

# PROSIDING

## SEMINAR NASIONAL TEKNIK SIPIL 2017 “Teknologi Cerdas *Smartech* Solusi Menghadapi Bencana”

**Rabu, 17 Mei 2017**

**Gedung Induk Siti Walidah**

**Kampus II UMS**



Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik  
Universitas Muhammadiyah Surakarta



# Susunan Panitia

SEMINAR NASIONAL TEKNIK SIPIL UMS KE-VII TAHUN 2017  
PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL  
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SURAKARTA

- Penasehat : Ir. Sri Sunaryono, MT., Ph.D (Dekan Fakultas Teknik)
- Penanggung jawab : Mochammad Solikin, ST, MT, PhD (Kaprodi Teknik Sipil)  
Yenny Nurchasanah, ST., MT. (Sekprodi Teknik Sipil)
- Organizing Commite* :
- Ketua : Anto Budi Listyawan, ST, M.Sc
- Sekretaris : Ika Setyaningsih, ST, MT  
Agus Susanto, ST, MT  
Bambang Sumantri, SPd
- Bendahara : Nurul Hidayati, PhD
- Acara : Gurawan Jati W, ST, MT
- Makalah : Ir. Abdul Rochman, MT  
Kuswartomo, ST, MT
- Perlengkapan : Basuki, ST, MT  
Purnomo Widi
- Dokumentasi : Muh. Ujjianto, ST, MT  
Joko Setiawan, ST
- Sponsorship : Ir. A. KarimFatchan, MT  
Budi Setiawan, ST, MT
- Konsumsi : Ir. Renaningsih, MT
- Reviewer : Ir. Sri Sunarjono, MT., PhD, IPM  
Moch. Solikin, ST, MT., PhD  
Nurul Hidayati, ST, MT, PhD  
Purwanti Sri Pudyastuti, ST., MSc  
Iswandaru Widyatmoko, PhD



## SAMBUTAN KETUA PANITIA SEMINAR



*Assalamu'alaikum wr.wb.*

Puji syukur kepada Alloh SWT atas limpahan karunia yang telah diberikan sehingga Seminar Nasional Teknik Sipil VII-2017 ini bisa terselenggara. Tema Seminar Nasional tahun 2017, yaitu *"Teknologi Cerdas Smartech Solusi Menghadapi Bencana"* sangat relevan dengan kondisi wilayah Indonesia yang tidak bisa menghindarkan dari bahaya bencana.

Diharapkan dengan terlaksananya Seminar Nasional ini akan muncul inovasi dan teknologi yang mampu menjawab tantangan ke depan terkait dengan kebencanaan. Seminar Nasional ini juga menjadi wahana komunikasi antara akademisi, praktisi dan pemangku kepentingan agar bersinegi dalam mewujudkan bangunan Teknik Sipil yang aman dari bencana.

Prosiding Seminar Nasional ini menjadi dokumen penting yang berisi kumpulan makalah dari beberapa akademisi dan praktisi yang layak untuk dipresentasikan dan bisa dipergunakan senagai referensi semua pihak yang membutuhkan.

Akhirnya terima kasih diucapkan kepada semua pihak sehingga acara Seminar Nasional Teknik Sipil VII-2017 bisa berjalan dengan lancar dan bisa terbitnya Prosiding ini. Segala kekurangan dan kritik yang membangun senantiasa ditunggu demi pelaksanaan ke depan yang lebih baik.

*Wassalamu'alaikum wr.wb.*

Surakarta, 17 Mei 2017

Ketua Panitia

Anto Budi Listyawan, ST., M.Sc.



## SAMBUTAN DEKAN FAKULTAS TEKNIK UMS



*Assalaamu 'alaikum warahmatullaahi wabarakaatuh.*

Segala puja dan puji kita panjatkan ke hadirat Allah subhanahu wa ta'ala. Salam dan shalawat semoga terlimpah kepada Nabi Muhammad *Shalallahu 'Alaihi Wasallam*.

Ucapan terima kasih kami sampaikan kepada Bapak ketua Program Studi Dr. Mochamad Solikin dan seluruh sivitas akademika di lingkungan Program Studi Teknik Sipil yang telah menyelenggarakan Seminar Nasional Teknik Sipil VII dengan tema "*Teknologi Cerdas Smartech Solusi Menghadapi Bencana*". Ucapan terima kasih juga kami sampaikan kepada seluruh panitia pelaksana seminar yang telah bekerja keras sehingga dengan ijin Allah sukses mengantarkan seluruh agenda seminar dapat terlaksana dengan sebaik-baiknya. Diatas itu semua, rasa terima kasih juga kami sampaikan kepada Bapak Rektor dan jajaran Wakil Rektor yang dengan dedikasi tinggi memberikan ijin, restu, pelayanan, dan fasilitas baik sebelum, selama, dan setelah pelaksanaan seminar.

Seminar Nasional Teknik Sipil UMS sudah menjadi tradisi keilmuan tempat bertemunya para akademisi, pamong pemerintah, praktisi, pengusaha, konsultan, kontraktor, dan pemerhati dalam diskusi satu meja. Silaturahmi ilmiah sangat berperan dalam mengkomunikasikan problem lapangan dengan aktivitas penelitian, sehingga pembangunan yang dilaksanakan oleh Pemerintah dapat berjalan secara efektif, karena didasarkan pada hasil-hasil riset, dan betul-betul untuk menyelesaikan problem lapangan yang terjadi.

Atas dasar tersebut kami sangat berterima kasih kepada seluruh kontributor dalam seminar ini, karena dengan izin Allah SWT, peran seluruh peserta seminar merupakan peluru akselerasi pembangunan. Kami menyampaikan harapan agar seluruh hasil diskusi dapat teragendakan dalam tindak lanjut pertemuan ilmiah selanjutnya, atau dalam aktivitas konstruksi nyata di lapangan. Indonesia masih sangat membutuhkan berbagai gagasan segar dalam rangka membangun keperkasaan kebangsaan.

Demikianlah sambutan ini kami tutup dengan ungkapan rasa terima kasih kepada segenap pihak yang membantu kesuksesan seminar ini, insya Allah segala kebaikan akan dilipatgandakan pahalanya oleh Allah Yang Maha Pengasih.

