

## PENGARUH PEMBASAHAN BERULANG TERHADAP PARAMETER KUAT GESER TANAH LONGSORAN RUAS JALAN TAWAELI – TOBOLI

Hendra Setiawan \*

### *Abstract*

Tawaeli-Toboli road is an arterial road together with the trans sulawesi road which has an important function in transportation of central sulawesi. Landslide disaster and slope failure which frequently occur in the rainy season is the main problems in this road. Tawaeli-Toboli road traverses a complicated terrain formed by mountain ranges with steep slope angle. The influence of rewetting processed on soil shear strength were done by direct shear test. The results showed that rewetting processed able to decrease soil shear strength.

**Keyword:**landslide, slope failure, Tawaeli-Toboli

### 1. Pendahuluan

Suatu keruntuhan yang umum terjadi di Indonesia khususnya dalam rekayasa sipil adalah masalah longsoran. Curah hujan yang tinggi merupakan penyebab kelongsoran tanah, baik dengan mengikis suatu lapisan pasir, melumasi batuan ataupun meningkatkan kadar air suatu tanah sehingga mengurangi kekuatan geser.

Permukaan tanah yang berbeda ketinggiannya akan menghasilkan komponen gravitasi dari berat yang cenderung menggerakkan massa tanah dari elevasi yang lebih tinggi ke elevasi yang lebih rendah. Bilamana terjadi tanah longsor, maka kekuatan geser tanah telah dilampaui; yaitu perlawanan geser pada bidang gelincir tidak cukup besar untuk menahan gaya-gaya yang bekerja pada bidang tersebut

Salah satu poros jalan yang sering mengalami longsor adalah pada ruas jalan Tawaeli – Toboli. Sebagian besar poros jalan ini berada pada daerah pegunungan dengan sudut lereng yang curam. Studi menyangkut longsoran pada kawasan tersebut menjadi penting, mengingat ruas jalan Tawaeli – Toboli merupakan jalan trans Sulawesi yang mempunyai fungsi strategis dalam transportasi khususnya di Sulawesi Tengah.

Dalam bidang teknik sipil longsoran merupakan masalah yang penting terutama pada jalan-jalan yang berada pada daerah pegunungan. Penelitian yang serius mengenai masalah ini di Sulawesi Tengah belum banyak dilakukan dan cenderung dianggap sebagai bencana alam. Seperti pada ruas

jalan Tawaeli – Toboli di mana longsor sering terjadi terutama pada musim penghujan, dan longsoran yang terjadi mengakibatkan penyempitan badan jalan, baik karena longsoran pada lereng atas jalan yang menutupi badan jalan maupun akibat longsoranya bahu jalan maupun badan jalan itu sendiri. Maka penulisan ini merupakan salah satu upaya untuk mendapatkan data guna mempelajari longsoran pada daerah tersebut.

### 2. Tinjauan Pustaka

#### 2.1 Umum

Longsoran adalah suatu kondisi di mana massa tanah bergeser melalui suatu bidang tertentu dari posisi yang lebih tinggi ke posisi yang lebih rendah. Longsoran terjadi bilamana tegangan geser pada setiap bidang longsor yang terjadi lebih besar daripada tahanan gesernya. Tahanan geser tergantung pada kekuatan geser tanah yang sangat dipengaruhi terutama oleh kandungan air di dalam tanah tersebut. Massa tanah dalam kondisi jenuh air mempunyai kekuatan geser yang paling rendah. Karena meningkatnya bobot massa tanah dengan bertambahnya kadar air tanah.

Masalah kelongsoran khususnya di Indonesia, sering terjadi disebabkan keadaan geografi di beberapa tempat yang memiliki curah hujan cukup tinggi dan daerah potensi gempa. Curah hujan yang tinggi, dianggap sebagai faktor utama penyebab kelongsoran.

