

Pemetaan Angka Keamanan Lereng dengan *Script Python* sebagai Mitigasi Bencana Alam Tanah Longsor Bukit Ganoman

Mapping Safety Factor of Slope with Python Script as Mitigation of Landslide Disaster of Ganoman Hill

SKRIPSI

Disusun untuk memenuhi salah satu syarat memperoleh Gelar Sarjana
pada Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik

Universitas Sebelas Maret Surakarta



Disusun oleh:

BELINDA ROSA NATANHIA

NIM I0113025

PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS SEBELAS MARET

SURAKARTA

2017

LEMBAR PERSETUJUAN

Pemetaan Angka Keamanan Lereng dengan *Script Python* sebagai Mitigasi Bencana Alam Tanah Longsor Bukit Ganoman

*Mapping Safety Factor of Slope with Python Script as Mitigation of
Landslide Disaster of Ganoman Hill*



Disusun oleh:

Belinda Rosa Natanhia

I0113025

Telah disetujui untuk dipertahankan di hadapan Tim Penguji Pendadaran

Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Sebelas Maret

Persetujuan Dosen Pembimbing

Dosen Pembimbing I

Dosen Pembimbing II

R. Harya Dananjaya H. I., ST, M.Eng
NIP. 19850917 201404 1 001

Dr. Ir. Rr. Rintis Hadiani, M.T.
NIP. 19630120 198803 2 002

PENGESAHAN SKRIPSI

Pemetaan Angka Keamanan Lereng dengan *Script Python* sebagai Mitigasi Bencana Alam Tanah Longsor Bukit Ganoman

*Mapping Safety Factor of Slope with Python Script as Mitigation of Landslide
Disaster of Ganoman Hill*

Disusun oleh:

BELINDA ROSA NATANHIA
I 0113025

Telah dipertahankan di hadapan Tim Penguji Pendadaran Program Studi
Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Sebelas Maret pada :

Hari : Senin

Tanggal : 25 September 2017

R. Harya Dananjaya H.I., S.T., M.Eng.

.....

NIP. 19850917 201404 1 001

Dr. Ir. Rr. Rintis Hadiani, M.T.

.....

NIP. 19690903 199702 2 001

Dr. Bambang Setiawan, S.T., M.T.

.....

NIP. 19690717 199702 1 001

Setiono, S.T., M.Sc.

.....

NIP. 19720224 199702 1 001

Disahkan

Tanggal :

Kepala Program Studi Teknik Sipil
Fakultas Teknik UNS

Wibowo. ST. DEA

NIP. 19681007 199502 1 001

PERNYATAAN

Bersama ini saya menyatakan bahwa skripsi ini merupakan hasil karya penelitian sendiri dan dilakukan dengan sungguh-sungguh sebagai persyaratan dalam menempuh gelar kesarjanaan di perguruan tinggi. Sepanjang pengetahuan saya, tidak terdapat karya ilmiah atau pendapat orang lain, kecuali yang tertulis dan diacu dalam naskah ini, serta ditulis dalam daftar pustaka. Apabila tidak sesuai maka saya sanggup menerima sanksi sesuai dengan hukum yang berlaku.

Surakarta, September 2017

Belinda Rosa Natanhia

KATA MUTIARA

“Barangsiapa setia dalam perkara-perkara kecil, ia setia juga dalam perkara-perkara besar. Dan barangsiapa tidak benar dalam perkara-perkara kecil, ia tidak benar juga dalam perkara-perkara besar.”

(Lukas 16:10)

“Apa pun juga yang kamu perbuat, perbuatlah dengan segenap hatimu seperti untuk Tuhan dan bukan untuk manusia.”

(Kolose 3:23)

“Dan segala sesuatu yang kamu lakukan dengan perkataan atau perbuatan, lakukanlah semuanya itu dalam nama Tuhan Yesus, sambil mengucap syukur oleh Dia kepada Allah, Bapa kita.”

(Kolose 3:17)

“Kegagalan adalah kesuksesan yang tertunda. Aku tidak berniat menundanya, oleh sebab itu aku mengejarnya.

Bukankah Tuhan yang bertahta atas langit dan bumi melihat setiap perbuatan kecil yang kita lakukan? Terpujilah Nama Tuhan.”

(Natanhia, 2017)

PERSEMBAHAN

Skripsi ini saya persembahkan kepada:

Papi dan Mami,

Cicik-cicikku dan adikku,

Pembantu Baru,

Tim Skripsi AngIngEng,

Teman-teman,

Dan setiap orang yang telah mendukung dan mendoakan saya.

