

## Perubahan Sudut Stabilitas Lereng Pasir Lepas Akibat Pengaruh Getaran Gempa

Muhammad Zuhdi<sup>1</sup>, Syamsuddin<sup>2</sup>, Bakti Sukrisna<sup>3</sup>, Syahrial Ayub<sup>4</sup>, Muhammad Taufik<sup>5</sup>

<sup>1,4,5</sup> Program Studi Pendidikan Fisika, FKIP, Universitas Mataram, Lombok, Indonesia

<sup>2,3</sup> Program Studi Fisika, FMIPA, Universitas Mataram, Lombok, Indonesia

### Article history

Received: January 25<sup>th</sup>, 2020

Revised: March 2<sup>nd</sup>, 2020

Accepted: April 24<sup>th</sup>, 2020

### \*Corresponding Author:

Muhammad Zuhdi, Program Studi Pendidikan Fisika, FKIP, Universitas Mataram, Lombok, Indonesia.

Email: [mzuhdi@unram.ac.id](mailto:mzuhdi@unram.ac.id)

**Abstract:** Kelerengan pasir lepas sangat tergantung pada koefisien gesek statis antar partikel pasir lepas dan gaya normal yang bekerja pada bidang gelincir antar pasir lepas tersebut. Getaran gempa dapat menurunkan besarnya gaya normal akibat turunnya percepatan sebagai akibat adanya akselerasi dari suatu getaran. Perubahan kelerengan berbanding lurus dengan amplitudo getaran gempa dan juga berbanding lurus dengan frekuensi getaran gempa. Penelitian ini merupakan kajian teoritis yang mencoba menghubungkan antara stabilitas kelerengan pasir lepas akibat adanya perubahan akselerasi sebagai akibat dari getaran gempa bumi. Dari penelitian ini telah didapatkan persamaan yang menghubungkan antara akselerasi getaran arah vertical dan horizontal terhadap sudut stabilitas lereng. Terjadinya longsor di berbagai lereng di pulau Lombok yang terjadi selama gempa Lombok tahun 2018 adalah disebabkan oleh perubahan sudut stabilitas lereng ini.

**Keywords:** sudut stabilitas lereng, getaran gempa

## Pendahuluan

Stabilitas kelerengan permukaan tanah dapat dinyatakan dengan sudut kemiringan tanah tersebut. Semakin landai permukaan tanah tersebut maka semakin sulit untuk terjadinya longsor, dengan kata lain semakin landai suatu permukaan tanah maka tanah tersebut lebih stabil dan tidak mudah terjadi longsor. Stabilitas kelerengan topografi permukaan tanah tergantung pada ada beberapa faktor antara lain koefisien gesek antara partikel pada permukaan tanah, adanya gaya kohesi antarpartikel oleh tegangan permukaan air dan adanya sementasi antar partikel penyusun tanah.

Stabilitas kelerengan pasir lepas biasanya jauh lebih kecil dibandingkan dengan stabilitas kelerengan pasir yang kompak. Stabilitas kelerengan pasir kering juga jauh lebih kecil dibandingkan dengan stabilitas kelerengan pasir lepas yang basah.

Partikel air dalam jumlah yang kecil biasanya dapat meningkatkan gaya ikat antar

partikel material pasir lepas akan tetapi dalam jumlah yang sangat besar partikel air justru akan membuat partikel pasir mengambang di antara partikel air sehingga material penyusun tanah berubah sifat menjadi fluida kental.

Proses semacam ini dapat terjadi pada lereng pegunungan vulkanik yang dapat mengakibatkan terjadinya lahar dingin. Adanya partikel air dalam jumlah yang banyak pada topografi yang datar dapat mengakibatkan terjadinya likuifaksi jika material tanah tersebut dilewati oleh gelombang getaran tanah.

Penelitian ini tidak membahas pengaruh adanya partikel air pada ada pasir lepas tetapi dibatasi hanya pada pasir lepas dalam kondisi kering. Koefisien gesek artikel pasir lepas pada kondisi kering hanya tergantung pada jenis material penyusun pasir tersebut.

Pada kondisi tunak kelerengan topografi pasir lepas dapat diukur dengan mengukur sudut kelerengan topografi tersebut.

Jika pasir tersebut dilalui oleh gelombang getaran gempa bumi maka stabilitas lereng akan berubah sebagai akibat dari penurunan gaya normal yang merupakan komponen gaya penunjang kestabilan lereng.

Saat terjadi gempa bumi koefisien gesekan antar partikel pasir lepas tidak mengalami perubahan, akan tetapi yang mengalami perubahan adalah gaya normal pada material lereng tersebut.