Secara umum tanah longsor sudah sering dilihat dan telah diketahui bentuknya. Tanah

\* Staf Pengajar Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Tadulako, Palu

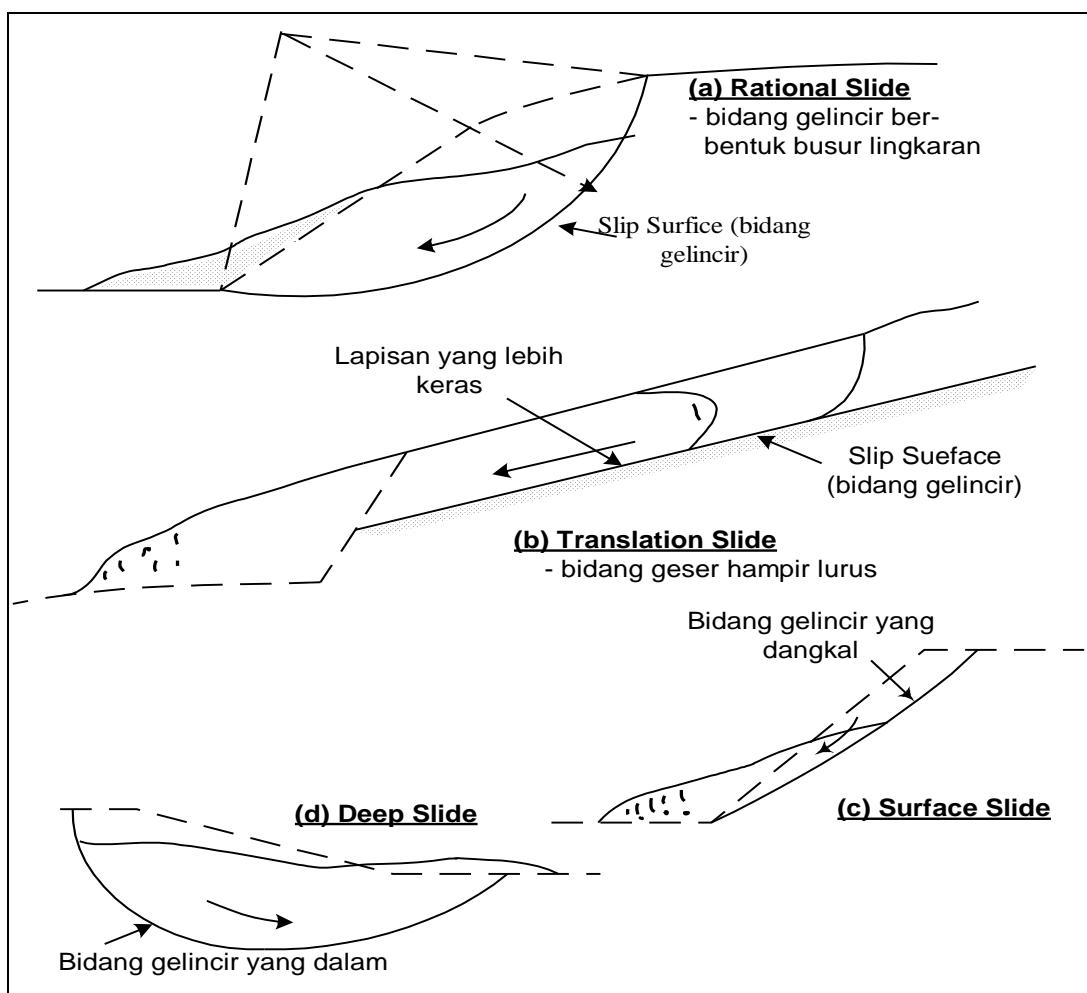
longsor bergerak pada suatu bidang tertentu yang disebut bidang gelincir (*slip surface*) atau bidang geser (*shear surface*). Bentuk bidang gelincir ini sering mendekati busur lingkaran dan tanah longsor tersebut disebut “*rotational slide*” yang bersifat berputar. Ada juga tanah longsor yang terjadi pada bidang gelincir yang hampir lurus dan sejajar dengan muka tanah dan tanah longsor ini disebut “*translational slide*” yang bersifat bergerak dalam suatu jurusan. Tanah longsor semacam ini biasanya terjadi jika terdapat lapisan agak keras yang sejajar dengan permukaan lereng. Pada gambar 1 diperlihatkan contoh dari kedua macam longsoran ini. Istilah “*deep*” (dalam) dan “*shallow*” (dangkal) juga kadang – kadang dipakai untuk menggambarkan macam suatu tanah longsor, seperti terlihat pada gambar 1.

