

## PREDIKSI DAMPAK LONGSOR SUSULAN DI DESA POI PALU DENGAN MODEL BINGHAM

**Budijanto Widjaja<sup>1\*</sup>, Kevin Arya Gautama<sup>2</sup>**

<sup>1,2</sup> Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Katolik Parahyangan

Jalan Ciumbuleuit No. 94, Bandung, Jawa Barat

\*Email: [geotek.gw@gmail.com](mailto:geotek.gw@gmail.com) widjaja@unpar.ac.id

### Abstrak

Pada tanggal 28 September 2018, terjadi peristiwa gempa bumi berkekuatan 7,4  $M_w$  di Kabupaten Donggala, Sulawesi Tengah. Guncangan gempa tersebut membuat sebuah gunung di dekat pemukiman Desa Poi, Kecamatan Dolo Selatan, Kabupaten Sigi mengalami longsor. Material longsor tersebut mengalami penumpukan seluas  $\pm 65$  ha yang berpotensi menyebabkan longsor susulan dengan tipe pergerakan berupa debris flow. Tujuan utama dari penelitian ini adalah untuk memprediksi area terdampak akibat longsor susulan tersebut dengan menggunakan model Bingham dan untuk membuat rencana usulan mitigasi. Untuk mencapai tujuan tersebut, dilakukan pengumpulan data berupa peta topografi dan data karakteristik tanah termasuk parameter reologi yang didapat melalui uji laboratorium, lalu dilanjutkan dengan simulasi menggunakan program FLO-2D. Dari hasil simulasi menggunakan program FLO-2D, hasil prediksi menunjukkan bahwa aliran longsor susulan tersebut dapat membahayakan warga di sekitar Desa Poi dengan luas area deposisi sebesar  $\pm 400$  ha (setara 500 luas lapangan sepak bola) dan ketebalan area deposisi setinggi 7,2 m. Oleh karena itu, rencana mitigasi sangat dibutuhkan untuk mengurangi resiko bencana, baik melalui pembangunan fisik maupun penyadaran dan peningkatan kemampuan masyarakat menghadapi ancaman bencana.

**Kata kunci:** Bingham, debris flow, FLO-2D, mitigasi, reologi

### PENDAHULUAN

Tanah longsor merupakan peristiwa bencana alam geologi yang sering terjadi di Indonesia. Pada hari Jumat, tanggal 28 September 2018 pukul 18.02 WITA, terjadi peristiwa gempa bumi berkekuatan 7,4  $M_w$  di Kabupaten Donggala, Sulawesi Tengah. Pusat gempa terjadi di episentrum  $0,18^\circ$ LS dan  $119,85^\circ$ BT dan 27 km timur laut dari Kabupaten Donggala atau 78 km sebelah utara dari Kota Palu dengan kedalaman hiposentrum 10 km. Akibat guncangan gempa tersebut, sebuah gunung di dekat pemukiman Desa Poi, Kecamatan Dolo Selatan, Kabupaten Sigi mengalami longsor dan material longsor tersebut mengalami penumpukan (Gambar 1) seluas  $\pm 65$  ha yang berpotensi menyebabkan longsor susulan dengan tipe pergerakan berupa debris flow.

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk memprediksi area terdampak akibat longsor susulan dengan menggunakan model reologi Bingham dan membuat rencana mitigasi yang disarankan. Hasil analisis dari penelitian ini bisa digunakan untuk meningkatkan kesadaran publik mengenai bahaya dari bencana alam geoteknik, salah satunya yaitu tanah longsor. Arah, ketebalan, dan kecepatan aliran dapat diprediksi dengan menggunakan program FLO-2D.



**Gambar 1.** Kondisi Desa Poi (dilingkari garis kuning) yang berada di bawah ancaman longsor susulan (dilingkari garis merah)

### METODOLOGI

Penelitian ini menggunakan metode studi literatur, pengumpulan data secara primer dan sekunder dan analisis data. Studi literatur dilakukan dengan mempelajari buku, artikel, jurnal, dan referensi lain yang berhubungan dengan pembahasan mengenai pergerakan tanah di Desa Poi melalui

pendekatan reologi. Data primer dilakukan dengan pengujian sampel di laboratorium. Sedangkan data sekunder dilakukan dengan mendapatkan peta topografi yang digunakan untuk analisis. Analisis data digunakan untuk memprediksi aliran longsor yang terjadi di dekat pemukiman Desa Poi dengan model Bingham melalui bantuan program FLO-2D.

