

EFEKTIFITAS AKAR RUMPUT GAJAH DAN RUMPUT VETIVER TERHADAP PERILAKU KERUNTUHAN TANAH

I Nengah Sinarta^{1,2*}, Putu Aryastana^{1,2}, Kadek Windy Candrayana², I Ketut Agung Sudewa³

¹Program Studi Magister Rekayasa Infrastruktur dan Lingkungan, Universitas Warmadewa, Jl. Terompong No.24, Denpasar

²Program Studi Teknik Sipil, Universitas Warmadewa, Jl. Terompong No.24, Denpasar

³Program Studi Agroteknologi, Universitas Warmadewa, Jl. Terompong No.24, Denpasar

e-mail: inengahsinarta@warmadewa.ac.id

ABSTRAK

Penerapan Bioengineering dengan penanaman rumput sebagai stabilitas lereng lebih efektif mengurangi erosi permukaan dibandingkan dengan pepohonan. Akar tanaman secara signifikan memengaruhi sifat tanah, terutama di tanah di luar area terbatas yang mengelilingi batang akar utama. Beberapa hasil bisa dapat dihasilkan jika sifat plastik tanah hanya digunakan dalam mengevaluasi stabilitas lereng tanpa mempertimbangkan efek akar tanaman. Pengujian efektifitas pengaruh akar terhadap pola keruntuhan tanah dilakukan di laboratorium dengan kombinasi rumput gajah dengan rumput vetiver. Penelitian ini, efek akar terhadap karakteristik elastis-plastik blok tanah vulkanik dengan akar diperiksa dengan model elastis-plastik dari kemiringan kurva yang berbeda dengan c dan ϕ diperoleh melalui uji triaksial tak terdrainase terkonsolidasi (CU) menggunakan tanah vulkanik yang dibentuk ulang. Tanah dengan akar vetiver dan rumput gajah didapat kohesi (c) sebesar 0,25 kg/cm² dengan sudut geser (ϕ) sebesar 31,89° dan kohesi efektif (c') sebesar 0,65 kg/cm² dengan sudut geser efektifnya (ϕ') sebesar 34,82°, dibandingkan tanah tanpa akar nilai dimana sudut gesek dalam naik sebesar 9,1% dan kohesi efektif naik sebesar 225%. Kekuatan geser tanah vulkanik sangat bergantung pada tegangan utama, yang dapat digunakan untuk menggambarkan kekuatan blok tanah elastoplastik. Kegagalan tanah vulkanik dengan akar rumput terjadi tegangan utama maksimum dapat dianggap sebagai tegangan batas berada di antara 420 kPa – 300 kPa.

Kata kunci: Tanah Vulkanik, Bio-engineering, elastis-plastis, Triaksial CU.

1. PENDAHULUAN

Indonesia merupakan salah satu negara dengan aktivitas vulkanik tertinggi di dunia, dengan wilayah yang banyak didominasi oleh tanah vulkanik. Tanah vulkanik memiliki sifat unik, seperti kepadatan rendah, porositas tinggi, dan permeabilitas besar, yang memberikan keuntungan agrikultural namun juga menjadi tantangan dalam hal stabilitas lereng (Sinarta et al., 2021). Sifat tanah yang mudah jenuh oleh air dan rentan terhadap deformasi menjadi faktor utama dalam banyak kejadian longsor di daerah perbukitan dan pegunungan yang berpotensi vulkanik (Pelascini et al., 2022).

Curah hujan yang tinggi seringkali memicu longsor di daerah bertanah vulkanik, terutama ketika kejenuhan air meningkatkan tekanan pori dalam tanah, mengurangi kekuatan geser, dan memperbesar kemungkinan terjadinya longsor (I N Sinarta et al., 2021) (Sudani & Patil, 2023). Selain itu, gempa bumi yang sering terjadi di wilayah-wilayah vulkanik aktif juga menjadi faktor pemicu longsor yang signifikan, terutama di lereng-lereng yang sudah mendekati ambang stabilitas (Havenith et al., 2016). Kombinasi dari gempa bumi dan kejenuhan air dalam tanah dapat menyebabkan penurunan stabilitas lereng secara drastis, yang dapat mengakibatkan longsor besar dengan dampak yang luas (Towhata, 2022).

