

# Pengaruh Intensitas Curah Hujan Terhadap Kuat Geser Tanah

Deo Paskah A. P. Bujung<sup>1</sup>, Arens E. Turangan<sup>2</sup>, Alva N. Sarajar<sup>3</sup>

Teknik Sipil Universitas Sam Ratulangi Manado, Jl. Kampus Bahu-Unsrat Manado, 95115

<sup>1</sup>deobujung12@gmail.com; <sup>2</sup>willyugoconsultant@gmail.com; <sup>3</sup>alva\_sarajar@yahoo.com

**Abstrak** - Pada daerah beriklim tropis, intensitas curah hujan yang tinggi dapat mempengaruhi kondisi tanah melalui peningkatan kadar air sehingga bisa mempengaruhi parameter geser tanah (*soil properties*) seperti kohesi ( $c$ ) dan sudut geser dalam ( $\phi$ ). Selain itu, topografi berbukit-bukit dan banyak daerah lereng seperti yang ada di Dataran Tinggi Minahasa, memiliki potensi terjadinya bencana tanah longsor. Penelitian ini hendak menunjukkan seberapa besar pengaruh intensitas curah hujan terhadap kuat geser tanah di lokasi Stasiun Pengamatan Curah Hujan di Desa Kaleosan Kabupaten Minahasa Utara. Dengan nilai Intensitas Curah Hujan ditentukan dengan Metode Mononobe dan parameter geser tanah ditentukan melalui pengujian Triaksial. Pengujian Triaksial ini menggunakan variasi kadar air berdasarkan nilai curah hujan harian maksimum. Hasil penelitian menunjukkan nilai kohesi ( $c$ ) minimum sebesar  $0.967 \text{ t/m}^2$  dan nilai kohesi maksimum sebesar  $1.372 \text{ t/m}^2$ . Sedangkan nilai sudut geser dalam ( $\phi$ ) dan berat isi ( $\gamma$ ) mengalami peningkatan seiring dengan penambahan kadar air. Sehingga, intensitas curah hujan mempengaruhi nilai kuat geser tanah melalui peningkatan kadar air. Nilai kuat geser tanah minimum sebesar  $1.325 \text{ t/m}^2$  dan nilai kuat geser tanah maksimum sebesar  $5.269 \text{ t/m}^2$ . Jika intensitas curah hujan yang tinggi melampaui nilai kadar air optimum nilai kuat geser tanah mengalami penurunan.

**Kata kunci** — intensitas curah hujan, kadar air, *soil properties*, kuat geser tanah

## I. PENDAHULUAN

### A. Latar Belakang

Indonesia merupakan negara yang wilayahnya beriklim tropis. Hal ini dikarenakan letak geografis Indonesia yang terletak di antara dua benua yaitu Asia dan Australia serta dilalui oleh Garis Khatulistiwa (Ekuator). Daerah beriklim tropis memiliki dua musim, yaitu musim kemarau dan musim penghujan. Daerah tropis biasanya memiliki suhu udara yang tinggi, tekanan udara yang rendah dan intensitas curah hujan yang tinggi.

Deo Paskah A. P. Bujung adalah mahasiswa tingkat akhir jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Sam Ratulangi Manado pada bidang Geoteknik (email : deobujung12@gmail.com);

Arens E. Turangan adalah dosen jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Sam Ratulangi pada bidang Geoteknik (email : willyugoconsultant@gmail.com)

Alva N. Sarajar adalah dosen jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Sam Ratulangi pada bidang Geoteknik (email : alva\_sarajar@yahoo.com)

Intensitas curah hujan yang tinggi mempengaruhi kondisi tanah. Pada saat musim kemarau, maka partikel tanah akan menyusut dan membentuk rongga / pori-pori pada tanah, sehingga terjadi retakan pada tanah tersebut. Ketika musim penghujan tiba, maka air hujan akan masuk ke dalam rongga / pori-pori tanah tersebut. Jika air terus memenuhi pori-pori tanah tersebut maka tanah akan mengalami kondisi jenuh air dan dapat mengakibatkan tanah tersebut kehilangan kemampuannya dalam memikul beban struktur di atasnya. Selain itu, topografi daerah Sulawesi Utara (khususnya Dataran Tinggi Minahasa) yang berbukit-bukit dan banyak daerah lereng juga memiliki potensi terjadinya bencana tanah longsor.