### **Debris Flow**

*Debris flow* adalah aliran campuran tanah, air, dan batuan yang didorong oleh gravitasi dan memiliki sifat menengah antara banjir dan longoran batu kering (Iverson, 1997). *Debris flow* biasanya disebabkan oleh aliran permukaan air yang intens, karena hujan lebat dan mengikis tanah atau batuan pada lereng yang curam. Untuk dipertimbangkan sebagai *debris flow*, material yang bergerak mampu untuk mengalir dan setidaknya 50% dari material dapat berupa partikel-partikel ukuran pasir atau lebih besar (King, 2011).

Karakteristik dari *debris flow* yaitu memiliki aliran yang sangat cepat hingga luar biasa cepat pada saluran curam dan berupa campuran tanah non-koheusif dengan indeks plastisitas (IP) kurang dari 5% (Hungry dkk., 2001). *Debris flow* dikategorikan sebagai aliran material Non-Newtonian dan dapat dimodelkan dengan menggunakan pendekatan reologi menggunakan model Bingham (Lee, 2018).

### **Reologi**

Reologi adalah ilmu yang mempelajari mengenai aliran dan deformasi dari suatu material. Secara ringkas, terdapat dua parameter penting di dalam ilmu ini, yaitu *yield stress* dan viskositas. *Yield stress* dapat diartikan sebagai tegangan geser minimal dalam menentukan pergerakan suatu massa. Suatu aliran baru terjadi jika gaya geser yang muncul lebih besar daripada *yield stress*. Setelah itu, kecepatan aliran ditentukan oleh viskositas (Widjaja dan Lee, 2013). Viskositas adalah ukuran dari perlawanan suatu fluida untuk mengalir. Semakin rendah nilai viskositas yang dimiliki suatu fluida, fluida tersebut akan bergerak semakin cepat. Sebaliknya, semakin tinggi nilai viskositas, fluida tersebut akan bergerak semakin lambat. Material yang tidak memiliki *yield stress* (misalnya air) disebut material Newtonian. Sedangkan material yang memiliki *yield stress* dan viskositas dikenal dengan material Non-Newtonian. Tanah dapat dikategorikan sebagai material Non-Newtonian (Widjaja, 2017).

### **Uji Laboratorium**

Uji laboratorium dilakukan untuk mendapatkan data karakteristik tanah yang digunakan untuk menganalisis aliran longsor (Tabel 1).

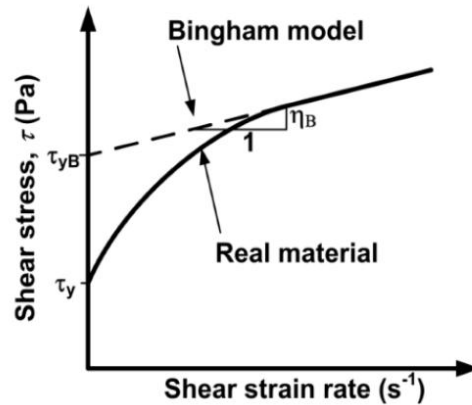
**Tabel 1.** Parameter tanah untuk kasus *debris flow* Desa Poi

$G_s$	w (%)	USCS	$C_v$	$\tau_y^*$ (Pa)	$\eta^*$ (Pa • s)
2,59	51.18	SP	0,43	16.04	0.29

Catatan:  $G_s$  = berat jenis tanah,  $C_v$  = koefisien konsentrasi sedimen berdasarkan volume, w = kadar air alami (%),  $\tau_y^*$  = *yield stress* (Pa) (Asumsi),  $\eta^*$  = viskositas (Pa • s) (Asumsi)