Gempa Lombok yang terjadi secara beruntun yang dimulai pada akhir bulan Juli 2018 hingga akhir tahun 2018, telah menimbulkan banyak korban jiwa dan harta benda. Sebanyak 209 jiwa menjadi korban pada kejadian gempa ini, sedangkan kerusakan bangunan dan infrastruktur diperkirakan mencapai 300 milyar rupiah. Gempa juga telah memicu terjadinya keretakan tanah dan longsor di beberapa tempat di lereng Gunung Rinjani.

Getaran yang terjadi saat gempa bumi sangat berpotensi memicu terjadinya longsor sebagaimana hasil riset yang telah dilakukan para peneliti sebelumnya. Rafice dan Capolongo (2002) membuat model probabilistik dengan menghubungkan parameter seismik serta informasi geologi, geoteknik dan geomorfologi untuk menilai potensi longsor. Ujicoba metode ini di Italia bagian selatan menunjukkan hasil yang baik untuk zonasi daerah rawan longsor. Boomer dan Rodriguez (2002) menggunakan informasi curah hujan dan parameter gempa sebagai variable pemicu longsor. Shou dan Wang (2003) menggunakan data geologi dan uji laboratorium untuk mengetahui mekanisme pemicu longsor Chiufufengershan yang terjadi saat gempa Chi Chi pada tahun 1999. Hasil riset ini menunjukkan bahwa gempa dengan magnitude 3,3 dapat memicu longsor pada daerah yang cukup stabil dengan safety factor 1,77. Mahdavifar dkk. (2006), memetakan longsor yang terjadi disekitar epicenter gempa Avaj yang terjadi pada 22 Juni 2002. Hasil pemetaan menunjukkan bahwa sebagian besar longsor yang terjadi memang berada pada daerah rawan longsor.

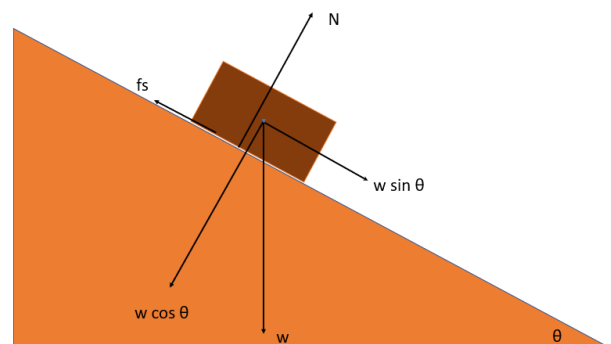
Gempa juga dapat memicu terjadinya likuifaksi pada daerah yang basah dengan

kandungan air tanah yang tinggi. Farid dan Hadi (2008), meneliti daerah rawan likuifaksi di propinsi Bengkulu. Penelitian ini menggunakan metode Horizontal to Vertical Seismic Ratio (HVSr) untuk memetakan daerah rawan likuifaksi. Syamsudin dkk. (2018), juga menggunakan HVSr untuk mendeteksi zona rawan rusak akibat gempa di daerah Tanjung, Lombok Utara. Angga dkk., (2016) melakukan karakterisasi lereng untuk mengetahui potensi longsor dan melakukan upaya mitigasi. Model gesekan coulomb sederhana dipakai dalam penelitian tersebut untuk mengetahui stabilitas lereng.

## Metode

### *Gaya Gesek Statis*

Gaya gesek statis suatu material yang ada pada bidang miring tergantung dari dua faktor yaitu koefisien gesekan antar partikel penyusun zat dan gaya normal pada material zat tersebut.



**Gambar 1** uraian gaya gesek statis gaya berat dan gaya normal

Gambar 1 menunjukkan uraian gaya gesek statis yang tergantung pada ada koefisien gesek statis serta gaya normal yang bekerja pada material.

Besarnya gaya normal tergantung pada berat material dan kelerengan topografi pada material tersebut.

Besarnya gaya gesekan statis dapat dirumuskan sebagai berikut

$$F_s = \mu_s N \quad (1)$$

dengan  $F_s$  adalah gaya gesek statis,  $\mu_s$  adalah koefisien gesekan statis dan  $N$  adalah gaya normal. Gaya normal dapat dituliskan sebagai:

$$N = w \cos \theta \quad (2)$$

dengan  $w$  adalah berat benda. sedangkan  $\theta$  adalah sudut kemiringan lereng dan  $N$  adalah gaya normal.