Terima Kasih Atas Semua Dukungan dan Doanya.

Tuhan Yesus memberkati.

ABSTRAK

Belinda Rosa Natanhia, 2017, Pemetaan Pemetaan Angka Keamanan Lereng dengan *Script Python* sebagai Mitigasi Bencana Alam Tanah Longsor Bukit Ganoman, Skripsi, Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Sebelas Maret Surakarta.

Kejadian longsor di Kabupaten Karanganyar terjadi setiap tahun sejak 2006. Khususnya di Bukit Ganoman, longsor terakhir kali adalah 5 Februari 2016 yang mengakibatkan longsor tanah mengganggu lalu lintas di jalan. Daerah rawan longsor perlu diidentifikasi, salah satu solusi yang tepat adalah dengan pembuatan peta *safety factor* (*sf*). Peta *SF* dapat dibuat dengan mudah menggunakan skrip (rangkai kode yang dapat dijalankan sebagai program).

Penelitian dilakukan dengan menggunakan masukan data tanah, data hujan, dan data kemiringan lereng. Analisa dilakukan dengan Microsoft Excel dan *script* (bahasa *Python*) yang terintegrasi langsung dengan *Geographic Resources Analysis Support System Geographic Information System (GRASS GIS)*.

Hasil penelitian pemetaan *SF* di Bukit Ganoman, Desa Koripan, Kecamatan Matesih, Kabupaten Karanganyar ini menunjukkan bahwa beberapa titik di lokasi ini rawan longsor. Nilai *SF* lebih dari 1,25 (lereng stabil-jarang terjadi longsor) berupa sawah, pemukiman, dan perkebunan. Nilai *SF* antara 1,25 dan 1,07 (lereng kritis-pernah terjadi longsor) berupa perkebunan. Nilai *SF* kurang dari 1,07 (lereng labil-bisa atau sering terjadi longsor) berupa ladang dan melalui badan jalan. Pada daerah jalan ini yang pernah terjadi longsor pada 5 Februari 2016, sehingga penelitian ini terbukti cukup valid.

Kata kunci: longsor, pemetaan, angka keamanan, *script*, *Python*.

ABSTRACT

Belinda Rosa Natanhia, 2017, Mapping Safety Factor of Slope with Python Script as Mitigation of Landslide Disaster of Ganoman Hill, Essay, Department of Civil Engineering, Faculty of Engineering, Universitas Sebelas Maret Surakarta.

There are many landslide disaster occurred in Karanganyar every year since 2006. Particularly in Ganoman Hill, the last landslide was on February 5th, 2016 which disturbed traffic on the road. Landslide prone areas need to be identified, one of the best solutions is to mapping the safety factor. The Map of SF can be create easily using scripts (a series of code that can be ran as a program).

The research was done using soil data input, rainfall data input, and slope data input. The analysis was done with Microsoft Excel and scripts (Python program languages) that integrated directly with Geographic Resources Analysis Support System Geographic Information System (GRASS GIS).

The result of mapping SF in Bukit Ganoman, Koripan Village, Matesih Sub-District, Karanganyar Regency shows that a few points in this location is prone to landslide. The SF value that more than 1.25 (rare-stable slopes of landslides) is in rice fields, residential, and plantations. SF values that between 1.25 and 1.07 (critical slopes-ever landslide) is in the plantations. The SF value that less than 1.07 (the slopes are unstable-can be or often landslide) is in the fields and through the road body. In this area of road that had occurred landslide disaster on February 5th, 2016, so the validity of this research is proved enough.

Keywords: landslide, mapping, safetyfactor, script, Python.

KATA PENGANTAR

Segala puji syukur kepada Tuhan Yang Maha Esa, yang telah memberikan hikmat dan pengertian-Nya sehingga Penulis dapat menyelesaikan skripsi ini dengan baik. Penyusunan skripsi dengan judul “Pemetaan Angka Keamanan Lereng dengan *Script Python* sebagai Mitigasi Bencana Alam Tanah Longsor Bukit Ganoman” ini merupakan salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Sebelas Maret Surakarta. Proses penyusunan skripsi ini tidak bisa lepas dari bantuan berbagai pihak sehingga pada kesempatan ini Penulis menyampaikan terima kasih kepada:

1. Kepala Prodi Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Sebelas Maret Surakarta;
2. Bapak R. Harya Dananjaya H.I., S.T.,M.Eng., selaku Pembimbing Skripsi I;
3. Ibu Dr. Ir. Rr. Rintis Hadiani, M.T., selaku Pembimbing Skripsi II;
4. Bapak Dr. Bambang Setiawan, S.T., M.T., selaku Penguji II;
5. Bapak Setiono, S.T., M.Sc., selaku Pembimbing Akademik dan Penguji III;
6. Keluarga yang selalu mendampingi, mendukung, dan mendoakan saya;
7. Bapak Ibu Dosen yang membimbing dan mengajar saya selama kuliah,
8. Teman-teman S1 Teknik Sipil Universitas Sebelas Maret 2013, khususnya KBK Geoteknik, yang bersedia menolong selama saya mengerjakan skripsi ini;
9. Semua pihak yang telah menolong, mendukung, dan mendoakan saya sehingga skripsi ini dapat selesai dengan baik.

Penulis menyadari bahwa masih banyak kekurangan dan keterbatasan ilmu dalam penyusunan skripsi ini. Oleh karena itu, Penulis berharap dengan kekurangan dan keterbatasan tersebut, skripsi ini dapat memberikan manfaat bagi Penulis khususnya dan pembaca pada umumnya.

Surakarta, September 2017

Penulis

DAFTAR ISI

Halaman Judul.....	i
Halaman Persetujuan.....	ii
Halaman Pengesahan	iii
Pernyataan.....	iv
Kata Mutiara	v
Persembahan	vi
Abstrak	vii
Kata Pengantar	ix
Daftar Isi	x
Daftar Gambar.....	xiii
Daftar Tabel	xiv
BAB 1 PENDAHULUAN	Error! Bookmark not defined.
1.1. Latar Belakang Masalah.....	Error! Bookmark not defined.
1.2. Rumusan Masalah.....	Error! Bookmark not defined.
1.3. Batasan Masalah	Error! Bookmark not defined.
1.4. Tujuan Penelitian	Error! Bookmark not defined.
1.5. Manfaat Penelitian	Error! Bookmark not defined.
1.5.1. Manfaat Teoritis	Error! Bookmark not defined.
1.5.2. Manfaat Praktis.....	Error! Bookmark not defined.
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA DAN LANDASAN TEORI.....	Error! Bookmark not defined.
2.1. Tinjauan Pustaka	Error! Bookmark not defined.
2.2. Dasar Teori.....	Error! Bookmark not defined.
2.2.1. Tanah.....	Error! Bookmark not defined.
2.2.2. Pengertian Longsor dan Stabilitas Lereng	Error! Bookmark not defined.
2.2.3. Interval Kepercayaan 95%	Error! Bookmark not defined.
2.2.4. Uji Homogenitas Data Hujan	Error! Bookmark not defined.

2.2.5.	Analisa Hujan Wilayah dengan Metode Aljabar Rerata (Aritmatik)	Error! Bookmark not defined.
2.2.6.	Analisa Intensitas Hujan dengan Metode <i>Mononobe</i>	Error! Bookmark not defined.
2.2.7.	Analisa Kedalaman Tanah Jenuh dengan Metode <i>Green-Ampt</i>	Error! Bookmark not defined.
2.2.8.	Analisa Stabilitas Lereng dengan Metode <i>Infinite Slope</i>	Error! Bookmark not defined.
2.2.9.	Script Bahasa <i>Python</i>	Error! Bookmark not defined.
2.2.10.	Pemetaan Nilai Stabilitas Lereng	Error! Bookmark not defined.
BAB 3 METODE PENELITIAN		Error! Bookmark not defined.
3.1.	Lokasi Penelitian.....	Error! Bookmark not defined.
3.2.	Alat Bantu Penelitian	Error! Bookmark not defined.
3.3.	Pengumpulan Data	Error! Bookmark not defined.
3.3.1.	Data Primer	Error! Bookmark not defined.
3.3.2.	Data Sekunder	Error! Bookmark not defined.
3.4.	Analisa Data	Error! Bookmark not defined.
3.4.1.	Analisa Data Tanah	Error! Bookmark not defined.
3.4.2.	Analisa Data Hujan.....	Error! Bookmark not defined.
3.4.3.	Pembuatan Peta Kemiringan Lereng	Error! Bookmark not defined.
3.4.4.	Analisa dan Pembuatan Peta Kedalaman Tanah Jenuh dengan Pembuatan Program (<i>Script</i>)	Error! Bookmark not defined.
3.4.5.	Analisa dan Pembuatan Peta Stabilitas Lereng dengan Pembuatan Program (<i>Script</i>)	Error! Bookmark not defined.
3.5.	Tahapan Penelitian.....	Error! Bookmark not defined.
3.6.	Diagram Alir Tahapan Penelitian	Error! Bookmark not defined.
BAB 4 ANALISA DAN PEMBAHASAN.....		Error! Bookmark not defined.
4.1.	Analisa Data Tanah.....	Error! Bookmark not defined.
4.2.	Analisa Data Hujan	Error! Bookmark not defined.
4.3.	Analisa <i>Script</i>	Error! Bookmark not defined.
4.3.1.	Mengintegrasikan <i>Script</i>	Error! Bookmark not defined.
4.3.2.	Mendefinisikan Fungsi	Error! Bookmark not defined.