### **Model Bingham**

Model Bingham merupakan salah satu model reologi sederhana. Viskositas tanah yang terdapat pada model ini selama pergerakan terjadi dianggap konstan (Gambar 2). Hal ini cukup logis mengingat selama masa transportasi, viskositas yang muncul di bidang gelincir dari waktu ke waktu di permukaan tanah, dipengaruhi oleh dua nilai yaitu kekasaran permukaan tanah dan viskositas itu sendiri. Dari hasil uji parametrik diketahui bahwa nilai viskositas rata-rata dapat diwakili oleh satu nilai viskositas yang konstan tanpa mengalami perubahan yang signifikan pada hasil prediksi deposisi yang terjadi (Widjaja, 2017). Jika permukaan tanah terlalu kasar (viskositas lebih tinggi) maka aliran tanah yang melalui permukaan tanah ini akan dikontrol oleh nilai viskositas yang lebih rendah. Untuk itu, model Bingham dapat digunakan untuk menyelesaikan kasus *debris flow*.

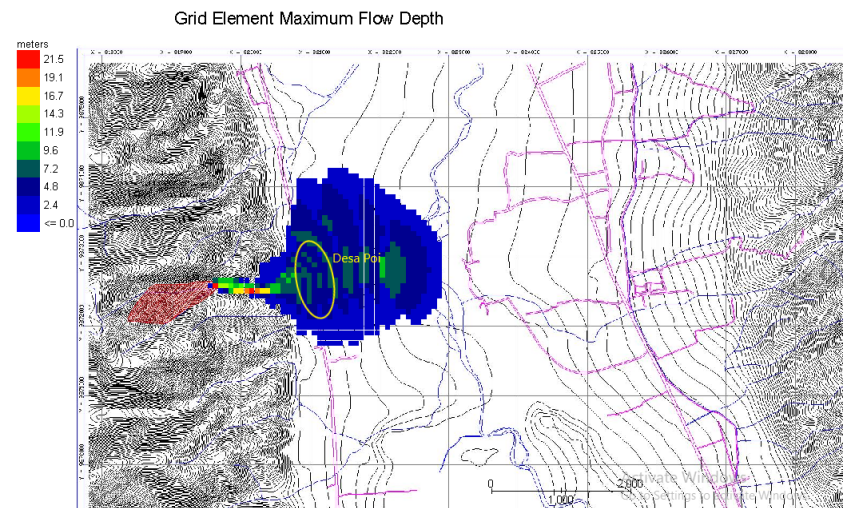


**Gambar 2.** Perilaku material riil dan model Bingham (Widjaja, 2017)

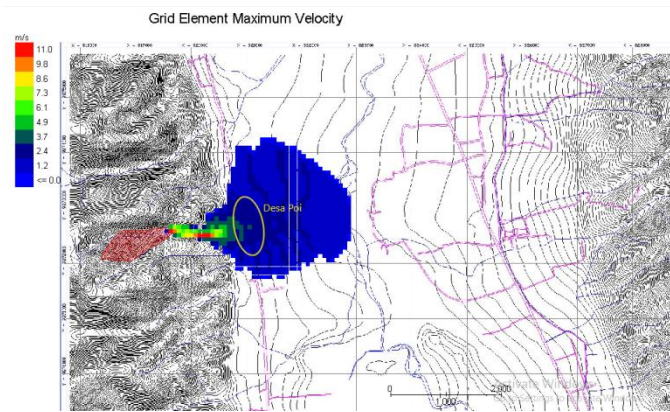
Pada penelitian ini, prediksi aliran longsor dilakukan dengan menggunakan model Bingham melalui program FLO-2D. Data *input* yang penting dalam penggunaan program FLO-2D yaitu data karakteristik tanah yang didapat melalui uji laboratorium, peta topografi yang telah diolah menjadi DTM, data hidrograf, nilai koefisien *Manning* ( $n$ ) dan tahanan aliran laminar ( $K$ ) yang didapat berdasarkan kondisi di lapangan.