Gaya yang menyebabkan longsor adalah gaya ke bawah searah bidang yang besarnya:

$$F = w \sin \theta \quad (3)$$

Dari persamaan 1 dan 2 maka gaya gesek statis dapat dituliskan sebagai berikut:

$$F_s = \mu_s w \cos \theta \quad (4)$$

### Stabilitas Lereng

Lereng dikatakan stabil apabila gaya tahan lebih besar dari gaya turun searah bidang. Gaya tahan ini ini tidak lain adalah gaya gesek statis. Jika gaya gesek kecil maka sudut stabilitas kelerengan juga akan semakin kecil. Sudut stabilitas kelerengan dapat dituliskan dengan menggabungkan persamaan 3 dan 4 , sehingga:

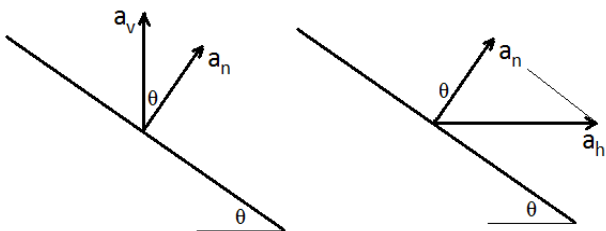
$$F = F_s$$

$$w \sin \theta = \mu_s N \quad (5)$$

$$w \sin \theta = \mu_s w \cos$$

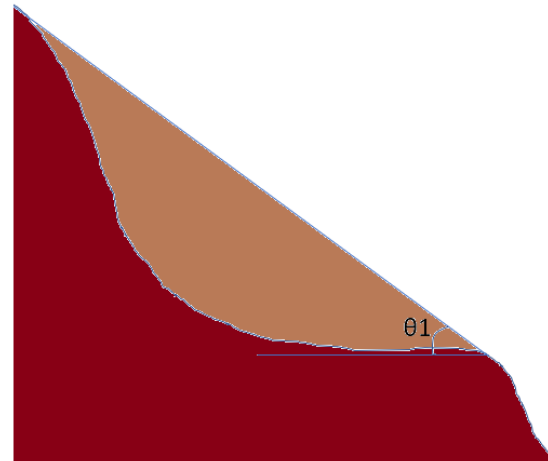
$$\theta = \arctan (\mu_s) \quad (6)$$

Pada saat terjadinya gempa bumi gaya normal akan mengecil dan juga membesar secara periodik sesuai dengan periode getaran gempa. Gelombang gempa bumi memiliki arah getar yang hampir ke segala arah. Arah getaran gempa bumi yang mempengaruhi stabilitas lereng adalah arah getar yang sejajar dengan normal bidang lereng.

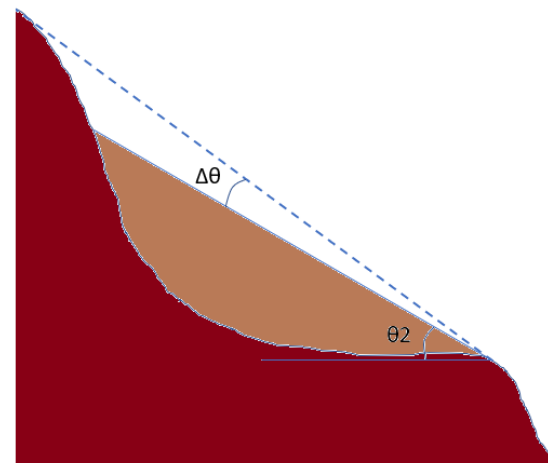


**Gambar 2** Percepatan getaran gempa bumi dengan arah vertikal  $a_v$  dan arah horizontal  $a_h$  proyeksi percepatan getaran gempa bumi pada bidang normal  $a_n$

Pada gambar 2,  $\theta$  menunjukkan sudut kelerengan pasir lepas,  $a_v$  menunjukkan vektor getaran gempa bumi yang dengan arah vertical, sedangkan  $a_h$  berarah horizontal sedangkan Proyeksi getaran gempa bumi tersebut dengan  $a_n$  adalah komponen percepatan yang searah dengan vektor normal bidang.



( a )



( b )

**Gambar 3** (a) stabilitas lereng pada kondisi tunak (b) stabilitas lereng pada saat terjadinya gempa

Perubahan gaya normal akibat adanya getaran gempa bumi terjadi secara periodik dengan periode sesuai dengan periode getaran gempa bumi. Penurunan gaya normal juga dapat terjadi juga terjadi secara periodik sehingga dapat dituliskan sebagai berikut:

$$N = w \cos \theta \pm m a_n$$

$$N = m g \cos \theta \pm m a_n$$

$$N = m (g \cos \theta + \mathbf{a}_n) \quad (7)$$

$$N = m (g \cos \theta - \mathbf{a}_n) \quad (8)$$

persamaan (7) menunjukkan gaya normal maksimum sedangkan persamaan (8) adalah gaya normal dengan kondisi minimum. Gaya normal dengan kondisi minimum inilah yang mengakibatkan perubahan stabilitas lereng. Substitusi persamaan 5 dan 8 didapatkan sudut stabilitas lereng baru akibat akselerasi arah vertical yaitu:

$$w \sin \theta = \mu_s m (g \cos \theta - \mathbf{a}_n)$$

$$w \sin \theta = \mu_s m (g \cos \theta - \mathbf{a}_v \cos \theta)$$

$$\theta_v = \arctan \{ \mu_s (g - \mathbf{a}_v) / g \} \quad (9)$$

dengan cara yang sama, akselerasi horizontal mengakibatkan sudut stabilitas lereng baru sebesar:

$$\theta_h = \arctan \{ \mu_s g / (g - \mu_s \mathbf{a}_h) \} \quad (10)$$

Gambar 3 menunjukkan stabilitas lereng pada kondisi tunak di mana tidak ada pengaruh getaran pada material, sedangkan gambar 3 b menunjukkan stabilitas lereng pada kondisi setelah terjadinya gempa bumi. Perubahan sudut stabilitas inilah yang menyebabkan terjadinya longsor pada lereng tersebut. Nilai  $\theta_1$  pada gambar 3(a) dapat disubstitusi dengan  $\theta$  dari persamaan 6. Nilai  $\theta_2$  pada gambar 3(b) selanjutnya dapat disubstitusi dengan  $\theta_v$  dan  $\theta_h$  masing masing dari persamaan 9 dan 10.

## Hasil dan Pembahasan

Dari persamaan sekian didapatkan bahwa stabilitas lereng saat terjadinya gempa bumi memiliki kecuraman yang lebih rendah dibandingkan dengan kondisi tunak. Hal inilah yang menyebabkan terjadinya longsor pada deposit vulkanik di sekitar gunung api.

Gempa Lombok tahun 2018 telah mengakibatkan banyaknya longsor pada material pasir lepas di sekitar Gunung Rinjani.

Gempa Lombok pada bulan Agustus 2019 juga telah menyebabkan longsor di daerah Senaru, di lokasi wisata air terjun Sendang Gile, peristiwa ini menyebabkan 1 orang turis

mancanegara meninggal dunia dan 1 orang anak pemandu wisata meninggal dunia.

Gempa bumi yang sering sejatinya tidak banyak menimbulkan korban jiwa, akan tetapi bahaya sekundernya-lah yang menimbulkan banyak korban jiwa. Bahaya sekunder ini dapat berupa tsunami, tanah longsor, maupun runtuhnya bangunan kualitas rendah yang tidak tahan terhadap guncangan gempa bumi.

## Ucapan Terimakasih

Ucapan terimakasih kami sampaikan kepada Sudi Prayitno dan Joni Rokhmat dari Jurusan PMIPA, FKIP Unram serta Rahadi Wirawan dan Samsul Bahri dari FMIPA Unram, atas diskusi masalah fisis dan matematisnya. Jazaakallahu khoiron.

## Daftar Pustaka

Angga, A., Feranie, S., Tohari, A., Karakterisasi Lereng Berpotensi Longsor Serta Upaya Mitigasi Bencananya: Studi Kasus Di Lembang Dan Cijambe-Subang, *Fibusi (JoF)*, Vol. 4 No. 2 Agustus 2016

Billing, M. P., "Structural Geology," Prentice Hall, pp. 58-87, 1946.

Boomer, J.J., Rodriguez, C. E., Earthquake-induced landslides in Central America, *Engineering Geology* 63, p 189– 220, 2002

Farid, M., Hadi, A. I., Measurement of Shear Strain in Map Liquefaction Area for Earthquake Mitigation in Bengkulu City, *TELKOMNIKA*, Vol.16, No.4, pp. 1597~1606, Agustus 2018

Lucas, A. Mangeney, J. Ampuero, A. Lucas, A. Mangeney, and J. A. Frictional, "Frictional velocity-weakening in landslides on Earth and on other planetary bodies To cite this version : HAL Id : hal-01207415 Frictional velocity-weakening in landslides on Earth and on other planetary bodies," *Nat. Commun.*, vol. 5, pp. 1–9, 2017.

Ludman, A., "Physical Geology," Mc.Graw Hill. inc. pp.194-213, 1982.

Mahdavifar, M. R., Solaymani, S., Jafari, M. K., Landslides triggered by the Avaj, Iran earthquake of June 22, 2002, *Engineering Geology* 86, p. 166–182, 2006

Rafice, A., Capolongo, D., Probabilistic modeling of uncertainties in earthquake-induced landslide hazard assessment, *Computers & Geosciences* 28 p 735–749, 2002

Shou, K.J., Wang, C.F, Analysis of the Chiufengershan landslide triggered by the 1999 Chi-Chi earthquake in Taiwan, *Engineering Geology* 68 ,p 237–250, 2003

Syamsudin, Ashari, I., Adhi, M.A., Seismic Hazard And Microzonation Study Of Tanjung Region, North Lombok (Indonesia) Using Microtremor Measurement, *Jurnal Pendidikan Fisika Indonesia* 14 (2) (2018) 105-110, 2018