*Wassalaamu alaikum warahmatullaahi wabarakaatuh,*

Surakarta, 17 Mei 2017

Dekan Fakultas Teknik  
Universitas Muhammadiyah Surakarta

Ir. Sri Sunarjono, MT., Ph.D., IPM.





## SAMBUTAN REKTOR UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SURAKARTA

السَّلَامُ عَلَيْكُمْ وَرَحْمَةُ اللَّهِ وَبَرَكَاتُهُ

Segala puji bagi Allah SWT, atas rahmat dan hidayah yang diberikan-Nya sehingga Seminar Nasional Teknik Sipil ke VII tahun 2017 ini dapat terlaksana pada hari ini.

Indonesia adalah negara yang berdampingan dengan bencana. Ini menjadi kenyataan yang tidak bias dihindari, terlebih keseimbangan alam sudah tidak dapat dipertahankan lagi. Program Studi Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Surakarta sudah selayaknya berperan aktif dalam memberikan usulan dan solusi terkait dengan pembangunan infrastruktur yang mampu bertahan dari situasi kebencanaan.

Oleh karenanya perlu dilakukan komunikasi antara akademisi, praktisi dan peneliti agar dapat terjadi sinergi dalam pengembangan teknologi dan ilmu pengetahuan terkait dengan bencana ini. Untuk itu Program Studi Teknik Sipil UMS mengadakan Seminar Nasional Teknik Sipil secara rutin setiap tahun, yang pada tahun ini akan mengembangkan diskusi tentang "**TEKNOLOGI CERDAS SMARTECH SOLUSI MENGHADAPI BENCANA**".

Gagasan-gagasan baru dan inovatif berkaitan dengan teknologi cerdas untuk menanggulangi bencana utamanya dalam infrastruktur diharapkan muncul dari hasil-hasil penelitian dan makalah publikasi yang dipresentasikan dalam seminar ini sehingga dapat dimanfaatkan oleh masyarakat. Dengan adanya forum diskusi, kami mengharapkan adanya transfer gagasan antar peserta dan penyaji sehingga semakin menyempurnakan ide yang telah ada sebelumnya.

Saya mewakili civitas akademika Universitas Muhammadiyah Surakarta mengucapkan terimakasih kepada segenap panitia pada khususnya dan segenap civitas akademika Program Studi Teknik Sipil yang telah berhasil menyelenggarakan Seminar Nasional Teknik Sipil VII-2017 ini, dan juga terima kasih kepada seluruh peserta yang telah berpartisipasi dan turut mendukung terselenggaranya Seminar ini. Selamat mengikuti Seminar, semoga kita semua mendapatkan hasil-hasil yang bermanfaat bagi masyarakat dan bagi peserta.

وَالسَّلَامُ عَلَيْكُمْ وَرَحْمَةُ اللَّهِ وَبَرَكَاتُهُ

Surakarta, 17 Mei 2017  
Rektor  
Universitas Muhammadiyah Surakarta

Dr. SofyanAnif, M.Si



## DAFTAR ISI

Susunan Panitia Semnas VII-2017	iii
Sambutan Ketua Panitia Seminar	v
Sambutan Dekan Fakultas Teknik UMS	vii
Sambutan Rektor UMS	ix
Daftar Isi	xi
<b>Kelompok Paper Teknik Sipil Struktur</b>	
Perbandingan Penggunaan SNI 03-1726-2002, SNI 03-1726-2010, dan SNI 03-1726-2002 Pada Analisis Gempa Struktur Gedung (Kode paper : <b>Paper_(S-01)</b> ) <i>Prabowo Setiyawan, Rezza Geovanny, M.Faizal Amri, , M. Faiqun Ni'am, Slamet Setioboro</i>	1 - 8
Desain Kolom Beton Bertulang Dengan Polinom Kuadratik (Kode paper : <b>Paper_(S-02)</b> ) <i>Tjiang Arif Gunadi, Herman Parung, Abd. Rachman Djamaluddin dan A. Arwin Amiruddin</i>	9 - 17
Teknologi Desain Batu Bata Dalam Solusi Menghadapi Bencana (Kode paper : <b>Paper_(S-03)</b> ) <i>Marwahyudi</i>	16 - 24
Deteksi Delaminasi Pada Balok Beton Bertulang Yang Diperkuat Dengan Lembar GFRP (Kode paper : <b>Paper_(S-04)</b> ) <i>Hijriah , Herman Parung, Rudy Djamaluddin dan Rita Irmawaty</i>	25 - 32
Kapasitas Lentur U-Ditch Pracetak Type 500x500 Dengan Perkuatan CFRP (Kode paper : <b>Paper_(S-05)</b> ) <i>Rudy Djamaluddin, Rita Irmawaty, Datmur</i>	33 - 40
Perilaku Lentur Balok Beton Bertulangan Rangka (Kode paper : <b>Paper_(S-06)</b> ) <i>Pieter Lourens Frans, Herman Parung, Rudy Djamaluddin dan Rita Irmawaty</i>	41 - 48
Optimalisasi Superplasticizer Masterglenium SKY 8614 Dengan Bahan Tambah Fly Ash, Slag Baja, dan Silica Fume Untuk Beton Mutu Tinggi (Kode paper : <b>Paper_(S-07)</b> ) <i>Erika Listyawan Ardiansyah, Gradia Olfactra Ilokana, Muhammad Fajrul Falah, Muhammad Ujjianto</i>	49 - 55
Analisis Gaya Dalam dan Simpangan Antar Lantai Gedung Asimetris Tahan Gempa Dengan Variasi Dilatasi (Studi Kasus: Bangunan Gedung Bookstore Ull) (Kode paper : <b>Paper_(S-08)</b> ) <i>Yunalia Muntafi, Muhammad Rizky Haridio Putra</i>	56 - 63
Pengaruh GFRP Terhadap Kapasitas Lentur Sebagai Perkuatan Pada Balok Beton Bertulang Pasca Tulangan Meleleh (Kode paper : <b>Paper_(S-09)</b> ) <i>Hidayat Machmud, M.W. Tjaronge, Rudy Djamaluddin dan Rita Irmawaty</i>	70 - 71
The Usage of Molasses in Crocrete Mix Design to Increase Compressive Strength (Kode paper : <b>Paper_(S-10)</b> ) <i>Basuki, Abdul Rochman, Taufik Dwi Tyas Hartanto</i>	72 - 78
Studi Karakteristik Mekanik Komposit Kayu Randu Bermatrik Asam Sitrat (Kode paper : <b>Paper_(S-11)</b> ) <i>Much Suranto, Mochamad Solikin, Sri Sunarjono</i>	79 - 85
Tinjauan Kuattekan Beton Dengan Penambahan Limbah Gypsum Dengan Menggunakan Agregat Halus Abu Bata (Kode paper : <b>Paper_(S-12)</b> ) <i>Aliem Sudjarmiko, Ardhi R S</i>	86 - 96