### HASIL DAN PEMBAHASAN

Analisis *debris flow* dengan program FLO-2D dilakukan dengan simulasi selama 1 jam dan asumsi debit  $7222,22 \text{ m}^3/\text{s}$  selama 15 menit (setara dengan volume longsor). Hasil dari analisis (Gambar 3) menunjukkan bahwa kedalaman aliran maksimum di area deposisi akhir adalah 7,2 m, kecepatan aliran maksimum adalah 11 m/s, dan area terdampak seluas  $\pm 400$  ha. Kedalaman dan kecepatan aliran dapat dilihat pada Gambar 3 dan Gambar 4. Hasil ini menunjukkan bahwa seluruh Desa Poi akan terbenam oleh tanah yang terbenam dari atas pegunungan (*colluvium*). Posisi Desa Poi berada pada daerah yang dilingkari warna kuning (Gambar 3). Oleh karena itu, perlu dilakukan tindakan yaitu memindahkan warga Desa Poi dan untuk menyelamatkan akses jalan yang ada dari Utara ke Selatan perlu dilakukan upaya preventif.



**Gambar 3.** Ketebalan aliran deposisi akhir *debris flow*



**Gambar 4.** Kecepatan aliran *debris flow*

Untuk mengurangi resiko bencana, rencana mitigasi sangat dibutuhkan baik dengan pembangunan fisik maupun penyadaran dan peningkatan kemampuan menghadapi ancaman bencana. Salah satu bangunan fisik yang perlu disiapkan apabila *debris flow* terjadi adalah *sabo dam* (Gambar 5). Hal ini perlu dikaji lebih lanjut mengenai berapa besar gaya impact yang terjadi pada saat *debris flow* menghantam *sabo dam* sehingga posisi dan banyaknya *sabo dam* dibuat sedemikian rupa jika pada daerah tersebut rentan terjadi *debris flow*.



**Gambar 5.** *Open-type Sabo Dam* (Kantoush dan Sumi, 2010)

## KESIMPULAN

Hasil dari prediksi awal *debris flow* menggunakan model Bingham melalui program FLO-2D akibat penumpukan material longsor yang tertahan di gunung dapat membahayakan warga di sekitar Desa Poi dengan ketebalan maksimum area deposisi setinggi 7,2 m, kecepatan aliran maksimum sebesar 11 m/s, dan area terdampak sekitar  $\pm 400$  ha atau setara dengan 500 luas lapangan sepak bola. Oleh karena itu, rencana mitigasi sangat diperlukan untuk mengurangi resiko bencana baik secara fisik salah satu contohnya yaitu *sabo dam* maupun non-fisik seperti pemindahan warga Desa Poi ke tempat yang lebih aman.

## DAFTAR NOTASI

- $C_v$  = Koefisien konsentrasi sedimen berdasarkan volume
- $G_s$  = Berat jenis tanah
- DTM = Digital Terrain Map
- LI = Liquidity Index
- LL = Batas cair
- $M_w$  = Magnitudo Momen
- USCS = Unified Soil Classification System
- w = Kadar air

$\eta$  = Viskositas  
 $\tau_y$  = *Yield stress*

#### DAFTAR PUSTAKA

- Hungr, O., Evans, S.G., Bovis, M.J., dan Hutchinson, J.N., 2001, A Review of the Classification of Landslides of the Flow Type, *Environmental & Engineering Geoscience*, No.3, Vol.VII, pp. 221-238.
- Iverson, R. M., 1997, The Physics of Debris Flow, *Review of Geophysics* 35, 3, pp. 245-296
- Kantoush, S. A., dan Sumi, T., 2010, The impacts of sediment replenishment below dams on flow behavior and bed morphology of river channel and river mouth, *1<sup>st</sup> International Conference for Coastal Zone Management of River Deltas and Low Land Coastlines*, Egypt, March 6-10.
- King, H. M., 2011, What is a Debris Flow ?, <https://geology.com/articles/debris-flow/>, diakses tgl 14 Januari 2019.
- Lee, K., 2018, Evaluation of Debris flow Induced Impact Force on Check Dam Considering Entrainment of the Soil Layer, *Dissertation*, Department of Civil & Environmental Engineering, Yonsei University, South Korea.
- Widjaja, B., 2017, Perilaku Longsoran dan *Mudflow* Studi Kasus di Indonesia : Pendekatan Reologi, *Simposium Nasional RAPI XVI*, Surakarta, December 13.
- Widjaja, B. dan Lee, S. H., 2013, Viscosity and Liquidity Index Relation for Elucidating Mudflow Behavior, *2<sup>nd</sup> International Conference on Engineering and Technology Development*, Bandar Lampung, August 27-29.