambar 11 Grafik Hubungan Stress (tegangan) dan Strain (regangan) pada Pengujian Triaksial 3



Gambar 12 Lingkaran Mohr Hasil Pengujian Triaksial 3

HASIL DAN PEMBAHASAN

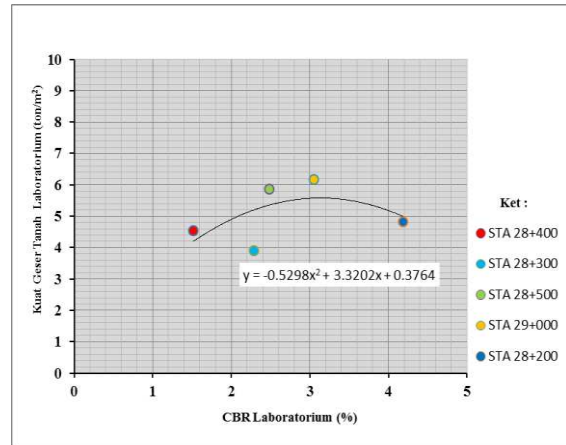
Kuat Geser Tanah Dasar Ruas Jalan Wori-Likupang Berdasarkan Pengujian Triaksial di Laboratorium

Tabel 3 Hasil Perhitungan Kuat Geser dan CBR Laboratorium

	CBR Lapangan (%)	CBR Laboratorium (%)	Kuat Geser Tanah Laboratorium (τ) (ton/m ²)
STA 28+200	4.11	4.19	4.83
STA 28+300	2.30	2.29	3.899
STA 28+400	1.89	1.52	4.536
STA 28+500	3.03	2.48	5.87
STA 29+000	3.31	3.05	6.18

Hasil perhitungan kuat geser tanah (hasil pengujian triaksial di laboratorium) dan CBR

laboratorium dibuat dalam bentuk grafik seperti Gambar 13 berikut ini :



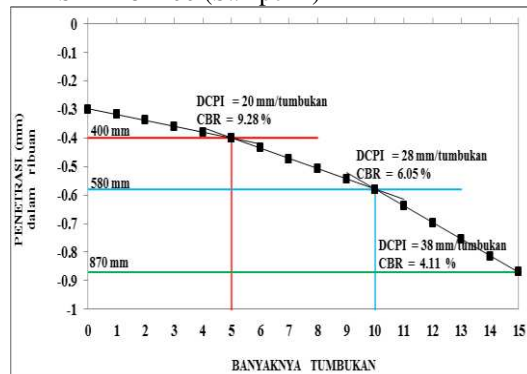
Gambar 13 Grafik Hubungan Kuat Geser Tanah dengan CBR Laboratorium

Grafik hubungan kuat geser tanah dengan CBR laboratorium membentuk kurva parabola. Dari gambar terlihat bahwa semakin besar nilai CBR tanah dasar maka semakin kecil nilai kuat geser yang diberikan oleh tanah tersebut. Hal ini karena nilai CBR tanah menunjukkan kualitas dari suatu tanah, jika nilai CBR tanah semakin tinggi maka kualitas tanah semakin tinggi karena sifat adhesi dan kohesi tanah semakin baik maka gaya geser yang diberikan oleh tanah semakin kecil.

Kuat Geser Tanah Dasar Ruas Jalan Wori-Likupang Berdasarkan Pengujian DCP di Lapangan

Hasil pengujian DCP adalah berikut ini :

- STA 28+200 (Sampel 1)



Gambar 14 Grafik Hasil Pengujian DCP pada STA 28+200

Jadi nilai Indeks Penetrasi (DCPI) yang digunakan untuk perhitungan kuat geser tanah dasar pada STA 28+200 adalah 38 mm/tumbukan = 0.038 m/tumbukan.