## 2.2 Kuat Geser tanah

Jika tanah dibebani, maka akan mengakibatkan tegangan geser. Apabila tegangan geser mencapai harga batas, maka massa tanah akan mengalami deformasi dan cenderung akan runtuh. Keruntuhan geser dalam tanah adalah akibat gerak relatif antara butir – butir massa tanah.

Kekuatan geser tanah terdiri dari 3 (tiga) komponen, antara lain sebagai berikut:

1. Geseran struktur karena perubahan jalinan antara butir – butir massa tanah.
2. Geseran dalam ke arah perubahan letak antara butir – butir tanah sendiri dan titik kontak yang sebanding dengan tegangan afektif yang bekerja pada bidang geser.
3. Kohesi atau adhesi antara permukaan butir – butir tanah yang tergantung pada jenis tanah dan kepadatan butirnya.



Gambar 1. Beberapa macam tanah longsor

### 2.3 Hukum Mohr dan Coulomb

Teori kekuatan Mohr menyatakan bahwa keruntuhan akan terjadi dalam massa tanah tidak pada bidang dengan tegangan geser maksimum, tetapi pada suatu bidang di mana terdapat kombinasi yang kritis dari tegangan normal dan tegangan geser yang ditetapkan dengan menggunakan garis selubung kekuatan. Selanjutnya, hubungan fungsi antara tegangan normal dan tegangan geser pada bidang runtuhnya, dinyatakan menurut persamaan :

Kuat geser tanah adalah gaya perlawanan yang dilakukan oleh butir – butir tanah terhadap desakan atau tarikan. Sehingga Coulomb (1776) mendefinisikan fungsi  $f(\sigma)$  sebagai :

$$s = c + \sigma \tan \phi \quad \dots \dots \dots \quad (2)$$

Dimana :

$s$  = kekuatan geser tanah

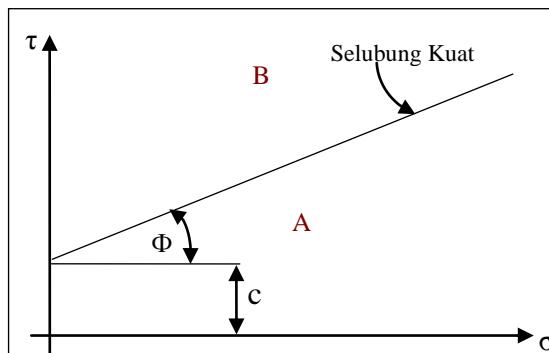
c = kohesi tanah

$\phi$  = sudut gesek dalam tanah

$\sigma$  = tegangan/tekanan normal pada bidang yang ditinjau

Jika kekuatan dari tanah lebih besar daripada tegangan terhitung, maka massa tanah aman terhadap keruntuhan pada bidang yang ditinjau. Jika tegangan tersebut lebih besar daripada kekuatan tanah, maka akan terjadi keruntuhan. Jenis analisis seperti ini dinamakan analisis keseimbangan batas dan merupakan satu bentuk dari analisis plastis.

Persamaan (2) ini disebut kriteria keruntuhan atau kegagalan Mohr – Coulomb, dimana garis selubung kegagalan dari persamaan tersebut dilukiskan dalam Gambar 2.



Gambar 2. Kriteria kegagalan Mohr dan Coulomb

Pengertian mengenai keruntuhan suatu bahan dapat diterangkan dalam Gambar 2.2. Jika titik A yang berada di bawah garis selubung kegagalan, mempunyai tegangan geser yang lebih

kecil daripada kuat geser bagi tekanan konsolidasi yang bersangkutan dan dengan demikian mempunyai faktor aman terhadap keruntuhan. Titik B yang terletak di atas garis selubung keruntuhan, adalah keadaan yang tidak mungkin terjadi karena tegangan gesernya lebih besar daripada kuat geser bagi tegangan normal yang bersangkutan (sebelum tegangannya mencapai titik B, bahan sudah mengalami keruntuhan). Keruntuhan geser akan terjadi jika tegangan – tegangan terletak pada garis selubung kegagalan.

