

BANJIR BANDANG DI ALASMALANG BANYUWANGI DAN ALTERNATIF PENANGANANNYA
(*Flash flood at Alasmalang Banyuwangi and alternatives for its completion*)

Rokhmat Hidayat¹ dan Jati Iswardoyo¹

¹Balai Litbang Sabo, Puslitbang SDA, Balitbang PUPR

Email: rokhmathidayat33@gmail.com

Diterima: 03 September 2019; Direvisi : 10 Desember 2019 ; Disetujui : 12 Desember 2019

ABSTRACT

Flash floods frequently occur in Indonesia. Flash flood can be caused by natural and human factors. This paper discusses the causes and mitigation of flash flood using a case study in Banyuwangi. On June 22th 2018, flash floods occurred in the residential areas of Garit, Karang Asem, and Bangunrejo Hamlets. Flash floods were triggered by heavy rainfall the day before, which reached 90 mm/day. The three hamlets are located in Alasmalang Village, Singojuruh Subdistrict, Banyuwangi District. The study began with a field survey, analysis of the damage, and the causes of a flash flood, and its alternative treatments. The suspected source of the material was the landslide material, approximately two million cubic meters from the Pendil Mountain. Some of the material were carried away by the river flooding caused flash floods in the three hamlets. The small width of the bridge was not able to be passed by trees and other flash flood material, so water overflowed the roads and houses. Based on the results of the study, it is recommended for disaster mitigation in the form of structural and non-structural actions. Structural measure in the form of bridge elevation and construction of sediment retaining weirs, while non-structural actions are in the form of an early warning system and dissemination of flash flood hazards.

Keywords: *Flash flood; landslide; structural treatments; non-structural treatments*

ABSTRAK

Banjir bandang sering terjadi di Indonesia. Banjir bandang dapat disebabkan oleh faktor alami maupun manusia. Makalah ini membahas tentang penyebab dan mitigasi banjir bandang dengan studi kasus di Banyuwangi. Pada 22 Juni 2018 banjir bandang melanda kawasan permukiman di Dusun Garit, Karang Asem, dan Bangunrejo. Banjir bandang dipicu hujan lebat sehari sebelumnya mencapai 90 mm/ hari. Tiga dusun itu berada di Desa Alasmalang, Kecamatan Singojuruh, Banyuwangi. Penelitian diawali dengan survei lapangan, analisis kondisi kerusakan akibat banjir bandang, penyebab banjir bandang, serta alternatif penanganannya. Sumber material diduga berupa material longsor sekitar dua juta meter kubik dari Gunung Pendil. Sebagian material ini terbawa banjir sungai sehingga menyebabkan banjir bandang di tiga dusun tersebut. Kondisi lebar jembatan yang kecil tidak mampu dilalui oleh pepohonan dan material banjir lain, sehingga banjir meluap menggenangi jalan dan rumah warga. Berdasarkan hasil kajian maka direkomendasikan untuk penanggulangan dan mitigasi bencana berupa tindakan struktural dan tindakan non-

struktural. Tindakan struktural berupa peninggian jembatan dan pembangunan bendung penahan sedimen, sedangkan tindakan nonstruktural berupa sistem peringatan dini dan sosialisasi bahaya banjir bandang.

Kata kunci: Banjir Bandang; longsor; penanganan struktural; penanganan non-struktural

I. PENDAHULUAN

Ketidakstabilan lereng dan banjir merupakan bencana alam utama yang ada di Indonesia dan ancaman terbesar terhadap populasi dan infrastruktur. Konsekuensi dari tanah longsor mungkin sulit diprediksi; namun diperkirakan dalam satu tahun rata-rata 5-7 orang di Norwegia, 18 orang di Italia, 25-50 di AS, 140-150 di Cina, 170 di Jepang, dan 180 orang di Nepal akan kehilangan kehidupan mereka sebagai akibat dari tanah longsor (Sidel & Ochai, 2006). Selain itu, perubahan iklim global diperkirakan akan meningkatkan jumlah hari hujan yang mengarah ke peningkatan jumlah tanah longsor yang terkait dengan presipitasi (Jaedicke *et al.*, 2008). Kejadian longsor yang membendung sungai atau disebut bendung alam sangat berpotensi memicu terjadinya banjir bandang. Selama tahun 2017 di Indonesia terjadi 848 bencana tanah longsor (BNPB, 2018).

Banjir bandang atau banjir debris merupakan banjir campuran dari material rombakan yang jenuh air dan bergerak turun dikarenakan gaya gravitasi. Terdiri dari material yang bervariasi didalam ukuran dari lempung sampai bentuk bongkahan yang mempunyai ukuran sampai puluhan meter. Ketika bergerak, banjir ini menyerupai beton cair dan cenderung mengalir sepanjang lereng bawah saluran atau lembah-lembah sungai. Banjir bandang terbentuk ketika

material lepas yang tidak terkonsolidasi mempunyai kandungan air tinggi. Banjir bandang dapat mengalir ke jarak yang sangat jauh menyusuri lembah dan banjir bandang dapat mencapai kecepatan yang tinggi sampai 85 km/ jam. Banjir bandang yang berkecepatan tinggi dapat meloncat ke sisi luar dari sebuah tikungan dan momentumnya akan menabrak setiap halangan. Banjir bandang dalam lembah yang sempit dapat menebal dan mengisi lembah sampai kedalaman 100 meter bahkan lebih. Banjir bandang juga terkadang membawa banyak batuan (60-90%) dari berat total bandang (Miyuzama, 2005). Agar dapat mengidentifikasi zona bahaya banjir bandang, perlu pemetaan dengan pendekatan karakteristik geomorfologi dan hidrologi. Penggunaan foto udara dengan skala yang lebih besar akan memberikan informasi banjir yang pernah terjadi dengan lebih detil (Lavado *et al*, 2007).