Berdasarkan sistem klasifikasi tanah Poorly graded sand with clay (SP-SC), maka untuk perhitungan kuat geser menggunakan rumus :

$$DS^* = 51.3 - 13.6 \text{ (DCPI)}$$

dimana,

DS^* = Kuat geser tanah dasar (KPa)

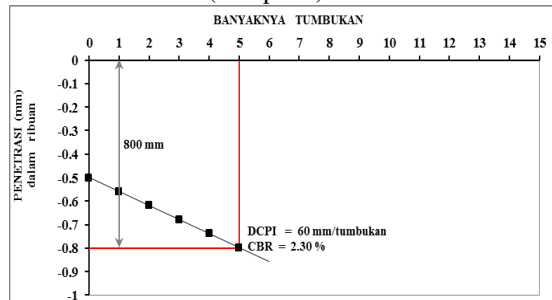
DCPI = Indeks Penetrasi dari DCP (m/tumbukan)

Maka, kuat geser tanah dasar Ruas Jalan Wori-Likupang pada STA 28+400 adalah ;

$$DS^*_{STA 28+200} = 51.3 - 13.6 (0.038) = 50.78$$

$$Kpa = 5.08 \text{ ton/m}^2$$

▪ STA 28+300 (Sampel 2)



Gambar 15 Grafik Hasil Pengujian DCP pada STA 28+300

Jadi nilai Indeks Penetrasi (DCPI) yang digunakan untuk perhitungan kuat geser tanah dasar pada STA 28+300 adalah 60.00 mm/tumbukan = 0.060 m/tumbukan.

Berdasarkan sistem klasifikasi tanah *Well-graded sand* (SW), maka untuk perhitungan kuat geser menggunakan rumus :

$$DS^* = 62.9 - 3.6 \text{ (DCPI)}$$

dimana,

DS^* = Kuat geser tanah dasar (KPa)

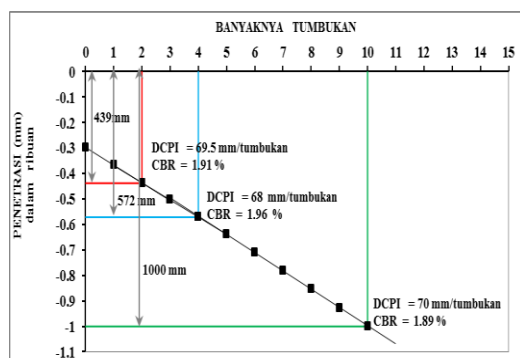
DCPI = Indeks Penetrasi dari DCP (m/tumbukan)

Maka, kuat geser tanah dasar Ruas Jalan Wori-Likupang pada STA 28+300 adalah ;

$$DS^*_{STA 28+300} = 62.9 - 3.6 (0.060) = 62.68$$

$$Kpa = 6.26 \text{ ton/m}^2$$

▪ STA 28+400 (Sampel 3)



Gambar 16 Grafik Hasil Pengujian DCP pada STA 28+400

Jadi nilai Indeks Penetrasi (DCPI) yang digunakan untuk perhitungan kuat geser tanah dasar pada STA 28+400 adalah 70 mm/tumbukan = 0.070 m/tumbukan.

Berdasarkan sistem klasifikasi tanah *Poorly-graded sand* (SP), maka untuk perhitungan kuat geser menggunakan rumus :

$$DS^* = 51.3 - 13.6 \text{ (DCPI)}$$

dimana,

DS^* = Kuat geser tanah dasar (KPa)

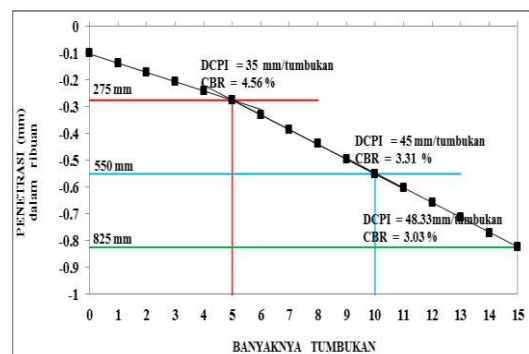
DCPI = Indeks Penetrasi dari DCP (m/tumbukan)