#### 2.4 Siklus Basah kering

Tanah di lapangan secara alami mengalami siklus basah kering secara kontinyu tergantung pada fluktuasi cuaca dan perubahan musim. Pada umumnya tanah sangat sensitif terhadap pengaruh musim; terjadi retakan/rekahan pada musim kemarau, dan pada musim hujan retakan/rekahan tersebut akan menutup.

Proses basah kering di laboratorium dilakukan dengan cara sebagai berikut; mengeluarkan contoh tanah terganggu (tak asli) yang ada dalam karung, kemudian diisi ke dalam cawan besar. Selanjutnya contoh tanah tersebut dijemur di udara terbuka, sehingga diperoleh kadar air kering udara. Menentukan kadar air asli yang diperoleh pada contoh tanah tak terganggu (asli). Kadar air tanah asli inilah yang dijadikan acuan untuk proses pembasahan berulang pada pengujian geser langsung (*direct shear*). Selanjutnya membasahi contoh tanah yang berada dalam cawan besar sedikit demi sedikit sampai mencapai kadar air asli. Setelah kadar air tanah telah mencapai kadar air asli, tanah dianggap telah mengalami satu kali siklus basah kering. Sampel siap untuk diuji geser langsung pada siklus pembasahan dan pengeringan sebanyak satu kali. Untuk siklus basah kering selanjutnya, tanah kembali dibiarkan berada di udara terbuka sampai kadar airnya turun dan seterusnya diberikan air sampai kadar airnya kembali ke kadar air asli. Pada penelitian ini diambil pada dua lokasi untuk jenis tanah yang berbeda, di mana pada setiap lokasi tersebut diambil tiga sampel. Untuk setiap sampel dilakukan pengujian geser langsung sebanyak tiga kali siklus basah kering.

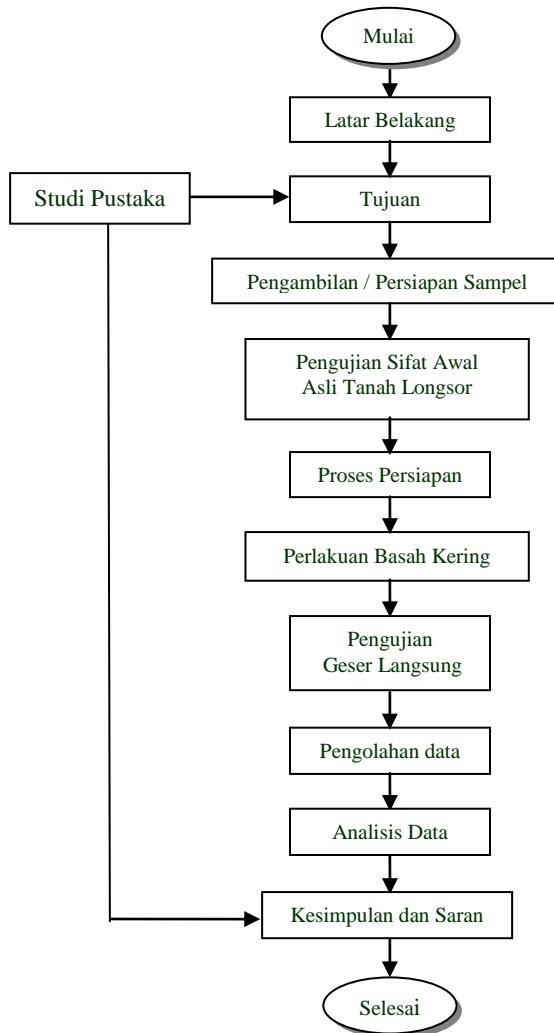
### **3. Metode Penelitian**

### 3. Metode Pengambilan

Yang menjadi obyek dalam penelitian ini adalah tanah longsoran. Lokasi pengambilan sampel pada ruas jalan Tawaeli – Toboli Kabupaten Donggala, Propinsi Sulawesi Tengah. Pemilihan lokasi tersebut dengan pertimbangan bahwa daerah