Kegagalan struktur tanah tersebut yang diakibatkan oleh tingginya intensitas curah hujan dapat diketahui melalui peningkatan kadar air sehingga mempengaruhi parameter kuat geser tanah seperti kohesi ( $c$ ) dan sudut geser dalam ( $\phi$ ). Kegagalan struktur tanah terjadi ketika tanah kehilangan kekuatannya dalam menahan gaya geser. Hal ini membahayakan jika terdapat struktur di atasnya khususnya bangunan publik, seperti pemukiman penduduk. Karena dapat mengakibatkan kerugian yang cukup besar baik secara materi bahkan mengakibatkan kematian. Oleh karena itu maka perlu diteliti seberapa besar pengaruh intensitas curah hujan terhadap kuat geser tanah.

### B. Rumusan Masalah

Intensitas curah hujan dapat mempengaruhi kondisi tanah dan parameter kuat gesernya, sehingga pada penelitian ini perlu diketahui bagaimana besarnya pengaruh intensitas curah hujan dengan kekuatan geser tanah di Desa Kaleosan, Kabupaten Minahasa Utara.

### C. Batasan Masalah

Dalam penelitian yang akan dilakukan ini, dibatasi pada hal-hal sebagai berikut :

1. Pengambilan sampel tanah dilakukan di stasiun hujan MRG Kaleosan, yang terletak di Desa Kaleosan, Kecamatan Kalawat, Kabupaten Minahasa Utara.
2. Pemeriksaan parameter tanah ( $c$ ,  $\phi$ ,  $\gamma$ ) dengan variasi pencampuran kadar air berdasarkan nilai curah hujan maksimum.
3. Lamanya waktu curah hujan diasumsikan 4 jam.
4. Tidak meninjau Catchment Area (Daerah Tangkapan Air Hujan).

5. Pengaruh evaporasi dan temperatur di lapangan tidak ditinjau.
6. Tidak memperhitungkan kecepatan aliran dalam tanah.
7. Kandungan mineral tanah tidak ditinjau.

*D. Tujuan Penelitian*

Tujuan dari penelitian ini antara lain:

1. Mengetahui hubungan antara intensitas curah hujan dan peningkatan kadar air.
2. Menentukan parameter kuat geser tanah ( $c$ ,  $\phi$ ,  $\gamma$ ) dan perubahannya terhadap peningkatan kadar air akibat intensitas curah hujan.
3. Mengetahui seberapa besar pengaruh intensitas curah hujan terhadap kuat geser tanah.

*E. Manfaat Penelitian*

Manfaat dari penelitian ini diharapkan dapat menjadi sumber referensi secara umum mengenai seberapa besar pengaruh intensitas curah hujan terhadap kekuatan geser tanah dan bisa dijadikan suatu bahan pertimbangan dalam perencanaan bangunan sipil.

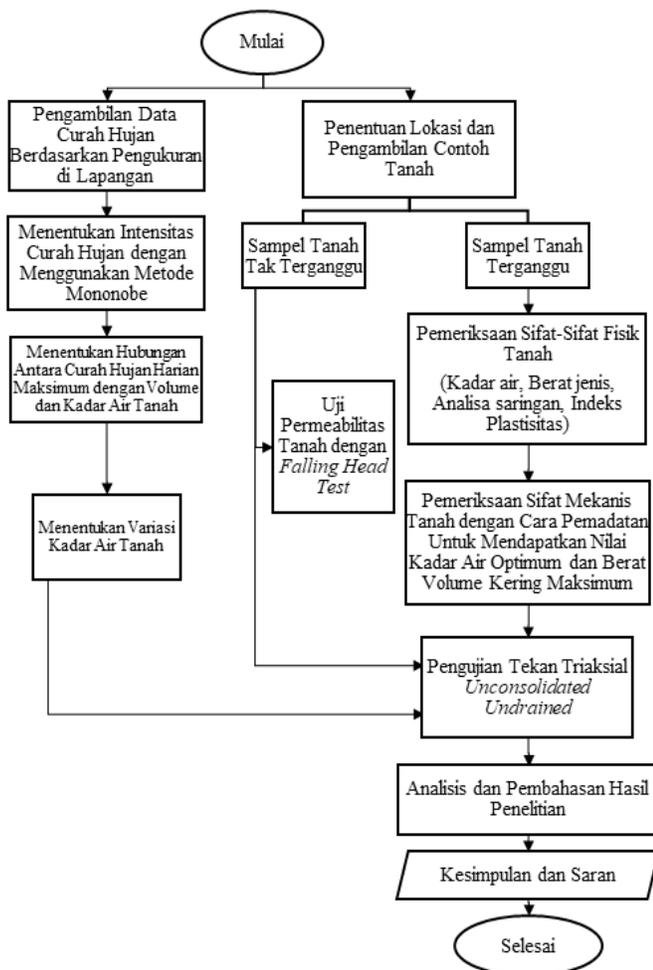
Bahan uji untuk penelitian ini diambil di Desa Kaleosan, Kecamatan Kalawat, Kabupaten Minahasa Utara. Alasan mengapa lokasi ini dipilih karena terdapat sebuah stasiun pengamatan curah hujan dengan tipe MRG (Manual Rainfall Gauge). Tipe MRG merupakan tipe stasiun dengan pengukuran secara manual. Hasil pengamatan ini berupa data curah hujan harian. Data ini merupakan data sekunder dari penelitian ini.