Khusus di Kabupaten Bangli data Pusdalop BPBD Provinsi Bali tahun 2020, telah terjadi 27 kali bencana longsor atau sekitar 16,26% dari seluruh kejadian gerakan tanah di Pulau Bali (Pusdalop BPBD Provinsi Bali, 2020). Ancaman bencana tanah longsor ancaman tinggi sebesar 11% dan sangat tinggi 9%, dengan paparan sangat tinggi 4216 ha, dusun rawan paparan yaitu Desa Trunyan, Desa Abang Batudinding dan Desa Buah dan terjadi pada musim hujan (Sinarta et al., 2021). Potensi longsor bahan rombakan (debris flow) sangat tinggi di Dusun Dukuh, Desa Abang Batudinding yang berpenduduk 221 KK adalah dusun terpencil yang berada di Kaldera Gunung Batur, terletak di lereng Gunung Abang dengan vegetasi rendah yang setiap musim hujan selalu mengalami longsor bahan rombakan (debris flow) (Sinarta et al., 2017) (I. Nengah Sinarta et al., 2023). Berdasarkan peta hasil dari penelitian dasar ristekbrin 2019-2020 dimana luas genangan sebesar 49.830m², volume 98,639m³/dt, jangkauan lembah sungai mencapai 49,5m dan tebal sedimen 1-1,5m (Sinarta & Wahyuni, 2022).

Penelitian terdahulu sudah banyak yang menganalisis lereng dengan memodelkan rumput *vetiver* dengan pendekatan *Equivalent cohesion approach* dan *Root as pile approach* sebagai bentuk penanganan longsor dengan konsep Bioengineering (Nengah Sinarta et al., 2023). Penelitian ini akan mencaoba pendekatan lainnya dalam menganalisis lereng dengan kombinasi akar rumput gajah dan rumput *vetiver*. Metode yang digunakan untuk penelitian ini yaitu dengan melakukan pengujian Triaxial CU (*Consolidated Undrained*) terhadap tanah vulkanik sampel terganggu (Li

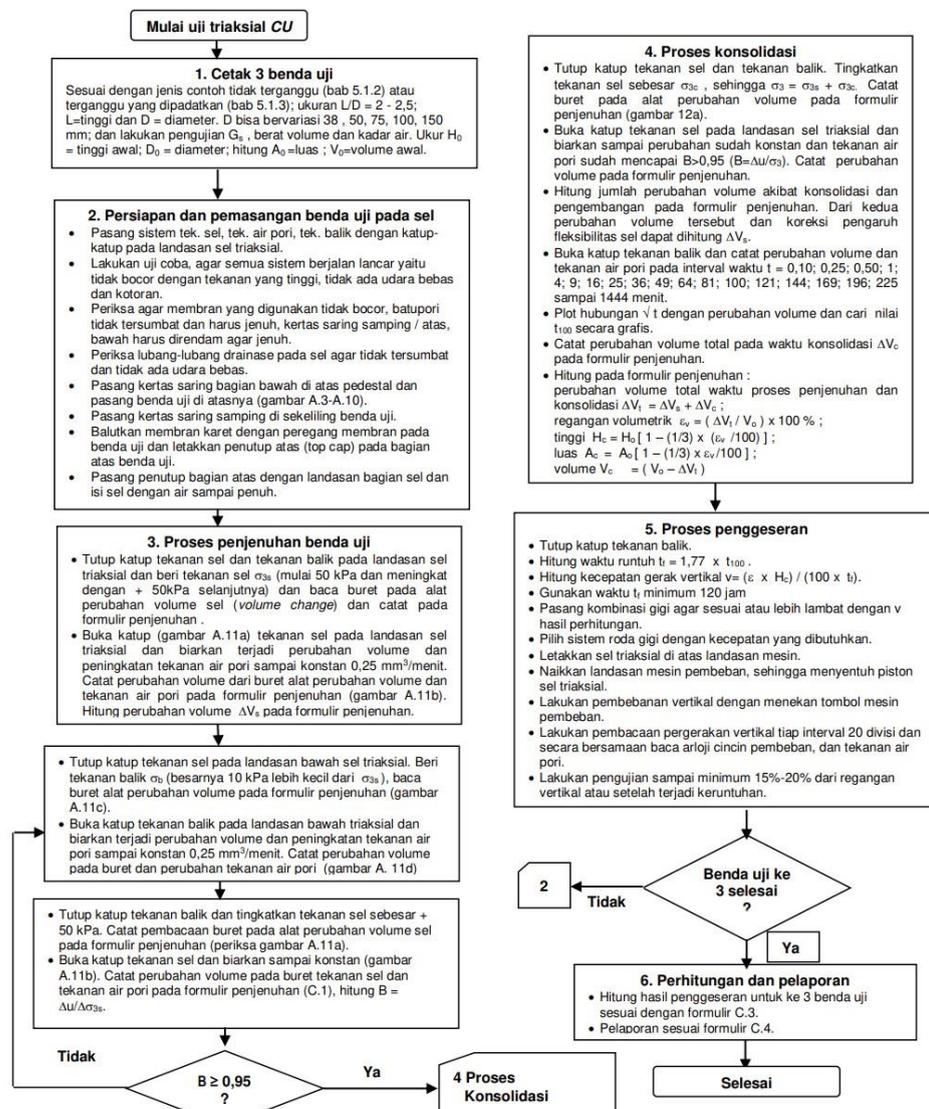
et al., 2017). Model pertama tanah Vulkanik akan di-remoulded untuk mendapatkan properties tanah tanpa akar, model kedua tanah Vulkanik akan di- remoulded dengan akar rumput vetiver dan rumput gajah dengan akar pada tanah sebanyak 1% dengan komposisi 67% akar rumput Vetiver dan 33% akar rumput gajah. Karakteristik visual akar rumput vetiver lebih besar dan panjang, sedangkan rumput gajah memiliki akar serabut(Hoque et al., 2022).