tersebut sering terjadi kelongsoran tebing, kerusakan konstruksi jalan dan kerusakan konstruksi lainnya. Di samping itu terdapat pula tebing – tebing dengan kemiringan yang cukup curam ( $45^\circ$  -  $80^\circ$ ), namun tidak dianggap berpotensi longsor karena terdiri dari tanah yang cadas dan cukup padat. Secara visual jenis tanah sepanjang ruas jalan Tawaeli – Toboli didapatkan pasir halus dengan campuran lanau, lempung dan sedikit batu – batu kerikil. Di beberapa bagian tebing juga ditumbuhi rerumputan. Contoh tanah diambil pada dua lokasi yang mengalami longsor berdasarkan konsep geologi klasifikasi jenis tanahnya yaitu jenis tanah *Aluvium* pada lokasi Km. 29 + 400 m dan jenis tanah *Celebes Formation* pada lokasi Km. 35 + 700 m.

### 3.2 Diagram alir penelitian



Gambar 3. Diagram Alir Penelitian

## 4. Hasil dan Pembahasan

### 4.1 Gambaran umum keadaan medan

Pada ruas jalan Tawaeli – Toboli terdapat beberapa lokasi yang sering mengalami kelongsoran. Disamping itu terdapat pula tebing – tebing dengan kemiringan yang cukup curam, namun tidak dianggap berpotensi longsor karena terdiri dari tanah yang cadas yang cukup padat. Secara visual jenis tanah sepanjang ruas jalan tersebut didapatkan pasir halus dengan campuran lanau, lempung dan sedikit batu – batu kerikil. Contoh tanah diambil pada lokasi yang mengalami longsor berdasarkan jenis tanahnya.

Adapun lokasi yang pernah mengalami kelongsoran diambil pada Km 29 + 400 di tiga titik pengambilan diberi label *Aluvium A*, *Aluvium B* dan *Aluvium C*. Dan lokasi yang kedua diambil pada Km 35 + 700 di tiga titik, diberi label *CF A*, *CF B* dan *CF C*.

Pengambilan contoh tanah asli dilakukan dengan menggali sampai kedalaman 0,1 – 0,5 meter, dimana bagian topsoil yang mengandung kotoran/bahan – bahan organik dibuang. Pengambilan contoh tanah asli dilakukan dengan menggunakan tabung pengambil contoh tanah.

Contoh tanah asli (*undisturb*) adalah contoh tanah yang diambil dalam keadaan asli, dimana kondisinya dijaga agar tetap dalam keadaan asli, seperti kadar air. Contoh tanah diambil dengan cara menumbuk – numruk tabung kedalam tanah hingga tabung tersebut penuh dengan contoh tanah dan pada kedua ujung tabung ditutup dengan menggunakan cairan lilin, demi menjaga kondisi aslinya. Sedangkan contoh tanah tak asli (*disturb*) adalah contoh tanah yang diambil tanpa perlakuan khusus seperti halnya contoh tanah asli. Contoh tanah dapat diambil pada bagian permukaan tanpa harus menjaga keadaan asli tanah dengan menggunakan skop.

### 4.2 Data-data lapangan

Untuk keperluan analisis dan interpretasi maka data lapangan telah diambil pada lokasi – lokasi yang ditinjau. Adapun data – data tersebut adalah seperti pada Tabel 1.

### 4.3 Hasil pengujian Kuat geser langsung

Pengujian kuat geser langsung dilakukan terhadap contoh tanah tak asli (terganggu) untuk masing – masing lokasi dengan hasil yang dapat dilihat pada tabel 2.