Dari segi geografis dan geologis, wilayah Indonesia sebagian besar merupakan kawasan rawan banjir. Pada periode tahun 2000-2001, 77% bencana yang terjadi di Indonesia merupakan bencana hidrometeorologi (Rosyidie, 2013). Bahkan pada tahun 2005-2015, bencana hidrometeorologi terjadi di Indonesia lebih dari 78%. Banjir merupakan peristiwa tergenangnya daratan oleh air yang sering terjadi di berbagai negara termasuk di Indonesia (Awaliyah *et al.*, 2014). Karena

massa yang mengalir pada banjir ini mempunyai percepatan maka kecepatan selalu bertambah dan pada tingkat tertentu massa sedimen bisa terangkat dengan cepat (Utama *et al.*, 2015). Penelitian mengenai permasalahan banjir bandang Aceh telah dilakukan oleh Azmeri & Sunday (2013) dan yang terjadi di Wasior telah dilakukan oleh Djaja (2010).

Penelitian mengenai identifikasi bahaya banjir bandang secara spasial juga telah dilakukan Azmeri *et al.* (2017). Dalam penelitian tersebut, Azmeri *et al.* (2017) melakukan analisis spasial risiko bencana banjir bandang akibat keruntuhan bendungan alam pada Daerah Aliran Sungai Krueng Teungku Kecamatan Seulimeum, Kabupaten Aceh Besar, Provinsi Aceh. Dalam penelitiannya ditekankan bahwa komponen sosial perlu diperhatikan guna meningkatkan kesiagaan warga di hilir bendungan alam untuk pengurangan risiko bencana banjir bandang.

Banjir bandang yang terjadi pada daerah yang miring, mempunyai daya rusak tinggi. Banjir bandang mempunyai sifat berupa banjir yang cepat dan membawa semua material berupa tanah (berupa lumpur), batu, dan kayu. Material banjir yang merupakan campuran lumpur, kerikil, bongkahan batuan, serta limbah kayu, mempunyai daya rusak yang sangat dahsyat. Hal tersebut menyebabkan prasarana maupun infrastruktur menjadi porak poranda (Adi & Thamrin, 2013; Sahara *et al.*, 2013; Welsh, 2011; Skilodi

Mou *et al.*, 2018; Guerriero *et al.*, 2013).

Penelitian mengenai kondisi curah hujan yang memicu banjir bandang telah dilakukan oleh Floris *et al.* (2012) di Provinsi Vicenza, Italia, untuk mendefinisikan sistem peringatan hidrologi untuk longsor. Model empiris dan fisik telah digunakan untuk mengidentifikasi ambang curah hujan minimum untuk terjadinya fenomena ketidakstabilan di mahkota longsor (Floris *et al.* 2012). Model matematika 2-D paling banyak digunakan untuk penggambaran zona bahaya akibat banjir bandang (Tsai *et al.* 2012; Franzi *et al.* 2013; Tai *et al.* 2012).

Pada Jumat (22/6/2018), sekitar 300 rumah terdampak banjir bandang yang melewati Desa Alasmalang, Kecamatan Singojuruh, Banyuwangi (Gambar 1). Banjir membawa material pohon yang menyumbat Sungai Badeng di jembatan Alasmalang, menyebabkan air dan lumpur meluap hingga ke jalan raya yang merupakan penghubung Kabupaten Banyuwangi dengan Kabupaten Jember. Beberapa peralatan berat diturunkan untuk membersihkan material yang menutup jalan serta mengangkat kayu-kayu besar yang tersangkut di bawah jembatan. Di beberapa titik lokasi, ketebalan lumpur mencapai 2 meter (tempo.com).

Menurut Tim Pusat Vulkanologi dan Mitigasi Bencana Geologi (PVMBG) banjir ini terjadi akibat longsor di puncak Gunung Pendil, yang merupakan gunung api tertua di kompleks Gunung Raung. Ketinggian Gunung Pendil sekitar 2.350 meter di atas permukaan laut.



Gambar (Figure) 1. Korban banjir bandang di Desa Alasmalang, Banyuwangi (*Flash flood victim in Alasmalang Village, Banyuwangi*)

Sumber (Source) :detik.com, foto lapangan (*field picture*)

Adapun titik tertinggi longsor ada di ketinggian 2.245 mdpl. Gunung Pendil memiliki penampang kerucut yang curam dengan kemiringan lebih dari 45 derajat. Longsor di Gunung Pendil terjadi akibat banyak pelapukan material vulkanis, karena gunung ini merupakan gunung api tertua yang tumbuh di kaldera besar. Banjir diakibatkan oleh adanya gerakan tanah di kawasan tersebut. Kejadian banjir bandang menyebabkan tingkat kerusakan yang besar sehingga diperlukan upaya mitigasi bencana yang terjadi, baik secara struktural maupun non-struktural. Tindakan struktural saja belum tentu akan menyelesaikan permasalahan banjir bandang untuk jangka panjang (nasional.tempo.co diunduh 25 Juni 2018).

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mendapatkan metode pencegahan atau mengurangi potensi terjadinya banjir bandang di masa yang akan datang, dengan tipe penanganan secara struktural dan non-struktural.