Penelitian ini berupa uji eksperimental yang dilakukan di Laboratorium Geoteknik Fakultas Teknik. Pengujian yang dilakukan antara lain:

1. Pemeriksaan Kadar Air
2. Pemeriksaan Berat Jenis
3. Analisa Saringan
4. Pemeriksaan Batas Cair
5. Pemeriksaan Batas Plastis
6. Uji Tinggi Jatuh
7. Percobaan Pematatan
8. Pengujian Triaksial Unconsolidated Undrained (UU) untuk keadaan kadar air normal dan kadar air berdasarkan nilai curah hujan harian maksimum.

II. METODOLOGI PENELITIAN

III. HASIL DAN PEMBAHASAN



Gambar 1. Bagan Alir Penelitian

A. Menentukan Nilai Intensitas Curah Hujan

Nilai intensitas curah hujan diperoleh berdasarkan data curah hujan harian maksimum, selanjutnya ditentukan dengan menggunakan metode Mononobe. Kemudian diberi asumsi bahwa hujan terjadi dalam kurun waktu 4 jam. Intensitas curah hujan disajikan pada Tabel 1.

TABEL 1. INTENSITAS CURAH HUJAN BERDASARKAN METODE MONONOBE

Tahun	R <sub>24</sub>	t	I		Derajat Hujan
	(mm)	(jam)	(mm/jam)	(mm/menit)	
2008	70	4	9.630	0.160	Hujan Normal
2009	50.3	4	6.920	0.115	Hujan Normal
2010	175.5	4	24.145	0.403	Hujan Deras
2011	57	4	7.842	0.130	Hujan Normal
2012	90.2	4	12.409	0.207	Hujan Normal
2013	80.6	4	11.088	0.185	Hujan Normal
2014	177	4	24.351	0.406	Hujan Deras
2015	105	4	14.445	0.241	Hujan Normal
2016	478	4	65.763	1.098	Hujan Deras
2017	149	4	20.499	0.342	Hujan Deras

B. Menentukan Korelasi Antara Curah Hujan Harian Maksimum Dengan Kadar Air

Curah hujan harian maksimum dinyatakan dalam satuan milimeter (mm), yang merupakan tinggi air dalam gelas

pengukuran curah hujan. Diketahui diameter gelas ukur = 20.7 mm, hasil perhitungan volume disajikan dalam Tabel 2.

TABEL 2. HUBUNGAN CURAH HUJAN DENGAN VOLUME

R <sub>24</sub> (mm)	d (mm)	V	
		(mm <sup>3</sup> )	(ml)
70	20.7	23545.53	23.54553
50.3	20.7	16919.14	16.91914
175.5	20.7	59032	59.032
57	20.7	19172.79	19.17279
90.2	20.7	30340.09	30.34009
80.6	20.7	27110.99	27.11099
177	20.7	59536.54	59.53654
105	20.7	35318.29	35.31829
478	20.7	160782.3	160.7823
149	20.7	50118.33	50.11833

Volume air tersebut dijadikan kadar air untuk pemadatan dengan berat tanah = 2000 gram.

TABEL 3. HUBUNGAN VOLUME DENGAN KADAR AIR

V		G (gr)	w <sub>n</sub> (%)
(mm <sup>3</sup> )	(ml)		
23545.53	23.54553	2000	1.17727628
16919.14	16.91914	2000	0.84595709
59032	59.032	2000	2.9515998
19172.79	19.17279	2000	0.95863925
30340.09	30.34009	2000	1.51700457
27110.99	27.11099	2000	1.3554954
59536.54	59.53654	2000	2.97682715
35318.29	35.31829	2000	1.76591441
160782.3	160.7823	2000	8.03911514
50118.33	50.11833	2000	2.50591664

C. Pemeriksaan Sifat Fisik Dan Sifat Mekanis Tanah

Hasil pemeriksaan sifat fisik tanah disajikan pada Tabel 4 berikut.