Maka, kuat geser tanah dasar Ruas Jalan Wori-Likupang pada STA 28+400 adalah ;

$$DS^*_{STA 28+400} = 51.3 - 13.6 (0.070) = 50.35$$

$$Kpa = 5.03 \text{ ton/m}^2$$

▪ STA 28+500 (Sampel 4)



Gambar 17 Grafik Hasil Pengujian DCP pada STA 28+500

Jadi nilai Indeks Penetrasi (DCPI) yang digunakan untuk perhitungan kuat geser tanah dasar pada STA 28+500 adalah 48.33 mm/tumbukan = 0.048 m/tumbukan.

Berdasarkan sistem klasifikasi tanah *Well-graded sand with clay* (SW-SC), maka untuk perhitungan kuat geser menggunakan rumus :

$$DS^* = 62.9 - 3.6 \text{ (DCPI)}$$

dimana,

DS^* = Kuat geser tanah dasar (KPa)

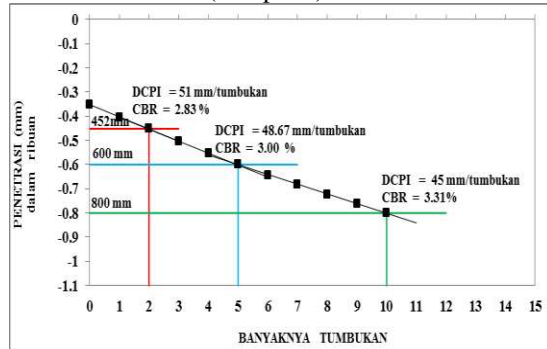
DCPI = Indeks Penetrasi dari DCP (m/tumbukan)

Maka, kuat geser tanah dasar Ruas Jalan Wori-Likupang pada STA 28+500 adalah ;

$$DS^*_{STA 28+500} = 62.9 - 3.6 (0.048) = 62.73$$

$$Kpa = 6.27 \text{ ton/m}^2$$

▪ STA 29+000 (Sampel 5)



Gambar 18 Grafik Hasil Pengujian DCP pada STA 29+000

Jadi nilai Indeks Penetrasi (DCPI) yang digunakan untuk perhitungan kuat geser tanah dasar pada STA 29+000 adalah 45 mm/tumbukan = 0.045 m/tumbukan.

Berdasarkan sistem klasifikasi tanah *Well-graded sand* (SW), maka untuk perhitungan kuat geser menggunakan rumus :

$$DS^* = 62.9 - 3.6 (DCPI)$$

dimana,
 DS* = Kuat geser tanah dasar (KPa)
 DCPI = Indeks Penetrasi dari DCP (m/tumbukan)

Maka, kuat geser tanah dasar Ruas Jalan Wori-Likupang pada STA 29+000 adalah ;

$$DS^*_{STA\ 29+000} = 62.9 - 3.6 (0.045) = 62.74\ Kpa$$

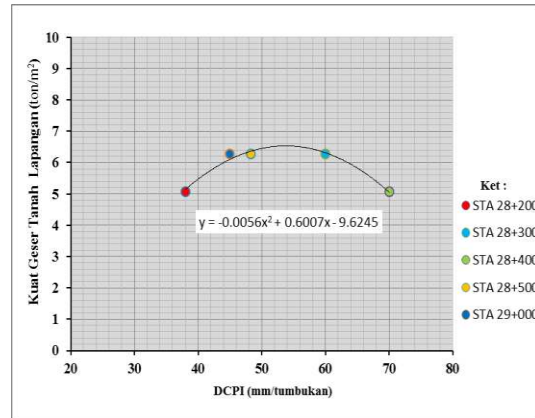
$$= 6.27\ ton/m^2$$

Hasil perhitungan kuat geser tanah lapangan dengan penggunaan alat DCP dapat dilihat pada tabel 4. seperti berikut ini :