Penelitian ini akan menjadi penting dalam penyelesaian tanah vulkanik dengan tanaman rumput vetiver dan rumput gajah yang ada pada permukaan lereng. Hasil laboratoium akan menunjukkan nilai kohesi (c') dan sudut geser (ϕ') yang menggambarkan kekuatan blok tanah elastoplastik dalam menahan gaya yang terjadi baik akibat berat sendiri, infiltrasi air hujan dan juga beban *seismic* yang dapat terjadi (Qi et al., 2022) (Pronoto et al., 2021). Nilai ini dapat menjadi acuan properties tanah untuk simulasi numeris kestabilan lereng akibat perkuatan akar kombinasi vetiver dan rumput gajah.

2. TINJAUAN PUSTAKA

Uji Triaxial CU

Standar ini menetapkan cara uji triaksial untuk tanah dalam keadaan terkonsolidasi tidak terdrainase (CU) dan terkonsolidasi terdrainase (CD), untuk memperoleh kuat geser (ϕ'), kohesi (c') dan hubungan antara tegangan dan regangan benda uji tanah tidak terganggu atau benda uji tanah terganggu. Prosedur pengujian Triaxial CU dapat dilihat pada gambar 1. Yang didapat dari SNI 03-2455-2004 Cara Uji Triaksial untuk Tanah dalam Keadaan Terkonsolidasi Tidak Terdrainase (CU) dan Terkonsolidasi Terdrainase (CD) (Islam et al., 2013).



Gambar 1. Bagan alir cara uji triaksial consolidated undrained (CU)

Karakteristik Rumput Gajah dan Rumput Vetiver

Rumput gajah memiliki akar serabut, dimana akar tanaman hanya mencapai lapisan top soil tanah, sehingga dapat yang tumbuh pada buku-buku dari batang yang merayap di bagian permukaan tanah (Li et al., 2017). Hasil pengukuran untuk rumput gajah umur 1 bulan akar serabutnya menjangkau kedalaman tanah mencapai 20 cm, sedangkan rumput vetiver mampu masuk kedalam tanah mencapai 40-45 cm seperti terlihat pada gambar 1.