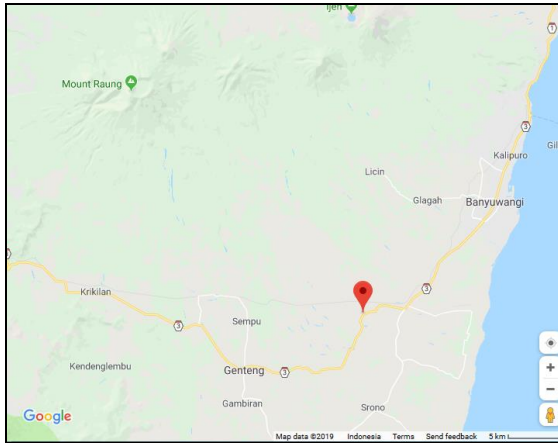
II. BAHAN DAN METODE

A. Waktu dan Lokasi

Banjir bandang terjadi pada tanggal 22 Juni 2018. Penelitian dilakukan pada bulan Juni, setelah banjir bandang hingga bulan Agustus 2018. Penelitian diawali dengan survei lapangan, dilanjutkan dengan pengolahan data dan analisis yang dilakukan di kantor Balai Litbang Sabo Yogyakarta. Survei lapangan dilakukan di desa yang terdampak banjir bandang yaitu Desa Alasmalang, Kecamatan Singojuruh, Banyuwangi. Survei dilanjutkan kearah hulu sungai untuk mengetahui kondisi banjir dan tingkat kerusakan di daerah hulu. Lokasi penelitian berada pada koordinat $8,320225^{\circ}$ LS dan $114,251532^{\circ}$ BT.

B. Bahan dan Alat

Bahan dan alat yang digunakan yaitu data kondisi banjir, data material banjir, data kerusakan banjir, peta topografi skala 1:25.000, dan software GIS.



Gambar (Figure) 2. Lokasi penelitian di Desa Alasmalang, Kecamatan Singojuruh, Banyuwangi (Research Location in Alasmalang Village, Singojuruh Sub-District, Banyuwangi)

Sumber (Source): Googlemap.com

C. Metode Penelitian

1. Pengumpulan data menggunakan dua metode yaitu data sekunder yang didapat dari beberapa instansi terkait, berupa peta topografi, peta daerah banjir, dan peta penutup lahan. Data primer yang diambil langsung di lapangan, berupa kondisi dan lokasi dampak, luas penampang sungai, serta kerusakan infrastuktur.
2. Data primer dan sekunder digunakan untuk identifikasi bencana banjir bandang. Hasil dari pengolahan data ini dijadikan dasar sebagai rekomendasi untuk perencanaan perbaikan dan pembangunan kembali infrastruktur pasca bencana banjir bandang.
3. Dilakukan survei penelusuran dari lokasi terjadinya banjir bandang dari hulu hingga ke hilir.
4. Peta lereng dan peta ketinggian tempat diturunkan dari peta topografi.

5. Peta penutupan lahan dilihat dari citra *Google Earth*.
6. Data yang diperoleh dianalisis dengan GIS dan diinterpretasikan secara deskriptif.
7. Penyusunan rekomendasi teknis penanggulangan banjir bandang baik secara struktural maupun non structural berdasarkan hasil analisis.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Kondisi Biofisik Daerah Banjir Bandang

Topografi daerah banjir sungai Badeng (lokasi banjir bandang) merupakan lereng pegunungan dengan kemiringan sedang hingga curam. Desa-desa yang berada di kawasan Daerah Aliran Sungai (DAS) ini memiliki morfologi lereng yang memanjang dan menghampar di antara pegunungan yang ada di dalamnya. Penggunaan lahan didominasi sawah, dan ladang.

Banjir bandang di Banyuwangi terjadi pada 22 Juni 2018. Data curah hujan bersumber dari data hujan TRMM (*Tropical Rainfall Measuring Mission*) di daerah hulu sungai, tiga hari sebelum terjadi banjir bandang dapat dilihat pada Tabel 1. Nilai hujan sehari sebelum hujan adalah 90 mm/hari. Menurut BMKG, curah hujan dengan nilai tersebut termasuk kategori hujan lebat.

Hujan dengan nilai 90 mm/hari harus diwaspadai dapat memicu banjir bandang. Berdasar kondisi iklim, topografi dan jenis tanah, daerah ini sangat rawan terhadap banjir dan longsor.

Tabel (Table) 1. Data Hujan TRMM pada Lokasi Banjir Bandang (TRMM rainfall data at the location of flash flood)

Tanggal(date)	Curah hujan (mm/hari) (rainfall (mm/day))
19 Juni 2018	18,04
20 Juni 2018	0,33
21 Juni 2018	90,38