TABEL 4. HASIL PEMERIKSAAN SIFAT FISIK TANAH DAN MEKANIS TANAH

Pemeriksaan	Nilai
Kadar Air	7.277%
Berat Jenis	2.583
Batas Cair	42.5
Batas Plastis	28.536
Indeks Plastisitas	13.964
Analisa Saringan (Lolos Saringan No. 200)	10.48%
Koefisien Permeabilitas	18798 x 10 <sup>-11</sup>
Kadar Air Optimum	24.1 %
Berat Isi Kering Maksimum	1.549 t/m <sup>3</sup>
Kadar Air Tanah Asli	20.354%

D. Menentukan Nilai Kuat Geser Tanah Berdasarkan Pengujian Triaksial

TABEL 5. VARIASI KADAR AIR UNTUK PENGUJIAN TRIAKSIAL

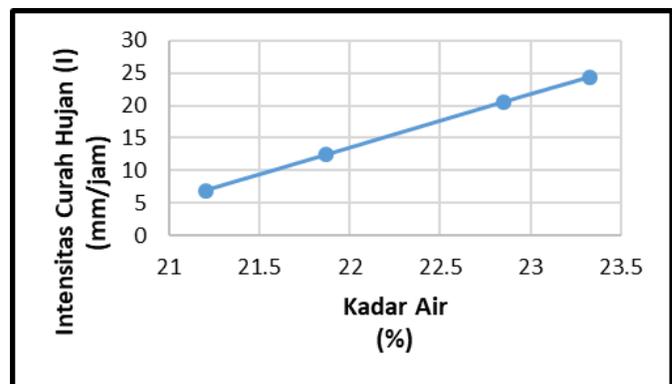
Tahun	R <sub>24</sub>	w	V
	(mm)	(%)	(ml)
2009	50.3	21.19996	423.99914
2012	90.2	21.871	437.42009
2017	149	22.85992	457.19833
2014	177	23.33083	466.61654
Tanah Asli		20.354	407.08

TABEL 6. PARAMETER KUAT GESER TANAH BERDASARKAN PENGUJIAN TRIAKSIAL

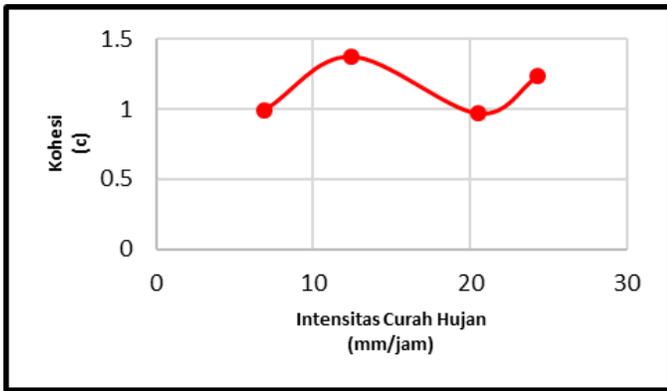
Kadar Air	Kohesi	Sudut Geser Dalam	Berat Isi
w	c	φ	γ
(%)	(t/m <sup>2</sup> )	(...°)	(t/m <sup>3</sup> )
20.354	1.149	12.14	1.5057
21.2	0.992	8.56	1.8016
21.87	1.372	11.31	1.8029
22.85	0.967	15	1.8677
23.33	1.234	15.37	1.8848

TABEL 7. HUBUNGAN INTENSITAS CURAH HUJAN DAN KADAR AIR

Intensitas Curah Hujan	Kadar Air
I (mm/jam)	w (%)
0	20.354
6.9203	21.2
12.4098	21.87
20.4995	22.85
24.3517	23.33