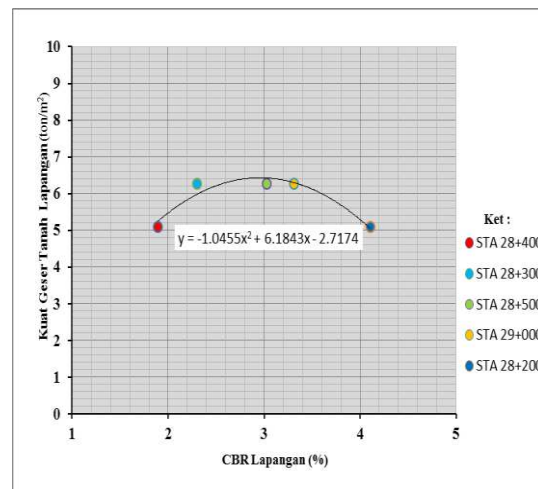
Tabel 4 Hasil Perhitungan Kuat Geser Tanah Lapangan

	DCPI (mm/tumbukan)	CBR lapangan (%)	Kuat Geser Tanah Lapangan (DS*) (ton/m ²)
STA 28+200	38	4.11	5.08
STA 28+300	60	2.3	6.27
STA 28+400	70	1.89	5.08
STA 28+500	48.33	3.03	6.27
STA 29+000	45	3.31	6.27

Hasil perhitungan kuat geser tanah lapangan dan CBR lapangan (hasil pengujian DCP di lapangan) dibuat dalam bentuk grafik seperti gambar 19 dan gambar 20 berikut ini :



Gambar 19 Grafik Hubungan Kuat Geser Tanah Lapangan dengan DCPI pada Ruas Jalan Wori-Likupang



Gambar 20 Grafik Hubungan Kuat Geser Tanah Lapangan dengan CBR Lapangan

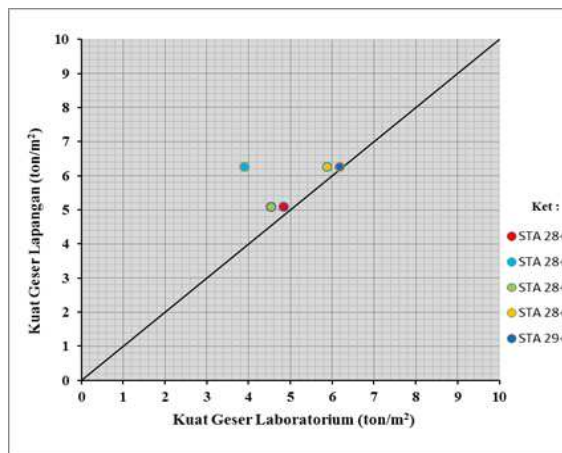
Grafik hubungan kuat geser tanah lapangan dengan CBR lapangan menunjukkan bahwa nilai kuat geser yang diberikan oleh tanah dasar memiliki nilai yang hampir sama pada tanah dasar yang memiliki nilai CBR berbeda. Hal ini karena nilai CBR tanah yang diperoleh dari lapangan dengan penggunaan alat DCP memiliki selisih nilai yang kecil sehingga kuat geser yang dihasilkan memiliki nilai yang hampir sama.