Gambar 2. Perbedaan akar Rumput Gajah dan Rumput vetiver

Gambar 2 menunjukkan bagian akar rumput gajah merayap secara horisontal sangat cepat yang membentuk jalinan di permukaan tanah sehingga menutup tanah, kondisi tersebut pada penelitian dilakukan jarak tanam rumput gajah adalah 40 cm x 40 cm. Rumput vetiver dengan jumlah daun yang minim cenderung bergerak kebawah sehingga sangat sulit di cabut.

3. METODE PENELITIAN

Metode yang digunakan pada penelitian ini yaitu dengan Pengujian laboratorium Triaxial pada Laboratorium Mekanika Tanah, Fakultas Teknik dan Perencanaan Univeristas Warmadewa. Sampel tanah vulkanik menggunakan sampel tanah terganggu (*Disturb Sampel/DS*) yang diambil dari kaki bukit Gunung Abang. Pengujian dilakukan terhadap 2 model *re-moulded*, tanpa pengaruh akar vetiver dan rumput gajah dan dengan kombinasi akar rumput vetiver dan rumput gajah. Sampel tanah vulkanik dari Dusun Dukuh, Abang Batudinding yang telah diuji propertis tanahnya, selanjutnya dilakukan pengujian triaksial sesuai standar Triaxial CU dan CD dilakukan pengujian yang sesuai dengan aturan ASTM D 4767 dan ASTM D7181. Uji ini dilakukan 3 tahapan penting yaitu tahap jenuh (*saturated*), tahap konsolidasi dan tahap penggeseran dengan alat. Tahap penjenuhan ini dilakukan agar tanah tidak ada tambahan penotor dalam hal ini penjenuhan hingga 100% (tidak ada air yang mengalir di dalamnya), tahap konsolidasi dilakukan untuk memadatkan tanah yang telah selesai tahap penjenuhan dan setelah itu dilakukan uji penggeseran. Tanah yang akan diuji triaksial terlebih dahulu dipadatkan pada kondisi berat isi kering maksimum dan kemudian dibuat juga contoh tanah pada kondisi 98% lebih kering dan lebih basah dari berat isi kering maksimum. Contoh tanah kemudian dicetak menjadi contoh tanah untuk diuji pada alat uji triaksial MBT No seri SO-600. Cetakan benda uji digunakan cetakan diameter 3 cm dan tinggi 7.5 cm.



a. Pengujian Triaxial CU

b. Sampel akar

Gambar 3. Alat dan Sampel

Sampel tanah diambil dari sampel terganggu atau *remoulded sampel* (Hoque et al., 2022). Dari tanah vulkanik Gunung Abang. Sampel dibuat dengan 2 model, model pertama sampel di-*remoulded* tanpa pengaruh akar, dan yang kedua sampel di-*remoulded* dengan penggabungan dengan sampel akar Vetiver dan sampel akar Rumpus Gajah.



a. Persiapan sampel akar



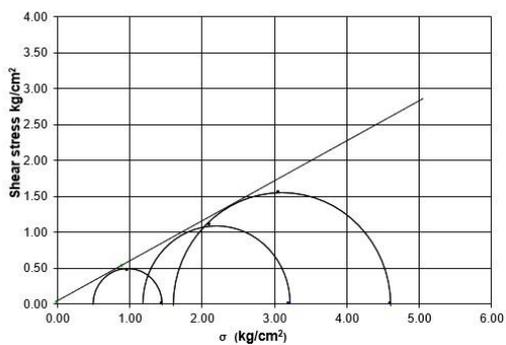
b. Penyimpanan sampel

Gambar 4. Proses pengujian

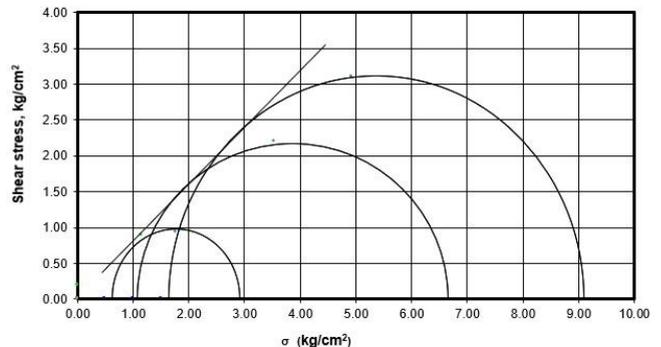
Komposisi sampel rumput ditambahkan sebanyak 1% dari berat sampel tanah, yang komposisi masing – masing akar vetiver adalah 67% dan akar rumput gajah sebanyak 33%. Kemudian sampel disimpan pada Desikator.