Perkuatan Struktur Dengan Variasi Dinding Geser Terhadap Reduksi Gaya Gempa Untuk Deteksi  
Bencana Gempa (Kode paper : **Paper\_(S-13)**) 97 - 109  
*Moh Fahri Afandi, Anwar Dolu*

Perilaku Retak Balok Beton Bertulang Pasca Retak Dengan Perkuatan Lembar GFRP 110 - 116  
(Kode paper : **Paper\_(S-14)**)  
*Muhammad Idris, Herman Parung, Rudy Djamaluddin, Nasruddin*

### **Kelompok Paper Teknik Sipil Transportasi**

Pengaruh Komposisi Lalulintas Terhadap Penetapan Nilai Ekuivalen Mobil Penumpang Dan  
Kinerja Jalan Perkotaan (Kode paper : **Paper\_(T-01)**) 117 - 123  
*Horas Saut Maringan Marpaung*

Model Pemilihan Strategi Sistem Smart Transportasi Berdasarkan Perspektif Keselamatan  
Transportasi Guna Peningkatan Penggunaan Angkutan Umum di Wilayah Penyangga 124 - 131  
(Kode paper : **Paper\_(T-02)**)  
*Doddy Ari Suryanto, Sakti A. Adisasmita, Sumarni Hamid, Muralia Hustim*

Analisis Perilaku Pergerakan Sepeda Motor Pada Simpang Bersinyal Dengan Perlintasan Kereta  
Api (Kode paper : **Paper\_(T-03)**) 132 - 138  
*Tomu Tristono, Setiyo Daru Cahyono, Sutomo, Pradityo Utomo, Senoaji*

Kajian Perpindahan Moda (Mode Shifting) Dari Pengguna Kendaraan Pribadi ke Kendaraan  
Umum (Studi Kasus: Kota Bandung) (Kode paper : **Paper\_(T-04)**) 139 - 146  
*Tilaka Wasanta*

Model Pemilihan Moda Transportasi di Pasar Hewan Desa Purworejo Nogosari 147 - 156  
(Kode paper : **Paper\_(T-05)**)  
*Dhiyan Kartika Dewi, Nurul Hidayati, Gotot Slamet Mulyono*

Desain Kebutuhan Armada, Penetapan Tarif Dengan Sistem Pengelolaan Manajemen Terpadu  
Bus Patas AC Jurusan Surakarta – Yogyakarta (Kode paper : **Paper\_(T-06)**) 157 - 165  
*Suwardi*

Analisis Kebutuhan Ruang Parkir dan Sistem Pentarifan Di Pusat Perbelanjaan Kota Samarinda  
(Studi Kasus: Mall Mesra Indah Samarinda) (Kode paper : **Paper\_(T-07)**) 166 - 172  
*Triana Sharly Permaisuri Arifin*

Faktor-faktor Yang Mempengaruhi Efisiensi Dwelling Time di Terminal Petikemas 173 - 179  
(Kode paper : **Paper\_(T-08)**)  
*Henny Haerany, Sakti Adji Adisasmita, Mislih Idrus<sup>3</sup>, Sumarni Hamid Aly*

### **Kelompok Paper Teknik Sipil Geoteknik**

Perencanaan Perkuatan Timbunan jalan Kereta Api *Double Track* Ruas Paron-Madiun 180 - 186  
Km 169 +700 s/d 171+700 (Kode paper : **Paper\_(G-01)**)  
*Suwarno*

Aktivasi Resin damar Dan Oksida Besi Pada Kapur Kalsinasi Untuk Stabilisasi tanah 187 - 194  
Lunak (Kode paper : **Paper\_(G-02)**)  
*Sofwan, Lawalenna Samang, Tri Harianto, dan Achmad Bakri Muhiddin*

---

Simulasi Mud Vulcano Di Desa Napan Nus Tenggara Timur Menggunakan Program FLO-2D dan RAMMS (Kode paper : <b>Paper_(G-03)</b> ) <i>Budijanto Widjaja, Ignatius Roland Dewanto</i>	195- 200
Interprestasi data Geolistrik Dalam Penentuan Keberadaan Rongga Pada daerah Abutmen dan Pier (Kode paper : <b>Paper_(G-04)</b> ) <i>St. Hijraini Nur , Tri Harianto</i>	201 - 209
Evaluasi Struktur Dinding Penahan Dengan Perkuatan Tiang Pancang (Studi Kasus Dinding Penahan Embung Pilangbango Kota Madiun Jawa Timur) (Kode paper : <b>Paper_(G-05)</b> ) <i>Rendi Gusta W., Niken Silmi, Mamok Suprpto</i>	210 - 216
Studi Awal Kasus Kelongsoran di Kabupaten Purworejo (Kode paper : <b>Paper_(G-06)</b> ) <i>Rokhmat Hidayat, Gayuh Aji Prasetyaningtyas, Agus Muntohar</i>	217 - 224
Stabilisasi Tanah Lempung Sukodono Sragen Menggunakan Garam Dapur Terhadap Nilai Parameter Konsolidasi (Kode paper : <b>Paper_(G-07)</b> ) <i>Agus Susanto, Qunik Wiqoyah, Renaningsih, Anto Budi Listyawan, Sri Endah Mujiwati</i>	225 - 231
Karakteristik Cyclic Threshold Pada Clean Sand Akibat Beban Siklik (Kode paper : <b>Paper_(G-08)</b> ) <i>Rini Kusumawardani, Untoro Nugroho, Lashari, Ihab Amanullah, Barokat Zainul A</i>	232 - 238