4.3.3.	Mencetak Penjelasan <i>Script</i>	Error! Bookmark not defined.
4.3.4.	Memasukkan Peta <i>ASTER GDEM</i>	Error! Bookmark not defined.
4.3.5.	Membuat Peta Kemiringan	Error! Bookmark not defined.
4.3.6.	Memasukkan Peta Rupa Bumi Indonesia .	Error! Bookmark not defined.
4.3.7.	Membuat Peta Kosong untuk Menyimpan Data Analisa	Error! Bookmark not defined.
4.3.8.	Memasukkan Data Tanah, Data Hujan, dan Koordinat Awal	Error! Bookmark not defined.
4.3.9.	Membuat <i>File</i> dengan Format <i>Comma Separated Value</i>	Error! Bookmark not defined.
4.3.10.	Mengatur Batasan Koordinat yang Dianalisa	Error! Bookmark not defined.
4.3.11.	Menghitung Nilai Kedalaman Tanah Jenuh dan <i>Safety Factor</i>	Error! Bookmark not defined.
4.3.12.	Membuat Peta Kedalaman Tanah Jenuh dan Peta <i>Safety Factor</i> .	Error! Bookmark not defined.
4.4.	Pembuatan Peta Kemiringan Lahan.....	Error! Bookmark not defined.
4.5.	Analisa dan Pembuatan Peta Kedalaman Tanah Jenuh	Error! Bookmark not defined.
4.6.	Analisa dan Pembuatan Peta Stabilitas Lereng.....	Error! Bookmark not defined.
	BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN	Error! Bookmark not defined.
5.1.	Kesimpulan	Error! Bookmark not defined.
5.2.	Saran.....	Error! Bookmark not defined.
5.2.1.	Saran Bagi Aplikator	Error! Bookmark not defined.
5.2.2.	Saran Bagi Peneliti Selanjutnya	Error! Bookmark not defined.
	DAFTAR PUSTAKA	57

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. 1. Keruntuhan lereng di Desa Koripan (Timlo.net, 2016) **Error! Bookmark not defined.**

Gambar 2. 1. Infiltrasi *Green-Ampt* (Chen, L., dan Young, M., 2006) **Error! Bookmark not defined.**

Gambar 2. 2. Lereng Tak Hingga (Tawakkal, dkk., 2015)...**Error! Bookmark not defined.**

Gambar 3. 1. Peta Wilayah Penelitian (Sumber: BAPPEDA Kabupaten Karanganyar) **Error! Bookmark not defined.**

Gambar 3. 2. Lokasi Penelitian (*Google Maps*, 2017)**Error! Bookmark not defined.**

Gambar 3. 3. Lokasi Titik *Sample* Tanah Bertanda Bendera (*Google Maps*, 2017) **Error! Bookmark not defined.**

Gambar 3. 4. Peta *SF* sebagai Hasil Penelitian yang Diharapkan **Error! Bookmark not defined.**

Gambar 3. 5. Diagram Alir Tahapan Penelitian..... **Error! Bookmark not defined.**

Gambar 3. 6. Lanjutan Diagram Alir Tahapan Penelitian**Error! Bookmark not defined.**

Gambar 4. 1. Peta Kemiringan Lahan hasil running program 10 Agustus 2017 **Error! Bookmark not defined.**

Gambar 4. 2. Peta Kedalaman Tanah Jenuh (H_{sat}) hasil running program 10 Agustus 2017 **Error! Bookmark not defined.**

Gambar 4. 3. Diagram alir proses analisa *script* **Error! Bookmark not defined.**