4. HASIL

Hasil pengujian Triaxial menunjukkan sampel terganggu tanah vulkanik dan penggabungan dengan akar veiver dan rumput gajah. Nilai-nilai tegangan-tegangan deviator dalam pengujian triaxial CU diperlihatkan pada Gambar 5 dan Gambar 6. Pada sampel tanah tanpa akar kohesi (c) yang didapat sebesar $0,10 \text{ kg/cm}^2$ dengan sudut geser (ϕ) sebesar $29,54^\circ$ dan kohesi efektif (c') sebesar $0,20 \text{ kg/cm}^2$ dengan sudut geser efektifnya (ϕ') sebesar $31,44^\circ$.

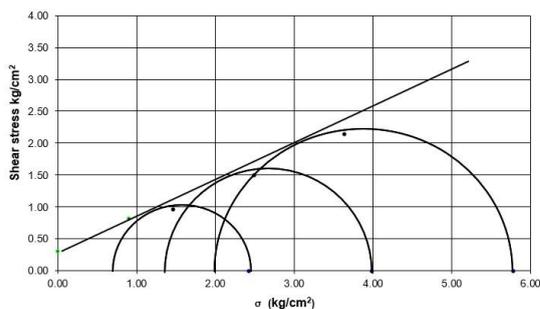


(a) Grafik Keruntuhan Mohr Total

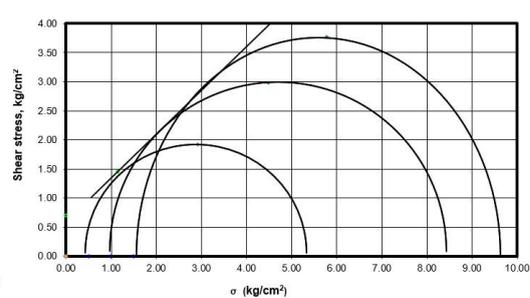


(b) Grafik Keruntuhan Mohr efektif

Gambar 5. Grafik keruntuhan Mohr hasil pengujian Triaxial CU pada tanah tanpa akar



(a) Grafik Keruntuhan Mohr Total



(b) Grafik Keruntuhan Mohr efektif

Gambar 6. Grafik keruntuhan Mohr hasil pengujian Triaxial CU pada tanah dengan akar

Hasil pengujian triaxial CU (Consolidated Undrained) menunjukkan kohesi dan sudut geser dalam mengalami peningkatan nilai pada sampel dengan tambahan akar vetiver dan rumput gajah. Hasil awal ini menunjukkan bahwa akar rumput vetiver dan rumput gajah cukup baik dalam menahan gaya geser yang diterima oleh tanah. Pada sampel tanah dengan akar vetiver dan rumput gajah didapat kohesi (c) sebesar $0,25 \text{ kg/cm}^2$ dengan sudut geser (ϕ) sebesar $31,89^\circ$ dan kohesi efektif (c') sebesar $0,65 \text{ kg/cm}^2$ dengan sudut geser efektifnya (ϕ') sebesar $34,82^\circ$. Perbandingan dengan tanpa akar dapat di lihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Hasil Perbandingan Pengujian Triaxial CU Tanah Vulkanik (*Bare Soil*)

Jenis Sampel	c (kg/m^2)	ϕ ($^\circ$)	c' (kg/m^2)	ϕ' ($^\circ$)
Tanah Vulkanik (<i>Bare Soil</i>)	0,10	29,54	0,20	31,44
Tanah Vulkanik (<i>Rooted Soil</i>)	0,25	31,89	0,65	34,82

Hasil menunjukkan dengan akar rumput vetiver dan rumput gajah (*rooted soil*) mengalami peningkatan nilai kohesi dan sudut geser dari sampel tanah vulkanik(*bare soil*). Nilai kenaikan akibat pengaruh tanah vulkanik yang relatif gembur di permukaan terikat oleh akar vegetasi. Hasil ini juga, dapat dibandingkan dengan penelitian terdahulu oleh (Badhon et al., 2021) yang menguji sampel tanah pasir dan clay (*bare soil*) dan kombinasi akar rumput vetiver (*rooted soil*).