### **Kelompok Paper Teknik Sipil Hidro**

Pengembangan Model Hidrologi Runtun Waktu Untuk Peramalan Debit Aliran Sungai Menggunakan Metode Gabungan Self Organizing Maps –Artificial Neural Network (SOM-ANN) Sebagai Input Data Pengembangan Sistem Deteksi Dini Banjir Sungai Siak (Kode paper : <b>Paper_(H-01)</b> ) <i>Imam Suprayogi, Manyuk Fauzi, Suwondo Yenita Morena, Muhammad Idraq Ibnuts Tsauri</i>	239 - 250
Analisis Pencemaran Air Sumur di Daerah Berteras Bantaran Sungai Code Yogyakarta (Kode paper : <b>Paper_(H-02)</b> ) <i>Edy Sriyono, Sardi dan Nindy Cahyo Kresnanto</i>	251 - 259
Aliran Debris Pada Gunung Api Tipe C dan Mitigasinya, Studi Kasus: Lebong Selatan, Bengkulu (Kode paper : <b>Paper_(H-03)</b> ) <i>Rokhmat Hidayat, Thema Arrisaldi</i>	260 – 267
Penilaian Skala Prioritas Perbaikan Kinerja Jaringan Drainase (Studi Kasus di Kota Tasikmalaya) (Kode paper : <b>Paper_(H-04)</b> ) <i>Wahyu Sumarno, Mamok Suprpto<sup>2</sup>, Syafi'i</i>	268 - 276
Mitigasi Bencana Kelangkaan Air Melalui Partisipasi Aktif P3A Dalam Pengembangan Jaringan Irigasi Tanah (JIAT) di Sulawesi Tengah (Kode paper : <b>Paper_(H-05)</b> ) <i>Sance Lipu, Triyanti Anasiru, Zeffitni</i>	277 - 281
Analisis Tingkat Kerusakan Bangunan Sabo DAM Sungai Putih Yogyakarta (Kode paper : <b>Paper_(H-06)</b> ) <i>Cahyo Dita Saputro, Setiono Indriawan, Fitri Nugraheni</i>	282 - 290

### **Kelompok Paper Teknik Sipil Lingkungan**

- Studi Potensi Bak Sampah Menggunakan Aplikasi Berbasis Android (*Kode paper : Paper\_(L-01)*) 291 - 297  
*Ismi Nur Syahbiba, Chalid Buhari, Nurina Fitriani, Eddy Setiadi Soedjono*
- Studi Komparatif Sistem Pengelolaan Air Limbah Domestik (GreyWater) Berdasarkan Golongan Perekonomian Rakyat (*Kode paper : Paper\_(L-02)*) 298 - 304  
*Roslinda Ibrahim, Mary Selintung, Baharuddin dan Rita Tahir Lopa*
- Karakteristik Distribusi Tanaman Pada Ruang Terbuka Hijau Bantaran Sungai Karang Mumus Kota Samarinda (*Kode paper : Paper\_(L-03)*) 305 - 312  
*Ritnawati, Muh.Saleh Pallu, Mary Selintung<sup>3</sup> dan Shirly Wunas*
- Model Deteksi Kerentanan Air Tanah Terhadap Intrusi Air Laut di Kota Palu (*Kode paper : Paper\_(L-04)*) 313 - 317  
*Zeffitni, Andi Rusdin*

### **Kelompok Paper Manajemen Konstruksi**

- Analisis Faktor Umur, Pendidikan, dan Pengalaman Terhadap Produktivitas Pekerja Batako di Kota Kupang (*Kode paper : Paper\_(MK-01)*) 318 - 326  
*Sebastianus Baki Henong*

## STUDI AWAL KASUS GERAKAN TANAH DIPICU HUJAN DI PURWOREJO

Rokhmat Hidayat<sup>1\*</sup>, Gayuh Aji Prasetyaningtiyas<sup>2</sup>, Agus Setyo Muntohar<sup>3</sup>

<sup>1,2</sup>Balai Litbang SABO, Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat  
Jalan Sopalan, Maguwoharjo, Sleman, D.I. Yogyakarta

<sup>3</sup>Professor, Laboratorium Geoteknik, Program Studi Teknik Sipil, Universitas Muhammadiyah  
Yogyakarta, Jl. Lingkar Selatan Taman Tirto, Bantul, D.I. Yogyakarta

\*Email: rokmathidayat33@gmail.com

### Abstrak

*Naskah ini menyajikan hasil prediksi kejadian gerakan tanah atau tanah longsor di wilayah Purworejo yang meliputi Kecamatan Purworejo, Loano, dan Kaligesing. Intensitas hujan yang tinggi pada tanggal 19 Juni 2016 dan lereng yang curam merupakan dua faktor yang mempengaruhi gerakan tanah. Untuk itu dilakukan analisis dan simulasi kasus gerakan tanah di Purworejo dengan model TRIGRS (Transient Rainfall Infiltration and Grid-Based Regional Slope-Stability) version 2.0. Wilayah simulasi dibagi dalam tiga zona—Kecamatan Purworejo, Loano dan Kaligesing. Data yang dibutuhkan dalam pemodelan adalah data index properties, engineering properties, digital elevation model (DEM), dan curah hujan. Hasil pemodelan menunjukkan bahwa nilai faktor keamanan di wilayah studi berkisar 0,8 hingga 10. Hasil prediksi kejadian longsor TRIGRS memberikan derajat keakuratan yang baik jika dibandingkan dengan hasil pengamatan di lapangan.*