Sumber(Source): trmm.gsfc.nasa.gov

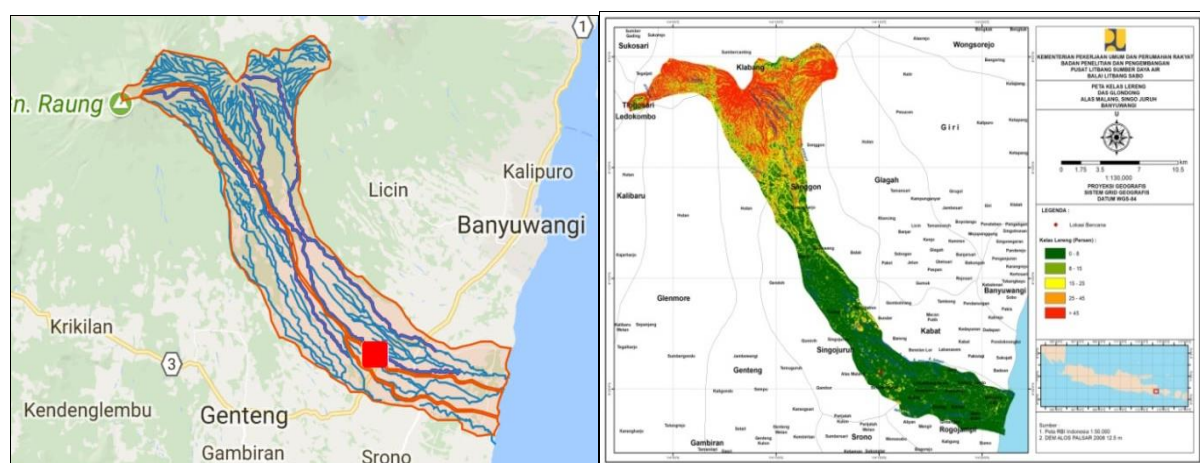
Kondisi ini semakin rentan bila terjadi pengrusakan daerah yang tertutup vegetasi permanen pada bagian hulu sungai. Gambar 3 kiri menunjukkan kondisi DAS Badeng yang mempunyai hulu di Gunung Raung, Gambar 3 kanan menunjukkan kondisi lereng. Lokasi banjir bandang merupakan daerah yang datar.

B. Dampak Banjir Terhadap Infrastruktur

Berdasarkan hasil survey di lokasi yang terkena dampak banjir bandang, diperoleh informasi bahwa banjir bandang menyebabkan kerugian material yang

besar. Dampak banjir yang terjadi menimbulkan kerusakan bangunan milik masyarakat dan pemerintah. Hancurnya rumah penduduk, jembatan, jalan, dan fasilitas ibadah yang terkena dampak banjir bandang tersebut menjadi permasalahan yang tersendiri.

Banjir bandang pada dasarnya merupakan suatu proses banjir air yang deras dan pekat karena disertai dengan muatan massif bongkah batuan, tanah, serta batang kayu (bandang) yang berasal dari hulu sungai. Banjir bandang terutama dipicu oleh faktor hidrologi yaitu intensitas hujan tinggi, faktor klimatologis, dan juga geologis antara lain longsor dan bendung alam di hulu (Meon, 2006; Miyusama 2005). Dari segi muatan yang terangkut dalam banjir bandang, berbeda dengan muatan pada banjir biasa. Dalam proses banjir bandang terjadi kenaikan debit banjir yang terjadi secara tiba-tiba dan cepat (Price, 2009).



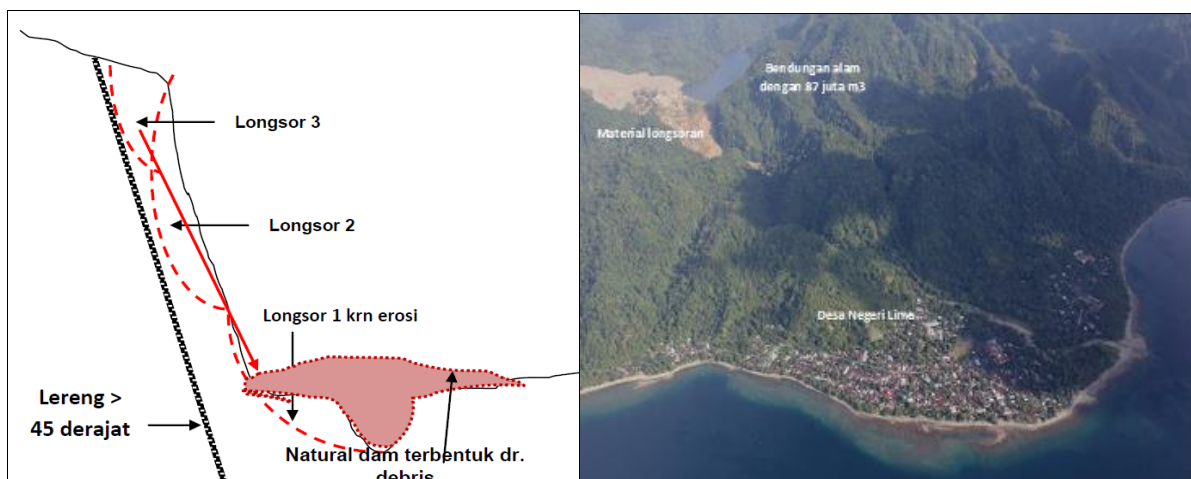
Gambar (Figure) 3. Gambar sebelah kiri menunjukkan kondisi DAS Sungai Badeng yang mempunyai hulu di Gunung Raung, gambar sebelah kanan menunjukkan gambaran kondisi lereng (The left figure shows The Badeng river watershed with the upstream in Raung Mountain. The right figure shows the slope condition)

Sumber (Source): Google map dan Peta Rupa Bumi Indonesia (RBI) (Google map and Indonesian base map)

Banjir bandang di Desa Alasmalang diduga disebabkan longsor yang membentuk bendung alam di hulu sungai. Hujan deras menyebabkan bendung alam jebol dan menyebabkan banjir bandang. Sebelum bendung alam mengalami keruntuhan total, biasanya didahului oleh terjadinya rekahan pada bendung alam. Rembesan pada bendung alam adalah salah satu penyebab utama jebolnya bendung, rembesan mengakibatkan erosi internal pada tubuh bendung alam yang bisa mengakibatkan jebolnya bendungan. Gambar 4 kiri menunjukkan ilustrasi proses pembentukan bendung alam. Gambar 4 kanan menunjukkan contoh bendung alam yang terjadi di Way Ela, Propinsi Maluku.