**Tabel 1.** Data – data Lokasi

No.	Jenis Tanah Berdasarkan Konsep Geologi	Jenis Tanah Berdasarkan Analisa Saringan	Lokasi	Sudut Lereng (°)	Bentuk Bidang Longsor
1.	<i>Aluvium</i>	Pasir Berlanau	Km. 29 + 400	65	rotasi
2.	<i>Celebes Formation</i>	Pasir Berkerikil	Km. 35 + 700	70	rotasi

**Tabel 2.** Hasil pengujian kuat geser langsung

Contoh Tanah	Sampel	Kering		Basah	
		c	ϕ	c	ϕ
<i>Aluvium</i>	A1	0,0722	35,983	0,0520	24,887
	A2	0,0686	35,731	0,0587	24,252
	A3	0,0663	35,218	0,0672	23,927
	B1	0,0861	36,487	0,0645	23,282
	B2	0,0780	36,234	0,0668	23,605
	B3	0,0735	35,477	0,0717	24,252
	C1	0,0825	36,734	0,0654	25,202
	C2	0,0784	35,731	0,0713	25,520
	C3	0,0789	35,477	0,0578	23,605
<i>Celebes Formation</i>	A1	0,0681	37,470	0,0547	26,450
	A2	0,0641	38,189	0,0565	27,371
	A3	0,0690	37,224	0,0569	26,142
	B1	0,0628	37,951	0,0583	26,757
	B2	0,0610	37,711	0,0574	27,067
	B3	0,0672	37,224	0,0511	27,673
	C1	0,0645	38,189	0,0556	27,583
	C2	0,0650	38,663	0,0480	27,973
	C3	0,0659	38,897	0,0515	28,276

#### 4.4 Hasil perhitungan Kuat geser tanah

Dari hasil pengujian geser langsung untuk tanah tak asli (terganggu), maka dapat diperoleh nilai kuat geser tanah (s).

$$\sigma = \frac{P_v}{A}$$

$$s = c + \sigma \tan \phi$$

Diambil sebagai contoh untuk perhitungan, jenis tanah *aluvium* dengan kondisi sampel tanah kering pada tegangan normal ( $\sigma$ ) = 0,2 kg/cm<sup>2</sup> adalah :

$$s = 0,0722 \text{ kg/cm}^2 + 0,2 \text{ kg/cm}^2 \tan 35,983^\circ$$

$$= 0,2174 \text{ kg/cm}^2$$

Hasil perhitungan kuat geser tanah selengkapnya dapat dilihat pada tabel 3.

Dari hasil pengujian kuat geser langsung tanah longsoran ruas jalan Tawaeli – Toboli dapat

diperoleh nilai kuat geser tanah rata – rata untuk jenis tanah pasir berlanau pada lokasi Km. 29 + 400 dengan pengujian di tiga titik terjadi penurunan kuat geser dari kondisi kering ke kondisi basah. Untuk sampel A terjadi penurunan sebesar 29,51%, sampel B turun sebesar 30,86%, dan sampel C turun sebesar 30,20%. Sedangkan nilai kuat geser tanah rata – rata untuk jenis tanah pasir berkerikil pada lokasi Km. 35 + 700 dengan pengujian di tiga titik juga terjadi penurunan kuat geser dari kondisi kering ke kondisi basah. Untuk sampel A terjadi penurunan sebesar 29,29%, sampel B turun sebesar 27,36%, dan sampel C turun sebesar 29,77%.

Dari hasil perhitungan diperoleh untuk jenis tanah yang sama (pasir berlanau) pada kondisi kering memiliki kuat geser yang lebih besar daripada kondisi basah, demikian pula untuk jenis tanah pasir berkerikil. Semakin besar nilai kuat geser tanah maka semakin kecil kemungkinan terjadinya longsor. Sehingga kemungkinan terjadinya longsor yang lebih sering yaitu pada kondisi basah.

Tabel 3. Hasil perhitungan kuat geser tanah (s)