**Kata kunci:** hujan, faktor keamanan, stabilitas lereng, tanah longsor, TRIGRS

### PENDAHULUAN

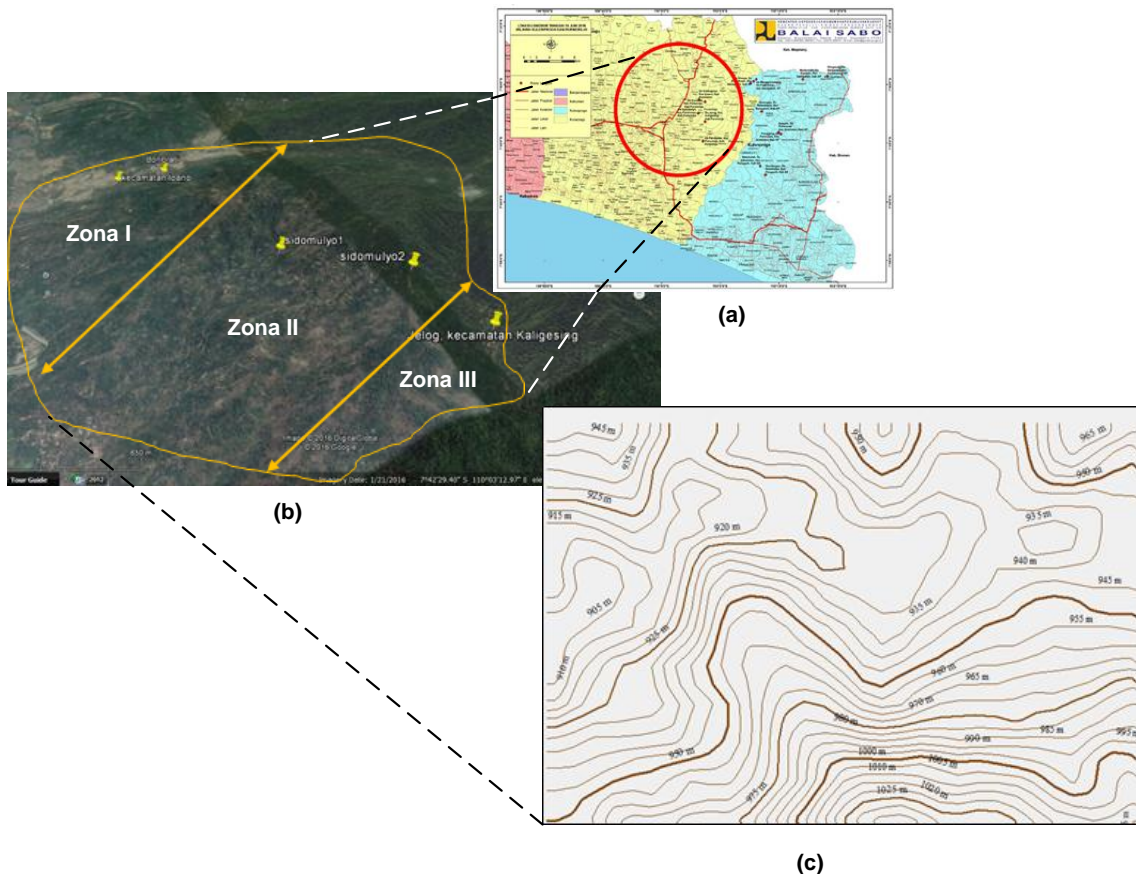
Gerakan tanah yang terjadi pada musim hujan dapat dikategorikan dipicu oleh infiltrasi air hujan. Beberapa penelitian terdahulu menyebutkan bahwa intensitas, pola distribusi, dan durasi hujan sangat mempengaruhi mekanisme keruntuhan lereng disamping faktor-faktor geologi dan geoteknik serta topografi lereng (Muntohar et al., 2013; Xue et al., 2016). Perubahan iklim di Indonesia menyebabkan perubahan pola musim hujan dan intensitas hujan (Bo et al., 2008), sebagai contohnya kejadian gerakan tanah di Purworejo, Jawa Tengah yang terjadi pada 19 Juni 2016. Kelongsoran tersebut menyebabkan kerugian material dan korban jiwa. Intensitas hujan pada Kecamatan Loano untuk tanggal 19 Juni 2016 adalah 328mm sedangkan pada Kecamatan Purworejo sebesar 126 mm. Nilai intensitas hujan tersebut dalam nilai intensitas hujan tinggi. Hujan yang turun menyebabkan kejenuhan tanah bertambah, sehingga massa tanah bertambah dan nilai kuat geser tanah turun. Kemiringan lereng ( $\beta$ ) berpengaruh pada kestabilan lereng dan arah aliran air (Ali et al. 2014). Kemiringan lereng pada Pegunungan Menoreh yang membentang dari Kulonprogo hingga Purworejo rata-rata lebih besar dari 20°, sehingga rentan terhadap gerakan tanah (Kusumayudha and Ciptahening, 2016).

Kajian gerakan tanah yang dipicu hujan dalam wilayah yang luas atau regional merupakan hal yang menarik sebagai usaha prakiraan potensi gerakan tanah yang dipicu hujan. Oleh karena itu perlu adanya kajian mengenai studi awal kasus gerakan tanah di Kabupaten Purworejo. Untuk mengetahui penyebab longsor terutama dilihat dari faktor topografi dan curah hujan, pemodelan numerik dengan menggunakan TRIGRS v2 merupakan salah satu metode yang dapat diterapkan untuk area spasial (Baum et al., 2008). Kemampuan model TRIGRS untuk memprediksi gerakan tanah dangkal akibat hujan dipengaruhi oleh resolusi variasi curah hujan temporal (Chen et al., 2005; Liao et al., 2011), resolusi parameter geoteknik secara spasial (Liao et al., 2011; Park et al., 2013) dan resolusi model elevasi digital (Park et al., 2013).

## METODE PENELITIAN

### Lokasi Penelitian, Kondisi Geologi, Geoteknik, dan Topografi

Lokasi penelitian seperti ditunjukkan pada Gambar 1a yang meliputi Kecamatan Loano, Purworejo dan Kaligesing. Area studi dibagi menjadi tiga zona seperti pada Gambar 1b. Kondisi geologi di lokasi studi umumnya tersusun dari breksi andesit, tuf, tuf lapili, aglomerat, dan sisipan aliran lava andesit dari Formasi Kebobutak (Tmok). Batuan ini umumnya bersifat porus namun sebagian kedap air, kadang ada perlapisan, kompak, mudah melapuk dengan tanah pelapukan yang relatif tebal. Lokasi berada di topografi berbukit dengan kemiringan lereng berkisar 30% seperti disajikan pada Gambar 1c.