Gambar 4. 4. (Lanjutan) Diagram alir proses analisa *script* .**Error! Bookmark not defined.**

Gambar 4. 5. Hasil *running script* pada *Command Prompt* .**Error! Bookmark not defined.**

Gambar 4. 6. Peta *Safety Factor (SF)* hasil running program 10 Agustus 2017 **Error! Bookmark not defined.**

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1. Matrik pustaka mitigasi bencana alam tanah longsor **Error! Bookmark not defined.**

Tabel 2. 2. Nilai kritik Q_{RAPS} dan R_{RAPS} (Harto, 2010) **Error! Bookmark not defined.**

Tabel 2. 3. Parameter infiltrasi *Green-Ampt* untuk berbagai kelas tanah (Rawls, dkk., 1983) **Error! Bookmark not defined.**

Tabel 2. 4. Hubungan Angka Keamanan dan Intensitas Longsor (Bowles, 1989) **Error! Bookmark not defined.**

Tabel 2. 5. Klasifikasi kemiringan lereng (Van Zuidam, 1985) .. **Error! Bookmark not defined.**

Tabel 3. 1. Gambaran hasil analisa stabilitas lereng **Error! Bookmark not defined.**

Tabel 4. 1. Data tanah **Error! Bookmark not defined.**

Tabel 4. 2. Variabel pada *script* **Error! Bookmark not defined.**

DAFTAR PUSTAKA

- Adriyati, Meilani, R. Harya Dananjaya, dan Niken Silmi Surjandari, 2016. *Analisis Stabilitas Lereng Menggunakan Software Geo Studio 2007 dengan Variasi Kemiringan (Studi Kasus: Bukit Ganoman Kab Karanganyar)*. E-Jurnal Matriks Teknik Sipil/Maret 2017/97. Surakarta: UNS.
- Ampt, Green, dan Green W. H., 1911. *Studies of Soil Physics Part 1-The Flow of Air and Water Through Soils*. Spring: J.Ag.Science.
- Bakosurtanal, 2017. www.bakosurtanal.go.id/peta-rupabumi/. Diakses 18 April 2017 21.08 WIB.
- Bowles, Erin, Joy, 1989. *Sifat-sifat Fisis dan Geoteknis Tanah*. Jakarta: PT. Erlangga.
- Chen, Li, dan Young, Michael, H., 2006. *Green-Ampt Infiltration Model for Sloping Surfaces*. *Water Resources Research*, Vol. 42, W07420. Las Vegas: *Division of Hydrologic Sciences, Desert Research Institue*.
- Das, Braja, M., 1985. *Principles of Geotechnical Engineering, 3rd ed.* Carbondale: Southern Illinois University, PWS Publishing Company, Boston.
- Geospasial, 2017. tanahair.indonesia.go.id. Diakses 14 Maret 2017 pukul 12.08 WIB.
- Haan, Charles, Thomas, 1977. *Statistical Methods in Hydrology*. Iowa: The Iowa State University Press.
- Hardiyatmo, Hary, Christadi, 2010. *Mekanika Tanah 1*. Yogyakarta: UGM Press.
- Harto, Sri, 2010. *Hidrologi, Teori, Masalah, dan Penyelesaian*. Jakarta: Gramedia.
- Indrasgoro, Gigih, Prastyo, 2013. *Geographic Information System (GIS) untuk Deteksi Daerah Rawan Longsor Studi Kasus di Kelurahan Karang Anyar Gunung Semarang*. *Jurnal GIS Deteksi Rawan Longsor*. Semarang: Universitas Dian Nuswantoro.
- Kalimanto, Dermada, Niken Silmi Surjandari, dan R. Harya Dananjaya, 2015. *Analisis Stabilitas Lereng Akibat Beban Hujan Harian Maksimum Bulanan*