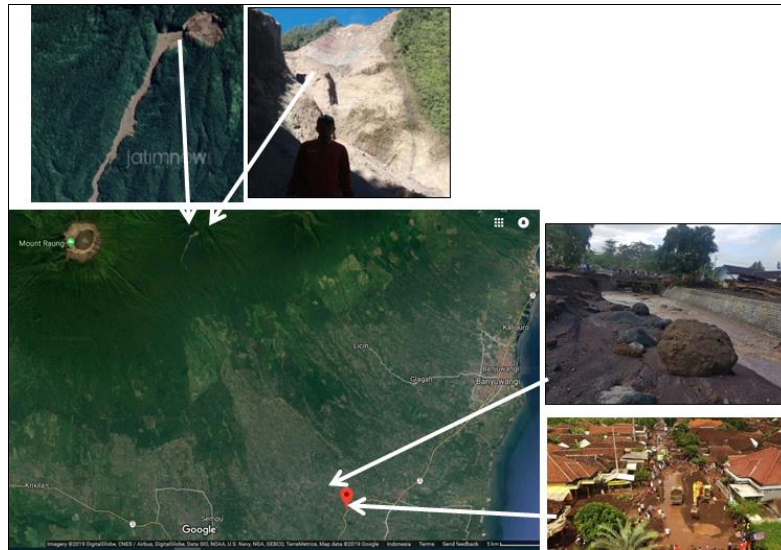
Material banjir bandang berupa pasir, batu, dan pepohonan. Pada saat tim melakukan survei ke lapangan, ditemukan kayu yang tertumpuk di lokasi kejadian. Kondisi jembatan mempunyai lebar kecil sehingga tidak mampu meloloskan

pepohonan, akibatnya pohon menyumbat jembatan. Batangkayu yang tersangkut masih disertai dengan akar dan ranting pohon. Kayu yang membendung hulu sungai mungkin saja berasal dari lokasi terjadinya tanah longsor. Kondisi lokasi longsor dan sumber sedimen banjir bandang dapat dilihat pada Gambar 5. Jarak lokasi banjir bandang dengan sumber sedimen cukup jauh, yakni 30 km. Sumber material banjir bandang merupakan longsor dari Gunung Pendil. Material longsor yang terkena hujan apabila sudah melewati batas jenuh akan membentuk banjir bandang. Beda ketinggian antara lokasi terjadinya banjir bandang dan sumber material banjir bandang cukup besar (Gambar 6), yakni ketinggian 160m dpl (diatas permukaan laut), sementara lokasi longsor yang merupakan sumber material banjir bandang mempunyai ketinggian 2000m dpl. Hal demikian menyebabkan arus atau kecepatan banjir bandang menjadi tinggi.



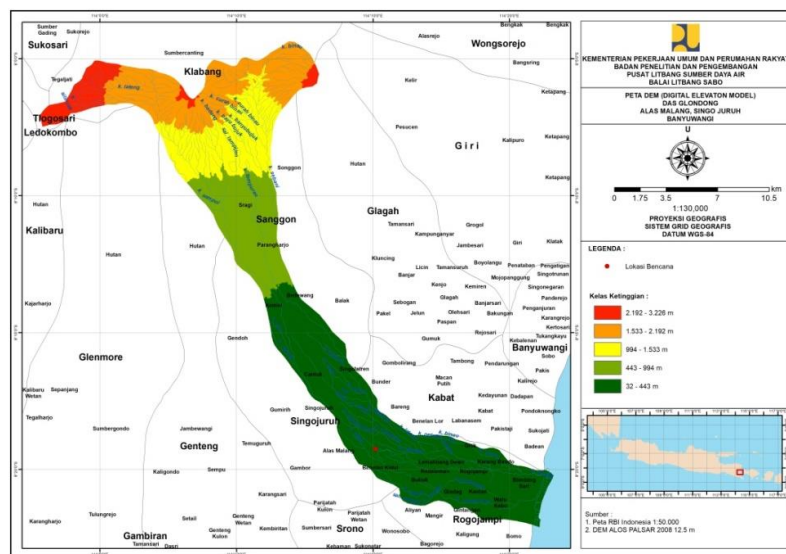
Gambar (figure) 4. Kiri, ilustrasi proses pembentukan bendung alam. Kanan, contoh bendung alam di Way Ela, Maluku (Left, natural dam forming process. Right, way ela natural dam molucca).