**Gambar 1. Lokasi penelitian (a) peta wilayah, (b) pembagian zona analisis, (c) topografi area penelitian**

### Pemodelan TRIGRS

TRIGRS merupakan program satu dimensi yang menggunakan pengaruh air hujan dan kemiringan lereng sebagai variabel utama dalam analisis stabilitas lereng. Untuk melakukan simulasi TRIGRS diperlukan beberapa variabel masukan seperti disajikan pada Tabel 1. Tahap awal dari pemodelan TRIGRS adalah melakukan analisis data topografi berupa data ketinggian dan arah lereng dengan menggunakan program TopoIndex (Baum, 2002), untuk menghasilkan perhitungan arah aliran permukaan yang digunakan dalam pemodelan kestabilan lereng.

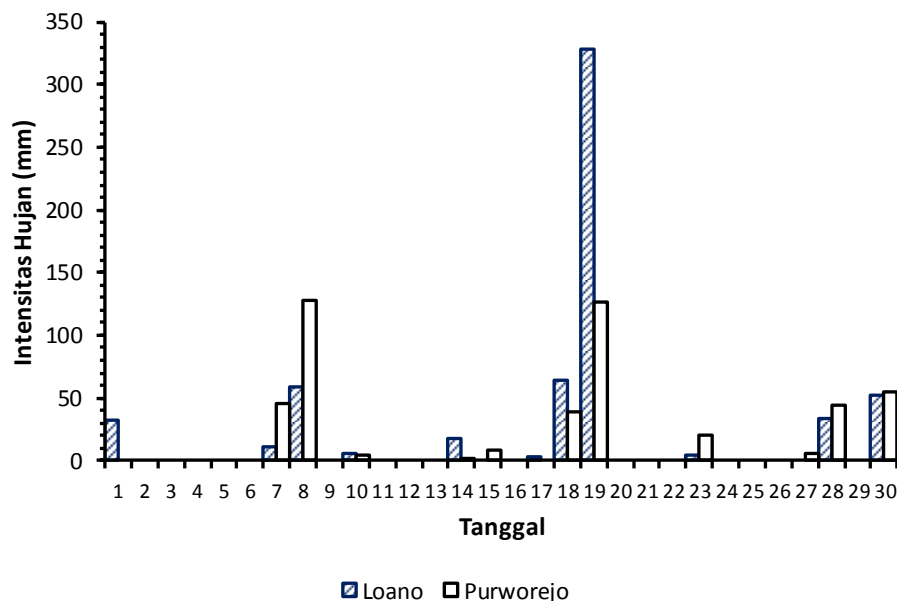
Rekaman curah hujan harian di lokasi penelitian ditunjukkan pada Gambar 2. Pada model TRIGRS, intensitas hujan di permukaan lereng dimodelkan sebagai *flux* infiltrasi. Model infiltrasi air hujan dimodelkan dengan persamaan Richard yang diselesaikan dengan penyelesaian linear sebagaimana diusulkan oleh Iverson (2000). Tekanan air pori yang dibangkitkan (*transient pore water pressure*) oleh infiltrasi air ditentukan dengan persamaan (1) yang diberikan dalam Baum et al. (2008). Perubahan tekanan air pori terhadap waktu dan kedalaman pada setiap titik



spasial, akan digunakan dalam penghitungan faktor keamanan (*factor of safety, FS*) lereng (Persamaan 3). Pemodelan TRIGRS version 2.0 memungkinkan untuk menganalisis area dalam beberap zona. Dalam penelitian ini ada tiga faktor pertimbangan untuk membagi area menjadi zona, yaitu rekaman hujan, arah kemiringan lereng, dan variasi data geoteknik dan geologi area. Zonasi analisis seperti ditunjukkan pada Gambar 1b. Secara lebih rinci tentang teori dari model TRIGRS seperti dituliskan oleh Baum et al. (2008).

**Tabel 1. Variabel masukan dalam TRIGRS**

Variabel	Satuan	Nilai pada zona1/2/3
Kohesi ( $c$ )	$N/m^2$	0,2/0,2/0,2
Sudut geser dalam ( $\phi$ )	$^\circ$	20/30/30
Berat volume air ( $\gamma_w$ )	$N/m^3$	9800
Koefisien permeabilitas tanah, $k_s$ (m/s)	m/s	$4 \times 10^{-7}$
Berat volume tanah ( $\gamma_b$ )	$N/m^3$	16000/14000/17000
Kadar air volumetrik ( $\theta_s$ dan $\theta_r$ )	-	0,47 dan 0,095/0,59 dan 0,095
$\alpha_1$	-	-8
Intensitas hujan (nper)	m/s	$3,796 \times 10^{-3}$
Periode waktu capt (n)	s	0-86.400
$Z_{max}$	m	-3
Kedalaman muka air tanah, $d_{wt}$	m	-2.5



**Gambar 2. Rekaman hujan harian di lokasi penelitian Kecamatan Loano dan Purworejo**

$$\begin{aligned}
 \phi(Z, t) = & [Z - d]\beta \\
 & + 2 \sum_{n=1}^N \frac{I_n Z}{K_Z} \left[ H(t - t_n) [D_1(t - t_n)]^{\frac{1}{2}} \operatorname{ierfc} \left[ \frac{Z}{2[D_1(t - t_n)]^{\frac{1}{2}}} \right] \right] \\
 & - 2 \sum_{n=1}^N \frac{I_n Z}{K_Z} \left[ H(t - t_{n+1}) [D_1(t - t_{n+1})]^{\frac{1}{2}} \operatorname{ierfc} \left[ \frac{Z}{2[D_1(t - t_{n+1})]^{\frac{1}{2}}} \right] \right]
 \end{aligned} \tag{1}$$

dengan,  $\phi(Z, t)$  adalah tinggi tekanan air pori tanah pada waktu  $t$  dan kedalaman  $Z$  (dimana bernilai positif pada arah ke bawah).  $Z = z/\cos \alpha$ , dengan  $z$  adalah tegak lurus terhadap kemiringan lereng  $\alpha$ ;  $\alpha$  adalah kemiringan lereng;  $d$  adalah kedalaman muka air tanah pada arah- $z$ ;  $\beta = \epsilon \cos \alpha$ , dimana  $\epsilon = \cos \alpha - [I_z/K_z]_{LT}$ ;  $K_z$  adalah koefisien permeabilitas tanah;  $I_z$  adalah

aliran awal di permukaan pada arah-Z;  $I_{nz}$  adalah aliran permukaan untuk interval waktu ke- $n$ ;  $LT$  berarti jangka panjang (*long term*);  $H(t - t_n)$  adalah fungsi bobot;  $D_1 = D_0 \cos^2 \alpha$ , dimana  $D_0$  adalah difusivitas hidraulik jenuh air;  $D$  adalah jumlah total interval total. Fungsi kesalahan (*error function*)  $ierfc$  diberikan oleh persamaan (2).