Contoh Tanah	Kondisi	Sampel	Kuat Geser (s)	Contoh Tanah	Kondisi	Sampel	Kuat Geser (s)
Aluvium	Kering	A1	0,2174	Celebes Formation	Kering	A1	0,2214
		A2	0,2125			A2	0,2214
		A3	0,2075			A3	0,2209
		Rata-rata	<b>0,2125</b>			Rata-rata	<b>0,2212</b>
		B1	0,2340			B1	0,2188
		B2	0,2246			B2	0,2156
		B3	0,2160			B3	0,2191
		Rata-rata	<b>0,2249</b>			Rata-rata	<b>0,2178</b>
		C1	0,2318			C1	0,2218
	Basah	C2	0,2223			C2	0,2250
		C3	0,2214			C3	0,2273
		Rata-rata	<b>0,2252</b>			Rata-rata	<b>0,2247</b>
		A1	0,1448			A1	0,1542
		A2	0,1488			A2	0,1600
		A3	0,1559			A3	0,1551
	Basah	Rata-rata	<b>0,1498</b>			Rata-rata	<b>0,1564</b>
		B1	0,1506			B1	0,1591
		B2	0,1542			B2	0,1596
		B3	0,1618			B3	0,1560
		Rata-rata	<b>0,1555</b>			Rata-rata	<b>0,1582</b>
		C1	0,1595			C1	0,1601
		C2	0,1668			C2	0,1542
		C3	0,1452			C3	0,1591
		Rata-rata	<b>0,1572</b>			Rata-rata	<b>0,1578</b>

## 5. Kesimpulan

1. Dari hasil pengujian geser langsung terjadi penurunan nilai kuat geser tanah dari kondisi kering ke kondisi basah. Pada lokasi Km. 29 + 400 untuk jenis tanah pasir berlanau, untuk sampel A nilai kuat gesernya turun sebesar 29,51%, sampel B turun sebesar 30,86% dan sampel C turun sebesar 30,20%. Sedangkan pada lokasi Km. 35 + 700 untuk jenis tanah pasir berkerikil juga terjadi penurunan nilai kuat geser tanah dari kondisi kering ke kondisi basah. Untuk sampel A turun sebesar 29,29%, sampel B turun sebesar 27,36% dan sampel C turun sebesar 29,77%.
2. Untuk jenis tanah yang sama (pasir berlanau) pada kondisi kering memiliki kuat geser yang lebih besar daripada kondisi basah, demikian pula untuk jenis tanah pasir berkerikil. Sehingga kemungkinan terjadinya longsor yang lebih sering yaitu pada kondisi basah.
- 3.. Untuk jenis tanah yang sama (pasir berlanau) dapat diperoleh pada kondisi sampel kering memiliki  $c$  dan  $\phi$  yang lebih besar daripada kondisi sampel basah. Dalam hal ini kondisi air

hujan dilapangan akan mengurangi parameter kuat geser tanah.

4. Hubungan antara kohesi ( $c$ ) dan sudut gesek dalam ( $\phi$ ) dengan kuat geser tanah (s) bahwa semakin besar nilai  $c$  dan  $\phi$  maka semakin besar pula nilai kuat geser tanah (s).

## 6. Daftar Pustaka

- Bowles, Joseph.E., 1991, *Sifat-Sifat dan Geoteknis Tanah (Mekanika Tanah)*, Edisi Kedua, Terjemahan Dalam Bahasa Indonesia, Erlangga, Jakarta.
- Das, Braja.M, 1998, *Mekanika Tanah (Prinsip – Prinsip Rekayasa Geoteknis)*, Jilid 1, Terjemahan Dalam Bahasa Indonesia, Erlangga, Jakarta.
- Dunn, I.S., 1992, Dasar – Dasar Analisis Geoteknik, Cetakan Pertama, Terjemahan Dalam Bahasa Indonesia, IKIP Semarang Press, Semarang.
- Hardiyatmo, H.C, 1992, *Mekanika Tanah 1*, Edisi Kedua, Gramedia Pustaka, Jakarta.

Pacific Consultants International, 1998, *Feasibility Study For Tawaeli – Toboli Road Draft Final Report Volume III.*

Smith, M.J., 1984, *Mekanika Tanah*, Edisi Keempat, Terjemahan Dalam Bahasa Indonesia, Erlangga, Jakarta.

Soedarmo G. Djatmiko, 1993, *Mekanika Tanah 2*, Kanisius, Yogyakarta.

Wesley, L.D., 1977, *Mekanika Tanah*, Badan Penerbit Pekerjaan Umum, Cetakan Ke-6, Jakarta.

**Ucapan Terima Kasih**

Penulis mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada *Bambang Rahardjo* yang telah membantu penulis dalam penelitian ini, khususnya dalam pengambilan data.