Sumber (Source): Kiri (left) Ditjen SDA, 2012; Kanan (Right) Rachmadan, 2014



Gambar (Figure) 5. Lokasi banjir bandang dan lokasi longsor di Gunung Pendil sebagai sumber material banjir bandang (*bandang flow location and landslide location in Pendil Mountain as a flash flow material source*)

Sumber (Source): Foto lapangan (*field picture*), Googlemap.com, dan detik.com



Gambar (Figure) 6. Kondisi ketinggian antara lokasi terjadinya banjir lahar dan sumber material banjir bandang (*Elevation condition between debris flow location and debris flow source material location*)

Sumber (Source): Peta Rupa Bumi Indonesia (*Indonesian base map*)

C. Penanganan Banjir Bandang Secara Struktural

1) Renovasi Jembatan

Kondisi jembatan yang sekarang memiliki desain berupa jembatan cincin dengan lubang banjir kurang memadai. Lubang pada jembatan cincin ini ukurannya kurang besar sehingga ketika terjadi banjir

bandang yang mengangkut pohon akan menyumbat jembatan. Hal tersebut menyebabkan banjir bandang meluap ke perkampungan setempat. Seandainya pohon yang terangkut banjir bandang tidak tersangkut dan menyumbat jembatan, kemungkinan banjir bandang tidak akan meluap ke perkampungan.



Gambar (Figure) 7. Kiri, kondisi jembatan tempat terjadi banjir bandang di Alasmalang Banyuwangi. Kanan, konstruksi jembatan beton sederhana (Left, the condition of the bridge where flash floods occur in Alasmalang Banyuwangi. Right, simple concrete bridge)

Sumber (Source): Kiri, foto lapangan (Left, field picture). Kanan, data jembatan.com (Right, data jembatan.com)

Ukuran jembatan bisa dibuat lebih tinggi dan lebar sehingga mampu melewati material banjir bandang. Gambar 7 dapat memberi ilustrasi kondisi jembatan tempat terjadi banjir bandang di Alasmalang Banyuwangi. Sebagai perbandingan adalah konstruksi jembatan beton sederhana yang mampu meloloskan volume banjir yang lebih besar.

2) Bendung Penahan dan Pengatur Sedimen

Bangunan penahan sedimen atau sabodam adalah salah satu bangunan pengendali sedimen yang berfungsi untuk menampung dan mengendalikan banjir sedimen di sungai serta menahan endapan sedimen yang telah mengendap di hulu bangunan. Selain itu, sabodam juga berfungsi untuk mengendalikan laju angkutan sedimen, mengendalikan stabilitas morfologi sungai, memperkecil kemiringan dasar sungai di bagian hulu

banjir sungai, mengarahkan banjir pada bagian hilir banjir sungai, dan mengendalikan kecepatan aliran sedimen agar tidak menimbulkan kerusakan lingkungan sungai dan prasarana sumber daya air lainnya. Sabodam juga dapat dimanfaatkan untuk keperluan lain asalkan tidak mengganggu fungsi utamanya, antara lain sebagai jembatan penyeberangan, pengambilan air dan lain-lain.

Gambar 8 menunjukkan dua tipe bangunan sabodam yaitu tipe *Ring Net* (jaring baja) dan bangunan beton tipe terbuka. Balai Litbang Sabo sudah melakukan penelitian membangun sabodam tipe *Ring Net* di Lumajang. Tipe ini mempunyai kelebihan proses pembangunan yang cepat dan material pasir dapat terangkut dengan sendirinya oleh banjir sungai. Sabodam beton merupakan bangunan konvensional yang saat ini paling banyak digunakan.



Gambar (Figure) 8. Contoh bangunan pengendali sedimen. Kiri tipe ringnet, kanan sabodam tipe terbuka (Sample of sediment control building. Left, ringnet barrier type. Right, open sabodam)

Sumber (Source): Ditjen Sumber Daya Air (SDA) 2012

3) Bronjong

Pada kondisi darurat dapat digunakan bronjong. Bronjong bertujuan untuk mencegah terangkutnya material dasar sungai/ alur yang akan menyebabkan terjadinya degradasi dasar alur serta dapat mengakibatkan terjadinya longsoran tebing kiri dan kanan alur akibat terganggunya kestabilan lereng dan pilar jembatan. Bronjong juga berfungsi untuk menampung sedimen hasil letusan gunung (material vulkanik) yang diprediksi akan turun diangkut oleh banjir permukaan akibat hujan. Bronjong juga digunakan untuk mengarahkan banjir agar tidak melimpas ke luar badan sungai. Selain itu, bronjong berfungsi untuk mengendalikan debit sedimen. Bila masa darurat terlewati maka bronjong dapat diperkuat dengan selimut beton untuk melindungi bangunan tersebut dari kerusakan akibat faktor luar (korosi atau sebab lainnya).

D. Penanganan Secara Non-Struktural

Selain menggunakan sabodam, peran masyarakat sangat diharapkan dalam

pengendalian banjir. Partisipasi masyarakat telah diakui sebagai elemen tambahan dalam manajemen bencana dan diperlukan untuk membuka cakrawala baru mengenai peningkatan kejadian dan kerugian dari bencana. Partisipasi masyarakat merupakan upaya membangun budaya keselamatan, dan memastikan terlaksananya pembangunan berkelanjutan bagi semua. Perlu diarahkan tentang mengapa, apa, siapa, kapan, bagaimana, dan dalam posisi apa masyarakat berperan dalam suatu mitigasi bencana. Keterlibatan masyarakat akan meningkatkan dampak positif mitigasi bencana, apabila mampu mengatasi kesulitan, kompleksitas dan tantangan yang dihadapi untuk memulai, mempertahankan dan mereplikasi keterlibatan masyarakat tersebut. Manfaat dari perencanaan dan penilaian risiko bencana berbasis masyarakat adalah membangun rasa percaya diri, rasa bangga ketika mampu membuat perbedaan, dan peningkatan kemampuan untuk mengejar kesiapsiagaan bencana, serta peningkatan tanggung jawab keberhasilan potensi mitigasi di tingkat lokal (Victoria, 2002).