$$ierfc(\eta) = \frac{1}{\sqrt{\pi}} \exp(-\eta^2) - \eta erfc(\eta) \quad (2)$$

$$FS = \frac{c}{\gamma_s Z \sin \alpha \cos \alpha} + \frac{\tan \varphi}{\tan \alpha} + \frac{(-\phi \gamma_w) \tan \varphi}{\gamma_s Z \sin \alpha \cos \alpha} \quad (3)$$

dengan  $\varphi$  dan  $c$  masing-masing adalah sudut gesek internal tanah dan kohesi tanah,  $\gamma_s$  adalah berat volume tanah, dan  $\gamma_w$  adalah berat volume air.

### HASIL DAN PEMBAHASAN

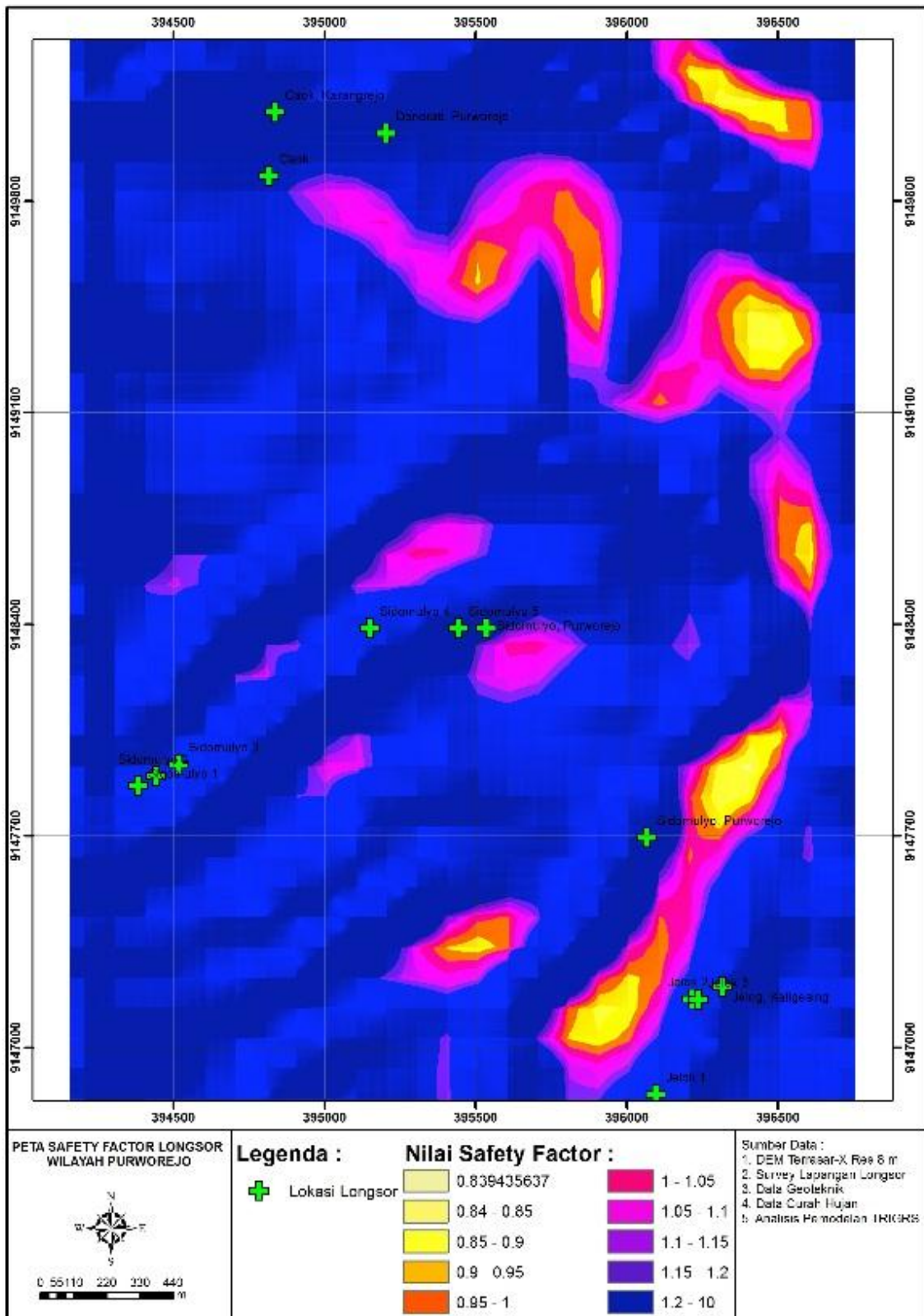
Hasil simulasi numerik dari pemodelan TRIGRS berupa variasi faktor keamanan spasial seperti disajikan pada Gambar 3. Nilai FS pada area studi berkisar 0,83 hingga 10. Bila didasarkan pada pendekatan teori keseimbangan batas (*limit equilibrium*) untuk analisis stabilitas lereng satu atau dua dimensi, maka lereng akan longsor jika memiliki nilai FS < 1. Namun, Ward et al. (1979) menyebutkan bahwa kesalahan (*errornous*) penentuan FS dalam area spasial berkisar 20% hingga 30%, sehingga penentuan potensi longsor pada lereng seperti disajikan pada Tabel 2. Menggunakan klasifikasi pada Tabel 2, maka hasil simulasi TRIGRS menunjukkan bahwa terdapat bagian wilayah yang mengalami potensi longsor yang tinggi. Pada Gambar 3 terlihat bahwa wilayah yang mengalami longsor terutama bagian atas lereng yang curam dengan sudut kemiringan rata-rata lebih besar dari 20°. Selain itu bagian atas lereng biasanya merupakan bagian mahkota longsor yang menjadi sumber gaya dorong pergerakan lereng dari atas lereng. Selain itu rendahnya stabilitas tanah residu hasil dari pelapukan batuan juga menyebabkan hujan mudah masuk ke dalam lapisan tanah dan batuan. Mišćević dan Vlastelica (2014) menyebutkan bahwa pelapukan akan menghasilkan pengurangan kuat geser tanah batuan pada lereng.