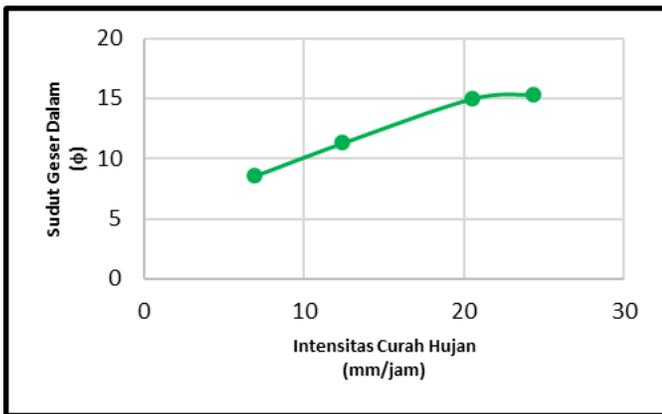


Gambar 2. Grafik Hubungan Intensitas Curah Hujan Dan Kadar Air



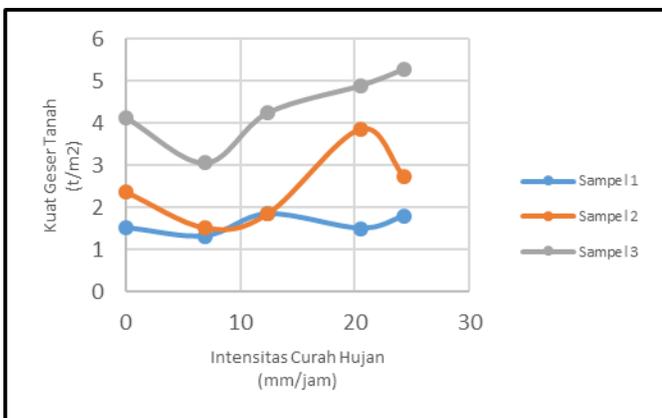
Gambar 3. Grafik Hubungan Intensitas Curah Hujan Dan Kohesi

Grafik pada Gambar 3 menunjukkan nilai kohesi mengalami fluktuasi hingga nilai intensitas curah hujan yang berkorelasi dengan kadar air optimum. Peningkatan intensitas curah hujan setelahnya, nilai kohesi akan mengalami penurunan.



Gambar 4. Grafik Hubungan Intensitas Curah Hujan Dan Sudut Geser Dalam

Grafik pada Gambar 7 memperlihatkan semakin tinggi intensitas curah hujan, maka nilai sudut geser dalam juga akan semakin tinggi. Nilai sudut geser dalam tertinggi terjadi saat intensitas hujan maksimum yakni sebesar 24.35 mm/jam.



Gambar 5. Grafik Hubungan Intensitas Curah Hujan Dan Kuat Geser Tanah

Grafik pada Gambar 8 menunjukkan bahwa intensitas curah hujan memberi peningkatan kuat geser. Pada intensitas hujan 6.92 mm/jam, nilai kuat geser untuk semua sampel mengalami penurunan. Namun setelah intensitas curah hujan bertambah, nilai kuat geser tanah terus mengalami peningkatan. Pada sampel 2, nilai kuat geser tanah menurun saat intensitas curah hujan maksimum. Hal ini juga dipengaruhi oleh perbandingan nilai tegangan mayor yang berbeda untuk masing-masing sampel tanah. Sehingga, dari grafik tersebut dapat dilihat bahwa perubahan intensitas curah hujan memberi pengaruh yang cukup signifikan terhadap nilai kuat geser tanah.

TABEL 8. HUBUNGAN INTENSITAS CURAH HUJAN DAN KUAT GESER TANAH

Intensitas Curah Hujan	Kuat Geser Tanah
I	$\tau$
mm/jam	t/m <sup>2</sup>
0	1.520225002
	2.375657077
	4.125626693
6.9203	1.325073118
	1.527789527
	3.055579055
12.4098	1.848394138
	1.858199942
	4.241010423
20.4995	1.506844289
	3.868532934
	4.882755052
24.3517	1.793475829
	2.743246632
	5.269540542

IV. KESIMPULAN DAN SARAN

A. Kesimpulan

Berdasarkan hasil pengujian di laboratorium mengenai pengaruh intensitas curah hujan terhadap kuat geser tanah, dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut :

1. Nilai curah hujan harian maksimum ( $R^{24}$ ) dalam satuan millimeter (mm) dapat dikorelasi dengan kadar air ( $w$ ) yang dinyatakan dalam persen (%) dengan cara mengkonversi nilai curah hujan harian maksimum ke dalam volume air ( $V$ ) yang dinyatakan dalam satuan milliliter (ml). Maka hubungan intensitas curah hujan ( $I$ ) dan kadar air mengalami peningkatan secara linear.
2. Terjadi fluktuasi nilai kohesi ( $c$ ) tanah antara 0.967 t/m<sup>2</sup> sampai dengan 1.372 t/m<sup>2</sup>, dan akan terus mengalami fluktuasi hingga mencapai kadar air optimum ( $w_{opt} = 24.1\%$ ). Selanjutnya, nilai kohesi akan menurun seiring dengan pertambahan kadar air. Sudut geser dalam ( $\phi$ ) mengalami peningkatan seiring dengan bertambahnya intensitas curah hujan. Nilai  $\phi$  tertinggi sebesar 15.37° pada intensitas curah hujan maksimum sebesar 24.35

mm/jam. Berat isi ( $\gamma$ ) juga mengalami peningkatan seiring dengan bertambahnya intensitas curah hujan. Hal ini dipengaruhi juga oleh peningkatan kadar air yang menambah berat isi dari tanah tersebut.