- dan Beban Lalu Lintas*. E-Jurnal Matriks Teknik Sipil/Juni 2016/458. Surakarta: UNS.
- Liao, dkk., 2010. *Prototyping an Experimental Early Warning System for Rainfall-Induced Landslides in Indonesia Using Satellite Remote Sensing and Geospatial Datasets*. China: China University of Petroleum.
- Loebis, Joesron, 1987. *Banjir Rencana untuk Bangunan Air*. Departemen Pekerjaan Umum.
- Mergili, Martin, dkk., 2014. *Spatially Distributed Three-dimensional Slope Stability Modelling in a Raster GIS*. Elsevier *Geomorphology Journal* 206 (2014) 178-195. Austria: Elsevier.
- Mulyana, 2005. *Pengujian Autokorelasi Periodik untuk Data Deret Waktu dengan Komponen Musiman Periodik*. Bandung: Universitas Padjadjaran.
- Nurhidayah, Ropri, Mamok Soeprapto R., dan Siti Qomariyah, 2010. *Kajian Angkutan Sedimen pada Sungai Bengawan Solo (Serenan-Jurug)*. E-Jurnal Matriks Teknik Sipil/Juni 2013/69. Surakarta: UNS.
- Rahadian, Nanang, 2016. *Tanah Bukit Ganoman Matesih Longsor*. <http://www.timlo.net/baca/68719656661/tanah-bukit-ganoman-matesih-longsor/>. Diakses 11 April 2017 pukul 20.19 WIB.
- Rahmani, Rosadana, Nurir, Sobriyah, dan Agus Hari Wahyudi, 2016. *Transformasi Hujan Harian ke Hujan Jam-jaman Menggunakan Metode Mononobe dan Pengalihragaman Hujan Aliran*. E-Jurnal Matriks Teknik Sipil/Maret 2016/176. Surakarta: UNS.
- Rawls, Walter, J., dkk., 1983. *Green-Ampt Infiltration Parameters from Soils Data*. Inggris: J. Hydraul.
- Sanusi, Wahidah, 2016. *Analisis Homogenitas Data Curah Hujan Tahunan Kota Makassar*. *Jurnal Scientific Pinisi, Volume 2, Nomor 2, Oktober 2016*, hlm. 137-142. Makassar: Universitas Negeri Makassar.
- Sasminto, Retno, Ayu, Alexander Tunggul, dan J. Bambang Rahadi W., 2014. *Analisis Spasial Penentuan Iklim Menurut Klasifikasi Schmidt-Ferguson dan Oldeman di Kabupaten Ponorogo*. *Jurnal Sumber Daya Alam dan Lingkungan*. Malang: Universitas Brawijaya.
- Suripin, 2004. *Sistem Drainase Perkotaan yang Berkelanjutan*. Yogyakarta: Andi Offset.

- Tanimoto, 1969 dalam Triatmodjo, B., 2008. *Hidrologi Terapan*. Yogyakarta: Beta Offset.
- Tawakkal, M. Zikry, Niken Silmi Surjandari, dan R. Harya Dananjaya, 2016. *Pengaruh Curah Hujan Harian Maksimum Bulanan Terhadap Stabilitas Lereng (Studi Kasus: Desa Mangunharjo, Jatipurno, Wonogiri)*. E-Jurnal Matriks Teknik Sipil/Juni 2016/445. Surakarta: UNS.
- USGS, 2017. www.earthexplorer.usgs.gov. Diakses 12 April 2017 pukul 12.37 WIB.
- Van Zuidam, Rutger, 1985. *Aerial Photo – Interpretation in Terrain Analysis and Geomorphologic Mapping*. Smith Publisher, The Hague, ITC.
- Walter, M. Todd, 2011. *Physical Hydrology for Ecosystems*. Spring: Cornell University.
- Wicaksono, Nycu Maulana, R. Harya Dananjaya, dan Niken Silmi Surjandari, 2016. *Pemanfaatan Data Digital Elevation Model (DEM) untuk Pemetaan Angka Keamanan Berdasarkan Resiko Longsor dari Tinjauan Geoteknik*. E-Jurnal Matriks Teknik Sipil/Maret 2017. Surakarta: UNS.
- Wikipedia, 2017. https://en.m.wikipedia.org/wiki/Advanced_Spaceborne_Thermal_Emission_and_Reflection_Radiometer#ASTER_Global_Digital_Elevation_Model. Diakses 25 April 2017 14.38 WIB.
- Wikipedia, 2017. https://en.m.wikipedia.org/wiki/Digital_elevation_model. Diakses 25 April 2017 14.42 WIB.
- Wikipedia, 2017. [https://id.m.wikipedia.org/wiki/Python_\(bahasa_pemrograman\)](https://id.m.wikipedia.org/wiki/Python_(bahasa_pemrograman)). Diakses 12 April 2017 19.20 WIB.
- Wikipedia, 2017. https://id.wikipedia.org/wiki/Bahasa_scrip. Diakses 7 Juni 2017 pukul 16.05 WIB.
- Wikipedia, 2017. https://id.wikipedia.org/wiki/GRASS_GIS. Diakses 31 Mei 2017 pukul 17.44 WIB.