**Table 2. Model klasifikasi potensi dan probabilitas gerakan tanah (Ward et al., 1979)**

Klasifikasi	Potensi Longsor FS	Probabilitas Longsor P[FS < 1]
Tinggi	< 1,2	> 60%
Menengah	1,2 - 1,7	30 - 60%
Rendah	> 1,7	< 30%

Gambar 3 juga menampilkan titik-titik kejadian longsor yang diamati di lokasi penelitian. Titik-titik pengamatan longsor tersebut terletak pada area disposisi bahan rombakan longsor di kaki lereng yang dapat berjarak 100 m – 400 m dari puncak longsor. Dengan demikian hasil prediksi dengan model TRIGRS pada penelitian ini dapat disimpulkan memiliki akurasi yang baik. Beberapa penelitian terdahulu seperti Chen et al. (2005), Liao et al. (2011), Park et al, (2013) menyimpulkan bahwa keakuratan prediksi kejadian longsor dari pemodelan TRIGRS dapat mencapai 97% bila radius pengamatan diperpanjang mencapai 120 m. Liao et al. (2011) menjelaskan bahwa perbedaan hasil antara prediksi TRIGRS dan pengamatan longsor dapat dikurangi dengan menggunakan resolusi spasial yang lebih tinggi untuk curah hujan dan data tanah pada zona yang memiliki variasi geomorfologi tinggi. Sedangkan menurut Viet et al. (2016)

topografi dan DEM memberikan pengaruh terhadap hasil prediksi TRIGRS. Penggunaan grid berukuran yang lebih kecil yaitu 10 m – 15 m akan memberikan hasil prediksi yang lebih baik.



Gambar 3. Sebaran faktor keamanan lereng di Kecamatan Loano, Purworejo, dan Kaligesing.

## KESIMPULAN

Simulasi gerakan tanah yang dipicu oleh hujan telah dimodelkan dengan menggunakan TRIGRS 2.0 untuk wilayah Kecamatan Purworejo, Loano, dan Kaligesing di Kabupaten Purworejo. Faktor keamanan lereng hasil simulasi berkisar 0,83 hingga 10. Pada area lereng yang lebih tinggi memiliki faktor keamanan yang paling rendah. Hasil prediksi gerakan tanah dari TRIGRS dibandingkan dengan pengamatan di lokasi penelitian, yang menunjukkan bahwa pemodelan yang dilakukan memiliki derajat akurasi yang baik. Oleh Karena itu, pemodelan TRIGRS untuk memprediksi gerakan tanah spasial yang dipicu hujan dapat dikembangkan sebagai model prediksi gerakan tanah untuk peringatan dini.

## DAFTAR PUSTAKA

- Ali, A., Huang, J., Lyamin, A.V., Sloan, S.W., and Cassidy, M.J., 2014, Boundary effects of rainfall-induced landslides, *Computers and Geotechnics*, Vol. 61, 341–354
- Baum, R.L., Savage, W.Z., and Godt, J.W., 2008. TRIGRS—A Fortran Program for Transient Rainfall Infiltration and Grid-Based Regional Slope-Stability Analysis, Version 2.0, Open-File Report 2008–1159, U.S. Geological Survey.
- Bo, M.W., Fabius, M., and Fabius, K., 2008, Impact of Global Warming On Stability Of Natural Slopes, In : J. Locat, D. Perret, D. Turmel, D. Demers, S. Leroueil (Eds.), Proceedings of the 4th Canadian Conference on Geohazards : From Causes to Management. Presse de l'Université Laval, Québec, 594 p.
- Chen, C.Y., Chen, T.C., Yu, F. C., and Lin, S.C., 2005. Analysis of time-varying rainfall infiltration induced landslide, *Engineering Geology*, Vol. 48, 466–479.
- Iverson, R.M., 2000, Landslide triggering by rain infiltration, *Water Resources Research*, Vol. 36, 1897-1910.
- Kusumayudha, S.B., and Ciptahening, A.N., 2016, Correlation between Tectonic Environment and Characteristics of Mass Movement (Landslides): A Case Study from Java, Indonesia, *Journal of Geological Resource and Engineering*, Vol. 2, 51-62
- Liao, Z., Hong, Y., Kirschbaum, D., Adler, R.F., Gourley, J.J., and Wooten, R., 2011. Evaluation of TRIGRS (Transient Rainfall Infiltration and Grid-Based Regional Slope-Stability Analysis)'s Predictive Skill for Hurricane-Triggered Landslides: A Case Study in Macon County, North Carolina, *Natural Hazards*, Vol. 58, 325–339.
- Miščević, P. and Vlastelica, G., 2014, Impact of Weathering on Slope Stability in Soft Rock Mass, *Journal of Rock Mechanics and Geotechnical Engineering*, Vol. 6, 240-250
- Muntohar, A.S., Ikhsan, J., and Liao, H.J, 2013, Influence of Rainfall Patterns on the Instability of Slopes. *Civil Engineering Dimension*, Vol. 15(2), 120-128
- Park, D.W., Nikhil, N.V., and Lee, S.R., 2013. Landslide and Debris Flow Susceptibility Zonation using TRIGRS for the 2011 Seoul Landslide Event, *Natural Hazards and Earth System Sciences*, Vol. 13, 2833–2849.
- Viet, T.T., Lee, G., Thu, T.M., and An. H.K., 2016, Effect of Digital Elevation Model Resolution on Shallow Landslide Modeling Using TRIGRS, *Natural Hazards Review*, 04016011: 1 – 12
- Ward, T. J.; Li, R. M.; Simons, D.B. 1979. Mathematical Modeling Approach for Delineating Landslide Hazards in Watersheds. In: C.D. Humphrey (ed.), Proceedings of the 17th Annual Engineering Geology and Soils Engineering; 1979 April 4-6; Moscow, 109-142.
- Xue, K., Ajmera, B., Tiwari, B., and Hu, Y., 2016, Effect of Long Duration Rainstorm on Stability of Red-clay Slopes, *Geoenvironmental Disasters*, Vol. 3, 12-26