- Intensitas Curah Hujan berpengaruh cukup signifikan terhadap perubahan nilai kuat geser tanah. Nilai kuat geser tanah minimum sebesar  $1.325 \text{ t/m}^2$  dan nilai kuat geser tanah maksimum sebesar  $5.269 \text{ t/m}^2$ .

#### B. Saran

- Untuk hasil penelitian yang lebih akurat ada baiknya penelitian ini dilakukan dengan menggunakan alat Rainfall Simulator, sehingga dapat diketahui bagaimana tingkatan kadar air, kondisi permukaan tanah, serta kecepatan aliran air dalam tanah yang diakibatkan oleh intensitas curah hujan.
- Diperlukan data hujan jam-jaman, untuk nilai intensitas curah hujan agar nilai waktu curah hujan (t) tidak diberi nilai asumsi.
- Alat Triaksial yang digunakan harus dikalibrasi minimal 3 tahun sekali dan pada saat diperlukan. Hal ini untuk mencegah terjadinya kesalahan pembacaan skala, pelaksanaan prosedur pengujian, dan dalam melakukan analisis perhitungan kuat geser.

## V. KUTIPAN

### A. Buku

- ASTM, *ASTM Book of Standards*. 2007.
- SNI 03-418-2004, *Cara uji triaksial untuk tanah kohesif dalam keadaan tidak terkonsolidasi dan tidak terdrainase (UU)*. Jakarta: Standar Nasional Indonesia, 2004.
- Braja M. Das, *Mekanika Tanah – Prinsip-prinsip Rekayasa Geoteknis Jilid 2*. Jakarta: Erlangga, 1998.
- Braja M. Das, *Principles of Geotechnical Engineering 3<sup>rd</sup> Edition*. Boston: PWS Publishing Company, 1993.
- Hardy C. Hardiyatmo, *Mekanika Tanah I*. Yogyakarta: Gadjah Mada University Press, 2014.
- J. T. Germaine, A. V. Germaine, *Geotechnical Laboratory Measurements for Engineers*. John Wiley and Sons, 2009.
- S. Sosrodarsono, T. Kensaku, *Hidrologi Untuk Pengairan*. Jakarta: PT. Pradyna Paramita, 2003.

### B. Jurnal

- Satwarnirat Liliwanti, “Kestabilan Lereng Berdasarkan Intensitas Curah Hujan dan Permeabilitas Tanah,” dalam *Jurnal Sipil Statik* Vol. XIII, No. 2, 2016
- Cut Meutia Ratag, Agnes T. Mandagi, Roski R. I. Legrans, “Analisis Dinding Mechanically Stabilized Earth (MSE) (Studi Kasus: Ruas Jalan Tol Manado Bitung STA 6+475),” dalam *Jurnal Sipil Statik*, 2018.
- Reky T. Parapaga, Alva N. Sarajar, Roski R. I. Legrans, “Pengaruh Penambahan Zeolite Terhadap Kuat Geser Pada Tanah Berlempung,” dalam *Jurnal Sipil Statik* Vol. 6, No. 7, 2018.
- Sindy N. Polii, O. B. A. Sompie, Lanny D. Manaroinsong, “Pengaruh Penambahan Abu Batu Bara Terhadap Kuat Geser Tanah Lempung,” dalam *Jurnal Tekno* Vol. 16, No. 69, 2018.
- P. Slat, O. B. A. Sompie, Steeva G. Rondonuwu, “Analisis Kekuatan Tanah Dengan Menggunakan Perkuatan Berlapis Karung Goni Dan Karung Plastik,” dalam *Jurnal Sipil Statik* Vol. 7, No. 2, 2018.
- M. Wambes, Saartje Monintja, Fabian J. Manoppo, “Pengaruh Derajat Kejenuhan Terhadap Kuat Geser Tanah (Studi Kasus: di Sekitar Jalan Raya Manado-Tomohon),” dalam *Jurnal Tekno* Vol. 13, No. 62, 2015.