Hubungan Kuat Geser Tanah Laboratorium (Hasil Pengujian Triaksial) dan Kuat Geser Tanah Lapangan (Hasil Pengujian DCP) pada Ruas Jalan Wori-Likupang

Hasil perhitungan kuat geser laboratorium (hasil pengujian triaksial) dan perhitungan kuat geser lapangan (hasil pengujian DCP) pada Ruas Jalan Wori-Likupang dibuat dalam tabel 5 dan dimuat bentuk grafik seperti Gambar 21 berikut ini :

Tabel 5 Hasil Perhitungan Kuat Geser Laboratorium dengan Lapangan

	Kuat Geser Laboratorium (τ) (ton/m ²)	Kuat Geser Lapangan (DS*) (ton/m ²)
STA 28+200	4.83	5.08
STA 28+300	3.899	6.27
STA 28+400	4.536	6.27
STA 28+500	5.87	5.08
STA 29+000	6.18	6.27



Gambar 21 Grafik Hubungan Kuat Geser Tanah Laboratorium dan Kuat Geser Lapangan pada Ruas Jalan Wori-Likupang

Dari gambar 21 terlihat bahwa hasil perhitungan kuat geser tanah (*shear strength*) di 5 titik yang berbeda pada ruas Jalan Wori-Likupang yang diperoleh baik dari lapangan dan di laboratorium terdapat 4 titik penelitian yang mendekati nilai hampir sama yaitu pada STA 28+200, STA 28+400, STA 28+500 dan STA

29+000, sehingga penggunaan alat DCP untuk penentuan kuat geser lapangan dapat dipakai sebagai dasar suatu data perencanaan konstruksi jalan.

KESIMPULAN

Kesimpulan yang diperoleh berdasarkan hasil pengujian DCP di lapangan dan Triaksial di Laboratorium serta pengujian karakteristik tanah, yaitu:

1. Dari pengujian karakteristik tanah dasar untuk 5 titik pada ruas jalan Wori-Likupang Kabupaten Minahasa Utara berdasarkan *Unified Classification System* (USCS) diperoleh klasifikasi sebagai berikut STA 28+200: "Poorly Graded Sand with Clay" (SP-SC), STA 28+300: "Well-graded sand" (SW), STA 28+400: "Poorly-graded sand" (SP), STA 28+500: "Well-graded sand with Clay" (SW-SC) dan STA 29+000 : "Well-graded sand" (SW).
2. Hasil perhitungan kuat geser dari penggunaan alat DCP dilapangan pada ruas jalan Wori-Likupang Kabupaten Minahasa Utara dihitung menggunakan rumus korelasi dari Ayers dkk (1989) yang sesuai dengan klasifikasi tanah yaitu; untuk SP dan SP-SC: $DS^* = 51.3 - 13.6 (DCPI)$, untuk SW dan SW-SC: $DS^* = 62.9 - 3.6 (DCPI)$.
3. Hubungan antara kuat geser lapangan yang dihasilkan dari penggunaan alat DCP dengan kuat geser laboratorium dengan alat uji Triaksial pada 5 titik pengujian di ruas jalan Wori-Likupang Kabupaten Minahasa Utara terdapat 4 data yang menghasilkan nilai yang hampir sama, sehingga penggunaan alat DCP untuk penentuan kuat geser lapangan dapat dipakai sebagai suatu data perencanaan konstruksi jalan.

DAFTAR PUSTAKA

- Bowles J. E., 1991. Sifat-sifat Fisis dan Geoteknis , Jilid I Edisi ke 4.
- Bina Marga, 2001. Penuntun DCP Bina Marga.
- Das, Braja. M., 1993. Mekanika Tanah (Prinsip – prinsip Rekayasa Geoteknis) Jilid 2. Erlangga. Jakarta.
- Dynamic Cone Penetrometer Testing for Subgrade Stability, NCDOT – Geotechnical Engineering Unit, September 2005 <http://www.ncdot.org/>
- Hardiyatmo H. C., 1992. Mekanika Tanah 1, PT Gramedia Pustaka Utama, Jakarta.
- Joint Transportation Research Program Technical, 2003. Dynamic Cone Penetration Test (DCPT) for Subgrade Assessment. Purdue University Report Series
- Shirley L. H., 1987. Penuntun Praktis Geoteknik dan Mekanika Tanah, NOVA Bandung.