Hasil pengujian triaxial CU menunjukkan kohesi dan sudut gesek dalam mengalami peningkatan nilai pada sampel dengan tambahan akar vetiver dan rumput gajah. Kekuatan gesek tanah vulkanik sangat bergantung pada tegangan utama, yang dapat digunakan untuk menggambarkan kekuatan blok tanah elastoplastik. Kegagalan tanah vulkanik dengan akar rumput terjadi tegangan utama maksimum dapat dianggap sebagai tegangan batas berada di sekitar 420 kPa. Kegagalan terjadi karena akar melemahkan gaya kohesif tetapi meningkatkan sudut gesek tanah karena kekuatan elastisnya, akar menurunkan kekuatan elastis-plastik blok tanah-akar dan semakin besar jumlah akar, semakin rentan tanah-akar mengalami deformasi plastik. Ketahanan deformasi tanah meningkat ketika akar berdiameter lebih besar ada di dalam tanah. Jadi, Perhitungan faktor keamanan lereng bervegetasi, tanpa mempertimbangkan efek akar lebih besar daripada faktor keamanan yang memperhitungkan efek akar.

Pengaruh sifat tanah yang terhadap perhitungan stabilitas lereng ditunjukkan sifat tanah γ , c , ϕ , c' dan ϕ' yang digunakan dalam perhitungan adalah nilai rata-rata, nilai ini berpengaruh terhadap faktor keamanan lereng. Penambahan vegetasi khususnya kombinasi rumput gajah dan rumput vetiver secara bertahap meningkat seiring dengan berfungsinya akar khususnya kondisi efektif. Rumput gajah dengan daun dan batang yang tumbuh cepat dan lebat, sehingga menutupi permukaan tanah secara efektif yang berfungsi untuk melindungi tanah dari tetesan air hujan yang langsung menghantam permukaan dan mengurangi laju aliran air di permukaan yang memberikan waktu lebih lama bagi air untuk meresap ke dalam tanah, sedangkan rumput vetiver sistem perakarannya yang dalam mampu meningkatkan infiltrasi air ke dalam tanah, mengurangi risiko air permukaan yang berlebihan yang dapat memicu erosi. Selain itu, infiltrasi yang lebih baik juga membantu meningkatkan cadangan air tanah, yang bermanfaat bagi tanaman lain di sekitarnya.

5. KESIMPULAN

Hasil pengujian menunjukkan efektifitas akar rumput vetiver dan rumput gajah cukup memuaskan. Dengan komposisi akar vetiver 67% dan rumput gajah 33% atau kurang lebih penanaman 2 : 1 menunjukkan tahanan elastisitas yang cukup baik menahan gaya geser dengan selisih kenaikan sudut gesernya yaitu sebesar $2,93^\circ$ dari tanah yang tidak ditanami rumput (*bare soil*) atau sebesar 9,1%, nilai kohesinya tanah vulkanik meningkat sebesar 0.55 kg/cm^2 , atau mencapai 225%. Tanah Vulkanik pada Gunung Abang merupakan tanah lanau kepasiran sehingga memiliki nilai kohesi yang kecil akan meningkat secara signifikan dengan penambahan vegetasi khususnya akar rumput gajah dan rumput vetiver.

Kekuatan geser tanah vulkanik sangat bergantung pada tegangan utama, yang dapat digunakan untuk menggambarkan kekuatan blok tanah elastoplastik. Kegagalan tanah vulkanik dengan akar rumput terjadi tegangan utama maksimum dapat dianggap sebagai tegangan batas berada di antara 420 kPa – 300 kPa. Kegagalan terjadi karena akar melemahkan gaya kohesif tetapi meningkatkan sudut gesek tanah karena kekuatan elastisnya, akar menurunkan kekuatan elastis-plastik tanah dengan akar, dan semakin besar jumlah akar, semakin rentan tanah-akar mengalami deformasi plastik. Hasil ini menunjukkan bahwa kombinasi penanaman rumput vetiver dan rumput gajah merupakan salah satu metode mitigasi bencana *bioengineering* yang cukup efektif untuk mengurangi risiko bencana pada lereng seperti *debris flow* dan juga longsoran.