E. Peringatan Dini Banjir Bandang

Peringatan dini banjir bandang dapat dilakukan berdasarkan kearifan lokal. Masyarakat mempunyai kemampuan tersendiri dalam mengenali tanda-tanda akan terjadinya banjir bandang. Masyarakat lokal mempunyai kemampuan dalam menandai kapan akan terjadi banjir bandang, misalnya surutnya debit sungai di luar keadaan sehari-hari (debit banjir sungai tidak seperti biasanya).

Peringatan banjir bandang bisa dikeluarkan bila ada ramalan curah hujan deras di daerah hulu. Hujan seperti ini akan cenderung menimbulkan banjir bandang di daerah hilir. Untuk itu bila perlu dilakukan tindakan evakuasi dari daerah hilir. Peringatan juga bisa berupa peringatan jangan berkendaraan di daerah yang diprediksi mengalami banjir bandang. Beberapa hal yang perlu diwaspadai bila berada pada daerah yang rawan banjir bandang yaitu waspada terhadap tanda-tanda turunnya hujan lebat mendadak di daerah hulu sungai, waspada terhadap tanda-tanda kenaikan muka air sungai yang sangat cepat, dan jangan menyeberang sungai bila terjadi tanda-tanda seperti di atas.

IV. KESIMPULAN

Penyebab banjir bandang di Desa Alasmalang, Kecamatan Singojuruh, Banyuwangi (Dusun Garit, Karang Asem, dan Bangunrejo) adalah jebolnya bendung alam yang terbentuk akibat terjadinya longsor pada Gunung Pendil. Berdasarkan hasil kajian maka direkomendasikan tindakan penanggulangan dan mitigasi bencana secara struktural dengan

membuat jembatan lebih tinggi sehingga mampu melewati material banjir bandang. Tindakan non-struktural melalui peringatan dini banjir bandang bisa dilakukan berdasarkan kearifan lokal. Untuk selanjutnya kajian ini merekomendasikan penelitian mengenai kapasitas sungai dalam mengalirkan aliran banjir bandang sehingga bisa mengurangi dampak kerusakan yang ditimbulkan.

UCAPAN TERIMA KASIH

Kami ucapkan terima kasih kepada Kepala Pusair di Bandung dan Kepala Balai Litbang Sabo atas kesempatan yang diberikan untuk melakukan kajian ini. Penulis juga mengucapkan terima kasih kepada rekan-rekan di Balai Litbang Sabo atas bantuan dan dukungan dalam melakukan kajian ini. Tidak lupa disampaikan apresiasi kepada warga masyarakat yang sangat kooperatif dan mendukung terlaksananya penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Adi, S., & Thamrin, J. M. H. (2013). Characterization of flash flood disaster in Indonesia. *Jurnal Sains dan Teknologi Indonesia*, 15(1), 42–51.
- Awaliyah, N., Sarjanti, E., & Sarwono, S. (2014). Pengetahuan masyarakat dalam mitigasi bencana banjir di Desa Penolih Kecamatan Kaligondang Kabupaten Purbalingga. *Geoedukasi*, 3(2), 92–95.
- Azmeri & Sundary, D. (2013). "Stability analysis of edge river liang pangi at Leuser Sub-District, Southest Aceh Regency Towards Bandang Flood". *Jurnal Inersia Teknik Sipil FT Universitas Bengkulu*, No. 1, Vol.5, hal.73-83.

- Azmeri, Fatimah, E., Herawati, H., Sundary, D., & Isa, A. H. (2017). Analisis spasial risiko banjir bandang akibat keruntuhan bendungan alami pada DAS Krueng Teungku, Kabupaten Aceh Besar, Provinsi Aceh. *Jurnal Teknik Sipil*, 24(3), 229–236. <http://doi.org/10.5614/jts.2017.24.3.6>
- Badan Nasional Penanggulangan Bencana, 2014, Rencana nasional penanggulangan bencana 2015-2019, dapat diakses di <https://bnpb.go.id/uploads/24/buku-renas-pb.pdf>
- Badan Nasional Penanggulangan Bencana, 2014, Data Bencana Indonesia 2017, Pusat Data Informasi dan Humas BNPB, Jakarta 2018
- Data Jembatan Atas (n.d.). Diakses tanggal 1 Agustus 2019, dari Data Jembatan website: datajembatan.com/index.php?g=guest_bridge&b=30&m=bridge.detail.bangunan_atas&setlanguage=en_US
- Djadja, Solihin, A., dan Supriatna, A., 2010, Potret bencana banjir bandang Di Wasior, *Buletin Vulkanologi dan Bencana Geologi*, Vol. 5, No. 3, Desember 2010,
- Canelli, L., Ferrero, A. M., Migliazza, M., and Segalini, A.: Bandang flow risk mitigation by the means of rigid and flexible barriers –experimental tests and impact analysis, *Nat. Hazards Earth Syst. Sci.*, 12, 1693–1699, doi:10.5194/nhess-12-1693-2012, 2012.
- Ditjen SDA, JICA., 2012, Petunjuk Tindakandan Mitigasi Banjir Bandang, Direktorat Jenderal SDA, Jakarta,
- Fanani, A., 2018. Pemkab-DPRD: Jembatan Pemicu Banjir Bandang Banyuwangi Perlu Redesain. Diakses tanggal 1 Agustus 2019, dari detik.com.
- Website
<https://news.detik.com/jawatimur/4088171/pemkab-dprd-jembatan-pemicu-banjir-bandang-banyuwangi-perlu-redesain>
- Fang, H., Cui, P., Pei, L. Z., and Zhou, X. J.: Model testing on rainfall-induced landslide of loose soil in Wenchuan earthquake region, *Nat. Hazards Earth Syst. Sci.*, 12, 527–533, doi:10.5194/nhess-12-527-2012, 2012.
- Floris, M., D’Alpaos, A., De Agostini, A., Stevan, G., Tessari, G., and Genevois, R.: A process-based model for the definition of hydrological alert systems in landslide risk mitigation, *Nat. Hazards Earth Syst. Sci.*, 12, 3343–3357, doi:10.5194/nhess-12-3343-2012, 2012.
- Franzi L., Arattano M., Arai M., and Katz O., 2013, Overview: Documentation and monitoring of landslides and bandang flows for mathematical modelling and design of mitigation measures – outcomes of the EGU 2011, NH session *Nat. Hazards Earth Syst. Sci.*, 13, 2013–2016, 2013
- Lavado, F., Furdada, G., Maques, M.A., 2007, Geomorphological method in the Elaboration of Hazard Maps for Flash-Floods in the Municipality of Jucuaran (El Salvador), *Natural Hazard and Earth Sistem Sciences*, 7, 455-465.
- Meon, G. (2006). Past and Present chalenges in Bandang Flood Forcasting, Dept. of Hydrology. Water Managementand Water Protection, LWI, Technology. University of Brounschweig, Germany.
- Miyuzama T., 2005, Geomechanical Behavior Of Lahars (Bandang Flow): Between theMechanics of Fluids and the Mechanics of Solids diunduh tanggal 29 Juli 2019 dari

- mportillag/docs/geomechanical%20behavior%20of%20lahars%20_bandang%20flow.pdf
- Occhiena, C., Coviello, V., Arattano, M., Chiarle, M., Morra di Cella, U., Pirulli, M., Pogliotti, P., and Scavia, C.: Analysis of microseismic signals and temperature recordings for rock slope stability investigations in high mountain areas, *Nat. Hazards Earth Syst. Sci.*, 12, 2283–2298, doi:10.5194/nhess-12-2283-2012, 2012.
- Priyasidarta, D., 2018. Pusat Vulkanologi: Banjir Bandang Banyuwangi Murni Peristiwa Alam. Diakses tanggal 1 Agustus 2019 dari tempo.co. Website <https://nasional.tempo.co/read/1100549/pusat-vulkanologi-banjir-bandang-banyuwangi-murni-peristiwa-alam>
- Rachmadan L. C., Juwono P. T., Asmaranto R., 2014, Analisa-Keruntuhan-Bendungan-Alam-Way-Ela-Dengan-Menggunakan-Program-Zhong-Xing-HY21, <http://pengairan.ub.ac.id/s1/wp-content/uploads/2014/02/Analisa-Keruntuhan-Bendungan-Alam-Way-Ela-Dengan-Menggunakan-Program-Zhong-Xing-HY21-Lutfianto-Cahaya-Ramadhan-105060400111006.pdf>
- Rosyidie, A. (2013). Banjir : Fakta dan Dampaknya , Serta Pengaruh dari Perubahan Guna Lahan, *Jurnal Perencanaan Wilayah dan Kota* Vol 24/No.3 Desember 2013
- Sahara, F., Istijono, B., & Sunaryo.(2013). Identifikasi Kerusakan Akibat Banjir Bandang di Bagian Hulu Sub Daerah Banjir Sungai (DAS) Limau Manis. *Jurnal Rekayasa Sipil*, 9(2), 72–81.
- Skilodimou, H.D.; Bathrellos, G.D.; Koskeridou, E.; Soukis, K.; Rozos, D. Physical and Anthropogenic Factors Related to Landslide Activity in the Northern Peloponnese, Greece. *Land* 2018, 7, 85. [CrossRef]
- Sri Utami, 2006, *Pengelolaan Sedimen Kali Boyong (Migrasi Alami dan Campur Tangan Manusia)*, Tesis, Program Studi Magister Pengelolaan Bencana Alam (MPBA) UGM, Yogyakarta
- Tai, Y. C. and Kuo, C. Y.: Modelling shallow bandang flows of the Coulomb-mixture type over temporally varying topography, *Nat. Hazards Earth Syst. Sci.*, 12, 269–280, doi:10.5194/nhess-12-269-2012, 2012.
- TRMM Data Downloads. (2018). Diakses tanggal 1 Agustus 2019, dari National Aeronautics and Space Administration (NASA). Website <https://pmm.nasa.gov/data-access/downloads/trmm>
- Tsai, M. P., Hsu, Y. C., Li, H. C., Shu, H. M., and Liu, K. F.: Application of simulation technique on bandang flow hazard zone delineation: a case study in the Daniao tribe, Eastern Taiwan, *Nat. Hazards Earth Syst. Sci.*, 11, 3053–3062, doi:10.5194/nhess-11-3053-2011, 2011.
- Victoria, L. P., 2002, Community-Based Approaches to Disaster Mitigation, Regional Workshop on Best Practices in Disaster Mitigation, 2002, United Nation of Public Communication Networks.
- Welsh, A.J.; Davies, T. Identification of alluvial fans susceptible to bandang-flow hazards. *Landslides* 2011, 8, 183–194. [CrossRef]

Halaman ini sengaja dikosongkan