DAFTAR PUSTAKA

- Badhon, F. F., Islam, M. S., & Islam, M. A. (2021). Contribution of Vetiver Root on the Improvement of Slope Stability. *Indian Geotechnical Journal*, 51(4), 829–840. <https://doi.org/10.1007/s40098-021-00557-0>
- Havenith, H.-B., Torgoev, A., Braun, A., Schlögel, R., & Micu, M. (2016). A new classification of earthquake-induced landslide event sizes based on seismotectonic, topographic, climatic and geologic factors. *Geoenvironmental Disasters*, 3(1), 6. <https://doi.org/10.1186/s40677-016-0041-1>
- Hoque, I. L., Islam, M. S., & Hoque, E. (2022). Effect of vetiver root on triaxial shear strength of a cohesionless soil. *Geomechanics and Geoengineering*, 17(3), 857–871. <https://doi.org/10.1080/17486025.2021.1903089>
- Li, Y., Wang, Y., Wang, Y., & Ma, C. (2017). Effects of root spatial distribution on the elastic-plastic properties of soil-root blocks. *Scientific Reports*, 7(1). <https://doi.org/10.1038/s41598-017-00924-z>
- Nengah Sinarta, I., Aryastana, P., Candrayana, K. W., Ketut, I., & Sudewa, A. (2023). Analisis Reability Pengaruh Vegetasi Rumpuk Gajah Dengan Metode Elemen Hingga Pada Lereng Tanah Vulkanik.
- Pelascini, L., Steer, P., Mouyen, M., & Longuevergne, L. (2022). Finite-hillslope analysis of landslides triggered by excess pore water pressure: the roles of atmospheric pressure and rainfall infiltration during typhoons. *Natural Hazards and Earth System Sciences*, 22(10), 3125–3141. <https://doi.org/10.5194/nhess-22-3125-2022>
- Pronoto, A., Roesyanto, R., & Iskandar, R. (2021). Studi Perbandingan Parameter Kekuatan Geser Triaxial (Cu) Multistage Dengan Singlestage Untuk Tanah Klasifikasi Mh Atau A-7-5(25). *Jurnal Syntax Admiration*, 2(4), 558–568. <https://doi.org/10.46799/jsa.v2i4.210>
- Pusdalop BPBD Provinsi Bali. (2020). *Laporan Kejadian Bencana Provinsi Bali 2010-2019*.
- Sinarta, I. N., Rifa'i, A., Fathani, T., & Wilopo, W. (2017). Slope Stability Assessment Using Trigger Parameters and SINMAP Methods on Tamblingan-Buyan Ancient Mountain Area in Buleleng Regency, Bali. *Geosciences*, 7, 110. <https://doi.org/10.3390/geosciences7040110>
- Sinarta, I. N., Wahyuni, P., & Aryastana, P. (2021). Analysis of discharge and area of the debris flow based on geological structural and rainfall levels in the slopes of Mount Abang, Kintamani. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 1098, 022064. <https://doi.org/10.1088/1757-899X/1098/2/022064>
- Sinarta, I. N., & Wahyuni, P. I. (2022). Analisis Potensi Longsor Rombakan (Debris Flow) dengan Pemodelan Aliran di Lereng Gunung Abang, Kintamani, Bali. In *Media Komunikasi Teknik Sipil* (Vol. 28, Issue 2). <http://137.204.103.162/geoappl/dflowz/dflowz.htm>
- Sudani, P., & Patil, K. A. (2023). Evaluating the significance of saturation in shallow landslide failure: saturated–unsaturated soil perspective. *Multiscale and Multidisciplinary Modeling, Experiments and Design*, 6(4), 591–601. <https://doi.org/10.1007/s41939-023-00175-8>
- Towhata, I. (2022). Earthquake-Induced Landslides and Related Problems. In G. and X. Q. and M. C. Towhata Ikuo and Wang (Ed.), *Coseismic Landslides: Phenomena, Long-Term Effects and Mitigation* (pp. 303–482). Springer Nature Singapore. https://doi.org/10.1007/978-981-19-6597-5_11